



COMUNE DI FIRENZE

Promotore:

Società Crematorio di Firenze S.p.A.

# PROPOSTA DI PROGETTAZIONE COSTRUZIONE E GESTIONE DEL NUOVO TEMPIO CREMATORIO DI FIRENZE

(ai sensi dell'art.37 bis e ss. L.109/94)

## PROGETTO ESECUTIVO

(Progetto Definitivo approvato dalla G.C. con Delibera n.2013/g/00308 del 25/9/2013)

### OPERE FASE 1



**HYDEA** S.p.A.  
Architettura, Ingegneria, Ambiente  
via del Rosso Fiorentino, 2/g - 50142

Direttore Tecnico (Art. 53 D.P.R 554 21 Dicembre 1999)

Dott. Ing. Paolo Giustiniani-Ordine Ingegneri di Firenze n° 1818

Ing. PAOLO GIUSTINIANI  
Arch. ALESSANDRO SCARPONI

Coordinatore per la Sicurezza in fase di progettazione:  
Arch. Giorgio Salimbene



Impianti elettrici meccanici:

Management **M&E srl**  
Via Giovanni da Cascia,15 - 50127 Firenze  
Tel.055334071 - Fax.0553218089  
email : postmaster@meesrl.com

Ing. Paolo Bonacorsi

Strutture:

**aei** progetti

Ing. Stefano Valentini

Geologia - geotecnica:  
Geol. Lorenzo Cirri

Elaborato:

# DG.4.01

## DISCIPLINARE DESCRITTIVO E PRESTAZIONALE OPERE STRUTTURALI

SCALA -

COMMESSA  
ED\_029

RESPONSABILE DI COMMESSA

PAOLO GIUSTINIANI

DATA PRIMA EMISSIONE

Luglio 2015

REVISIONE

DATA

REDATTO

A

Luglio 2015

MC

Sistema Qualità certificato da:  
N. 9175-HYDE  
per tutti i processi aziendali





# SOMMARIO

## SOMMARIO 2

<b>SEZIONE 1. CONDIZIONI GENERALI .....</b>	<b>8</b>
1.1. GENERALITA' .....	8
1.1.1. Riferimenti.....	8
1.1.2. Regole generali .....	8
1.2. LEGGI E NORME .....	8
1.2.1. Normativa generale di riferimento per il calcolo e la verifica delle strutture .....	8
1.2.2. Normativa specifica di riferimento per il calcolo e la verifica di strutture in muratura, acciaio, cemento armato, cemento armato precompresso, acciaio/calcestruzzo, legno, alluminio .....	9
1.3. CAMPIONATURE DI MATERIALI E COLORI .....	11
1.3.1. Misure dei campioni .....	11
1.4. CERTIFICATI DI PROVENIENZA .....	11
<b>SEZIONE 2. SCAVI - MOVIMENTI DI TERRA .....</b>	<b>12</b>
2.1. NORMATIVA DI RIFERIMENTO .....	12
2.2. SCAVI .....	12
2.2.1. Generalità .....	12
2.2.2. Scavi di sbancamento - Formazione dei piani di posa .....	12
2.2.3. Scavi in trincea o a sezione obbligata .....	13
2.2.4. Scavi in prossimità di edifici .....	13
2.2.5. Interferenze con servizi pubblici .....	14
2.2.6. Materiali di risulta .....	14
2.3. DRENAGGI ED OPERE DI AGGOTTAMENTO .....	14
2.4. RINTERRI.....	14
2.5. MISTO CEMENTATO .....	15
2.5.1. Caratteristiche dei materiali da impiegarsi .....	15
<b>SEZIONE 3. DEMOLIZIONI .....</b>	<b>17</b>
3.1. DEMOLIZIONI .....	17
3.1.1. Modalità di esecuzione.....	17
3.1.2. Strutture orizzontali o inclinate - Solai, volte e coperture Demolizioni, sostituzioni e collegamenti .....	17
3.1.3. Rimozione di Amianto o Materiali contenenti Amianto .....	18
<b>SEZIONE 4. FONDAZIONI SPECIALI .....</b>	<b>22</b>
4.1. NORMATIVA DI RIFERIMENTO .....	22
4.2. PARATIE .....	23
4.2.1. Definizione e campi di impiego.....	23
4.2.2. Palancole infisse .....	23
4.3. DIAFRAMMI IN C.A. ....	23
4.3.1. Definizione e campi di impiego.....	23
4.3.2. Perforazione .....	24
4.3.3. Calcestruzzo .....	27
4.3.4. Documentazione dei lavori .....	29
4.3.5. Prove tecnologiche preliminari .....	29
4.3.6. Prove di controllo sugli elementi di diaframma.....	30

4.4.	PALI DI FONDAZIONE .....	32
4.4.1.	Generalità .....	32
4.4.2.	Pali prefabbricati .....	32
4.4.3.	Pali battuti .....	34
4.4.4.	Micropali .....	36
4.4.5.	Pali trivellati di medio e grande diametro .....	39
4.4.6.	Pali presso infissi .....	43
4.4.7.	Pali ad elica continua sistema CFA .....	45
4.4.8.	Prove di controllo sui pali .....	46
4.5.	FANGHI BENTONITICI .....	50
4.5.1.	Definizione e campi di applicazione.....	50
4.5.2.	Preparazione del fango .....	50
4.5.3.	Trattamento del fango .....	50
4.5.4.	Controllo del fango .....	50
4.5.5.	Prove di controllo .....	51
4.6.	TRATTAMENTI COLONNARI (COLONNE CONSOLIDATE - JET - GROUTING).....	52
4.6.1.	Definizione .....	52
4.6.2.	Soggezioni geotecniche e idrologiche .....	52
4.6.3.	Caratteristiche delle attrezzature .....	52
4.6.4.	Tolleranze geometriche.....	52
4.6.5.	Tracciamento, programma lavori .....	53
4.6.6.	Esecuzione dei trattamenti .....	53
4.6.7.	Armatura dei trattamenti colonnari.....	53
4.6.8.	Controlli .....	54
4.6.9.	I - Documentazione dei lavori .....	54
4.7.	COMPATTAZIONE DINAMICA PESANTE .....	54
4.8.	TIRANTI DI ANCORAGGIO NEI TERRENI .....	55
4.8.1.	Definizioni e scopo .....	55
4.8.2.	Prove tecnologiche preliminari .....	55
4.8.3.	Soggezioni geotecniche, idrogeologiche e ambientali .....	55
4.8.4.	Materiali ed elementi costruttivi .....	56
4.8.5.	Tolleranze geometriche.....	57
4.8.6.	Perforazione .....	57
4.8.7.	Assemblaggio e posa delle armature .....	57
4.8.8.	Connessione al terreno .....	58
4.8.9.	Tesatura e collaudo.....	59
4.8.10.	Protezioni anticorrosive in opera .....	59
4.8.11.	Documentazione dei lavori .....	59
4.9.	TERRE RINFORZATE CON GEOGRIGLIE IN HDPE .....	60
4.9.1.	Definizioni e scopo .....	60
4.9.2.	Prove tecnologiche preliminari .....	60
4.9.3.	Soggezioni geotecniche, idrogeologiche e ambientali .....	60
4.9.4.	Materiali ed elementi costruttivi .....	60
4.9.5.	Tolleranze geometriche.....	61
4.9.6.	Modalità di esecuzione.....	61
4.9.7.	Collaudo.....	62
4.9.8.	Documentazione dei lavori .....	62
4.10.	MICROTUNNELING .....	63

4.10.1. Normative di riferimento .....	63
4.10.2. Prove tecnologiche preliminari .....	63
4.10.3. Tolleranze geometriche.....	63
4.10.4. Modalità di esecuzione.....	63
4.10.5. Collaudo.....	64
4.10.6. Documentazione dei lavori .....	64
<b>SEZIONE 5. CALCESTRUZZI - OPERE IN C.A. ....</b>	<b>65</b>
5.1. <b>NORMATIVA DI RIFERIMENTO .....</b>	<b>65</b>
5.1.1. Normativa per costruzioni in c.a. e c.a.p.....	65
5.1.2. Prescrizioni specifiche per strutture in c.a. normale e precompresso.....	65
5.2. <b>CASSEFORME.....</b>	<b>69</b>
5.2.1. Generalità .....	69
5.2.2. Disarmo .....	70
5.2.3. Classificazione delle casseforme .....	71
5.3. <b>ARMATURE DI ACCIAIO .....</b>	<b>72</b>
5.3.1. Tondo per c.a. normale: definizioni.....	72
5.3.2. Reti e tralicci: definizioni.....	72
5.3.3. Armature per c.a.p.: definizioni.....	72
5.3.4. Tolleranze dimensionali sulla massa .....	72
5.3.5. Condizioni di fornitura .....	72
5.3.6. Controlli sulle barre di armatura .....	75
5.3.7. Controlli sull'acciaio per cemento armato precompresso .....	78
5.3.8. Messa in opera .....	79
5.3.9. Protezione delle armature .....	79
5.4. <b>CALCESTRUZZI.....</b>	<b>80</b>
5.4.1. Introduzione .....	80
5.4.2. Materiali .....	81
5.4.3. Controlli in corso d'opera.....	84
5.4.4. Resistenza dei conglomerati cementizi .....	84
5.4.5. Durabilità dei conglomerati cementizi .....	85
5.4.6. Tecnologia esecutiva delle opere .....	85
5.4.7. Prova sui materiali e sul conglomerato cementizio fresco.....	93
5.4.8. Stati superficiali del getto .....	94
5.4.9. Classificazione degli stati superficiali.....	94
5.4.10. Tolleranze .....	95
5.5. <b>MANUFATTI IN CEMENTO ARMATO CONTENENTI LIQUIDI .....</b>	<b>95</b>
5.6. <b>CALCESTRUZZI ALLEGGERITI .....</b>	<b>97</b>
5.6.1. Calcestruzzi leggeri strutturali .....	97
5.6.2. Calcestruzzi con argilla espansa .....	98
5.6.3. Calcestruzzi cellulari .....	98
5.6.4. Calcestruzzi termoisolanti .....	98
5.7. <b>PROTEZIONE DEI CONGLOMERATI CEMENTIZI .....</b>	<b>99</b>
5.7.1. Definizione .....	99
5.7.2. Cicli protettivi.....	99
<b>SEZIONE 6. CARPENTERIE METALLICHE .....</b>	<b>104</b>
6.1. <b>NORMATIVA DI RIFERIMENTO .....</b>	<b>104</b>

6.1.1.	Normativa per costruzioni in acciaio .....	104
6.1.2.	Prescrizioni specifiche per strutture in acciaio .....	105
6.1.3.	Elementi di collegamento .....	105
6.1.4.	Profilati cavi .....	105
6.1.5.	Prodotti laminati a caldo .....	106
6.1.6.	Saldature .....	106
6.1.7.	Controlli non distruttivi .....	107
6.2.	<b>STRUTTURE IN ACCIAIO</b> .....	<b>108</b>
6.2.1.	Scopo della specifica .....	108
6.2.2.	Generalità e qualità dei materiali .....	108
6.2.3.	Saldature .....	109
6.2.4.	Controlli sulle carpenterie metalliche .....	111
6.2.5.	Regole pratiche di progettazione .....	114
6.2.6.	Tolleranze di lavorazione o di montaggio .....	114
6.2.7.	Esecuzione delle opere .....	114
6.2.8.	Posa in opera .....	115
6.2.9.	Movimentazione e trasporto dei manufatti .....	115
6.2.10.	Collaudo .....	115
6.3.	<b>PROTEZIONI SUPERFICIALI</b> .....	<b>116</b>
6.3.1.	Elementi zincati a caldo .....	116
6.3.2.	Verniciature .....	116
6.3.3.	Pittura intumescente monocomponente .....	120
6.3.4.	Intonaco protettivo antincendio leggero .....	121
<b>SEZIONE 7.</b>	<b>OPERE PREFABBRICATE IN C.A. PRECOMPRESSO</b> .....	<b>123</b>
7.1.	NORMATIVA DI RIFERIMENTO .....	123
7.2.	MANUFATTI PREFABBRICATI PRODOTTI IN SERIE .....	123
7.2.1.	Definizioni .....	123
7.2.2.	Generalità .....	123
7.2.3.	Tolleranze .....	123
7.2.4.	Casseforme .....	123
7.2.5.	Maturazioni .....	123
7.2.6.	Stoccaggio .....	123
7.2.7.	Trasporto .....	123
7.2.8.	Montaggio .....	124
7.2.9.	Posizionamento .....	124
7.2.10.	Sigillature .....	124
7.2.11.	Controllo e collaudi .....	124
7.2.12.	Caratteristiche dei materiali costituenti le strutture prefabbricate in c.a. ....	124
7.2.13.	Boiacche cementizie per le iniezioni nei cavi di precompressione di strutture in c.a.p. nuove .....	124
7.3.	<b>SOLAI IN C.A.P. ALVEOLARI</b> .....	<b>126</b>
7.3.1.	Caratteristiche dei materiali .....	126
<b>SEZIONE 8.</b>	<b>SOLAI</b> .....	<b>129</b>
8.1.	NORMATIVA DI RIFERIMENTO .....	129
8.2.	SOLAI .....	129
8.2.1.	Generalità .....	129
8.2.2.	Solai di copertura e tamponamenti di parete realizzati con sole lamiere grecate .....	129

8.2.3.	Solai realizzati con lamiere grecate e getto di calcestruzzo non collaborante .....	129
8.2.4.	Solai realizzati con lamiere grecate e getto di calcestruzzo collaborante .....	130
8.2.5.	Solai in cemento armato.....	130
8.2.6.	Solai di tipo misto c.a. e laterizio .....	130
8.2.7.	Solai misti di C.A. o C.A. precompresso e blocchi diversi dal laterizio .....	130
8.2.8.	Solai di piano prefabbricati tipo "Predalle" .....	131
8.2.9.	Solai in cemento armato con armatura post-tesa .....	131
8.2.10.	Solaio areato realizzato con elementi plastici modulari conformati a cupola .....	131
<b>SEZIONE 9.</b>	<b>DISPOSITIVI ANTISISMICI .....</b>	<b>132</b>
9.1.	NORMATIVA DI RIFERIMENTO .....	132
9.2.	GENERALITA' .....	132
9.3.	INDICAZIONI PROGETTUALI .....	133
9.3.1.	Indicazioni riguardanti i dispositivi .....	133
9.3.2.	Controllo di movimenti indesiderati.....	133
9.3.3.	Controllo degli spostamenti sismici differenziali del terreno .....	133
9.3.4.	Controllo degli spostamenti relativi al terreno ed alle costruzioni circostanti .....	134
9.3.5.	Proprietà del sistema di isolamento.....	134
9.3.6.	Modellazione.....	134
9.4.	TIPOLOGIE DI DISPOSITIVI.....	135
9.5.	QUALIFICAZIONE, IDENTIFICAZIONE E ACCETTAZIONE DEI DISPOSITIVI .....	135
9.5.1.	Generalità .....	135
9.5.2.	Procedura di qualificazione .....	138
9.5.3.	Procedura di accettazione.....	139
9.5.4.	Isolatori Elastomerici .....	139
9.5.5.	Isolatori a scorrimento.....	141
<b>SEZIONE 10.</b>	<b>VESPAI - INERTI - MASSETTI IN CLS .....</b>	<b>143</b>
10.1.	NORMATIVA DI RIFERIMENTO .....	143
10.2.	VESPAI.....	143
10.2.1.	Drenaggi mediante vespaio in ghiaia.....	143
10.2.2.	Drenaggi con filtro in tessuto non tessuto.....	143
10.2.3.	Drenaggio di paratie verticali con geocomposito drenante.....	143
10.2.4.	Drenaggi lineari superficiali .....	144
10.3.	INERTI PER SOTTOPAVIMENTAZIONE.....	144
10.3.1.	a) Caratteristiche del materiale.....	145
10.3.2.	b) Modalità esecutive .....	145
10.4.	MASSETTI.....	146
10.4.1.	Normativa di riferimento .....	146
10.4.2.	Massetti in cemento indurito.....	146
10.4.3.	Massetti in cemento liscio .....	148
10.4.4.	D - Massetti in cemento alleggerito .....	148
<b>SEZIONE 11.</b>	<b>STRUTTURE IN LEGNO .....</b>	<b>150</b>
11.1.	NORMATIVA DI RIFERIMENTO .....	150
11.1.1.	Normativa per costruzioni in legno .....	150
11.1.2.	Prescrizioni specifiche per costruzioni in legno.....	150
11.2.	ELEMENTI STRUTTURALI IN LEGNO .....	152

11.3.	LEGNO MASSICCIO .....	153
11.4.	LEGNO STRUTTURALE CON GIUNTI A DITA.....	153
11.5.	LEGNO LAMELLARE INCOLLATO.....	154
	11.5.1. Requisiti di produzione e qualificazione.....	154
	11.5.2. Classi di resistenza .....	154
	11.5.3. Classificazione sulla base delle proprietà delle lamelle .....	154
	11.5.4. Attribuzione diretta in base a prove sperimentali .....	154
11.6.	ADESIVI .....	154
	11.6.1. Adesivi per elementi incollati in stabilimento.....	154
	11.6.2. Adesivi per giunti realizzati in cantiere.....	154
11.7.	ELEMENTI MECCANICI DI COLLEGAMENTO .....	155
11.8.	DURABILITÀ DEL LEGNO E DERIVATI .....	155
11.9.	REQUISITI DI CURABILITÀ NATURALE DEI MATERIALI A BASE DI LEGNO .....	155
11.10.	RESISTENZA ALLA CORROSIONE .....	155
	11.10.1. procedure di qualificazione ed accettazione.....	155
11.11.	IDENTIFICAZIONE E RINTRACCIABILITÀ DEI PRODOTTI QUALIFICATI .....	155
11.12.	FORNITURA E DOCUMENTAZIONE DI ACCOMPAGNAMENTO .....	156
11.13.	PRODOTTI PROVENIENTI DALL'ESTERO .....	156
<b>SEZIONE 12.</b>	<b>MURATURE .....</b>	<b>157</b>
12.1.	NORMATIVA DI RIFERIMENTO .....	157
12.2.	MURATURE IN GENERE.....	159
	12.2.1. Murature in mattoni .....	159
	12.2.2. Murature di pietrame a secco.....	160
	12.2.3. Murature di pietrame e malta.....	160
	12.2.4. Muratura in pietra da taglio.....	161
	12.2.5. Muratura in pietrame e conglomerato cementizio .....	161
12.3.	ELEMENTI PER MURATURA .....	161
12.4.	MALTE PER MURATURA .....	162
12.5.	DETERMINAZIONE DEI PARAMETRI MECCANICI DELLA MURATURA .....	163

<b>SEZIONE 1. CONDIZIONI GENERALI</b>
---------------------------------------

**1.1. GENERALITA'****1.1.1. Riferimenti**

Per quanto non in contrasto con le presenti specifiche, valgono le norme del "CAPITOLATO SPECIALE TIPO PER APPALTI DI LAVORI EDILIZI" (di seguito richiamato con C.S.T.), redatto dal Servizio Centrale del Ministero dei Lavori Pubblici, aggiornato con D.P.R. 16 luglio 1962, n. 1063 e suoi eventuali, ulteriori, successivi aggiornamenti.

**1.1.2. Regole generali**

Ai fini contrattuali le varie sezioni od articoli devono intendersi fra di loro correlati ed integrati.

I lavori, descritti nelle diverse sezioni, devono essere fra di loro coordinati, in modo da assicurare un regolare procedere di tutte le lavorazioni oggetto dell'appalto.

Le specifiche relative alle opere di pertinenza di una sezione, ma in essa non menzionate, vanno ricercate in altre sezioni.

Le norme di seguito richiamate devono intendersi come facenti parte integrante dei documenti contrattuali.

Le raccomandazioni dei Produttori sul trasporto, l'installazione e la posa in opera dei materiali e/o manufatti avranno valore di norma.

Le specifiche, nella loro stesura, potrebbero contenere delle frasi incomplete, l'Impresa dovrà completarle e interpretarle secondo la logica dell'argomento trattato.

L'errata ortografia, la mancanza di punteggiatura od altri errori simili non potranno modificare l'interpretazione del senso delle frasi intese nel contesto dell'argomento trattato.

In caso di riferimenti a sezioni diverse errati o mancanti, l'Impresa dovrà procedere alla loro individuazione secondo la logica dell'argomento trattato.

I lavori descritti nelle specifiche devono intendersi forniti in opera e compiuti in ogni loro parte, comprensivi, cioè, di tutti gli oneri derivanti da prestazioni di mano d'opera, fornitura di materiali, trasporti, noli, ecc.

**1.2. LEGGI E NORME**

I lavori, descritti nelle specifiche, dovranno essere eseguiti nel rispetto delle leggi e normative vigenti in materia, e loro successivi eventuali aggiornamenti, con particolare riguardo a:

**1.2.1. Normativa generale di riferimento per il calcolo e la verifica delle strutture**

<b>Legge 5 novembre 1971, n. 1086</b>	Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica
<b>Legge 2 febbraio 1974, n. 64</b>	Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche
<b>D.M. LL.PP. 20 novembre 1987</b>	Norme tecniche per la progettazione, esecuzione e collaudo degli edifici in muratura ed il loro consolidamento
<b>D.M. LL.PP. 11 marzo 1988</b>	Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione.
<b>D.M. LL.PP. 14 febbraio 1992</b>	Norme tecniche per il calcolo, l'esecuzione ed il collaudo delle opere in cemento armato, normale e precompresso e per le strutture metalliche
<b>D.M. LL.PP. 16 gennaio 1996</b>	Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche.
<b>C.M. LL.PP. 10 aprile 1997, n. 65/AA.GG.</b>	Istruzioni per l'applicazione delle «Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche» di cui al D.M. 16 gennaio 1996.
<b>D.P.R. 6 giugno 2001, n. 380</b>	Testo unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia edilizia
<b>D.M. Infrastrutture 14 gennaio 2008</b>	Norme tecniche per le costruzioni
<b>C.M. Infrastrutture e Trasporti 02 febbraio 2009, n. 617 CS.LL.PP.</b>	Nuova circolare delle Norme Tecniche per le Costruzioni
<b>CNR-DT 207/2008 (febbraio 2009)</b>	Istruzioni per la valutazione delle azioni e degli effetti del vento sulle costruzioni
<b>UNI EN ISO 9001:2000</b>	Sistemi di gestione per la qualità - Requisiti
<b>UNI EN 1990:2006</b>	Eurocodice - Criteri generali di progettazione strutturale

<b>UNI EN 1991-1-1:2004</b>	Eurocodice 1 - Azioni sulle strutture - Parte 1-1: Azioni in generale - Pesì per unità di volume, pesi propri e sovraccarichi per gli edifici
<b>UNI EN 1991-1-2:2004</b>	Eurocodice 1 - Azioni sulle strutture - Parte 1-2: Azioni in generale - Azioni sulle strutture esposte al fuoco
<b>UNI EN 1991-1-3:2004</b>	Eurocodice 1 - Azioni sulle strutture - Parte 1-3: Azioni in generale - Carichi da neve
<b>UNI EN 1991-1-4:2005</b>	Eurocodice 1 - Azioni sulle strutture - Parte 1-4: Azioni in generale - Azioni del vento
<b>UNI EN 1991-1-5:2004</b>	Eurocodice 1 - Azioni sulle strutture - Parte 1-5: Azioni in generale - Azioni termiche
<b>UNI EN 1991-1-6:2005</b>	Eurocodice 1 - Azioni sulle strutture - Parte 1-6: Azioni in generale - Azioni durante la costruzione
<b>UNI EN 1991-1-7:2005</b>	Eurocodice 1 - Azioni sulle strutture - Parte 1-7: Azioni in generale - Azioni eccezionali
<b>UNI EN 1991-2:2005</b>	Eurocodice 1 - Azioni sulle strutture - Parte 2: Carichi da traffico sui ponti
<b>UNI EN 1991-3:2006</b>	Eurocodice 1 - Azioni sulle strutture - Parte 3: Azioni indotte da gru e da macchinari
<b>UNI EN 1991-4:2006</b>	Eurocodice 1 - Azioni sulle strutture - Parte 4: Azioni su silos e serbatoi
<b>UNI EN 1997-1:2005</b>	Eurocodice 7 - Progettazione geotecnica - Parte 1: Regole generali
<b>UNI EN 1997-2:2005</b>	Eurocodice 7 - Progettazione geotecnica - - Parte 2: Indagini e prove nel sottosuolo
<b>UNI EN 1998-1:2005</b>	Eurocodice 8 - Progettazione delle strutture per la resistenza sismica - Parte 1: Regole generali, azioni sismiche e regole per gli edifici
<b>UNI EN 1998-2:2009</b>	Eurocodice 8 - Progettazione delle strutture per la resistenza sismica - Parte 2: Ponti
<b>UNI EN 1998-3:2005</b>	Eurocodice 8 - Progettazione delle strutture per la resistenza sismica - Parte 3: Valutazione e adeguamento degli edifici
<b>UNI EN 1998-4:2006</b>	Eurocodice 8 - Progettazione delle strutture per la resistenza sismica - Parte 4: Silos, serbatoi e condotte
<b>UNI EN 1998-5:2005</b>	Eurocodice 8 - Progettazione delle strutture per la resistenza sismica - Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici
<b>UNI EN 1998-6:2005</b>	Eurocodice 8 - Progettazione delle strutture per la resistenza sismica - Parte 6: Torri, pali e camini

### 1.2.2. Normativa specifica di riferimento per il calcolo e la verifica di strutture in muratura, acciaio, cemento armato, cemento armato precompresso, acciaio/calcestruzzo, legno, alluminio

<b>UNI EN 1992-1-1:2005</b>	Eurocodice 2 - Progettazione delle strutture di calcestruzzo - Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici
<b>UNI EN 1992-1-2:2005</b>	Eurocodice 2 - Progettazione delle strutture di calcestruzzo - Parte 1-2: Regole generali - Progettazione strutturale contro l'incendio
<b>UNI EN 1992-2:2006</b>	Eurocodice 2 - Progettazione delle strutture di calcestruzzo - Parte 2: Ponti di calcestruzzo - Progettazione e dettagli costruttivi
<b>UNI EN 1992-3:2006</b>	Eurocodice 2 - Progettazione delle strutture di calcestruzzo - Parte 3: Strutture di contenimento liquidi
<b>UNI EN 1993-1-1:2005</b>	Eurocodice 3 - Progettazione delle strutture di acciaio - Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici
<b>UNI EN 1993-1-2:2005</b>	Eurocodice 3 - Progettazione delle strutture di acciaio - Parte 1-2: Regole generali - Progettazione strutturale contro l'incendio
<b>UNI EN 1993-1-3:2007</b>	Eurocodice 3 - Progettazione delle strutture di acciaio - Parte 1-3: Regole generali - Regole supplementari per l'impiego dei profilati e delle lamiere sottili piegati a freddo
<b>UNI EN 1993-1-4:2007</b>	Eurocodice 3 - Progettazione delle strutture di acciaio - Parte 1-4: Regole generali - Regole supplementari per acciai inossidabili
<b>UNI EN 1993-1-5:2007</b>	Eurocodice 3 - Progettazione delle strutture di acciaio - Parte 1-5: Elementi strutturali a lastra
<b>UNI EN 1993-1-6:2007</b>	Eurocodice 3 - Progettazione delle strutture di acciaio - Parte 1-6: Resistenza e stabilità delle strutture a guscio
<b>UNI EN 1993-1-7:2007</b>	Eurocodice 3 - Progettazione delle strutture di acciaio - Parte 1-7: Strutture a lastra ortotropa caricate al di fuori del piano

<b>UNI EN 1993-1-8:2005</b>	Eurocodice 3 - Progettazione delle strutture di acciaio - Parte 1-8: Progettazione dei collegamenti
<b>UNI EN 1993-1-9:2005</b>	Eurocodice 3 - Progettazione delle strutture di acciaio - Parte 1-9: Fatica
<b>UNI EN 1993-1-10:2005</b>	Eurocodice 3 - Progettazione delle strutture di acciaio - Parte 1-10: Resilienza del materiale e proprietà attraverso lo spessore
<b>UNI EN 1993-1-11:2007</b>	Eurocodice 3 - Progettazione delle strutture di acciaio - Parte 1-11: Progettazione di strutture con elementi tesi
<b>UNI EN 1993-1-12:2007</b>	Eurocodice 3 - Progettazione delle strutture di acciaio - Parte 1-12: Regole aggiuntive per l'estensione della EN 1993 fino agli acciai di grado S 700
<b>UNI EN 1993-2:2007</b>	Eurocodice 3 - Progettazione delle strutture di acciaio - Parte 2: Ponti di acciaio
<b>UNI EN 1993-3-1:2007</b>	Eurocodice 3 - Progettazione delle strutture di acciaio - Parte 3-1: Torri, pali e ciminiere - Torri e pali
<b>UNI EN 1993-3-2:2007</b>	Eurocodice 3 - Progettazione delle strutture di acciaio - Parte 3-2: Torri, pali e ciminiere - Ciminiere
<b>UNI EN 1993-4-1:2007</b>	Eurocodice 3 - Progettazione delle strutture di acciaio - Parte 4-1: Silos
<b>UNI EN 1993-4-2:2007</b>	Eurocodice 3 - Progettazione delle strutture di acciaio - Parte 4-2: Serbatoi
<b>UNI EN 1993-4-3:2007</b>	Eurocodice 3 - Progettazione delle strutture di acciaio - Parte 4-3: Condotte
<b>UNI EN 1993-5:2007</b>	Eurocodice 3 - Progettazione delle strutture di acciaio - Parte 5: Pali e palancole
<b>UNI EN 1993-6:2007</b>	Eurocodice 3 - Progettazione delle strutture di acciaio - Parte 6: Strutture per apparecchi di sollevamento
<b>UNI EN 1994-1-1:2005</b>	Eurocodice 4 - Progettazione delle strutture composte acciaio-calcestruzzo - Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici
<b>UNI EN 1994-1-2:2005</b>	Eurocodice 4 - Progettazione delle strutture composte acciaio-calcestruzzo - Parte 1-2: Regole generali - Progettazione strutturale contro l'incendio
<b>UNI EN 1994-2:2006</b>	Eurocodice 4 - Progettazione delle strutture composte acciaio-calcestruzzo - Parte 2: Regole generali e regole per i ponti
<b>UNI EN 1995-1-1:2009</b>	Eurocodice 5 - Progettazione delle strutture di legno - Parte 1-1: Regole generali - Regole comuni e regole per gli edifici
<b>UNI EN 1995-1-2:2005</b>	Eurocodice 5 - Progettazione delle strutture di legno - Parte 1-2: Regole generali - Progettazione strutturale contro l'incendio
<b>UNI EN 1995-2:2005</b>	Eurocodice 5 - Progettazione delle strutture di legno - Parte 2: Ponti
<b>UNI EN 1996-1-1:2006</b>	Eurocodice 6 - Progettazione delle strutture di muratura - Parte 1-1: Regole generali per strutture di muratura armata e non armata
<b>UNI EN 1996-1-2:2005</b>	Eurocodice 6 - Progettazione delle strutture di muratura - Parte 1-2: Regole generali - Progettazione strutturale contro l'incendio
<b>UNI EN 1996-2:2006</b>	Eurocodice 6 - Progettazione delle strutture di muratura - Parte 2: Considerazioni progettuali, selezione dei materiali ed esecuzione delle murature
<b>UNI EN 1996-3:2006</b>	Eurocodice 6 - Progettazione delle strutture di muratura - Parte 3: Metodi di calcolo semplificato per strutture di muratura non armata
<b>UNI EN 1999-1-1:2007</b>	Eurocodice 9 - Progettazione delle strutture di alluminio - Parte 1-1: Regole strutturali generali
<b>UNI EN 1999-1-2:2007</b>	Eurocodice 9 - Progettazione delle strutture di alluminio - Parte 1-2: Progettazione strutturale contro l'incendio
<b>UNI EN 1999-1-3:2007</b>	Eurocodice 9 - Progettazione delle strutture di alluminio - Parte 1-3: Strutture sottoposte a fatica
<b>UNI EN 1999-1-4:2007</b>	Eurocodice 9 - Progettazione delle strutture di alluminio - Parte 1-4: Lamiere sottili piegate a freddo
<b>UNI EN 1999-1-5:2007</b>	Eurocodice 9 - Progettazione delle strutture di alluminio - Parte 1-5: Strutture a guscio

In riferimento al **Capitolo 12 (riferimenti tecnici) del D.M. Infrastrutture del 14 gennaio 2008 "Nuove norme tecniche per le costruzioni"**, per quanto non diversamente specificato nella norma, si intendono coerenti con i principi alla base della stessa, le indicazioni riportate nei seguenti documenti:

- Eurocodici strutturali pubblicati dal CEN, con le precisazioni riportate nelle Appendici Nazionali o, in mancanza di esse, nella forma internazionale EN;
- Norme UNI EN armonizzate i cui riferimenti siano pubblicati su Gazzetta Ufficiale dell'Unione Europea;
- Norme per prove, materiali e prodotti pubblicate da UNI.

Inoltre, in mancanza di specifiche indicazioni, a integrazione delle presenti norme e per quanto con esse non in contrasto, possono essere utilizzati i documenti di seguito indicati che costituiscono riferimenti di comprovata validità:

- Istruzioni del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici;
- Linee Guida del Servizio Tecnico Centrale del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici;
- Linee Guida per la valutazione e riduzione del rischio sismico del patrimonio culturale e successive modificazioni del Ministero per i Beni e le Attività Culturali, come licenziate dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici e ss. mm. ii.;
- Istruzioni e documenti tecnici del Consiglio Nazionale delle Ricerche (C.N.R.).

Possono essere utilizzati anche altri codici internazionali, purché sia dimostrato che garantiscano livelli di sicurezza non inferiori a quelli delle Nuove Norme Tecniche.

- A.S.T.M. – American Society for Testing and Materials
- B.S – British Standards
- D.I.N – Deutsches Institut für Normung
- I.S.O. – International Standards Organization
- A.A.S.H.T.O. – American Association of State Highway and Transportation Officials

Qualora l'Impresa intenda avvalersi degli standards di detti Istituti dovrà sottoporre alla D.L., per approvazione, copia della norma relativa all'argomento trattato.

Nel caso in cui non esistano particolari standards normativi, potranno essere impiegati materiali e/o manufatti con "marchio", per i quali verranno adottate le specifiche del Produttore.

### 1.3. CAMPIONATURE DI MATERIALI E COLORI

Le campionature definite in questa sottosezione sono quelle atte a dimostrare le qualità fisiche ed estetiche dei materiali e/o manufatti impiegati nella costruzione, e si differenziano da quelle che dovranno comunque essere fornite dall'Impresa per le prove ed i collaudi richiesti dal Direttore dei Lavori.

#### 1.3.1. Misure dei campioni

- 1) Per i materiali considerati a pezzo (mattoni, blocchi, piastrelle ecc...), quattro pezzi di misura normale se questa non supera i mq 0.3;
- 2) per i materiali forniti in foglio (compensato, vetro, plastica, tessuto ecc.) un campione di misura non inferiore a 20 cm per lato e non superiore a 30 cm per lato, se non richiesto in misura diversa;
- 3) per i materiali sciolti (aggregati, leganti, vernici, additivi ecc...) un campione non inferiore ad 1 dm<sup>3</sup>;
- 4) per i materiali considerati a numero (accessori di serramenti, serrature ecc.) un campione;
- 5) per i materiali considerati a misura lineare (profili, estrusioni, cavi ecc.) un campione di sezione normale e di lunghezza non inferiore a 25 cm;
- 6) per i materiali forniti in contenitori (leganti, sigillanti, adesivi ecc...) un contenitore di misura normale non inferiore ad 1 dm<sup>3</sup>;
- 7) per le murature ed i rivestimenti di paramenti esterni, (se a casellario) dovrà essere eseguito un campo di superficie non inferiore a 6 m<sup>2</sup> per ogni sfumatura di colore;
- 8) per le pavimentazioni ed i rivestimenti interni (se a casellario) dovrà essere eseguito un campo di superficie non inferiore a 4 m<sup>2</sup> per ogni sfumatura di colore.

Quando i materiali possono avere delle variazioni naturali di colore o struttura, l'Impresa dovrà fornire una campionatura che indichi le varie possibilità di variazione.

### 1.4. CERTIFICATI DI PROVENIENZA

I certificati devono essere rilasciati da laboratori di prove autorizzati, e prodotti in triplice copia nei casi seguenti:

- quando richiesto dalle specifiche;
- quale accompagnamento di campioni di materiali e comprova della loro conformità alle specifiche tecniche;
- per tutti i materiali per i quali verrà richiesta una specifica diversa da quella contrattuale;
- l'Impresa potrà produrre di sua iniziativa certificati di materiali anche se non espressamente richiesti;
- su richiesta del Direttore dei Lavori, e qualora non trattasi di certificazioni relative a campionature prelevate a norma di legge in cantiere, detti certificati potranno avere valore di "certificato di prova".

<b>SEZIONE 2.     SCAVI - MOVIMENTI DI TERRA</b>
--

**2.1. Normativa di Riferimento**

I lavori, descritti nelle specifiche, dovranno essere eseguiti nel rispetto delle leggi e normative vigenti in materia, e loro successivi eventuali aggiornamenti, con particolare riguardo a:

<b>UNI 10009:1964</b>	Prove sui materiali stradali - Indice di portanza CBR di una terra
<b>D.M. LL.PP. 11.3.1988</b>	Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione
<b>Circ. Min. LL.PP. 24.9.1988 n.30483</b>	Istruzioni
<b>Circolare n. 20244 dei Ministero LL.PP. del 30/6/1980</b>	Istruzioni relative alle norme tecniche per la esecuzione delle opere in cemento armato normale e precompresso e per le opere metalliche
<b>Norme Svizzere VSS-SNV 670317: 1992</b>	C.N.R., B.U. n.146 del 14 dicembre 1992
<b>AASHTO T180-01-UL: 2004</b>	Standard Method of Test for Moisture-Density Relations of Soils Using a 4.54-kg (10-lb) Rammer and a 457-mm (18-in.)
<b>AASHTO T 96-02-UL (ASTM C 131): 2002</b>	Resistance to Abrasion (degradation by abrasion and impact) of Small-Size Coarse Aggregate by Use of the Los Angeles Machine (Dry Test)

**2.2. SCAVI****2.2.1. Generalità**

L'Impresa dovrà all'occorrenza sostenere gli scavi con convenienti sbadacchiature, puntellature o armature; i relativi oneri sono compresi e compensati nei prezzi degli scavi; in ogni caso resta a carico dell'Impresa ogni danno alle persone, alle cose e all'opera, per smottamenti o franamenti dello scavo.

Nel caso di franamento degli scavi è a carico dell'Impresa procedere alla rimozione dei materiali ed al ripristino del profilo di scavo senza diritto a compenso.

Nel caso che, a giudizio della Direzione Lavori, le condizioni nelle quali i lavori si svolgono lo richiedano, l'Impresa è tenuta a coordinare opportunamente per campioni la successione e la esecuzione delle opere di scavo e murarie, essendo gli oneri relativi compensati nei prezzi contrattuali.

L'Impresa dovrà assicurare in ogni caso il regolare smaltimento e deflusso delle acque.

I materiali provenienti dagli scavi e non idonei per la formazione dei rilevati o per altro impiego nei lavori, dovranno essere portati a rifiuto nelle discariche indicate in progetto o individuate in corso d'opera, dietro formale autorizzazione della Direzione Lavori, fatte salve le vigenti norme di Legge. Quelli utilizzabili, ed eccedenti le necessità di lavoro verranno portati su aree di deposito autorizzate dalla Direzione Lavori.

Restano a carico dell'Impresa tutti gli oneri e le spese occorrenti per ottenere la disponibilità delle aree di discarica o di deposito, comprese le relative indennità ed accessi, nonché quelle per la sistemazione e la regolarizzazione superficiale dei materiali nelle prime e della sistemazione e regolarizzazione superficiale prima e dopo l'utilizzazione nelle seconde.

I materiali provenienti da scavi in roccia dovranno essere utilizzati, se idonei e se previsto in progetto o prescritto dalla Direzione Lavori, per murature; la parte residua che non va a deposito, ma che viene reimpiegata nell'ambito del lotto per la formazione di rilevati o di riempimenti, dovrà essere ridotta a pezzatura di dimensioni non superiori a cm 30, secondo il disposto delle presenti Norme, ed il relativo onere deve intendersi compreso e compensato nei prezzi degli scavi.

Per i materiali rocciosi prelevati da depositi l'Impresa dovrà provvedere, quando formalmente ordinato dalla Direzione Lavori, alla loro vagliatura ed alla frantumazione degli elementi di dimensione superiori a cm 30 per ridurli alla pezzatura prevista dalle presenti Norme.

Per l'impiego di mine nella esecuzione degli scavi l'Impresa dovrà ottenere, a sua cura e spese, le autorizzazioni da parte delle autorità competenti ed osservare tutte le prescrizioni imposte dalle Leggi e dai regolamenti in vigore.

Lo sparo di mine effettuato in vicinanza di strade, di luoghi abitati, di linee aeree di ogni genere, dovrà essere attuato con opportune cautele in modo da evitare la proiezione a distanza del materiale ed il danneggiamento delle proprietà limitrofe.

Gli scavi saranno eseguiti conformi alle prescrizioni di progetto salvo le eventuali varianti che fossero disposte dalla direzione dei lavori; dovrà essere usata ogni esattezza nello scavo dei canali e dei bacini, nello spianare e sistemare i cigli e le banchine, nel configurare e profilare le scarpate. L'Impresa dovrà consegnare le trincee e i rilevati, nonché gli scavi e i riempimenti al giusto piano prescritto, con scarpate regolari e spianate, con i cigli ben tracciati e profilati, compiendo a sue spese, durante l'esecuzione dei lavori, fino al collaudo, gli occorrenti ricarichi o tagli, la ripresa e sistemazione delle scarpate e lo espurgo di manutenzione.

**2.2.2. Scavi di sbancamento - Formazione dei piani di posa**

Per scavi di sbancamento si intendono quelli eseguiti per la formazione del piano di posa della massiciata, delle sottopavimentazioni, per il raggiungimento delle quote di estradosso delle fondazioni delle costruzioni.

In genere tutti gli scavi a sezione aperta su vasta superficie ove sia possibile l'allontanamento delle materie di scavo evitandone il sollevamento, sia pure con la formazione di rampe provvisorie.

L'Impresa è tenuta ad effettuare prove sul terreno sottostante il piano di posa, mediante prelievo di campioni, e precisamente:

1. Analisi granulometriche per la classifica secondo la tabella U.N.I. C.N.R. 10006;
2. Determinazione dell'umidità percentuale in sito;
3. Prova Proctor mod. AASHTO T-180-64 per stabilire la secca ed il relativo ottimale di umidità (OMC);
4. Determinazione dei parametri di coesione e di attrito interno (eventuali).

L'Impresa dovrà inoltre eseguire il calcolo della portanza del piano di posa eseguito secondo uno dei metodi correntemente accettati (Prandtl - Taylor, Terzaghi, ecc.).

Nel caso di terre di natura limo - argillosa o torbosa l'Impresa dovrà eseguire prove per stabilire il carico di rottura del terreno.

Il piano di posa sarà preparato nei modi seguenti:

- rimozione dello strato vegetale;
- taglio degli alberi, estirpazione di radici, ceppaie, cespugli;
- idoneo riempimento o compattazione delle buche derivanti da estirpazioni di radici.

Se il terreno appartiene ai gruppi A-4, A-5, A-6, A-7, A-8, la D.L. potrà indicare, a suo insindacabile giudizio:

- compattazione;
- la stabilizzazione dello strato e la compattazione ad una densità di almeno il 95% della prova Proctor mod.;
- la sostituzione dello strato, per uno spessore stabilito dalla D.L., con idoneo materiale che dovrà essere compattato alla densità prescritta.

La quota dei piani di posa sarà di norma a 25 cm sotto il piano di campagna corrispondendo questo spessore allo strato di terreno vegetale.

L'Impresa dovrà assicurare lo smaltimento delle acque dal piano di posa.

Il sottofondo dovrà essere costipato per una profondità di almeno 30 cm. ad una densità pari al 95% della prova Proctor mod. La Direzione dei Lavori si riserva di controllare il comportamento dei piani di posa mediante la misurazione del modulo di deformazione  $M_e$ , determinato con piastra da 30 cm. di diametro (Norme svizzere VSS-SNV 670317).

Il suddetto controllo eseguito da tecnici specializzati è un onere a carico dell'Impresa Appaltatrice.

Il valore di  $M_e$  misurato in condizioni di umidità prossima a quella di costipamento, al primo ciclo di scarico e nell'intervallo compreso fra 0,05 e 0,15 N/mm<sup>2</sup>, non dovrà essere inferiore a 15 N/mm<sup>2</sup>:

$$M_e = f_0 \cdot \frac{p}{s} \cdot D \quad (\text{N/mm}^2)$$

Dove:

$f_0$  = fattore di forma della ripartizione del costipamento (per piastra circolare = 1)

$D$  = diametro della piastra in mm.

$p$  = differenza del peso specifico tra due piani

$s$  = differenza dello spostamento in mm. della piastra di carico, circolare, rigida corrispondente a  $p$

$\rho$  = peso specifico in N/mm<sup>2</sup> trasmesso al suolo dalla piastra.

### 2.2.3. Scavi in trincea o a sezione obbligata

Per scavi di fondazione in trincea od a sezione obbligata si intendono quelli incassati e necessari per dar luogo alle fondazioni propriamente dette, a partire dalla superficie del terreno naturale o dal fondo di un precedente scavo di sbancamento e comportino un sollevamento verticale per l'asporto delle materie scavate.

Nella esecuzione degli scavi in trincea, l'Impresa (senza che ciò possa costituire diritto a speciale compenso) dovrà uniformarsi, riguardo alla lunghezza delle tratte da scavare, alle prescrizioni che fossero impartite dal Direttore dei Lavori. Pure senza speciale compenso (bensì con semplice corresponsione dei prezzi o delle maggiorazioni che l'Elenco stabilisca in funzione delle varie profondità) l'Impresa dovrà spingere gli scavi occorrenti alla fondazione dei manufatti fino a terreno stabile.

### 2.2.4. Scavi in prossimità di edifici

Qualora i lavori si sviluppino lungo strade o zone affiancate da edifici, gli scavi dovranno essere preceduti da attento esame delle loro fondazioni, integrato da sondaggi, tesi ad accertarne natura, consistenza e profondità, quando si possa presumere che lo scavo della trincea risulti pericoloso per la stabilità dei fabbricati.

Verificandosi tale situazione, l'Impresa dovrà ulteriormente procedere, a sue cure e spese, ad eseguire i calcoli di verifica della stabilità nelle peggiori condizioni che si possano determinare durante i lavori ed a progettare le eventuali opere di presidio, provvisorie o permanenti, che risulti opportuno realizzare.

Le prestazioni relative all'esecuzione dei sondaggi e alla realizzazione delle opere di presidio alle quali - restando ferma ed esclusiva la responsabilità dell'Impresa - si sia dato corso secondo modalità consentite dalla Direzione dei Lavori, faranno carico alla Committente e verranno remunerate ai prezzi di elenco.

Qualora, lungo le strade o nelle zone adiacenti nelle quali si dovranno realizzare le opere, qualche fabbricato presenti lesioni o, in rapporto al suo stato, induca a prevederne la formazione in seguito ai lavori, sarà obbligo dell'Impresa redigerne lo stato di consistenza in contraddittorio con le Proprietà interessate, corredandolo di una adeguata documentazione fotografica e installando, all'occorrenza idonee spie.

Non è consentito l'uso del martello demolitore nel caso di presenza di roccia, in adiacenza a fabbricati e/o manufatti. Sono consentiti solo sistemi che utilizzano miscele chimiche.

#### **2.2.5. Interferenze con servizi pubblici**

Qualora, durante i lavori, si intersechino dei servizi pubblici sotterranei (condutture per acqua e gas, cavi elettrici, telefonici e simili nonché manufatti in genere), saranno a carico della Committente esclusivamente le spese occorrenti per quegli spostamenti che, a giudizio della Direzione dei Lavori, risultino strettamente indispensabili. Tutti gli oneri che l'Impresa dovrà sostenere per le maggiori difficoltà derivanti ai lavori a causa dei servizi stessi, si intendono già remunerati dai prezzi stabiliti dall'Elenco per l'esecuzione degli scavi.

#### **2.2.6. Materiali di risulta**

Senza che ciò dia diritto a pretendere delle maggiorazioni sui prezzi d'Elenco, i materiali scavati che, a giudizio della Direzione dei Lavori, possano essere riutilizzati, ed in modo particolare quelli costituenti le massicciate stradali o inerti paragonabili ad A1 - A1a e A1b, o inerti provenienti da demolizioni in calcestruzzo o in laterizio, le cotiche erbose e il terreno di coltivo, dovranno essere depositati in cumuli distinti in base alla loro natura, se del caso eseguendo gli scavi a strati successivi, in modo da poter asportare tutti i materiali di interesse prima di approfondire le trincee.

Di norma, il deposito sarà effettuato a lato di queste ultime, in modo, tuttavia, da non ostacolare o rendere pericolosi l'attività delle maestranze, adottando inoltre gli accorgimenti atti a impedire l'allagamento degli scavi da parte delle acque superficiali, gli scoscendimenti dei materiali ed ogni altro eventuale danno che, comunque, nel caso avesse a verificarsi, dovrà essere riparato a tutte cure e spese dell'Impresa.

Quando il deposito a lato delle trincee non fosse richiesto o, per qualsiasi motivo, possibile, il materiale di risulta dovrà, di norma, essere caricato sui mezzi di trasporto direttamente dalle macchine o dagli operai addetti allo scavo e sarà quindi avviato, senza deposito intermedio, alle pubbliche discariche.

In tutti i casi, i materiali eccedenti e quelli che, ai sensi del successivo art. 2.3, non siano impiegabili nei reinterri, dovranno essere direttamente caricati sui mezzi di trasporto all'atto dello scavo ed avviati nella zona della discarica individuata dalla Direzione Lavori, senza alcun compenso aggiuntivo.

### **2.3. DRENAGGI ED OPERE DI AGGOTTAMENTO**

Le canalizzazioni ed i manufatti saranno costruiti mantenendo il piano di fondazione costantemente all'asciutto.

Perciò, in caso di necessità, si collocherà sotto il piano di fondazione dei manufatti un canaletto o tubo di drenaggio o una platea formata da file staccate di conci di calcestruzzo, così da ottenere, coll'impiego di pompe o naturalmente, l'abbassamento della falda freatica sotto il piano di fondazione. Sopra i tubi di drenaggio si stenderà uno strato di ghiaia; sui conci si collocheranno lastre per la copertura dei relativi canaletti, e su queste uno strato di ghiaia; dopo di che si comincerà la gettata di fondazione dei manufatti.

Gli scavi dovranno, di norma, essere eseguiti da valle verso monte per consentire lo smaltimento delle acque a deflusso naturale. L'Impresa non avrà diritto ad alcun particolare compenso per aggotamenti.

Nel caso si dovesse provvedere all'aggottamento degli scavi o all'abbassamento artificiale della falda con pozzi drenanti, l'Impresa dovrà eseguirli a proprio carico ed onere.

La Direzione dei Lavori potrà prescrivere il numero delle pompe, le caratteristiche dimensionali, le zone di impianto, l'inizio e la cessazione del funzionamento.

Per le opere di cui trattasi, sono a carico dell'Impresa anche le impalcature di sostegno e le opere di riparo dei meccanismi, le prestazioni ed i materiali occorrenti all'impianto, esercizio, smontaggio - da un punto all'altro dei lavori - dei meccanismi stessi, nonché le linee di adduzione di energia elettrica, le relative cabine, il noleggiamento, la posa e lo sgombero dei tubi d'aspirazione e di quelli necessari all'allontanamento dell'acqua aspirata dalle pompe fino allo scarico.

L'Impresa è obbligata ad adoperare motori e pompe di buon rendimento, nonché ad assumere tutti i provvedimenti atti a mantenerlo tale per tutta la durata dell'impiego.

Dovendo scaricare nella fognatura stradale le acque di aggotamento, si dovranno adottare gli accorgimenti atti ad evitare interrimenti o ostruzione dei condotti.

In ogni caso, ad immissione ultimata, l'Impresa tempestivamente provvedere, a sue cure e spese, alla pulizia dei condotti utilizzati.

Nel caso in cui fosse necessario un funzionamento continuo degli impianti di aggotamento, l'Impresa - a richiesta della Direzione dei Lavori - dovrà procedere all'esecuzione delle opere con due turni giornalieri e con squadre rafforzate allo scopo di abbreviare al massimo i tempi di funzionamento degli impianti.

L'Impresa sarà inoltre tenuta responsabile di ogni eventuale danno e maggiore spesa, conseguenti all'arresto degli impianti di aggotamento, nonché del rallentamento dei lavori per tal motivo.

### **2.4. RINTERRI**

Il rinterro degli scavi dovrà essere eseguito in modo che:

- per natura del materiale e modalità di costipamento, non abbiano a formarsi, in prosieguo di tempo, cedimenti o assestamenti irregolari;
- condotti e i manufatti non siano assoggettati a spinte trasversali o di galleggiamento e, in particolare, quando i primi siano realizzati mediante elementi prefabbricati, non vengano provocati spostamenti;
- si formi un'intima unione tra il terreno naturale e il materiale di riempimento cosicché, in virtù dell'attrito con le pareti dello scavo, ne consegua un alleggerimento del carico sui condotti.

Per conseguenza, malgrado ai rinterri si debba, di norma, provvedere utilizzando i materiali di risulta degli scavi, non potranno in alcun caso essere impiegati materiali, quali scorie e terreni gessosi, che possano aggredire chimicamente le opere, né voluminosi, quali terreni gelati o erbosi, o di natura organica, quali legno, torba e simili, che possano successivamente provocare sprofondamenti.

Quando il materiale di risulta non possiede le necessarie caratteristiche per essere idoneo a massicciate, argini etc., o non ne è stato previsto il suo riutilizzo come rinterro, dovrà essere allontanato e steso nelle zone di scarica; tale operazione è un onere già remunerato nelle voci di elenco prezzi inerenti gli scavi. Il corrispettivo per il rinterro con i materiali di risulta degli scavi comprende invece la eliminazione dei corpi estranei voluminosi, quali trovanti di roccia, massi, grosse pietre, ciottoli e simili, che potrebbero lesionare i manufatti durante i rinterri o, a costipamento avvenuto, determinare la concentrazione di carichi sui condotti.

Nell'eseguire i rinterri, si dovrà distinguere fra il rinalzo della tubazione, il riempimento di buche, la formazione di massicciate o di argini.

Il rinalzo si estende dal fondo della fossa sino ad una altezza variabile dai 10 ai 30 cm a secondo delle prescrizioni della Direzione Lavori sopra il vertice del tubo; esso deve essere realizzato con terreno privo di ogni materiale estraneo, ciottoli compresi, suscettibile di costipamento in strati di altezza non superiore a 30 cm. La compattazione dovrà essere eseguita a mano, con apparecchi leggeri, contemporaneamente da ambo i lati della tubazione, ad evitare il determinarsi di spinte trasversali o di galleggiamento e, in particolare, lo spostamento dei condotti, quando essi siano realizzati con elementi prefabbricati.

Subito dopo il rinalzo della canalizzazione, seguirà il riempimento della fossa, da effettuarsi stendendo il materiale in successivi strati, di spessore tale da assicurare, con impiego di apparecchiature scelte in relazione alla natura del materiale stesso un sufficiente costipamento, senza che la tubazione sia danneggiata.

Qualora per il riempimento degli scavi il progetto prevedesse l'impiego di materiale inerte (ghiaie, sabbia o stabilizzato) e nel contempo la Direzione Lavori verificasse la non idoneità del materiale proveniente dagli scavi, l'impresa su indicazioni della direzione lavori stessa provvederà al riempimento degli scavi e/o al rinfianco delle tubazioni con i materiali indicati in elenco prezzi e nelle tavole esecutive di progetto. I prezzi stabiliti dall'Elenco per scavi comprensivo di rinterri remunerano anche le sistemazioni superficiali sia degli scavi che delle zone in cui siano stati lasciati a provvisorio deposito i materiali di risulta.

Essi sono pure comprensivi degli oneri che l'Impresa dovrà sostenere per controllare costantemente le superfici dei rinterri, e delle prestazioni di mano d'opera e di mezzi d'opera necessarie alle riprese ed alle ricariche fino al ripristino della pavimentazione, se questo sia compreso nell'appalto, o al conseguimento del collaudo.

L'osservanza delle prescrizioni, impartite nel presente articolo in ordine alle modalità di esecuzione dei rinterri e di sistemazione e manutenzione degli strati superficiali, non solleva l'Impresa da nessuna responsabilità relativa alla buona riuscita dell'operazione.

## 2.5. MISTO CEMENTATO

Gli strati in misto cementato per fondazione o per base sono costituiti da un misto granulare di ghiaia e sabbia impastato con cemento e acqua in impianto centralizzato a produzione continua con dosaggio a peso o a volume.

Si dovranno stendere strati il cui spessore finito non risulti superiore a 20 cm o inferiore a 10 cm.

### 2.5.1. Caratteristiche dei materiali da impiegarsi

#### Inerti

Saranno impiegate ghiaie e sabbie di cava o di fiume con percentuale di frantumato complessivo compresa tra il 30% ed il 60% in peso sul totale degli inerti aventi i seguenti requisiti:

1. l'aggregato deve avere dimensioni non superiori a 40 mm, ne' forma appiattita, allungata o lenticolare;
2. granulometria, a titolo indicativo, compresa nel seguente fuso ed avente andamento continuo ed uniforme praticamente concorde a quello delle curve limiti:

Serie crivelli e setacci U.N.I.	Miscela passante:% totale in peso
Crivello 40	100
Crivello 30	80 ÷100
Crivello 25	72 ÷90
Crivello 15	53 ÷70
Crivello 10	40 ÷55
Crivello 5	28 ÷40
Setaccio 2	18 ÷30
Setaccio 0.4	8 ÷18
Setaccio 0.18	6 ÷14
Setaccio 0.075	5 ÷10

3. perdita in peso alla prova Los Angeles eseguita sulle singole pezzature secondo le norme ASTM AASHTO T 96-02-UL (ASTM C 131) :2002, inferiore o uguale al 30 %;
4. equivalente in sabbia compreso tra 30 e 60 ;
5. indice di plasticità non determinabile (materiale non plastico);

#### Legante

Verrà impiegato cemento di tipo normale (Portland, pozzolanico, d'alto forno).

A titolo indicativo la percentuale di cemento in peso sarà compresa tra il 2,5 % e il 3,5 % sul peso degli inerti asciutti.

#### **Acqua**

Dovrà essere esente da impurità dannose, oli, acidi, alcali, materia organica e qualsiasi altra sostanza nociva.

#### **Miscela - Prove di laboratorio e in situ**

La percentuale esatta di cemento, come pure la percentuale di acqua, saranno stabilite in relazione alle prove di resistenza appresso indicate.

#### **Resistenza**

Verrà eseguita la prova di resistenza a compressione ed a trazione sui provini cilindrici confezionati entro stampi C.B.R. (U.N.I. 10009:1964) impiegati senza disco spaziatore (altezza 17,78 cm, diametro 15,24 cm, volume 3242 cm<sup>3</sup>); per il confezionamento dei provini gli stampi verranno muniti di collare di prolunga allo scopo di consentire il regolare costipamento dell'ultimo strato con la consueta eccedenza di circa 1 cm rispetto all'altezza dello stampo vero e proprio. Tale eccedenza dovrà essere eliminata, previa rimozione del collare suddetto e rasatura dello stampo, affinché l'altezza del provino risulti definitivamente di cm 17,78.

La miscela di studio verrà preparata partendo da tutte le classi previste per gli inerti, mescolandole tra loro, con il cemento e l'acqua nei quantitativi necessari ad ogni singolo provino.

Comunque prima di immettere la miscela negli stampi si opererà una vagliatura sul crivello U.N.I. 25 mm (ASTM 3/4") allontanando gli elementi trattenuti (di dimensionamento superiore a quella citata) con la sola pasta di cemento ad essi aderente.

La miscela verrà costipata su 5 strati con il pestello e l'altezza di caduta di cui alla norma AASHTO T180-01-UL:2004 e a 85 colpi per strato, in modo da ottenere una energia di costipamento pari a quella della prova citata (diametro pestello mm 50.8 - peso pestello kg 4,54 - altezza caduta cm 45,7).

I provini dovranno essere estratti dallo stampo dopo 24 ore e portati successivamente a stagionatura per altri 6 giorni in ambiente umido (umidità relativa non inferiore al 90 % e temperatura di circa 20° C); in caso di confezione in cantiere la stagionatura si farà in sabbia mantenuta umida.

Operando ripetutamente nel modo suddetto, con impiego di percentuali in peso d'acqua diverse (sempre riferite alla miscela intera, compreso quanto eliminato per vagliatura sul crivello da 25 mm) potranno essere determinati i valori necessari al tracciamento dei diagrammi di studio.

Lo stesso dicasi per le variazioni della percentuale di legante.

I provini confezionati come sopra detto dovranno avere resistenze a compressione a 7 giorni non minori di 2,5 N/mm<sup>2</sup> e non superiori a 4,5 N/mm<sup>2</sup> ed a trazione secondo la prova "brasiliana" non inferiore a 0,25 N/mm<sup>2</sup>. (Questi valori per la compressione e la trazione devono essere ottenuti dalla media di 3 provini, se ciascuno dei singoli valori non si scosta dalla media stessa di ±15%, altrimenti dalla media dei restanti dopo aver scartato il valore anomalo). Da questi dati di laboratorio dovranno essere scelte la curva, densità e le resistenze di progetto da usare come riferimento nelle prove di controllo.

#### **Preparazione**

La miscela verrà confezionata in appositi impianti centralizzati con dosatori a peso o a volume. La dosatura dovrà essere effettuata sulla base di un minimo di tre assortimenti, il controllo della stessa dovrà essere eseguito almeno ogni 1500 m<sup>3</sup> di miscela.

#### **Posa in opera**

La stesa verrà eseguita impiegando finitrici vibranti. Per il costipamento e la rifinitura verranno impiegati rulli lisci vibranti o rulli gommati semoventi.

La stesa della miscela non dovrà di norma essere eseguita con temperature ambiente inferiori a 0° C e superiori a 30° ne' sotto la pioggia.

Il tempo intercorrente tra la stesa di due strisce affiancate non dovrà superare di norma 1÷2 ore per garantire la continuità della struttura.

## SEZIONE 3. DEMOLIZIONI

### 3.1. DEMOLIZIONI

#### 3.1.1. Modalità di esecuzione

Le demolizioni parziali o complete, di massicciate stradali, di murature, calcestruzzi, pavimenti, devono essere eseguite con ordine e con le necessarie precauzioni in modo da non danneggiare le residue parti, da prevenire qualsiasi infortunio agli addetti al lavoro e da evitare incomodi o disturbi

Dovranno essere accertati con ogni mezzo e con la massima cura, nel loro complesso e nei particolari, la struttura di ogni elemento da demolire, disfare o rimuovere, onde conoscerne, con ogni completezza, la natura, lo stato di conservazione, le diverse tecniche costruttive ecc., ed essere così in grado di affrontare, in ogni stadio dei lavori, tutte quelle evenienze che possano presentarsi nelle demolizioni, disfacimenti e rimozioni, anche se queste evenienze dipendano, ad esempio, da particolarità di costruzione, da modifiche apportate successivamente alla costruzione originaria, dallo stato di conservazione delle murature, conglomerati e alte, dallo stato di conservazione delle armature metalliche e loro collegamenti, dallo stato di conservazione dei legnami, da fatiscenza, a difetti costruttivi e statici, da contingenti condizioni di equilibrio, da possibilità di spinta dei terreni sulle strutture quando queste vengono scaricate, da cedimenti nei terreni di fondazione, da azioni reciproche tra le opere da demolire e quelle adiacenti, etc., adottando di conseguenza e tempestivamente tutti i provvedimenti occorrenti per non alterare all'atto delle demolizioni, disfacimenti o rimozioni quelle particolari condizioni di equilibrio che presentassero le strutture sia nel loro complesso che nei loro vari elementi.

Sulla base degli accertamenti suddetti, e con l'osservanza di quanto appresso stabilito, e delle norme di cui agli articoli da 71 a 76 del D.P.R. 7 gennaio 1956 n. 164, verranno determinate le tecniche più opportune, i mezzi d'opera, l'impiego di personale e la successione dei lavori; pertanto l'Impresa esonera nel modo più ampio ed esplicito da ogni responsabilità civile e penale, conseguente e dipendente dalla esecuzione dei lavori di demolizione, disfacimento e rimozione, sia la Committente che i propri Organi di direzione, assistenza e sorveglianza.

I materiali in genere non saranno gettati dall'alto, ma saranno guidati o trasportati in basso, e allo scopo di non sollevare polvere le murature ed i materiali di risulta dovranno essere opportunamente bagnati.

Nelle demolizioni o rimozioni dovranno essere previste le eventuali necessarie puntellature per sostenere le parti che devono restare e disporre in modo da non deteriorare i materiali risultanti, i quali devono ancora potersi impiegare utilmente. Le demolizioni dovranno limitarsi alle parti e alle dimensioni prescritte. Quando, per mancanza di puntellamenti o di altre precauzioni, venissero demolite altre parti od oltrepassati i limiti fissati, esse saranno ricostruite e rimesse in ripristino a cura e spese dell'Impresa senza alcun compenso.

Tutti i materiali riutilizzabili, a giudizio insindacabile della Direzione Lavori, devono essere opportunamente scalcinati, puliti, custoditi, trasportati ed ordinati nei luoghi di deposito che verranno indicati dalla Direzione stessa, adottando le necessarie cautele per non danneggiarli o disperderli.

I materiali demoliti saranno di proprietà dell'Amministrazione Appaltante, la quale potrà decidere del loro impiego a scopi utili od ordinare all'Impresa l'allontanamento a rifiuto in aree disposte a cura e spese dello stesso.

#### 3.1.2. Strutture orizzontali o inclinate - Solai, volte e coperture Demolizioni, sostituzioni e collegamenti

##### Demolizioni

Per le opere di demolizione di solai, volte e coperture, l'Impresa sarà obbligato ad attenersi anche alle seguenti disposizioni:

*Generalità* – Gli interventi di demolizione o sostituzione riguarderanno esclusivamente porzioni o sistemi strutturali che risultino del tutto irrecuperabili dopo attenta campagna di rilievo e diagnosi. Ovvero tutti quei sistemi e/o sottosistemi non più in grado di assolvere la loro funzione statica, nemmeno mettendo in atto interventi consolidanti puntuali od estesi, in grado di lavorare in parallelo e/o in modo collaborante con gli stessi.

Si dovrà fare ricorso ad opere di sostituzione parziale solo quando alcune parti od elementi della struttura si presenteranno deteriorati a tal punto da non garantire la stabilità dell'intera struttura. Si utilizzeranno sempre e comunque a tal scopo, materiali e tecniche idonee, possibilmente asportabili e/o sostituibili, in contrasto per forma e/o tipologia e/o materiale col manufatto esistente, pertanto nettamente identificabili e riconoscibili.

Qualsiasi operazione sarà comunque da concordare preventivamente con la D.L. previa specifica autorizzazione degli enti preposti alla tutela del bene oggetto di intervento. Tutte le pavimentazioni potranno eventualmente essere recuperate integralmente dietro specifiche indicazioni della D.L.

*Coperture* - Fatte salve le generalità di cui sopra, si eseguirà in primo luogo, con ogni cautela, in condizioni di massima sicurezza per gli operatori, la dismissione del manto di copertura, di converse, scossaline, canali di gronda, delle canne fumarie e dei comignoli; solo in seguito l'Impresa potrà rimuovere la piccola, la media e la grossa orditura o comunque la struttura sia essa di legno, sia di ferro o di cemento armato.

In presenza di cornicioni o di gronde a sbalzo, dovrà assicurarsi che questi siano ancorati all'ultimo solaio o, viceversa, trattenuti dal peso della copertura; in quest'ultimo caso, prima di rimuovere la grossa orditura, dovrà puntellare i cornicioni.

La demolizione della copertura, si dovrà effettuare operando dall'interno dell'edificio; in caso contrario gli operai dovranno lavorare esclusivamente sulla struttura principale e su quella secondaria, impiegando opportunamente tavole di ripartizione.

Nel caso in cui la quota del piano di lavoro rispetto al piano sottostante superi i 2 metri, l'Impresa sarà obbligata a predisporre idonea impalcatura; se non fosse possibile porla in opera per la presenza di un piano sottostante non portante o non agibile, dovrà predisporre tutte le opportune operazioni per garantire l'incolumità degli addetti ai lavori.

*Solai piani* - Previa attenta verifica del sistema costruttivo, verranno rimossi i pavimenti ed i sottofondi, i tavellonati e le voltine. Nel caso non si dovessero rimuovere i travetti, sarà cura dell'Impresa predisporre idonei tavolati di sostegno per gli operai.

I travetti andranno sfilati dalle sedi originarie evitando di fare leva sulle murature esistenti mediante il puntellamento, la sospensione e il taglio dei travetti. Le solette in cemento armato monolitiche, prive di una visibile orditura principale, dovranno preventivamente essere puntellate in modo da accertare la disposizione dei ferri di armatura.

L'Impresa dovrà inoltre evitare la caduta sui piani sottostanti dei materiali rimossi e l'eccessivo accumulo degli stessi sui solai.

*Solai a volta* - La demolizione delle volte con evidenti dissesti andranno diversificate in relazione alle tecniche costruttive delle stesse, al loro stato di degrado, alla natura del dissesto ed alle condizioni al contorno.

L'Impresa sarà sempre tenuta a realizzare puntellamenti sbadacchiature secondo le indicazioni della D.L. in modo da assicurare la stabilità dei manufatti in adiacenza, oltre che per controbilanciare la mancata spinta esercitata dalla volta da demolire.

In ogni caso la demolizione di volte in mattoni in foglio, a crociera o a vela dovrà iniziare dalla chiave della volta e seguire un andamento a spirale. La demolizione delle volte ad arco ribassato e a botte andrà invece eseguita per sezioni frontali, procedendo dalla chiave verso le imposte.

### 3.1.3. Rimozione di Amianto o Materiali contenenti Amianto

Per manufatti in amianto cemento si intendono parti integranti dell'edificio oggetto di demolizione parziale o completa realizzate con unione di altri materiali a fibre di amianto.

Solitamente sono rinvenibili due tipologie differenti di manufatti: quelli a matrice friabile e quelli a matrice compatta.

Data l'usura e l'invecchiamento o le condizioni di posa del materiale taluni materiali inizialmente integrati in matrice compatta possono, con il tempo, essere diventati friabili.

L'Impresa al momento del sopralluogo ai manufatti oggetto di demolizione è tenuta a verificarne la presenza e classificarne il livello di rischio.

Qualora il manufatto presenti qualche somiglianza affine ai manufatti contenenti amianto, sarà cura dell'Impresa provvedere a campionare parti dello stesso e provvedere a far analizzare i campioni presso laboratorio attrezzato e autorizzato.

Valutata da parte dell'Impresa la presenza di manufatti contenenti amianto, l'Impresa provvederà prima dell'inizio dei lavori, in base all'art. 250, comma 1°, del D.Lgs. n. 81, a presentare una notifica all'organo di vigilanza competente per territorio.

L'art. 256, comma 2°, dello stesso D.Lgs. prevede che il datore di lavoro, prima dell'inizio dei lavori, debba predisporre un piano di lavoro. Una copia di tale piano, come indicato al comma 5° dello stesso articolo, deve essere inviata all'organo di vigilanza, almeno 30 giorni prima dell'inizio dei lavori.

Il piano di lavoro, redatto secondo le indicazioni dell'art. 256 del D.Lgs. n. 81/08, è considerato Piano Operativo di Sicurezza (P.O.S.) redatto ai sensi dell'art. 89, comma 1°, lettera h) ed all'allegato XV dello stesso D.Lgs., esclusivamente per l'intervento di bonifica. Pertanto, il piano di lavoro dovrà indicare la specifica attività e le singole lavorazioni svolte in cantiere dall'Impresa esecutrice.

Qualora vengano svolte attività di manutenzione che non implicano la rimozione (parziale o totale) dei materiali contenenti amianto, ma che possono comportare su di essi una azione meccanica (azione che potrebbe intaccare l'integrità del manufatto e liberare fibre), il datore di lavoro deve presentare all'organo di vigilanza la notifica in conformità a quanto prescritto dall'art. 250 del D.Lgs. n. 81/08 (es. lavori di sovracopertura di lastre in cemento-amianto).

Oltre alle informazioni richieste all'art. 256, comma 4°, del D.Lgs. n. 81/08, dovranno essere fornite le seguenti documentazioni:

#### A – INDICAZIONI PER L'IMPRESA ESECUTRICE

1. Riportare nel piano i risultati delle misure di cui all'art. 253, 1° comma, del n. D.Lgs. 81/08.
2. L'art. 256, 4° comma, lettera c), del D.Lgs. n. 81/08 prevede che il piano di lavoro contenga le informazioni di dettaglio sulla verifica dell'assenza di rischi dovuti all'esposizione all'amianto sul luogo di lavoro al termine dei lavori di bonifica. Tale verifica consiste nel visionare accuratamente l'area di cantiere, per accertare l'assenza di residui di materiale in cemento-amianto. Resta comunque inteso che durante i lavori di bonifica si dovranno adottare tutte le precauzioni volte ad evitare il danneggiamento dei manufatti interessati e si dovrà provvedere alla periodica pulizia del cantiere e delle zone di lavoro. La verifica verrà effettuata dall'impresa esecutrice.
3. Sarà cura dell'Impresa provvedere al termine della bonifica a consegnare certificato di collaudo e riconsegna dei locali bonificati.
4. Considerato il rischio di esposizione dei dipendenti al rumore, predisporre la valutazione del rumore ai sensi dell'art. 190 del D.Lgs. n. 81/08, per il cantiere oggetto dei lavori. I valori limite di esposizione e di azione, nonché il livello di esposizione settimanale al rumore dei lavoratori, possono essere calcolati in fase preventiva, facendo riferimento ai tempi di esposizione e ai livelli di rumore standard derivati da studi e misurazioni la cui validità è riconosciuta dalla Commissione consultiva permanente per la prevenzione degli infortuni e per l'igiene del lavoro.
5. Allegare la documentazione attestante l'avvenuta informazione, formazione dei lavoratori artt. 257 e 258 del D.Lgs. n. 81/08.
6. Qualora l'intervento di bonifica da amianto non abbia esito positivo il Committente avrà diritto a far subentrare l'Appaltatore specializzato di propria fiducia con l'obiettivo di ripristinare il livello di inquinamento di fondo previsto dalla legislazione vigente. L'importo di tale intervento sarà a carico dell'Impresa.

#### B - OGGETTO DEI LAVORI

1. Dovrà essere specificato se trattasi di lavori di manutenzione, sostituzione, demolizione o altro.
2. Dovrà essere indicato il tipo di materiale e precisamente se trattasi di:
  - a) lastre di copertura;
  - b) tubi o condotte, canne fumarie, pannelli;
  - c) cisterne, vasche di amianto;
  - d) amianto in matrice friabile (es. coibentazioni di tubazioni e caldaie);
  - e) altro.
3. Dovranno essere indicate le condizioni del materiale e precisamente se trattasi di:
  - a) materiale integro e ben conservato;
  - b) materiale con rotture evidenti e/o crepe superficiali;
  - c) materiale frantumato e sparso;
  - d) materiale con fibre superficiali parzialmente distaccate dalla matrice cementizia.
4. Dovrà essere indicato se lo stabile oggetto della rimozione confina con:
  - a) area pubblica;
  - b) aree ed attrezzature scolastiche;
  - c) con strutture sanitarie (ospedali, case di cura, ecc.).
5. Dovrà essere indicata la superficie complessiva delle lastre o il peso del materiale da rimuovere, se in matrice friabile.
6. Dovranno essere allegati almeno due fotografie (non in fotocopia) o disegni riportanti almeno due prospetti dello stabile, delle strutture o dei manufatti contenenti amianto.
7. Dovranno essere segnalate e protette le eventuali aperture presenti sulla copertura (es. lucernari) riportandone le dimensioni.
8. Dovrà essere specificato se la copertura in cemento amianto poggia su una soletta portante in c.l.s. o su travatura: in quest'ultimo caso indicare l'altezza massima tra il colmo del tetto ed il solaio pedonabile.
9. Nel caso in cui l'altezza della falda della copertura superi i 2 metri dal solaio, dovrà essere installato un idoneo sottoponte, atto ad evitare cadute sul solaio sottostante: allegare il disegno esecutivo.
10. Dovranno essere segnalate le eventuali presenze di sottoservizi attivi (es. linee elettriche, condutture di gas, acqua, etc.) e dovranno essere indicate le misure da adottarsi per la loro protezione contro eventuali urti meccanici, nel caso di interferenze dirette con le operazioni di rimozione. Si ricorda che è fatto assoluto divieto di effettuare lavorazioni in prossimità di linee elettriche aeree a distanze inferiori a 5 metri dalla costruzione, dai ponteggi o dal raggio d'azione dei mezzi di sollevamento.
11. Dovranno essere segnalati eventuali ostacoli posti sul pavimento (es. materiali depositati, presenza di macchine, impianti o altro) che possano interferire o costituire pericoli durante le varie fasi lavorative.
12. Dovrà essere indicata la conformazione della copertura (tetto) e la sua pendenza, specificando se:
  - a) a falde (indicare se la pendenza è <15%, compresa tra 15% e 50%, o >50%);
  - b) a shed;
  - c) curva;
  - d) altro.

#### C - TECNICHE LAVORATIVE

1. Dovranno essere descritte le varie fasi lavorative e dovranno essere individuate le misure preventive e protettive, integrative rispetto a quelle contenute nel P.S.C. quando previsto, da adottarsi in relazione ai rischi connessi alle lavorazioni in cantiere. In particolare dovranno essere descritte le modalità di rimozione delle lastre, indicando i provvedimenti che s'intendono adottare per il pieno rispetto delle vigenti norme di sicurezza (D.Lgs. n. 81/08) e le misure adottate contro il pericolo di cadute dall'alto ed i mezzi utilizzati:
  - a) ponteggi su tutti i lati prospicienti il vuoto;
  - b) ponteggi a settori e conseguenti precauzioni;
  - c) utilizzo di parapetti su tutti i lati prospicienti il vuoto;
  - d) coperture a protezione di lucernari;
  - e) reti di protezione;
  - f) altro.
2. In caso d'installazione di ponteggi, dovrà essere allegato il disegno esecutivo del quale risulti:
  - a) l'indicazione del tipo di ponteggio usato;
  - b) generalità e firma del progettista o del capo cantiere;
  - c) sovraccarichi massimi per metro quadrato d'impalcato;
  - d) indicazione degli appoggi e degli ancoraggi.Indicare se è stato redatto il Pi.M.U.S. (ai sensi dell'art. 136, comma 1°, del D.Lgs. n. 81/08) secondo i contenuti riportati nell'allegato XXII allo stesso D.Lgs., nonché l'avvenuta formazione degli addetti (art. 136, comma 6°, del D.Lgs. n. 81/08).
3. Nel caso in cui l'installazione delle opere provvisorie (es. ponteggi, parapetti o altro) sia effettuata da impresa diversa da quella che eseguirà i lavori di rimozione, dovranno essere indicati i dati della Impresa installatrice di tali opere;
4. L'accesso degli operatori al tetto dovrà essere effettuato con l'utilizzo di scala interna al ponteggio o al ponte mobile su ruote a torre (in gergo trabattello). E' fatto divieto di utilizzare le scale comuni interne degli edifici, al fine di evitare un'eventuale dispersione di fibre d'amianto in tali ambienti.
5. Le reti di protezione potranno essere utilizzate solo dove non è tecnicamente possibile predisporre altri sistemi di protezione. Le reti dovranno essere idoneamente ancorate alle strutture fisse ed opportunamente tesate.

6. Nel caso di installazione di parapetti con montanti ancorati a vite, dovranno essere utilizzate piattaforme aeree (cestello) autocarrate, semoventi, a pantografo, etc. Qualora non fosse possibile utilizzare tali piattaforme, occorre motivare tecnicamente tale impossibilità e seguire le seguenti prescrizioni:

6.1 Per le fasi di installazione e rimozione dei parapetti con montanti ancorati a vite, lungo tutto il perimetro del tetto, i lavoratori dovranno essere dotati di cintura di sicurezza con imbracatura collegata a fune di trattenuta munita di sistema anticaduta con dispositivo autoavvolgente; il sistema di trattenuta deve essere assicurato, direttamente o mediante anello scorrevole, lungo una fune appositamente tesa, a parti stabili delle opere fisse (cavo opportunamente ancorato sul colmo del tetto, con punti di ancoraggio almeno ogni 2 metri lineari di cavo). Nel caso in cui questo non sia possibile, dovranno essere indicate idonee misure alternative.

6.2 Dovrà essere fornita una dichiarazione dello stato di conservazione e della robustezza globale del cornicione e/o frontalino di ancoraggio dei parapetti con montanti fissati a vite, attenendosi inoltre, per le relative procedure di montaggio, utilizzo e smontaggio, a quanto riportato nel libretto di istruzioni redatto dal costruttore.

6.3 Prima dell'inizio dei lavori dovranno essere trasmessi i certificati di omologazione dei parapetti con montanti ancorati a vite, corredati dalle prove di carico effettuate.

6.4 Tali montanti dovranno essere installati alla distanza, l'uno dall'altro, indicata dal costruttore. Nel caso di mancanza di indicazioni specifiche i montanti dovranno essere installati ad idonea distanza l'uno dall'altro, comunque non superiore a metri 1,5, al fine di garantire una sufficiente resistenza in caso di caduta degli operatori.

6.5 In corrispondenza degli angoli del tetto, i parapetti, laddove s'intersecano, dovranno essere saldamente vincolati tra loro.

6.6 L'altezza dei montanti e dei correnti superiori deve superare di almeno 1,20 metri l'ultimo impalcato o il piano di gronda.

6.7 Correnti e tavole fermapiEDE non devono lasciare una luce, in senso verticale, maggiore di 30 centimetri.

7. Nei lavori sul tetto dovranno essere disposte idonee tavole sulla copertura, in modo da costituire dei piani di camminamento atti ad impedire la caduta per sfondamento delle lastre.

8. Prima della rimozione, le due superfici delle lastre dovranno essere trattate con liquidi incapsulanti di colore evidente, come previsto dal D.M. 20.08.1999, (allegare scheda tecnica della sostanza incapsulante), specificando le caratteristiche di applicazione dell'incapsulante, indicando:

- a) spessore film secco applicato;
- b) quantità al m2 applicata;
- c) tempo di essiccazione.

9. L'incapsulante dovrà essere applicato mediante l'utilizzo di pompe a bassa pressione, (allegare scheda tecnica).

10. Le lastre rimosse dovranno essere rivestite da fogli di polietilene di adeguato spessore, direttamente sul piano del tetto, prima del trasporto a terra. Nel caso in cui ciò non fosse possibile dovrà essere data spiegazione in merito.

11. Dovranno essere indicate le modalità di trasporto delle lastre dal tetto al piano di campagna, specificando se il trasporto a terra avverrà con:

- a) autogrù;
- b) gru presente in cantiere;
- c) carrello elevatore
- d) altro.

12. La postazione di carico dei materiali sul tetto dovrà essere adeguatamente protetta contro il rischio di cadute. Descrivere dettagliatamente le modalità operative, organizzative e le misure preventive e protettive che verranno adottate per il carico/scarico dei materiali dalle postazioni di lavoro in quota.

13. Le lastre dovranno essere rimosse evitando la loro frantumazione; per l'eliminazione degli ancoraggi non dovranno essere utilizzati trapani, flessibili o mole abrasive ad alta velocità.

14. Tutto il materiale rimosso dovrà essere etichettato a norma di legge.

15. Dovranno essere specificate le modalità di conservazione in loco delle lastre, prima del loro avvio alla discarica, specificando se i singoli bancali di lastre verranno:

- a) caricati direttamente su mezzo di trasporto;
- b) depositati temporaneamente in luogo esclusivamente dedicato all'interno del cantiere, delimitato da idonea segnaletica;
- c) depositati in container espressamente dedicato;
- d) altro.

16. Nel caso in cui sul piano di calpestio sotto alla copertura (sottotetto od altro) fossero presenti polveri o sfridi di materiale contenenti amianto, si dovrà procedere all'eliminazione degli stessi mediante aspiratore industriale con filtri assoluti. Si ricorda, come indicato all'art. 7, comma 3°, del D.M. 6/9/94 "procedure operative", che qualora si riscontrino un accumulo di fibre di amianto nei canali di gronda, questi dovranno essere bonificati. E' inoltre necessario effettuare giornalmente la pulizia a umido o con aspiratori a filtri assoluti della zona di lavoro e delle aree di cantiere che possano essere state contaminate da fibre di amianto.

#### D - MISURE DI PROTEZIONE DEI LAVORATORI

1. Dovrà essere predisposta idonea unità di decontaminazione ad uso esclusivo degli addetti, dotata di doccia e lavello con acqua calda/fredda, nonché di servizi igienici, adeguatamente riscaldata nella stagione fredda; l'acqua di scarico di doccia e lavello dovrà essere depurata tramite adatto filtro.

2. Ai lavoratori dovranno essere forniti mezzi personali di protezione, quali maschere con filtri di classe P3, tute monouso (sostituite ad ogni interruzione del lavoro e comunque tutte le volte che sia necessario, ad esempio in caso di deterioramento), guanti, ecc. (allegare schede tecniche).

3. Ai sensi dell'art. 243, 1° comma, del D.Lgs. n. 81/08, il datore di lavoro deve provvedere ad iscrivere i lavoratori esposti ad agenti cancerogeni, nell'apposito registro.
4. Dovrà essere allegata al piano copia del giudizio d'idoneità degli operatori per la specifica mansione di rimozione amianto, rilasciato da parte del medico competente.

#### E - RIFIUTI

1. L'Impresa è produttore del rifiuto mediante azione demolitrice e deve quindi provvedere all'onere dello smaltimento corretto del rifiuto medesimo.
2. E' cura dell'Impresa verificare prima della demolizione del manufatto che non siano presenti all'interno del medesimo quantità di amianto floccato o manufatti di qualsivoglia natura contenenti amianto. Tali manufatti, qualora presenti, saranno considerati come rifiuto a cui l'Impresa deve provvedere secondo le modalità previste dalla legislazione vigente in materia, alla stessa stregua dei materiali facenti parte dell'immobile.
3. La demolizione parziale o totale non potrà essere iniziata prima dell'avvenuto smaltimento di questi rifiuti.
4. Dovrà essere indicato il luogo in cui sarà conferito il materiale rimosso per lo smaltimento, specificando se trattasi:
  - a) di impianto di deposito temporaneo (stoccaggio provvisorio) - allegare autorizzazione;
  - b) discarica autorizzata, indicandone il tipo.
5. Dovrà essere specificato il nominativo della Impresa autorizzata al trasporto dei rifiuti.
6. Dovrà essere approssimativamente indicata la quantità di materiale (in m3 o Kg) ed entro quanti giorni sarà successivamente effettuato il conferimento in discarica.
7. Si ricorda che l'automezzo utilizzato dovrà avere il vano di carico dotato di sponde e di sistema di copertura fissa o mobile in modo da garantire la protezione del carico.
8. Dovrà essere documentato l'avvenuto trasporto e smaltimento in idonea discarica del materiale rimosso, indicando il numero di parere rilasciato da questo Servizio.
9. Si ricorda che dovrà essere trasmessa la relazione annuale di smaltimento dell'amianto, come da modello unificato dello schema di relazione di cui all'art. 9, commi 1° e 3°, della legge 27.03.1992 n. 257, come previsto da Circolare del Ministero dell'Industria del 17 febbraio 1993, n. 124976 (pubblicato sulla G.U. n. 53 del 5 marzo 1993): tale relazione deve essere inviata entro il 28 di febbraio dell'anno successivo.

<b>SEZIONE 4. FONDAZIONI SPECIALI</b>
---------------------------------------

**4.1. NORMATIVA DI RIFERIMENTO**

I lavori, descritti nelle specifiche, dovranno essere eseguiti nel rispetto delle leggi e normative vigenti in materia, e loro successivi eventuali aggiornamenti, con particolare riguardo a:

<b>C.N.R. 22/12/1999</b>	Procedure per l'esecuzione e l'interpretazione di prove di carico assiale di compressione su pali di fondazione
<b>ASTM D1143-81</b>	Standard Test Method for Piles under Static Axial Compressive Load
<b>AGI 1977</b>	Raccomandazioni sulla programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche
<b>AGI 1984</b>	Raccomandazioni dell'Associazione Geotecnica Italiana sui pali di fondazione, Dic. 1984;
<b>A.I.C.A.P. 1993</b>	Ancoraggi nei terreni e nelle rocce
<b>Norme DIN 4150-3:1999</b>	Effetti delle vibrazioni nelle costruzioni
<b>Raccomandazioni A.I.C.A.P 1983</b>	Ancoraggi nei terreni e nelle rocce
<b>UNI EN 206-1:2001</b>	Calcestruzzo - Specificazione, prestazione, produzione e conformità
<b>D.M. 11 marzo 1988</b>	Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione"
<b>Circolare Min. LL.PP. 24.09.88 n° 30483:« L. 2.2.1974, n. 64 – art.1 D.M. 11.03.1988».</b> <b>D.M. 9/1/1996</b>	Istruzioni riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione" Norme Tecniche per il calcolo, l'esecuzione ed il collaudo delle opere in cemento armato, normale e precompresso e per le strutture metalliche
<b>C.M. 15 ottobre 1996, n. 252</b> <b>AA. GG. / S.T.C.</b>	Istruzioni per l'applicazione delle «Norme tecniche per il calcolo, l'esecuzione ed il collaudo delle opere in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche» di cui al D.M. 9 gennaio 1996
<b>UNI ENV 10080:2005</b>	Acciaio d'armatura per calcestruzzo - Acciaio d'armatura saldabile - Generalità
<b>D.M. Infrastrutture 14 gennaio 2008</b>	Norme tecniche per le costruzioni
<b>C.M. Infrastrutture e Trasporti</b> <b>02 febbraio 2009, n. 617 CS. LL. PP.</b>	Nuova circolare delle Norme Tecniche per le Costruzioni
<b>UNI EN 1536:2003</b>	Esecuzione di lavori geotecnica speciali - pali trivellati
<b>UNI EN 1537:2002</b>	Esecuzione di lavori geotecnica speciali - tiranti di ancoraggio
<b>UNI EN 1538:2002</b>	Esecuzione di lavori geotecnica speciali - diaframmi
<b>UNI EN 12063:2002</b>	Esecuzione di lavori geotecnica speciali - palanco late
<b>UNI EN 12699:2002</b>	Esecuzione di lavori geotecnica speciali - pali eseguiti con spostamento di terreno
<b>UNI EN 12716:2003</b>	Esecuzione di lavori geotecnica speciali - getti di iniezione (jet grouting)
<b>UNI EN ISO 14689-1:2004</b>	Indagini e prove geotecniche – identificazione e classificazione delle rocce

## 4.2. PARATIE

### 4.2.1. Definizione e campi di impiego

La paratia od il diaframma costituiscono una struttura di fondazione infissa o costruita in opera a partire dalla superficie del terreno con lo scopo di realizzare tenuta all'acqua ed anche a sostegno di scavi.

Le paratie ed i diaframmi potranno essere:

- del tipo a palancole metalliche infisse;
- del tipo a palancole prefabbricate con calcestruzzo armato centrifugato infisse;
- del tipo a pali in calcestruzzo armato di grosso diametro accostati;
- a diaframma gettato in opera di calcestruzzo armato.

Nota

Devono essere precisate le modalità di esecuzione con particolare riguardo agli accorgimenti previsti per garantire i getti dagli eventuali dilavamenti e sottopressioni nonché la natura e le caratteristiche dei materiali che saranno impiegati.

### 4.2.2. Palancole infisse

#### Paratie a palancole metalliche infisse

Le palancole metalliche, di sezione varia, devono rispondere comunque ai seguenti requisiti fondamentali: adeguata resistenza agli sforzi di flessione, facilità di infissione, impermeabilità delle giunzioni, facilità di estrazione e reimpiego (ove previsto), elevata protezione contro le corrosioni. L'infissione delle palancole sarà effettuata con i sistemi normalmente in uso.

Il maglio dovrà essere di peso complessivo non minore del peso delle palancole comprensivo della relativa cuffia.

Dovranno essere adottate speciali cautele affinché durante l'infissione, gli incastri liberi non si deformino e rimangano puliti da materiali, così da garantire la guida alla successiva palanca.

A tale scopo gli incastri prima dell'infissione dovranno essere riempiti di grasso.

Durante l'infissione si dovrà procedere in modo che le palancole rimangono perfettamente verticali non essendo ammesse deviazioni, disallineamenti o fuoriuscite dalle guide.

Per ottenere un più facile affondamento, specialmente in terreni ghiaiosi e sabbiosi, l'infissione, oltre che con la battitura potrà essere realizzata con il sussidio dell'acqua in pressione fatta arrivare, mediante un tubo metallico, sotto la punta della palanca.

Se durante l'infissione si verificassero fuoriuscite dalle guide, disallineamenti o deviazioni che a giudizio della Direzione dei lavori non fossero tollerabili, la palanca dovrà essere rimossa e reinfissa o sostituita, se danneggiata.

#### Paratie a palancole prefabbricate in c.l.s. armato centrifugato

Le palancole prefabbricate saranno centrifugate a sezione cava.

Il conglomerato cementizio impiegato dovrà avere una resistenza caratteristica a 28 giorni non inferiore a  $40 \text{ N/mm}^2$  e dovrà essere esente da porosità od altri difetti. Il cemento sarà ferrico, pozzolanico o d'altoforno.

Potrà essere richiesto, per infissione con battitura in terreni tenaci, l'inserimento nel getto di puntazza metallica.

L'operazione d'infissione sarà regolata da prescrizioni analoghe a quelle stabilite per i pali in calcestruzzo armato centrifugato di cui al successivo articolo.

Nel caso specifico, particolare cura dovrà essere posta nell'esecuzione dei giunti, da sigillare con getto di malta cementizia.

## 4.3. Diaframmi in c.a.

### 4.3.1. Definizione e campi di impiego

Si definiscono diaframmi in c.a. opere con funzione di sostegno o di fondazione, ottenute gettando il conglomerato cementizio entro cavi di forma planimetrica allungata realizzati nel terreno, di norma in presenza di fanghi bentonitici.

I diaframmi possono costituire opere di sostegno, sia autoportanti che vincolate da puntelli o tiranti ancorati nel terreno; essi possono essere costituiti da elementi accostati, oppure staccati uno dall'altro per poter limitare l'ostacolo al deflusso della falda, oppure con giunti a tenuta idraulica, in modo da impedire qualunque filtrazione attraverso la parete.

Le presenti specifiche si riferiscono a diaframmi eseguiti con calcestruzzo gettato in opera, con armatura in acciaio eseguiti per mezzo di fango bentonico. Esse rappresentano la normativa e le raccomandazioni essenziali per la esecuzione dei diaframmi sia per quanto riguarda le modalità esecutive, sia per la qualità e requisiti della struttura risultante.

La progettazione, l'esecuzione e le caratteristiche finali del diaframma dipendono dalla dettagliata conoscenza delle condizioni geologiche e geotecniche e, di conseguenza sarà necessario disporre di una adeguata campagna geotecnica in conformità con quanto previsto nelle "Raccomandazioni sulla programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche" pubblicate dalla Associazione Geotecnica Italiana e con quanto previsto dalle disposizioni contenute nel D.M. del 11.03.1988.

Le presenti specifiche presuppongono inoltre l'applicazione, per quanto di pertinenza, delle vigenti norme sulle costruzioni in calcestruzzo armato (Legge n. 1086 del 05.11.1971, D.M. 26.03.1980, etc.).

Le dizioni "Impresa" e "Direzione Lavori" riportate nel testo delle presenti specifiche si riferiscono rispettivamente all'Impresa specializzata esecutrice dei diaframmi ed alla Direzione Lavori della Committente intesa come Ente proprietario dell'opera oppure come Impresa Generale detentrica dell'appalto principale, nel caso di subappalto da parte dell'Impresa specializzata.

#### **Soggezioni geotecniche e geoidrologiche**

La tecnica di perforazione sarà di norma basata sull'impiego di fanghi bentonici.

Nel caso di terreni uniformemente argillosi la perforazione potrà essere eseguita "a secco", quindi in assenza di fango bentonitico, sempre che le condizioni permettano di escludere qualunque ingresso di acqua nel cavo.

Durante la perforazione occorrerà tenere conto della esigenza di non peggiorare le caratteristiche meccaniche del terreno circostante il diaframma, dovranno quindi essere minimizzati:

- il rammollimento degli strati coesivi;
- la diminuzione di densità relativa degli strati incoerenti;
- la diminuzione delle tensioni orizzontali efficaci proprie dello stato naturale;
- la riduzione dell'aderenza diaframma - terreno da un improprio impiego dei fanghi.

#### **Tolleranze geometriche**

La posizione planimetrica dei diaframmi dovrà mantenersi nelle tolleranze indicate nel progetto. La verticalità dovrà essere assicurata con tolleranza del 2%, nel caso di diaframmi a tenuta idraulica dovrà essere garantita una tolleranza di un valore massimo pari a  $S/3 L$  ( $S$  = Spessore;  $L$  = profondità del diaframma).

Le tolleranze "delta"  $S$  sullo spessore, verificate in base ai volumi di conglomerato cementizio assorbito, sono le seguenti:

- per ciascun elemento, in base al suo assorbimento globale:
  - $0,01 S < \text{"delta"} S \leq 0,1 S$ ;
- per ciascuna sezione degli elementi sottoposti a misure dell'assorbimento dose per dose (dose = autobetoniera):
  - $0,01 S < \text{"delta"} S \leq 0,01 S$ .

La profondità "L" dovrà risultare conforme al progetto  $\pm 20$  cm, salvo diversa indicazione motivata della Direzione Lavori.

L'ordine di realizzazione dei singoli pannelli potrà essere fissato o variato a giudizio della Direzione Lavori, senza che perciò l'Impresa abbia diritto ad alcun speciale compenso.

L'Impresa è tenuta ad eseguire a suo esclusivo onere e spesa tutte le opere sostitutive e/o complementari che si rendessero necessarie per garantire piena funzionalità al diaframma in caso di esecuzione non conforme alle tolleranze stabilite.

#### **Preparazione del piano di lavoro**

Il piano di lavoro del quale dovranno operare le attrezzature di perforazione, dovrà essere preventivamente sistemato su livelli piani orizzontali, adeguatamente compattato, in modo da evitare variazioni di assetto delle attrezzature durante il loro funzionamento.

L'Impresa avrà cura di accertare che l'area di lavoro non sia attraversata da tubazioni, cavi elettrici o manufatti sotterranei che se incontrati dalla perforazione possano recare danno alle maestranze di cantiere o a terzi. Analoga attenzione dovrà essere prestata a possibili inquinamenti di superficie o della falda da parte di una incontrollata discarica dei detriti e/o dei fanghi bentonitici.

#### **Cordoli Guida**

Preliminarmente all'esecuzione dello scavo dei diaframmi, dovranno essere costruiti due cordoli di guida, debolmente armati anche con lo scopo di contenimento dei fanghi bentonitici refluenti e di prevenzione dei franamenti superficiali. Particolare cura dovrà essere posta nella loro esecuzione sia nei riguardi del tracciamento (quota superiore e direzione), sia per la loro verificabilità, in quanto essi costituiscono l'elemento fondamentale per ogni riferimento del diaframma (quote ed allineamento).

Essi dovranno avere non inferiori a cm 25 di larghezza e cm 80 - cm 100 di profondità dal piano di lavoro, distanti tra loro dello spessore del diaframma aumentato di cm 4 - cm 6, allo scopo di definire la posizione degli utensili di scavo, di assicurare un riferimento stabile per il posizionamento delle armature e di evitare il franamento del terreno nella fascia di oscillazione del livello del fango.

### **4.3.2. Perforazione**

#### **Attrezzatura**

La potenza e la capacità operativa delle attrezzature dovranno in ogni caso essere adeguate alla consistenza del terreno da attraversare ed alle dimensioni dei diaframmi da eseguire nei tempi previsti.

Marcature disposte ad intervalli regolari (m 1 - m 2) sugli organi di manovra degli utensili di scavo dovranno consentire il rapido apprezzamento della profondità alla quale gli utensili stanno operando. La verticalità delle aste di guida rigide dovrà essere controllata da un indicatore a pendolo disposto sulle stesse.

#### **Perforazione a secco**

Può essere effettuata esclusivamente nei terreni coesivi di media o elevata consistenza (coesione non drenata  $> 0,03$  MPa) non fessurati, esenti da intercalazioni incoerenti e non interessati da falde che possano causare ingresso di acqua nel foro; essendo le

massime profondità raggiungibili in funzione della coesione non drenata del terreno, dovrà essere rispettata la seguente condizione:

$$L \leq 250 C_u$$

Dove "L" è la profondità massima raggiungibile espressa in metri e "Cu" è la coesione non drenata espressa in MPa.

#### **Perforazione in presenza di fango bentonitico**

Il fango verrà ottenuto miscelando, fino ad ottenere una sospensione finemente dispersa, i seguenti componenti:

- acqua;
- bentonite in polvere;
- additivi eventuali (disperdenti, sali tampone, etc.).

La scelta del tipo di bentonite, certificato dal fornitore, potrà avvenire in funzione delle caratteristiche chimico-fisiche del terreno di scavo. Il dosaggio in bentonite, espresso come percentuale in peso rispetto all'acqua, dovrà risultare non inferiore al 4% e non superiore al 10% e comunque essere tale da mantenere la stabilità dello scavo.

Le attrezzature impiegate per la preparazione della sospensione dovranno essere tali da assicurare la suddivisione minuta delle particelle di bentonite sospese.

In ogni caso, dovranno essere installate vasche di "maturazione" del fango, nelle quali esso dovrà rimanere per un tempo adeguato, prima di essere impiegato nella perforazione.

Le caratteristiche del fango pronto per l'impiego dovranno essere comprese entro i limiti seguenti:

- peso specifico: non superiore a 1,10 t/m<sup>3</sup>
- viscosità Marsh: compresa tra 30" e 60"
- temperatura:  $\geq 5^\circ \text{C}$

Nelle formazioni argillose compatte, il fango non dovrà tendere a cedere acqua ed a rigonfiare le argille; se lo scavo è stabile, è ammessa la perforazione senza fango, a secco, purché non esistano condizioni favorevoli all'ingresso spontaneo dell'acqua nello scavo.

#### **La perforazione**

La perforazione sarà eseguita mediante benna mordente; il corpo dell'utensile dovrà lasciare uno spazio tra esso e la parete del foro di ampiezza sufficiente ad evitare "effetti pistone" allorché l'utensile viene sollevato.

Gli utensili di perforazione dovranno avere conformazione tale da non lasciare sul fondo del foro detriti smossi o zone di terreno rimaneggiato.

La benna mordente dovrà essere provvista delle aperture per la fuoriuscita del fango all'atto dell'estrazione. Il livello del fango nel foro dovrà essere in ogni caso più alto della massima quota piezometrica delle falde presenti nel terreno lungo la perforazione.

Il franco dovrà risultare di norma non inferiore a 1,00 m e dovrà scendere al di sotto di 0,50 m all'atto dell'estrazione dell'utensile del foro; a tale scopo di potrà disporre di una fossa di piccola capacità accanto al foro, direttamente connessa alla sua sommità con corto canale.

Ciascun tratto di diaframma sarà eseguito in due fasi: si procederà dapprima alla perforazione ed al getto di elementi alterni e si completerà il tratto in seconda fase, con l'esecuzione degli elementi di chiusura ad avvenuta presa del calcestruzzo di quelli eseguiti in prima fase.

Le operazioni dovranno essere programmate e condotte in modo da evitare interazioni pregiudizievoli alla buona riuscita del lavoro tra elementi in corso di esecuzione o appena ultimati. Il materiale di risulta dovrà essere sistematicamente portato alla discarica.

Qualora si accertasse l'impossibilità di fare eseguire immediatamente il getto all'ultimazione della perforazione (per sosta notturna, difficoltà di approvvigionamento del calcestruzzo o qualunque altro motivo), si dovrà interrompere la perforazione almeno un metro sopra alla profondità finale prevista e riprenderla successivamente, in modo da ultimarla nell'imminenza del getto.

#### **Controlli sul fango**

Sul fango bentonitico è opportuno eseguire prove di controllo impiegando apparecchi idonei, per determinare i seguenti parametri:

##### a) fango bentonitico fresco

la densità del fango bentonitico fresco verrà misurata giornalmente, come controllo di qualità della sospensione. L'apparecchio di misurazione dovrà essere calibrato con una precisione di  $\pm 5 \text{ gr/l}$ .

##### b) fango bentonitico pronto per l'impiego

in condizione normali si possono eseguire le seguenti prove:

Misura	Valori riscontrati a temperatura $t \geq 5^\circ \text{C}$	Metodo di prova
Densità	Inferiore a 1,12 g/ml	Bilancia per misurare la densità dei fanghi
Viscosità	30-60 sec.	Cono Marsh
pH	9,5 - 12	Cartina reagente

Inizialmente, si eseguiranno prove per determinare densità, viscosità e valore pH finché il cantiere non è a suo completo regime, tenendo in considerazione che la bentonite si dovrà mescolare con la bentonite già in ciclo e tenendo conto di dover adottare particolari processi per rimuovere le impurità del fango proveniente dalla perforazione. In questo caso sarà necessario effettuare, per tutta la durata dei lavori, controlli dei valori della densità del fango e della viscosità.

Quando i risultati dimostrano un comportamento costante, le prove per la determinazione del valore pH possono essere effettuate saltuariamente, mentre le prove per determinare la densità e la viscosità verranno eseguite nella maniera concordata con la Direzione Lavori.

#### c) fango bentonitico nell'interno dello scavo, prima del getto

Il contenuto in sabbia del fango non dovrà essere superiore al 6% e la sua densità non potrà superare 1,15 t/m<sup>3</sup> prima del getto. In caso contrario, l'Impresa sostituirà parzialmente od integralmente il fango per ricondurlo alle caratteristiche richieste.

Il tipo ed il numero dei controlli dovrà essere determinato preventivamente d'accordo con la Direzione Lavori in funzione delle caratteristiche del terreno e delle esigenze dell'opera.

#### **Attraversamento di trovanti e/o formazioni rocciose**

Nel caso di presenza nel terreno di trovanti lapidei o di strati rocciosi o cementati e per conseguire una adeguata ammorsatura del diaframma nei substrati rocciosi di base si farà ricorso all'impiego di scalpelli frangiroccia azionati a percussione, di peso e forma adeguati. In alternativa, ed in relazione alla natura dei materiali attraversati, potranno essere impiegate speciali attrezzature fresanti.

L'uso di queste attrezzature dovrà essere frequentemente alternato a quello della benna o del secchione, che hanno il compito di estrarre dal foro i materiali di risulta.

L'uso dello scalpello o delle speciali attrezzature fresanti verrà compensato a parte soltanto per l'attraversamento di trovanti in roccia dura, non estraibili con i normali metodi di scavo, e per l'ammorsatura del diaframma nel substrato di base, quando quest'ultimo è costituito da roccia dura.

#### **Condizioni di Perforazione**

Il metodo di scavo proposto deve essere stabilito dall'Impresa al momento dell'offerta, con l'indicazione delle caratteristiche delle attrezzature di perforazione che essa ritiene di impiegare.

Le lunghezze dei singoli elementi di scavo (pannelli) dovranno essere indicate dall'Impresa in funzione delle esigenze costruttive dell'opera della natura del terreno, della profondità di scavo, della sicurezza delle opere adiacenti e tenendo conto delle dimensioni caratteristiche degli attrezzi di scavo. In ogni caso, per profondità medie (inferiori a 20 m), la lunghezza massima di ogni singolo pannello non potrà superare i 12 m e comunque dovrà essere approvata dalla Direzione Lavori.

Durante la perforazione, il livello del fango dovrà costantemente essere mantenuto in prossimità del piano di lavoro. Si avrà cura di non abbassare il livello fino a ridurre il franco rispetto alla massima quota piezometrica di falda a valori inferiori a 1,0 m.

Nel caso di improvvisa perdita di fango bentonitico, lo scavo verrà immediatamente riempito con calcestruzzo magro qualora non fosse possibile ripristinare il livello con opportuni interventi sul fango.

Nel caso di falda salina od inquinata, dovranno essere effettuate correzioni del fango con utilizzo di additivi. In presenza di acque saline, è indispensabile utilizzare solo acqua dolce per la miscelazione dei fanghi bentonitici.

Durante l'esecuzione dello scavo dovranno essere presi tutti gli accorgimenti ragionevoli al fine di prevenire la fuoriuscita del fango bentonitico al di là delle immediate vicinanze della zona di scavo.

Al termine della perforazione di dovrà procedere all'accurata rimozione dei detriti rimasti sul fondo nonché alla sostituzione parziale od integrale del fango per ricondurlo alle caratteristiche prescritte.

#### **Controlli**

La Direzione Lavori controllerà in fase di esecuzione del perforo la rispondenza delle stratigrafie di progetto con quelle effettive.

In presenza di eventuali discordanze o nel caso che alla base del diaframma si rinvenga un terreno molto più compressibile e/o molto meno resistente del previsto, o comunque altre anomalie, la Direzione Lavori procederà al riesame delle condizioni progettuali ed adotterà gli opportuni provvedimenti, per quanto di competenza.

Al termine della perforazione si misurerà in contraddittorio con la Direzione Lavori la profondità del cavo operando con uno scandaglio in più punti di esso; la misura dovrà essere effettuata anche all'inizio ed al termine di eventuali prolungate interruzioni (> 2 ore) delle operazioni di perforazione.

#### Depurazione del Fango

L'Impresa dovrà predisporre e mantenere operanti idonee apparecchiature di depurazione del fango che consentano di contenere entro i limiti sotto indicati la quantità di materiali trattenuto in sospensione.

L'efficacia di tali apparecchiature dovrà essere tale da mantenere il peso di volume del fango presente nello scavo entro i limiti seguenti:

- non superiore a 1,25 t/m<sup>3</sup> nel corso della perforazione;
- non superiore a 1,15 t/m<sup>3</sup> prima dell'inizio delle operazioni di getto.

La determinazione prima dell'inizio del getto dovrà essere eseguita su campioni prelevati con campionatore ad una quota di c.a. 1 m superiore a quella di fondo del pannello.

#### **Armature metalliche**

Le armature dovranno essere conformi alle norme vigenti (D.M. 14/01/2008); la gabbia dovrà essere progettata, disegnata e confezionata in modo da consentirne la normale movimentazione e la posa in opera, tenendo conto dello spessore e della profondità del pannello, nonché del tipo di utensile di scavo impiegato.

Le armature metalliche dovranno essere realizzate in conformità alle indicazioni di progetto. Le armature trasversali saranno costituite da riquadri o staffe a più braccia, con ampio spazio libero centrale per il passaggio del tubo di getto; esse saranno di norma esterne alle armature verticali.

Le armature metalliche verticali potranno essere costituite da barre tonde oppure da barre ad aderenza migliorata; nel caso, vengano impiegate queste ultime, si adotteranno sezioni poco diverse dalla circolare, con esclusione di quelle che comportino la presenza di nicchie od incavi.

Le armature verticali verranno preassemblate fuori opera in "gabbie"; i collegamenti saranno ottenuti con doppia legatura in filo di ferro oppure mediante punti di saldatura elettrica. Le gabbie di armatura saranno dotate di opportuni distanziatori non metallici atti a garantire la centratura dell'armatura ed un copriferro netto minimo rispetto alla parete di scavo di cm 6.

Si richiede l'adozione di rotelle cilindriche in conglomerato cementizio (diametro cm 12 - cm 15, larghezza > cm 6) con perno in tondino metallico fissato a due ferri verticali contigui. I centratori saranno posti a gruppi di 3 - 4 regolarmente distribuiti sul periodo e con spaziatura verticale di m 3,0 - 4,0.

Non si ammette la distribuzione delle barre verticali su doppio strato; l'intervallo netto minimo tra barra e barra, misurato lungo il perimetro che ne unisce i centri, non dovrà in nessun caso essere inferiore a cm 7,5 con aggregati inferiori ai cm 2 e a cm 10 con aggregati di classe superiore.

Le gabbie di armatura dovranno essere perfettamente pulite ed esenti da ruggine, messe in opera prima dell'inizio del getto mantenute in posto sostenendole dall'alto, evitando in ogni caso di appoggiarle sul conglomerato cementizio già in opera o sul fondo del cavo.

L'armatura sarà posizionata con le seguenti tolleranze:

- A. in senso verticale 50 mm;
- B. in senso longitudinale 30 mm rispetto alla lunghezza netta del getto del singolo pannello.

La gabbia di armatura deve essere chiaramente contrassegnata per indicarne l'esatto posizionamento nello scavo.

Tutti gli elementi (barre, distanziatori, rinforzi, etc.) costituenti gli irrigidimenti delle gabbie di armatura al fine di consentire il sollevamento, la movimentazione e la posa in opera, dovranno essere considerati come elementi essenziali dell'armatura e pertanto conteggiati ai fini della contabilizzazione.

#### **4.3.3. Calcestruzzo**

##### **Preparazione e trasporto del conglomerato cementizio**

Il cemento sarà quello Portland ordinario oppure del tipo previsto dalle norme vigenti (D.M. 14.01.2008).

Gli inerti dovranno essere conformi al D.M. 14.01.2008 e, preferibilmente, non provenienti da frantumazione.

L'acqua utilizzata per il confezionamento del calcestruzzo dovrà essere limpida, priva di sali in percentuali dannose e non essere aggressiva (D.M. 14.01.2008 e UNI EN 1008:2003).

Il calcestruzzo verrà confezionato come richiesto dal progetto ed in conformità con le norme vigenti (D.M. 14.01.2008).

Il calcestruzzo potrà essere proveniente da impianti di preconfezionamento. Gli additivi eventualmente impiegati dovranno essere chiaramente indicati.

Il calcestruzzo potrà altresì essere confezionato da apposita centrale di preparazione atta al dosaggio a peso dei componenti. Si impiegheranno almeno tre classi di inerti; le classi saranno proporzionate in modo da ottenere una granulometria complessiva compresa entro il seguente fuso:

##### Serie crivelli e setacci UNI Passante % totale in peso

crivello 25	100
crivello 15	70-85
crivello 7,1	44-57
crivello 3	28-38
crivello 1	20-30
setaccio	3-7

La dimensione massima sarà di 25 mm.

Il calcestruzzo sarà dosato ad almeno 350 kg di cemento (preferibilmente pozzolanico) per m<sup>3</sup> di impasto e dovrà avere la resistenza caratteristica di progetto risultando comunque di classe non inferiore a 30 kN/cm<sup>2</sup>.

Il rapporto acqua/cemento non dovrà superare il valore di 0,50 comprendendo l'umidità degli inerti nel peso dell'acqua.

In conformità con le norme vigenti, verranno preparati ed analizzati cubetti per prove.

La lavorabilità dovrà essere tale da dare uno "slump" al cono di Abrams compresa fra 16 e 18 cm (salvo diverse indicazioni riportate nel progetto).

La classe di esposizione richiesta sarà di norma pari a 2A o 2B a seconda delle condizioni atmosferiche durante le esecuzioni dei getti. Classi di esposizioni più restrittive potranno essere richieste all'Impresa, a insindacabile giudizio della Direzione Lavori, in presenza di terreni che risultassero possedere caratteristiche di aggressività chimico-fisica non riscontrate in fase di progetto.

Per ottemperare congiuntamente questi requisiti potrà essere aggiunto all'impasto un opportuno additivo fluidificante non aerante.

È ammesso altresì l'uso di ritardanti di presa o di fluidificanti con effetto ritardante. I prodotti commerciali che l'Impresa si propone di usare dovranno essere sottoposti all'esame ed all'approvazione preventiva della Direzione Lavori.

I mezzi di trasporto dovranno essere tali da evitare segregazioni dei componenti.

Il calcestruzzo dovrà essere confezionato e trasportato con un ritmo tale da consentire di completare il getto di ciascun elemento di diaframma senza soluzione di continuità e nel più breve tempo possibile; in ogni caso ciascun punto di posa in opera dovrà venire alimentato con una cadenza effettiva, inclusi tutti i tempi morti, non inferiore a 20 mc/h. La centrale di confezionamento dovrà quindi consentire la erogazione nell'unità di tempo di volumi di calcestruzzo almeno doppi di quello sopra indicato.

### **Posa in opera del conglomerato cementizio**

Il conglomerato cementizio sarà posto in opera impiegando un tubo di convogliamento costituito da sezioni non più lunghe di m 2,50 di un tubo in acciaio avente diametro interno di cm 20 - cm 25. L'interno dei tubi sarà pulito, privo di irregolarità e strozzature. Il tubo sarà provvisto, all'estremità superiore, di una tramoggia di carico avente una capacità di 0,40 - 0,60 m<sup>3</sup>, mantenuto sospeso da un mezzo di sollevamento.

Prima di installare il tubo di convogliamento sarà eseguita una ulteriore misura del fondo cavo. Per diaframmi eseguiti in presenza di fango bentonitico, il tubo di convogliamento sarà posto in opera arrestando il suo piede a cm 30 - cm 60 dal fondo della perforazione.

Prima di iniziare il getto si disporrà entro il tubo in prossimità del suo raccordo con la tramoggia, un tappo formato da una palla di malta plastica oppure da uno strato di cm 30 di spessore di vermiculite granulare o di palline di polistirolo galleggianti sul liquido, oppure ancora da un pallone di plastica.

All'inizio del getto si dovrà disporre di un volume di conglomerato cementizio pari a quello del tubo getto di almeno m 3 - m 4 di diaframma. Il tubo di convogliamento sarà accorciato per tratti successivi nel corso del getto, sempre conservando una immersione minima nel conglomerato cementizio di m 2,5 e massima di m 6,0.

Per diaframmi perforati a secco non occorre alcun tappo alla sommità del tubo - getto.

Nei casi in cui sia richiesta la impermeabilità del diaframma o la collaborazione statica tra gli elementi che lo compongono, i giunti tra gli elementi dovranno essere opportunamente conformati.

A tale scopo prima del getto degli elementi primari, si poseranno ai due estremi del pannello da gettare e per tutta la profondità due casseforme metalliche a sezione circolare (o di diversa sezione opportunamente sagomata ed approvata dalla Direzione Lavori).

A presa iniziata, si provvederà ad estrarre per 2-3 cm le casseforme mediante un'opportuna attrezzatura oleodinamica, ripetendo l'operazione in tempi successivi qualora le dimensioni dell'elemento comportino durate del getto notevoli e quindi tempi di presa scaglionati per le diverse fasce di profondità di ciascun elemento.

A presa ultimata per tutto il pannello si provvederà all'estrazione completa delle casseforme.

La superficie esterna delle casseforme dovrà essere continua, liscia, priva di incrostazioni ed all'occorrenza spalmata di un prodotto disarmante, in modo da permettere l'esecuzione agevole delle operazioni sopra indicate, senza danni per il getto.

Viene inoltre precisata la necessità assoluta che la scapitozzatura delle teste dei diaframmi sia eseguita sino alla completa eliminazione di tutti i tratti in cui le caratteristiche del diaframma non rispondono a quelle previste. In tale caso è onere dell'Impresa procedere al ripristino del diaframma di progetto.

Nel caso che, durante l'eventuale scopertura del paramento in vista del diaframma, si riscontrassero difetti di esecuzione (quali soluzioni di continuità nel conglomerato, non perfetta tenuta dei giunti di collegamento, ecc.), sarà onere dell'Impresa adottare a sua cura e spese i provvedimenti che saranno necessari a giudizio insindacabile della Direzione Lavori.

### **Tolleranze di Getto**

La superficie scoperta del diaframma potrà avere deviazioni ammissibili dalla verticale espresse in una percentuale dell'altezza scoperta da definirsi in sede di Direzione Lavori.

Oltre questo profilo ideale sono ammesse in linea di massima protuberanze non superiori a 200 mm od alla massima dimensione degli elementi grossolani presenti nel terreno attraversato, salvo particolari condizioni del terreno non individuate o non individuabili sufficientemente nel corso delle indagini geognostiche.

Il coronamento del getto avrà tolleranza di  $\pm 30$  cm rispetto alla quota di progetto nel caso essa sia entro l'altezza dei cordoli guida; se il getto deve essere arrestato in profondità, la sua quota potrà differire anche notevolmente rispetto alla quota di progetto.

### **Controlli**

L'Impresa a sua cura e spesa dovrà provvedere all'esecuzione di:

- una analisi granulometrica ogni 500 m<sup>3</sup> di aggregato impiegato;

- una serie di prove di carico a rottura su cubetti di conglomerato cementizio prelevati in numero e con modalità conformi a quanto prescritto all'art. 15 ed inoltre quanto richiesto dalla Direzione Lavori;
- una prova con il cono di Abrams per ogni betoniera o m<sup>3</sup> 10 di conglomerato cementizio impiegato;
- il rilievo della quantità di conglomerato cementizio impiegato per ogni elemento di diaframma;
- ogni 10 elementi ed ogni qualvolta la Direzione Lavori lo richieda, il rilievo dose per dose (dose = autobetoniera) del livello del conglomerato cementizio entro il foro in corso di getto, in modo da poter ricostruire l'andamento dello spessore medio effettivo lungo il diaframma (profilo di getto); si impiegherà allo scopo uno scandaglio a base piatta.

#### 4.3.4. Documentazione dei lavori

L'esecuzione di ogni elemento di diaframma dovrà comportare la registrazione su apposita scheda, compilata dall'Impresa in contraddittorio con la Direzione Lavori, dei seguenti dati:

- identificazione del diaframma;
- data di inizio perforazione di fine getto;
- risultati dei controlli eseguiti sul fango eventualmente usato per la perforazione;
- profondità effettiva raggiunta dalla perforazione;
- profondità del fondo cavo prima della posa del tubo getto;
- "Slump" del conglomerato cementizio;
- assorbimento totale effettivo del conglomerato cementizio e volume teorico dell'elemento diaframma;
- "profilo di getto" ove richiesto;
- risultati delle prove di rottura e compressione semplice di provini di conglomerato cementizio.

Alla documentazione generale dovrà inoltre essere allegata:

- una scheda con le caratteristiche delle polveri bentonitiche e relativi additivi eventualmente usati;
- caratteristiche geometriche costruttive degli eventuali giunti;
- una scheda con le caratteristiche dei componenti del conglomerato cementizio.

#### 4.3.5. Prove tecnologiche preliminari

Prima di dare inizio ai lavori la metodologia esecutiva dei diaframmi, quale proposta dall'Impresa, dovrà essere messa a punto dalla stessa mediante l'esecuzione di un adeguato numero di elementi di diaframma di prova.

Gli elementi di prova saranno eseguiti in ragione dello 0,5% del numero totale degli elementi di diaframma, con un minimo di un elemento prova, e verranno compensati con i relativi prezzi di elenco.

Nel caso l'Impresa proponga di variare nel corso dei lavori la metodologia esecutiva sperimentata ed approvata inizialmente si dovrà dar corso, a sua cura e spese, a nuove prove tecnologiche.

Gli elementi di prova dovranno essere eseguiti in aree limitrofe a quelle interessanti i diaframmi di progetto, e comunque rappresentative dal punto di vista geotecnico idrogeologico. Gli elementi di prova dovranno essere eseguiti alla presenza della Direzione Lavori cui spetta l'approvazione delle modalità esecutive da adottarsi per gli elementi di progetto.

In caso di discordanza l'Impresa dovrà provvedere a sua cura e spesa, all'esecuzione di tutte quelle prove di controllo che saranno richieste dalla Direzione Lavori quali: prove di carico spinte fino a 2 volte il carico di esercizio, solo qualora ai setti di diaframma sia associata una funzione portante verticale; prove di controllo non distruttive, o ogni altra prova o controllo tali da dirimere ogni dubbio sulla accettabilità delle modalità esecutive.

Di tutte le prove e controlli eseguiti l'Impresa si farà carico di presentare documentazione scritta.

#### 4.3.6. Prove di controllo sugli elementi di diaframma

##### Prove di carico per i soli elementi di diaframma con funzione portante verticale

Il numero di elementi da sottoporre alla prova di carico deve essere stabilito in base all'importanza dell'opera ed al grado di omogeneità del sottosuolo; tale numero deve essere pari ad almeno il 2% del totale del numero degli elementi, con un minimo di due

La scelta degli elementi di prova è di competenza della Direzione Lavori che tra l'altro dovrà tenere presente la necessità di interessare le diverse situazioni del sottosuolo, evitandone la concentrazione.

Il carico di prova sarà in genere pari a 1,5 volte il carico di esercizio. Tale rapporto potrà essere incrementato, a insindacabile giudizio della Direzione Lavori, sino a 2. Al momento della prova il conglomerato cementizio del diaframma dovrà avere almeno ventotto giorni di stagionatura. Le modalità di applicazione e la durata del carico e così pure la successione dei cicli di carico e di scarico, saranno prescritti dalla Direzione Lavori anche in funzione della natura dei terreni di fondazione. Il carico sarà applicato mediante un martinetto che trova contrasto su un'adeguata zavorra o elementi di diaframma di reazione, il cui manometro (o cella di carico) dovrà essere corredato da un certificato di taratura di data non anteriore a trenta giorni. Le misure dei cedimenti dovranno essere rilevate mediante 4 micrometri centesimali, interposti tra la testa dell'elemento di diaframma e una struttura porta micrometri solidale al terreno in punti sufficientemente distanti dall'elemento di prova e dal sistema di contrasto, così da evitare l'influenza delle operazioni di carico e scarico.

I supporti di tale struttura devono distare non meno di m 3,0 dall'elemento di diaframma di prova e non meno di 3 volte lo spessore dell'elemento di prova, e non meno di 2,0 m dall'impronta della zavorra o da elementi di diaframma di reazione.

La struttura portamicrometri dovrà essere protetta da vibrazioni e urti accidentali e schermata dai raggi solari per minimizzare le deformazioni di natura termica.

Di ciascuna prova dovrà essere redatto apposito verbale, controfirmato dalle parti, nel quale saranno riportati tra l'altro: data e ora di ogni variazione di carico, entità del carico, le letture ai micrometri e il diagramma di carichi - cedimenti. Al verbale verranno allegati i certificati di taratura del manometro (o cella di carico).

In taluni casi la Direzione Lavori potrà richiedere l'esecuzione di prove di carico orizzontali; date le peculiarità della prova le modalità esecutive e il programma di carico dovranno essere di volta in volta stabilite dalla Direzione Lavori e riportate sul verbale di prova.

##### Controlli non distruttivi

Scopo dei controlli non distruttivi è quello di verificare le caratteristiche geometriche e meccaniche degli elementi di diaframma non compromettendone l'integrità strutturale. A tale scopo potrà essere richiesta, a insindacabile giudizio della Direzione Lavori, l'esecuzione di:

- a) prove geofisiche;
- b) carotaggio continuo meccanico;
- c) scavi attorno al fuso dell'elemento di diaframma.
- d) posa in opera di inclinometri e letture periodiche degli spostamenti misurati per il controllo della deformata sia durante le fasi di realizzazione dei diaframmi che durante la vita di esercizio degli stessi
- e) esecuzione di sondaggi nel terreno a valle e monte del paramento per l'inserimento di piezometri allo scopo di monitorare le falde e l'eventuale disturbo ad esse arrecato dall'esecuzione dei diaframmi.

Per tutti i controlli non distruttivi l'Impresa provvederà a sottoporre alla Direzione Lavori per approvazione il programma e le specifiche tecniche di dettaglio.

##### Prove geofisiche

Possono essere eseguite mediante emissione di impulsi direttamente lungo il fusto entro fori precedentemente predisposti.

Il numero dei controlli sarà di volta in volta stabilito dalla Direzione Lavori anche in relazione all'importanza dell'opera, alle caratteristiche geotecniche e idrogeologiche dei terreni di fondazione e alle anomalie riscontrate durante l'esecuzione dei diaframmi.

Gli elementi di diaframma da sottoporre a controllo mediante prove geofisiche saranno prescelti dalla Direzione Lavori. L'Impresa dovrà provvedere, a sua cura e spese, all'esecuzione di controlli sul 2% del numero totale degli elementi di diaframma con un minimo di 2.

Sugli elementi prescelti per le prove dovrà essere predisposta, prima delle operazioni di getto, l'installazione di tubi estesi a tutta la profondità dell'elemento, entro cui possano scorrere le sondine di emissione e ricezione.

I tubi saranno solidarizzati alla gabbia di armatura, resi paralleli tra di loro e protetti dall'ingresso di materiale. Le prove dovranno essere eseguite alternando entro i fori le posizioni delle sonde trasmettente e ricevente.

##### Carotaggio continuo meccanico

Il carotaggio dovrà essere eseguito con utensili e attrezzature tali da garantire la verticalità del foro e consentire il prelievo continuo, allo stato indisturbato, del conglomerato e se richiesto del sedime di imposta. Allo scopo saranno impiegati doppi carotieri provvisti di corona diamantata aventi diametro interno minimo pari a mm 60.

Nel corso della perforazione dovranno essere rilevate le caratteristiche macroscopiche del conglomerato e le discontinuità eventualmente presenti, indicando in dettaglio la posizione e il tipo delle fratture, le percentuali di carotaggio, le quote raggiunte con ogni singola manovra di avanzamento. Su alcuni spezzoni di carota saranno eseguite prove di laboratorio atte a definire le caratteristiche fisiche, meccaniche e chimiche.

Al termine del carotaggio si provvederà a riempire il foro mediante boiaccia di cemento immessa dal fondo foro.

Il carotaggio si eseguirà, a cura e spese dell'Impresa, in corrispondenza di quegli elementi di diaframma ove si fossero manifestate inosservanze rispetto alle presenti norme tecniche di appalto e alle disposizioni della Direzione Lavori.

**Scavi attorno al fusto del diaframma**

Verranno richiesti ogni qualvolta si nutrano dubbi sulla verticalità e regolarità della sezione nell'ambito dei primi m 4,0 - 5,0 metri di diaframma. Il fusto del diaframma dovrà essere messo a nudo e pulito con un violento getto d'acqua e reso accessibile all'ispezione visiva. Successivamente si provvederà a riempire lo scavo con materiali e modalità di costipamento tali da garantire il ripristino della situazione primitiva.

Tali operazioni saranno eseguite, a cura e spese dell'Impresa, in corrispondenza di quegli elementi del diaframma ove si fossero manifestate inosservanze rispetto alle presenti norme tecniche di appalto e alle disposizioni della Direzione Lavori.

## 4.4. PALI DI FONDAZIONE

### 4.4.1. Generalità

I pali nel seguito considerati sono:

- pali prefabbricati in c.a. o c.a.p.;
- pali battuti;
- micropali;
- pali trivellati
- pali pressoinfissi
- pali trivellati ad elica continua con sistema CFA

#### **Prove tecnologiche preliminari**

Prima di dare inizio ai lavori la metodologia esecutiva o di posa in opera dei pali, quale proposta dall'Impresa, dovrà essere messa a punto dalla stessa mediante l'esecuzione di un adeguato numero di pali prova. I pali prova saranno eseguiti in ragione dello 0,5% del numero totale dei pali, con un minimo di un palo prova, e comunque secondo le prescrizioni della Direzione Lavori. I pali prova verranno compensati con i relativi prezzi di elenco.

Nel caso l'Impresa proponga di variare nel corso dei lavori la metodologia esecutiva sperimentata ed approvata inizialmente, si dovrà dar corso a sua cura e spese, a nuove prove tecnologiche. I pali di prova dovranno essere eseguiti in aree limitrofe a quelle interessanti la palificata di progetto, e comunque rappresentative dal punto di vista geotecnico e idrogeologico. I pali di prova dovranno essere eseguiti, o posti in opera, alla presenza della Direzione Lavori cui spetta l'approvazione delle modalità esecutive da adottarsi per i pali di progetto.

In ogni caso l'Impresa dovrà provvedere, a sua cura e spese, all'esecuzione di tutte quelle prove di controllo che saranno richieste dalla Direzione Lavori quali: prove di carico (in ragione dell'1% del numero totale dei pali) spinte fino a 2,5 volte il carico di esercizio unitamente all'esecuzione di prove di controllo non distruttive, ogni altra prova o controllo tali da dirimere ogni dubbio sulla accettabilità delle modalità esecutive.

Di tutte le prove e controlli eseguiti l'Impresa si farà carico di presentare documentazione scritta.

#### **Preparazione del piano di lavoro**

L'Impresa avrà cura di accertare che l'area di lavoro non sia attraversata da tubazioni, cavi elettrici o manufatti sotterranei che, se incontrati durante l'infissione, possono recare danno alle maestranze di cantiere o a terzi.

Per pali in alveo in presenza di battente d'acqua fluente, l'Impresa predisporrà la fondazione di un piano di lavoro a quota sufficientemente elevata rispetto a quella dell'acqua per renderlo transitabile ai mezzi semoventi portanti le attrezzature di infissione o di perforazione e relativi accessori e di tutte le altre attrezzature di cantiere e l'onere corrispondente sarà compensato con il relativo sovrapprezzo di elenco.

### 4.4.2. Pali prefabbricati

#### **Definizione**

Appartengono a questa categoria i pali infissi, prefabbricati in c.a. o c.a.p., costituiti da elementi a sezione circolare o poligonale, variabile o non, pieni o cavi internamente.

#### **Soggezioni geotecniche e ambientali**

L'adozione dei pali infissi prefabbricati è condizionata da una serie di fattori ambientali e geotecnici; quelli che meritano particolare attenzione sono:

- disturbi alle persone provocati dalle vibrazioni e dai rumori causati dall'infissione dei pali;
- danni che l'installazione dei pali può arrecare alle opere vicine a causa delle vibrazioni, degli spostamenti orizzontali e/o verticali del terreno, provocati durante l'infissione;
- danni che l'infissione dei pali può causare ai pali adiacenti.

Durante l'infissione dei pali prova la Direzione Lavori potrà richiedere che l'Impresa esegua a sua cura e spese misure vibrazionali di controllo per accertare che l'installazione dei pali infissi non danneggi le proprietà vicine. Qualora nel corso delle misure vibrazionali risultassero superati i limiti di accettabilità previsti dalle **norme DIN 4150**, l'Impresa dovrà sottoporre all'approvazione della Direzione Lavori i provvedimenti che intende adottare.

E' altresì richiesta la presentazione di un programma di lavori in cui sia dettagliatamente esplicitata la successione cronologica di installazione di ciascun palo.

#### **Caratteristiche dei materiali**

I pali saranno realizzati fuori opera con conglomerato cementizio avente resistenza caratteristica cubica non inferiore a 50 MPa devono perciò impiegarsi impasti con basso rapporto acqua - cemento ("slump" inferiore a cm 7,5)

Il conglomerato cementizio deve essere opportunamente centrifugato o vibrato: il ricoprimento del ferro dovrà risultare uniforme e compreso fra cm 1,5 e cm 2,5.

Le armature metalliche dovranno soddisfare le prescrizioni di cui all'art. 25, tenendo conto delle sollecitazioni a cui i pali saranno sottoposti durante il trasporto, il sollevamento e le successive fasi di infissione e di esercizio.

L'estremità inferiore del palo sarà protetta e rinforzata da piastre o puntazze metalliche la cui configurazione dipenderà dalla natura e dalle caratteristiche dei terreni del sottosuolo.

Ogni partita di pali dovrà essere accompagnata da un certificato attestante la classe di resistenza del conglomerato cementizio impiegato, la distribuzione delle armature, la data di getto.

La Direzione Lavori ha la facoltà di fare eseguire prove di controllo della geometria del fusto e delle armature, e delle caratteristiche di resistenza dei materiali impiegati.

#### **Tolleranze geometriche**

Saranno accettate le seguenti tolleranze sull'assetto geometrico del palo:

- sulla lunghezza:  $\pm 1 \%$ ;
- sul perimetro:  $\pm 2 \%$ ;
- deviazione dell'asse del palo rispetto all'asse di progetto:  $\leq 3 \%$ ;
- errore rispetto alla posizione planimetrica:  $< 20 \%$  del diametro nominale in testa.

L'Impresa è tenuta ad eseguire a suo esclusivo onere e spesa tutte le opere sostitutive e/o complementari che a giudizio della Direzione Lavori si rendessero necessarie per ovviare all'esecuzione di pali in posizione e/o con dimensioni non conformi alle tolleranze qui stabilite, compresi pali aggiuntivi ed opere di collegamento.

#### **Tracciamento**

Prima di iniziare l'infissione si dovrà, a cura e spese dell'Impresa, indicare sul terreno la posizione dei pali mediante appositi picchetti sistemati in corrispondenza dell'asse di ciascun palo. Su ciascun picchetto dovrà essere riportato il numero progressivo del palo quale risulta dalla pianta della palificata.

L'Impresa esecutrice dovrà presentare:

- una pianta della palificata con la posizione planimetrica di tutti i pali, inclusi quelli di prova contrassegnati con un numero progressivo;
- un programma cronologico di infissione elaborato in modo da minimizzare gli effetti negativi dell'infissione stessa sulle opere vicine e sui pali già installati.

#### **Infissione**

I tipi di battipalo impiegati per l'infissione dei pali sono i seguenti:

- battipalo con maglio a caduta libera;
- battipalo a vapore ad azione singola;
- battipalo a vapore a doppia azione;
- battipalo diesel;
- vibratore.

L'Impresa dovrà fornire le seguenti informazioni concernenti il sistema di infissione che intende utilizzare.

A) Nel caso di impiego dei battipali:

- marca e tipo di battipalo;
- principio di funzionamento del battipalo;
- energia massima di un colpo e relativa possibilità di regolazione;
- numero dei colpi al minuto e relativa possibilità di regolazione;
- efficienza del battipalo;
- caratteristiche del cuscino (materiale, diametro, altezza), la sua costante elastica e il suo coefficiente di restituzione;
- peso della cuffia;
- peso degli eventuali adattatori;
- peso del battipalo.

B) Utilizzando maglio a caduta libera:

- peso del maglio;
- massima altezza di caduta che si intende utilizzare.

C) Utilizzando il vibratore:

- marca del vibratore;
- peso della morsa vibrante;
- ampiezza e frequenza del vibratore.

Prima di essere infisso, il fusto del palo dovrà essere suddiviso in tratti di 0,50 m, contrassegnati con vernice di colore contrastante rispetto a quello del palo. Gli ultimi 2,0 - 4,0 m del palo dovranno essere suddivisi in tratti da 0,10 m, onde rendere più precisa la rilevazione dei rifiuti nella parte terminale della battitura.

L'arresto della battitura del palo potrà avvenire solo dopo aver raggiunto:

- A) la lunghezza minima di progetto;
- B) il rifiuto minimo specificato.

Precisazioni dettagliate concernenti il punto B) saranno fornite all'Impresa dalla Direzione Lavori, note le caratteristiche del sistema d'infissione.

Nei casi in cui fosse evidenziata l'impossibilità di raggiungere le quote minime di progetto dovranno essere raccolti tutti gli elementi conoscitivi che consentano alla Direzione Lavori la definizione degli eventuali adeguamenti alle modalità operative e/o le eventuali variazioni progettuali.

In condizioni geotecniche particolari la Direzione Lavori può richiedere la ribattitura di una parte dei pali già infissi per un tratto in genere non inferiore a 0,30 m - 0,50 m. In questo caso si dovranno rilevare i "rifiuti" per ogni 0,10 m di penetrazione, evidenziando in modo chiaro nei rapporti che si tratta di ribattitura.

#### **Controlli e documentazione lavori**

L'infissione di ogni singolo palo dovrà comportare la registrazione su apposita scheda, compilata dall'Impresa in contraddittorio con la Direzione Lavori, dei seguenti dati:

- identificazione del palo;
- data di costruzione del palo;
- data di infissione;
- caratteristiche del sistema di infissione;
- rifiuto ogni m 0,10 negli ultimi m 1,0 - m 2,0 e ogni m 1,0 nel tratto precedente;
- profondità raggiunta;
- profondità di progetto;
- rifiuti di eventuale ribattitura;
- risultati delle eventuali prove di controllo richieste dalla Direzione Lavori.

#### **4.4.3. Pali battuti**

##### **Definizione**

Si tratta di pali in c.a. realizzati, senza asportazione alcuna di terreno, previa infissione di un tuboforma provvisorio o permanente costituito da un tubo metallico di adeguato spessore chiuso inferiormente da un tappo provvisorio o non.

Completata l'infissione, dopo aver installato la gabbia d'armatura si procede al getto del conglomerato cementizio estraendo contemporaneamente, se previsto, il tuboforma.

L'installazione della gabbia d'armatura sarà preceduta, se previsto dal progetto, dalla formazione di un bulbo di base in conglomerato cementizio realizzato forzando, mediante battitura, il conglomerato cementizio nel terreno.

L'adozione della tipologia di esecuzione sarà conforme a quanto esposto in progetto.

##### **Soggezioni geotecniche e ambientali**

Si richiamano integralmente le norme di cui al precedente punto

##### **Tolleranze geometriche**

Saranno accettate le seguenti tolleranze sull'assetto geometrico del palo:

- sul diametro esterno della cassaforma infissa:  $\pm 2\%$ ;
- deviazione dell'asse del palo rispetto all'asse di progetto:  $< = 2\%$ ;
- errore rispetto alla posizione planimetrica: non superiore al 5% del diametro nominale;
- errore rispetto alla quota della testa del palo:  $< 5$  cm

Inoltre la sezione dell'armatura metallica non dovrà risultare inferiore a quella di progetto.

L'Impresa è tenuta ad eseguire a sua esclusiva cura e spese tutte le opere sostitutive e/o complementari che a giudizio della Direzione Lavori si rendessero necessarie per ovviare all'esecuzione di pali in posizione e/o con dimensioni non conformi alle tolleranze qui stabilite, compresi pali aggiuntivi ed opere di collegamento.

##### **Tracciamento**

Prima di iniziare l'infissione si dovrà, a cura ed onere dell'Impresa, indicare sul terreno la posizione dei pali mediante appositi picchetti sistemati in corrispondenza dell'asse di ciascun palo; su ciascun picchetto dovrà essere riportato il numero progressivo del palo quale risulta dalla pianta della palificata.

L'Impresa esecutrice dovrà presentare:

- una pianta della palificata con la posizione planimetrica di tutti i pali inclusi quelli di prova contrassegnati con un numero progressivo;
- un programma cronologico di infissione elaborato in modo da minimizzare gli effetti negativi dell'infissione stessa sulle opere vicine e sui pali già installati.

##### **Infissione**

I tipi di battipalo impiegati per l'infissione dei pali eseguiti senza asportazione del terreno sono i seguenti:

- battipalo con maglio a caduta libera;
- battipalo a vapore ad azione singola;

- battipalo a vapore a doppia azione;
- battipalo diesel.

L'infissione può avvenire battendo il tuboforma in sommità oppure sul fondo; in questo ultimo caso essa può avvenire attraverso un mandrino rigido oppure agendo mediante un maglio a caduta libera su un tappo di fondo. Il tappo di fondo potrà essere di conglomerato cementizio a consistenza appena umida, di ghiaia o metallico.

L'Impresa dovrà fornire le seguenti informazioni concernenti il sistema d'infissione che intende utilizzare:

A) nel caso di impiego dei battipali:

- marca e tipo del battipalo;
- principio di funzionamento del battipalo;
- energia massima di un colpo e relativa possibilità di regolazione;
- numero di colpi al minuto e relativa possibilità di regolazione;
- efficienza del battipalo;
- caratteristiche del cuscino (materiale, diametro, altezza), la sua costante elastica ed il suo coefficiente di restituzione;
- peso della cuffia;
- peso degli eventuali adattatori;
- peso del battipalo.

B) Utilizzando maglio a caduta libera:

- peso del maglio;
- massima altezza di caduta che si intende utilizzare.

Il tuboforma dovrà essere esente da incrostazioni, malformazioni, a perfetta tenuta e privo di flange o variazioni di sezione sia all'interno che all'esterno.

Prima di essere infisso, il tuboforma dovrà essere suddiviso in tratti di 0,50 m, contrassegnati con vernice. Gli ultimi 2,0 - 4,0 m del tuboforma dovranno essere suddivisi in tratti da 0,10 m onde rendere più precisa la rilevazione dei rifiuti nella parte terminale della battitura.

L'arresto della battitura del tuboforma potrà avvenire dopo aver raggiunto:

- a) la lunghezza minima di progetto;
- b) il rifiuto minimo specificato.

Precisazioni dettagliate concernenti il punto b) saranno fornite all'impresa dalla Direzione Lavori, note le caratteristiche del sistema di infissione.

Nei casi in cui fosse evidenziata l'impossibilità di raggiungere le quote minime di progetto dovranno essere raccolti tutti gli elementi conoscitivi che consentono alla Direzione Lavori la definizione degli eventuali adeguamenti alle modalità operative e/o le eventuali variazioni progettuali.

In condizioni geotecniche particolari la Direzione Lavori può richiedere la ribattitura di una parte dei tubiforma già infissi per un tratto in genere non inferiore a 0,30 - 0,50 m.

In questo caso si dovranno rilevare i "rifiuti" per ogni 0,10 m di penetrazione, evidenziando in modo chiaro nei rapporti che si tratta di ribattitura.

### **Formazione del fusto del palo**

Ultimata l'infissione del tuboforma si provvederà, se previsto in progetto, alla espulsione del tappo ed alla formazione del bulbo di base, forzando mediante battitura il conglomerato cementizio nel terreno ed evitando nel modo più assoluto l'ingresso di acqua e/o terreno nel tuboforma.

Per la formazione del bulbo di base si adotterà un conglomerato cementizio avente:

- rapporti acqua - cemento:  $a/c \leq 0,4$ ;
- slump al cono di Abrams:  $s \leq \text{cm } 4$ .

Il getto del fusto del palo si effettuerà evitando segregazioni ed in totale assenza di acqua, introducendo dall'alto piccole quantità di conglomerato cementizio da costiparsi via via per battitura o a pressione; in alternativa è consentito l'uso di conglomerato cementizio "colato".

Per la formazione del fusto, secondo la metodologia del "conglomerato cementizio costipato", si adotteranno conglomerati cementizi con caratteristiche e modalità di posa analoghe, ma energie minori di quelle adottate per il bulbo.

Per la metodologia "conglomerato cementizio colato" si adotteranno impasti aventi:

- rapporto acqua - cemento:  $a/c = 0,5$ ;
- slump al cono di Abrams:  $s > \text{cm } 16$ ;

posti in opera mediante tubo di convogliamento o benna.

Il conglomerato cementizio colato è di impiego obbligatorio allorché:

- è previsto il tuboforma permanente;
- il terreno circostante il palo sia argilloso non saturo;
- il terreno circostante sia così deformabile da provocare la deformazione della gabbia di armatura durante il costipamento del conglomerato cementizio.

Il conglomerato cementizio dovrà essere confezionato impiegando aggregati di appropriata granulometria previamente approvata dalla Direzione Lavori e dovrà avere la resistenza caratteristica di progetto risultando comunque di classe non inferiore a **30 MPa**. Contemporaneamente alle operazioni di getto del conglomerato cementizio si procederà, se previsto all'estrazione del tuboforma controllando di mantenere comunque un dislivello minimo tra conglomerato cementizio all'interno del palo e la scarpa del tuboforma tale da evitare l'entrata dell'acqua e/o terreno circostante.

Per una corretta e sistematica identificazione del livello del conglomerato cementizio, il cavo di sostegno della massa battente dovrà essere munito di opportuni e frequenti contrassegni.

In ogni caso l'Impresa esecutrice dovrà fornire prima di iniziare i lavori una dettagliata descrizione delle modalità di getto che si impegna ad adottare.

#### ***Posa in opera della armature***

Le armature metalliche dovranno soddisfare le prescrizioni di cui all'art. 25, essere conformi al progetto, ed approvate dalla Direzione Lavori.

Le armature trasversali dei pali saranno costituite da una spirale in tondino esterna ai ferri longitudinali. Le armature verranno preassemblate fuori opera in "gabbie"; i collegamenti saranno ottenuti con doppia legatura in filo di ferro oppure mediante punti di saldatura elettrica. Le gabbie di armatura saranno dotate di opportuni distanziatori non metallici atti a garantire la centratura dell'armatura ed un copriferro netto minimo di cm 5.

Si richiede l'adozione di rotelle cilindriche in conglomerato cementizio con perno in tondino fissato ai ferri verticali contigui. I centratori saranno posti a gruppi di 3-4 regolarmente distribuiti sul perimetro e con spaziatura verticale di 3,00 - 4,00 m.

Non si ammette la distribuzione delle barre verticali su doppio strato; l'intervallo netto minimo tra barra e barra, misurato lungo la circonferenza che ne unisce i centri, non dovrà in alcun caso essere inferiore a cm 7,5 con aggregati non inferiori ai 2,00 cm a 10 cm con aggregati di diametro superiore.

Le gabbie di armatura dovranno essere perfettamente pulite ed esenti da ruggine, messe in opera prima dell'inizio del getto e mantenute in posto sostenendole dall'alto, evitando in ogni caso di appoggiarle sul conglomerato cementizio già in opera o sul fondo del foro.

La posa della gabbia all'interno del tubo forma potrà aver luogo solo dopo aver accertato l'assenza dell'acqua e/o terreno all'interno dello stesso.

Qualora all'interno del tuboforma si dovesse riscontrare la presenza di terreno soffice o di infiltrazioni di acqua, la costruzione del palo dovrà essere interrotta previo riempimento con conglomerato cementizio magro; tale palo sarà successivamente sostituito da uno o due pali supplementari.

All'Impresa non verrà corrisposto alcun compenso per il palo interrotto: dei pali sostituiti ne verrà contabilizzato uno solo, mentre l'eventuale secondo palo sarà a carico dell'Impresa.

L'Impresa esecutrice dovrà inoltre adottare gli opportuni provvedimenti atti a ridurre la deformazione della gabbia durante l'esecuzione del fusto; a getto terminato si dovrà comunque registrare la variazione della quota della testa dei ferri di armatura.

#### ***Controlli e documentazione dei lavori***

L'Impresa a sua cura e spese, dovrà provvedere alla esecuzione di una serie di prove di carico a rottura su cubetti di conglomerato cementizio in modo conforme a quanto prescritto all'art. 15 ed alle preventive richieste della Direzione Lavori.

L'esecuzione di ogni singolo palo sarà documentata mediante la compilazione da parte dell'Impresa in contraddittorio con la Direzione Lavori di una apposita scheda sulla quale si registreranno i dati seguenti:

- identificazione del palo;
- geometria della cassaforma;
- tipo di tappo impiegato;
- caratteristiche del sistema di infissione;
- rifiuto ogni m 0,1 negli ultimi m 1 - m 2 e per ogni metro nel tratto precedente;
- rifiuti di eventuale ribattitura;
- data del getto;
- quantità di conglomerato cementizio posta in opera nella formazione dell'eventuale bulbo, e del fusto; limitatamente ai pali eseguiti con conglomerato cementizio costipato si provvederà, nell'ambito dei primi 10 pali e in seguito un palo ogni 20 eseguiti, al rilievo degli assorbimenti parziali ogni m 1,0;
- misura dello "slump", rapporto acqua - cemento;
- numero dei prelievi per il controllo della resistenza a compressione e valori della stessa;
- lunghezza totale del palo: quote fondo e testa palo;
- geometria della gabbia d'armatura;
- registrazione delle eventuali misure vibrazionali.

#### **4.4.4. Micropali**

##### **Definizione, classificazione e campi di applicazione**

Si definiscono micropali i pali trivellati di fondazione aventi diametro inferiore a mm 250 con fusto costituito da malta o pasta di cemento gettata in opera e da idonea armatura di acciaio.

Modalità ammesse per la formazione del fusto:

- tipo a) riempimento a gravità
- tipo b) riempimento a bassa pressione;
- tipo c) iniezione ripetuta ad alta pressione.

Tali modalità sono da applicare rispettivamente:

- tipo a), per micropali eseguiti in roccia o terreni coesivi molto compatti il cui modulo di deformazione a breve termine superi orientativamente i 200 MPa;
- tipo b) e c), per micropali eseguiti in terreni di qualunque natura, caratterizzati da un modulo di deformazione a breve termine sensibilmente inferiore a 200 MPa.

In particolare la modalità tipo c) è da eseguire in terreni fortemente eterogenei e per consentire capacità portanti elevate (> 30 t) anche in terreni poco addensati.

#### **Soggezioni geotecniche e idrogeologiche**

Le tecniche di perforazione e le modalità di getto dovranno essere definite in relazione alla natura dei materiali da attraversare e delle caratteristiche idrogeologiche locali.

La scelta delle attrezzature di perforazione ed i principali dettagli esecutivi dovranno essere messi a punto mediante l'esecuzione di micropali di prova, approvati dalla Direzione Lavori prima dell'inizio della costruzione dei micropali da pagarsi con i prezzi di elenco

#### **Tolleranze geometriche**

Le tolleranze ammesse sono le seguenti:

- la posizione planimetrica non dovrà discostarsi da quella di progetto più di cm 5, salvo diverse indicazioni della Direzione Lavori;
- la deviazione dell'asse del micropalo rispetto all'asse di progetto non dovrà essere maggiore del 2%;
- la sezione dell'armatura metallica non dovrà risultare inferiore a quella di progetto;
- il diametro dell'utensile di perforazione dovrà risultare non inferiore al diametro di perforazione di progetto.

Ogni micropalo che risultasse non conforme alle tolleranze qui stabilite dovrà essere idoneamente sostituito, a cura e spese dell'Impresa.

#### **Tracciamento**

Prima di iniziare la perforazione si dovrà, a cura ed onere dell'Impresa, individuare sul terreno la posizione di micropali mediante appositi picchetti sistemati in corrispondenza dell'esame di ciascun palo. Su ciascun picchetto dovrà essere riportato il numero progressivo del micropalo quale risulta dalla pianta della palificata.

Tale pianta, redatta e presentata alla Direzione Lavori dall'Impresa esecutrice, dovrà indicare la posizione planimetrica di tutti i micropali, inclusi quelli di prova, contrassegnati con numero progressivo.

#### **Perforazione**

La perforazione deve essere in generale condotta con modalità ed utensili tali da consentire la regolarità delle successive operazioni di getto; in particolare dovrà essere minimizzato il disturbo del terreno nell'intorno del foro.

Il tipo b) necessita che la perforazione sia eseguita con posa di rivestimento provvisorio per tutta la profondità del palo.

Per i tipi a) e c) la perforazione potrà essere eseguita con o senza rivestimento provvisorio, a secco o con circolazione di acqua o di fango di cemento e bentonite, in funzione dell'attitudine delle formazioni attraversate a mantenere stabili le pareti del foro e previa approvazione della Direzione Lavori.

Il fango di cemento e bentonite sarà confezionato adottando i seguenti rapporti in peso:

- bentonite/acqua: 0,05 - 0,08;
- cemento/acqua: 0,18 - 0,23.

In ogni caso la perforazione sottofalda in terreni con strati o frazioni incoerenti medio - fini (sabbie, sabbie e limi) non dovrà essere eseguita con circolazione di aria, per evitare il violento emungimento della falda a seguito dell'effetto eiettore ed il conseguente dilavamento del terreno.

A termine della perforazione il foro dovrà essere accuratamente sgombrato dai detriti azionando il fluido di circolazione o l'utensile asportatore, senza operare con l'utensile disgregatore.

L'ordine di esecuzione dei pali nell'ambito di ciascun gruppo dovrà assicurare la non interferenza delle perforazioni con fori in corso di iniezione o in attesa di riempimento, ove occorra anche spostando la perforatrice su gruppi contigui prima di ultimare la perforazione dei micropali del gruppo in lavorazione.

#### **Confezione e posa delle armature**

Le armature metalliche dovranno soddisfare le prescrizioni di cui al presente articolo e saranno in ogni caso estese a tutta la lunghezza del micropalo.

#### **Armatura con barre di acciaio per c.a.**

Si useranno barre longitudinali ad aderenza migliorata e spirale di tondino liscio, aventi le caratteristiche di cui [all'art. 25](#); saranno preassemblate in gabbie da calare nel foro al termine della perforazione; la giunzione tra i vari elementi della gabbia sarà ottenuta

mediante legature; tra una gabbia e la successiva ( in caso di pali di profondità eccedente le lunghezze commerciali delle barre) la giunzione avverrà per saldatura delle barre longitudinali corrispondenti. Quando previsto dal progetto si potranno adottare micropali, armati con un'unica barra senza spirale. In ogni caso le armature saranno corredate da distanziatori non metallici (blocchetti di malta o elementi di materia plastica) idonei ad assicurare un copriferro minimo di 1,50 cm disposti a intervalli longitudinali non superiore a 2,50 m.

#### **Armature tubolari**

Si useranno tubi di acciaio S235 - S275 - S355 - S420 - S460, senza saldatura longitudinale del tipo per costruzioni meccaniche.

Le giunzioni tra i diversi spezzoni di tubo potranno essere ottenute mediante manicotti filettati o saldati.

Nel caso i tubi di armatura siano anche dotati di valvole per l'iniezione, essi dovranno essere scovolati internamente dopo l'esecuzione dei fori di uscita della malta, allo scopo di asportare le sbavature lasciate dal trapano.

Le valvole saranno costituite da manicotti di gomma di spessore minimo mm 3,5, aderenti al tubo e mantenuti in posto mediante anelli in fili d'acciaio (diametro mm 4) saldati al tubo in corrispondenza dei bordi del manicotto. La valvola più bassa sarà posta subito sopra il fondello che occlude la base del tubo. Anche le armature tubolari dovranno essere dotate di distanziatori non metallici per assicurare un copriferro minimo di cm 1,5, posizionati di preferenza sui manicotti di giunzione.

#### **Formazione del fusto del micropalo**

La formazione del fusto dovrà iniziare in una fase immediatamente successiva alla perforazione di ciascun palo. In caso contrario la perforatrice resterà in posizione fino alla successiva ripresa del lavoro e provvederà quindi alla pulizia del perforo, subito prima che inizino le operazioni di posa delle armature e di getto della malta.

In ogni caso non dovrà trascorrere più di un'ora tra il termine della perforazione e l'inizio del getto della malta. Fanno eccezione solo i micropali perforati interamente in roccia, senza presenza di franamenti e di acqua nel perforo.

Viene inoltre precisata la necessità assoluta che la scapitozzatura delle teste dei pali sia eseguita sino alla completa eliminazione di tutti i tratti in cui le caratteristiche del micropalo non rispondono a quelle previste. In tal caso è onere dell'Impresa procedere al ripristino del palo sino alla quota di sottopinto.

#### **Riempimento a gravità**

Il riempimento del perforo, dopo la posa delle armature, dovrà avvenire tramite un tubo di alimentazione disceso fino a cm 10 - cm 15 dal fondo e dotato superiormente di un imbuto o tramoggia di carico.

Il riempimento sarà proseguito fino a che la malta immessa risalga in superficie scevra di inclusioni e miscele con il fluido di perforazione. Si attenderà per accertare la necessità o meno di rabbocchi e si potrà quindi estrarre il tubo di convogliamento allorquando il foro sarà intasato e stagnato.

Eventuali rabbocchi da eseguire prima di raggiungere tale situazione vanno praticati esclusivamente tramite il tubo di convogliamento.

Nel caso l'armatura sia tubolare, essa si potrà usare come tubo di convogliamento solo se il suo diametro interno non supera mm 50; in caso contrario si dovrà ricorrere ad un tubo di convogliamento separato, dotato di otturatore posizionato alla base del tubo di armatura del palo.

#### **Riempimento a bassa pressione**

Il foro dovrà essere interamente rivestito; la posa della malta avverrà in un primo momento, entro il rivestimento provvisorio, tramite un tubo di convogliamento come descritto al punto precedente. Successivamente si applicherà al rivestimento una idonea testa a tenuta alla quale si invierà aria in pressione (0,5 - 0,6 MPa) mentre si solleverà gradualmente il rivestimento fino alla sua prima giunzione. Si smonterà allora la sezione superiore del rivestimento e si applicherà la testa di pressione alla parte rimasta nel terreno, previo rabboccamento dall'alto per riportare a livello la malta. Si procederà analogamente per le sezioni successive fino a completare l'estrazione del rivestimento.

In relazione alla natura del terreno potrà essere sconsigliabile applicare la pressione d'aria agli ultimi m 5 - m 6 di rivestimento da estrarre, per evitare la fratturazione idraulica degli strati superficiali.

#### **Iniezione ripetuta ad alta pressione**

Le fasi della posa in opera saranno le seguenti:

- I. riempimento della cavità anulare compresa tra il tubo a valvole e le pareti del perforo, ottenuta alimentando con apposito condotto di iniezione e otturatore semplice la valvola più bassa finché la malta risale fino alla bocca del foro;
- II. lavaggio con acqua all'interno del tubo;
- III. avvenuta la presa della malta precedentemente posta in opera, si inietteranno valvola per valvola volumi di malta come da progetto esecutivo ovvero volumi di malta non eccedenti il sestuplo del volume del perforo, senza superare, durante l'iniezione la pressione corrispondente alla fratturazione idraulica del terreno ("claquage");
- IV. lavaggio con acqua all'interno del tubo;
- V. avvenuta la presa della malta precedentemente iniettata, si ripeterà l'iniezione in pressione limitatamente alle valvole per le quali:
  - il volume iniettato non abbia raggiunto il limite predetto, a causa della incipiente fratturazione idraulica del terreno;
  - le pressioni residue di iniezione misurate a bocca foro al raggiungimento del limite volumetrico non superino 0,7 MPa.

Al termine delle iniezioni si riempirà a gravità l'interno del tubo.

**Caratteristiche delle malte e paste cementizie da impiegare per la formazione dei micropali**

- Rapporto acqua/cemento : < 0,35.
- Resistenza cilindrica :  $f_{ck}$  superiori a 20 e a 30 MPa rispettivamente a 7 e 28 giorni di maturazione

L'aggregato, ove previsto, dovrà essere costituito:

- da sabbia fine lavata, per le malte dei micropali riempiti a gravità;
- da ceneri volanti o polverino di calcare, totalmente passanti al vaglio da mm 0,075, per le paste dei micropali formati mediante iniezione in pressione.
- L'uso degli aggregati dovrà preventivamente essere approvato dalla D.L.

Per garantire la resistenza richiesta e la necessaria lavorabilità e stabilità dell'impasto dovranno essere adottati i seguenti dosaggi minimi, riferiti ad 1 m<sup>3</sup> di prodotto,:

- Cemento CEM tipo IV 32.5: 1500 kg;
- acqua : 525 kg
- additivi superfluidificanti e riduttore di acqua non aeranti : 88-150 Kg

**Controlli e misure**

La profondità dei perfori, da valutare rispetto alla quota di sottopinto, verrà misurata in doppio modo:

- A. in base alla lunghezza delle aste di perforazione immerse nel foro al termine della perforazione, con l'utensile appoggiato sul fondo;
- B. in base alla lunghezza dell'armatura.

La differenza tra le due misure dovrà risultare  $\leq 0,10$  m; in caso contrario occorrerà procedere alla pulizia del fondo del foro asportandone i detriti accumulatisi, dopo aver estratto l'armatura.

Il peso delle armature verrà determinato:

- nel caso di armature in barre longitudinali ad aderenza migliorata, in base al peso teorico corrispondente ai vari diametri nominali, alla lunghezza di progetto ed al peso unitario dato dalle tabelle UNI 6407 - 69.
- nel caso di armature a tubo di acciaio, in base al peso effettivo dei tubi posti in opera.

In corso di iniezione si preleverà un campione di miscela per ogni micropalo, sul quale si determinerà il peso specifico e la decantazione (bleeding), mediante buretta graduata di diametro  $\geq 30$  mm.

Il peso specifico dovrà risultare pari ad almeno il 90% di quello teorico, calcolato assumendo 3 g/cm<sup>3</sup> il peso specifico assoluto del cemento e 2,65 g/cm<sup>3</sup> quello degli aggregati, nell'ipotesi che non venga inclusa aria. Nelle prove di decantazione, l'acqua separata in 24 ore non dovrà superare il 3% in volume. Con la miscela saranno altresì confezionati cilindri (campioni) di cm 10 di diametro e 20 cm di altezza, da sottoporre a prove di resistenza a compressione nella misura di almeno due campioni per ogni giorno di iniezione con un minimo di sei cilindri (campioni) per l'intera produzione di miscela omogenea per effettuare il controllo di accettazione della miscela stessa.

Le modalità di prova dovranno essere conformi alle normative vigenti ed alle preventive richieste della Direzione Lavori.

**Documentazione dei lavori**

L'esecuzione di ogni singolo micropalo sarà documentata mediante la compilazione da parte dell'Impresa in contraddittorio con la Direzione Lavori di una apposita scheda sulla quale si registreranno i dati seguenti:

- indicazione del micropalo;
- data di inizio perforazione e termine del getto (o iniezione);
- profondità effettiva raggiunta dalla perforazione;
- profondità del foro all'atto della posa dell'armatura;
- assorbimento totale effettivo di miscela di iniezione;
- per i micropali formati mediante iniezione ripetuta ad alta pressione, pressioni residue minime e quantità complessive iniettate per ogni fase di iniezione ad alta pressione;
- risultati delle misure di peso di volume, di decantazione (acqua separata) e di resistenza cubica a compressione

**4.4.5. Pali trivellati di medio e grande diametro****Definizione**

Si definiscono pali trivellati quelli ottenuti per asportazione del terreno e sua sostituzione con conglomerato cementizio armato. Il presente paragrafo riguarda i pali di medio e grande diametro.

**Soggezioni geotecniche e idrogeologiche**

Le tecniche di perforazione devono essere le più adatte in relazione alla natura del terreno attraversato; in particolare:

- la perforazione "a secco" senza rivestimento è ammessa solo in terreni uniformemente argillosi, dove può essere eseguita senza alcun ingresso di acqua nel foro;
- la perforazione a fango non è consigliabile in terreni molto aperti senza frazioni medio - fini.

Durante la perforazione occorrerà tenere conto della esigenza di non peggiorare le caratteristiche meccaniche del terreno circostante il palo; dovranno quindi essere minimizzati:

- il rammollimento degli strati coesivi;
- la diminuzione di densità relativa degli strati incoerenti;
- la diminuzione delle tensioni orizzontali efficaci proprie dello stato naturale;
- la riduzione dell'aderenza palo - terreno causata da un improprio impiego di fanghi.

La scelta delle attrezzature di perforazione ed i principali dettagli esecutivi dovranno essere messi a punto mediante l'esecuzione di perforazioni di prova, pagate con i prezzi di elenco ed approvate dalla Direzione Lavori prima dell'inizio della costruzione dei pali di progetto.

#### **Tolleranze geometriche**

La posizione planimetrica dei pali non dovrà discostarsi da quella di progetto più del 5% del diametro nominale del palo salvo diversa indicazione della Direzione Lavori. La verticalità dovrà essere assicurata con tolleranza del 2%.

Le tolleranze sul diametro nominale  $D$ , verificate in base ai volumi di conglomerato cementizio assorbito, sono le seguenti:

- per ciascun palo, in base all'assorbimento complessivo, si ammette uno scostamento dal diametro nominale compreso tra  $-0,01 D$  e  $+0,1 D$ ;
- per ciascuna sezione dei pali sottoposti a misure dell'assorbimento dose per dose, si ammette uno scostamento dal diametro nominale compreso tra  $-0,01 D$  e  $+0,1 D$ .

L'Impresa è tenuta ad eseguire a suo esclusivo onere e spese tutti i controlli e tutte le opere sostitutive e/o complementari che a giudizio della Direzione Lavori si rendessero necessarie per ovviare all'esecuzione di pali in posizione e/o con dimensioni non conformi alle tolleranze qui stabilite, compresi pali aggiuntivi ed opere di collegamento.

#### **Tracciamento**

L'Impresa avrà cura di non provocare inquinamenti di superfici o della falda per incontrollate scariche dei detriti e/o dei fanghi bentonitici.

Se considerato necessario dalla Direzione Lavori, in corrispondenza di ciascun palo sarà posto in opera un avampozzo provvisorio di lamiera d'acciaio con funzioni di guida dell'utensile, di riferimento per la posizione piano - altimetrica della sommità del palo e di difesa dell'erosione del terreno ad opera del liquido eventualmente presente nel foro. Esternamente all'avampozzo saranno installati riferimenti atti a permettere il controllo della sua posizione planimetrica durante la perforazione.

Prima di iniziare la perforazione, a cura e spese dell'Impresa si dovrà indicare sul terreno la posizione dei pali mediante appositi picchetti sistemati in corrispondenza dell'asse di ciascun palo.

Su ciascun picchetto dovrà essere riportato il numero progressivo del palo quale risulta dalla pianta della palificata. Tale pianta, redatta e presentata alla Direzione Lavori dall'Impresa dovrà indicare la posizione di tutti i pali, inclusi quelli di prova contrassegnati con numero progressivo.

#### **Perforazione**

##### **Attrezzature**

La potenza e la capacità operativa delle attrezzature dovranno in ogni caso essere adeguate alla consistenza del terreno da attraversare ed alle dimensioni dei pali da eseguire nei tempi previsti.

Marcature disposte ad intervalli regolari (m 1 - m 2) sugli organi di manovra degli utensili di scavo dovranno consentire il rapido apprezzamento della profondità alla quale gli utensili stanno operando.

La verticalità delle aste di guida rigide dovrà essere controllata da un indicatore a pendolo disposto sulle stesse.

##### **Perforazione a secco senza rivestimento**

E' ammessa esclusivamente nei terreni coesivi di media od elevata consistenza (coesione non drenata  $> MPa 0,03$ ) esenti da intercalazioni incoerenti e non interessati da falde che possano causare ingresso di acqua nel foro. Si possono utilizzare attrezzi ad elica in due versioni:

- elica continua cilindrica, gradualmente infissa nel terreno con moto rotatorio fino alla profondità della base del palo. I detriti vengono in parte portati a giorno dalla rotazione dell'elica, in parte vi aderiscono e sono estratti insieme ad essa alla fine della perforazione;
- elica a poche spire, a profilo conico, infissa nel terreno tramite un'asta rigida che le imprime poche rotazioni e quindi la riporta in superficie per scaricare i detriti accumulatisi sulle spire.

##### **Perforazione con impiego di tubazione di rivestimento provvisoria**

La tubazione sarà costituita da tubi di acciaio, di diametro esterno pari al diametro nominale del palo, suddivisi in spezzoni lunghi m 2,0 - m 2,5 connessi tra loro mediante manicotti esterni filettati o innesti speciali a baionetta, con risalti interni raccordati di spessore non superiore al 2% del diametro nominale.

L'infissione della tubazione di rivestimento sarà ottenuta, imprimendole un movimento roto-traslatorio mediante una morsa azionata da comandi oleodinamici, oppure applicandole in sommità un vibratore di adeguata potenza. In questo secondo caso la

tubazione potrà essere suddivisa in spezzoni più lunghi di m 2,50 o anche essere costituita da un unico pezzo di lunghezza pari alla profondità del palo.

L'infissione con vibratore sarà adottata in terreni poco o mediamente addensati, privi di elementi grossolani e prevalentemente non coesivi. E' ammessa la giunzione per saldatura degli spezzoni, purché non risultino varchi nel tubo che possano dar luogo all'ingresso di terreno.

La perforazione all'interno dei tubi di rivestimento potrà essere eseguita mediante:

- benna automatica con comando a fune o azionata oleodinamicamente;
- secchione (buchet) manovrato da un'asta rigida o telescopica;

in entrambi i casi si dovrà conseguire la disgregazione del terreno e l'estrazione dei detriti dal foro.

In terreni sabbiosi si potrà fare ricorso anche ad utensili disgregatori rotanti, con risalita dei detriti per trascinarsi ad opera di una corrente ascendente di acqua.

Nel caso di presenza di falda, il foro dovrà essere costantemente tenuto pieno d'acqua (o eventualmente di fango bentonitico) con un livello non inferiore a quello della piezometrica della falda.

In generale la perforazione non dovrà essere approfondita al disotto della scarpa del tubo di rivestimento.

### **Perforazione in presenza di fango bentonitico**

Il fango bentonitico dovrà essere preparato, trattato e controllato seguendo le modalità descritte nel successivo art. 10.

La perforazione sarà eseguita mediante secchione azionato da asta rigida o telescopica oppure mediante benna dotata di virola superiore di cemento e guida. In entrambi i casi il corpo dell'utensile dovrà lasciare uno spazio anulare tra esso e la parete del foro di ampiezza sufficiente ad evitare "effetti pistone" allorché l'utensile viene sollevato. Gli utensili di perforazione dovranno avere conformazione tale da non lasciare sul fondo del foro detriti smossi o zone di terreno rimaneggiato.

Il secchione dovrà essere provvisto delle aperture per la fuoriuscita del fango all'atto dell'estrazione. Il livello del fango nel foro dovrà essere in ogni caso più alto della massima quota piezometrica delle falde presenti nel terreno lungo la perforazione.

Il fango dovrà risultare di norma non inferiore a m 1,00 e non dovrà scendere al di sotto di m 0,60 all'atto dell'estrazione dell'utensile dal foro; a tale scopo si potrà disporre di una fossa di piccola capacità accanto al perforo, direttamente connessa alla sua sommità con corto canale.

La distanza minima fra due perforazioni attigue in corso, appena ultimate o in corso di getto, dovrà essere tale da impedire pericolosi fenomeni di interazione e comunque non inferiore ai 5 diametri. Il materiale portato in superficie dovrà essere sistematicamente portato a discarica. Qualora in fase di completamento della perforazione fosse accertata l'impossibilità di eseguire rapidamente il getto (sosta notturna, mancato trasporto del conglomerato cementizio ecc.), sarà necessario interrompere la perforazione alcuni metri prima ed ultimarla solo nell'imminenza del getto.

### **Attraversamento di trovanti e/o formazioni rocciose**

Nel caso di presenza nel terreno di trovanti lapidei o di strati rocciosi o cementati e per conseguire una adeguata ammorsatura del palo nei substrati rocciosi di base si farà ricorso all'impiego di scalpelli frangiroccia azionati a percussione, di peso e forma adeguati. In alternativa, ed in relazione alla natura dei materiali attraversati, potranno essere impiegate speciali attrezzature fresanti.

L'uso di queste attrezzature dovrà essere frequentemente alternato a quello della benna o del secchione, che hanno il compito di estrarre dal foro i materiali di risulta.

L'uso dello scalpello o delle speciali attrezzature fresanti verrà compensato a parte soltanto per l'attraversamento di trovanti in roccia dura, non estraibili con i normali metodi di scavo, e per l'ammorsatura del palo nel substrato di base, quando quest'ultimo è costituito da roccia dura.

### **Controlli**

La Direzione Lavori controllerà in fase di esecuzione del perforo la rispondenza delle stratigrafie di progetto con quelle effettive.

In presenza di eventuali discordanze o nel caso che alla base del palo si rinvenga un terreno molto più compressibile e/o molto meno resistente del previsto, o comunque altre anomalie, la Direzione Lavori procederà al riesame delle condizioni progettuali ed adotterà gli opportuni provvedimenti.

Alla fine della perforazione si misurerà, in contraddittorio con la Direzione Lavori, rispetto alla quota di sottopinto, la profondità del perforo con uno scandaglio; l'operazione verrà effettuata anche all'inizio ed al termine di eventuali interruzioni prolungate della lavorazione in corrispondenza dei turni di riposo o per altri motivi.

### **Armature metalliche**

Le armature metalliche dovranno soddisfare le prescrizioni di cui all'art. 25 ed essere conformi al progetto ed approvate dalla Direzione Lavori.

Le armature trasversali dei pali saranno costituite da una spirale in tondino esterna ai ferri longitudinali. Le armature verranno preassemblate fuori opera in "gabbie"; i collegamenti saranno ottenuti con doppia legatura in filo di ferro oppure mediante punti di saldatura elettrica. Le gabbie di armatura saranno dotate di opportuni distanziatori non metallici atti a garantire la centratura dell'armatura ed un copriferro netto minimo rispetto alla parete di scavo di cm 6.

Si richiede l'adozione di rotelle cilindriche in conglomerato cementizio (diametro 12-15 cm - larghezza > cm 6) con perno in tondino fissato a due ferri verticali contigui. I centratori saranno posti a gruppi di 3-4 regolarmente distribuiti sul perimetro e con spaziatura verticale di 3-4 m. Gli assi dei ferri verticali saranno disposti su una circonferenza con diametro di 15 cm inferiore a quello nominale; tali misure potranno ridursi a 12 cm per barre verticali di diametro inferiore a 18 mm. Non si ammette la distribuzione delle barre verticali su doppio strato; l'intervallo netto minimo tra barra e barra, misurato lungo la circonferenza che ne unisce i

centri, non dovrà in alcun caso essere inferiore a 7,50 cm con aggregati inferiori ed a 2,00 cm, a 10 cm con aggregati di diametro superiore.

Le gabbie di armatura dovranno essere perfettamente pulite ed esenti da ruggine, messe in opera prima dell'inizio del getto e mantenute in posto sostenendole dall'alto, evitando in ogni caso di appoggiarle sul conglomerato cementizio già in opera o sul fondo del foro.

Ai fini della esecuzione delle prove geofisiche descritte nel relativo paragrafo, l'Impresa dovrà fornire e porre in opera, a sua cura e spese, nel 2% del numero totale di pali trivellati di diametro  $\geq 700$  mm con un minimo di 2 pali, due o tre tubi estesi a tutta la lunghezza del palo, solidarizzati alla gabbia di armatura.

#### **Formazione del fusto del palo**

##### **Preparazione e trasporto del conglomerato cementizio**

Il conglomerato cementizio sarà confezionato da apposita centrale di preparazione atta al dosaggio a peso dei componenti. Si impiegheranno almeno tre classi di aggregati; le classi saranno proporzionate in modo da ottenere una curva granulometrica che soddisfi il criterio della massima densità (curva di Fuller).

La dimensione massima degli aggregati dovrà essere inferiore al valore minimo di interspazio fra le armature e comunque non superiore a 40 mm.

Il conglomerato cementizio dovrà avere la resistenza caratteristica cubica di progetto e comunque non dovrà risultare di classe inferiore a 30 MPa.

Il rapporto acqua/cemento non dovrà superare il valore di 0,5 comprendendo l'umidità degli aggregati nel peso dell'acqua.

La lavorabilità dovrà essere tale da dare uno "slump" al cono di Abrams compreso fra cm 16 e cm 18.

Per soddisfare entrambi questi requisiti potrà essere aggiunto all'impasto un idoneo additivo fluidificante con aerante.

E' ammesso altresì l'uso di ritardanti di presa o di fluidificanti con effetto ritardante. I prodotti commerciali che l'Impresa si propone di usare dovranno essere sottoposti all'esame ed all'approvazione preventiva della Direzione Lavori. I mezzi di trasporto dovranno essere tali da evitare segregazione dei componenti.

Il conglomerato cementizio dovrà essere confezionato e trasportato con un ritmo tale da consentire di completare il getto di ciascun palo senza soluzione di continuità e nel più breve tempo possibili; in ogni caso ciascun getto dovrà venire alimentato con una cadenza effettiva, inclusi tutti i tempi morti, non inferiore a  $15 \text{ m}^3/\text{h}$  per pali di diametro  $< 800$  mm e di  $20 \text{ m}^3/\text{h}$  per pali di diametro  $\geq 800$  mm.

La centrale di confezionamento dovrà quindi consentire la erogazione nell'unità di tempo di volumi di conglomerato cementizio almeno doppi di quelli risultanti dal più oneroso dei limiti sopra indicati.

##### **Posa in opera del conglomerato cementizio**

Il getto del conglomerato cementizio avverrà impiegando il tubo di convogliamento. Esso sarà costituito da sezioni non più lunghe di 2,50 m di tubo in acciaio avente diametro interno 20 – 25 cm.

L'interno del tubo dovrà essere pulito, privo di irregolarità e strozzature.

Il tubo sarà provvisto, all'estremità superiore, di una tramoggia di carico avente una capacità di 0,4 - 0,6  $\text{m}^3$  e mantenuto sospeso da un mezzo di sollevamento.

Prima di installare il tubo di convogliamento sarà eseguita una ulteriore misura del fondo foro. Per pali trivellati in presenza di acqua di falda o impiegando fango bentonitico, il tubo di convogliamento sarà posto in opera arrestando il suo piede a cm 30 - cm 60 dal fondo della perforazione; prima di iniziare il getto si disporrà entro il tubo, in prossimità del suo raccordo con la tramoggia, un tappo formato da una palla di malta plastica oppure da uno strato di cm 30 di spessore di vermiculite granulare o palline di polistirolo galleggianti sul liquido, oppure ancora da un pallone di plastica.

All'inizio del getto si dovrà disporre di un volume di conglomerato cementizio pari a quello del tubo di convogliamento e di almeno  $3,0$  o  $4,0$  di palo.

Il tubo di convogliamento sarà accorciato per tratti successivi nel corso del getto, sempre conservando una immersione minima nel conglomerato cementizio di 2,5 m e massima di 6,0 m.

Per pali trivellati a secco non occorre alcun tappo alla sommità del tubo di getto.

Viene inoltre precisata la necessità assoluta che, la scapitozzatura delle teste dei pali sia eseguita sino alla completa eliminazione di tutti i tratti in cui le caratteristiche del palo non rispondono a quelle previste. In tal caso è onere dell'Impresa procedere al ripristino del palo, sino alla quota di sottopinto.

##### **Controlli**

L'Impresa, a sua cura e spese, dovrà provvedere all'esecuzione di:

- una analisi granulometrica ogni  $500 \text{ m}^3$  di inerte impiegato;
- una serie di prove di carico a rottura su cubetti di conglomerato cementizio prelevati in numero e modalità conformi a quanto prescritto all'art. 15 inoltre, quanto richiesto dalla Direzione Lavori;
- una prova con il cono Abrams per ogni betoniera o  $10 \text{ m}^3$  di conglomerato cementizio impiegato;
- il rilievo della quantità di conglomerato cementizio impiegato per ogni palo.

Il rilievo dose per dose (dose = autobetoniera) dell'assorbimento di conglomerato cementizio e del livello raggiunto dallo stesso entro il foro in corso di getto, sarà fatto impiegando uno scandaglio a base piatta su almeno i primi 10 pali e sul 10% dei pali successivi.

In base a questo rilievo potrà essere ricostituito l'andamento del diametro medio effettivo lungo il palo (profilo di getto).

**Documentazione dei lavori**

L'esecuzione di ogni singolo palo dovrà comportare la registrazione su apposita scheda, compilata dall'Impresa in contraddittorio con la Direzione Lavori, dei seguenti dati:

- identificazione del palo;
- data di inizio perforazione e di fine getto;
- risultati dei controlli eseguiti sul fango eventualmente usato per la perforazione;
- profondità effettiva raggiunta dalla perforazione;
- profondità del fondo foro prima della posa del tubo getto;
- "slumps" del conglomerato cementizio;
- assorbimento totale effettivo del conglomerato cementizio e volume teorico del palo;
- "profilo di getto" ove richiesto;
- risultati delle prove di rottura a compressione semplice.

Nella documentazione generale dovrà inoltre comparire:

- una scheda con le caratteristiche delle polveri bentonitiche e relativi additivi eventualmente usati;
- una scheda con le caratteristiche dei componenti del conglomerato cementizio, compresi i risultati delle analisi granulometriche degli aggregati di cui al punto precedente 9.4.7.3.

**Prova di controllo della consistenza del conglomerato cementizio (slump test)**

L'apparecchiatura che dovrà essere a disposizione in cantiere per la misura della consistenza del conglomerato cementizio è costituita da cono di Abrams e da un pestello di ferro. Il cono di Abrams è un fusto tronco - conico in lamiera, alto cm 30,48, le cui aperture di base hanno un diametro rispettivamente di 10,15 cm e 20,52 cm. Esso è inoltre provvisto di due maniglie e di due alette poste sulla base maggiore, di lunghezza pari a 7,62 cm. Il pestello metallico ha un diametro di mm 16, una lunghezza di 61 cm rastremato all'estremità inferiore per il tratto di 2,5 cm circa in modo da avere una testa sferica con raggio di circa 6 mm.

La determinazione della prova seguirà le seguenti fasi:

- si pone a terra su superficie dura, liscia, ben livellata e pulita, il cono di lamiera;
- lo si riempie, in successione, con tre strati di conglomerato cementizio. Ogni strato verrà costipato con 25 colpi del pestello;
- dopo l'ultimo colpo di pestello (per il terzo strato), il conglomerato cementizio verrà rastremato, livellato e lisciato alla cima del cono;
- con ogni cura, si sfilerà il cono di lamiera dal conglomerato cementizio;
- si porrà il cono di lamiera a fianco del conglomerato cementizio e aiutandosi con un regolo metallico ed un metro, si determinerà l'abbassamento in centimetri.

**4.4.6. Pali presso infissi****Caratteristiche del palo e materiali**

I pali pressoinfissi tipo SOLES rientrano nella categoria dei pali infissi a pressione e gettati in opera. L'anima centrale in acciaio viene infissa staticamente senza estrazione di terreno, mediante martinetti a lunga corsa che, trovando reazione nella struttura di collegamento dei pali, infiggono l'anima tubolare dotata di una flangia al piede, in modo da creare un vano anulare, che è contestualmente riempito di betoncino in pressione. I materiali impiegati per la sua realizzazione sono i seguenti:

- tubi d'acciaio tipo S235 - S275 - S355 - S420 - S460 per il tubo guida che costituisce il raccordo tra la struttura fondale (platea, plinti, travi) ed il palo, e per lo stelo del palo;
- flangia di base d'acciaio S235 - S275 - S355 - S420 - S460;
- gli spessori ed i diametri variano in funzione della capacità portante del palo. Per il tubo guida il diametro normalmente varia tra 146 mm e 298,5 mm, con spessori compresi tra 8 e 12,5 mm; per lo stelo il diametro può variare da 114,3 mm a 244,1 mm, con spessori ancora compresi tra 8 e 12,5 mm; per la flangia di base infine si varia da 200 fino a 600 mm di diametro, con spessore 20÷35 mm;
- betoncino cementizio allo stato plastico iniettato a pressione compresa tra 0,5 e 2,5 bar nell'intercapedine tra la parete del foro nel terreno e lo stelo in acciaio. La composizione per metro cubo di betoncino è la seguente:
- 550 kg di cemento Portland II/B L 32,5R;
- 150 kg di acqua potabile;
- 1.425 kg di sabbia di cava;
- eventuale fluidificante.
- betoncino o conglomerato cementizio allo stato plastico di riempimento dell'anima tubolare in acciaio con Rck non inferiore a 30 MPa.

**Processo costruttivo**

Il palo è realizzato secondo la procedura di seguito esposta:

Fase 1) Costruzione della struttura in c.a. (platea, travi, plinti) che fungerà da collegamento tra la palificata e la sovrastruttura (o la vecchia fondazione nei casi di intervento di consolidamento). Questa struttura presenta per ciascun palo un foro cilindrico ottenuto inserendo prima del getto un elemento metallico (tubo guida) che, fissato alla fondazione tramite uno o più anelli d'inghisaggio, a getto avvenuto risulterà solidarizzato alla struttura e sporgente dalla stessa. Nel caso di intervento di sottofondazione la struttura di collegamento tra la fondazione esistente e la palificata presso infissa, è realizzata tenendo conto

della tipologia strutturale dell'edificio da sottofondare. Ad esempio nel caso di struttura portante in muratura, l'unione tra l'esistente e la struttura di collegamento avviene mediante l'inserimento di profilati in acciaio di connessione alla muratura opportunamente dimensionati per sopportare i carichi trasmessi dalla sovrastruttura. Qualora l'intervento coinvolga edifici con struttura in c.a. l'unione è realizzata tramite piatti e/o spinotti inghisati alla struttura di fondazione esistente.

Fase 2) Assemblaggio degli elementi costituenti il palo.

Ciascun palo metallico comprende: uno stelo a sezione costante costituito da elementi tubolari giuntati tra loro in opera, con dimensioni trasversali minori di quelle del tubo guida (per potervi passare agevolmente all'interno); una flangia di forma circolare, fissata all'estremità inferiore dello stelo, di dimensione trasversale maggiore di quella del tubo guida e posizionata, in fase di realizzazione della struttura, al di sotto di questa a contatto del magrone. Lo stelo, calato nel foro, si connette alla flangia tramite un elemento di collegamento tubolare. Durante la realizzazione della struttura fondale in corrispondenza di ciascun palo viene posto in opera un tubo metallico passante, la cui estremità superiore fuoriesce dalla struttura, mentre quella inferiore aderisce alla flangia costituente la base del palo.

Fase 3) Infissione del palo. Quando l'elemento tubolare calato nel foro si connette con la flangia di base, sopra al palo viene posto il dispositivo di spinta, costituito da martinetto idraulico che afferra l'anima tubolare del palo e la parte sporgente del tubo guida. Una volta accoppiato nel modo descritto, il dispositivo di spinta viene azionato ed infigge il palo. Il contrasto alla spinta è fornito dal peso della struttura di collegamento (eventualmente dal peso dell'edificio da sottofondare) tramite il tubo guida. L'ancoraggio di questo tubo con uno o più anelli di inghisaggio, è sovradimensionato al fine di potere esercitare una forza di infissione sul palo 2-3 volte il carico massimo di esercizio, in previsione dell'eventuale incontro di trovanti o di strati di ghiaia di modesto spessore. Durante l'infissione del palo nel terreno la flangia di base crea un'intercapedine di sezione circolare tra tubo e terreno, che viene riempita dal betoncino in pressione mano che l'infissione procede. Ciò elimina il pericolo costituito dalla eventuale presenza di falde d'acqua e dall'eventuale franamento di zone incoerenti attraversate dal palo. Inoltre il betoncino seppure allo stato plastico realizza lo scopo di impedire l'instabilità elastica dell'asta sottoposta allo sforzo normale necessario all'avanzamento e di proteggere l'armatura tubolare dalla corrosione. A maturazione avvenuta la compenetrazione con il terreno consente di sviluppare una elevata aderenza laterale. Nei terreni particolarmente scadenti come ad esempio quelli coesivi teneri o torbosi, con opportuni accorgimenti si evita il rifluimento del terreno sopra la flangia di base, cosicché anche in queste situazioni particolari l'afflusso del betoncino cementizio avviene senza ostacoli.

Fase 4) Completamento del palo. Una volta terminata l'infissione si rimuove il martinetto e l'interno dello stelo viene riempito con calcestruzzo. In questa fase si procede pure ad intasare il piccolo spazio anulare tra il palo ed il tubo guida con betoncino che, indurendo a contatto della calamina presente sulla superficie del tubo, si espande determinando un fortissimo serraggio. Terminato il riempimento, il palo viene fissato ulteriormente alla struttura saldando una piastra metallica tra le sommità dello stelo e del tubo guida.

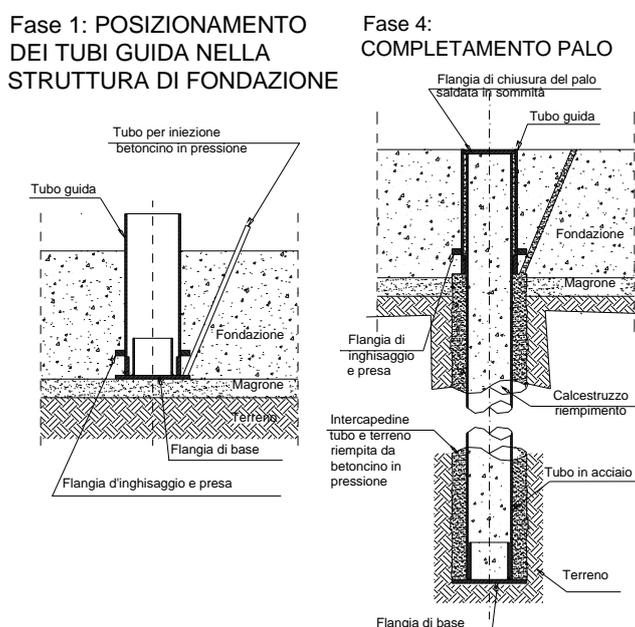


Figura 1 - Alcune fasi della realizzazione del palo presso infisso

Documentazione dei lavori

L'esecuzione di ogni singolo palo dovrà comportare la registrazione su apposita scheda dei seguenti dati:

- identificazione del palo;
- data di inizio perforazione e di fine getto;

- profondità effettiva raggiunta dalla perforazione;
- profondità del fondo foro prima della posa del tubo getto;
- “slumps” del conglomerato cementizio;
- assorbimento totale effettivo del conglomerato cementizio e volume teorico del palo;
- “profilo di getto” ove richiesto;
- risultati delle prove di rottura a compressione semplice.

Nella documentazione generale dovrà inoltre comparire:

- una scheda con le caratteristiche dei componenti del conglomerato cementizio, compresi i risultati delle analisi granulometriche degli aggregati.

#### 4.4.7. Pali ad elica continua sistema CFA

##### Definizione

Si definiscono pali trivellati ad elica continua i pali realizzati mediante infissione per rotazione di una trivella ad elica continua e successivo getto di calcestruzzo, fatto risalire dalla base del palo attraverso il tubo convogliatore interno all'anima dell'elica, con portate e pressioni controllate. L'estrazione dell'elica avviene contemporaneamente alla immissione del calcestruzzo.

##### Pali trivellati ad elica continua armati dopo il getto

###### a) Attrezzature

Si utilizzeranno escavatori equipaggiati con rotary a funzionamento idraulico o elettrico montate su asta di guida, e dotate di dispositivo di spinta.

L'altezza della torre e le caratteristiche della rotary (coppia, spinta) dovranno essere commisurate alla profondità da raggiungere.

L'equipaggiamento di cantiere dovrà comprendere la disponibilità di pompe per calcestruzzo in numero adeguato ai ritmi di esecuzione dei pali.

###### b) Perforazione

La perforazione sarà eseguita mediante una trivella ad elica continua, di lunghezza e diametro corrispondenti alle caratteristiche geometriche dei pali da realizzare. L'anima centrale dell'elica deve essere cava, in modo da consentire il successivo passaggio del calcestruzzo. All'estremità inferiore dell'anima sarà posta una punta a perdere, avente lo scopo di impedire l'occlusione del condotto.

La perforazione avverrà di norma regolando coppia e spinta in modo da avere condizioni di infissione prossime al perfetto avvitemento. In ogni caso il volume di terreno estratto per caricamento della trivella deve essere non superiore al volume teorico della perforazione. Qualora si riscontrassero rallentamenti della perforazione in corrispondenza di livelli di terreno intermedi o dell'eventuale strato portante inferiore, l'Impresa Esecutrice, con l'accordo della Direzione Lavori potrà:

- eseguire prefiori di diametro inferiore al diametro nominale di pali;
- ridurre la lunghezza di perforazione.

###### c) Getto del calcestruzzo

Il calcestruzzo verrà pompato pneumaticamente entro il cavo dell'asta di perforazione che verrà progressivamente estratta, di norma senza rotazione. La cadenza di getto deve assicurare la continuità della colonna di conglomerato. Pertanto l'estrazione dell'asta di trivellazione deve essere effettuata ad una velocità congruente con la portata di calcestruzzo pompato, adottando tutti gli accorgimenti necessari ad evitare sbulbature, ovvero a evitare interruzioni del getto. In particolare il circuito di alimentazione del getto dovrà essere provvisto di un manometro di misura della pressione. Durante l'operazione si dovrà verificare che la pressione sia mantenuta entro l'intervallo di 50÷150 KPa. Il getto dovrà essere prolungato fino a piano campagna, anche nei casi in cui la quota finita del palo sia prevista a quota inferiore. Il calcestruzzo impiegato avrà le seguenti caratteristiche:

- $R_{ck} \geq 250 \text{ kg/cm}^2$
- Slump 22-25
- Diametro massimo dell'aggregato = 15 mm

###### d) Armature

La gabbia assemblata a piè d'opera in conformità con il progetto verrà inserita a getto concluso mediante l'ausilio di un vibratore. Dovranno essere adottati tutti gli accorgimenti atti ad assicurare il centramento della gabbia entro la colonna di calcestruzzo appena formata. Se necessario, la gabbia dovrà essere adeguatamente irrigidita per consentirne la infissione. L'operazione di infissione deve essere eseguita immediatamente dopo l'ultimazione del getto, prima che abbia inizio la presa del calcestruzzo.

###### c) Controlli e documentazione

Per ogni palo eseguito l'Impresa Esecutrice dovrà redigere una scheda contenente le seguenti indicazioni:

- n. progressivo del palo (riferito ad una planimetria)
- profondità di perforazione
- osservazioni sulla stratigrafica locale
- tempi di perforazione per tratte successive di 5 m e di 1 m nel tratto finale, secondo le istruzioni della Direzione Lavori
- grafico dei tempi di perforazione
- spinta sul mandrino misurata durante l'estrazione della trivella
- volume di calcestruzzo gettato.

In caso di differenze stratigrafiche rispetto alla situazione nota, o di particolari anomalie riscontrate nei tempi di perforazione, qualora le condizioni reali risultino inferiori a quelle di progetto, l'Impresa Esecutrice dovrà procedere al riesame della progettazione e dovrà definire eventuali necessari provvedimenti (quali modifica del numero e delle profondità dei pali, esecuzione di prefori, ecc.), concordandoli con la Direzione Lavori.

#### 4.4.8. Prove di controllo sui pali

##### H1 - Prove di carico

###### Generalità

Nei paragrafi che seguono vengono fornite le indicazioni tecniche generali per l'esecuzione di prove di carico su pali.

Le prove di carico hanno principalmente lo scopo di:

- accertare eventuali deficienze esecutive nel palo;
- verificare i margini di sicurezza disponibili nei confronti della rottura del sistema palo-terreno;
- valutare le caratteristiche di deformabilità del sistema palo-terreno.

###### Definizioni

Si definiscono:

- prove di collaudo le prove effettuate su pali e micropali facenti parte della fondazione, dei quali non bisogna compromettere l'integrità; il carico massimo da raggiungere nel corso della prova ( $P_{max}$ ) è in generale pari a 1.5 volte il carico di esercizio ( $P_{es}$ );
- prove a carico limite le prove effettuate su pali e micropali appositamente predisposti all'esterno della palificata, spinte fino a carichi di rottura del sistema palo-terreno o prossimi ad essa; il carico massimo da raggiungere nel corso della prova ( $P_{max}$ ) è in generale pari a  $2.5 \div 3$  volte il carico di esercizio ( $P_{es}$ );

###### Numero e ubicazione dei pali di prova

Il numero e l'ubicazione dei pali e micropali da sottoporre a prova di carico devono essere stabiliti in funzione dell'importanza dell'opera, dell'affidabilità, in termini quantitativi, dei dati geotecnici disponibili e del grado di omogeneità del terreno.

L'Impresa Esecutrice dovrà effettuare prove di carico assiale per l'individuazione della portata limite dell'insieme palo-terreno sull'1% dei pali e micropali, con un minimo di almeno due pali o micropali per ogni opera.

I pali soggetti a prova di carico assiale potranno, a discrezione della Direzione Lavori, essere sottoposti anche a prova di ammettenza meccanica per valutare, tramite correlazione, la capacità portante statica di pali soggetti solo a prove dinamiche; la prova di ammettenza meccanica non è prevista per i micropali.

I pali di prova dovranno essere eseguiti in aree limitrofe a quelle interessanti la palificata di progetto, e comunque rappresentative dal punto di vista geotecnico e idrogeologico. I pali di prova dovranno essere eseguiti, o posti in opera, alla presenza della Direzione Lavori cui spetta l'approvazione delle modalità esecutive da adottarsi per i pali di progetto.

In ogni caso l'Impresa dovrà provvedere, a sua cura e spese, all'esecuzione di tutte quelle prove di controllo che saranno richieste dalla Direzione Lavori quali: prove di carico, prove di controllo non distruttive, ogni altra prova o controllo tali da dirimere ogni dubbio sulla accettabilità delle modalità esecutive.

Al momento della prova il conglomerato cementizio del palo dovrà avere almeno ventotto giorni di stagionatura.

Di tutte le prove e controlli eseguiti l'Impresa si farà carico di presentare documentazione scritta.

###### Caratteristiche dei pali di prova

Le caratteristiche dei pali o micropali di prova (lunghezza, diametro, modalità esecutive, caratteristiche dei materiali, ecc.) dovranno essere del tutto simili a quelle dei pali o micropali dimensionati in fase di progetto.

##### H1.1 Prove su pali di medio e grande diametro

###### H1.1.1 Prove di carico assiale

###### Definizione dei carichi di prova

I carichi di prova saranno definiti di volta in volta dal progettista e/o concordato con la Direzione Lavori, in relazione alle finalità della prova stessa.

Di norma il massimo carico di prova  $P_{prova}$  sarà a seconda dei casi:

$$P_{prova} = 1.5 P_{esercizio} \text{ per } D \leq 100 \text{ cm e } P_{prova} = 1,2 P_{esercizio} \text{ per } D > 100 \text{ cm};$$

$$P_{prova} = P_{lim}$$

ove con  $P_{lim}$  si indica la portata limite dell'insieme palo-terreno. Se non è possibile raggiungere la portata limite dell'insieme palo-terreno la prova dovrà essere eseguita fino ad un carico pari ad almeno 2.5 volte il carico di esercizio.

###### Attrezzatura e dispositivo di prova

###### Dispositivi per l'applicazione e per la misura del carico

Il carico sarà applicato mediante uno o più martinetti idraulici, con corsa  $\geq 200$  mm, posizionati in modo da essere perfettamente centrali rispetto all'asse del palo. I martinetti saranno azionati da una pompa idraulica esterna. Martinetti e manometro della pompa saranno corredati da un certificato di taratura recente ( $\cong 3$  mesi). Nel caso di impiego di più martinetti occorre che :

- i martinetti siano uguali;
- l'alimentazione del circuito idraulico sia unica.

La reazione di contrasto sarà di norma ottenuta tramite una zavorra la cui massa  $M$  dovrà essere non inferiore a 1.2 volte la massa equivalente al massimo carico di prova:

$$M \geq 1.2 P_{\text{prova}} / g = 0.12 P_{\text{prova}}$$

La zavorra sarà sostenuta con una struttura costituita da una trave metallica di adeguata rigidità sul cui estradosso, tramite una serie di traversi di ripetizione, vanno posizionati blocchi di cls o roccia. In alternativa la zavorra potrà essere sostituita con:

- pali di contrasto, dimensionali a trazione;
- tiranti di ancoraggio collegati ad un dispositivo di contrasto

In questi casi si avrà cura di ubicare i pali o i bulbi di ancoraggio dei tiranti a sufficiente distanza dal palo di prova (minimo 5 diametri). L'impresa Esecutrice, nel caso di prove di carico con pali di contrasto, dovrà redigere un progetto dettagliato delle prove di carico indicando numero, interassi, dimensioni e lunghezza dei pali. Qualora sia richiesto l'uso di una centralina oleodinamica preposta a fornire al/ai martinetti la pressione necessaria, questa dovrà essere di tipo sufficientemente automatizzato per poter impostare il carico con la velocità richiesta, variarla in caso di necessità e mantenere costante il carico durante le soste programmate. Per misurare il carico applicato alla testa del palo si interporrà tra il martinetto di spinta ed il palo una cella di carico del tipo ad estensimetri elettrici di opportuno fondo scala. Nel caso non fosse disponibile tale tipo di cella, il carico imposto al palo verrà determinato in base alla pressione fornita ai martinetti misurata con un manometro oppure, dove previsto, misurata con continuità da un trasduttore di pressione collegato al sistema di acquisizione automatico e, in parallelo, con un manometro. Il manometro e il trasduttore di pressione, se utilizzati, dovranno essere corredati da un rapporto di taratura rilasciato da non più di 3 mesi da un laboratorio ufficiale. Lo strumento di misura dovrà avere fondo scala e precisione adeguati e non inferiore al 5% del carico applicato per i manometri e del 2% per le celle di carico. Se viene impiegato soltanto il manometro, il relativo quadrante dovrà avere una scala adeguata alla precisione richiesta. È raccomandato l'inserimento di un dispositivo automatico in grado di mantenere costante ( $\pm 20$  kN) il carico applicato sul palo, per tutta la durata di un gradino di carico e indipendentemente dagli abbassamenti della testa del palo.

#### **Dispositivi per la misura dei cedimenti**

Saranno utilizzati tre comparatori centesimali, con corsa massima non inferiore a 50 mm, disposti  $\cong 120^\circ$  intorno all'insieme palo-terreno. Il sistema di riferimento sarà costituito da una coppia di profilati metallici poggianti su picchetti infissi al terreno ad una distanza di almeno 3 diametri dal palo.

Il sistema sarà protetto dall'irraggiamento solare mediante un telo sostenuto con un traliccio di tubi innocenti.

Preliminarmente all'esecuzione delle prove saranno eseguiti cicli di misure allo scopo di determinare l'influenza delle variazioni termiche e/o di eventuali altre cause di disturbo.

Dette misure, compreso anche il rilievo della temperatura, saranno effettuate per un periodo di 24 ore con frequenza di 2 ore circa.

#### **Preparazione della prova**

##### **Preparazione dei pali da sottoporre a prova**

I pali prescelti saranno preparati mediante regolarizzazione della testa previa scapitozzatura del cls e messa a nudo del fusto per un tratto di  $\cong 50$  cm. Nel tratto di fusto esposto saranno inserite n.3 staffe metalliche, a  $120^\circ$ , per la successiva opposizione dei micrometri. Sopra la testa regolarizzata si stenderà uno strato di sabbia di circa 3 cm di spessore, oppure una lastra di piombo. Si provvederà quindi a poggiare una piastra metallica di ripartizione del carico di diametro adeguato, in modo da ricondurre la pressione media sul conglomerato a valori compatibili con la sua resistenza a compressione semplice.

##### **Realizzazione del contrasto**

La zavorra sarà messa a dimora dopo avere posizionato la trave di sostegno su due appoggi laterali, posti a circa 3 diametri dall'asse del palo. L'altezza dei due appoggi deve essere sufficiente a consentire il posizionamento dei martinetti e dei relativi centratori e del sistema di riferimento per la misura dei cedimenti ( $h_{\text{min}} = 1.5$  m). Tra i martinetti e la trave sarà interposto un dispositivo di centramento del carico, allo scopo di eliminare il pericolo di ovalizzazione del pistone. Gli stessi accorgimenti saranno adottati anche nel caso in cui la trave o struttura di contrasto farà capo a pali o tiranti di ancoraggio.

#### **Programma di carico**

Il programma di carico sarà definito di volta in volta, in relazione alla finalità della prova. Di norma si farà riferimento al seguente schema, che prevede due cicli di carico e scarico, da realizzarsi come di seguito specificato.

#### **1° CICLO**

a) Applicazione di «n» ( $n \geq 4$ ) gradini di carico successivi, di entità pari a dP, fino a raggiungere il carico di Pes .

b) In corrispondenza di ciascun gradino di carico si eseguiranno misure dei cedimenti con la seguente frequenza:

- $t = 0$  (applicazione del carico)
- $t = 2'$
- $t = 4'$
- $t = 8'$
- $t = 15'$

Si proseguirà quindi ogni 15' fino a raggiunta stabilizzazione, e comunque per non più di 2 ore. Il cedimento è considerato stabilizzato se, a parità di carico, è soddisfatta la condizione tra due misure successive ( $t = 15'$ ):

$$ds \leq 0.025 \text{ mm.}$$

c) Per il livello corrispondente a  $P_{es}$  il carico viene mantenuto per un tempo minimo di 4 ore; quindi si procede allo scarico mediante almeno 4 gradini, in corrispondenza dei quali si eseguono misure a:

- $t = 0$
- $t = 5'$
- $t = 10'$
- $t = 15'$

Allo scarico le letture verranno eseguite anche a :

- $t = 30'$
- $t = 45'$
- $t = 60'$

## 2° CICLO

a) Applicazione di «m» ( $m \geq 9$ ) fino a raggiungere il carico  $P_{prova}$  (o  $P_{lim}$ ).

b) In corrispondenza di ogni livello di carico si eseguiranno misure di cedimento con la stessa frequenza e limitazioni di cui al punto b) del 1° Ciclo.

c) Il carico  $P_{prova}$ , quando è minore di  $P_{lim}$ , sarà mantenuto per un tempo minimo di 4 ore; quindi il palo sarà scaricato mediante almeno 3 gradini (di entità 3 dP) con misure a :

- $t = 0$
- $t = 5'$
- $t = 10'$
- $t = 15'$

A scarico ultimato si eseguiranno misure fino a  $t = 60'$ ; una lettura finale sarà effettuata 12 ore dopo che il palo è stato completamente scaricato.

Si considererà raggiunto il carico limite  $P_{lim}$ , e conseguentemente si interromperà la prova, allorché risulti verificata una delle seguenti condizioni:

- cedimento ( $P_{lim}$ )  $\geq 2$  cedimento ( $P_{lim} - dP$ )
- cedimento ( $P_{lim}$ )  $\geq 0.10$  diametri.

d) Documentazione delle prove

Le misure dei cedimenti saranno registrate utilizzando moduli contenenti:

- il n° del palo con riferimento ad una planimetria;
- l'orario di ogni singola operazione;
- la temperatura;
- il carico applicato;
- il tempo progressivo di applicazione del carico;
- le corrispondenti misure di ogni comparatore;
- i relativi valori medi;
- le note ed osservazioni.

Le tabelle complete delle letture tempo – carico - cedimento costituiranno il verbale della prova.

Le date e il programma delle prove dovranno essere altresì comunicate alla Direzione Lavori con almeno 7 giorni di anticipo sulle date di inizio.

La documentazione fornita dall'esecutore della prova dovrà comprendere i seguenti dati:

- tabelle complete delle letture tempo – carico - cedimento con le indicazioni singole dei comparatori e la loro media aritmetica; ( sono richieste anche le fotocopie chiaramente leggibili della documentazione originale di cantiere "verbale")
- diagrammi carichi-cedimenti finali per ciascun comparatore e per il valore medio; diagrammi carichi-cedimenti (a carico costante) per ciascun comparatore e per il valore medio;
- numero di identificazione e caratteristiche nominali del palo (lunghezza, diametro);
- stratigrafia del terreno rilevata durante la perforazione (pali trivellati);
- geometria della prova (dispositivo di contrasto, travi portamicrometri, ecc.);
- disposizione, caratteristiche e certificati di taratura della strumentazione;
- scheda tecnica del palo, preparata all'atto dell'esecuzione;
- relazione tecnica riportante l'elaborazione dei dati e l'interpretazione della prova medesima nonché l'individuazione del carico limite con il metodo dell'inversa pendenza.

### H1.1.2 Prove di carico su pali strumentati

#### a) Generalità

Quando richiesto, le prove di carico assiali, oltre che per definire la curva carico-cedimento alla testa del palo, avranno lo scopo di valutare l'entità e la distribuzione del carico assiale e della curva di mobilitazione dell'attrito lungo il palo. Pertanto dovranno essere predisposte una serie di sezioni strumentate nel fusto del palo, e anche alla base del palo stesso. I dispositivi indicati nel presente paragrafo sono pertanto da considerarsi aggiuntivi rispetto a quanto descritto nel punto H1.1.1 b. Per i pali strumentati, ad ultimazione del getto, verrà eseguito un controllo generale della strumentazione per verificare l'integrità a seguito delle operazioni di realizzazione del palo.

Ulteriori controlli con registrazione dei dati verranno eseguiti a 7, 14 e 28 giorni ed immediatamente prima della prova di carico. Quest'ultima costituirà la misura di origine per le successive letture.

#### b) Attrezzature e dispositivo di prova

##### b.1) Strumentazione lungo il fusto del palo

Il numero e l'ubicazione delle sezioni strumentate sarà stabilito di volta in volta in accordo con la Direzione Lavori. In ogni caso dovranno essere previste almeno 4 sezioni strumentate. Indicativamente la sezione strumentata superiore sarà ubicata in prossimità della testa del palo, esternamente al terreno. Qualora non fosse possibile realizzare la sezione strumentata di testa al di sopra del piano lavoro, dopo l'esecuzione del palo si procederà ad isolare il palo dal terreno circostante fino alla quota della sezione strumentata di testa; in questo caso la sezione strumentata di testa sarà posizionata il più vicino possibile al piano di lavoro. Le dimensioni geometriche di questa sezione strumentata dovranno essere accuratamente misurate prima delle prove. Tale sezione consentirà di avere indicazioni sul modulo del calcestruzzo in corrispondenza dei vari gradini di carico e sarà di riferimento per il comportamento di tutte le altre. Ogni sezione strumentata sarà costituita da almeno 3 estensimetri elettrici disposti su di una circonferenza, a circa 120° l'uno dall'altro. Le celle estensimetriche saranno fissate all'armatura longitudinale e protette dal contatto diretto con il calcestruzzo. Esse saranno corredate di rapporto di taratura rilasciato da un laboratorio ufficiale. Per ogni sezione strumentata si ammetteranno tolleranze non superiori a 10 cm rispetto alla quota teorica degli estensimetri elettrici.

##### b.2) Strumentazione alla base del palo

La punta del palo verrà strumentata mediante una cella di carico costituita da estensimetri elettrici. La sezione verrà ubicata alla distanza di circa il diametro della base del palo. La misura degli spostamenti alla base del palo verrà realizzata con un estensimetro meccanico a base lunga. Esso misurerà le deformazioni relative tra la base e la testa del palo. L'ancoraggio dello strumento sarà posizionato alla quota degli estensimetri elettrici e la misura sarà riportata in superficie mediante un'asta di acciaio rigida avente coefficiente di dilatazione termica comparabile con quello del calcestruzzo. Sarà eliminato il contatto con il calcestruzzo circostante mediante una tubazione rigida di acciaio di circa 1 di diametro esterno. Particolare cura sarà posta nel rendere minimo l'attrito tra asta interna e tubazione esterna, utilizzando, ad esempio, distanziali di materiale antifrizione e altri sistemi analoghi, prestando attenzione ad usarne un numero sufficiente, ma non eccessivo. Occorrerà garantire una perfetta tenuta tra l'ancoraggio ed il tubo esterno al fine di evitare intrusioni di calcestruzzo nell'intercapedine asta-tubo di protezione all'atto del getto. Come per gli altri tipi di tubazione anche questa sarà portata sino in superficie a fuoriuscire dalla testa del palo a fianco della piastra di ripartizione. In questo punto verranno installati dei trasduttori di spostamento lineari con fondo scala di circa 20÷30 mm e precisione dello 0.2% del fondo scala, per la misura in continuo degli spostamenti relativi fra il tubo di protezione (testa del palo) e l'ancoraggio solidale alla base del palo. La testa di questo strumento andrà adeguatamente protetta contro avverse condizioni atmosferiche, contro urti meccanici accidentali e contro le variazioni di temperatura.

#### c) Metodologie d'installazione degli estensimetri elettrici

Gli estensimetri andranno fissati alle staffe dell'armatura e saranno dotati di barre di prolunga in acciaio da entrambi i lati non inferiori a 50 cm. Gli strumenti saranno adeguatamente protetti da possibili urti del tubo getto con rinforzi e protezioni in acciaio da definirsi sul posto.

Tutti i cavi elettrici provenienti dagli estensimetri dovranno essere protetti dal diretto contatto meccanico con i ferri d'armatura. Normalmente si farà in modo che le tubazioni da inserire nella gabbia siano simmetricamente disposte all'interno della sezione. L'uscita dei cavi dalla testa del palo non dovrà costituire un ingombro alle operazioni successive. Le modalità di installazione e protezione dei cavi saranno comunicate alla Direzione Lavori.

#### d) Preparazione ed esecuzione della prova

Si applicano integralmente le specifiche di cui al H1.1.1.

### H1.1.2 Prove di carico laterale

Queste prove dovranno essere effettuate nel caso in cui ai pali di fondazione sia affidato il compito di trasmettere al terreno carichi orizzontali di rilevante entità.

Il numero ed i pali da sottoporre a prova sarà definito dal progettista e/o concordato con la Direzione Lavori. Nella esecuzione delle prove ci si atterrà alle prescrizioni già impartite per le prove di carico assiale (H1.1.1), salvo quanto qui di seguito specificato. Il contrasto sarà di norma ottenuto utilizzando un palo di caratteristiche geometriche analoghe, distante almeno 3 diametri. Il martinetto sarà prolungato mediante una trave di opportuna rigidità. Gli spostamenti saranno misurati su entrambi i pali.

Si utilizzeranno per ciascun palo 2 coppie di comparatori centesimali fissati alla stessa quota; la prima coppia sarà disposta in posizione frontale rispetto alla direzione di carico; la seconda coppia sarà disposta in corrispondenza dell'asse trasversale alla

direzione di carico. Per la misura delle deformazioni durante la prova di carico, la Direzione Lavori indicherà i pali nei quali posizionare, prima del getto, dei tubi inclinometrici.

Si utilizzeranno tubi in alluminio a 4 scanalature, diametro  $\varnothing$  81/76 mm, resi solidali alla gabbia di armatura a mezzo di opportune legature. Le misure saranno effettuate con una sonda inclinometrica perfettamente efficiente, di tipo bi-assiale, previo rilevamento delle torsioni iniziali del tubo-guida. Se richiesto dalla Direzione Lavori anche i pali sottoposti a prove di carico laterale potranno avere sezioni strumentate con estensimetri elettrici a varie profondità.

## 4.5. FANGHI BENTONITICI

### 4.5.1. Definizione e campi di applicazione

I fanghi bentonitici da impiegare negli scavi per l'esecuzione di diaframmi in c.a., nella realizzazione di perfori per l'esecuzione di pali trivellati saranno ottenuti miscelando, fino ad avere una soluzione finemente dispersa, i seguenti componenti:

- acqua;
- bentonite in polvere;
- additivi eventuali (disperdenti, sali tampone, ecc;).

### 4.5.2. Preparazione del fango

Le bentoniti impiegate dovranno rispondere ai seguenti requisiti:

- |  |                        |
|--|------------------------|
| • Residui al setaccio n. 38 della serie UNI n. 2331 - 2332:  | < 1%;                  |
| • Tenore di umidità:   | < 15%;                 |
| • Limite di liquidità:   | > 400;                 |
| • Viscosità MARSH 1500/1000 della sospensione al 6% in acqua distillata:   | > 40s;                 |
| • Decantazione della sospensione al 6% in 24 ore   | < 2%;                  |
| • Acqua "libera" separata per pressofiltrazione di 450 cm <sup>3</sup> della sospensione al 6% in min. 30 alla pressione di MPa 0,7: | < 18 cm <sup>3</sup> ; |
| • pH dell'acqua filtrata:  | > 7, < 9;              |
| • spessore del pannello di fango "cake" sul filtro della filtro - pressa:  | < 2,5.                 |

Il dosaggio in bentonite, espresso come percentuale in peso rispetto all'acqua, dovrà risultare non inferiore al 4,5% e non superiore al 9%, salva la facoltà della Direzione Lavori di ordinare dosature diverse. Gli additivi dovranno essere prescelti tenendo conto della natura e dell'entità degli elettroliti presenti nell'acqua di falda, in modo da evitare che essa provochi la flocculazione del fango.

La miscelazione sarà eseguita in impianti automatici con pompe laminatrici o mescolatori ad alta turbolenza, accoppiati a cicloni ed operanti a circuito chiuso e con dosatura a peso dei componenti.

Le attrezzature impiegate per la preparazione della sospensione dovranno comunque essere tali da assicurare la suddivisione minuta delle particelle di bentonite sospesa.

In ogni caso dovranno essere installate vasche di adeguata capacità (> 20 m<sup>3</sup>) per la "maturazione" del fango, nelle quali esso dovrà rimanere per 24 ore dopo la preparazione prima di essere impiegato nella escavazione.

Le caratteristiche del fango pronto per l'impiego dovranno essere comprese entro i limiti seguenti:

- peso specifico non superiore a t/m<sup>3</sup> 1,08;
- viscosità MARSH compresa tra 38 s e 55 s.

### 4.5.3. Trattamento del fango

L'impresa dovrà predisporre e mantenere operanti idonee apparecchiature di depurazione del fango che consentano di contenere entro limiti ristretti la quantità di materiale trattenuto in sospensione. L'efficacia di tali apparecchiature dovrà essere tale da mantenere le caratteristiche del fango presente nel foro entro i limiti seguenti:

- peso di volume  $\leq 1,25$  t/m<sup>3</sup>, nel corso della escavazione;
- contenuto percentuale volumetrico in sabbia < 6%, prima dell'inizio delle operazioni di getto.

Le determinazioni dei lavori sopraindicati saranno condotte su campioni di fango prelevati a mezzo di apposito campionatore per fluidi in prossimità del fondo del cavo.

Per riportare le caratteristiche del fango ai limiti indicati esso deve essere fatto circolare per il tempo necessario, prelevandolo con una condotta aspirante dal fondo del cavo e facendolo passare attraverso separatori a ciclone (od apparecchi di pari efficacia) prima di immetterlo nuovamente nel cavo. In alternativa il fango nel cavo dovrà essere sostituito in tutto o in parte con fango fresco; il fango estratto sarà in tal caso depurato in un secondo tempo, oppure convogliato a rifiuto presso discariche autorizzate nel rispetto delle vigenti norme di legge.

### 4.5.4. Controllo del fango

Per il controllo della qualità del fango si eseguiranno, a cura e spese dell'Impresa e in contraddittorio con la Direzione Lavori, determinazioni sistematiche delle seguenti caratteristiche:

- A. peso di volume;
- B. viscosità MARSH;

C. contenuto in sabbia;

ripetendo le misure con la frequenza e le modalità di prelievo sotto indicate.

Fanghi freschi maturati (determinazione delle caratteristiche A e B):

- prelievo nella vasca di maturazione con frequenza quotidiana, per ogni impianto di preparazione fanghi.

Fanghi in uso, nel corso della escavazione (determinazione della caratteristica A);

- prelievo dentro il cavo, mediante campionario, alla profondità sovrastante di cm 50 quella raggiunta dall'escavazione al momento del prelievo, con frequenza di un prelievo per ogni elemento (palo o pannello di diaframma) al termine dell'attraversamento degli strati più sabbiosi, o al termine delle operazioni di scavo.

Fanghi prima dell'inizio del getto del conglomerato cementizio (determinazione delle caratteristiche A e C);

- prelievo mediante campionario, alla profondità di cm 80 sopra il fondo dello scavo, con frequenza di prelievo per ogni elemento da eseguire dopo che le armature metalliche ed il tubo di convogliamento sono già stati posti in opera. La Direzione Lavori potrà richiedere ulteriori controlli delle caratteristiche dei fanghi bentonitici impiegati, in particolare nella fase iniziale di messa a punto delle lavorazioni.

L'Impresa dovrà disporre in cantiere di una adeguata attrezzatura di laboratorio per il controllo del peso specifico o di volume, della viscosità, del contenuto in sabbia, del pH, dell'acqua "libera" e dello spessore del "cake"; mentre per la constatazione delle seguenti caratteristiche:

- residui al setaccio n. 38 della serie **UNI n. 2331 - 2332**;
- tenore di umidità;
- limite di liquidità;
- decantazione della sospensione al 6%;

si ricorrerà a cura e spese dell'Impresa, a Laboratorio Ufficiale.

#### 4.5.5. Prove di controllo

Caratteristiche e modalità d'uso delle apparecchiature che dovranno essere a disposizione in cantiere.

##### **Misure del peso specifico o di volume**

Si userà di regola una bilancia che consiste in un'asta graduata in g/l, impernata al basamento e munita ad un estremo di contrappeso, ed all'altro di un contenitore per il fango. Quest'ultimo una volta riempito di fango sarà chiuso con un coperchio forato; si garantirà il completo riempimento del contenitore facendo in modo che il fango fuoriesca dal foro. Successivamente, si avrà cura di pulire l'esterno del contenitore e del coperchio.

Si sposterà il cursore posto sull'asta finché questa assumerà una posizione orizzontale, individuata dalla bolla della livella montata sull'asta.

In tale posizione si leggerà direttamente sull'asta il peso di volume del fango racchiuso nel contenitore.

Per la taratura si riempirà il contenitore di acqua distillata, controllando che il peso di volume indicato dal cursore corrisponda a g/l 1000, in caso contrario si toglieranno o aggiungeranno dei pallini di piombo nel corpo del contrappeso. L'approssimazione delle misure dovrà essere  $\pm$  g/l 5.

##### **Misura della viscosità**

Si userà di regola l'imbuto di MARSH che consiste in un recipiente tronco - conico, avente la forma e le dimensioni seguenti:

Diametro della base superiore mm 152 (6"), altezza del tronco di cono mm 305 (12"); base inferiore costituita da ugello cilindrico di diametro interno mm 4,76 (3/16") e altezza mm 50,8 (2").

Si riempirà l'imbuto tenendo manualmente otturato il tubicino.

Durante il riempimento si avrà cura di fare passare il fango attraverso la reticella, che è posta sulla bocca del recipiente permettendo così il filtraggio delle eventuali impurità.

La viscosità del fango sarà determinata misurando il tempo di deflusso del contenuto del cono, compreso tra il livello corrispondente ad un riempimento di 1500 cm<sup>3</sup> e il livello corrispondente 500 cm<sup>3</sup>.

##### **Misura del pH**

Questa misura si effettuerà usando delle speciali cartine reagenti, dotate della capacità di assumere per ogni valore del pH un particolare colore. Dopo avere immerso la cartina nel fango, si confronterà il colore che la cartina ha assunto con quelli di riscontro: il corrispondente colore indicherà il valore del pH del fango.

Si avrà cura di non toccare con le mani la cartina reagente per non falsare la misura.

##### **Misura del contenuto in sabbia**

Si userà di regola un sabbimetro costituito da: una provetta conica graduata, un imbuto ed un filtro con rete a 200 MESH.

Si riempirà di fango la provetta fino al primo livello; poi si aggiungerà acqua fino al secondo livello indicato sulla provetta stessa.

Si otturerà con il pollice la bocca della provetta e si agiterà energicamente in modo da diluire il fango con l'acqua.

Si verserà il contenuto della provetta attraverso il filtro avendo cura di sciacquare la provetta con acqua pulita.

Si porrà quindi l'imbuto sulla provetta lavata e su di esso si disporrà il filtro rovesciato, in modo che tutte le parti sabbiose trattenute cadano nella provetta.

Lavando il filtro con acqua pulita si farà scendere tutta la sabbia nella provetta, e la si farà decantare.

Si leggerà direttamente sulla graduazione della provetta il contenuto percentuale, volumetrico in sabbia del fango esaminato.

#### **Misura dell'acqua libera e dello spessore del "cake"**

Si userà una filtropressa che è di regola costituita da un telaio sul quale viene alloggiato un contenitore cilindrico munito superiormente di una apposita vite di blocco ed inferiormente di un tubicino che lo collega ad un cilindretto graduato. Il contenitore a sua volta è composto dal basso verso l'alto dai seguenti elementi: un basamento, nel quale è inserito il tubicino; una guarnizione di gomma; una reticella; un disco di carta filtro; un'altra guarnizione di gomma; una cella; una terza guarnizione di gomma; un coperchio (predisposto per essere collegato ad una bomboletta di CO<sub>2</sub>).

Per l'uso si assemblerà la cella con il basamento avendo cura di usare ogni volta un disco di carta da filtro nuovo. Quindi si riempirà la cella con fango fino a mm 6 dal bordo superiore della cella.

Poi si monterà il coperchio e si alloggerà la cella nel telaio, bloccandola permanentemente con la vite di pressione. Poi si monterà la bomboletta di CO<sub>2</sub> e si darà pressione alla cella controllando che la pressione della cella sia di bar 7.

Nello stesso momento in cui si darà pressione si farà scattare il cronometro e si misurerà l'acqua che esce dal tubicino posto al fondo della base della cella. L'acqua sarà raccolta nel cilindretto graduato. Le misure in cm<sup>3</sup> verranno effettuate dopo 30 minuti primi ed indicheranno il valore di acqua libera del fango esaminato. Finita la prova si estrarrà la carta da filtro e si misurerà lo spessore in millimetri del pannello di fango (cake) formatosi sul filtro.

### **4.6. Trattamenti colonnari (colonne consolidate - jet - grouting)**

#### **4.6.1. Definizione**

Si definiscono trattamenti colonnari quei trattamenti di consolidamento - impermeabilizzazione realizzati stabilizzando mediante rimescolamento il terreno con una miscela legante di acqua - cemento immessa a getto ad altissima pressione.

I trattamenti dovranno essere eseguiti secondo modalità di dettaglio approvate dalla Direzione Lavori e potranno essere realizzati in posizione verticale o comunque inclinati in relazione alle previsioni progettuali.

#### **4.6.2. Soggezioni geotecniche e idrologiche**

Le tecniche di perforazione e le modalità di iniezione della miscela stabilizzante dovranno essere messe a punto, in relazione alla natura dei materiali da trattare ed alle caratteristiche idrogeologiche locali, mediante esecuzione di colonne di prova in numero rapportato alla quantità di colonne di terreno consolidato previste in progetto, con un minimo di una colonna di prova per elemento strutturale e comunque secondo le prescrizioni della Direzione Lavori.

Le colonne di prova verranno compensate con i relativi prezzi di elenco.

Sulle colonne di prova verranno eseguiti, in base alle richieste della Direzione Lavori, le prove elencate di seguito il cui onere deve intendersi a totale carico dell'Impresa:

- prove in sito mediante carotaggio continuo, su tutte le colonne e per l'intera loro lunghezza, ubicato all'incirca a metà del raggio teorico di ciascuna colonna;
- prove in laboratorio su campioni significativi, ricavati dalle carote estratte, comprendenti:
- prove di rottura a compressione semplice, con rilievo della curva sforzi deformazioni, da eseguire dopo ventotto giorni di maturazione della miscela per terreni incoerenti, dopo quaranta corrispondenti a quelli dell'effettivo utilizzo nel lavoro;
- prove di trazione brasiliana;
- prove triassiali;
- determinazione del valore dell' R.Q.D.

Se dalle prove di cui sopra risulterà che non sono stati raggiunti i limiti di resistenza e continuità necessari; la Direzione Lavori ordinerà la verifica del sistema ed eventualmente proporrà la revisione del progetto.

#### **4.6.3. Caratteristiche delle attrezzature**

Le attrezzature di perforazione dovranno essere idonee a garantire deviazioni non superiori all'1,5% rispetto all'asse teorico.

Quelle di iniezione dovranno essere in grado di effettuare l'iniezione di ogni colonna senza interruzioni, in una unica fase, di norma almeno per profondità fino a 20 m – 25 m. Dovranno essere munite di dispositivi di comando e di contagiri per il controllo della velocità di rotazione delle aste ed inoltre di dispositivi per la regolazione della velocità di risalita delle aste stesse (temporizzatore a scatti o simili). L'impianto di miscelazione dovrà essere del tipo a cicli ripetitivi, con polmone di accumulo ed agitatore di miscela e munito di dispositivi di pesatura del cemento e di misura dell'acqua, dosatore di additivi e contacicli di miscelazione progressivo.

La centrale di iniezione sarà attrezzata con pompe ad alta pressione > 30 MPa, dotate di manometri muniti di certificato ufficiale di taratura e posti a bocca foro.

#### **4.6.4. Tolleranze geometriche**

Le tolleranze ammesse sull'assetto geometrico delle colonne di terreno consolidato sono le seguenti:

- la posizione dell'asse di ciascun punto di trattamento non dovrà discostarsi da quella di progetto più di 5 cm salvo diverse prescrizioni della Direzione Lavori;
- la deviazione dell'asse della colonna rispetto all'asse di progetto non dovrà essere maggiore del 1,5%;

- la lunghezza non dovrà differire di  $\pm 15$  cm da quella di progetto;
- il diametro delle colonne non dovrà in nessun caso risultare inferiore a quello nominale indicato in progetto.

#### 4.6.5. Tracciamento, programma lavori

Prima di iniziare la perforazione si dovrà a cura e spese dell'Impresa, indicare sul terreno la posizione dei punti di trattamento da contrassegnare con picchetti, marche od altro, sistemati in corrispondenza dell'asse di ciascun punto di trattamento.

L'Impresa dovrà presentare alla Direzione Lavori la seguente documentazione:

- una mappa dei trattamenti con la posizione di tutti i punti, contrassegnati con un numero progressivo;
- un programma cronologico di perforazione ed iniezione elaborato in modo da minimizzare gli effetti negativi della perforazione/iniezione sulle colonne consolidate già eseguite.

#### 4.6.6. Esecuzione dei trattamenti

In relazione al diametro nominale dei trattamenti colonnari, variabile da m 0,60 a m 1,80, valgono le modalità operative di seguito riportate.

##### ***Trattamenti colonnari fino a m 1,00 di diametro***

Comprendono le seguenti fasi di lavorazione:

- perforazione e rotazione o rotopercussione, di diametro adeguato, eseguita di norma con impiego di rivestimento provvisorio;
- iniezione di una miscela di acqua e cemento tipo 425, nel rapporto compreso tra 0,7/1 e 1,5/1, con l'impiego di additivi stabilizzanti, fluidificanti, acceleranti o ritardanti di presa, espansivi, impermeabilizzanti, antidilavamento, etc., secondo le disposizioni della Direzione Lavori. La pressione di iniezione della miscela iniettata dovrà superare il 70% del volume teorico del terreno da trattare, con un minimo di 350 kg di cemento (peso secco) per metro cubo di terreno trattato.

Mentre la miscela fuoriesce dagli ugelli posti alla estremità inferiore delle aste di iniezione, a queste ultime viene impresso un moto di rotazione ed estrazione a velocità predeterminata, tale comunque da soddisfare le seguenti condizioni:

- velocità di rotazione: 10-20 giri al minuto primo;
- velocità di estrazione: 2-6 minuti primi per metro.

La resistenza a compressione semplice del terreno consolidato dovrà risultare  $\geq 10$  MPa a quaranta giorni negli eventuali interstrati di terreni coesivi, salvo diverse indicazioni della Direzione Lavori a seguito dei risultati delle colonne di prova.

Il valore dell' R.Q.D. dovrà risultare non inferiore al 70%.

##### ***Trattamenti colonnari di diametro superiore a m 1,00***

Comprendono le seguenti fasi di lavorazione:

- perforazione a rotazione o rotopercussione di diametro adeguato, eseguito di norma con l'impiego di rivestimento provvisorio;
- attraverso ugelli separati, dalle aste di perforazione vengono iniettati: acqua oppure aria ed acqua ad altissima pressione per la disgregazione del terreno; una miscela di acqua e cemento tipo 425, per il consolidamento del terreno, nel rapporto compreso tra 0,7/1 e 1,5/1, con l'impiego di additivi stabilizzanti, fluidificanti, acceleranti o ritardanti di presa, espansivi, impermeabilizzanti, antidilavamento, ecc., secondo le disposizioni della Direzione Lavori.

La pressione di iniezione dell'acqua dovrà essere superiore a 40 MPa; quella della miscela di 2-7 MPa e la quantità di miscela iniettata dovrà superare il 70% del volume teorico del terreno da trattare, con un minimo di kg 400 di cemento (peso secco) per metro cubo di terreno trattato. Mentre aria, acqua e miscela fuoriescono dagli ugelli posti all'estremità della batteria di aste di iniezione, a quest'ultima viene impresso un moto di rotazione e risalita a velocità predeterminata, tale comunque da soddisfare le seguenti condizioni:

- velocità di rotazione: 3-7 giri al minuto primo;
- velocità di risalita: 20-30 minuti primi per metro.

La resistenza a compressione semplice del terreno consolidato dovrà risultare  $\geq 8$  MPa a ventotto giorni nei materiali incoerenti, con limite minimo di 5 MPa a quaranta giorni negli eventuali interstrati di materiali coesivi, salvo diverse indicazioni della Direzione Lavori a seguito dei risultati del campo prove.

Il valore dell' R.Q.D. dovrà risultare non inferiore al 70%.

#### 4.6.7. Armatura dei trattamenti colonnari

Quando previsto in progetto o formalmente ordinato dalla Direzione Lavori, le colonne dovranno essere armate con elementi in acciaio (tubi o barre), da introdurre a spinta con idonea attrezzatura nel corpo delle colonne in corrispondenza del perforo, appena ultimata l'iniezione e prima che la miscela inizi la presa.

Nel caso la Direzione Lavori ordini l'inserimento dell'armatura in acciaio ad avvenuta la presa della miscela, si dovrà procedere alla esecuzione di un foro di diametro adeguato nel corpo delle colonne, all'introduzione dell'armatura ed al suo inghisaggio mediante iniezione a pressione di malta di cemento; la malta verrà iniettata attraverso lo stesso tubo in acciaio quando l'armatura è tubolare e attraverso un tubo in PVC quando l'armatura è in barre.

#### 4.6.8. Controlli

I controlli sui trattamenti colonnari da eseguire a cura e spese dell'Impresa, d'intesa con la Direzione Lavori e con la frequenza di seguito indicata, dovranno essere finalizzati a verificare la congruenza dei risultati conseguiti in sede operativa, con le tolleranze ammesse e le soglie minime di resistenza.

La geometria dei trattamenti (diametro, posizione e deviazione dell'asse, lunghezza) e la resistenza a compressione del terreno consolidato dovranno essere accertati con le prove sotto elencate su colonne scelte dalla Direzione Lavori:

- Scavi di ispezione e prelievo di campioni indisturbati su tratti di colonne in ragione di una colonna ogni 100 eseguite; gli scavi dovranno essere spinti almeno fino alla profondità di m 4 e successivamente rinterrati procedendo a strati accuratamente compattati;
- Sondaggi sulle colonne, in ragione di una colonna ogni 100 eseguite mediante carotaggio a rotazione continua con batteria di aste e doppio carotiere T2 e/o T6s con corone diamantate di diametro nominale  $\geq$  mm 100.

Il sondaggio dovrà essere posizionato all'incirca a metà del raggio teorico della colonna e dovrà essere spinto per tutta la lunghezza della colonna fino a penetrare nel terreno naturale alla base della stessa. Si dovrà evitare che l'acqua di spurgo dilavi la carota.

Le carote estratte devono essere custodite con cura in apposite cassette catalogatrici. In questa fase dovrà essere determinato l'indice R.Q.D. (Indice di Recupero Modificato) espresso come percentuale di recupero del carotaggio tenendo conto dei soli spezzoni di carota di lunghezza  $\geq$  mm 100:

$$\text{R.Q.D.\%} = \frac{\text{Somma della lunghezza degli spezzoni } \geq \text{ mm 100}}{\text{lunghezza perforata}} \times 100$$

La Direzione Lavori selezionerà un certo numero di campioni per carota (mediamente da 3 a 5), da sigillare con paraffina entro fustelle in PVC e da inviare in laboratorio per le prove di resistenza a compressione.

Negli scomparti delle cassette catalogatrici saranno inseriti distanziatori al posto dei campioni di carota prelevati per il Laboratorio e su ciascuno saranno indicati la quota e la lunghezza del campione.

Ogni cassetta verrà fotografata utilizzando film a colori ed avendo cura che le quote ed i riferimenti (cantiere, numero sondaggio) risultino leggibili anche nel fotogramma.

Qualora dalle prove di cui sopra risultasse che anche uno solo dei parametri elencati di seguito:

- tolleranze geometriche
- posizione dell'asse
- deviazione dell'asse
- lunghezza
- diametro
- resistenza a compressione semplice
- valore di R.Q.D.

è variato rispetto a quanto stabilito in precedenza, con scostamenti negativi contenuti nei limiti del 10%, la Direzione Lavori, d'intesa con il progettista, effettuerà una verifica della sicurezza.

Nel caso che tale verifica dia esito positivo, il trattamento colonnare verrà accettato, ma il suo prezzo unitario verrà decurtato del 15%.

Qualora gli scostamenti negativi superino il limite del 10% l'Impresa sarà tenuta a sua totale cura e spese al rifacimento dei trattamenti oppure all'adozione di quei provvedimenti che, proposti dalla stessa, per diventare operativi, dovranno essere formalmente approvati dalla Direzione Lavori.

#### 4.6.9. I - Documentazione dei lavori

L'esecuzione di ogni trattamento colonnare sarà documentata mediante la compilazione da parte dell'Impresa, in contraddittorio con la Direzione Lavori, di una apposita scheda sulla quale si registreranno i dati seguenti:

- identificazione della colonna;
- data di inizio perforazione a termine iniezione;
- profondità di perforazione con inizio e fine del tratto consolidato;
- durata dell'iniezione;
- assorbimento totale effettivo di miscela di iniezione;
- tipo e quantitativo di additivi eventualmente impiegati.

#### 4.7. COMPATTAZIONE DINAMICA PESANTE

La tecnica della compattazione dinamica pesante (Heavy tamping) consiste nel costipare il terreno di fondazione mediante ripetute percussioni della superficie con una massa lasciata cadere da diversi metri di altezza.

In genere l'obiettivo richiesto da un trattamento di compattazione dinamica pesante è quello di ottenere all'interno di una assegnata area da consolidare un prescritto valore minimo di densità relativa del terreno di fondazione per una prefissata profondità. Tuttavia l'obiettivo che si intende raggiungere risulta fortemente condizionato sia dalle peculiari caratteristiche fisico - meccaniche dei terreni di fondazione, quali la composizione granulometrica, il contenuto di materiale fine, il grado di saturazione, lo stato di addensamento nonché lo stato e la storia tensionale che dai molteplici fattori operativi con cui il trattamento stesso viene condotto. Tali fattori operativi, che determinano poi le specificazioni con cui il trattamento di compattazione dinamica pesante deve essere condotto, sono i seguenti:

- Peso della massa battente;
- Altezza di caduta della massa battente;
- Distanza tra i punti di impatto e disposizione planimetrica degli stessi;
- Energia specifica di compattazione ( $\text{kNm/m}^2$ ), ovvero numero di colpi per ogni punto di impatto;
- Numero di ripetizioni del trattamento;
- Tempo di attesa tra ogni trattamento.

La massa di percussione può essere un blocco di acciaio, o di calcestruzzo oppure un guscio di acciaio riempito di calcestruzzo o di sabbia dal peso variabile tra 10 e 50 t; l'altezza di caduta invece varia da 20 a 30 m. In genere i punti di impatto su cui viene effettuato il trattamento sono disposti sui vertici di una maglia quadrata ovvero triangolare equilatera; per ogni punto di impatto vengono impartiti più colpi in successione. Poiché per ottenere il prescritto grado di addensamento del terreno di fondazione è necessario in genere effettuare più ripetizioni del trattamento è opportuno posizionare i punti di impatto dei trattamenti successivi sempre secondo i vertici di una maglia quadrata o triangolare concentrica rispetto a quella dei trattamenti precedenti. In altri termini può essere opportuno spaziare i punti di impatto del primo trattamento ad una distanza all'incirca pari alla profondità entro la quale si vuole ottenere il consolidamento (max 15 m) ovvero spaziare i punti di impatto delle successive ripetizioni con distanze via via decrescenti. Completata la prima passata di trattamento sarà opportuno procedere al livellamento del piano campagna ed attendere le dissipazioni delle pressioni neutre prima di procedere al trattamento successivo. Completate infine tutte le ripetizioni del trattamento previste, si procederà con il costipamento superficiale del terreno per mezzo di un rullo vibrante.

Infine, per valutare l'efficacia del trattamento effettuato, sarà opportuno procedere ad una significativa campagna di indagini in sito, da estendersi all'interno della zona trattata, costituita a prove CPT o SPT, ovvero prove Cross - Hole.

## **4.8. TIRANTI DI ANCORAGGIO NEI TERRENI**

### **4.8.1. Definizioni e scopo**

I tiranti di ancoraggio sono elementi strutturali operanti in trazione ed atti a trasmettere forze al terreno.

Il tirante si compone delle seguenti parti:

- la testa, costituita dal dispositivo di bloccaggio e dalla piastra di ripartizione;
- il tratto libero intermedio di collegamento tra testa e tratto attivo;
- il tratto attivo (fondazione) che trasmette al terreno le forze di trazione del tirante.

In relazione alla durata di esercizio definita nel progetto i tiranti si distinguono in:

- provvisori, se la durata della funzionalità non supera i trenta mesi;
- permanenti, se la durata della funzionalità eguaglia o supera i trenta mesi.

Le caratteristiche geometriche e strutturali dei tiranti saranno definite nel progetto esecutivo.

### **4.8.2. Prove tecnologiche preliminari**

Prima di dare inizio ai lavori la metodologia esecutiva dei tiranti, come proposta dall'Impresa, dovrà essere messa a punto dalla stessa, mediante l'esecuzione di un adeguato numero di tiranti preliminari di prova, che saranno pagati con i relativi prezzi di elenco.

Il numero dei tiranti preliminari di prova sarà stabilito dalla Direzione Lavori, in base all'importanza dell'opera e al grado di omogeneità del sottosuolo; tale numero dovrà essere pari almeno al 2% del numero totale dei tiranti con un minimo di 2.

I tiranti preliminari di prova dovranno essere eseguiti in aree limitrofe a quelle interessanti i tiranti di progetto e comunque rappresentative dal punto di vista geotecnico e idrogeologico.

Le modalità di applicazione e l'entità del carico e scarico, saranno prescritti dalla Direzione Lavori, in accordo con eventuali prescrizioni di progetto e con le raccomandazioni "A.I.C.A.P." su "Ancoraggi nei terreni e nelle rocce" (maggio 1983).

I tiranti preliminari di prova dovranno essere eseguiti alla presenza della Direzione Lavori cui spetta l'approvazione delle modalità esecutive da adottarsi per i tiranti di progetto.

Nel caso l'Impresa proponga di variare nel corso dei lavori la metodologia esecutiva sperimentata ed approvata inizialmente, si dovrà dar corso, a sua cura e spese a nuove prove tecnologiche in ragione dello 0,5% del numero dei tiranti ancora da eseguire, con un minimo di un tirante prova.

### **4.8.3. Soggezioni geotecniche, idrogeologiche e ambientali**

Le tecniche di perforazione e le modalità di connessione al terreno dovranno essere definite in relazione alla natura dei materiali da attraversare e delle caratteristiche idrogeologiche locali.

La scelta delle attrezzature di perforazione ed i principali dettagli esecutivi dovranno essere messi a punto mediante l'esecuzione di tiranti di ancoraggio preliminari di prova, approvati dalla Direzione Lavori prima dell'inizio della costruzione dei tiranti di progetto che saranno pagati con i relativi prezzi di elenco.

L'ambiente sarà da considerarsi aggressivo nei riguardi del cemento impiegato nella realizzazione della miscela di iniezione nei casi in cui si verifichi una delle seguenti condizioni, l'accertamento delle quali deve intendersi a carico dell'Impresa:

- il grado idrotimetrico (durezza) dell'acqua del terreno o di falda risulti < 3 gradi F;
- il valore del pH dell'acqua risulti < 6;
- il contenuto in CO<sub>2</sub> disciolta nell'acqua risulti > mg/l 30;
- il contenuto in NH<sub>4</sub> dell'acqua risulti > mg/l 30;
- il contenuto in ioni Mg dell'acqua risulti > mg/l 300;
- il contenuto in ioni SO dell'acqua risulti > mg/l 600 o > mg/kg 6000 di terreno secco;
- i tiranti si trovino in vicinanza di linee ferroviarie o di altri impianti a corrente continua non isolati e con potenze maggiori di 50 kW;
- l'opera risulti situata a distanza ≤ m 300 dal litorale marino.

In ambiente aggressivo l'idoneità del tipo di cemento dovrà essere certificata dall'Impresa; il relativo utilizzo dovrà essere approvato dalla Direzione Lavori.

#### **4.8.4. Materiali ed elementi costruttivi**

##### **Acciai e dispositivi di bloccaggio**

Gli acciai impiegati nella realizzazione dei tiranti di ancoraggio dovranno essere conformi alle norme del D.M. 1-4-1983 e successivi aggiornamenti emanate in applicazione dell'art. 21 della Legge 5/11/1971 n. 1086. I dispositivi di bloccaggio dovranno essere conformi alle disposizioni dell'allegato "B" della Circolare Ministero LL.PP. 30-6-1980 ed eventuali successivi aggiornamenti.

##### **Miscela di iniezione: composizione e controlli**

Saranno usate miscele a base di cemento, aventi la seguente composizione:

Per garantire la resistenza richiesta e la necessaria lavorabilità e stabilità dell'impasto dovranno essere adottati i seguenti dosaggi minimi, riferiti ad 1 m<sup>3</sup> di prodotto,:

- Cemento CEM tipo IV 32.5: 1500 kg;
- acqua : 525 kg
- additivi superfluidificanti e riduttore di acqua non aeranti : 88-150 Kg

Il cemento dovrà presentare contenuto in cloro inferiore allo 0,05% in peso e contenuto totale di zolfo da solfuri inferiore allo 0,15% in peso. L'acqua dovrà essere conforme alle norme UNI 7163 dell'aprile 1979.

Il filler dovrà presentare un passante al setaccio n. 37 della serie UNI n. 2332 (apertura 0,075 mm) inferiore al 3% in peso.

Gli additivi non dovranno essere aeranti.

La miscela dovrà presentare i requisiti seguenti, periodicamente controllati durante le lavorazioni:

- fluidità MARSH da 10" a 35";
- essudazione < 2%;
- resistenza a compressione a ventotto giorni > MPa 25.

Eventuali miscele diverse dalla prescritta potranno essere proposte dall'Impresa e sottoposte all'approvazione insindacabile della Direzione Lavori. Esse potranno anche contemplare l'uso di acceleranti di presa che consentano la diminuzione dei tempi di attesa per il pretiro. I tempi minimi per il pretiro saranno autorizzati dalla Direzione Lavori a seguito dell'acquisizione dei risultati di prove a compressione su provini e di aderenza armature-provini confezionati secondo le indicazioni del Laboratorio Ufficiale di prova.

La prova di fluidità e la prova di essudazione dovranno essere eseguite a cura e spese dell'Impresa all'inizio di ciascuna giornata lavorativa ed in ogni caso ripetute dopo l'iniezione di 50 ancoraggi.

Se, in occasione di tali controlli, anche solo una delle due prove non fornisce risultati conformi a quanto prescritto, le iniezioni devono essere sospese e potranno riprendere solo dopo la confezione di una nuova miscela dalle idonee caratteristiche.

Dovrà essere fatto il controllo della resistenza a compressione della miscela mediante prelievi per ogni tirante.

La miscela dovrà essere confezionata mediante mescolatori ad alta velocità di rotazione (≥ 20 giri/s) o a ciclone.

Le apparecchiature, necessarie alla esecuzione delle prove per le miscele di iniezione impiegate, dovranno essere a disposizione in cantiere durante le lavorazioni ed avranno caratteristiche analoghe a quanto prescritto nei punti 16.1.1 e 16.1.2. Le prove per il controllo della resistenza a compressione delle miscele utilizzate dovranno essere eseguite a cura e spese dell'Impresa, presso Laboratori Ufficiali.

##### **Elementi di protezione**

In relazione alla aggressività dell'ambiente sono ammesse le seguenti due classi di protezione:

- classe 1 - per tiranti provvisori in ambiente aggressivo e non aggressivo e per tiranti permanenti in ambiente non aggressivo, con protezione che consisterà in una guaina di polietilene o di polipropilene che avvolge il tratto libero;
- classe 2 - per tiranti permanenti in ambiente aggressivo, con protezione di tutto il tirante che sarà costituita da una guaina in polietilene o in polipropilene; essa potrà essere flessibile o semirigida e liscia per il tratto libero, sarà invece grecata per il tratto di fondazione del tirante.

Lo spessore della guaina non dovrà essere inferiore a mm 1,5 e dovrà garantire contro lacerazioni in tutte le fasi di lavorazione e posa ed in presenza delle sollecitazioni meccaniche e chimiche previste in esercizio.

La sezione interna della guaina dovrà essere pari ad almeno quattro volte la sezione trasversale complessiva delle armature (trefoli o barre) contenute e dovrà comunque assicurare uno spessore di iniezione per il ricoprimento degli elementi più esterni

dell'armatura di almeno mm 5. Per le guaine corrugate dovrà risultare una distanza tra due nervature successive > 5 mm ed una differenza tra i diametri interni, maggiore e minore, superiore a 8 mm.

Ciascun trefolo o barra dovrà essere ulteriormente protetto:

- da una guaina individuale in P.V.C., polietilene o polipropilene nella parte libera;
- da una verniciatura in resina epossidica elasticizzata nel tratto di fondazione.

Gli spazi residui tra guaina e pareti del perforo e tra armatura e guaina dovranno essere riempiti con miscela cementizia.

#### ***Distanziatori, tamponi e condotti di iniezione***

I distanziatori avranno lo scopo di disporre l'armatura di ancoraggio nel foro di alloggiamento in modo che sia garantito il ricoprimento dell'acciaio da parte della miscela di iniezione. La forma dei distanziatori dovrà quindi essere tale da consentire il centraggio dell'armatura nel foro di alloggiamento durante tutte le fasi di manipolazione e nello stesso tempo non dovrà ostacolare il passaggio della miscela; in ogni caso in corrispondenza del distanziatore la sezione libera di foro deve essere pari ad almeno due volte la sezione del condotto di iniezione.

I distanziatori dovranno essere realizzati in materiali non metallici di resistenza adeguata agli sforzi che devono sopportare ed essere disposti a intervalli non superiori a m 5 nel tratto libero; nel tratto di fondazione saranno intercalati da legature e disposti a interassi di m 2,0 - m 2,5 in modo da dare al fascio di trefoli una conformazione a ventri e nodi. Per armature costituite da barre i distanziatori non saranno alternati a legature.

I tamponi di separazione fra la parte libera e la fondazione dovranno essere impermeabili alla miscela e tali da resistere alle pressioni di iniezione.

I tamponi dovranno essere realizzati o con elementi meccanici o con elementi chimici (materiale iniettato), aventi caratteristiche tali da garantire l'armatura dalla corrosione.

Le caratteristiche dei condotti di iniezione da impiegare dovranno essere tali da soddisfare i seguenti requisiti:

- avere resistenza adeguata alle pressioni di iniezione risultando cioè garantiti per resistere alla pressione prevista con un coefficiente di sicurezza pari ad 1,5 e comunque avere una pressione di rottura non inferiore a 10 bar;
- avere diametro interno minimo orientativamente pari a mm 10 nel caso in cui non siano presenti aggregati, pari a mm 16 in caso contrario; ciò al fine di consentire il passaggio della miscela d'iniezione.

#### **4.8.5. Tolleranze geometriche**

Le tolleranze ammesse nella realizzazione dei fori sono le seguenti:

- il diametro dell'utensile di perforazione dovrà risultare non inferiore al diametro di progetto e non superiore del 10% di tale diametro;
- la lunghezza totale di perforazione dovrà risultare conforme al progetto salvo diversa indicazione della Direzione Lavori;
- la variazione di inclinazione e di direzione azimutale non dovrà essere maggiore di  $\pm 2^\circ$ ;
- la posizione della testa foro non dovrà discostarsi più di cm 10 dalla posizione di progetto.

La lunghezza totale dell'armatura e la lunghezza del tratto attivo, posizionato nella parte terminale della perforazione, dovranno risultare conformi al progetto, salvo diverse indicazioni della Direzione Lavori.

#### **4.8.6. Perforazione**

La perforazione potrà essere eseguita a rotazione o a rotopercolazione. Il foro dovrà essere rivestito nel caso che il terreno sia rigonfiante o non abbia coesione sufficiente ad assicurare la stabilità delle pareti del foro durante e dopo la posa delle armature; in roccia si rivestirà il foro nei casi in cui:

- l'alterazione e la fessurazione della roccia siano tali da richiederlo per assicurare la stabilità delle pareti durante e dopo la posa delle armature;
- la natura della roccia sia tale da far temere la formazione di spigoli aguzzi lungo le pareti del foro, suscettibili di danneggiare le guaine di protezione.

Il fluido di perforazione potrà essere acqua, aria, una miscela di entrambi oppure, unicamente per perforazioni in terreni sciolti, un fango di cemento e bentonite. L'impiego di aria non è consentito in terreni incoerenti sotto falda. Al termine della perforazione si dovrà procedere al lavaggio del foro con acqua o aria.

Nel caso di terreni con prevalente componente argillosa, o di rocce marnose tenere, la fase finale del lavaggio sarà eseguita con sola aria.

Qualora previsto dal progetto e compatibilmente con la natura dei terreni si potranno ottenere delle scampanature di diametro noto, regolarmente intervallate lungo la fondazione del tirante, mediante l'impiego di appositi utensili allargatori.

In base alle indicazioni emerse nel corso della esecuzione dei tiranti preliminari di prova, e comunque in presenza di falde artesiane e di terreni particolarmente permeabili, l'Impresa dovrà provvedere a sua cura e spese, a preventive iniezioni di intasamento all'interno del foro con miscele e modalità approvate dalla Direzione Lavori.

#### **4.8.7. Assemblaggio e posa delle armature**

Nel caso di impiego di armature a trefoli gli elementi costitutivi dell'ancoraggio dovranno essere preferibilmente confezionati in stabilimento e pervenire in cantiere già arrotolati e inguainati, salvo eventualmente il dispositivo di bloccaggio che potrà essere montato in cantiere. Ove, per particolari motivi, fosse necessario effettuare l'assemblaggio degli elementi costitutivi degli ancoraggi in cantiere, dovrà essere predisposta, a cura e spese dell'Impresa ed in prossimità del luogo di impiego, una adeguata attrezzatura per confezionare correttamente gli ancoraggi stessi.

In tal caso i componenti, ed in particolare l'acciaio dovranno essere immagazzinati convenientemente, possibilmente al coperto, in modo che non subiscano danneggiamenti durante la giacenza.

Dovrà essere inoltre accuratamente evitato il contatto con il terreno o altri materiali che possono danneggiare l'ancoraggio.

Pertanto la confezione degli ancoraggi dovrà avvenire sempre su apposito banco e non a terra.

La confezione degli ancoraggi dovrà essere affidata a personale esperto e consisterà nelle seguenti fasi principali:

- taglio dei trefoli a misura;
- interposizione dei distanziatori interni ai trefoli;
- montaggio dei condotti di iniezione;
- infilaggio delle guaine su tutta la lunghezza dell'ancoraggio o sulla parte libera dello stesso;
- esecuzione del tampone di separazione tra la fondazione e la parte libera dell'ancoraggio;
- montaggio degli eventuali distanziatori, necessari al centraggio dell'ancoraggio nel foro di alloggiamento;
- eventuale montaggio del dispositivo di bloccaggio, nei casi in cui questa operazione sia prevista prima dell'infilaggio dell'ancoraggio nel foro;
- accurata sigillatura di tutte le giunzioni per evitare le perdite di impermeabilità della guaina.

Nel caso di impiego di ancoraggi con armature a barre, per i quali l'assemblaggio è fatto in opera, le operazioni di assemblaggio dovranno essere eseguite da personale esperto ed essere effettuate via via che la barra viene infilata nel foro avendo cura che il collegamento dei vari tronchi, mediante manicotti di giunzione, avvenga secondo le modalità previste dal costruttore e che parallelamente le sigillature della eventuale guaina siano accuratamente eseguite.

La posa in opera delle armature dovrà avvenire secondo modalità approvate dalla Direzione Lavori che ne assicurino il corretto posizionamento e l'efficacia della connessione al terreno.

#### 4.8.8. Connessione al terreno

##### ***Iniezione semplice***

Si eseguirà il riempimento con la miscela, sia dell'intercapedine tra la guaina ed il foro, che di tutto lo spazio tra l'eventuale guaina corrugata e l'armatura lungo la fondazione del tirante; tale spazio dovrà essere collegato alla bocca del foro da un tubetto di sfiato che consenta la fuoriuscita di tutta l'aria contenuta e l'iniezione dovrà essere proseguita fino alla fuoriuscita della miscela dal tubetto di sfiato.

L'iniezione semplice si adatterà in terreni di granulometria grossolana (ghiaie, ciottoli) nei quali una porzione rilevante della malta iniettata va a compenetrare il terreno intorno al foro; in rocce lapidee ed in terreni coesivi mediamente compatti, congiuntamente alla tecnica di perforazione con allargatori.

Il riempimento dell'intercapedine tra perforazione e guaina della parte libera sarà assicurato immettendo la miscela nel punto più profondo del foro, tramite gli appositi condotti ed osservando che essa risalga fino a boccaforo e vi permanga finché interviene la presa: ove occorra si provvederà a riprese dell'iniezione o a rabbocchi per ottenere che la condizione sia rispettata.

##### ***Iniezione ripetuta in pressione***

Si adatterà in terreni di qualunque natura, caratterizzati da un modulo di deformazione a breve termine sensibilmente inferiore a 500 MPa. L'iniezione di quantità controllate della miscela cementizia in più fasi successive, fino ad ottenere pressioni di iniezione residue di MPa 0,8 - 1,5, dovrà avere lo scopo di ottenere una serie di sbulbature lungo la fondazione del tirante e ad instaurare nel terreno circostante un campo tensionale di compressione, favorevole alla mobilitazione di elevate resistenze al taglio per attrito.

L'iniezione in pressione avverrà tramite un tubo a perdere dotato di valvole di non ritorno a manicotto, regolarmente intervallate a cm 75 di interasse lungo il tratto di fondazione del tirante.

Il tubo potrà essere disposto:

- coassialmente all'armatura ed avere diametro adeguato nel caso di tiranti senza guaina lungo la fondazione;
- esterno all'armatura, in acciaio, posto in opera preventivamente alla posa dell'armatura;
- coassiale all'armatura, ma interno alla guaina grecata di protezione e dotato di valvole che sboccano all'esterno di essa per la formazione delle sbulbature nel terreno; altre valvole, interne alla guaina, servono per il riempimento dell'intercapedine guaina/armatura.

Le fasi dell'iniezione saranno le seguenti:

- I. riempimento della cavità a ridosso delle pareti della perforazione, ottenuta alimentando la miscela dalla valvola più profonda, in modo da ottenere la risalita fino alla bocca del foro; al termine si effettuerà un lavaggio con acqua all'interno del tubo a valvole.
- II. avvenuta la presa della malta precedentemente posta in opera, si inietteranno valvola per valvola volumi di miscela non eccedenti le seguenti quantità:

diámetro foro (mm)	da 90 a 120	da 121 a 170	da 171 a 220
$V_{max}$ (litri/valvola)	45	65	90

Tali iniezioni dovranno essere effettuate senza superare la pressione corrispondente alla fratturazione idraulica del terreno (claquage). Al termine si effettuerà un lavaggio con acqua all'interno del tubo.

- III. Avvenuta la presa della malta precedentemente iniettata, si ripeterà l'iniezione in pressione, osservando gli stessi limiti di volume, limitatamente alle valvole per le quali, nella fase II)

- il volume non abbia raggiunto i limiti sopra indicati a causa della incipiente fratturazione idraulica del terreno;
  - le pressioni residue di iniezione misurate a bocca foro al raggiungimento del limite volumetrico non superino 0,7 MPa.
- IV. L'iniezione può essere ripetuta ulteriormente, sempre senza superare i limiti di volume anzidetti e dopo la presa delle iniezioni delle fasi precedenti, qualora ciò risultasse necessario per il raggiungimento della desiderata capacità portante del tirante.

Al termine delle operazioni di connessione al terreno del tirante si procederà alla posa in opera del dispositivo di bloccaggio il quale dovrà essere in perfette condizioni e privo di ruggine e di incrostazioni di qualsiasi natura.

#### 4.8.9. Tesatura e collaudo

Trascorsi ventotto giorni dall'ultima iniezione, o meno, secondo il tipo di miscela, ogni tirante verrà sottoposto a tesatura di collaudo. L'inizio delle operazioni di tesatura e collaudo dovrà essere comunque autorizzato dalla Direzione Lavori. La trazione di collaudo ( $N_c$ ) è pari a 1,2 volte la trazione massima di esercizio ( $N_{es}$ ).

La prova di collaudo si eseguirà assegnando dapprima al tirante una trazione di assestamento  $N_0 = 0,10 N_{es}$  e misurando la corrispondente posizione delle armature rispetto alle piastre di testata.

Successivamente si porterà gradualmente e senza interruzioni la forza applicata da  $N_0$  a  $N_c$  e si misurerà il corrispondente allungamento ("delta"  $I$ ).

Si manterrà il valore per un periodo di tempo ("delta"  $T$ ) almeno pari a :

- 5' per tiranti in roccia o in terreni non coesivi;
- 15' per tiranti con fondazione in terreni coesivi compatti (coesione non drenata  $> 0,20$  MPa).
- 30' per tiranti con fondazione in terreni coesivi non compatti (coesione non drenata  $\leq 0,20$  MPa).

Al termine del periodo ("delta"  $T$ ) si misurerà nuovamente l'allungamento ("delta"  $J$ ). Si scaricherà quindi il tirante fino al valore  $N_0$ , misurando l'allungamento permanente ("delta"  $K$ ) rispetto alla prima applicazione di  $N_0$ .

Per l'accettazione del singolo tirante dovranno risultare verificate le seguenti condizioni:

- I) "delta"  $J - \text{"delta"} I \leq 2\% DT$ , dove "DT" è l'allungamento teorico dell'ancoraggio dato dalla relazione  $DT = N_c x L_t / E_s x A_s$ ; in cui:  
"L<sub>t</sub>" è la lunghezza teorica della parte libera del tirante; "A<sub>s</sub>" è l'area della sezione trasversale della armatura ed "E<sub>s</sub>" è il modulo di elasticità dell'acciaio;
- II) "delta"  $K < 1,3$  volte l'allungamento permanente verificatosi nel corso delle prove eseguite sugli ancoraggi preliminari di prova.

Se la condizione I) non risultasse soddisfatta si prolungherà la sosta all'apice del descritto ciclo di carico e scarico per un tempo di attesa pari a 3 volte "delta"  $T$ . In tal caso l'ulteriore allungamento a carico costante dovrà essere  $\leq 1\% DT$ . I tiranti che non soddisferanno i predetti requisiti di collaudo verranno sostituiti con nuovi tiranti di caratteristiche e posizione concordate con la Direzione Lavori. In tali casi, restando inteso che comunque verrà pagato un solo tirante avente le caratteristiche di progetto, i maggiori oneri che ne deriveranno saranno a totale carico dell'Impresa.

Ai tiranti risultanti idonei verrà applicata gradualmente e senza interruzioni la forza di tesatura iniziale prevista dal progetto.

Al termine delle operazioni di tesatura verranno serrati gli organi di bloccaggio.

Le apparecchiature impiegate dovranno consentire le seguenti precisioni di misurazione:

- per gli allungamenti di mm 0,1;
- per le forze, del 2% della trazione massima di esercizio ( $N_{es}$ ).

Esse dovranno essere tarate presso un laboratorio Ufficiale; è facoltà della Direzione Lavori richiedere a cura e spese dell'Impresa la ripetizione della taratura in caso di impieghi prolungati, o ripetuti per più di 50 tiranti, o in caso di risultati che diano adito a dubbi sulla loro attendibilità.

#### 4.8.10. Protezioni anticorrosive in opera

La protezione anticorrosiva del tratto libero del tirante sarà completata iniettando all'interno della guaina la miscela, dopo il completamento delle operazioni di tesatura del tirante. L'iniezione nel tratto libero della miscela cementizia, prima della tesatura o di fasi eventuali di ritesatura, potrà avvenire solo per armature costituite da trefoli a sezione compatta, ingrassati e protetti da guaine individuali in P.V.C., in modo che sia assicurato lo scorrimento tra guaina e trefolo con minime resistenze.

La protezione della testa del tirante potrà essere ottenuta, nei casi in cui è prescritta la protezione di classe 1, con un getto della miscela indicata previa aggiunta di additivi antiritiro, mentre nel caso si debba realizzare una protezione di classe 2, si provvederà all'incapsulamento della testa mediante involucri protettivi di polietilene o polipropilene di spessore minimo pari a mm 2 che verranno connessi per saldatura alla guaina che avvolge il tratto libero; successivamente, con un getto di miscela cementizia, armata con rete, si proteggerà ulteriormente la testa dagli urti e dalle abrasioni.

Per un periodo non inferiore a centottanta giorni decorrente dalla data della ultimazione delle operazioni di tesatura di collaudo, le teste di tutti i tiranti dovranno essere lasciate accessibili per le operazioni di controllo e ritesatura da eseguire rispettivamente a novanta e centottanta giorni dalla data della tesatura di collaudo, nelle quantità che saranno prescritte dalla Direzione Lavori e comunque non inferiore al 20% dei tiranti.

#### 4.8.11. Documentazione dei lavori

Per ogni tirante, sia preliminare di prova che di progetto, dovrà essere compilata dall'Impresa, in contraddittorio con la Direzione Lavori, una scheda recante le seguenti indicazioni:

- diametro, lunghezza e sistema di perforazione;
- eventuali iniezioni preliminari di intasamento;

- tipo e dimensioni delle armature metalliche;
- lunghezza del tratto attivo;
- quantità di malta iniettata a sua composizione;
- risultati delle prove di collaudo (forze applicate e allungamenti corrispondenti misurate come descritto al relativo paragrafo);
- date di perforazione, iniezione e tesatura di collaudo.

#### 4.9. TERRE RINFORZATE CON GEOGRIGLIE IN HDPE

##### 4.9.1. Definizioni e scopo

Strutture di sostegno o sottoscampa con paramento inclinato in funzione delle esigenze progettuali (circa 65°) eseguite con la tecnologia dei terrapieni rinforzati con geogriglie estruse monolitiche a giunzione integrale al 100% in HDPE di resistenza a trazione dipendente dalle caratteristiche geometriche del rilevato, dalle caratteristiche geomeccaniche del terreno, dai carichi agenti sul rilevato stesso e da eventuali sollecitazioni sismiche. Le geogriglie sono contenute da un cassero di guida e di appoggio "a perdere" in rete elettrosaldata e rivestite internamente in facciata da un feltro vegetativo preseminato antierosivo.

##### 4.9.2. Prove tecnologiche preliminari

Le Geogriglie di rinforzo devono essere marcate CE in conformità alle norme

- EN 13249: Costruzione di strade e di altre aree soggette a traffico
- EN 13250: Costruzione di ferrovie
- EN 13251: Costruzioni di terra, fondazioni e strutture di sostegno

Le geogriglie devono essere certificate dall'ITC (Istituto per le Tecnologie della Costruzione) per l'impiego come rinforzo nel terreno per garantire una durata di esercizio di almeno 120 anni.

Il Sistema Qualità del Produttore deve essere certificato a fronte delle norme UNI EN ISO 9001: 2000.

Le caratteristiche prestazionali sotto esposte devono essere confermate con una dichiarazione di conformità, redatta dal produttore ed all'occorrenza accompagnata dalle relative prove di laboratorio, rilasciata per ogni 10.000mq di materiale consegnato.

##### 4.9.3. Soggezioni geotecniche, idrogeologiche e ambientali

Misure tecniche di protezione:

- Temperatura di stoccaggio < 40°C
- Temperatura di trasporto < 40°C
- Temperatura di carico/scarico > -5°C

##### 4.9.4. Materiali ed elementi costruttivi

Le Geogriglie dovranno essere marcate CE in conformità alle norme:

- EN 13249: Costruzione di strade e di altre aree soggette a traffico
- EN 13250: Costruzione di ferrovie
- EN 13251: Costruzioni di terra, fondazioni e strutture di sostegno

Il Sistema Qualità del Produttore deve essere certificato a fronte delle norme UNI EN ISO 9001:2000.

L'elemento di rinforzo è costituito da una geogriglia a una struttura piana monolitica con una distribuzione regolare di aperture, di forma allungata, che individuano fili longitudinali e trasversali. I fili longitudinali devono aver subito un processo di orientamento molecolare per aumentare le caratteristiche meccaniche della geogriglia ed assicurare un'elevata resistenza a lungo termine. Le giunzioni tra i fili longitudinali e trasversali devono essere parte integrante della struttura della geogriglia e non devono essere ottenute per intreccio o saldatura dei singoli fili. La resistenza a trazione delle giunzioni deve essere pari ad almeno l'80% della resistenza massima a trazione (GRI-GG2).

Le geogriglie, realizzate al 100% in polietilene ad alta densità (HDPE) proveniente da aziende qualificate e certificate, sono stabilizzate agli UV mediante impiego di carbon black. La resistenza massima a trazione, secondo la norma EN ISO 10319, deve essere non inferiore ai valori di seguito riportati per le varie classi di altezza:

- da 45 a 60 kN/m per altezze fino a 3,00 m;
- da 45 a 90 kN/m per altezze oltre i 3,00 m fino a 6,00 m;
- da 45 a 120 kN/m per altezze oltre i 6,00 m fino a 9,00 m;
- da 45 a 160 kN/m per altezze oltre i 9,00 m.

Le Geogriglie dovranno rispettare le seguenti caratteristiche:

- Durabilità minima prevista di 120 anni in terreni naturali con  $1.6 < \text{pH} < 13$  e temperature fino a 40°C sulla base dei relativi risultati delle prove di Laboratorio.
- Devono inoltre possedere: inerzia chimica totale, imputrescibilità, inattaccabilità da parte di roditori e microrganismi, insensibilità agli agenti atmosferici e all'acqua salmastra, stabilità ai raggi ultravioletti ottenuta mediante adatti quantitativi di nerofumo.

Geogriglia tipo 1:

- |  |                      |
|--|----------------------|
| ▪ Polimero costituente il manufatto            | 100% HDPE            |
| ▪ Peso unitario (ISO 9864)                     | 320 g/m <sup>2</sup> |
| ▪ Dimensione bobine                            | 2,00 m x 50,00 m     |
| ▪ Resistenza massima a Trazione (EN ISO 10319) | MD 45,0 kN/m         |
| ▪ Allungamento a Snervamento (EN ISO 10319)    | MD 11,5%             |

- Resistenza al 2% di allungamento (EN ISO 10319) MD 11,0 kN/m
- Resistenza al 5% di allungamento (EN ISO 10319) MD 25,0 kN/m
- Resistenza alle giunzioni (GRI-GG2) MD 36,0 kN/m
- Resistenza di progetto a lungo termine (EN ISO 13431) MD 18,5 kN/m

**Geogriglia tipo 2:**

- Polimero costituente il manufatto 100% HDPE
- Peso unitario (ISO 9864) 420 g/m<sup>2</sup>
- Dimensione bobine 2,00 m x 40,00 m
- Resistenza massima a Trazione (EN ISO 10319) MD 60,0 kN/m
- Allungamento a Snervamento (EN ISO 10319) MD 13,0%
- Resistenza al 2% di allungamento (EN ISO 10319) MD 17,0 kN/m
- Resistenza al 5% di allungamento (EN ISO 10319) MD 32,0 kN/m
- Resistenza alle giunzioni (GRI-GG2) MD 50,0 kN/m
- Resistenza di progetto a lungo termine (EN ISO 13431) MD 24,6 kN/m

**Geogriglia tipo 3:**

- Polimero costituente il manufatto 100% HDPE
- Peso unitario (ISO 9864) 600 g/m<sup>2</sup>
- Dimensione bobine 2,00 m x 30,00 m
- Resistenza massima a Trazione (EN ISO 10319) MD 90,0 kN/m
- Allungamento a Snervamento (EN ISO 10319) MD 13,0%
- Resistenza al 2% di allungamento (EN ISO 10319) MD 26,0 kN/m
- Resistenza al 5% di allungamento (EN ISO 10319) MD 50,0 kN/m
- Resistenza alle giunzioni (GRI-GG2) MD 80,0 kN/m
- Resistenza di progetto a lungo termine (EN ISO 13431) MD 36,9 kN/m

**Geogriglia tipo 4:**

- Polimero costituente il manufatto 100% HDPE
- Peso unitario (ISO 9864) 800 g/m<sup>2</sup>
- Dimensione bobine 2,00 m x 30,00 m
- Resistenza massima a Trazione (EN ISO 10319) MD 120,0 kN/m
- Allungamento a Snervamento (EN ISO 10319) MD 13,0%
- Resistenza al 2% di allungamento (EN ISO 10319) MD 36,0 kN/m
- Resistenza al 5% di allungamento (EN ISO 10319) MD 72,0 kN/m
- Resistenza alle giunzioni (GRI-GG2) MD 110,0 kN/m
- Resistenza di progetto a lungo termine (EN ISO 13431) MD 49,2 kN/m

**Geogriglia tipo 5:**

- Polimero costituente il manufatto 100% HDPE
- Peso unitario (ISO 9864) 1.000 g/m<sup>2</sup>
- Dimensione bobine 1,00 m x 30,00 m
- Resistenza massima a Trazione (EN ISO 10319) MD 160,0 kN/m
- Allungamento a Snervamento (EN ISO 10319) MD 13,0%
- Resistenza al 2% di allungamento (EN ISO 10319) MD 45,0 kN/m
- Resistenza al 5% di allungamento (EN ISO 10319) MD 90,0 kN/m
- Resistenza alle giunzioni (GRI-GG2) MD 130,0 kN/m
- Resistenza di progetto a lungo termine (EN ISO 13431) MD 75,4 kN/m

I cassero di guida e di appoggio "a perdere", sarà realizzato mediante piegatura meccanica di un foglio di rete elettrosaldato (ø8mm maglia 15x15cm) corredato di tiranti e picchetti.

La stuoia antierosiva in feltro vegetativo preseminato avrà le seguenti caratteristiche:

- Peso unitario 150 g/m<sup>2</sup>
- Composizione: 50% trama di fibre in cellulosa naturali e biodegradabili, 25% sementi di specie erbacee, 25% fertilizzanti

**4.9.5. Tolleranze geometriche**

Le tolleranze ammesse nella realizzazione dell'opera sono le seguenti:

- la variazione di inclinazione non dovrà essere maggiore di  $\pm 2^\circ$  rispetto al progetto;
- la posizione planimetrica dell'attacco a terra della scarpata non dovrà discostarsi più di cm 10 dalla posizione di progetto.
- la lunghezza dei rinforzi dovrà risultare conforme al progetto salvo diversa indicazione della Direzione Lavori;

**4.9.6. Modalità di esecuzione**

Il materiale di rinforzo reso in rotoli deve essere movimentato con muletto o escavatore facendo attenzione a non danneggiare la struttura. Il materiale deve essere conservato in luogo asciutto e ben ventilato protetto dall'esposizione ai raggi solari e per nessun motivo deve essere stoccato in prossimità di materiali infiammabili e fonti di calore. Una volta installato deve necessariamente essere ricoperto con il materiale da rilevato entro 4 mesi.

Procedure d'installazione del sistema cassero + geogriglia + feltro antierosivo:

1. Preparare il piano di fondazione effettuando eventuali sbancamenti; asportare eventuali radici, sassi o detriti che possono trovarsi in loco, rullare e compattare. Se previsto realizzare uno strato drenante di base. Eseguire il tracciamento del rilevato.
2. Posizionare e allineare i casseri in rete elettrosaldata collegandoli tra loro con filo di ferro o fascette tipo strozzacavo elettrico in plastica.
3. Svolgere i rotoli di geogriglia di rinforzo e tagliare le stesse con un cutter secondo le lunghezze indicate in progetto: la lunghezza del taglio è determinata dalla profondità di ancoraggio, dal risvolto in facciata (circa 0,70m) e dal risvolto superiore (circa 1,50m).
4. Posizionare all'interno dei casseri in rete elettrosaldata i tagli di geogriglia di rinforzo adagiandoli sul piano di fondazione in strati orizzontali e perpendicolari al fronte ancorandoli al terreno con ferri sagomati a "U"; la geogriglia di rinforzo deve essere ben aderente alla facciata interna del cassero in rete elettrosaldata lasciando la porzione terminale temporaneamente esterna al cassero stesso (tale porzione deve corrispondere alla lunghezza stabilita per il risvolto superiore (1,50m ca).
5. Posizionare il feltro antiosivo foderandone internamente il risvolto in facciata della geogriglia di rinforzo; posizionare i tiranti di irrigidimento del cassero (ca 1 ogni 0,45m).
6. Stendere il terreno di riempimento previsto e fornito a piè d'opera sopra le geogriglie di rinforzo in strati dello spessore di circa 0,30m: in prossimità della facciata è consigliabile l'utilizzo di terreno vegetale per circa 0,50/0,30m.
7. Compattare fino ad ottenere un grado di addensamento non inferiore al 95% dello Standard Proctor. In prossimità della facciata (per circa 1,00m) la compattazione deve avvenire mediante vibro-costipatore o piastre vibranti; nella zona retrostante si utilizzino rulli compattatori di idonee capacità.
8. Completato il riempimento, risvoltare verso l'interno la porzione di geogriglia di rinforzo tenuta precedentemente esterna al cassero in rete elettrosaldata; tenderla leggermente e ancorarla al terreno utilizzando ferri sagomati a "U".
9. Ripetere le operazioni 1-8 fino ad opera ultimata.

#### **4.9.7. Collaudo**

Per opere di una certa rilevanza che interessano rilevati stradali andranno previste prove di carico strumentando appositamente il rilevato ovvero un monitoraggio nel tempo degli spostamenti..

#### **4.9.8. Documentazione dei lavori**

Per ogni applicazione dovrà essere redatto dall'Impresa, in contraddittorio con la Direzione Lavori, un progetto as built con le seguenti indicazioni:

- Planimetrie referenziate rispetto a capisaldi;
- Relazione di calcolo se prevista a carico dell'Impresa;
- Sezioni lungo tutto lo sviluppo;
- tipo e dimensioni delle armature metalliche;
- tipo e dimensioni delle geogriglie;
- risultati delle prove di collaudo se effettuate;
- date di realizzazione e tempistiche.
- Tutte le certificazioni CE delle geogriglie, i certificati di origine di tutti i materiali utilizzati, il certificato di Qualità del Produttore in conformità alle norme UNI EN ISO 9001: 2000, etc.

#### 4.10. Microtunneling

Questa tecnologia consiste nella realizzazione di tunnel di diametro variabile tra i 400mm ei 2500 mm mediante l'avanzamento di uno scudo cilindrico, cui è applicato frontalmente un sistema di scavo.

**Tutte le tecniche e le strumentazioni utilizzate per l'esecuzione del microtunneling devono essere preventivamente autorizzate dalla D.L. e devono essere in linea con le normative vigenti in materia di sicurezza, inquinamento, ecc. .**

##### 4.10.1. Normative di riferimento

- Decreto Ministeriale 23 febbraio 1971 n. 2445 (Testo modificato secondo il D.M 10 Agosto 2004 pubb. G.U. 25-08-2004, n. 199);
- EN 12889: Costruzione senza trincea e prove di impianti di raccolta e smaltimento liquami (Trenchless construction and testing of drains and sewers);
- EN 13566: Sistemi di tubazioni di materia plastica per il ripristino di reti non in pressione di fognature e scarichi – Generalità (Plastics piping systems for renovation of underground non-pressure drainage and sewerage networks – General);

##### 4.10.2. Prove tecnologiche preliminari

Prima dell'inizio dei lavori è necessario procedere ad eseguire le seguenti analisi:

- rilievi di superficie finalizzati all'individuazione ed alla referenziazione cartografica di tutti gli elementi utili alla definizione della geometria del sito (cigli stradali, marciapiedi, spigoli di fabbricati, ecc.) nonché di tutti gli elementi che fanno parte o che segnalano in qualche modo la presenza di sottoservizi interrati (chiusini, caditoie, valvole, sfiati, camerette, ecc.) ;
- raccolta delle mappe tematiche dei sottoservizi eventualmente in possesso degli enti che gestiscono servizi a rete nel sito di interesse;
- indagini strumentali in sito atte alla localizzazione di oggetti interrati in genere e sottoservizi:
  - Indagini radar;
  - Indagini mediante localizzatori.

##### 4.10.3. Tolleranze geometriche

Le tolleranze ammesse nella realizzazione dell'opera sono le seguenti:

- l'asse della tubazione della sezione iniziale deve essere posizionato con tolleranza di 5 cm;
- durante l'infissione del manufatto dovranno essere garantiti il mantenimento della direzione assegnata sia essa diretta o obliqua, sia in senso planimetrico che altimetrico in modo che al termine delle operazioni di varo non si abbia una deviazione rispetto alla posizione di progetto superiore al 5 % della lunghezza della canna sia in un piano orizzontale che in piano verticale. Salvo diverse prescrizioni progettuali, la pendenza trasversale del manufatto, a posizionamento avvenuto, non dovrà superare il 5 %.
- la variazione di inclinazione non dovrà essere maggiore di  $\pm 5\%$  tra punti distanti 5 m tra di loro rispetto a quanto previsto dal progetto;

Tutte le anzidette tolleranze saranno accettate nei limiti sopraindicati solo se risulteranno compatibili con l'assetto definitivo dei binari e della sede ferroviaria. Il rispetto delle tolleranze sarà controllato in continuo, pertanto i macchinari utilizzati devono essere opportunamente strumentati, ovvero ogni 100 cm di avanzamento e, comunque, ogni qualvolta la D.L. lo ritenga necessario.

##### 4.10.4. Modalità di esecuzione

Questa tecnologia consiste nella realizzazione di tunnel di diametro variabile tra i 400mm ei 2500 mm mediante l'avanzamento di uno scudo cilindrico, cui è applicato frontalmente un sistema di scavo.

L'avanzamento è sostenuto dalla spinta di martinetti idraulici, montati su un telaio metallico e da un anello di spinta, mobile, posto davanti ai martinetti, ed è guidato da un sistema laser che consente di evidenziare tempestivamente gli eventuali errori di traiettoria e di applicare conseguentemente le necessarie correzioni. La perforazione inizia da una postazione di spinta, dove viene realizzato un muro reggispinga, e raggiunge la postazione d'arrivo, in corrispondenza della quale viene rimossa l'unità di perforazione. Il procedere dell'unità di perforazione viene seguito dal rivestimento del tunnel che, generalmente costituito da conci in calcestruzzo armato o da barre di tubo camicia in acciaio, è spinto da uno o più sistemi di martinetti. L'unità di perforazione può essere costituita da scudi aperti in cui la fresa o la benna in testa effettua lo scavo (perforazione a sezione piena o puntuale) o da scudi chiusi con la testa fresante mantenuta in pressione contro il fronte scavo. Il materiale scavato viene frantumato e portato all'esterno mediante l'installazione in via di installazione, secondo due tipologie di sistemi tra loro profondamente diversi:

- sistemi meccanici: coclee (auger), nastri trasportatori (conveyor belt), vagoni su binario o su slitta (muck car), ed in questo caso parliamo di **smarino meccanico**;
- sistemi idraulici: tramite un fluido (esclusivamente in fase liquida) che raccoglie il detrito sul fronte di scavo e lo trasporta sotto forma di fango (slurry) all'interno di un condotto idraulico, ed in questo caso parliamo di sistemi a **smarino idraulico**.

**Tutte le tecniche e le strumentazioni utilizzate per l'esecuzione del microtunneling devono essere preventivamente autorizzate dalla D.L. e devono essere in linea con le normative vigenti in materia di sicurezza, inquinamento, ecc. .**

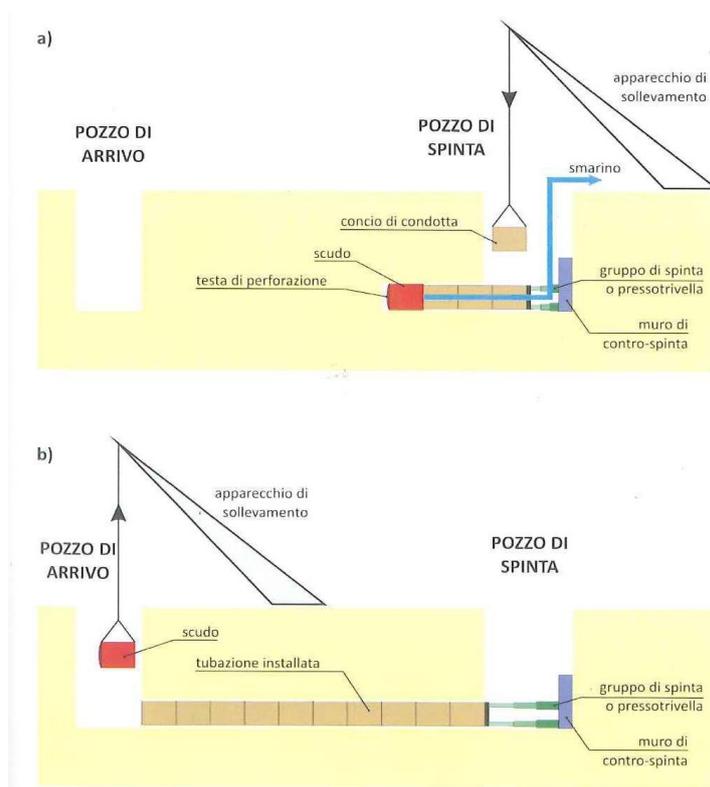


Figura 2 – Fasi di avanzamento durante l'installazione di una tubazione con microtunneling: (a) partenza e perforazione; (b) recupero dello scudo nel pozzo di arrivo

#### 4.10.5. Collaudo

Per opere di una certa rilevanza che interessano strade e/o ferrovie andranno previste prove di carico strumentando appositamente la condotta ovvero un monitoraggio nel tempo degli spostamenti..

#### 4.10.6. Documentazione dei lavori

Per ogni applicazione dovrà essere redatto dall'Impresa, in contraddittorio con la Direzione Lavori, un progetto as built con le seguenti indicazioni:

- Planimetrie riferenziate rispetto a capisaldi;
- Relazione di calcolo se prevista a carico dell'Impresa;
- Sezioni lungo tutto lo sviluppo;
- tipo e dimensioni delle tubazioni;
- risultati delle prove di collaudo se effettuate;
- date di realizzazione e tempistiche;
- tutte le certificazioni CE dei materiali utilizzati, i certificati di origine di tutti i materiali utilizzati, il certificato di Qualità del Produttore in conformità alle norme UNI EN ISO 9001: 2000, etc.

<b>SEZIONE 5. CALCESTRUZZI - OPERE IN C.A.</b>
--

**5.1. NORMATIVA DI RIFERIMENTO**

I lavori, descritti nelle specifiche, dovranno essere eseguiti nel rispetto delle leggi e normative vigenti in materia, e loro successivi eventuali aggiornamenti, con particolare riguardo a:

**5.1.1. Normativa per costruzioni in c.a. e c.a.p.**

<b>D.M. 3 giugno 1968 e successive modifiche</b>	Nuove norme sui requisiti di accettazione e modalità di prova dei cementi
<b>Legge 5 novembre 1971, n. 1086</b>	Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica
<b>Legge 2 febbraio 1974, n. 64</b>	Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche
<b>D.P.R. 6 giugno 2001, n. 380</b>	Testo unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia edilizia
<b>D.M. Infrastrutture 14 gennaio 2008</b>	Norme tecniche per le costruzioni
<b>C.M. Infrastrutture e Trasporti 02 febbraio 2009, n. 617 CS. LL. PP.</b>	Nuova circolare delle Norme Tecniche per le Costruzioni
<b>Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici Febbraio 2008</b>	Linee guida per la messa in opera del calcestruzzo strutturale e per la valutazione delle caratteristiche meccaniche del calcestruzzo indurito mediante prove non distruttive.
<b>UNI EN 1992-1-1:2005</b>	Eurocodice 2 - Progettazione delle strutture di calcestruzzo - Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici
<b>UNI EN 1992-1-2:2005</b>	Eurocodice 2 - Progettazione delle strutture di calcestruzzo - Parte 1-2: Regole generali - Progettazione strutturale contro l'incendio
<b>UNI EN 1992-2:2006</b>	Eurocodice 2 - Progettazione delle strutture di calcestruzzo - Parte 2: Ponti di calcestruzzo - Progettazione e dettagli costruttivi
<b>UNI EN 1992-3:2006</b>	Eurocodice 2 - Progettazione delle strutture di calcestruzzo - Parte 3: Strutture di contenimento liquidi
<b>D.M. 16/02/2007</b>	Classificazione di resistenza al fuoco di prodotti ed elementi costruttivi
<b>D.M. 9/03/2007</b>	Prestazioni di resistenza al fuoco delle costruzioni soggette al controllo del Corpo Nazionale dei VVF
<b>D.M. 9/05/2007</b>	Direttive per l'approccio ingegneristico alla sicurezza antincendio

**5.1.2. Prescrizioni specifiche per strutture in c.a. normale e precompresso****Componenti del calcestruzzo****Leganti**

<b>Legge 26/5/1965 n. 595</b>	Caratteristiche tecniche e requisiti dei leganti idraulici
<b>UNI ENV 197-1:2001</b>	Cemento. Composizione, specificazioni e criteri di conformità. Cementi comuni
<b>UNI ENV 197-2:2001</b>	Cemento. Valutazione della conformità
<b>UNI EN 14216:2005</b>	Cemento - Composizione, specificazioni e criteri di conformità per cementi speciali a calore di idratazione molto basso

**Aggregati**

<b>UNI 8520-1:2005</b>	Aggregati per confezione di calcestruzzi. Definizione, classificazione e caratteristiche
<b>UNI 8520-2:2005</b>	Aggregati per calcestruzzo. Istruzioni complementari per l'applicazione della EN 12620. Requisiti
<b>UNI ENV 12620:2003</b>	Aggregati per calcestruzzo
<b>UNI ENV 13055-1:2003</b>	Aggregati per calcestruzzo, malta e malta per iniezione
<b>UNI ENV 13055-2:2005</b>	Aggregati leggeri per miscele bituminose, trattamenti superficiali e per applicazioni in strati legati e non legati

DPR n. 246/93	Regolamento di attuazione della direttiva 89/106/CEE relativa ai prodotti da costruzione (G.U. n. 170 del 22/7/93)
---------------	--

**Aggiunte**

UNI ENV 13670-1:2001	Esecuzione di strutture di calcestruzzo – Requisiti comuni
UNI 11104:2004	Specificazione, prestazione, produzione e conformità Istruzioni complementari per l'applicazione della EN 206-1
UNI EN 13263-1:2005	Fumi di silice per calcestruzzo Parte 1: Definizioni, requisiti e criteri di conformità
UNI EN 206-1:2006	Calcestruzzo - Parte 1: Specificazione, prestazione, produzione e conformità
UNI EN 450-1:2007	Ceneri volanti per calcestruzzo. Parte 1: Definizione, specificazioni e criteri di conformità
UNI EN 450-2:2005	Ceneri volanti per calcestruzzo. Parte 2: Valutazione della conformità

**Additivi**

UNI 10765:1999	Additivi per impasti cementizi - Additivi multifunzionali per calcestruzzo - Definizioni, requisiti e criteri di conformità
UNI EN 934-2:2002	Additivi per calcestruzzo, malta e malta per iniezione. Additivi per calcestruzzo. Definizioni e requisiti

**Acqua d'impasto**

UNI EN 1008:2003	Acqua d'impasto per il calcestruzzo. Specifiche di campionamento, di prova e di valutazione dell'idoneità dell'acqua, incluse le acque di recupero dei processi dell'industria del calcestruzzo, come acqua d'impasto del calcestruzzo
------------------	--

**Prestazione, produzione e conformità del calcestruzzo**

UNI 11104:2004	Specificazione, prestazione, produzione e conformità Istruzioni complementari per l'applicazione della EN 206-1
UNI EN 206-1:2006	Calcestruzzo. Specificazione, prestazione, produzione e conformità
UNI 11104:2004	Calcestruzzo. Specificazione, prestazione, produzione e conformità. Istruzioni complementari per l'applicazione della EN 206-1
UNI EN 12350-1:2001	Prova sul calcestruzzo fresco - Campionamento
UNI EN 12350-2:2001	Prova sul calcestruzzo fresco - Prova di abbassamento al cono
UNI EN 12350-3:2001	Prova sul calcestruzzo fresco - Prova Vébé
UNI EN 12350-4:2001	Prova sul calcestruzzo fresco - Indice di compattabilità
UNI EN 12350-5:2001	Prova sul calcestruzzo fresco - Prova di spandimento alla tavola a scosse
UNI EN 12350-6:2001	Prova sul calcestruzzo fresco - Massa volumica
UNI EN 12350-7:2009	Prova sul calcestruzzo fresco - Contenuto d'aria - metodo per pressione
UNI 8981-1:1999	Durabilità delle opere e degli elementi prefabbricati di calcestruzzo - Definizioni ed elenco delle azioni aggressive
UNI 8981-2:1999	Durabilità delle opere e degli elementi prefabbricati di calcestruzzo - Istruzioni per ottenere la resistenza ai solfati
UNI 8981-3:1999	Durabilità delle opere e degli elementi prefabbricati di calcestruzzo - Istruzioni per ottenere la resistenza alle acque dilavanti
UNI 8981-4:1999	Durabilità delle opere e degli elementi prefabbricati di calcestruzzo - Istruzioni per ottenere la resistenza al gelo e disgelo
UNI 9156:1997	Cementi resistenti ai solfati. Classificazioni e composizione
ASTM C 260:2006	Standard Specification for Air-Entraining Admixtures for Concrete
ASTM C 457:2006	Standard Test Method for Microscopical Determination of Parameters of the Air-Void System in Hardened Concrete

**Esecuzione delle strutture**

<b>UNI EN 13670-1:2001</b>	Esecuzione di strutture di calcestruzzo. Requisiti comuni
----------------------------	---

**Prodotti e sistemi per la protezione e riparazione delle strutture**

<b>UNI EN 1770:2000</b>	Prodotti e sistemi per la protezione e riparazione delle strutture di calcestruzzo. Metodi di prova. Determinazione del coefficiente di dilatazione termica
-------------------------	---

**Prove sul calcestruzzo indurito**

<b>UNI 6555:1973</b>	Calcestruzzo confezionato con inerti della dimensione massima fino a 30 mm. Determinazione del ritiro idraulico
<b>UNI 6556:1976</b>	Prove sui calcestruzzi. Determinazione del modulo elastico secante a compressione
<b>UNI 7086:1972</b>	Calcestruzzo confezionato con inerti con dimensione massima oltre 30 mm. Determinazione del ritiro idraulico
<b>UNI EN 12390-1:2002</b>	Prova sul calcestruzzo indurito. Forma, dimensioni e altri requisiti per provini e per casseforme
<b>UNI EN 12390-2:2009</b>	Prova sul calcestruzzo indurito. Confezione e stagionatura dei provini per prove di resistenza
<b>UNI EN 12390-3:2003</b>	Prova sul calcestruzzo indurito. Resistenza alla compressione dei provini
<b>UNI EN 12390-4:2002</b>	Prova sul calcestruzzo indurito. Resistenza alla compressione. Specifiche per macchine di prova
<b>UNI EN 12390-5:2002</b>	Prova sul calcestruzzo indurito. Resistenza a flessione dei provini
<b>UNI EN 12390-6:2002</b>	Prova sul calcestruzzo indurito. Resistenza a trazione indiretta dei provini
<b>UNI EN 12390-7:2002</b>	Prova sul calcestruzzo indurito. Massa volumica del calcestruzzo indurito
<b>UNI EN 12390-8:2002</b>	Prova sul calcestruzzo indurito. Profondità di penetrazione dell'acqua sotto pressione
<b>UNI 7087:2002</b>	Calcestruzzo - Determinazione della resistenza al degrado per cicli di gelo e disgelo
<b>UNI 7699:2005</b>	Prova sul calcestruzzo indurito. Determinazione dell'assorbimento di acqua alla pressione atmosferica

**Prove e controlli sul calcestruzzo nelle strutture**

<b>UNI EN 12504-1:2002</b>	Prove sul calcestruzzo nelle strutture. Parte 1: Carote. Prelievo, esame e prova di compressione
<b>UNI EN 12504-2:2001</b>	Prove sul calcestruzzo nelle strutture. Parte 2: Prove non distruttive. Determinazione dell'indice sclerometrico
<b>UNI EN 12504-3:2005</b>	Prove sul calcestruzzo nelle strutture. Parte 3: Determinazione della forza di estrazione
<b>UNI EN 12504-4:2005</b>	Prove sul calcestruzzo nelle strutture. Parte 4: Determinazione della velocità di propagazione degli impulsi ultrasonici
<b>UNI 10766:1999</b>	Calcestruzzo indurito. Prove di compressione su provini ricavati da microcarote per la stima delle resistenze cubiche locali del calcestruzzo in situ

**Acciaio per calcestruzzo armato e calcestruzzo armato precompresso**

<b>UNI EN 10002-1:2004</b>	Acciaio per calcestruzzo armato e calcestruzzo armato precompresso. Metodi di prova. Parte 1: Barre, rotoli e fili per calcestruzzo armato
<b>UNI EN ISO 15630-1:2004</b>	Acciaio per calcestruzzo armato e calcestruzzo armato precompresso. Metodi di prova. Parte 1: Barre, rotoli e fili per calcestruzzo armato
<b>UNI EN ISO 15630-2:2004</b>	Acciaio per calcestruzzo armato e calcestruzzo armato precompresso. Metodi di prova. Parte 2: Reti saldate
<b>UNI EN ISO 15630-3:2004</b>	Acciaio per calcestruzzo armato e calcestruzzo armato precompresso. Metodi di prova. Parte 3: Acciaio per calcestruzzo armato precompresso
<b>UNI ENV 10080:2005</b>	Acciaio d'armatura per calcestruzzo - Acciaio d'armatura saldabile - Generalità

---

<b>UNI EN 10263-1:2003</b>	Vergella, e filo di acciaio per riscalatura a freddo ed estrusione a freddo. condizioni tecniche di fornitura generali
<b>UNI EN 10263-2:2003</b>	Vergella, barre e filo di acciaio per riscalatura a freddo ed estrusione a freddo. Condizioni tecniche di fornitura degli acciai non destinati al trattamento termico dopo lavorazione a freddo
<b>UNI EN 10263-3:2003</b>	Vergella, barre e filo di acciaio per riscalatura a freddo ed estrusione a freddo. Condizioni tecniche di fornitura degli acciai da cementazione
<b>UNI EN 10263-4:2003</b>	Vergella, barre e filo di acciaio per riscalatura a freddo ed estrusione a freddo. Condizioni tecniche di fornitura degli acciai da bonifica
<b>UNI EN 10263-5:2003</b>	Vergella, barre e filo di acciaio per riscalatura a freddo ed estrusione a freddo. Condizioni tecniche di fornitura degli acciai inossidabili

## 5.2. CASSEFORME

### 5.2.1. Generalità

Le casseforme e le relative strutture di supporto devono essere progettate e realizzate in modo da sopportare le azioni alle quali sono sottoposte nel corso della messa in opera del calcestruzzo e da essere abbastanza rigide per garantire il rispetto delle dimensioni geometriche e delle tolleranze previste.

In base alla loro configurazione le casseforme possono essere classificate in:

- casseforme smontabili,
- casseforme a tunnel, idonee a realizzare contemporaneamente elementi edilizi orizzontali e verticali,
- casseforme rampanti, atte a realizzare strutture verticali mediante il loro progressivo innalzamento, ancorate al calcestruzzo precedentemente messo in opera,
- casseforme scorrevoli, predisposte per realizzare in modo continuo opere che si sviluppano in altezza o lunghezza.

Per rispettare le quote e le tolleranze geometriche progettuali, le casseforme devono essere praticamente indeformabili quando, nel corso della messa in opera, sono assoggettate alla pressione del calcestruzzo ed alla vibrazione.

La superficie interna delle casseforme rappresenta il negativo dell'opera da realizzare, tutti i suoi pregi e difetti si ritrovano sulla superficie del getto.

Generalmente una cassaforma è ottenuta mediante l'accostamento di pannelli, se tale operazione non è eseguita correttamente e/o non sono predisposti i giunti a tenuta, la fase liquida del calcestruzzo, o boiaccia, fuoriesce provocando difetti estetici sulla superficie del getto, eterogeneità nella tessitura e nella colorazione, nonché nidi di ghiaia.

La tenuta delle casseforme deve essere curata in modo particolare nelle strutture con superfici di calcestruzzo a vista, può essere migliorata utilizzando giunti preformati riutilizzabili o con mastice e con guarnizioni monouso.

Alla difficoltà di ottenere connessioni perfette si può porre rimedio facendo in modo che le giunture siano in corrispondenza di modanature o di altri punti d'arresto del getto.

Tutti i tipi di casseforme (con la sola esclusione di quelle che rimangono inglobate nell'opera finita), prima della messa in opera del calcestruzzo, richiedono il trattamento con un agente (prodotto) disarmante.

I prodotti disarmanti sono applicati ai manti delle casseforme per agevolare il distacco del calcestruzzo, ma svolgono anche altre funzioni quali: la protezione della superficie delle casseforme metalliche dall'ossidazione e della corrosione, l'impermeabilizzazione dei pannelli di legno, il miglioramento della qualità della superficie del calcestruzzo. La scelta del prodotto e la sua corretta applicazione influenzano la qualità delle superfici del calcestruzzo, in particolare: l'omogeneità di colore e l'assenza di bolle.

Le casseforme assorbenti, costituite da tavole o pannelli di legno non trattato od altri materiali assorbenti, calcestruzzo compreso, prima della messa in opera del calcestruzzo richiedono la saturazione con acqua. Si deve aver cura di eliminare ogni significativa traccia di ruggine nelle casseforme metalliche.

Nel caso in cui i ferri d'armatura non siano vincolati alle casseforme, per rispettare le tolleranze dello spessore del copriferro, si dovranno predisporre opportune guide o riscontri che contrastano l'effetto della pressione esercitata dal calcestruzzo.

Nel quadro sottostante sono indicati i principali difetti delle casseforme, le conseguenze e le possibili precauzioni per evitare, o almeno contenere i difetti stessi.

#### ***Difetti delle casseforme, conseguenze e precauzioni***

Difetti	Conseguenze	Precauzioni
<b>Per casseforme</b>		
Deformabilità eccessiva	Sulle tolleranze dimensionali	Utilizzare casseforme poco deformabili, casseforme non deformate, pannelli di spessore omogeneo
Tenuta insufficiente	Perdita di boiaccia e/o fuoriuscita d'acqua d'impasto. Formazione di nidi di ghiaia.	Connettere correttamente le casseforme. Sigillare i giunti con materiali idonei o guarnizioni
<b>Per i pannelli</b>		
Superficie troppo assorbente	Superficie del calcestruzzo di colore chiara ed omogenea	Saturare le casseforme con acqua. Usare un idoneo prodotto disarmante e/o impermeabilizzante.
Superficie non assorbente	Presenza di bolle superficiali	Distribuire correttamente il disarmante. Far rifluire il calcestruzzo dal basso
Superficie ossidata	Tracce di macchie e di ruggine.	Pulire accuratamente le casseforme metalliche. Utilizzare un prodotto disarmante anticorrosivo.
<b>Per i prodotti disarmanti</b>		
Distribuzione in eccesso	Macchie sul calcestruzzo. Presenza di bolle d'aria	Utilizzare un sistema idoneo a distribuire in modo omogeneo un film sottile di disarmante. Pulire accuratamente le casseforme dai residui dei precedenti impieghi.
Distribuzione insufficiente	Disomogeneità nel distacco	Curare l'applicazione e l'applicazione del prodotto disarmante

Fra le casseforme speciali sono utilizzabili quelle rampanti e quelle scorrevoli orizzontali e verticali.

Le casseforme rampanti si sorreggono sul calcestruzzo indurito dei getti sottostanti precedentemente messi in opera. Il loro fissaggio è realizzato mediante bulloni o barre inserite nel calcestruzzo. L'avanzamento nei getti è vincolato al raggiungimento, da parte del calcestruzzo, di una resistenza sufficiente a sostenere il carico delle armature, del calcestruzzo del successivo getto, degli uomini e delle attrezzature.

Questa tecnica è finalizzata alla realizzazione di strutture di notevole altezza quali: pile di ponte, ciminiera, pareti di sbarramento (dighe), strutture industriali a sviluppo verticale.

La tecnica delle casseforme scorrevoli consente di mettere in opera il calcestruzzo in modo continuo. La velocità di avanzamento della cassaforma è regolata in modo che il calcestruzzo formato sia sufficientemente rigido da mantenere la propria forma, sostenere il proprio peso e le eventuali sollecitazioni indotte dalle attrezzature e, nel caso di casseforme scorrevoli verticali, anche il calcestruzzo del getto successivo.

Le casseforme scorrevole orizzontale, scivolano conferendo al calcestruzzo la sezione voluta; inoltre, avanza su rotaie, e la direzione e l'allineamento sono mantenuti facendo riferimento ad un filo di guida.

Le casseforme scorrevoli verticali sono utilizzate per realizzare strutture quali: sili, edifici a torre, ciminiera.

L'utilizzo delle casseforme scorrevoli comporta dei vincoli per le proprietà del calcestruzzo fresco; nel caso delle casseforme scorrevoli orizzontali è richiesta una consistenza quasi asciutta (S1-S2); il calcestruzzo deve rendersi plastico sotto l'effetto dei vibratori, ma al rilascio dello stampo deve essere sufficientemente rigido per auto sostenersi.

Con le casseforme scorrevoli verticali, invece, il tempo d'indurimento e la scorrevolezza del calcestruzzo sono parametri vincolanti e devono essere costantemente controllati.

Gli eventuali fori e/o nicchie formate nel calcestruzzo dalle strutture di supporto dei casseri devono essere riempiti e trattati in superficie con un materiale di qualità simile a quella del calcestruzzo circostante.

Gli inserti destinati a mantenere le armature in posizione, quali distanziali, tiranti, barre o altri elementi incorporati o annegati nella sezione come placche e perni di ancoraggio, devono:

- essere fissati solidamente in modo tale che la loro posizione rimanga quella prescritta anche dopo la messa in opera e la compattazione del calcestruzzo;
- non indebolire la struttura;
- non indurre effetti dannosi al calcestruzzo, agli acciai di armatura e ai tiranti di precompressione;
- non provocare macchie inaccettabili;
- non nuocere alla funzionalità o alla durabilità dell'elemento strutturale;
- non ostacolare la messa in opera e la compattazione del calcestruzzo.

Ogni elemento annegato deve avere una rigidità tale da mantenere la sua forma durante le operazioni di messa in opera del calcestruzzo.

Le casseforme, in relazione al tipo di impiego, potranno essere costruite con tavole di legno, oppure con pannelli di compensato e tamburato, oppure con lastre nervate metalliche, la cui superficie potrà essere trattata con idonei prodotti disarmanti per agevolare il distacco del calcestruzzo.

L'impiego di detti prodotti dovrà essere attuato con cautela, secondo le prescrizioni del Produttore, previo benestare della Direzione di Lavori.

I casseri vibranti, per le parti prefabbricate ed i calcestruzzi architettonici, dovranno essere eseguiti in modo tale da garantire la perfetta qualità delle superfici e degli spigoli.

Potranno essere provvisti di impianto di invecchiamento artificiale, omologato dagli enti competenti, ISPESL, ecc..

Nel caso di casseforme con grande sviluppo in altezze, si dovrà provvedere all'apertura di finestre nel cassero per controllare l'evolversi del getto e procedere alla vibratura ed al corretto costipamento degli strati inferiori.

Per elementi portanti orizzontali di luce libera superiore a 6 metri, i casseri dovranno essere predisposti con una monta dell'ordine di 1/1000 della luce.

La manutenzione dei casseri dovrà essere eseguita con cura, selezionando le parti integre da quelle ammalorate.

I casseri in legno per strutture, parti importanti e a faccia vista, non potranno essere reimpiegati più di tre volte; negli altri casi potranno essere consentiti reimpieghi più numerosi purché il risultato del getto non presenti evidenti difetti estetici e di forma.

Prima della esecuzione dei getti, i casseri verranno ispezionati e controllati dalla Direzione dei Lavori al fine di verificarne:

- la corrispondenza tra esecuzione e progetto;
- l'indeformabilità e resistenza al carico del calcestruzzo;
- l'idoneità dei materiali impiegati;
- la sicurezza di accesso e di lavoro per le maestranze.

### 5.2.2. Disarmo

Il disarmo comprende le fasi che riguardano la rimozione delle casseforme e delle strutture di supporto; queste non possono essere rimosse prima che il calcestruzzo abbia raggiunto la resistenza sufficiente a:

- sopportare le azioni applicate
- evitare che le deformazioni superino le tolleranze specificate
- resistere ai deterioramenti di superficie dovuti al disarmo.

Durante il disarmo, da eseguirsi per gradi, è necessario evitare che la struttura subisca colpi, azioni dinamiche, sovraccarichi e deterioramenti.

I carichi sopportati da ogni centina devono essere rilasciati gradatamente, in modo tale che gli elementi di supporto contigui non siano sottoposti a sollecitazioni brusche ed eccessive.

La stabilità degli elementi di supporto e delle casseforme deve essere assicurata e mantenuta durante l'annullamento delle reazioni in gioco e lo smontaggio. La procedura di puntellatura e di rimozione dei puntelli è bene sia oggetto di un'apposita nota progettuale (di Capitolato o della Direzione Lavori) in cui dovrà essere specificato come procedere al fine di ridurre ogni rischio per l'incolumità di persone e cose ed ottenere le prestazioni attese. Il disarmo deve avvenire gradatamente adottando i provvedimenti necessari ad evitare brusche sollecitazioni ed azioni dinamiche. Infatti, l'eliminazione di un supporto dà luogo, nel punto di applicazione, ad una repentina forza uguale e contraria a quella esercitata dal supporto (per carichi verticali, si tratta di forze orientate verso il basso, che danno luogo ad impropri aumenti di sollecitazione delle strutture). Il disarmo non deve avvenire prima che la resistenza del conglomerato abbia raggiunto il valore necessario in relazione all'impiego della struttura all'atto del disarmo, tenendo anche conto delle altre esigenze progettuali e costruttive.

Si può procedere alla rimozione delle casseforme dai getti solo quando è stata raggiunta la resistenza indicata dal progettista e comunque non prima dei tempi prescritti nei decreti attuativi della Legge n° 1086/71; in ogni caso il disarmo deve essere autorizzato e concordato con la Direzione Lavori.

Si deve porre attenzione ai periodi freddi, quando le condizioni climatiche rallentano lo sviluppo delle resistenze del calcestruzzo, come pure al disarmo ed alla rimozione delle strutture di sostegno delle solette e delle travi. In caso di dubbio, è opportuno verificare la resistenza meccanica reale del calcestruzzo.

In assenza di specifici accertamenti sulla resistenza raggiunta dal conglomerato, ed in normali condizioni esecutive ed ambientali di getto e maturazione, si dovranno osservare i seguenti tempi minimi di disarmo:

	CONGLOMERATO DI CEMENTO	
	Normale	Alta resistenza
Per sponde di casseri di travi e pilastri	3 gg	2 gg
Per armature di solette di luce modesta	10 gg	4 gg
Per puntelli e centine di travi, archi, volte, ecc. e per solette di grande luce	24 gg	12 gg
Per strutture a sbalzo	28 gg	14 gg

Per le strutture portanti in conglomerato non armato, si dovranno osservare i tempi di disarmo previsti per le travi.

Per le strutture particolarmente complesse, i tempi di disarmo verranno stabiliti in accordo con il progettista delle strutture stesse e con la Direzione dei Lavori.

### 5.2.3. Classificazione delle casseforme

Le casseforme, in relazione al loro grado di finitura, conseguente all'aspetto estetico delle superfici dei getti che si desiderano ottenere, possono essere delle seguenti quattro classi:

- A. speciale;
- B. accurata;
- C. ordinaria;
- D. grossolana.

Se non diversamente a particolarmente disposto, le casseforme dovranno essere corrispondenti almeno alla classe B.

Qualora il calcestruzzo fosse del tipo faccia a vista le casseforme dovranno essere corrispondenti alla classe A.

Per la classificazione degli stati superficiali dei getti, nonché per le relative caratteristiche e tolleranze vale quanto prescritto al paragrafo specifico.

### 5.3. ARMATURE DI ACCIAIO

#### 5.3.1. Tondo per c.a. normale: definizioni

Sotto la denominazione di tondo per cemento armato rientrano le armature tipo tondo (deformato a freddo) a superficie nervata ad aderenza migliorata, aventi cioè una superficie dotata di nervature o indentature trasversali, uniformemente distribuite sull'intera lunghezza, atte ad aumentarne l'aderenza al conglomerato cementizio.

Le barre sono caratterizzate dal diametro  $\Phi$  della barra tonda liscia equipesante, calcolato nell'ipotesi che la densità dell'acciaio sia pari a  $7,85 \text{ kg/dm}^3$ .

Gli acciai B450C possono essere impiegati in barre di diametro compreso fra 6 e 40 mm.

Per gli acciai B450A, il diametro delle barre deve essere compreso tra 5 e 10 mm.

L'uso di acciai forniti in rotoli è ammesso, senza limitazioni, per diametri fino a  $\leq 16 \text{ mm}$  per B450C e fino a  $\leq 10 \text{ mm}$  per B450A.

#### 5.3.2. Reti e tralicci: definizioni

Sotto la denominazione di reti di acciaio elettrosaldate rientrano le reti a maglia quadrata o rettangolare, fabbricate con fili tondi, nervati deformati a freddo e assemblati mediante saldature. L'interasse delle barre non deve superare 330 mm.

Per le reti ed i tralicci costituiti con acciaio B450C gli elementi base devono avere diametro  $\Phi$  che rispetta la limitazione:  $6 \text{ mm} < \Phi < 16 \text{ mm}$ , saldati elettricamente nei punti di incrocio delle maglie.

Per le reti ed i tralicci costituiti con acciaio B450A gli elementi base devono avere diametro  $\Phi$  che rispetta la limitazione:  $5 \text{ mm} < \Phi < 10 \text{ mm}$ , saldati elettricamente nei punti di incrocio delle maglie.

Le reti di norma verranno fornite in pannelli prefabbricati piani o arrotolati.

I tralicci elettrosaldati sono costituiti da correnti longitudinali (nervati di diametro da 6 a 16 mm) e da staffe di collegamento, forniti in lunghezze varie, secondo le richieste di progetto, saldati elettricamente nei punti incrocio tra correnti e staffe.

In ogni elemento di rete o traliccio le singole armature componenti devono avere le stesse caratteristiche.

Ogni pannello o traliccio deve dotato di apposita marchiatura che identifichi il produttore della rete o del traliccio stesso.

#### 5.3.3. Armature per c.a.p.: definizioni

Le armature per cemento armato pre-compresso o post-compresso possono essere forniti sotto forma di:

- Filo: prodotto trafilato di sezione piena che possa fornirsi in rotoli;
- Barra: prodotto laminato di sezione piena che possa fornirsi soltanto in forma di elementi rettilinei (fasci);
- Treccia; 2 o 3 fili avvolti ad elica intorno al loro comune asse longitudinale; passo e senso di avvolgimento dell'elica sono uguali per tutti i fili della treccia. Fornitura in rotoli;
- Trefolo: fili avvolti ad elica intorno ad un filo rettilineo completamente ricoperto dai fili elicoidali. Il passo ed il senso di avvolgimento dell'elica sono uguali per tutti i fili di uno stesso strato. Fornitura in rotoli o in bobine;

I fili possono essere tondi o di altre forme; vengono individuati mediante il diametro nominale o il diametro nominale equivalente riferito alla sezione equipesante. Non è consentito l'impiego di fili lisci nelle strutture precomprese ad armature pre-tese. Le barre possono essere lisce, a filettatura continua o parziale, con risalti; vengono individuate mediante il diametro nominale.

#### 5.3.4. Tolleranze dimensionali sulla massa

La deviazione ammissibile per la massa nominale deve essere come riportato nella tabella Tab.11.3.III seguente.

TABELLA 11.3.III

Diametro nominale [mm]	$5 \leq \Phi \leq 8$	$8 < \Phi \leq 40$
-	$\pm 6$	$\pm 4,5$

#### 5.3.5. Condizioni di fornitura

Il tondo per cemento armato (in barre o assemblato in reti e tralicci) deve essere esente da difetti tali da pregiudicarne l'impiego: screpolature, scaglie, bruciature, ossidazione accentuata, ricopertura da sostanze che possano ridurne l'aderenza al conglomerato, ecc.

I materiali e/o prodotti per uso strutturale devono essere:

- **Identificati** univocamente a cura del produttore;
- **Qualificati** sotto la responsabilità del produttore ;
- **Accettati dal Direttore dei Lavori** mediante acquisizione e verifica della documentazione di qualificazione, nonché mediante prove sperimentali di accettazione;

Ogni fornitura dovrà essere accompagnata da almeno uno dei seguenti certificati:

- Marcatura CE (copia della Dichiarazione di Conformità CE riportante un timbro in originale con almeno la data di spedizione ed il destinatario);
- Attestato di Qualificazione (caso B) o Certificato di Idoneità Tecnica all'impiego (caso C) rilasciato dal Servizio Tecnico Centrale del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici, riportante un timbro originale con almeno la data di spedizione ed il destinatario;

In entrambe i casi le forniture dovranno essere accompagnate da un documento di trasporto con la data di spedizione ed il riferimento alla quantità, al tipo di acciaio, alle colate, al destinatario.

Per i materiali e i prodotti recanti la Marchiatura CE sarà onere del Direttore dei Lavori, in fase di accettazione, accertarsi del possesso e della validità della marchiatura stessa e richiedere ad ogni fornitore, per ciascun prodotto, il Certificato ovvero

Dichiarazione di Conformità alla parte armonizzata della specifica Norma Europea ovvero allo specifico Benestare Tecnico Europeo (ETA). Sarà inoltre onere del Direttore dei lavori verificare che tali prodotti rientrino nelle tipologie, classi e/o famiglie previsti nella detta documentazione.

Per i prodotti non recanti la Marchiatura CE, il Direttore dei lavori dovrà accertarsi del possesso e del regime di validità dell'Attestato di Qualificazione (caso B) o certificato di idoneità Tecnica all'impiego (caso C) rilasciato dal Servizio Tecnico Centrale del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici.

Ad eccezione di quelli in possesso di Marcatura CE, possono essere impiegati materiali o prodotti conformi ad altre specifiche tecniche qualora dette specifiche garantiscano un livello di sicurezza equivalente a quello previsto nel D.M. Infrastrutture 14/01/2008 "Nuove Norme Tecniche per le costruzioni".

Circa i concetti sopraesposti, si riportano alcuni chiarimenti riguardo ai termini utilizzati.

#### **"Produttore"**

E' colui che immette un determinato prodotto sul mercato, per un determinato impiego, assumendosene le relative responsabilità (di conformità, ecc.).

#### **"Norma europea armonizzata"**

Costituisce il documento di cui al Cap.II della Dir.89/106/CEE (nel seguito CPD) ed è predisposta dal CEN, talvolta dal CENELEC. Ciascuna norma armonizzata, una volta approvata, è pubblicata sulla Gazzetta Ufficiale delle Comunità Europee (nel seguito GUUE) a cura della Commissione, e deve prevedere un periodo di coesistenza nel quale l'applicazione della norma stessa non è obbligatoria. Al termine di tale periodo, invece, possono essere immessi sul Mercato soltanto i prodotti da costruzione conformi alla norma armonizzata di cui trattasi. La pubblicazione delle norme europee armonizzate è compito dei singoli Organismi nazionali di normazione che ne predispongono, normalmente, una versione nella propria lingua. Spesso la datazione di tale versione nazionale non coincide con quella originaria. Ciascuna norma armonizzata, predisposta sulla base di uno specifico Mandato della Commissione Europea, deve contenere il cosiddetto "Allegato ZA" che identifica i paragrafi della norma che appartengono alla parte "armonizzata" della norma stessa e che quindi diventano cogenti ai sensi della Dir.89/106/CEE.

#### **"Marcatura CE"**

Attualmente, ai sensi della CPD, la Marcatura CE indica fondamentalmente:

- che i prodotti rispondono alle pertinenti Norme Nazionali di trasposizione delle Norme Armonizzate, i cui riferimenti siano stati pubblicati sulla GUUE, oppure:
- che essi rispondono ad un Benestare Tecnico Europeo (ETA), rilasciato ai sensi della procedura di cui al Cap.3 della CPD ed alle Regole procedurali comuni definite nella "Decisione adottata dalla Commissione il 17 Gennaio 1994".

Le indicazioni in merito alla Marcatura CE (etichetta e documenti di accompagnamento), sono esplicitamente comprese in ogni Allegato ZA di una norma armonizzata di prodotto. Tali informazioni devono essere affisse, in relazione alle effettive possibilità, prioritariamente sul prodotto stesso, altrimenti su un'etichetta allegata ad esso, ovvero sul suo imballo, oppure far parte dei Documenti di Trasporto (DDT). Esse devono essere riprodotte in modo visibile, leggibile ed indelebile.

#### **"Benestare Tecnico Europeo (ETA)"**

L'articolo 8.1 della CPD definisce il "Benestare Tecnico Europeo" (in Inglese, *European Technical Approval*, in sigla ETA) come "Valutazione tecnica favorevole dell'idoneità all'uso di un prodotto da costruzione per uno specifico impiego, basata sul soddisfacimento dei requisiti essenziali dell'Opera di costruzione nella quale il prodotto deve essere incorporato". La prassi per la quale si identificano i prodotti da costruzione per i quali possa essere rilasciato un ETA è disciplinata dall'articolo 8 (punti 2 e 3) della CPD, che forniscono il riferimento legale secondo il quale un ETA può essere rilasciato fondamentalmente:

- a prodotti per i quali non esista ancora né una Specificazione Tecnica Europea Armonizzata, né una Specificazione Tecnica Nazionale Riconosciuta, né un Mandato per l'elaborazione di una norma armonizzata, e per i quali la Commissione abbia ritenuto che una norma non possa, o non possa ancora, essere elaborata.
- a prodotti che differiscono significativamente da una Specificazione Tecnica Europea Armonizzata oppure da una Specificazione Tecnica Nazionale Riconosciuta.

L'EOTA ([www.eota.be](http://www.eota.be)) è l'Organismo europeo che riunisce tutti gli organismi nazionali (Organismi di Approvazione o *Approval Bodies*) deputati al rilascio del Benestare Tecnico Europeo.

#### **"Attestazione della conformità"**

Un prodotto da costruzione può essere marcato CE solo qualora il produttore abbia dichiarato la conformità del prodotto stesso alle Specificazioni Tecniche Europee.

La procedura di attestazione della conformità può consistere di elementi diversi, indicati nell'Allegato III.1 della CPD.

Le diverse procedure e metodi di controllo della conformità, nonché le relative tipologie per l'attestazione di conformità, sono quelli dettagliati all'art.7 del DPR 246/93.

#### **"Certificato di Conformità (CE)"**

Ai sensi della CPD è il documento a valore legale, rilasciato da un Organismo di Certificazione europeo notificato ai sensi della CPD che attesta la conformità di un prodotto da costruzione alla Specificazione Tecnica Europea (UNI EN o ETA) applicabile. Tale certificato si riferisce al prodotto nei casi di sistema di attestazione della conformità 1+ od 1 ed al Controllo del processo di fabbrica (FPC) nei casi di cui al Sistema 2+ e 2.

**“Dichiarazione di Conformità (CE)”**

Costituisce il documento fondamentale, obbligatoriamente predisposta, sottoscritta dal produttore e, su richiesta, fornita in accompagnamento ai documenti di trasporto, per l'immissione sul mercato di un prodotto soggetto a Marcatura CE.

**“Certificato di Idoneità Tecnica all'Impiego”**

Costituisce una valutazione del prodotto, o sistema da costruzione, ai fini dell'uso strutturale previsto (si veda anche l'art.1 della legge n.64/74). In taluni casi, ad esempio per prodotti di tipologia ricorrente, il Servizio Tecnico Centrale potrà rilasciare, in luogo del certificato di idoneità tecnica all'impiego, un *attestato di deposito della documentazione* tecnica relativa al prodotto/sistema.

Nel caso C) di cui al §11.1 delle NTC, il certificato di idoneità tecnica, da richiedere direttamente al Servizio Tecnico Centrale corredando la richiesta della necessaria documentazione, costituisce l'autorizzazione all'uso di cui al §4.6 delle NTC.

**“Attestato di Qualificazione”**

E' il documento emesso dal Servizio Tecnico Centrale che attesta la positiva conclusione della procedura di qualificazione per materiali e prodotti ricadenti nel caso C di cui al §11.1 delle NTC.

**“Controllo del processo di fabbrica (FPC)”**

Si intende per Controllo del Processo di Fabbrica (in Inglese, *Factory Production Control*, in sigla *FPC*) il controllo interno permanente del processo di produzione esercitato dal produttore (da non confondere con il Sistema di Gestione per la Qualità, di cui alla Norma UNI EN ISO 9001:2000, che tipicamente concerne il regime volontario). Tutti gli elementi, i requisiti e le disposizioni adottati dal produttore devono essere documentati in maniera sistematica ed in forma di obiettivi e procedure scritte

**“Equivalenza”**

Laddove richiamato, il concetto di equivalenza, si riferisce alla possibilità di riconoscere procedure o certificazioni proprie di altri Stati. Ciò peraltro laddove non si sia in presenza di una Marcatura CE, ed è basato sui limiti alle eccezioni consentite dall'Articolo 30 del Trattato di Roma, con la sentenza nota come “Cassis de Dijon”, che ha definito il principio del “mutuo riconoscimento” dei requisiti dei prodotti.

**“Organismi notificati”**

Ai fini della marcatura CE sui prodotti da costruzione, l'Articolo 18 della CPD richiede agli Stati Membri di notificare alla Commissione gli Organismi che essi hanno riconosciuto per i compiti previsti, riguardo all'attestazione della conformità, distinguendo, con riferimento alle funzioni esercitate, tra:

- Organismi di Certificazione (di prodotto e di FPC),
- Organismi di Ispezione,
- Laboratori di Prova.

Il compito degli Organismi Notificati è quello dettagliato nell'Allegato III della CPD, ed in sintesi:

- L'Organismo di Certificazione, deve rilasciare il Certificato di conformità (in Inglese, *Conformity Certificate*), a seconda del Sistema di attestazione della conformità implicato, relativo al prodotto da costruzione od al Controllo del Processo di Fabbrica, secondo regole procedurali date. La base per la certificazione sono i risultati dell'attività di Ispezione ed, a seconda dei casi, anche di Prova.
- L'Organismo di Ispezione, deve svolgere le proprie funzioni di ispezione e valutazione iniziale, proposta di accettazione e successive ispezioni di sorveglianza del Controllo del Processo di Fabbrica attuato da un produttore, così come, se previsto, prelievo di campioni, secondo specifici criteri. Esso relaziona correntemente, ove previsto, la propria attività ad un Organismo di Certificazione.
- Il Laboratorio di Prova, deve misurare, esaminare, provare o determinare in altro modo le caratteristiche o le prestazioni del prodotto da costruzione, prelevato dall'Organismo di Ispezione. Esso relaziona correntemente, ove previsto, in merito alle proprie attività ad un Organismo di Certificazione o, viceversa (Sistema 3), emette dei propri Rapporti di Prova sotto notifica, non essendo né incaricato, né responsabile del campionamento.

Un solo Organismo, lo stesso, se notificato per le varie funzioni, può agire contemporaneamente da Organismo di Certificazione, da Organismo di Ispezione e da Laboratorio di Prova.

La procedura di abilitazione di tali organismi è regolata dal DM n.156 del 9 maggio 2003.

Infine, riguardo l'accettazione dei materiali e prodotti, di responsabilità del Direttore dei Lavori, questa deve avvenire mediante *l'acquisizione e verifica* della documentazione di accompagnamento, nonché mediante le prove di accettazione. Per quanto riguarda la documentazione, il Direttore dei Lavori deve acquisire la documentazione di accompagnamento nonché la documentazione che attesti la qualificazione del prodotto (differente a seconda dei casi A), B) o C) previsti al §11.1 delle NTC). Il Direttore dei Lavori deve anche verificare l'idoneità di tale documentazione, ad esempio verificando la titolarità di chi ha emesso le certificazioni e/o attestazioni, la validità ed il campo di applicazione di queste ultime (in relazione ai prodotti effettivamente consegnati ed al loro uso previsto), la conformità delle caratteristiche dichiarate alle prescrizioni progettuali o capitolari, etc.

Oltre i casi previsti dalle NTC, il Direttore dei Lavori può in ogni caso richiedere le prove di accettazione che ritenga opportune o necessarie ai fini dell'accettazione del materiale.

### 5.3.6. Controlli sulle barre di armatura

Il D.M. Infrastrutture 14/01/2008 “Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni” prevede tre forme di controllo obbligatorie sugli acciai da costruzione:

- **Controlli in stabilimento di produzione, da eseguirsi sui lotti di produzione**

Tutti gli acciai da costruzione, siano essi destinati ad utilizzo come armature per cemento armato ordinario o precompresso o ad utilizzo diretto come carpenterie in strutture metalliche devono essere prodotti con un sistema permanente di controllo interno della produzione in stabilimento che deve assicurare il mantenimento dello stesso livello di affidabilità nella conformità del prodotto finito, indipendentemente dal processo di produzione. Pertanto tutti gli acciai per impiego strutturale devono essere qualificati.

In tal senso la valutazione della conformità del controllo di produzione in stabilimento e del prodotto finito è effettuata:

- mediante la marcatura CE, ai sensi del DPR n.246/93 di recepimento della direttiva 89/106/CEE, quando sia applicabile;
- attraverso la qualificazione del Servizio Tecnico Centrale, con la procedura indicata nelle NTC stesse.

Nel caso B, ultimata l'istruttoria e verificato il possesso dei requisiti richiesti (cap.11.3.1.2 delle NTC), il Servizio Tecnico Centrale rilascia all'acciaieria, per ciascuno stabilimento, un apposito Attestato di Qualificazione. L'Attestato di qualificazione, di validità 5 anni, individuato da un numero progressivo, riporta il nome dell'azienda, lo stabilimento, i prodotti qualificati, il marchio.

Per il mantenimento della qualificazione i Produttori sono tenuti, con cadenza semestrale entro 60 giorni dalla data di scadenza del semestre di riferimento ad inviare al Servizio Tecnico Centrale un dichiarazione attestante la permanenza delle condizioni iniziali di idoneità del processo produttivo, dell'organizzazione del controllo interno di produzione in fabbrica, i risultati dei controlli interni eseguiti nel semestre sul prodotto nonché la loro elaborazione statistica con l'indicazione del quantitativo di produzione e del numero delle prove, i risultati dei controlli eseguiti nel corso delle prove di verifica periodica della qualità, da parte del laboratorio di cui all'art. 59 del DPR n. 380/2001 incaricato e la documentazione di conformità statistica dei parametri rilevati (di cui ai prospetti relativi agli acciai specifici) nel corso delle prove di cui ai punti precedenti.

Al termine del periodo di validità di 5 (cinque) anni dell'Attestato di Qualificazione il produttore deve chiedere il rinnovo, il Servizio Tecnico Centrale, valutata anche la conformità relativa all'intera documentazione fornita nei 5 (cinque) anni precedenti, rinnoverà la qualificazione.

Il mancato invio della documentazione di cui sopra entro i previsti sessanta giorni ovvero l'accertamento da parte del Servizio Tecnico Centrale di rilevanti non conformità, comporta la sospensione ovvero la decadenza della qualificazione.

- **Controlli nei centri di trasformazione, da eseguirsi sulle forniture**

Il Centro di trasformazione può ricevere e lavorare solo prodotti qualificati all'origine, accompagnati dalla documentazione prevista al § 11.3.1.5 delle NTC.

Le NTC specificano chiaramente che i controlli nei centri di trasformazione sono obbligatori e devono essere effettuati:

- a) in caso di utilizzo di barre, su ciascuna fornitura, o comunque ogni 90 t;
- b) in caso di utilizzo di rotoli, ogni dieci rotoli impiegati.

Qualora non si raggiungano le quantità sopra riportate, in ogni caso deve essere effettuato almeno un controllo per ogni giorno di lavorazione.

Circa la quantità dei campioni da prelevare per i controlli, si precisa che il controllo giornaliero è costituito da 3 spezzoni, di un diametro scelto dal Direttore di stabilimento nell'ambito di ciascuna fornitura, sempre che il marchio e la documentazione di accompagnamento dimostrino la provenienza del materiale da uno stesso stabilimento. In caso contrario i controlli devono essere estesi alle eventuali forniture provenienti da altri stabilimenti.

Quando la fornitura sia costituita da acciaio proveniente da un'unica acciaieria, il controllo può essere quindi limitato al prelievo di tre campioni ogni 90 t oppure ogni 10 rotoli senza tenere conto di diversi diametri o diversi tipi di acciaio. Diversamente dovranno essere prelevati tre campioni per ogni fornitura diversa.

Tutte le prove indicate al § 11.3.2.10.3 delle NTC, sia sui rotoli che sulle barre, devono essere eseguite dopo le lavorazioni e le piegature atte a dare ad esse le forme volute per il particolare tipo di impiego previsto. Ciò non vuol dire che i campioni da sottoporre a prova debbano essere ottenuti da ferri piegati e poi raddrizzati, bensì che il Direttore di stabilimento sceglie gli spezzoni di barra da prelevare da una sagoma opportuna nella quale sia presente comunque un tratto rettilineo di lunghezza superiore ad un metro, dal quale prelevare lo spezzone, non piegato, da sottoporre a prova.

Tutti i prodotti forniti in cantiere dopo l'intervento di un trasformatore devono essere accompagnati da idonea documentazione, che identifichi in modo inequivocabile il centro di trasformazione stesso.

Nell'ambito del processo produttivo deve essere posta particolare attenzione ai processi di piegatura e di saldatura. In particolare il Direttore Tecnico del centro di trasformazione deve verificare, tramite opportune prove, che le piegature e le saldature, anche nel caso di quelle non resistenti, non alterino le caratteristiche meccaniche originarie del prodotto. Per i processi sia di saldatura che di piegatura, si potrà fare utile riferimento alla normativa europea applicabile.

Ogni fornitura in cantiere di elementi presaldati, presagomati o preassemblati deve essere accompagnata:

- a) da dichiarazione, su documento di trasporto, degli estremi dell'attestato di avvenuta dichiarazione di attività, rilasciato dal Servizio Tecnico Centrale, recante il logo o il marchio del centro di trasformazione;
- b) dall'attestazione inerente l'esecuzione delle prove di controllo interno fatte eseguire dal Direttore Tecnico del centro di trasformazione, con l'indicazione dei giorni nei quali la fornitura è stata lavorata. Qualora il Direttore dei Lavori lo

richieda, all'attestazione di cui sopra potrà seguire copia dei certificati relativi alle prove effettuate nei giorni in cui la lavorazione è stata effettuata.

Il Direttore dei Lavori è tenuto a verificare quanto sopra indicato ed a rifiutare le eventuali forniture non conformi, ferme restando le responsabilità del centro di trasformazione. Della documentazione di cui sopra dovrà prendere atto il collaudatore, che riporterà, nel Certificato di collaudo, gli estremi del centro di trasformazione che ha fornito l'eventuale materiale lavorato.

▪ **Controlli di accettazione in cantiere, da eseguirsi sui lotti di spedizione**

I controlli di accettazione in cantiere sono obbligatori. E' opportuno che gli stessi siano effettuati prima della messa in opera del lotto di spedizione e comunque entro 30 giorni dalla data di consegna del materiale.

Le prove, effettuate e certificate presso uno dei laboratori di cui all'art.59 del DPR n.380/2001, devono fornire valori di resistenza ed allungamento di ciascun campione compresi fra i valori massimi e minimi riportati nella Tabella 11.3.VI delle NTC stesse.

Il campionamento viene generalmente effettuato su tre diversi diametri opportunamente differenziati nell'ambito di ciascun lotto di spedizione, in numero di 3 spezzoni, marchiati, per ciascuno dei diametri selezionati, sempre che il marchio e la documentazione di accompagnamento dimostrino la provenienza del materiale da uno stesso stabilimento. In caso contrario i controlli devono essere estesi ai lotti provenienti da altri stabilimenti.

**Tabella 11.3.VI – Valori di accettazione**

Caratteristica	Valore limite	Note
$f_y$ minimo	425 N/mm <sup>2</sup>	(425-25) N/mm <sup>2</sup>
$f_y$ massimo	572 N/mm <sup>2</sup>	[450x(1,25+0,02)] N/mm <sup>2</sup>
$A_{gt}$ minimo	≥ 6,0 %	Per acciai B450C
$A_{gt}$ massimo	≥ 2,0 %	Per acciai B450A
Rottura / Snervamento	$1,13 \leq f_t/f_y \leq 1,37$	Per acciai B450C
Rottura / Snervamento	$f_t/f_y \geq 1,03$	Per acciai B450A
Piegamento / Raddrizzamento	Assenza di cricche	Per tutti

Con riferimento alla precedente Tabella 11.3.VI prevista nelle NTC, è opportuno precisare che i valori del rapporto rottura/snervamento ( $f_t/f_y$ ), determinati sui singoli campioni hanno significato solo indicativo, in quanto i valori caratteristici indicati dalle NTC nelle successive Tabelle 11.3.Ib e 11.3.Ic vengono verificati nell'ambito dei controlli di stabilimento su un numero significativo di campioni.

**Tabella 11.3.Ib - Acciaio per cemento armato B450C**

Caratteristica	Requisiti	Frattile (%)
Tensione caratteristica di snervamento	$f_{yk}$	≥ $f_{yk,nominale}$ 5,0
Tensione caratteristica di rottura	$f_{tk}$	≥ $f_{tk,nominale}$ 5,0
	$(f_y/f_y)_k$	≥ 1,15 < 1,35 10,0
	$(f_y/f_{ynom})_k$	≤ 1,25 10,0
Allungamento	$(A_{gt})_k$	≥ 7,5% 10,0
Diametro del mandrino per prove di piegamento a 90 ° e successivo raddrizzamento senza cricche:		
	Ø <12 mm	4 Φ
	12 ≤ Ø ≤ 16 mm	5 Φ
	16 ≤ Ø ≤ 25 mm	8 Φ
	25 ≤ Ø ≤ 40 mm	10 Φ

**Tabella 11.3.Ic - Acciaio per cemento armato B450A**

Caratteristica	Requisiti	Frattile (%)
Tensione caratteristica di snervamento	$f_{yk}$	≥ $f_{yk,nominale}$ 5,0
Tensione caratteristica di rottura	$f_{tk}$	≥ $f_{tk,nominale}$ 5,0
	$(f_y/f_y)_k$	≥ 1,05 10,0
	$(f_y/f_{ynom})_k$	≤ 1,25 10,0
Allungamento	$(A_{gt})_k$	≥ 2,5% 10,0
Diametro del mandrino per prove di piegamento a 90 ° e successivo raddrizzamento senza cricche:		
	Ø ≤ 10 mm	4 Φ

E' tuttavia opportuno che tale valore venga riportato nei certificati rilasciati dai laboratori di cui all'art.59 del DPR n.380/2001, poiché, con riferimento al § 4.1.2.1.2.3 delle NTC, quando il progettista abbia adottato il modello costitutivo a) della relativa Figura 4.1.2 (sottostante), utilizzando un valore del rapporto di sovrarresistenza  $k = (f_y/f_y)_k$  maggiore di 1,15 il Direttore dei lavori deve accertare, mediante le previste prove di cantiere e, se necessario, anche mediante prove aggiuntive, che il valore caratteristico del rapporto  $f_t/f_y$  risulti non inferiore a quello stabilito dal progettista.

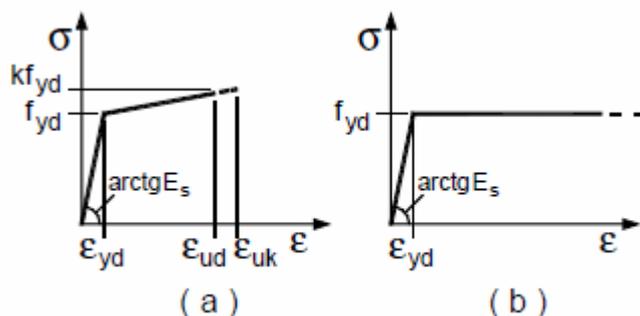


Figura 4.1.2– Modelli  $\sigma$ - $\epsilon$  per l'acciaio

Nel caso di campionamento e prova in cantiere, che deve essere effettuata entro 30 giorni dalla data di consegna del materiale in cantiere, qualora la determinazione del valore di una quantità fissata non sia conforme al valore di accettazione, il valore dovrà essere verificato prelevando e provando tre provini da prodotti diversi nel lotto consegnato.

Se un risultato è minore del valore, sia il provino che il metodo di prova devono essere esaminati attentamente. Se nel provino è presente un difetto o si ha ragione di credere che si sia verificato un errore durante la prova, il risultato della prova stessa deve essere ignorato. In questo caso occorrerà prelevare un ulteriore (singolo) provino.

Se i tre risultati validi della prova sono maggiori o uguali del prescritto valore di accettazione, il lotto consegnato deve essere considerato conforme.

Se i criteri sopra riportati non sono soddisfatti, 10 ulteriori provini devono essere prelevati da prodotti diversi del lotto in presenza del produttore o suo rappresentante che potrà anche assistere all'esecuzione delle prove presso un laboratorio di cui all'art. 59 del DPR n. 380/2001.

Il lotto deve essere considerato conforme se la media dei risultati sui 10 ulteriori provini è maggiore del valore caratteristico e i singoli valori sono compresi tra il valore minimo e il valore massimo secondo quanto sopra riportato.

In caso contrario il lotto deve essere respinto e il risultato segnalato al Servizio Tecnico Centrale. Il prelievo dei campioni va effettuato a cura del Direttore dei Lavori o di tecnico di sua fiducia che deve assicurare, mediante sigle, etichettature indelebili, ecc., che i campioni inviati per le prove al laboratorio incaricato siano effettivamente quelli da lui prelevati.

Qualora la fornitura, di elementi sagomati o assemblati, provenga da un Centro di trasformazione, il Direttore dei Lavori, dopo essersi accertato preliminarmente che il suddetto Centro di trasformazione sia in possesso di tutti i requisiti previsti al § 11.3.1.7 delle NTC, può recarsi presso il medesimo Centro di trasformazione ed effettuare in stabilimento tutti i controlli di cui sopra. In tal caso il prelievo dei campioni viene effettuato dal Direttore Tecnico del centro di trasformazione secondo le disposizioni del Direttore dei Lavori; quest'ultimo deve assicurare, mediante sigle, etichettature indelebili, ecc., che i campioni inviati per le prove al laboratorio incaricato siano effettivamente quelli da lui prelevati, nonché sottoscrivere la relativa richiesta di prove.

La domanda di prove al Laboratorio autorizzato deve essere sottoscritta dal Direttore dei Lavori e deve contenere indicazioni sulle strutture interessate da ciascun prelievo.

In caso di mancata sottoscrizione della richiesta di prove da parte del Direttore dei Lavori, le certificazioni emesse dal laboratorio non possono assumere valenza ai sensi del presente decreto e di ciò ne deve essere fatta esplicita menzione sul certificato stesso.

I certificati emessi dai laboratori devono obbligatoriamente contenere almeno:

- l'identificazione del laboratorio che rilascia il certificato;
- una identificazione univoca del certificato (numero di serie e data di emissione) e di ciascuna sua pagina, oltre al numero totale di pagine;
- l'identificazione del committente dei lavori in esecuzione e del cantiere di riferimento;
- il nominativo del Direttore dei Lavori che richiede la prova;
- la descrizione e l'identificazione dei campioni da provare;
- la data di ricevimento dei campioni e la data di esecuzione delle prove;
- l'identificazione delle specifiche di prova o la descrizione del metodo o procedura adottata, con l'indicazione delle norme di riferimento per l'esecuzione della stessa;
- le dimensioni effettivamente misurate dei campioni;
- i valori delle grandezze misurate e l'esito delle prove di piegamento.

I certificati devono riportare, inoltre, l'indicazione del marchio identificativo rilevato a cura del laboratorio incaricato dei controlli, sui campioni da sottoporre a prove. Ove i campioni fossero sprovvisti di tale marchio, oppure il marchio non dovesse rientrare fra quelli depositati presso il Servizio Tecnico Centrale, le certificazioni emesse dal laboratorio non possono assumere valenza ai sensi delle presenti norme e di ciò ne deve essere fatta esplicita menzione sul certificato stesso.

Per chiarezza in merito alle terminologie sinora individuate si definiscono:

- **Lotti di produzione:** si riferiscono a produzione continua, ordinata cronologicamente mediante apposizione di contrassegni al prodotto finito (rotolo finito, bobina di trefolo, fascio di barre, ecc.). Un lotto di produzione deve avere valori delle grandezze nominali omogenee (dimensionali, meccaniche, di formazione) e può essere compreso tra 30 e 120 tonnellate. Nella maggior parte dei casi, negli stabilimenti nei quali sono presenti i forni di fusione, si può individuare come lotto di produzione la colata.

- **Forniture:** sono lotti formati da massimo 90 t, costituiti da prodotti aventi valori delle grandezze nominali omogenee.
- **Lotti di spedizione:** sono lotti formati da massimo 30 t, spediti in un'unica volta, costituiti da prodotti aventi valori delle grandezze nominali omogenee.
- **Centro di trasformazione:** è un impianto esterno alla fabbrica e/o al cantiere fisso o mobile, che riceve dal produttore di acciaio elementi base (barre, rotoli, reti, lamiere, profilati, ecc.) e confeziona elementi strutturali direttamente impiegabili in cantiere, pronti per la messa in opera o per successive lavorazioni.

### 5.3.7. Controlli sull'acciaio per cemento armato precompresso

È ammesso esclusivamente l'impiego di acciai qualificati secondo le procedure di cui al precedente capitolo (rif. NTC § 11.3.1.2) e controllati con le modalità riportate nel seguito (rif. NTC § 11.3.3.5)

- **Caratteristiche dimensionali e di impiego**

L'acciaio per armature da precompressione è generalmente fornito sotto forma di:

*Filo:* prodotto trafilato di sezione piena che possa fornirsi in rotoli;

*Barra:* prodotto laminato di sezione piena che possa fornirsi soltanto in forma di elementi rettilinei;

*Treccia:* 2 o 3 fili avvolti ad elica intorno al loro comune asse longitudinale; passo e senso di avvolgimento dell'elica sono eguali per tutti i fili della treccia;

*Trefolo:* fili avvolti ad elica intorno ad un filo rettilineo completamente ricoperto dai fili elicoidali. Il passo ed il senso di avvolgimento dell'elica sono uguali per tutti i fili di uno stesso strato.

I fili possono essere tondi o di altre forme; vengono individuati mediante il diametro nominale o il diametro nominale equivalente riferito alla sezione circolare equipesante. Non è consentito l'impiego di fili lisci nelle strutture precomprese ad armature pre-tese. Le barre possono essere lisce, a filettatura continua o parziale, con risalti; vengono individuate mediante il diametro nominale. Per quanto riguarda la marchiatura dei prodotti, generalmente costituita da sigillo o etichettatura sulle legature, vale quanto indicato nelle NTC al § 11.3.1.4.

Per la documentazione di accompagnamento delle forniture vale quanto indicato al § 11.3.1.5 delle NTC. Gli acciai possono essere forniti in rotoli (fili, trecce, trefoli), in bobine (trefoli), in fasci (barre). I fili devono essere forniti in rotoli di diametro tale che, all'atto dello svolgimento, allungati al suolo su un tratto di 10 m non presentino curvatura con freccia superiore a 400 mm; il produttore deve indicare il diametro minimo di avvolgimento. Ciascun rotolo di filo liscio, ondulato o con impronte deve essere esente da saldature. Sono ammesse le saldature di fili destinati alla produzione di trecce e di trefoli se effettuate prima della trafilatura; non sono ammesse saldature durante l'operazione di cordatura. All'atto della posa in opera gli acciai devono presentarsi privi di ossidazione, corrosione, difetti superficiali visibili, pieghe.

È tollerata un'ossidazione che scompaia totalmente mediante sfregamento con un panno asciutto. Non è ammessa in cantiere alcuna operazione di raddrizzamento.

- **Caratteristiche meccaniche**

Gli acciai per armature da precompressione devono possedere proprietà meccaniche, garantite dal produttore, non inferiori a quelle indicate nella successiva Tabella:

Tipo di acciaio	Barre	Fili	Trefoli	Trefoli a fili sagomati	Trecce
Tensione caratteristica di rottura ..... $f_{ptk}$ N/mm <sup>2</sup>	≥1000	≥1570	≥1860	≥1820	≥1900
Tensione caratteristica allo 0,1 % di deformazione residua ..... $f_{p(0,1)k}$ N/mm <sup>2</sup>	-----	≥1420	-----	-----	-----
Tensione caratteristica all'1 % di deformazione totale ..... $f_{p(1)k}$ N/mm <sup>2</sup>	-----	-----	≥1670	≥1620	≥1700
Tensione caratteristiche di snervamento $f_{pyk}$ N/mm <sup>2</sup>	≥800	-----	-----	-----	-----
Allungamento sotto carico massimo $A_{gt}$	≥3,5	≥3,5	≥3,5	≥3,5	≥3,5

Per il modulo di elasticità si farà riferimento al catalogo del fornitore.

- **Controlli di accettazione in cantiere**

I controlli in cantiere, demandati al Direttore dei Lavori, sono obbligatori e devono essere eseguiti secondo le medesime indicazioni di cui al § 11.3.3.5.3 di NTC, con l'avvertenza che il prelievo preliminare dei 3 saggi va effettuato per ogni lotto di spedizione, di massimo 30 t. Qualora la fornitura di cavi preformati provenga da un Centro di trasformazione, il Direttore dei Lavori, esaminata preliminarmente la documentazione attestante il possesso di tutti i requisiti previsti al § 11.3.1.7 di NTC, che il suddetto Centro di trasformazione è tenuto a trasmettergli, può recarsi presso il medesimo Centro di trasformazione ed effettuare in stabilimento tutti i controlli di cui sopra. In tal caso il prelievo dei campioni viene effettuato dal Direttore tecnico del centro di trasformazione secondo le disposizioni del Direttore dei Lavori; quest'ultimo deve assicurare, mediante sigle, etichettature indelebili, ecc., che i campioni inviati per le prove al laboratorio incaricato siano effettivamente quelli da lui prelevati, nonché sottoscrivere la relativa richiesta di prove. Per le modalità di prelievo dei campioni, di esecuzione delle prove e di compilazione dei certificati valgono le medesime disposizioni di cui al § 11.3.3.5.3 di NTC.

**5.3.8. Messa in opera**

E' vietato mettere in opera armature eccessivamente ossidate, corrose o recanti difetti superficiali che ne pregiudichino la resistenza, pieghe o ricoperte da sostanze che possano ridurre l'aderenza al conglomerato.

Le armature che presentino superficie grassa e ricoperta da prodotti vernicianti, dovranno essere passate alla fiamma e quindi ben pulite.

La sagomatura, il diametro, la lunghezza, ecc., dovranno corrispondere esattamente ai disegni ed alle prescrizioni del progetto.

Le giunzioni e gli ancoraggi delle barre dovranno essere eseguiti in conformità al progetto ed alla normativa vigente.

Le barre piegate dovranno presentare nei punti di piegatura un raccordo circolare di raggio come indicato nelle Tabelle 11.3.Ib e Tabelle 11.3.Ic.

La staffatura, se non diversamente specificato in progetto, dovrà avere, di norma, un passo non superiore a 300 mm.

Le staffe dovranno essere sempre chiuse e ben ancorate alle barre longitudinali.

Laddove prescritto le barre dovranno essere collegate solidamente fra loro in modo da garantire la continuità elettrica e da permettere il loro collegamento alla rete generale di messa a terra.

Non è ammessa in cantiere alcuna operazione di raddrizzamento su armature già lavorate nei centri di trasformazione.

Prima della loro lavorazione (taglio, piegatura e sagomatura) e del loro montaggio, le armature dovranno essere ispezionate ed accettate dalla Direzione dei Lavori.

Per garantire la corretta ricopertura delle armature con il calcestruzzo (copriferro), dovranno essere posti in opera opportuni distanziatori di materiale plastico, agenti tra le barre e le pareti dei casseri.

**5.3.9. Protezione delle armature**

Nel caso di maltempo, di esposizione ad agenti aggressivi, ecc. le armature dovranno essere adeguatamente protette con teli impermeabili o con gli accorgimenti prescritti dalla Direzione dei Lavori.

## 5.4. CALCESTRUZZI

### 5.4.1. Introduzione

L'Impresa, sulla scorta delle prescrizioni contenute nei progetti esecutivi delle opere in conglomerato cementizio semplice e armato (normale e precompresso), relativamente a caratteristiche e prestazioni dei conglomerati cementizi stessi, secondo quanto previsto al D.M. Infrastrutture 14/01/2008, dovrà fare particolare riferimento a:

- classi di resistenza (Rck e fck)
- classe di consistenza;
- diametro massimo dell'aggregato;
- tipi di cemento e dosaggi minimi ammessi;
- resistenza a trazione per flessione;
- resistenza a compressione sui monconi dei provini rotti per flessione;
- resistenza a trazione indiretta;
- modulo elastico secante a compressione;
- contenuto d'aria del conglomerato cementizio fresco;
- ritiro idraulico;
- resistenza ai cicli di gelo – disgelo;
- impermeabilità;

dovrà qualificare i materiali e gli impasti in tempo utile prima dell'inizio dei lavori, sottoponendo all'esame della Direzione Lavori:

- a) i campioni dei materiali che intende impiegare, indicando provenienza, tipo e qualità dei medesimi;
- b) la caratterizzazione granulometrica degli aggregati;
- c) il tipo e il dosaggio del cemento, il rapporto acqua/cemento, lo studio della composizione granulometrica degli aggregati, il tipo e il dosaggio degli additivi che intende usare, il contenuto di aria inglobata, il valore previsto della consistenza misurata con il cono di Abrams, per ogni tipo e classe di conglomerato cementizio;
- d) la caratteristica dell'impianto di confezionamento ed i sistemi di trasporto, di getto e di maturazione;
- e) i risultati delle prove preliminari di resistenza meccanica sui cubetti di conglomerato cementizio da eseguire con le modalità più avanti descritte;
- f) lo studio dei conglomerati cementizi ai fini della durabilità, eseguito secondo quanto precisato successivamente;
- g) i progetti delle opere provvisorie (centine, armature di sostegno e attrezzature di costruzione).

La Direzione Lavori autorizzerà l'inizio dei getti di conglomerato cementizio solo dopo aver esaminato ed approvato la documentazione per la qualifica dei materiali e degli impasti di conglomerato cementizio e dopo aver effettuato, in contraddittorio con l'Impresa, impasti di prova del calcestruzzo per la verifica dei requisiti richiesti.

Dette prove saranno eseguite sui campioni normalizzati ovvero su cilindri di diametro 150 mm e di altezza 300 mm e su cubi di spigolo 150 mm.

I laboratori (di cui all'art. 59 del DPR n. 380/2001), il numero dei campioni e le modalità di prova saranno quelli indicati dalla Direzione Lavori e tutti gli oneri relativi saranno a carico dell'Impresa.

Caratteristiche dei materiali e composizione degli impasti, definite in sede di qualifica, non possono essere modificati in corso d'opera salvo autorizzazione scritta della Direzione Lavori. Qualora si prevedesse una variazione dei materiali, la procedura di qualifica dovrà essere ripetuta.

Qualora l'Impresa impieghi conglomerato cementizio preconfezionato pronto all'uso, le prescrizioni sulla qualificazione dei materiali, la composizione degli impasti e le modalità di prova, dovranno essere comunque rispettate.

Si puntualizza che per la realizzazione delle opere in conglomerato cementizio dovrà essere impiegato esclusivamente "conglomerato cementizio a prestazione garantita" secondo la Norma UNI EN 206-1:2001. In nessun caso verrà ammesso l'impiego di "conglomerato cementizio a composizione richiesta" secondo la stessa Norma.

Per calcestruzzo confezionato con processo industrializzato si intende quello prodotto mediante impianti, strutture e tecniche organizzate sia in cantiere che in uno stabilimento esterno al cantiere stesso.

Gli impianti per la produzione con processo industrializzato del calcestruzzo disciplinato dalle NTC devono essere idonei ad una produzione costante, disporre di apparecchiature adeguate per il confezionamento, nonché di personale esperto e di attrezzature idonee a provare, valutare e mantenere la qualità del prodotto.

Gli impianti devono dotarsi di un sistema permanente di controllo interno della produzione allo scopo di assicurare che il prodotto risponda ai requisiti previsti dalle presenti norme e che tale rispondenza sia costantemente mantenuta fino all'impiego.

Il sistema di controllo della produzione di calcestruzzo confezionato con processo industrializzato in impianti di un fornitore, predisposto in coerenza con la norma UNI EN ISO 9001:2000, deve fare riferimento alle specifiche indicazioni contenute nelle Linee guida sul calcestruzzo preconfezionato elaborato dal Servizio Tecnico Centrale del Consiglio Superiore dei LL.PP.

Detto sistema di controllo deve essere certificato da organismi terzi indipendenti che operano in coerenza con la norma UNI CEI EN ISO/IEC 17021:2006, autorizzati dal Servizio Tecnico Centrale del Consiglio Superiore dei LL.PP. sulla base dei criteri di cui al DM 9/5/2003 n. 156.

I documenti che accompagnano ogni fornitura di calcestruzzo confezionato con processo industrializzato devono indicare gli estremi di tale certificazione.

Nel caso in cui l'impianto di produzione industrializzata appartenga al costruttore nell'ambito di uno specifico cantiere, il sistema di gestione della qualità del costruttore, predisposto in coerenza con la norma UNI EN ISO 9001:2000, certificato da un organismo

accreditato, deve comprendere l'esistenza e l'applicazione di un sistema di controllo della produzione dell'impianto, conformemente alle specifiche indicazioni contenute nelle Linee Guida sul calcestruzzo preconfezionato elaborato dal Servizio Tecnico Centrale del Consiglio Superiore dei LL.PP.

Il Direttore dei Lavori, che è tenuto a verificare quanto sopra indicato ed a rifiutare le eventuali forniture provenienti da impianti non conformi; dovrà comunque effettuare le prove di accettazione previste al § 11.2.5 delle NTC e ricevere, prima dell'inizio della fornitura, copia della certificazione del controllo di processo produttivo.

Per produzioni di calcestruzzo inferiori a 1500 m<sup>3</sup> di miscela omogenea, effettuate direttamente in cantiere, mediante processi di produzione temporanei e non industrializzati, la stessa deve essere confezionata sotto la diretta responsabilità del costruttore. Il Direttore dei Lavori deve avere, prima dell'inizio delle forniture, evidenza documentata dei criteri e delle prove che hanno portato alla determinazione della resistenza caratteristica di ciascuna miscela omogenea di conglomerato, così come indicato al § 11.2.3. delle NTC.

#### 5.4.2. Materiali

##### **Cemento**

Si devono impiegare esclusivamente i leganti idraulici previsti dalle disposizioni vigenti in materia, dotati di certificato di conformità (rilasciato da un organismo europeo notificato) ad una norma armonizzata della serie UNI EN 197 ovvero ad uno specifico Benestare Tecnico Europeo (ETA), purché idonei all'impiego previsto nonché, per quanto non in contrasto, conformi alle prescrizioni di cui alla Legge 26/05/1965 n.595.

È escluso l'impiego di cementi alluminosi.

L'impiego dei cementi richiamati all'art.1, lettera C della legge 26/5/1965 n. 595, è limitato ai calcestruzzi per sbarramenti di ritenuta.

Per la realizzazione di dighe ed altre simili opere massive dove è richiesto un basso calore di idratazione devono essere utilizzati i cementi speciali con calore di idratazione molto basso conformi alla norma europea armonizzata UNI EN 14216, in possesso di un certificato di conformità rilasciato da un Organismo di Certificazione europeo Notificato.

Qualora il calcestruzzo risulti esposto a condizioni ambientali chimicamente aggressive si devono utilizzare cementi per i quali siano prescritte, da norme armonizzate europee e fino alla disponibilità di esse, da norme nazionali, adeguate proprietà di resistenza ai solfati e/o al dilavamento o ad eventuali altre specifiche azioni aggressive.

I cementi potranno essere normali, ad alta resistenza e rapido indurimento.

L'Impresa dovrà approvvigionare il cemento presso cementerie che diano garanzie di bontà, costanza del tipo, continuità di fornitura.

A cura della Direzione Lavori ed a spese dell'Impresa, dovranno essere controllate presso un Laboratorio Ufficiale (di cui all'art. 59 del DPR n. 380/2001), le resistenze meccaniche ed i requisiti chimici e fisici del cemento.

Copia di tutti i certificati di prova sarà custodita dalla Direzione Lavori che potrà richiedere la ripetizione delle prove su una stessa partita qualora sorgesse il dubbio di un degradamento delle caratteristiche del cemento, dovuto ad una causa qualsiasi.

E' vietato l'uso di cementi diversi per l'esecuzione di ogni singola opera o elemento costruttivo; ciascun silo del cantiere o della centrale di betonaggio sarà destinato a contenere cemento di un unico tipo, unica classe ed unica provenienza, ed a tale scopo chiaramente identificato.

E' ammesso l'impiego di cementi speciali rispondenti ai requisiti suddetti ed alle prescrizioni delle norme, atti al confezionamento di conglomerati cementizi fluidi e superfluidi a basso rapporto a/c senza additivazione in fase di betonaggio.

Se non diversamente specificato, si dovranno impiegare calcestruzzi con le seguenti caratteristiche nella realizzazione delle strutture appresso indicate.

1	2	3	4	5	6
Strutture orizzontali ed in elevazione sopra la quota delle fondazioni	C25/30 N/mm <sup>2</sup> C28/35 N/mm <sup>2</sup> C32/40 N/mm <sup>2</sup> C35/45 N/mm <sup>2</sup>	≤ 0,50	Portland	X0/XC1/ XC2/ XC3/XF1	S4/S5
Fondazioni	C25/30 N/mm <sup>2</sup>	≤ 0,55	Portland	X0/XC1/ XC2/ XC3/XF1	S4/S5
Sottofondazioni	C25/30 N/mm <sup>2</sup>	≤ 0,50	Portland	X0/XC1/ XC2/ XC3/XF1	S4/S5

1 = Tipi di strutture

2 = Classe di resistenza garantita

3 = Rapporto acqua/cemento massimo

4 = Cemento

5 = Classe di esposizione minima

6 = Slump

##### **Aggregati**

Sono riconosciuti generalmente idonei gli aggregati normali e pesanti conformi alla EN 12620 e gli aggregati leggeri conformi alla EN 13055-1.

Per tutti i tipi di conglomerato cementizio dovranno essere impiegati esclusivamente gli aggregati della categoria A di cui alla norma UNI 8520:2005 parte 2a aventi caratteristiche nei limiti di accettazione della Norma medesima.

Dovranno essere costituiti da elementi non gelivi privi di parti friabili e polverulente o scistose, argilla e sostanze organiche; non dovranno contenere i minerali pericolosi: pirite, marcasite, pirrotina, gesso e solfati solubili (per questi ultimi si veda la tabella 5.1).

A cura della Direzione Lavori ed a spese dell'Impresa dovrà essere accertata, mediante esame mineralogico (8520:2005 parte 4) presso un laboratorio Ufficiale, l'assenza dei minerali indesiderati suddetti e di forme di silice reattiva verso gli alcali del cemento (opale, calcedonio, tridimite, cristobalite, quarzo cristallino in stato di alterazione o tensione, selce, vetri vulcanici, ossidiane), per ciascuna delle cave di provenienza dei materiali. Copia della relativa documentazione dovrà essere custodita dalla Direzione Lavori e dall'Impresa.

Tale esame verrà ripetuto con la frequenza indicata nella tabella 5.1 e comunque almeno una volta all'anno.

Per poter essere impiegati, gli aggregati devono risultare esenti da minerali pericolosi e da forme di silice reattiva.

Ove fosse presente silice reattiva si procederà all'esecuzione delle prove della Norma 8520:2005 parte 22, con la successione e l'interpretazione ivi descritte.

**TABELLA 5.1 - Caratteristiche degli Aggregati**

CARATTERISTICHE	PROVE	NORME	TOLLERANZA DI ACCETTABILITA'
Gelività degli aggregati	Gelività	CNR 80 e UNI 8520 parte 20	perdita di massa < 4% dopo 20 cicli
Resistenza alla abrasione	Los Angeles	CNR 34 e UNI 8520 parte 19	perdita di massa LA 30%
Compattezza degli aggregati	Degradabilità alle soluzioni solfatiche	UNI 8520 parte 10	perdita di massa dopo cinque cicli ≤ 10%
Presenza di gesso e solfati solubili	Analisi chimica degli inerti	UNI 8520 parte 11	SO <sub>3</sub> ≤ 0,05%
Presenza di argille	Equivalente in sabbia	UNI 8520 parte 15	ES ≥ 80 VB ≤ 0,6 cm <sup>3</sup> /g di fini
Presenza di pirite, marcasite e pirrotina	Analisi petrografica	UNI 8520 parte 4	assenti
Presenza di sostanze organiche	Determinazione colorimetrica	UNI 8520 parte 14	Per aggregato fine: colore della soluzione più chiaro dello standard di riferimento
Presenza di forme di silice reattiva	Potenziale reattiva dell'aggregato - metodo chimico Potenziale reattività delle miscele cemento aggregati - metodo del prisma di malta	UNI 8520 parte 22	UNI 8520 parte 22 punto 4  UNI 8520 parte 22 punto 5
Presenza di cloruri solubili	Analisi chimica	UNI 8520 parte 12	CL ≤ 0,05 %
Coefficiente di forma e di appiattimento	Determinazione dei coefficienti di forma e di appiattimento	UNI 8520 parte 18	Cf ≥ 0,15 (Dmax = 32mm) Cf ≥ 0,12 (Dmax = 64mm)
Frequenza delle prove	La frequenza sarà definita dal progettista e/o prescritta dalla Direzione Lavori. Comunque dovranno essere eseguite prove: prima dell'autorizzazione all'impiego; per ogni cambiamento di cava o materiali nel corpo di cava; ogni 8000 m <sup>3</sup> di aggregati impiegati.		

Nella tabella 5.5 sono riepilogate alcune delle principali prove cui devono essere sottoposti gli aggregati, con l'indicazione delle norme di riferimento, delle tolleranze di accettabilità e della frequenza. Saranno rifiutati pietrischetti, pietrischi e graniglie aventi un coefficiente di forma, determinato secondo 8520:2005 parte 18, minore di 0,15 (per un D max fino a 32 mm) e minore di 0,12 (per un D max fino a 64 mm). Controlli in tal senso sono richiesti con frequenza di una prova ogni m<sup>3</sup> 5000 impiegati.

La curva granulometrica delle miscele di aggregato per conglomerato cementizio dovrà essere tale da ottenere il massimo peso specifico del conglomerato cementizio a parità di dosaggio di cemento e di lavorabilità dell'impasto, e dovrà permettere di ottenere i requisiti voluti sia nell'impasto fresco, (consistenza, omogeneità, lavorabilità, aria inglobata, ecc.), che nell'impasto indurito (resistenza, permeabilità, modulo elastico, ritiro, viscosità, durabilità, ecc.).

La curva granulometrica dovrà risultare costantemente compresa nel fuso granulometrico approvato dalla Direzione dei Lavori e dovrà essere verificata ogni 1000 m<sup>3</sup> di aggregati impiegati.

Particolare attenzione dovrà essere rivolta alla granulometria della sabbia, al fine di ridurre al minimo il fenomeno dell'essudazione (bleeding) nel conglomerato cementizio.

All'impianto di betonaggio gli aggregati dovranno essere suddivisi in almeno 3 pezzature; la più fine non dovrà contenere più del 15% di materiale trattenuto al vaglio a maglia quadrata da mm 5 di lato.

Le singole pezzature non dovranno contenere sottoclassi in misura superiore al 15% e sovraclassi in misura superiore al 10% della pezzatura stessa.

La dimensione massima (D max) dell'aggregato deve essere tale da permettere che il conglomerato possa riempire ogni parte del manufatto; dovrà pertanto risultare:

- minore di 0,25 volte la dimensione minima delle strutture;
- minore della spaziatura minima tra le barre di armatura, diminuita di mm 5;
- minore dello spessore del copriferro.

**Acqua di impasto**

Sono considerate idonee l'acqua d'impasto e l'acqua di riciclo della produzione di calcestruzzo, conformi alla EN 1008:2003

Sono ammesse come acqua di impasto per i conglomerati cementizi l'acqua potabile e le acque naturali rispondenti ai requisiti di seguito riportati. Sono escluse le acque provenienti da scarichi (industriali ecc.).

L'acqua di impasto dovrà avere un contenuto in sali disciolti inferiore a 1 g per litro. In merito al contenuto di ione cloruro nell'acqua per i manufatti in cemento armato normale o precompresso, si dovrà tenere conto dei limiti previsti dalla Norma UNI 8981 parte 5 per il contenuto totale di tale ione.

La quantità di materiale inorganico in sospensione dovrà essere inferiore a 2 g/l; la quantità di sostanze organiche (COD) inferiore a 0,10 g/l.

L'acqua dovrà essere aggiunta nella quantità prescritta in relazione al tipo di conglomerato cementizio, tenendo conto dell'acqua contenuta negli aggregati, (si faccia riferimento alla condizione "satura a superficie asciutta" della Norma 8520:2005 parte 5).

I massimi rapporti acqua/cemento consentiti, riportati nella Tabella 5.4, potranno essere diminuiti a insindacabile giudizio della Direzione Lavori in relazione al tipo di manufatto, all'impermeabilità e durabilità richieste al manufatto stesso.

**Additivi**

Gli additivi devono essere conformi alla norma europea armonizzata UNI EN 934-2:2002 e UNI 10765:1999.

L'Impresa dovrà impiegare additivi garantiti dai produttori per qualità e costanza di effetto e di concentrazione; le loro caratteristiche dovranno essere verificate preliminarmente in sede di qualifica di conglomerati cementizi.

Nel caso di uso contemporaneo di più additivi l'Impresa dovrà fornire alla Direzione Lavori la prova della loro compatibilità.

**Additivi fluidificanti, superfluidificanti e iperfluidificanti**

Allo scopo di realizzare conglomerati cementizi impermeabili e durevoli a basso rapporto a/c ed elevata lavorabilità si farà costantemente uso di additivi fluidificanti e superfluidificanti del tipo approvato dalla Direzione Lavori. La classe di consistenza prevista è la S4 o la S5 secondo la classificazione proposta dalla Norma UNI EN206-1:2006 (vedi tab. 5.2) sulla base della misura dell'abbassamento del cono di Abrams (Slump) da eseguire con il metodo previsto da UNI EN12350-2:2009

A seconda delle condizioni ambientali e dei tempi di trasporto e lavorazione, potranno essere impiegati anche additivi del tipo ad azione mista fluidificante - aerante, fluidificante - ritardante e fluidificante - accelerante. Gli additivi non dovranno contenere cloruri in quantità superiore a quella ammessa per l'acqua d'impasto; il loro dosaggio dovrà essere definito in fase di qualifica dei conglomerati cementizi sulla base delle indicazioni del fornitore.

Per conglomerati cementizi che debbono avere particolari requisiti di resistenza e durabilità dovranno essere impiegati additivi iperfluidificanti (caratterizzati da una riduzione d'acqua di almeno il 30%).

**TABELLA 5.2 – Classe di consistenza del calcestruzzo fresco secondo EN206-1:2006**

Classe di consistenza	Slump (cm)	Denominazione corrente
S1	Da 1 a 4	Umida
S2	Da 5 a 9	Plastica
S3	Da 10 a 15	Semifluida
S4	Da 16 a 21	Fluida
S5	>22	Superfluida

**Additivi aeranti**

Per conglomerati cementizi soggetti durante l'esercizio a cicli di gelo - disgelo, si farà costantemente uso di additivi aeranti.

La percentuale di aria inglobata varierà secondo quanto riportato nella tabella 5.3, in rapporto alla dimensione massima degli aggregati (Dmax) e sarà misurata sul conglomerato cementizio fresco prelevato all'atto della posa in opera secondo la relativa Norma UNI 12350-7:2009.

L'Impresa dovrà adottare le opportune cautele affinché per effetto dei procedimenti di posa in opera e compattazione attuati, non si abbia una riduzione del tenore d'aria effettivamente inglobata al di sotto dei limiti della tabella.

Gli aeranti dovranno essere conformi a quanto indicato nella norma **ASTM C 260:2006**; dovranno essere aggiunti al conglomerato cementizio nella betoniera in soluzione con l'acqua d'impasto con un sistema meccanico che consenta di aggiungere l'additivo con una tolleranza sulla quantità prescritta non superiore al 5% ed inoltre che assicuri la sua uniforme distribuzione nella massa del conglomerato cementizio durante il periodo di miscelazione.

Su richiesta della Direzione Lavori, l'Impresa dovrà inoltre esibire prove di Laboratorio Ufficiale che dimostrino la conformità del prodotto alle Norme UNI vigenti; dovrà comunque essere garantita la qualità e la costanza di caratteristiche dei prodotti da impiegare.

**TABELLA 5.3 - Dosaggio richiesto di aria inglobata (\*)**

Tolleranza $\pm 1\%$	
D max Aggregati (mm)	% aria occlusa*
10,0	7,0
12,5	6,5
20,0	6,0
25,0	5,0
40,0	4,5
50,0	4,0
75,0	3,5

Il contenuto d'aria inglobata nel conglomerato cementizio indurito potrà essere verificato con il procedimento descritto nello Standard **ASTM C 457:2006** o con procedimento simile.

In alternativa all'uso di additivi aeranti è consentito l'impiego di microsferi di plastica di diametro compreso tra 0,010 e 0,050 mm. L'Impresa dovrà preventivamente fornire in proposito un'adeguata documentazione, basata sull'esecuzione di cicli gelo - disgelo secondo la Normativa UNI.

#### **Additivi ritardanti e acceleranti**

Gli additivi ritardanti riducono la velocità iniziale delle reazioni tra il legante e l'acqua aumentando il tempo necessario ai conglomerati cementizi per passare dallo stato plastico a quello rigido, senza influenzare lo sviluppo successivo delle resistenze meccaniche.

Gli additivi acceleranti aumentano la velocità delle reazioni tra il legante e l'acqua e conseguentemente lo sviluppo delle resistenze dei conglomerati cementizi senza pregiudicare la resistenza finale degli impasti.

I tipi ed i dosaggi impiegati dovranno essere preventivamente approvati dalla Direzione Lavori.

#### **Additivi antigelo**

Gli additivi antigelo abbassano il punto di congelamento dell'acqua d'impasto ed accelerano alle basse temperature i processi di presa e indurimento dei conglomerati cementizi. Dovranno essere impiegati soltanto su disposizione della Direzione Lavori, che dovrà approvarne preventivamente tipo e dosaggio.

#### **Aggiunte (inclusi i filler minerali e i pigmenti)**

Sono considerate generalmente idonee le aggiunte di tipo I:

- filler conformi alla EN 12620;
- pigmenti conformi alla EN 12878.

Sono considerate generalmente idonee le aggiunte di tipo II:

- ceneri volanti conformi alla EN 450;
- fumi di silice conformi al prEN 13263:1998.

#### **Silice ad alta superficie specifica (Silicafume)**

Quando previsto in progetto o prescritto dalla Direzione Lavori potranno essere impiegati additivi in polvere costituiti essenzialmente da superfluidificanti su un supporto di silice amorfa ad elevatissima superficie specifica (silicafume). Ciò per ottenere conglomerati cementizi ad elevata lavorabilità, resistenza e durabilità, in particolare in presenza di gelo e disgelo e di sali disgelanti.

La quantità di silicafume aggiunta all'impasto, dell'ordine del 5-10% sul peso del cemento, dovrà essere definita d'intesa con il progettista e la Direzione Lavori in sede di qualifica preliminare del conglomerato cementizio, previa verifica mediante immersione di provini in soluzione al 30% di  $\text{CaCl}_2$  a 278 K per venti giorni senza che sui provini stessi si manifesti formazione di fessure o scaglie.

#### **Disarmanti**

I disarmanti ovvero gli oli od gli agenti applicati al manto della casseforma che agevolano il distacco fra la cassaforma e il calcestruzzo dopo l'indurimento, dovranno essere sottoposti all'approvazione della D.L. ed essere conformi alle norme UNI.

### **5.4.3. Controlli in corso d'opera**

La Direzione Lavori eseguirà controlli periodici in corso d'opera (D.M. 14/01/2008) per verificare la corrispondenza tra le caratteristiche dei materiali e degli impasti impiegati e quelle definite in sede di qualifica.

### **5.4.4. Resistenza dei conglomerati cementizi**

Per ciascuna determinazione in corso d'opera delle resistenze caratteristiche a compressione dei conglomerati cementizi dovranno essere eseguite due serie di prelievi da effettuarsi in conformità alle Norme Tecniche emanate in applicazione dell'art. 21 della Legge 1086 del 5/11/1971.

I prelievi, eseguiti in contraddittorio con l'Impresa, verranno effettuati separatamente per ogni opera e per ogni tipo e classe di conglomerato cementizio previsti nei disegni di progetto od ordinati per iscritto dalla Direzione Lavori. Di tali operazioni, eseguite a cura e spese dell'Impresa, e sotto il controllo della Direzione Lavori, secondo le norme UNI vigenti, verranno redatti appositi verbali numerati progressivamente e controfirmati dalle parti.

I provini, contraddistinti col numero progressivo del relativo verbale di prelievo, verranno custoditi a cura e spese dell'Impresa in locali ritenuti idonei dalla Direzione Lavori, previa apposizione di sigilli e firma del Direttore dei Lavori e dell'Impresa e nei modi più adatti a garantire la autenticità e la corretta stagionatura.

Con i provini della prima serie di prelievi verranno effettuate presso i laboratori della Direzione Lavori, alla presenza dell'Impresa, le prove atte a determinare le resistenze caratteristiche alle differenti epoche di stagionatura, secondo le disposizioni che al riguardo saranno impartite dalla Direzione Lavori.

I risultati delle prove di rottura, effettuate sui provini della prima serie di prelievi secondo la norma UNI EN 12390-3:2009, saranno presi a base per la contabilizzazione provvisoria dei lavori, a condizione che il valore della resistenza caratteristica cubica a compressione a ventotto giorni di maturazione  $R_{ck}$ , accertato per ciascun tipo e classe di conglomerato cementizio, non risulti inferiore a quello della classe indicata nei calcoli statici e nei disegni di progetto.

I provini della seconda serie di prelievi dovranno essere sottoposti a prove presso i Laboratori Ufficiali indicati, dalla Direzione Lavori.

Limitatamente ai conglomerati cementizi non armati o debolmente armati (fino ad un massimo di 30 kg di acciaio per m<sup>3</sup>), sarà sottoposto a prova presso Laboratori Ufficiali soltanto il 10% dei provini della seconda serie a condizione che quelli corrispondenti della prima serie siano risultati di classe non inferiore a quella richiesta.

Se dalle prove eseguite presso Laboratori ufficiali sui provini della seconda serie di prelievi risultasse un valore della resistenza caratteristica cubica a compressione a ventotto giorni di maturazione Rck non inferiore a quella della classe indicata nei calcoli statici e nei disegni di progetto, tale risultanza verrà presa a base della contabilizzazione definitiva dei lavori.

Nel caso che la resistenza caratteristica cubica a compressione a ventotto giorni di maturazione Rck ricavata per ciascun tipo e classe di conglomerato cementizio dalle prove della prima serie di prelievi, risulti essere inferiore a quella della classe indicata nei calcoli statici e nei disegni di progetto, la Direzione Lavori, nell'attesa dei risultati Ufficiali, potrà a suo insindacabile giudizio ordinare la sospensione dei getti dell'opera d'arte interessata, senza che l'Impresa possa accampare per questo alcun diritto a compenso.

Qualora dalle prove eseguite presso Laboratori Ufficiali risultasse un valore di classe di resistenza inferiore di non più del 10% rispetto a quello della classe indicata nei calcoli statici e nei disegni di progetto, la Direzione Lavori, d'intesa con il Progettista, effettuerà una determinazione sperimentale della resistenza meccanica del conglomerato cementizio in opera e successivamente una verifica della sicurezza. Nel caso che tale verifica dia esito positivo, il conglomerato cementizio verrà accettato ma il suo prezzo unitario verrà decurtato del 15%.

Qualora la classe di resistenza riscontrata risulti minore di quella richiesta di più del 10%, l'Impresa sarà tenuta, a sua totale cura e spese, alla demolizione e rifacimento dell'opera oppure all'adozione di quei provvedimenti che, proposti dalla stessa, per diventare operativi dovranno essere formalmente approvati dalla Direzione Lavori.

Nessun indennizzo o compenso sarà dovuto all'Impresa se la classe di resistenza risulterà maggiore a quella indicata nei calcoli statici e nei disegni di progetto.

Saranno a carico dell'Impresa tutti gli oneri relativi alle prove di laboratorio, sia effettuate presso Laboratori della Direzione Lavori, sia presso i Laboratori Ufficiali, comprese le spese per il rilascio dei certificati.

#### 5.4.5. Durabilità dei conglomerati cementizi

La durabilità delle opere in conglomerato cementizio è definita dalla capacità di mantenere nel tempo, entro limiti accettabili per le esigenze di esercizio, i valori delle caratteristiche funzionali in presenza di cause di degradazione.

Le cause di degradazione più frequenti sono i fenomeni di corrosione delle armature, i cicli di gelo - disgelo, l'attacco di acque aggressive di varia natura e la presenza di solfati.

La degradazione va prevenuta applicando nelle fasi di progettazione e di esecuzione le Norme UNI 8981:1999 e UNI EN 206-1:2001.

La Direzione Lavori, d'intesa con il Progettista (che dovrà documentare nel progetto delle opere l'adozione delle istruzioni di cui alla Norma UNI 8981/1999) e con l'Impresa, verificherà in fase di qualifica dei materiali e degli impasti l'efficacia dei provvedimenti da adottare in base alle suddette Norme UNI. Devesi tenere conto infatti che la durabilità si ottiene mediante l'impiego di conglomerato cementizio poco permeabile, eventualmente aerato, a basso rapporto a/c, di elevata lavorabilità, con adeguato dosaggio di cemento del tipo idoneo, mediante compattazione adeguata, rispettando i limiti del tenore di ione cloruro totale nel conglomerato cementizio e curando scrupolosamente la stagionatura.

Oltre all'impiego di tale conglomerato cementizio riveste fondamentale importanza anche lo spessore del copriferro e la eventuale presenza di fessurazioni dei manufatti.

In presenza di concentrazioni sensibili di solfati e di anidride carbonica aggressiva nelle acque e nei terreni a contatto dei manufatti, dovranno essere osservate le istruzioni di cui alle Norme UNI 8981:1999, impiegando i tipi di cemento corrispondenti alle classi di resistenza chimica moderata, alta ed altissima, secondo le prescrizioni delle Norme UNI 9156:1997 e 9606:1997; inoltre, per i conglomerati dei tipi II e III, il rapporto acqua cemento dovrà essere inferiore di 0,05 rispetto a quelli della Tabella 15 B.

In alternativa ad una prova globale di durabilità la Direzione Lavori, d'intesa con il progettista, farà eseguire, sempre in fase di qualifica, prove di resistenza ai cicli di gelo - disgelo, di permeabilità, di assorbimento d'acqua, di scagliamento in presenza di cloruro, di resistenza all'azione di soluzioni aggressive.

La prova di resistenza al gelo verrà svolta sottoponendo i campioni a 300 cicli di gelo e disgelo, UNI 7087:2002; la conseguente variazione delle proprietà caratteristiche dovrà essere contenuta entro i limiti sotto riportati:

- riduzione del modulo di elasticità = 20%
- perdita di massa = 2%
- espansione lineare = 0.2%
- coefficiente di permeabilità:
  - prima dei cicli = 10 - 9 cm / s
  - dopo i cicli = 10 - 8 cm / s

La prova di permeabilità verrà eseguita misurando il percolamento d'acqua attraverso provini sottoposti a pressione d'acqua su una faccia o, se disponibile, secondo il metodo di Figg.

La prova di assorbimento d'acqua alla pressione atmosferica verrà eseguita secondo il procedimento UNI 7699:2005.

La prova di scagliatura e di permeabilità dello ione cloruro o solfato verrà eseguita secondo la relativa Norma UNI.

#### 5.4.6. Tecnologia esecutiva delle opere

Si ribadisce che l'Impresa è tenuta all'osservanza delle Norme Tecniche emanate in applicazione dell'art. 21 della Legge 5.11.1971 n. 1086 nonché delle Leggi e Norme UNI vigenti, in quanto applicabili, ed in particolare della Norma UNI EN 206-1:2001.

### Confezione dei conglomerati cementizi

La confezione dei conglomerati cementizi dovrà essere eseguita con gli impianti preventivamente sottoposti all'esame della Direzione Lavori.

Gli impianti di betonaggio saranno del tipo automatico o semiautomatico, con dosatura a peso degli aggregati, dell'acqua, degli additivi e del cemento. La dosatura effettiva degli aggregati dovrà essere realizzata con precisione del 3%; quella del cemento con precisione del 2%. Le bilance dovranno essere revisionate almeno una volta ogni due mesi e tarate all'inizio del lavoro e successivamente almeno una volta all'anno. Per l'acqua e gli additivi è ammessa anche la dosatura a volume. La dosatura effettiva dell'acqua dovrà essere realizzata con precisione del 2% ed i relativi dispositivi dovranno essere tarati almeno una volta ogni due mesi o comunque quando richiesto dalla Direzione Lavori. I dispositivi di misura del cemento, dell'acqua e degli additivi dovranno essere del tipo individuale. Le bilance per la pesatura degli aggregati possono essere di tipo cumulativo (peso delle varie pezzature con successione addizionale).

I silos del cemento debbono garantire la perfetta tenuta nei riguardi dell'umidità atmosferica.

Gli impianti dovranno essere confezionati in betoniere aventi capacità tale da contenere tutti gli ingredienti della pesata senza debordare.

L'impasto dovrà risultare di consistenza uniforme ed omogeneo, uniformemente coesivo (tale cioè da essere trasportato e manipolato senza che si verifichi la separazione dei singoli elementi); lavorabile (in maniera che non rimangano vuoti nella massa o sulla superficie dei manufatti dopo eseguita la vibrazione in opera).

Se al momento della posa in opera la consistenza del conglomerato cementizio non è quella prescritta, lo stesso non dovrà essere impiegato per l'opera ma scaricato in luogo appositamente destinato dall'Impresa. Tuttavia se la consistenza è minore di quella prescritta (minore slump) e il conglomerato cementizio è ancora nell'autobetoniera, la consistenza può essere portata fino al valore prescritto mediante aggiunta di additivi fluidificanti e l'aggiunta verrà registrata sulla bolla di consegna.

L'uso di tali additivi è compreso e compensato con i prezzi di elenco dei conglomerati cementizi.

La produzione ed il getto del conglomerato cementizio dovranno essere sospesi nel caso che prevedibilmente la temperatura possa scendere al di sotto di 273 K, salvo diverse disposizioni che la Direzione Lavori potrà dare volta per volta, prescrivendo in tal caso le norme e gli accorgimenti cautelativi da adottare; per questo titolo l'Impresa non potrà avanzare richiesta alcuna di maggiori compensi.

### Trasporto

Il trasporto dei conglomerati cementizi dall'impianto di betonaggio al luogo di impiego dovrà essere effettuato con mezzi idonei al fine di evitare la possibilità di segregazione dei singoli componenti del conglomerato cementizio medesimo.

Terminata la miscelazione e durante la movimentazione, si può osservare una graduale diminuzione, nel tempo, della lavorabilità provocata: dall'assorbimento dell'acqua d'impasto da parte degli aggregati, dall'inizio delle reazioni d'idratazione del cemento e dalla perdita d'acqua per evaporazione. L'entità della perdita di lavorabilità dipende dai costituenti il calcestruzzo (cemento, additivi, acqua, aggregati), dalla temperatura e dalla velocità di evaporazione dell'acqua di impasto.

In figura 5-1 è rappresentato per alcuni tipi di calcestruzzo la diminuzione della consistenza in funzione del tempo misurata in condizioni standard di laboratorio (20°C), a partire da una classe di consistenza S5.

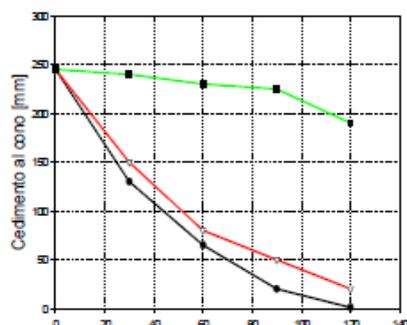


Figura 5-1 Andamento qualitativo della consistenza in funzione del tempo (a temperatura di 20°C) di calcestruzzi preparati con ricette differenti.

In figura 5-2 è illustrato, a titolo indicativo, l'effetto della temperatura sulla consistenza, a 60' dalla miscelazione, per un calcestruzzo avente inizialmente una classe di consistenza S5.

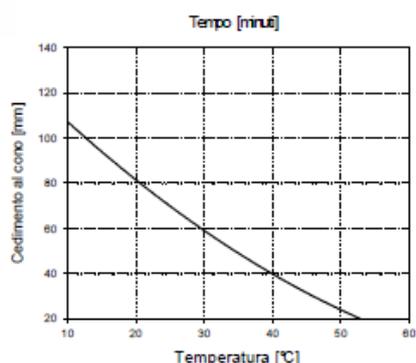


Figura 5-2 Andamento qualitativo del cedimento al cono a 60 minuti della miscela in funzione della temperatura di un calcestruzzo con consistenza iniziale S5.

I sistemi più utilizzati per il trasporto del calcestruzzo sono: l'autobetoniera, la benna, l'autocarro cassonato e il nastro trasportatore.

L'autobetoniera è idonea a trasportare quasi tutti i tipi di calcestruzzo e permette di mantenere per un periodo abbastanza lungo (2-3 ore) il calcestruzzo miscelato e non segregato, a condizione che l'impasto sia mantenuto in continua agitazione.

L'autocarro cassonato e il nastro trasportatore possono trasportare calcestruzzi a bassa consistenza, con cedimento al cono < 30 mm, quali, ad esempio, quelli destinati alle casseforme scorrevoli e quelli destinati a getti massivi.

Il cassone e il nastro trasportatore devono essere protetti per evitare l'evaporazione dell'acqua o il dilavamento in caso di pioggia.

Per ogni carico di calcestruzzo si predispona un documento che, nel caso di calcestruzzo preconfezionato, deve contenere:

- la data e l'ora di confezione e i tempi d'inizio e fine getto (è opportuno, inoltre, che siano registrate le ore d'arrivo in cantiere, d'inizio e di fine scarico);
- la classe d'esposizione ambientale;
- la classe di resistenza caratteristica;
- il tipo, la classe del cemento, ove specificato nell'ordine di fornitura;
- il rapporto a/c, se prescritto;
- la dimensione massima dell'aggregato;
- la classe di consistenza;
- i metri cubi trasportati;

Nel caso di calcestruzzo preparato in cantiere, deve essere almeno indicato:

- la classe di resistenza caratteristica;
- i metri cubi trasportati;

L'impresa costruttrice conserva la documentazione nella quale è specificata la struttura a cui il carico di calcestruzzo è stato destinato.

Tale documento deve formare oggetto di controllo e registrazione da parte di chi riceve il calcestruzzo.

Per maggiori dettagli circa la confezione, il trasporto e la consegna del calcestruzzo, sia esso preconfezionato o prodotto in cantiere, si può fare riferimento alle "Linee Guida per la produzione, il trasporto e il controllo del calcestruzzo preconfezionato", predisposte dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici.

L'uso delle pompe sarà consentito a condizione che l'Impresa adotti, a sua cura e spese, provvedimenti idonei a mantenere il valore prestabilito del rapporto acqua/cemento del conglomerato cementizio alla bocca di uscita della pompa.

Non saranno ammessi gli autocarri a cassone o gli scivoli.

L'omogeneità dell'impasto sarà controllata, all'atto dello scarico.

E' facoltà della Direzione Lavori di rifiutare carichi di conglomerato cementizio non rispondenti ai requisiti prescritti.

### **Posa in opera**

La messa in opera del calcestruzzo comprende le operazioni di movimentazione e getto del materiale nelle apposite casseforme.

Per assicurare la migliore riuscita del getto, la messa in opera del calcestruzzo richiede, da parte della Direzione Lavori, una serie di verifiche preventive che riguardano, oltre che gli scavi, le casseforme e i ferri d'armatura, anche l'organizzazione e l'esecuzione delle operazioni di getto, di protezione e di stagionatura del calcestruzzo.

Considerata l'importanza delle operazioni di getto, che riguardano la posa in opera del calcestruzzo e tutte le fasi relative, sarà cura della Direzione Lavori stabilire un programma di verifiche comprendenti:

- il coordinamento con la Direzione Lavori, con il progettista, con i laboratori esterni per ispezioni, verifiche, prelievi di campioni e prove a piè d'opera;
- l'istruzione/coordinamento con i fornitori e subappaltatori, per la consegna del calcestruzzo delle caratteristiche prescritte;
- Nel caso di calcestruzzo preconfezionato, le istruzioni/ordini circa le prestazioni, il programma della fornitura, l'eventuale necessità della pompa con relative caratteristiche;
- l'istruzione agli operatori per organizzare la messa in opera, compattazione e stagionatura del calcestruzzo, in funzione dei volumi, delle sequenze e degli spessori dei getti, della movimentazione e vibrazione del materiale, della protezione e stagionatura della struttura, delle condizioni climatiche, nonché delle eventuali superfici di contatto.

L'impresa esecutrice è tenuta a comunicare con dovuto anticipo al Direttore dei Lavori il programma dei getti indicando:

- il luogo di getto;
- la struttura interessata dal getto;
- la classe di resistenza e di consistenza del calcestruzzo;

La posa in opera avrà inizio solo dopo che il Direttore dei Lavori ha verificato:

- la preparazione e rettifica dei piani di posa;
- la pulizia delle casseforme;
- la posizione e corrispondenza al progetto delle armature e del copriferro;
- la posizione delle eventuali guaine dei cavi di precompressione;
- la posizione degli inserti (giunti, water stop, ecc.);
- l'umidificazione a rifiuto delle superfici assorbenti o la stesura del disarmante;

Nel caso di getti contro terra è bene controllare che siano eseguite, in conformità alle disposizioni di progetto, le seguenti operazioni:

- la pulizia del sottofondo;
- la posizione di eventuali drenaggi;
- la stesa di materiale isolante e/o di collegamento in conformità alle disposizioni di progetto e di capitolato.

I getti dovranno risultare perfettamente conformi ai particolari costruttivi di progetto ed alle prescrizioni della Direzione Lavori.

Si avrà cura che in nessun caso si verifichino cedimenti dei piani di appoggio e delle pareti di contenimento.

Le casseforme dovranno essere atte a garantire superfici di getto regolari ed a perfetta regola d'arte.

Dovranno essere impiegati prodotti disarmanti aventi i requisiti di cui alle specifiche della Norma UNI 8866; le modalità di applicazione dovranno essere quelle indicate dal produttore evitando accuratamente aggiunte eccessive e ristagni di prodotto sul fondo delle casseforme. La Direzione Lavori eseguirà un controllo della quantità di disarmante impiegato in relazione allo sviluppo della superficie di casseforme trattate.

Dovrà essere controllato inoltre che il disarmante impiegato non macchi o danneggi la superficie del conglomerato. A tale scopo saranno usati prodotti efficaci per la loro azione specifica escludendo i lubrificanti di varia natura.

Dal giornale lavori del cantiere dovrà risultare la data di inizio e di fine dei getti e del disarmo. Se il getto dovesse essere effettuato durante la stagione invernale, l'Impresa dovrà tenere registrati giornalmente i minimi di temperatura desunti da un apposito termometro esposto nello stesso cantiere di lavoro. Il conglomerato cementizio sarà posto in opera e assestato con ogni cura in modo che le superfici esterne si presentino lisce e compatte, omogenee e perfettamente regolari ed esenti anche da macchie o chiazze.

Per la finitura superficiale delle solette è prescritto l'uso di staggie vibranti o attrezzature equivalenti; la regolarità dei getti dovrà essere verificata con un'asta rettilinea della lunghezza di m 2,00, che in ogni punto dovrà aderirvi uniformemente nelle due direzioni longitudinale e trasversale; saranno tollerati soltanto scostamenti inferiori a mm 10.

Eventuali irregolarità o sbavature dovranno essere asportate mediante bocciardatura e i punti incidentalmente difettosi dovranno essere ripresi accuratamente con malta cementizia a ritiro compensato immediatamente dopo il disarmo; ciò qualora tali difetti o irregolarità siano contenuti nei limiti che la Direzione Lavori, a suo insindacabile giudizio, riterrà tollerabili fermo restando in ogni caso che le suddette operazioni ricadranno esclusivamente e totalmente a carico dell'Impresa.

Quando le irregolarità siano mediamente superiori a mm 10, la Direzione Lavori ne imporrà la regolarizzazione a totale cura e spese dell'Impresa mediante uno strato di materiali idonei che, a seconda dei casi e ad insindacabile giudizio della Direzione Lavori potrà essere costituito da:

- malte e betoncini reoplastici a base cementizia a ritiro compensato;
- conglomerato bituminoso del tipo usura fine, per spessori non inferiori a mm 15.

Eventuali ferri (filo, chiodi, reggette) che con funzione di legatura di collegamento casseri od altro, dovessero sporgere da getti finiti, dovranno essere tagliati almeno cm 0,5 sotto la superficie finita, e gli incavi risultanti verranno accuratamente sigillati con malta fine di cemento espansivo; queste prestazioni non saranno in nessun caso oggetto di compensi a parte.

Viene poi prescritto che, dovunque sia possibile, gli elementi dei casseri vengano fissati nella esatta posizione prevista utilizzando fili metallici liberi di scorrere entro tubetti di materiale PVC o simile, di colore grigio, destinati a rimanere incorporati nel getto di conglomerato cementizio, armato o non armato, intendendosi il relativo onere compreso e compensato nei prezzi di elenco.

Lo scarico del conglomerato dal mezzo di trasporto dovrà avvenire con tutti gli accorgimenti atti ad evitare la segregazione.

A questo scopo il conglomerato dovrà cadere verticalmente al centro della cassaforma e sarà steso in strati orizzontali di spessore limitato e comunque non superiore a cm 50 misurati dopo la vibrazione.

E' vietato scaricare il conglomerato in un unico cumulo e distenderlo con l'impiego del vibratore; è altresì vietato lasciar cadere dall'alto il conglomerato cementizio per un'altezza superiore ad un metro; se necessario si farà uso di tubi getto o si getterà mediante pompaggio. Gli apparecchi, i tempi e le modalità per la vibrazione saranno quelli preventivamente approvati dalla Direzione Lavori.

Tra le successive riprese di getto non dovranno aversi distacchi o discontinuità o differenze d'aspetto e la ripresa potrà effettuarsi solo dopo che la superficie del getto precedente sia stata accuratamente pulita, lavata e spazzolata.

La Direzione Lavori avrà la facoltà di prescrivere, ove e quando lo ritenga necessario, che i getti vengano eseguiti senza soluzione di continuità così da evitare ogni ripresa; per questo titolo l'Impresa non potrà avanzare richiesta alcuna di maggiori compensi e ciò neppure nel caso che in dipendenza di questa prescrizione, il lavoro debba essere condotto a turni ed anche in giornate festive.

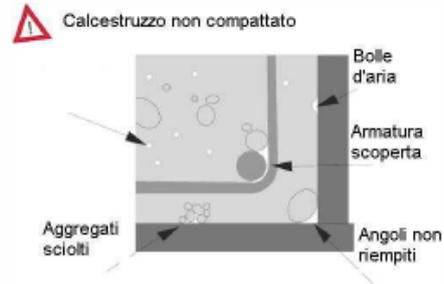
In alternativa la Direzione Lavori potrà prescrivere l'adozione di riprese di getto di tipo monolitico. Queste verranno realizzate mediante spruzzatura di additivo ritardante sulla superficie del conglomerato cementizio fresco; dopo che la massa del conglomerato sarà indurita si provvederà all'eliminazione della malta superficiale non ancora rappresa, mediante getto d'acqua, ottenendo una superficie di ripresa scabra, sulla quale si potrà disporre all'atto della ripresa di getto una malta priva di ritiro immediatamente prima del nuovo getto di conglomerato cementizio.

Quando il conglomerato cementizio deve essere gettato in presenza d'acqua, si dovranno adottare gli accorgimenti approvati dalla Direzione Lavori, necessari per impedire che l'acqua lo dilavi e ne pregiudichi il normale consolidamento.

L'onere di tali accorgimenti è a carico dell'Impresa.

### Costipamento

Quando il calcestruzzo fresco è versato nella cassaforma, contiene molti vuoti e tasche d'aria racchiusa tra gli aggregati grossolani rivestiti parzialmente da malta. Il volume di tale aria, che si aggira tra il 5 ed il 20 %, dipende dalla consistenza del calcestruzzo, dalla dimensione della cassaforma, dalla distribuzione e dall'addensamento delle barre d'armatura e dal modo con cui il calcestruzzo è stato versato nella cassaforma (figura 5- 11).



**Figura 5-11: Difettosità interne del calcestruzzo non compattato.**

Se il calcestruzzo indurisse in questa condizione risulterebbe disomogeneo, poroso, poco resistente e scarsamente aderente alle barre d'armatura. Per raggiungere le proprietà desiderate, il calcestruzzo deve essere compattato. La compattazione è il processo mediante il quale le particelle solide del calcestruzzo fresco si serrano tra loro riducendo i vuoti.

Tale processo può essere effettuato mediante: vibrazione, centrifugazione, battitura, assestamento.

Qualsiasi operazione di costipamento deve essere eseguita prima dell'inizio della presa del calcestruzzo.

I calcestruzzi con classi di consistenza S1 e S2, che allo stato fresco sono generalmente rigidi, richiedono una compattazione più energica dei calcestruzzi di classe S3 o S4, aventi consistenza plastica o plastica fluida.

La lavorabilità di un calcestruzzo formulato originariamente con poca acqua, non può essere migliorata aggiungendo acqua.

Tale aggiunta penalizza la resistenza e dà luogo alla formazione di una miscela instabile che tende a segregare durante la messa in opera. Quando necessario possono essere utilizzati degli additivi fluidificanti o, talvolta, superfluidificanti.

Nel predisporre il sistema di compattazione si deve prendere in considerazione la consistenza effettiva del calcestruzzo al momento della messa in opera che, per effetto della temperatura e della durata di trasporto, può essere inferiore a quella rilevata al termine dell'impasto.

### Costipamento per vibrazione

La vibrazione consiste nell'imporre al calcestruzzo fresco rapide vibrazioni che fluidificano la malta e drasticamente riducono l'attrito interno esistente tra gli aggregati. In questa condizione il calcestruzzo si assesta per effetto della forza di gravità, fluisce nelle casseforme, avvolge le armature ed espelle l'aria intrappolata. Al termine della vibrazione l'attrito interno ristabilisce lo stato di quiete e il calcestruzzo risulta denso e compatto.

I vibratorii possono essere: interni ed esterni.

I vibratorii interni, detti anche ad immersione o ad ago, sono i più usati nei cantieri, essi sono costituiti da una sonda o ago, contenente un albero eccentrico azionato da un motore tramite una trasmissione flessibile. Il loro raggio d'azione, in relazione al diametro, varia tra 0,2 e 0,6 m mentre la frequenza di vibrazione, quando il vibratore è immerso nel calcestruzzo, è compresa tra 90 e 250 Hz.

Per effettuare la compattazione l'ago vibrante è introdotto verticalmente, è spostato da punto a punto nel calcestruzzo, con tempi di permanenza da 5 a 30 sec. L'effettivo completamento della compattazione può essere valutato dall'aspetto della superficie, che non deve essere né porosa né eccessivamente ricca di malta. L'estrazione dell'ago deve essere graduale ed effettuata in modo da permettere la richiusura del foro da esso lasciato. L'ago deve essere introdotto per l'intero spessore del getto fresco, e per 5-10 cm in quello sottostante, se questo è ancora lavorabile. In tal modo si ottiene un adeguato legame tra gli strati e si impedisce la formazione di un "giunto freddo" tra due strati di getti sovrapposti.

I cumuli che inevitabilmente si formano quando il calcestruzzo è versato nei casseri devono essere livellati inserendo il vibratore entro la loro sommità. Per evitare la segregazione, il calcestruzzo non deve essere spostato lateralmente con i vibratorii mantenuti in posizione orizzontale, operazione che comporterebbe un forte affioramento di pasta cementizia con contestuale sedimentazione degli aggregati grossi.

La vibrazione ottenuta affiancando il vibratore alle barre d'armatura è tollerata solo se l'addensamento tra le barre impedisce l'ingresso del vibratore ed a condizione che, non ci siano sottostanti strati di calcestruzzo in fase d'indurimento.

Qualora il getto comporti la messa in opera di più strati, si dovrà programmare la consegna del calcestruzzo in modo che ogni strato sia disposto sul precedente quando questo è ancora allo strato plastico così da evitare i "giunti freddi".

I vibratorii esterni sono utilizzati generalmente negli impianti di prefabbricazione; possono comunque essere utilizzati anche nei cantieri quando la struttura è complessa o l'addensamento delle barre d'armatura limita o impedisce l'inserimento di un vibratore ad immersione.

I vibratorii superficiali applicano la vibrazione tramite una sezione piana appoggiata alla superficie del getto, in questo modo il calcestruzzo è sollecitato in tutte le direzioni e la tendenza a segregare è minima. Un martello elettrico può essere usato come vibratore superficiale se combinato con una piastra d'adeguata sezione. Per consolidare sezioni sottili è utile l'impiego di rulli vibranti. Per pavimentazioni stradali sono disponibili finitrici vibranti e macchinari di vario genere, i cui dettagli esulano dallo scopo di questo documento.

**Costipamento manuale**

Per lavori di limitata entità e quando non è possibile l'impiego di mezzi meccanici, il costipamento può essere eseguito manualmente con l'ausilio di pestelli in legno o metallici. In questi casi, onde assicurare l'efficacia del costipamento per strati successivi.

**Condizioni speciali di lavorazione****Getti a basse temperature (< +5°C)**

Si definisce "clima freddo" una condizione climatica in cui, per tre giorni consecutivi, si verifica almeno una delle seguenti condizioni:

- la temperatura media dell'aria è inferiore a 5 °C
- la temperatura dell'aria non supera 10°C per più di 12 ore.

Prima del getto si deve verificare che tutte le superfici a contatto con il calcestruzzo siano a temperatura > +5°C.

La neve ed il ghiaccio, qualora presenti, devono essere rimossi immediatamente prima del getto dalle casseforme, dalle armature e dal fondo.

I getti all'esterno devono essere sospesi se la temperatura dell'aria è ≤ 0°C; tale limitazione non si applica nel caso di getti in ambiente protetto o qualora siano predisposti opportuni accorgimenti approvati dalla Direzione Lavori (es. riscaldamento dei costituenti il calcestruzzo, riscaldamento dell'ambiente, etc...).

Il calcestruzzo deve essere protetto dagli effetti del clima freddo durante tutte le fasi di preparazione, movimentazione, messa in opera, maturazione.

Si consiglia di coibentare la cassaforma fino al raggiungimento della resistenza prescritta; in fase di stagionatura, si consiglia di ricorrere all'uso di agenti anti-evaporanti nel caso di superfici piane, o alla copertura negli altri casi, e di evitare ogni apporto d'acqua sulla superficie.

Gli elementi a sezione sottile messi in opera in casseforme non coibentate, esposti sin dall'inizio a basse temperature ambientali richiedono un'attenta e sorvegliata stagionatura. Nel caso in cui le condizioni climatiche portino al congelamento dell'acqua prima che il calcestruzzo abbia raggiunto una sufficiente resistenza alla compressione (5 N/mm<sup>2</sup>), il conglomerato può danneggiarsi in modo irreversibile. Il valore limite (5 N/mm<sup>2</sup>) corrisponde ad un grado d'idratazione sufficiente a ridurre il contenuto in acqua libera e a formare un volume d'idrati in grado di ridurre gli effetti negativi dovuti al gelo.

Durante le stagioni intermedie e/o in condizioni climatiche particolari (alta montagna) nel corso delle quali c'è comunque possibilità di gelo, tutte le superfici del calcestruzzo vanno protette, dopo la messa in opera, per almeno 24 ore. La protezione nei riguardi del gelo durante le prime 24 ore non impedisce comunque un ritardo, anche sensibile, nell'acquisizione delle resistenze nel tempo.

Nella tabella seguente sono riportate le temperature consigliate per il calcestruzzo in relazione alle condizioni climatiche ed alle dimensioni del getto.

Dimensione minima della sezione [mm <sup>2</sup> ]			
< 300	300 + 900	900 + 1800	> 1800
Temperatura minima del calcestruzzo al momento della messa in opera			
13 °C	10 °C	7 °C	5 °C
Massima velocità di raffreddamento per le superfici del calcestruzzo al termine del periodo di protezione			
1,15 °C/h	0,90 °C/h	0,70 °C/h	0,45 °C/h

Durante il "periodo freddo" la temperatura del calcestruzzo fresco messo in opera nelle casseforme non dovrebbe essere inferiore ai valori riportati in tabella. In relazione alla temperatura ambiente ed ai tempi di attesa e di trasporto si deve prevedere un raffreddamento di 2 – 5°C tra il termine della miscelazione e la messa in opera.

Durante il periodo freddo è rilevante l'effetto protettivo delle casseforme: ad esempio, quelle metalliche offrono una protezione efficace solo se sono opportunamente coibentate.

Al termine del periodo di protezione, necessario alla maturazione, il calcestruzzo deve essere raffreddato gradatamente per evitare il rischio di fessure provocate dalla differenza di temperatura tra parte interna ed esterna. La diminuzione di temperatura sulla superficie del calcestruzzo, durante le prime 24 ore, non dovrebbe superare i valori riportati in tabella. Si consiglia di allontanare gradatamente le protezioni facendo in modo che il calcestruzzo raggiunga gradatamente l'equilibrio termico con l'ambiente.

**Getti a temperature elevate (> 35°C)**

Il clima caldo influenza la qualità sia del calcestruzzo fresco, che di quello indurito. Infatti provoca una troppo rapida evaporazione dell'acqua di impasto ed una velocità di idratazione del cemento eccessivamente elevata. Le condizioni che caratterizzano il clima caldo sono:

- temperatura ambiente elevata
- bassa umidità relativa
- forte ventilazione (non necessariamente nella sola stagione calda)
- forte irraggiamento solare
- temperatura elevata del calcestruzzo.

I potenziali problemi per il calcestruzzo fresco riguardano:

- aumento del fabbisogno d'acqua
- veloce perdita di lavorabilità e conseguente tendenza a rapprendere nel corso della messa in opera

- riduzione del tempo di presa con connessi problemi di messa in opera, di compattazione, di finitura e rischio di formazione di giunti freddi
- tendenza alla formazione di fessure per ritiro plastico
- difficoltà nel controllo dell'aria inglobata.

I potenziali problemi per il calcestruzzo indurito riguardano:

- riduzione della resistenza a 28 giorni e penalizzazione nello sviluppo delle resistenze a scadenze più lunghe, sia per la maggior richiesta di acqua, sia per effetto del prematuro indurimento del calcestruzzo
- maggior ritiro per perdita di acqua
- probabili fessure per effetto dei gradienti termici (picco di temperatura interno e gradiente termico verso l'esterno)
- ridotta durabilità per effetto della diffusa micro-fessurazione
- forte variabilità nella qualità della superficie dovuta alle differenti velocità di idratazione
- maggior permeabilità.

Durante le operazioni di getto la temperatura dell'impasto non deve superare 35°C ; tale limite dovrà essere convenientemente ridotto nel caso di getti di grandi dimensioni.

Esistono diversi metodi per raffreddare il calcestruzzo; il più semplice consiste nell'utilizzo d'acqua molto fredda o di ghiaccio in sostituzione di parte dell' acqua d'impasto. Per ritardare la presa del cemento e facilitare la posa e la finitura del calcestruzzo si possono aggiungere additivi ritardanti, o fluidificanti ritardanti di presa, preventivamente autorizzati dalla Direzione Lavori.

#### **Getti in acqua**

La posa del calcestruzzo deve essere effettuata in modo da eliminare il rischio di dilavamento. I metodi esecutivi dovranno assicurare l'omogeneità del calcestruzzo ed essere tali che la parte di getto a contatto diretto con l'acqua non sia mescolata alla restante massa di calcestruzzo, mentre la parte eventualmente dilavata oppure carica di fanghiglia possa esser eliminata con scalpellatura.

Pertanto al momento del getto il calcestruzzo dovrà fluire quale massa compatta affinché lo stesso sia, dopo l'indurimento, il più denso possibile senza costipazione; dovrà essere data la preferenza a composizioni granulometriche continue; occorre che venga tenuto particolarmente in considerazione il contenuto di materiale fine. Nel caso di getto eseguito con benna entro tubazioni in pressione con rifluimento dal basso, si dovrà procedere in modo che la massa del calcestruzzo sposti l'acqua, lasciando possibilmente costante la superficie di calcestruzzo venuto originariamente a contatto con l'acqua stessa. Non sono consentiti getti diretti in acque aggressive, in specie se con sensibile acidità.

E' consigliabile l'uso di additivi superfluidificanti in modo da ottenere calcestruzzi con rapporto acqua - cemento compreso fra 0,45 e 0,50, che siano ugualmente molto fluidi, coesivi e non segregabili.

#### **Getti contro terra**

Il terreno a contatto del getto deve essere stabile o adeguatamente stabilizzato e non deve produrre alterazioni della quantità dell'acqua dell'impasto.

Inoltre non deve presentare in superficie materiale sciolto che potrebbe mescolarsi al calcestruzzo.

In genere si consiglia una opportuna preparazione della superficie del terreno (ad esempio, con calcestruzzo magro per le fondazioni, calcestruzzo proiettato per gallerie, pozzi e muri di sostegno).

I ricoprimenti delle armature devono essere quelli relativi agli ambienti aggressivi.

#### **Interruzione nel lavoro**

I getti dovranno essere adeguatamente programmati in modo tale che le interruzioni avvengano in corrispondenza di manufatti compiuti. Qualora ciò non fosse possibile per il sopravvenire di eventi imprevedibili, si dovranno porre in opera tutte le precauzioni (ad es.: uso di ritardanti, resine sintetiche, armature supplementari, ecc.) atte ad escludere qualsiasi rischio di riduzione della resistenza del calcestruzzo. In proposito dovrà essere interpellata la D.L. per le approvazioni e verifiche necessarie.

In corrispondenza delle interruzioni di getto per travi e solai, il calcestruzzo dovrà essere contenuto entro i casseri da pareti provvisorie: non saranno ammesse interruzioni di getto con calcestruzzo fresco libero nelle sue parti terminali e non opportunamente contrastato da superfici solide.

Nel caso di presenza di falde d'acqua in pressione sarà necessario prevedere l'uso di profili water stop (PVC) per la tenuta idraulica in corrispondenza dell'interruzione di getto.

Le dimensioni, la sagoma ed il tipo dei profili water stop sono soggetti all'approvazione della D.L.

#### **Riprese del getto**

Le superfici di ripresa devono essere pulite, scabre e sufficientemente umide.

Le riprese, non previste in fase di progetto, devono essere eseguite in senso pressoché normali alla direzione degli sforzi di compressione, escludendo le zone di massimo momento flettente.

Se una interruzione del getto producesse una superficie di ripresa mal orientata, il conglomerato dovrà essere demolito onde realizzare una superficie opportunamente orientata per la ripresa.

Laddove specificatamente richiesto si dovrà provvedere alla preparazione, previa pulizia delle superfici, con resine epossidiche e collegamento tra il vecchio ed il nuovo getto realizzato con lamiera stirate.

#### **Protezione termica durante la stagionatura**

Per limitare il rischio delle fessure superficiali, dovute agli effetti termici, è opportuno proteggere adeguatamente la struttura in modo da ridurre il  $\Delta T$  fra l'interno e l'esterno.

Particolare attenzione deve essere posta ai getti di grosse dimensioni, in cui l'inerzia termica della parte interna ed il rapido raffreddamento di quella esterna, può provocare stati di coazione. Il progettista e/o la Direzione Lavori possono prescrivere la

verifica degli innalzamenti termici e dei gradienti termici in diversi punti di una sezione di calcestruzzo, facendo predisporre termocoppie all'interno delle casseforme ed opportuni interventi di coibentazione della struttura o di variazione della composizione del calcestruzzo.

I più comuni sistemi di protezione termica adottabili nei getti di cantiere:

- Cassaforma isolante  
Il  $t \leq 20^{\circ}\text{C}$  può essere rispettato se si usa una cassaforma isolante, es. legno compensato con spessore  $\geq 2$  cm, o se il getto si trova contro terra;
- Sabbia e foglio di polietilene  
La parte superiore del getto si può proteggere con un foglio di polietilene coperto con 7-8 cm di sabbia. Il foglio di polietilene ha anche la funzione di mantenere la superficie pulita e satura d'umidità;
- Immersione in leggero strato d'acqua  
La corretta stagionatura è assicurata mantenendo costantemente umida la struttura messa in opera. Nel caso di solette e getti a sviluppo orizzontale si suggerisce di creare un cordolo perimetrale che permette di mantenere la superficie costantemente ricoperta da alcuni centimetri d'acqua.  
Occorre porre attenzione, in condizioni di forte ventilazione, alla rapida escursione della temperatura sulla superficie per effetto dell'evaporazione;
- Coibentazione con teli flessibili  
Sono ideali nelle condizioni invernali, in quanto permettono di trattenere il calore nel getto, evitando la dispersione naturale; si deve tener conto, tuttavia, che, nella movimentazione, le coperte possono essere facilmente danneggiate.  
Al fine di assicurare alla struttura un corretto sistema di stagionatura in funzione delle condizioni ambientali, della geometria dell'elemento e dei tempi di scasseratura previsti, la D.L. prevederà ad eseguire in cantiere una serie di verifiche che assicurino l'efficacia delle misure di protezione adottate.  
Si deve ricorrere alla protezione con teli anche quando ci sia il rischio di dilavamento del getto, in caso di piogge battenti o di essiccamento troppo rapido per un irraggiamento solare eccessivo.

### **Stagionatura e disarmo**

#### ***Prevenzione delle fessure da ritiro plastico***

A getto ultimato dovrà essere curata la stagionatura dei conglomerati cementizi in modo da evitare un rapido prosciugamento delle superfici esposte all'aria dei medesimi e la conseguente formazione di fessure da ritiro plastico, usando tutte le cautele ed impiegando i mezzi più idonei allo scopo, fermo restando che il sistema proposto dall'Impresa dovrà essere approvato dalla Direzione Lavori.

A questo fine le superfici del conglomerato cementizio non protette dalle casseforme dovranno essere mantenute umide il più a lungo possibile e comunque per almeno 7 giorni, sia per mezzo di prodotti antievaporanti (curing), da applicare a spruzzo subito dopo il getto, sia mediante continua bagnatura, sia con altri sistemi idonei.

I prodotti antievaporanti (curing) ed il loro dosaggio dovranno essere approvati dalla Direzione Lavori. Le loro caratteristiche dovranno essere conformi a quanto indicato nelle Norme UNI. La costanza della composizione dei prodotti antievaporanti dovrà essere verificata, a cura della Direzione Lavori ed a spese dell'Impresa, al momento del loro approvvigionamento. In particolare per le solette, che sono soggette all'essiccamento, prematuro ed alla fessurazione da ritiro plastico che ne deriva, è fatto obbligo di applicare sistematicamente i prodotti antievaporanti di cui sopra.

E' ammesso in alternativa l'impiego, anche limitatamente ad uno strato superficiale di spessore non minore di 20 cm, di conglomerato cementizio rinforzato da fibre di resina sintetica di lunghezza da 20 a 35 mm, di diametro di alcuni millesimi di millimetro aggiunti nella betoniera e dispersi uniformemente nel conglomerato cementizio, in misura di 0,5 - 1,5 kg/m<sup>3</sup>.

Nel caso che sulle solette si rilevino manifestazioni di ritiro plastico con formazione di fessure di apertura superiore a 0,3 mm, l'Impresa dovrà provvedere a sua cura e spese alla demolizione ed al rifacimento delle strutture danneggiate.

#### ***Maturazione accelerata a vapore***

La maturazione accelerata a vapore deve essere eseguita osservando le prescrizioni che seguono il disposto della Norma UNI EN 206-1:2006:

- la temperatura del conglomerato cementizio, durante le prime 3 h dall'impasto non deve superare 303 K, dopo le prime 4 h dall'impasto non deve superare 313 K;
- il gradiente di temperatura non deve superare 20 K/h;
- la temperatura massima del calcestruzzo non deve in media superare 333 K (i valori singoli devono essere < di 338 K);
- il calcestruzzo deve essere lasciato raffreddare con un gradiente di temperatura non maggiore di 10 K/h;
- durante il raffreddamento e la stagionatura occorre ridurre al minimo la perdita di umidità per evaporazione.

#### ***Disarmo e scasseratura***

Il disarmo comprende le fasi che riguardano la rimozione delle casseforme e delle strutture di supporto; queste non possono essere rimosse prima che il calcestruzzo abbia raggiunto la resistenza sufficiente a:

- sopportare le azioni applicate
- evitare che le deformazioni superino le tolleranze specificate
- resistere ai deterioramenti di superficie dovuti al disarmo.

Durante il disarmo è necessario evitare che la struttura subisca colpi, sovraccarichi e deterioramenti.

I carichi sopportati da ogni centina devono essere rilasciati gradatamente, in modo tale che gli elementi di supporto contigui non siano sottoposti a sollecitazioni brusche ed eccessive.

La stabilità degli elementi di supporto e delle casseforme deve essere assicurata e mantenuta durante l'annullamento delle reazioni in gioco e lo smontaggio. La procedura di puntellatura e di rimozione dei puntelli è bene sia oggetto di un'apposita nota progettuale (di Capitolato o della Direzione Lavori) in cui dovrà essere specificato come procedere al fine di ridurre ogni rischio per l'incolumità di persone e cose ed ottenere le prestazioni attese. Il disarmo deve avvenire gradatamente adottando i provvedimenti necessari ad evitare brusche sollecitazioni ed azioni dinamiche. Infatti, l'eliminazione di un supporto dà luogo, nel punto di applicazione, ad una repentina forza uguale e contraria a quella esercitata dal supporto (per carichi verticali, si tratta di forze orientate verso il basso, che danno luogo ad impropri aumenti di sollecitazione delle strutture). Il disarmo non deve avvenire prima che la resistenza del conglomerato abbia raggiunto il valore necessario in relazione all'impiego della struttura all'atto del disarmo, tenendo anche conto delle altre esigenze progettuali e costruttive.

Si può procedere alla rimozione delle casseforme dai getti solo quando è stata raggiunta la resistenza indicata dal progettista e comunque non prima dei tempi prescritti nei decreti attuativi della Legge n° 1086/71; in ogni caso il disarmo deve essere autorizzato e concordato con la Direzione Lavori.

Si deve porre attenzione ai periodi freddi, quando le condizioni climatiche rallentano lo sviluppo delle resistenze del calcestruzzo, come pure al disarmo ed alla rimozione delle strutture di sostegno delle solette e delle travi. In caso di dubbio, è opportuno verificare la resistenza meccanica reale del calcestruzzo.

#### **Protezione dopo la scasseratura**

Si richiama quanto previsto dalla norma UNI EN 206-1:2006; al fine di evitare un prematuro essiccamento dei manufatti dopo la rimozione delle casseforme, a seguito del quale l'indurimento è ridotto e il materiale risulta più poroso e permeabile, si dovrà procedere ad una stagionatura da eseguire con i metodi sopra indicati.

La durata della stagionatura, intesa come giorni complessivi di permanenza nei casseri e di protezione dopo la rimozione degli stessi, va determinata in base alle indicazioni della norma UNI EN 206-1:2006.

#### **5.4.7. Prova sui materiali e sul conglomerato cementizio fresco**

Fermo restando quanto stabilito al precedente punto riguardo alla resistenza dei conglomerati cementizi, la Direzione Lavori si riserva la facoltà di prelevare, in ogni momento e quando lo ritenga opportuno, ulteriori campioni di materiali o di conglomerato cementizio da sottoporre ad esami o prove di laboratorio.

In particolare in corso di lavorazione sarà controllata la consistenza, l'omogeneità, il contenuto d'aria, il rapporto acqua/cemento e l'acqua essudata (bleeding).

La prova di consistenza si eseguirà misurando l'abbassamento al cono di ABRAMS (slump), come disposto dalla Norma UNI EN 12350-2:2009. Tale prova sarà considerata significativa per abbassamenti compresi fra cm 2 e cm 20. Per abbassamenti inferiori a cm 2 si dovrà eseguire la prova con la tavola a scosse secondo la Norma UNI EN 12350-5:2009, o con l'apparecchio VEBÈ secondo la Norma UNI EN 12350-3:2009.

La prova di omogeneità verrà eseguita vagliando ad umido due campioni di conglomerato, prelevati a 1/5 e 4/5 dello scarico della betoniera, attraverso il vaglio a maglia quadra da mm 4.

La percentuale in peso di materiale grosso nei due campioni non dovrà differire più del 10%. Inoltre lo slump dei due campioni prima della vagliatura non dovrà differire più di cm 3.

La prova del contenuto d'aria è richiesta ogni qualvolta si impieghi un additivo aerante e comunque dovrà essere effettuata almeno una volta per ogni giorno di getto. Essa verrà eseguita secondo la Norma UNI EN 12350-7:2009.

Il rapporto acqua/cemento del conglomerato cementizio fresco dovrà essere controllato in cantiere, secondo la Norma UNI EN 206-1:2006, almeno una volta per ogni giorno di getto.

In fase di indurimento potrà essere prescritto il controllo della resistenza a diverse epoche di maturazione, su campioni appositamente confezionati.

Sul conglomerato cementizio indurito la Direzione Lavori potrà disporre la effettuazione di prove e controlli mediante prelievo di carote e/o altri sistemi anche non distruttivi quali ultrasuoni, misure di pull out, contenuto d'aria da aerante, ecc.

#### **Provini**

- a) prova del cono di cui alla EN 12350-6:2009;
- b) prova del dosaggio di cemento di cui alla UNI 6393:1988 e alla EN 12350-6:2009;
- c) prova del contenuto d'aria di cui alla UNI EN 12350-7:2009;
- d) prova del contenuto d'acqua;
- e) prova di omogeneità in caso di trasporto con autobetoniera;
- f) prova di resistenza a compressione su campioni cilindrici prelevati con carotaggio da strutture già stagionate;
- g) prova di resistenza a compressione con sclerometro.

#### **Determinazione del diametro massimo degli inerti**

La determinazione del diametro massimo degli inerti verrà effettuata come segue:

Dalla massa di calcestruzzo da esaminare si prelevano circa 10 Kg di materiale. Tale quantità, dopo la pesatura (sia P il peso), verrà posta in un vaglio, con diametro dei fori corrispondente al diametro massimo nominale D dell'inerte, e setacciata in acqua. Il residuo del vaglio sarà scolato e pesato (sia p il peso).

La percentuale di elementi d'inerte con diametro D, di valore  $p/P \times 100$ , non dovrà superare il 3% (residuo al vaglio).

Nella misura dei pesi P e p è accettato un errore non superiore allo 0,2%.

La prova deve essere eseguita entro 30 minuti dal prelievo di calcestruzzo, a meno che non vengano impiegati ritardanti di presa.

Il controllo deve essere eseguito ogni qualvolta vari la provenienza e/o la qualità degli inerti.

#### 5.4.8. Stati superficiali del getto

Dopo che ogni singola parte sia stata disarmata, le superfici dei getti, previo benestare della Direzione dei Lavori, andranno regolarizzate in modo da togliere eventuali risalti e sbavature, riempire i vuoti e riparare parti eventualmente non perfettamente riuscite. Le superfici faccia a vista dovranno presentare le seguenti caratteristiche:

- avere un colore uniforme proprio del calcestruzzo solido; non sono consentiti schiarimenti dovuti a separazione della calce, screziature o corpi estranei;
- essere continue, quindi prive di nidi di ghiaia o di sabbia, pori d'aria, zone magre, screpolature di ritiro o di assestamento, danni del gelo o degli additivi antigelo, scalpellature e fresature, perdite di sabbia in superficie (irruvidimenti), distacchi della pellicola di cemento, presenza di alghe, funghi, macchie di olio, fuliggine, ruggine e simili, presenza di corrosioni dovute sia agli acidi che all'aggressione di solfati e simili, ecc.

#### 5.4.9. Classificazione degli stati superficiali

Le superfici di conglomerato cementizio in relazione al loro grado di finitura, conseguente anche alle classi di casseforme impiegate, possono essere delle seguenti quattro classi, con i requisiti appresso indicati:

- A (speciale);
- B (accurata);
- C (ordinaria);
- D (grossolana).

Qualora non diversamente e particolarmente disposto le superfici di conglomerato cementizio normale dovranno corrispondere almeno alla classe B, se faccia a vista alla classe A.

#### **Planarità generale**

L'errore percentuale di planarità "d" misurato mediante un regolo lungo 3 m posto sulla superficie da controllare, viene espresso da:

$$d = h/L \quad \begin{array}{l} h = \text{massima altezza rilevata tra la superficie del calcestruzzo e la base del regolo, espressa in millimetri} \\ L = \text{lunghezza del regolo, espressa in millimetri.} \end{array}$$

Per le classi previste, l'errore di planarità non dovrà essere superiore a:

- Classe A -  $d = 0.4\%$
- Classe B -  $d = 0.6\%$
- Classe C -  $d = 1.0\%$

#### **Planarità locale**

L'errore di planarità locale "e" viene misurato mediante un regolo di 20 cm, comunque posto sulla superficie da controllare, rilevando i valori massimi delle sporgenze e delle rientranze.

Per le classi previste, l'errore di planarità locale non dovrà essere superiore a:

- Classe A -  $e = 3 \text{ mm}$
- Classe B -  $e = 6 \text{ mm}$
- Classe C -  $e = 10 \text{ mm}$

#### **Gradini dovuti al posizionamento dei casseri**

Qualora tra singole zone di una superficie di conglomerato cementizio vi siano differenze di altezza, appositamente predisposte o fortuite, lo scarto "f" sulla differenza progettuale di altezza tra le zone (per superfici piane la differenza progettuale è zero) non dovrà essere, per le classi previste, superiore a:

- Classe A -  $f = 3 \text{ mm}$
- Classe B -  $f = 6 \text{ mm}$
- Classe C -  $f = 10 \text{ mm}$

#### **Giunti tra elementi**

I giunti tra gli elementi di conglomerato cementizio, siano essi effettivi o fittizi, dovranno essere rettilinei ed avere larghezza uniforme con la tolleranza qui sotto specificata. Rilevato su ciascun elemento lo scarto massimo rispetto allo spigolo rettilineo teorico, si definisce errore totale sul giunto la somma dei valori assoluti degli scarti massimi rilevati.

L'errore totale ammesso "g" è, per le classi previste, il seguente, ove "L" è la larghezza progettuale del giunto:

- Classe A -  $g = 0.3 L$
- Classe B -  $g = 0.5 L$
- Classe C -  $g = 0.7 L$

con un valore max, però, rispettivamente di:

- Classe A - 8 mm
- Classe B - 10 mm
- Classe C - 15 mm

**Distanza fra i motivi decorativi**

Il rapporto "r" tra la distanza reale e la distanza teorica tra i motivi decorativi previsti in progetto dovrà essere, per le classi previste, compreso tra i seguenti valori:

Classe A -  $r = 0.9 / 1.1$

Classe B -  $r = 0.7 / 1.3$

Classe C -  $r = 0.5 / 1.5$

**5.4.10. Tolleranze**

I getti dovranno essere eseguiti con le seguenti tolleranze massime accettabili, fermo restando quanto stabilito ai punti precedenti sulla classificazione degli stati superficiali del calcestruzzo.

- fuori piano (distanza di uno dei vertici dal piano definito dagli altri tre): max 10 mm per ogni metro di distanza dallo spigolo più vicino con un max di 30 mm;
- lunghezze: 1/200 della dimensione nominale con un max di 30 mm; la somma degli scarti tollerati tra gli elementi contigui sommandosi sarà inferiore alla tolleranza max di 30 mm;
- il fuori piombo max delle strutture verticali potrà essere pari ad 1/200 dell'altezza della struttura stessa, con un max di 20 mm.

**5.5. Manufatti in cemento armato contenenti liquidi**

Per i getti di vasche e altri manufatti contenenti, ad impianto funzionante, liquidi, tenuto conto anche delle caratteristiche di aggressività di questi, è richiesta una perfetta impermeabilità.

Si consiglia allo scopo l'adozione degli accorgimenti seguenti:

- controllo della granulometria degli inerti;
- controllo del rapporto acqua - cemento nella preparazione del conglomerato;
- impiego di additivi appropriati;
- esclusione, nell'esecuzione dei getti, di tiranti passanti;
- vibrazione dei getti;
- esclusione di riprese dei getti durante l'esecuzione delle singole vasche o di vasche con pareti in comune;
- sigillatura dei distanziali.

L'Impresa ha ampia facoltà di adottare altri sistemi che ritenga più idonei, previo consenso della Direzione dei Lavori.

Resta in ogni caso a carico dell'Impresa la responsabilità e la garanzia di tenuta delle vasche.

Le pareti e i fondi non dovranno essere intonacati ma lasciati in vista; pur non essendo richiesta una finitura superficiale a faccia vista, è richiesta una superficie priva di vistose asperità, di porosità, ecc.: a tale scopo si consiglia, ove possibile, l'uso di casseri a pannello o di casseri metallici.

I ferri di armatura dovranno essere ricoperti da almeno 4 cm. di calcestruzzo a partire dal bordo esterno delle staffe.

Nell'esecuzione delle opere dovranno essere rispettate le tolleranze sulle dimensioni e sulle quote altimetriche e di planarità espressamente indicate negli elaborati grafici di progetto.

È obbligo dell'Impresa avvertire con sufficiente anticipo la Direzione dei Lavori della esecuzione dei getti; quest'ultima potrà in ogni caso richiedere quelle modifiche, o interventi, sulla cassetta che riterrà opportuni per una migliore esecuzione.

Nelle riprese di getto dovranno essere adottati tutti gli accorgimenti necessari a garantire la completa tenuta delle vasche ed un aspetto estetico privo di discontinuità. Per tutti i giunti deve essere garantita la perfetta tenuta idraulica mediante l'inserimento di opportuni profilati come di seguito esplicitato.

Profilati in pvc per giunti a tenuta idraulica.

Profilati di particolare elasticità, costituiti da resine viniliche termoplastiche di alta qualità, che presentano elevata resistenza all'azione aggressiva delle soluzioni acido alcaline, all'invecchiamento ed alle sollecitazioni meccaniche.

Dati tecnici sul materiale:

- |                                    |                        |
|------------------------------------|------------------------|
| ▪ tipo                             | cloruro di polivinile  |
| ▪ peso specifico                   | 1,28 kg/ lt ±0,02      |
| ▪ durezza shore a +20 °C           | 68 ± 3                 |
| ▪ resistenza a trazione a +20 °C   | ≥ 10 N/mm <sup>2</sup> |
| ▪ allungamento a rottura           | ≥ 275%                 |
| ▪ limiti di temperatura di impiego | da -35 °C a +60 °C     |

**Posa in opera**

- **Profilati annegati.**

I profilati devono essere annegati nel getto di calcestruzzo con una copertura minima pari ad 1,1 volte la lunghezza della loro ala. La parte del profilato che viene annegata nel calcestruzzo deve essere fissata all'armatura con filo di ferro od a mezzo di apposite clips curando, se trattasi di giunti di dilatazione, di interporre apposito materiale morbido per la realizzazione del giunto e per impedire l'intasamento con parti rigide del giunto stesso.

- **Profilati di superficie**

I profilati di questo tipo dovranno essere fissati direttamente sul cassero o sul sottofondo coerente. I peduncoli di ancoraggio dovranno essere rivolti verso il getto di calcestruzzo.

I suddetti profilati possono essere saldati direttamente in cantiere a mezzo di saldatrice elettrica a resistenza munita di bocchetta di uscita di aria calda, secondo il seguente schema:

- tagliare le estremità da giuntare in modo che combacino;
- accostarle e dirigere su di esse il getto di aria calda (circa 400 - 600 °C) sino a rammollimento del materiale;
- unire immediatamente le due estremità sino ad avvenuta solidificazione;
- completare le giunzioni con apposito nastro coprigiunto in P.V.C. lungo tutto il perimetro della saldatura stessa.

## 5.6. CALCESTRUZZI ALLEGGERITI

### 5.6.1. Calcestruzzi leggeri strutturali

I calcestruzzi sono dei conglomerati nei quali il cemento “lega” tra loro diversi “aggregati”. Nei calcestruzzi leggeri gli aggregati naturali sono sostituiti, del tutto o in parte, con aggregati leggeri.

L’argilla espansa ha grande “affinità” con il cemento e si presta quindi benissimo ad essere utilizzata come aggregato per calcestruzzi leggeri. In base alla percentuale di argilla espansa utilizzata si possono ottenere calcestruzzi più o meno leggeri; in funzione della densità cambiano anche altre caratteristiche del calcestruzzo: la resistenza a compressione, la conducibilità termica ed il modulo elastico. I calcestruzzi leggeri possono essere utilizzati per getti in opera o per la produzione di manufatti, scegliendo le formulazioni più opportune in funzione dell’impiego specifico.

Le caratteristiche meccaniche dei calcestruzzi leggeri sono ovviamente influenzate, oltre che dalla tipologia di argilla espansa, anche dalla qualità e quantità di cemento utilizzato, dal rapporto acqua cemento e da tutte le altre variabili che hanno influenza nei normali calcestruzzi. I calcestruzzi leggeri possono essere divisi in calcestruzzi a struttura chiusa (strutturali e non) e in betoncini a struttura aperta. I calcestruzzi con argilla espansa a struttura chiusa hanno densità comprese tra 1.000 e 2.000 kg/m<sup>3</sup> e si dividono in calcestruzzi strutturali e non strutturali. Sui calcestruzzi leggeri a struttura chiusa esistono le seguenti norme tecniche:

- UNI 7548 “Calcestruzzo leggero con argilla o scisti espansi”;
- UNI 7549 “Aggregati leggeri” (per calcestruzzi)
- UNI 13055 “Aggregati leggeri” (per calcestruzzi)

#### **Calcestruzzi leggeri strutturali per cemento armato**

Hanno densità comprese tra 1.400 e 2.000 kg/m<sup>3</sup> e resistenze a compressione superiori ai 250 kg/cm<sup>2</sup>. Le caratteristiche di resistenza meccanica dei calcestruzzi sono fortemente influenzate dalla resistenza a compressione dei granuli di aggregato. Perciò normalmente si utilizzano le granulometrie tipo Leca® “Leca strutturale” e/o “Terre Cotte”, aventi maggior densità e maggior resistenza dei granuli. Si tenga presente che, ovviamente, le caratteristiche dipendono anche da diversi altri fattori, comuni a tutti i calcestruzzi (dosaggio e tipo di cemento, rapporto A/C, modalità di confezione e posa, ecc.). I calcestruzzi alleggeriti strutturali sono utilizzati sia per getti in opera (solai in c.a. a soletta piena precompressa e non, consolidamento di solai in legno, getti collaboranti su lamiera grecata, opere varie in cemento armato nelle quali sia importante limitare il peso proprio), sia nel settore prefabbricati (tegoli, pannelli).

#### **Condizioni generali**

**In generale vale tutto quanto detto nei paragrafi precedenti, con riferimento sia alle parti generali che a quelle relative al calcestruzzo ordinario, con l’aggiunta di prescrizioni particolari che valgono solo per i calcestruzzi alleggeriti, di seguito illustrate.**

#### **Cenni normativi**

L’impiego di calcestruzzi leggeri per opere in cemento armato è regolamentato dal Decreto del Ministero dei Lavori Pubblici del 9-1-96 - “Norme tecniche per il calcolo, l’esecuzione ed il collaudo delle strutture in cemento armato” e dalle successive “Istruzioni per l’applicazione delle Norme tecniche ed il collaudo delle opere in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche” di cui al D.M. 9-1-96” pubblicate sulla Gazzetta Ufficiale del 26-11-96.

Si riportano qui di seguito alcuni punti particolarmente significativi, tratti dalle suddette “Istruzioni”:

....omissis...

E. Strutture in conglomerato cementizio con armatura normale o di precompressione e confezionato con aggregati leggeri artificiali.

Per le opere e gli elementi strutturali in conglomerato cementizio confezionato con aggregati leggeri artificiali così come definito in E.1 e con armatura normale e/o presollecitata, si applicano le norme relative ai calcestruzzi ordinari (Norme Tecniche – Parte 1° e relativi allegati), modificate ed in integrate dalle norme seguenti.

#### **E.1 Calcestruzzo leggero strutturale**

Si definisce calcestruzzo leggero strutturale, un conglomerato cementizio a struttura chiusa ottenuto sostituendo tutto o in parte l’inerte ordinario con aggregato leggero artificiale, costituito da argilla o scisti espansi. Questo calcestruzzo è caratterizzato da una massa volumica a 28 gg. compresa tra 1.400 e 2.000 kg/m<sup>3</sup>. La resistenza caratteristica a compressione Rck a 28 gg. deve risultare non inferiore a 15N/mm<sup>2</sup>. La massa volumica del conglomerato viene misurata secondo le procedure indicate nella norma UNI 7548 – Parte 2° (giugno 1976). Per la determinazione di Rck valgono le prescrizioni relative ai conglomerati ordinari.

....omissis...

#### **Controlli preliminari in fase di accettazione della miscela**

Per procedere all’accettazione della miscela è necessario eseguire una campagna di prove allo scopo di verificare che siano raggiunti i parametri progettuali assunti alla base del calcolo, in particolare sarà necessario verificare anche:

- Proprietà meccaniche:
  - resistenza caratteristica a compressione a 1/7/14/28 gg.
  - resistenza caratteristica a trazione a 1/7/14/28 gg.

modulo elastico statico secante a 7/14/28 gg.  
 prove per l'individuazione del coefficiente di Poisson e del coefficiente di dilatazione termica  
 aderenza dell'acciaio a 28 gg

- Proprietà fisiche:

massa volumica della miscela fresca  
 massa volumica della miscela indurita  
 ritiro igrometrico a 7/14/28/90 gg  
 deformazione viscosa con e senza sollecitazione di compressione a 7/14/28/90 gg  
 penetrazione di CO<sub>2</sub> (30% CO<sub>2</sub> in aria) in mm a 7/14/28/90 gg  
 penetrazione di Cl<sup>-</sup> (3.5% NaCl in aria) a 7/14/28/90 gg

### Controlli nel corso dei lavori

Le proprietà meccaniche e le proprietà fisiche di cui al paragrafo precedente devono essere costantemente monitorate durante la fase di cantiere ogni 200 mc di miscela omogenea prodotta prelevando cubetti in numero tale da poter effettuare almeno 6 prove per ogni grandezza che si intende misurare. Tali prove sono in aggiunta a quelle previste per dalle norme per il calcestruzzo normale.

### 5.6.2. Calcestruzzi con argilla espansa

#### Generalità

Si tratta di calcestruzzi alleggeriti con funzione termoisolante delle coperture impermeabilizzate con sistemi utilizzando guaine in PVC o quale strato isolante sottopavimento all'interno degli edifici, costituiti da un conglomerato cementizio di cemento Portland miscelato in proporzioni variabili con aggregati leggeri di argilla di cava espansa, successivamente pompato in opera.

Caratteristiche tecniche	Coibentazione coperture	Strati di sottopavimentazione
Massa volumica	< 700 kg/mc	< 1150 Kg/mq
Resistenza compressione	> 70 Kg/cm <sup>2</sup>	< 200 Kg/cm <sup>2</sup>
Conducibilità Termica	0,12 W/mK	0.15 W /mq °K
Reazione al fuoco	Classe 0	Classe 0
Granulometria	8 - 20 mm	0 - 4 mm
Cemento	Tipo 325 - 150 Kg	Tipo 425 - 300 Kg/mc
Sabbia	50 Kg	500 Kg

#### Posa in opera

E' necessaria una accurata pulizia del piano di posa nonché la protezione delle tubazioni e di cavidotti mediante ricoprimenti in malta cementizia.

Per quanto riguarda la conservazione dei componenti, il confezionamento, il trasporto, i costipamento, le condizioni speciali di lavorazione, la classificazione degli strati superficiali, le tolleranze, ulteriori indicazioni riguardanti il getto e la messa in opera si vedano i punti riguardanti il calcestruzzo normale.

### 5.6.3. Calcestruzzi cellulari

#### Generalità

Si tratta di calcestruzzi alleggeriti con funzione termoisolante delle coperture successivamente impermeabilizzate con guaine bituminose tradizionali, costituiti da un conglomerato cementizio di cemento Portland 325 additivato con schiume preformate atte ad introdurre nell'impasto bolle d'aria, in modo tale da costituire una struttura microcellulare; tale impasto viene miscelato mediante utilizzo di appositi macchinari ed additivi e successivamente pompato in opera.

#### Caratteristiche tecniche

Massa volumica	< 700 kg/mc
Resistenza compressione	> 15 Kg/cm <sup>2</sup>
Conducibilità Termica	<0,12-0.15 W/mK
Reazione al fuoco	Classe 0
Cemento	Tipo 325 - 200 Kg
Sabbia (staccio 2-Uni 2332)	400 Kg

#### Posa in opera

E' necessaria una accurata pulizia del piano di posa nonché la protezione delle tubazioni e di cavidotti mediante ricoprimenti in malta cementizia.

### 5.6.4. Calcestruzzi termoisolanti

#### Generalità

Si tratta di calcestruzzi alleggeriti con funzione termoisolante, costituiti da un conglomerato cementizio di cemento Portland 325 additivato con perline vergini di polistirene espanso; tale impasto viene miscelato mediante utilizzo di appositi macchinari ed additivi e successivamente pompato in opera.

**Caratteristiche tecniche**

Densità a secco	300 kg/mc
Resistenza compressione	> 15 Kg/cm <sup>2</sup>
Conducibilità Termica $\lambda$ Kcal/mh°C	0,076
Reazione al fuoco	Classe 0
Cemento	Tipo 325 - 200 Kg

**Posa in opera**

E' necessaria una accurata pulizia del piano di posa nonché la protezione delle tubazioni e di cavidotti mediante ricoprimenti in malta cementizia.

**5.7. PROTEZIONE DEI CONGLOMERATI CEMENTIZI****5.7.1. Definizione**

In relazione alle caratteristiche delle strutture da proteggere, potranno essere adottati diversi cicli di protezione. La scelta del ciclo da impiegare è di competenza della Direzione Lavori e dipenderà dalla rispondenza alle caratteristiche di seguito riportate e da valutazioni di tipo economico nell'ambito di ciascuna categoria di protezione.

**Massima protezione**

La massima protezione si intende riferita a quelle superfici a vista quali: parapetti, cordoli, baggioli, ecc. che sono soggette alle azioni aggressive dirette. I prodotti impiegati dovranno possedere caratteristiche chimico - fisiche tali da resistere agli agenti degradanti esterni quali ioni salini, raggi ultravioletti ed infrarossi, acque meteoriche ecc. Potranno essere impiegati i seguenti tipi di protettivi:

- 1) Protettivi filmogeni costituenti una pellicola protettiva a basso o ad alto spessore e non conferenti migliorie necessarie ai conglomerati cementizi.
- 2) Protettivi strutturali costituiti da monomeri organici che polimerizzano all'interno della struttura in conglomerato cementizio alla quale conferiscono elevate caratteristiche di durabilità e resistenza.

**Media protezione**

La media protezione si intende riferita a quelle superfici protette o non esposte, quali: solette da impalcato, teste pile, ecc.

Tali superfici sono soggette alle azioni aggressive indirette non generalizzate.

I prodotti impiegati dovranno possedere caratteristiche chimico fisiche tali da resistere agli ioni salini, alle acque di percolamento, ecc.

Potranno essere usati i seguenti tipi di protettivi:

- 1) protettivi impregnanti agenti con funzioni di tipo chimico - fisico, dispersi in veicolo non acquoso; (intasamento dei fori e/o presenza di ioni inorganici e stabilizzanti). Tali sostanze non cambiano le caratteristiche necessarie dei conglomerati cementizi ma ne migliorano la durabilità;
- 2) tutti i tipi di materiali considerati per la massima protezione sono assettati anche per la media protezione;
- 3) potranno essere impiegati materiali impregnanti di origine organica ed inorganica dispersi in veicolo acquoso.

Tutti i prodotti usati per la protezione delle solette degli impalcati devono mantenere invariate le caratteristiche chimico fisiche anche quando vengono a contatto con prodotti a temperature elevate ( 473 K ) usati per l'impermeabilizzazione dell'impalcato.

**5.7.2. Cicli protettivi****Protettivi filmogeni**

Di seguito viene descritto un ciclo di protezione formato da tre strati di prodotti vernicianti, a due componenti, indurenti all'aria.

Le caratteristiche di composizione dei tre strati dovranno essere le seguenti.

**1° Strato**

Mano di fondo epossidica bicomponente costituita da:

**Componente A):**

Pittura base: pigmento attivo (biossido di titanio) disperso in veicolo epossidico. Solo per questo strato, in fase di applicazione, l'Impresa dovrà dichiarare alla Direzione Lavori la percentuale di diluizione in volume, riferito ad un volume di 100 di prodotto (A + B) miscelato. Tale diluizione dovrà essere considerata la più adatta a seconda dell'assorbimento del supporto del conglomerato cementizio, con la funzione di penetrazione ed impregnazione del supporto stesso.

**Componente B):**

Catalizzatore: resina poliammidica dispersa in adatto solvente.

I due componenti devono essere forniti separatamente

Composizione della pittura costituente la mano di fondo:

- A) residuo non volatile: deve essere compreso fra il 65% ed il 70% in peso;
- B) pigmento: biossido di titanio (TiO<sub>2</sub>) deve essere il 40% in peso riferito al residuo non volatile,
- C) peso specifico: determinato secondo le descrittive del foglio di norme UNICHIM n. 34/1966 deve essere compresa fra 1,3 e 1,5;
- D) aspetto della pittura: la pittura deve essere ben dispersa, omogenea, esente da grumi e da pellicole. Viene tollerata una leggera sedimentazione del pigmento sul fondo del contenitore che però, in ogni caso, deve potersi facilmente reincorporare al veicolo mediante rimescolamento a mezzo spatola. Il controllo verrà effettuato secondo il metodo F.T.M.S. 141 A 3011.

Caratteristiche dei componenti fondamentali:

Nella formulazione della pittura base possono essere inclusi agenti disperdenti, antisedimentanti, antischiumogeni, ecc., incorporati in modo tale che la pittura stessa possieda tutte le caratteristiche riportate nelle voci precedenti.

A) veicolo: il veicolo deve essere essenzialmente costituito da una resina epossidica avente le seguenti caratteristiche:

natura aromatica

alto equivalente epossidico (470 - 500).

B) POT-LIFE: non deve essere inferiore a 2 ore con prodotto miscelato alla temperatura di 293 K + 2 K e con umidità relativa compresa fra 50% e 70%

C) grado di stabilità della pittura alla diluizione: un volume di pittura miscelata viene diluito entro un'ora dalla miscelazione con un volume di diluente così formulato:

xilene 35 ± 0,5 % in volume

etilenglicol monoetiletere 35 ± 0,5 % in volume

isopropanolo 30 ± 0,5 % in volume

Nel periodo della diluizione ed in seguito entro min 120, non si devono riscontrare incompatibilità, separazione di fasi o precipitazione, ecc.

D) metodo di applicazione: pennello.

### 2° Strato

Mano intermedia epossidica bicomponente, da applicare tal quale, analoga come composizione alla precedente, di tonalità grigio più chiaro della mano di finitura.

Metodo di applicazione: pennello e/o rullo.

### 3° Strato

Mano di finitura poliuretana bicomponente costituita da:

Componente A): resina isocianica alifatica diluita con adatti solventi e diluenti.

Componente B): resina poliesteri contenente gruppi ossidrilici liberi diluita con adatti solventi e diluenti in cui sono dispersi il pigmento (colorante e carica) ed i vari additivi.

I due componenti devono essere forniti separatamente.

Caratteristica del componente A:

aspetto: deve essere limpido, senza alcun precipitato flocculento bianco causato dalla presenza dell'umidità. Tale aspetto viene controllato secondo il metodo F.T.M.S. 141 A 3011;

peso specifico: deve essere compreso tra 0,900 e 1,000; la determinazione si esegue secondo le prescrizioni del foglio di norme UNICHIM n. 34/1969;

residuo non volatile: deve essere compreso fra il 50 % ed il 60% in peso.

Analisi dei costituenti fondamentali:

Veicolo: costituito essenzialmente da una resina isocianica alifatica;

Parte volatile: la parte volatile deve essere costituita fondamentalmente da:

toluene e/o xilene max 20%;

metiletilchetone e/o metilisobutil chetone;

acetato di etile e/o acetato di n-butile;

glicoletilenico monoetiletere acetato.

Tutti i componenti devono essere del tipo adatto per pitture poliuretane, cioè privi di acqua ed alcoli primari e secondari.

Caratteristiche del componente B:

aspetto: la pittura deve essere omogenea, ben dispersa, esente da grumi e pelli. Viene tollerata una certa sedimentazione, sul fondo del contenitore, del pigmento che però deve potersi facilmente reincorporare al veicolo mediante rimescolamento a mezzo spatola.

l'aspetto si controlla mediante il metodo F.T.M.S. 141 A 3011.

Acqua:

non si deve superare un contenuto in acqua superiore a:

- 0,50 % in volume per i colori brillanti

- 0,75 % in volume per i colori opachi la determinazione si esegue mediante il metodo F.T.M.S. 141 A 4081; residuo non volatile: deve essere minimo 55 %; pigmento: deve essere il 40 % in peso riferito al residuo non volatile; colore della mano di finitura: grigio medio.

Analisi dei componenti fondamentali: veicolo: costituito essenzialmente da una resina poliesteri con gruppi ossidrilici liberi con inclusi idonei agenti antisedimentanti, disperdenti, ecc.;

parte volatile: costituito da solventi e diluenti adatti per pitture poliuretane, privi di acqua ed alcali primari e secondari.

Metodo di applicazione: pennello, rullo.

Tabella A

CICLO DI VERNICIATURA			
	1° Strato	2° Strato	3° Strato
tipo di vernice	epossidica	epossidica	poliurettranica
% pigmento in peso riferito al residuo non volatile	40%	40%	40%
% pigmento in peso sul prodotto finito	28%	28%	28%
spessore del film secco	60 micron	60 micron	80 micron
metodo di applicazione	pennello	pennello rullo	pennello rullo

*Preparazione del supporto*

La preparazione del supporto in conglomerato cementizio dovrà essere eseguita mediante sabbiatura:

su conglomerati cementizi nuovi per eliminare i disarmanti ed aprire i fori superficiali;

su conglomerati cementizi vecchi per eliminare le parti aventi scarsa coesione ed aderenza.

Tale preparazione è compresa nel prezzo del ciclo protettivo.

Qualora sul supporto si verificano casi di vespai o di zone localizzate di eccessiva degradazione, la sabbiatura, salvo diversa prescrizione della Direzione Lavori, dovrà essere preceduta da un'opera di risanamento secondo quanto indicato dalla stessa Direzione Lavori.

Gli oneri relativi a tale opera di risanamento saranno compensati a parte. La Direzione Lavori si riserva comunque di approvare i risultati ottenuti dalla preparazione del supporto. Tale approvazione non ridurrà comunque la responsabilità dell'Impresa relativa al raggiungimento dei requisiti finali del rivestimento protettivo in opera.

Nella eventualità che in fase di applicazione della prima mano di fondo si verificasse un eccessivo assorbimento di prodotto da parte del supporto, la Direzione Lavori, a suo insindacabile giudizio, disporrà perché venga stesa un'ulteriore mano intermedia da cospargere a parte. Il prodotto non deve provocare inconvenienti di alcun genere agli applicatori durante le varie fasi dell'impiego. In particolare non deve contenere: idrocarburi clorurati, metanolo ed altri alcoli primari e secondari, benzene ed altre sostanze di analoga tossicità.

**Caratteristiche di resistenza (chimico fisiche) del ciclo protettivo costituito da sostanze filmogene***Aderenza del rivestimento (adesione)*

Si verifica mediante l'ADHESION TEST; valore richiesto maggiore o uguale a 3 MPa.

Nelle prove di laboratorio i supporti saranno costituiti da travetti di cm 4x4x16 di conglomerato cementizio dosato a Kg/m<sup>3</sup> 500 di cemento; D max mm 20 curva di FULLER; A/C 0,45 - 0,50.

Se il distacco nella prova di trazione avviene per rottura del agglomerato cementizio, cioè la forza di adesione del rivestimento risulta superiore alla forza di coesione dello strato superficiale del conglomerato cementizio stesso, la prova sarà ritenuta ugualmente valida.

*Penetrabilità al vapore*

Si verifica ad umido sui singoli strati componenti il rivestimento, applicati con spessore di 100 micron su supporto poroso:

prodotto intermedio e di fondo: non superiore a 30 mg/Tn2 h;

prodotto di finitura: non superiore a 10 mg/m2 h; a 298 K + 1 K.

*Permeabilità al liquido*

Si verifica ad umido sui singoli strati componenti il rivestimento, applicati con spessore di 100 micron su supporto poroso:

prodotto intermedio e di fondo: non superiore a 8 g/m2 h;

prodotto poliuretano di finitura: non superiore a 5 g/m2 h; a 298 K + 1 K.

*Resistenza all'abrasione*

Si determina solo sul prodotto di finitura mediante Taber Abraster, con mola tipo SS 10, dopo 1000 giri con carico di 1 kg.

Il valore espresso come perdita in peso deve essere inferiore a 10 mg.

*Resistenza agli agenti atmosferici*

Il rivestimento applicato secondo le modalità prescritte dalla casa produttrice su un supporto in conglomerato cementizio, del tipo specificato in precedenza, verrà sottoposto ad invecchiamento artificiale.

Dopo l'esposizione il rivestimento non dovrà presentare formazione di microfessure, sfarinamento o affioramento di pigmenti o cariche. Per l'invecchiamento artificiale è previsto un ciclo della seguente composizione:

Tabella B

agente aggressivo	DURATA	TEMPERATURA
-------------------	--------	-------------

Radiazione ultravioletta	40 h	333 K
Immersione in soluzione satura I di CaCl <sub>2</sub> e CaSO <sub>4</sub> al 0,2%	80 h	283 K
Gelo ( dopo lavaggio in acqua per eliminare il CaCl <sub>2</sub> )	80 h	258 K
Radiazione ultravioletta	40 h	333 K
Camera all'ozono	40 h	298 K
Gelo	40 h	258 K
Radiazione ultravioletta	40 h	333 K
Immersione in soluzione satura I di CaCl <sub>2</sub> e CaSO <sub>4</sub> al 0,2%	80 h	283 K

Dopo questo ciclo di invecchiamento artificiale, verranno eseguite prove caratteristiche di resistenza di cui alla tabella C:

Tabella C

N°	PROVA	FONDO INTERMEDIO	FINITURA
1	Adesione prima dell'invecchiamento	> = 3 MPA (*)	
1A	Adesione dopo l'invecchiamento	> = 2.7 MPA (*)	
2	permeabilità al vapore	30 mg/m <sup>2</sup> h	10 mg/m <sup>2</sup> h
3	permeabilità al liquido	8 g/m <sup>2</sup> h	5 g/m <sup>2</sup> h
4	resistenza all'abrasione		< = 10mg

In fase di esecuzione dei lavori, il colore di finitura dovrà essere grigio; i pigmenti necessari per il raggiungimento del tono di colore richiesto dovranno essere sottratti alla quantità % di solvente. Controllata la rispondenza del rivestimento con le caratteristiche di resistenza richieste, i prodotti componenti il rivestimento stesso saranno identificati mediante analisi spettrofotometrica all'infrarosso. La Direzione Lavori potrà fare accertare in ogni momento sui prodotti presenti in cantiere la corrispondenza delle caratteristiche di resistenza, di composizione e di applicazione.

#### **Protettivi impregnanti**

##### *Caratteristiche dei prodotti costituenti il ciclo e norme per l'esecuzione dei lavori*

Il trattamento dovrà essere formato da uno o più strati di prodotto impregnante, mono o bicomponente. Il ciclo dovrà essere composto da una o più mani di prodotto impregnante monocomponente o bicomponente da applicare in quantità da stabilire di volta in volta in base a prove di Assorbimento effettuate sul supporto da proteggere ed in funzione del grado di viscosità del prodotto da applicare.

Il prodotto deve avere caratteristiche osmotiche ed essere costituito da una miscela di sostanze chimiche che non conferiscano né colore né spessore superficiale al manufatto.

##### *Caratteristiche dei componenti fondamentali*

A - Veicolo: il veicolo deve essere essenzialmente costituito da una resina sintetica; nella formulazione dell'impregnante base possono essere inclusi agenti antisedimentari, antischiumogeni, ecc.

La protezione fornita dalle sostanze attive dell'impregnante dovrà essere di tipo chimico, tale da annullare l'effetto degli ioni aggressivi che penetrano all'interno del conglomerato cementizio.

##### *Caratteristiche chimico fisiche del ciclo protettivo costituito da sostanze impregnanti.*

Penetrabilità all'acqua:

la prova esamina la possibilità o meno che il prodotto impregnante costituisca barriera alla diffusione del liquido (H<sub>2</sub>O)

Condizione di prova:

- temperatura 296 K ± 2 K
- pressione di esercizio della colonna d'acqua 0,5 bar
- durata 72 h

Valore da riscontrare:

- diffusione presente

Assorbimento acqua:

La prova esamina attraverso la determinazione del valore di assorbimento acqua, relativo ad una superficie unitaria, le caratteristiche osmotiche intrinseche dell'impregnante.

Condizioni di prova

- Temperatura 296 K ± 2 K
- Durata 24 h
- Valore da riscontrare 40% - 60% (\*)

(\*) Valore da riferire a quello riscontrato sul supporto non trattato.

**Shock termico:**

La prova esamina il comportamento del manufatto trattato alle temperature ed allo sbalzo termico, con intervallo di tempo ridotto. I campioni di prova vengono immersi per 1/3 della loro altezza in una soluzione salina costituita da cloruri e solfati.

**Ciclo termico:**

- 60 min alla temperatura di 243 K  $\pm$  2 K
- 60 min alla temperatura di 323 K  $\pm$  2 K
- numero dei cicli 20

Determinazioni eseguite al termine dei cicli termici:

- Perdita in peso = < 2

Controllata la rispondenza del trattamento con le caratteristiche di resistenza richieste, i prodotti componenti saranno identificati mediante analisi spettrofotometrica all'infrarosso. La Direzione Lavori potrà fare accertare in ogni momento sui prodotti presenti in cantiere la corrispondenza delle caratteristiche chimico fisiche di composizione e di applicazione.

**Protettivi strutturali**

Sono definiti protettivi strutturali quelle sostanze che modificano la struttura chimica e/o fisica del conglomerato cementizio in modo tale da renderle meno attaccabili agli agenti aggressivi, aumentandone al contempo le resistenze necessarie.

Risultati di questo tipo si ottengono impregnando i manufatti con monomeri organici che polimerizzano all'interno della struttura in conglomerato cementizio, (conglomerato cementizio polimero impregnato C.P.I.), oppure usando cementi di composizione chimica resistente agli agenti aggressivi insieme con additivi e formulazioni granulometriche che riducano al minimo la macro e la microporosità del conglomerato cementizio.

Lo spessore delle protezioni di questo tipo non è mai corticale come nei casi precedenti, ma è esteso per alcuni centimetri della parete esterna del manufatto nel caso C.P.I., oppure riguarda l'intero manufatto nel secondo caso. L'accettazione di simili tipi di protezione è subordinata alla resistenza di manufatti campione protetti con il C.P.I. o costituiti con miscele antidegrado. La forma e le dimensioni del campione non sono rilevanti ai fini dei risultati; indicativamente si useranno cubi o cilindri con dimensione massima minore o uguale a cm 20 che potranno essere appositamente fabbricati o prelevati da manufatti già esistenti, in opera. (Ciò potrà servire anche ai fini del controllo delle lavorazioni).

I campioni di prova vengono immersi per 1/3 della loro altezza in una soluzione salina costituita da cloruri e solfati.

**Ciclo termico:**

- 60 min. 243 K  $\pm$  2 K
- 60 min. 323K  $\pm$  2 K
- Numero dei cicli 20

Determinazioni eseguite al termine dei cicli termici:

- Perdita in peso = < 1

<b>SEZIONE 6. CARPENTERIE METALLICHE</b>
--

**6.1. NORMATIVA DI RIFERIMENTO**

I lavori, descritti nelle specifiche, dovranno essere eseguiti nel rispetto delle leggi e normative vigenti in materia, e loro successivi eventuali aggiornamenti, con particolare riguardo a:

**6.1.1. Normativa per costruzioni in acciaio**

<b>Legge 5 novembre 1971, n. 1086</b>	Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica
<b>Legge 2 febbraio 1974, n. 64</b>	Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche
<b>UNI EN 10204:2005</b>	Prodotti metallici - Tipi di documento di controllo
<b>D.M. 16/02/2007</b>	Classificazione di resistenza al fuoco di prodotti ed elementi costruttivi
<b>D.M. 9/03/2007</b>	Prestazioni di resistenza al fuoco delle costruzioni soggette al controllo del Corpo Nazionale dei VVF
<b>D.M. 9/05/2007</b>	Direttive per l'approccio ingegneristico alla sicurezza antincendio
<b>D.M. Infrastrutture 14 gennaio 2008</b>	Norme tecniche per le costruzioni
<b>C.M. Infrastrutture e Trasporti 02 febbraio 2009, n. 617 CS.LL.PP.</b>	Nuova circolare delle Norme Tecniche per le Costruzioni
<b>UNI EN 1993-1-1:2005</b>	Eurocodice 3 - Progettazione delle strutture di acciaio - Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici
<b>UNI EN 1993-1-2:2005</b>	Eurocodice 3 - Progettazione delle strutture di acciaio - Parte 1-2: Regole generali - Progettazione strutturale contro l'incendio
<b>UNI EN 1993-1-3:2007</b>	Eurocodice 3 - Progettazione delle strutture di acciaio - Parte 1-3: Regole generali - Regole supplementari per l'impiego dei profilati e delle lamiere sottili piegati a freddo
<b>UNI EN 1993-1-4:2007</b>	Eurocodice 3 - Progettazione delle strutture di acciaio - Parte 1-4: Regole generali - Regole supplementari per acciai inossidabili
<b>UNI EN 1993-1-5:2007</b>	Eurocodice 3 - Progettazione delle strutture di acciaio - Parte 1-5: Elementi strutturali a lastra
<b>UNI EN 1993-1-6:2007</b>	Eurocodice 3 - Progettazione delle strutture di acciaio - Parte 1-6: Resistenza e stabilità delle strutture a guscio
<b>UNI EN 1993-1-7:2007</b>	Eurocodice 3 - Progettazione delle strutture di acciaio - Parte 1-7: Strutture a lastra ortotropa caricate al di fuori del piano
<b>UNI EN 1993-1-8:2005</b>	Eurocodice 3 - Progettazione delle strutture di acciaio - Parte 1-8: Progettazione dei collegamenti
<b>UNI EN 1993-1-9:2005</b>	Eurocodice 3 - Progettazione delle strutture di acciaio - Parte 1-9: Fatica
<b>UNI EN 1993-1-10:2005</b>	Eurocodice 3 - Progettazione delle strutture di acciaio - Parte 1-10: Resilienza del materiale e proprietà attraverso lo spessore
<b>UNI EN 1993-1-11:2007</b>	Eurocodice 3 - Progettazione delle strutture di acciaio - Parte 1-11: Progettazione di strutture con elementi tesi
<b>UNI EN 1993-1-12:2007</b>	Eurocodice 3 - Progettazione delle strutture di acciaio - Parte 1-12: Regole aggiuntive per l'estensione della EN 1993 fino agli acciai di grado S 700
<b>UNI EN 1993-2:2007</b>	Eurocodice 3 - Progettazione delle strutture di acciaio - Parte 2: Ponti di acciaio
<b>UNI EN 1993-3-1:2007</b>	Eurocodice 3 - Progettazione delle strutture di acciaio - Parte 3-1: Torri, pali e ciminiere - Torri e pali
<b>UNI EN 1993-3-2:2007</b>	Eurocodice 3 - Progettazione delle strutture di acciaio - Parte 3-2: Torri, pali e ciminiere - Ciminiere
<b>UNI EN 1993-4-1:2007</b>	Eurocodice 3 - Progettazione delle strutture di acciaio - Parte 4-1: Silos
<b>UNI EN 1993-4-2:2007</b>	Eurocodice 3 - Progettazione delle strutture di acciaio - Parte 4-2: Serbatoi
<b>UNI EN 1993-4-3:2007</b>	Eurocodice 3 - Progettazione delle strutture di acciaio - Parte 4-3: Condotte
<b>UNI EN 1993-5:2007</b>	Eurocodice 3 - Progettazione delle strutture di acciaio - Parte 5: Pali e palancole

<b>UNI EN 1993-6:2007</b>	Eurocodice 3 - Progettazione delle strutture di acciaio - Parte 6: Strutture per apparecchi di sollevamento
---------------------------	--

#### 6.1.2. Prescrizioni specifiche per strutture in acciaio

<b>UNI 552:1986</b>	Prove meccaniche dei materiali metallici. Simboli, denominazioni e definizioni
<b>UNI EN 10149:1997</b>	Prodotti piani laminati a caldo di acciai ad alto limite di snervamento per formatura a freddo.
<b>UNI EN 10002-1:2004</b>	Materiali metallici. Prova di trazione. Metodo di prova (a temperatura ambiente)
<b>UNI EN 10045-1:1992</b>	Materiali metallici. Prova di resilienza su provetta Charpy. Metodo di prova
<b>UNI EN ISO 377:1999</b>	Acciaio e prodotti di acciaio. Prelievo e preparazione dei saggi e delle provette per prove meccaniche
<b>UNI EN 10326:2004</b>	Nastri e lamiere di acciaio per impieghi strutturali rivestiti per immersione a caldo in continuo - Condizioni tecniche di fornitura
<b>UNI EN 10293:2006</b>	Getti di acciaio per impieghi tecnici generali
<b>UNI EN ISO 1460:1997</b>	Rivestimenti metallici. Rivestimenti su materiali ferrosi per immersione a caldo. Determinazione gravimetrica della massa per unità di area
<b>UNI EN 1090-1:2009</b>	Esecuzione di strutture di acciaio e di alluminio. Parte 1: Requisiti per la valutazione di conformità dei componenti
<b>UNI EN 1090-2:2009</b>	Esecuzione di strutture di acciaio e di alluminio. Parte 2: Requisiti tecnici per strutture di acciaio
<b>UNI EN 1090-3:2009</b>	Esecuzione di strutture di acciaio e di alluminio. Parte 3: Requisiti tecnici per le strutture di alluminio

#### 6.1.3. Elementi di collegamento

<b>UNI 5592:1968</b>	Dadi esagonali normali. Filettatura metrica Iso a passo grosso e a passo fine. Categoria C
<b>UNI 7356:1974</b>	Prodotti finiti di acciaio laminati a caldo. Vergella e tondi di bulloneria e chiodi da ribadire, stampati a freddo o a caldo.
<b>UNI EN 20898-2:1994</b>	Caratteristiche meccaniche degli elementi di collegamento. Dadi con carichi di prova determinati. Filettatura a passo grosso
<b>UNI EN 20898-7:1996</b>	Caratteristiche meccaniche degli elementi di collegamento. Prova di torsione e coppia minima di rottura per viti con diametro nominale da 1 mm a 10 mm
<b>UNI EN ISO 898-1:2001</b>	Caratteristiche meccaniche degli elementi di collegamento di acciaio. Viti e viti prigioniere
<b>UNI EN ISO 4016:2002</b>	Viti a testa esagonale con gambo parzialmente filettato. Categoria C
<b>UNI EN 14399-1:2005</b>	Bulloneria strutturale ad alta resistenza a serraggio controllato Parte 1: Requisiti generali
<b>UNI EN 14399-3:2005</b>	Bulloneria strutturale ad alta resistenza a serraggio controllato Parte 3: Sistema HR - Assieme vite e dado esagonali
<b>UNI EN 14399-4:2005</b>	Bulloneria strutturale ad alta resistenza a serraggio controllato - Parte 4: Sistema HV - Assieme vite e dado esagonali
<b>UNI EN 14399-5:2005</b>	Bulloneria strutturale ad alta resistenza a serraggio controllato - Parte 5: Rondelle piane
<b>UNI EN 14399-6:2005</b>	Bulloneria strutturale ad alta resistenza a serraggio controllato - Parte 6: Rondelle piane smussate
<b>UNI EN 10083-2:2006</b>	Acciai da bonifica - Parte 2: Condizioni tecniche di fornitura per acciai non legati

#### 6.1.4. Profilati cavi

<b>UNI EN 10210-1:2006</b>	Profilati cavi finiti a caldo di acciai non legati e a grano fine per impieghi strutturali. Condizioni tecniche di fornitura
<b>UNI EN 10210-2:2006</b>	Profilati cavi finiti a caldo di acciai non legati e a grano fine per impieghi strutturali. Tolleranze, dimensioni e caratteristiche del profilo
<b>UNI EN 10219-1:2006</b>	Profilati cavi formati a freddo di acciai non legati e a grano fine per strutture saldate. Condizioni tecniche di fornitura
<b>UNI EN 10219-2:2006</b>	Profilati cavi formati a freddo di acciai non legati e a grano fine per strutture

saldate. Tolleranze, dimensioni e caratteristiche del profilo
---

#### 6.1.5. Prodotti laminati a caldo

<b>UNI EN 10025-1:2005</b>	Prodotti laminati a caldo di acciai per impieghi strutturali - Parte 1: Condizioni tecniche generali di fornitura
<b>UNI EN 10025-2:2005</b>	Prodotti laminati a caldo di acciai per impieghi strutturali - Parte 2: Condizioni tecniche di fornitura di acciai non legati per impieghi strutturali
<b>UNI EN 10025-3:2005</b>	Prodotti laminati a caldo di acciai per impieghi strutturali - Parte 3: Condizioni tecniche di fornitura di acciai per impieghi strutturali saldabili a grano fine allo stato normalizzato/normalizzato laminato
<b>UNI EN 10025-4:2005</b>	Prodotti laminati a caldo di acciai per impieghi strutturali - Parte 4: Condizioni tecniche di fornitura di acciai per impieghi strutturali saldabili a grano fine ottenuti mediante laminazione termo meccanica
<b>UNI EN 10025-5:2005</b>	Prodotti laminati a caldo di acciai per impieghi strutturali - Parte 5: Condizioni tecniche di fornitura di acciai per impieghi strutturali con resistenza migliorata alla corrosione atmosferica
<b>UNI EN 10025-6:2005</b>	Prodotti laminati a caldo di acciai per impieghi strutturali - Parte 6: Condizioni tecniche di fornitura per prodotti piani di acciaio per impieghi strutturali ad alto limite di snervamento, bonificati

#### 6.1.6. Saldature

##### Raccomandazioni e procedure

<b>UNI 5132:1974</b>	Elettrodi rivestiti per la saldatura ad arco degli acciai non legati e debolmente legati al manganese. Condizioni tecniche generali, simboleggiatura e modalità di prova
<b>UNI EN 1011-1:2005</b>	Saldatura. Raccomandazioni per la saldatura dei materiali metallici. Guida generale per la saldatura ad arco per acciai ferritici
<b>UNI EN 1011-2:2005</b>	Saldatura. Raccomandazioni per la saldatura di materiali metallici. Saldatura ad arco per acciai ferritici
<b>UNI EN 1011-3:2005</b>	Saldatura. Raccomandazioni per la saldatura di materiali metallici. Saldatura ad arco di acciai inossidabili
<b>UNI EN 1011-4:2005</b>	Saldatura. Raccomandazioni per la saldatura dei materiali metallici. Parte 4: Saldatura ad arco dell'alluminio e delle leghe di alluminio
<b>UNI EN 1011-5:2004</b>	Saldatura. Raccomandazioni per la saldatura di materiali metallici. Parte 5: Saldatura degli acciai placcati
<b>UNI EN 12062:2004</b>	Controllo non distruttivo delle saldature - Regole generali per i materiali metallici
<b>UNI EN ISO 3834:2006</b>	Requisiti di qualità per la saldatura per fusione dei materiali metallici.
<b>UNI EN ISO 4063:2001</b>	Saldatura, brasatura forte, brasatura dolce e saldobrasatura dei metalli. Nomenclatura dei procedimenti e relativa codificazione numerica per la rappresentazione simbolica sui disegni
<b>UNI EN ISO 5817:2004</b>	Saldatura - Giunti saldati per fusione di acciaio, nichel, titanio e loro leghe (esclusa la saldatura a fascio di energia) - Livelli di qualità delle imperfezioni
<b>UNI EN ISO 9692-1:2005</b>	Saldatura e procedimenti connessi - Raccomandazioni per la preparazione dei giunti - Parte 1: Saldatura manuale ad arco con elettrodi rivestiti, saldatura ad arco con elettrodo fusibile sotto protezione di gas, saldatura a gas, saldatura TIG e saldatura mediante fascio degli acciai
<b>UNI EN ISO 9692-2:2001</b>	Saldatura e procedimenti connessi - Preparazione dei giunti - Saldatura ad arco sommerso degli acciai
<b>UNI EN ISO 9692-3:2005</b>	Saldatura e procedimenti connessi - Raccomandazioni per la preparazione dei giunti - Parte 3: Saldatura MIG e TIG dell'alluminio e delle sue leghe
<b>UNI EN ISO 9692-4:2005</b>	Saldatura e procedimenti connessi - Raccomandazioni per la preparazione dei giunti - Parte 4: Acciai placcati
<b>UNI EN ISO 14555:2001</b>	Saldatura - Saldatura ad arco di prigionieri di materiali metallici
<b>UNI EN ISO 15607:2005</b>	Specificazione e qualificazione delle procedure di saldatura per materiali metallici - Regole generali
<b>UNI EN ISO 15609-1:2006</b>	Specificazione e qualificazione delle procedure di saldatura per materiali metallici - Specificazione della procedura di saldatura - Parte 1: Saldatura ad arco

<b>UNI EN ISO 15610:2005</b>	Specificazione e qualificazione delle procedure di saldatura per materiali metallici - Qualificazione sulla base di materiali d'apporto sottoposti a prove
<b>UNI EN ISO 15611:2005</b>	Specificazione e qualificazione delle procedure di saldatura per materiali metallici - Qualificazione sulla base dell'esperienza di saldatura acquisita
<b>UNI EN ISO 15612:2006</b>	Specificazione e qualificazione delle procedure di saldatura per materiali metallici - Qualificazione mediante adozione di procedure di saldatura unificate
<b>UNI EN ISO 15613:2005</b>	Specificazione e qualificazione delle procedure di saldatura per materiali metallici - Qualificazione sulla base di prove di saldatura di pre-produzione
<b>UNI EN ISO 15614-1:2005</b>	Specificazione e qualificazione delle procedure di saldatura per materiali metallici - Prove di qualificazione della procedura di saldatura - Parte 1: Saldatura ad arco e a gas degli acciai e saldatura ad arco del nichel e leghe di nichel
<b>UNI EN ISO 15614-2:2006</b>	Specificazione e qualificazione delle procedure di saldatura per materiali metallici - Prove di qualificazione della procedura di saldatura - Parte 2: Saldatura ad arco dell'alluminio e delle sue leghe
<b>UNI EN ISO 15614-1:2005</b>	Specificazione e qualificazione delle procedure di saldatura per materiali metallici - Prove di qualificazione della procedura di saldatura - Parte 1: Saldatura ad arco e a gas degli acciai e saldatura ad arco del nichel e leghe di nichel

#### Qualificazione dei saldatori

<b>UNI EN 1418:1999</b>	Personale di saldatura. Prove di qualificazione degli operatori di saldatura per la saldatura a fusione e dei preparatori di saldatura a resistenza, per la saldatura completamente meccanizzata ed automatica di materiali metallici
<b>UNI EN 287-1:2004</b>	Prove di qualificazione dei saldatori. Saldatura per fusione. Parte 1: Acciai
<b>UNI EN ISO 14731:2007</b>	Coordinamento delle attività di saldatura - Compiti e responsabilità

#### 6.1.7. Controlli non distruttivi

<b>ASNT TC-1A:2006</b>	Recommended Practice, Personnel Qualification and Certification in Nondestructive Testing
<b>UNI 5132:1974</b>	Elettrodi rivestiti per la saldatura ad arco degli acciai non legati e debolmente legati al manganese. Condizioni tecniche generali, simboleggiatura e modalità di prova
<b>UNI 552:1986</b>	Prove meccaniche dei materiali metallici. Simboli, denominazioni e definizioni.
<b>UNI EN 473:2001</b>	Prove non distruttive. Qualificazione e certificazione del personale addetto alle prove non distruttive. Principi generali
<b>UNI EN 1435:2004</b>	Controllo non distruttivo delle saldature Controllo radiografico dei giunti saldati
<b>UNI EN 1289:2006</b>	Controllo non distruttivo delle saldature mediante liquidi penetranti. Livelli di accettabilità
<b>UNI EN 1290:2006</b>	Controllo non distruttivo delle saldature. Controllo magnetoscopico con particelle magnetiche delle saldature
<b>UNI EN 1713:2005</b>	Controllo non distruttivo delle saldature. Controllo mediante ultrasuoni. Caratterizzazione delle indicazioni nelle saldature
<b>UNI EN 1714:2005</b>	Controllo non distruttivo delle saldature. Controllo mediante ultrasuoni dei giunti saldati
<b>UNI EN 12062:2004</b>	Controllo non distruttivo delle saldature. Regole generali per i materiali metallici

## 6.2. STRUTTURE IN ACCIAIO

### 6.2.1. Scopo della specifica

Lo scopo della presente specifica è quello di fissare i requisiti tecnici generali per l'acquisizione dei materiali, per la realizzazione, il controllo e la fornitura delle strutture in acciaio.

### 6.2.2. Generalità e qualità dei materiali

Per la realizzazione di strutture metalliche e di strutture composte si dovranno utilizzare acciai conformi alle norme armonizzate della serie UNI EN 10025 (per i laminati), UNI EN 10210 (per i tubi senza saldatura) e UNI EN 10219-1 (per i tubi saldati), recanti la Marcatura CE, cui si applica il sistema di attestazione della conformità 2+, e per i quali si rimanda a quanto specificato al punto A del § 11.1 delle NTC

Per gli acciai di cui alle norme armonizzate UNI EN 10025, UNI EN 10210 ed UNI EN 10219-1, in assenza di specifici studi statistici di documentata affidabilità, ed in favore di sicurezza, per i valori delle tensioni caratteristiche di snervamento  $f_{yk}$  e di rottura  $f_{tk}$  da utilizzare nei calcoli si assumono i valori nominali  $f_y = R_{eH}$  e  $f_t = R_m$  riportati nelle relative norme di prodotto.

Per i prodotti per cui non sia applicabile la marcatura CE, si rimanda a quanto specificato al punto B del citato §11.1 delle NTC e si applica la procedura di cui al § 11.3.4.11

Per l'accertamento delle caratteristiche meccaniche indicate nel seguito, il prelievo dei saggi, la posizione nel pezzo da cui essi devono essere prelevati, la preparazione delle provette e le modalità di prova devono rispondere alle prescrizioni delle norme UNI EN ISO 377:1999, UNI 552:1986, EN 10002-1:2004, UNI EN 10045-1:1992

In sede di progettazione si possono assumere convenzionalmente i seguenti valori nominali delle proprietà del materiale:

- modulo elastico  $E = 210.000 \text{ N/mm}^2$
- modulo di elasticità trasversale  $G = E / [2 (1 + \nu)] \text{ N/mm}^2$
- coefficiente di Poisson  $\nu = 0,3$
- coefficiente di espansione termica lineare  $\alpha = 12 \times 10^{-6} \text{ per } ^\circ\text{C}^{-1}$  (per temperature fino a  $100 \text{ } ^\circ\text{C}$ )
- densità  $\rho = 7850 \text{ kg/m}^3$

Per gli acciai di cui alle norme europee EN 10025, EN 10210 ed EN 10219-1, si possono assumere i valori nominali delle tensioni caratteristiche di snervamento  $f_{yk}$  e di rottura  $f_{tk}$  riportati nelle tabelle seguenti.

**Tabella 11.3.IX – Laminati a caldo con profili a sezione aperta**

Norme e qualità degli acciai	Spessore nominale dell'elemento			
	$t \leq 40 \text{ mm}$		$40 \text{ mm} < t \leq 80 \text{ mm}$	
	$f_{yk} [\text{N/mm}^2]$	$f_{yk} [\text{N/mm}^2]$	$f_{yk} [\text{N/mm}^2]$	$f_{yk} [\text{N/mm}^2]$
UNI EN 10025-2				
S 235	235	360	215	360
S 275	275	430	255	410
S 355	355	510	335	470
S 450	440	550	420	550
UNI EN 10025-3				
S 275 N/NL	275	390	255	370
S 355 N/NL	355	490	335	470
S 420 N/NL	420	520	390	520
S 460 N/NL	460	540	430	540
UNI EN 10025-4				
S 275 M/ML	275	370	255	360
S 355 M/ML	355	470	335	450
S 420 M/ML	420	520	390	500
S 460 M/ML	460	540	430	530
UNI EN 10025-5				
S 235 W	235	360	215	340
S 355 W	355	510	335	490

**Tabella 11.3.X – Laminati a caldo con profili a sezione cava**

Norme e qualità degli acciai	Spessore nominale dell'elemento			
	$t \leq 40 \text{ mm}$		$40 \text{ mm} < t \leq 80 \text{ mm}$	
	$f_{yk} [\text{N/mm}^2]$	$f_{yk} [\text{N/mm}^2]$	$f_{yk} [\text{N/mm}^2]$	$f_{yk} [\text{N/mm}^2]$
UNI EN 10210-1				
S 235 H	235	360	215	340
S 275 H	275	430	255	410
S 355 H	355	510	335	490
S 275 NH/NLH	275	390	255	370
S 355 NH/NLH	355	490	335	470
S 420 NH/NLH	420	540	390	520
S 460 NH/NLH	460	560	430	550

UNI EN 10219-1				
S 235 H	235	360	--	--
S 275 H	275	430	--	--
S 355 H	355	510	--	--
S 275 NH/NLH	275	370	--	--
S 355 NH/NLH	355	470	--	--
S 275 MH/MLH	275	360	--	--
S 355 MH/MLH	355	470	--	--
S 420 MH/MLH	420	500	--	--
S460 MH/MLH	460	530	--	--

L'Impresa sarà tenuta all'osservanza delle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni emanate con il D.M. Infrastrutture 14/1/2008 (ed ai richiami in esso contenuti) e Circolare Esplicativa n° 617 del 02/02/2009.

Per quanto applicabili e non in contrasto con le suddette Norme, si richiamano qui espressamente anche le seguenti Norme UNI:

- UNI EN 10025:2005 relativa ai prodotti laminati a caldo di acciaio non legato di base e di qualità;
- UNI EN 10210:2006 relativa ai profilati cavi finiti a caldo di acciai non legati a grano fine per impieghi strutturali;
- UNI EN 10219:2006 relativa ai profilati cavi formati a freddo di acciai non legati a grano fine per strutture saldate;

I materiali impiegati nella costruzione di strutture in acciaio dovranno essere "qualificati", la marcatura dovrà risultare leggibile ed il produttore dovrà accompagnare la fornitura con attestato di controllo e la dichiarazione che il prodotto è qualificato.

Prima dell'approvvigionamento dei materiali da impiegare l'Impresa dovrà presentare alla Direzione Lavori, in copia riproducibile i disegni costruttivi di officina delle strutture, nei quali dovranno essere completamente definiti tutti i dettagli di lavorazione, ed in particolare:

- i diametri e la disposizione dei chiodi e dei bulloni, nonché dei fori relativi;
- le coppie di serraggio dei bulloni ad alta resistenza;
- le classi di qualità delle saldature;
- il progetto e le tecnologie di esecuzione delle saldature, e specificatamente: le dimensioni dei cordoni, le caratteristiche dei procedimenti, le qualità degli elettrodi;
- gli schemi di montaggio e controfrecce di officina.

Sui disegni costruttivi di officina dovranno essere inoltre riportate le distinte dei materiali, nelle quali sarà specificato numero, qualità, tipo di lavorazione, grado di finitura, dimensioni e peso teorico di ciascun elemento costituente la struttura. L'Impresa dovrà inoltre far conoscere per iscritto, prima dell'approvvigionamento dei materiali da impiegare, la loro provenienza con riferimento alle distinte di cui sopra.

È facoltà della Direzione Lavori di sottoporre il progetto e le tecnologie di esecuzione delle saldature alla consulenza dell'Istituto Italiano della Saldatura, o di altro Ente di sua fiducia.

La Direzione Lavori stabilirà il tipo e l'estensione dei controlli da eseguire sulle saldature, sia in corso d'opera che ad opera finita, in conformità a quanto stabilito dal D.M. 14/1/2008 ed ai richiami in esso contenuti e successivi aggiornamenti, e tenendo conto delle eventuali raccomandazioni dell'Ente di consulenza.

Consulenza e controlli saranno eseguiti dagli Istituti indicati dalla Direzione Lavori; i relativi oneri saranno a carico dell'Impresa.

### 6.2.3. Saldature

La saldatura degli acciai dovrà avvenire con uno dei procedimenti all'arco elettrico codificati secondo la norma UNI EN ISO 4063:2001. È ammesso l'uso di procedimenti diversi purché sostenuti da adeguata documentazione teorica e sperimentale.

I saldatori nei procedimenti semiautomatici e manuali dovranno essere qualificati secondo la norma UNI EN 287-1:2004 da parte di un Ente terzo. A deroga di quanto richiesto nella norma UNI EN 287-1:2004, i saldatori che eseguono giunti a T con cordoni d'angolo dovranno essere specificamente qualificati e non potranno essere qualificati soltanto mediante l'esecuzione di giunti testa-testa.

Gli operatori dei procedimenti automatici o robotizzati dovranno essere certificati secondo la norma UNI EN 1418:1999.

Tutti i procedimenti di saldatura dovranno essere qualificati secondo la norma UNI EN ISO 15614-1:2005.

Le durezza eseguite sulle macrografie non dovranno essere superiori a 350 HV30.

Per la saldatura ad arco di prigionieri di materiali metallici (saldatura ad innesco mediante sollevamento e saldatura a scarica di condensatori ad innesco sulla punta) si applica la norma UNI EN ISO 14555:2001; valgono perciò i requisiti di qualità di cui al prospetto A1 della appendice A della stessa norma.

Le prove di qualifica dei saldatori, degli operatori e dei procedimenti dovranno essere eseguite da un Ente terzo; in assenza di prescrizioni in proposito l'Ente sarà scelto dal costruttore secondo criteri di competenza e di indipendenza.

Sono richieste caratteristiche di duttilità, snervamento, resistenza e tenacità in zona fusa e in zona termica alterata non inferiori a quelle del materiale base.

Nell'esecuzione delle saldature dovranno inoltre essere rispettate le norme UNI EN 1011:2005 parti 1 e 2 per gli acciai ferritici e della parte 3 per gli acciai inossidabili. Per la preparazione dei lembi si applicherà, salvo casi particolari, la norma UNI EN ISO 9692-1:2005.

Le saldature saranno sottoposte a controlli non distruttivi finali per accertare la corrispondenza ai livelli di qualità stabiliti dal progettista sulla base delle norme applicate per la progettazione.

In assenza di tali dati per strutture non soggette a fatica si adotterà il livello C della norma UNI EN ISO 5817:2004 e il livello B per strutture soggette a fatica.

L'entità ed il tipo di tali controlli, distruttivi e non distruttivi, in aggiunta a quello visivo al 100%, saranno definiti dal Collaudatore e dal Direttore dei Lavori; per i cordoni ad angolo o giunti a parziale penetrazione si useranno metodi di superficie (ad es. liquidi penetranti o polveri magnetiche), mentre per i giunti a piena penetrazione, oltre a quanto sopra previsto, si useranno metodi volumetrici e cioè raggi X o gamma o ultrasuoni per i giunti testa a testa e solo ultrasuoni per i giunti a T a piena penetrazione. Per le modalità di esecuzione dei controlli ed i livelli di accettabilità si potrà fare utile riferimento alle prescrizioni della norma UNI EN 12062:2004. Tutti gli operatori che eseguiranno i controlli dovranno essere qualificati secondo la norma UNI EN 473:2001 almeno di secondo livello.

Oltre alle prescrizioni applicabili di cui al § 11.3.1.7 delle NTC, il costruttore deve corrispondere ai seguenti requisiti. In relazione alla tipologia dei manufatti realizzati mediante giunzioni saldate, il costruttore deve essere certificato secondo la norma UNI EN ISO 3834:2006 parti 2 e 4; il livello di conoscenza tecnica del personale di coordinamento delle operazioni di saldatura deve corrispondere ai requisiti della normativa di comprovata validità. I requisiti sono riassunti nel Tab. 11.3.XI di seguito riportata. La certificazione dell'azienda e del personale dovrà essere operata da un Ente terzo, scelto, in assenza di prescrizioni, dal costruttore secondo criteri di indipendenza e di competenza.

Tabella 11.3.XI

Tipo di azione sulle strutture	Strutture soggette a fatica in modo non significativo			Strutture soggette a fatica in modo significativo
	A	B	C	D
<b>Riferimento</b>				
Materiale base: Spessore minimo delle membrature	S235, s ≤ 30mm S275, s ≤ 30mm	S355, s ≤ 30mm S235 S275	S235 S275 S355 S460, s ≤ 30mm	S235 - S275 - S355 - S460 (Nota 1) Acciai inossidabili e altri acciai non esplicitamente menzionati (Nota 1)
Livello dei requisiti di qualità secondo la norma UNI EN ISO 3834:2006	Elementare EN ISO 3834-4	Medio EN ISO 3834-3	Medio EN ISO 3834-3	Completo EN ISO 3834-2
Livello di conoscenza tecnica del personale di coordinamento della saldatura secondo la norma UNI EN 719:1996	Di base	Specifico	Completo	Completo

Nota 1) Vale anche per strutture non soggette a fatica in modo significativo

I bulloni (conformi per le caratteristiche dimensionali alle norme UNI EN ISO 4016:2002 e UNI 5592:1968) devono appartenere alle sotto indicate classi della norma UNI EN ISO 898-1:2001, associate nel modo indicato nella Tab. 11.3.XII.

Tabella 11.3.XII.a

Vite	Normali			Ad alta resistenza	
	4.6	5.6	6.8	8.8	10.9
<b>Dado</b>	4	5	6	8	10

Le tensioni di snervamento  $f_{yb}$  e di rottura  $f_{tb}$  delle viti appartenenti alle classi indicate nella precedente tabella 11.3.XII.a sono riportate nella seguente tabella 11.3.XII.b:

Tabella 11.3.XII.b

Classe	4.6	5.6	6.8	8.8	10.9
$f_{yb}$ (N/mm <sup>2</sup> )	240	300	480	649	900
$f_{tb}$ (N/mm <sup>2</sup> )	400	500	600	800	1000

I bulloni per giunzioni ad attrito devono essere conformi alle prescrizioni della Tab. 11.3.XIII Viti e dadi, devono essere associati come indicato nella Tab. 11.3.XII.

Tabella 11.3.XIII

Elemento	Materiale	Riferimento
Viti	8.8 – 10.9 secondo UNI EN ISO 898-1 : 2001	UNI EN 14399 :2005 parti 3 e 4
Dadi	8 - 10 secondo UNI EN 20898-2 :1994	
Rosette	Acciaio C 50 UNI EN 10083-2: 2006 temperato e rinvenuto HRC 32÷ 40	UNI EN 14399 :2005 parti 5 e 6
Piastrine	Acciaio C 50 UNI EN 10083-2: 2006 temperato e rinvenuto HRC 32÷ 40	

Gli elementi di collegamento strutturali ad alta resistenza adatti al precarico devono soddisfare i requisiti di cui alla norma europea armonizzata UNI EN 14399-1, e recare la relativa marcatura CE, con le specificazioni di cui al punto A del § 11.1.

Per i chiodi da ribadire a caldo si devono impiegare gli acciai previsti dalla norma UNI 7356.

Nel caso si utilizzino connettori a piolo, l'acciaio deve essere idoneo al processo di formazione dello stesso e compatibile per saldatura con il materiale costituente l'elemento strutturale interessato dai pioli stessi. Esso deve avere le seguenti caratteristiche meccaniche:

- allungamento % a rottura (valutato su base  $L_0 = 5,65 A_0$ , dove  $A_0$  è l'area della sezione trasversale del saggio)  $\geq 12$ ;
- rapporto  $f_t / f_y \geq 1,2$ .

Quando i connettori vengono uniti alle strutture con procedimenti di saldatura speciali, senza metallo d'apporto, essi devono essere fabbricati con acciai la cui composizione chimica soddisfi le limitazioni seguenti:

$$C \leq 0,18\%, Mn \leq 0,9\%, S \leq 0,04\%, P \leq 0,05\%.]$$

#### 6.2.4. Controlli sulle carpenterie metalliche

Il D.M. Infrastrutture 14/01/2008 "Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni" prevede tre forme di controllo obbligatorie sugli acciai da costruzione:

- **Controlli in stabilimento di produzione, da eseguirsi sui lotti di produzione**

Tutti gli acciai da costruzione ad utilizzo diretto come le carpenterie in strutture metalliche, devono essere prodotti con un sistema permanente di controllo interno della produzione in stabilimento che deve assicurare il mantenimento dello stesso livello di affidabilità nella conformità del prodotto finito, indipendentemente dal processo di produzione.

Pertanto tutti gli acciai per impiego strutturale devono essere qualificati.

Sono prodotti qualificabili sia quelli raggruppabili per colata che quelli per lotti di produzione.

Ai fini delle prove di qualificazione e di controllo (vedere § 11.3.4.10.1.2 delle NTC), i prodotti nell'ambito di ciascuna gamma merceologica di cui al § 11.3.4.2 (NTC), sono raggruppabili per gamme di spessori così come definito nelle norme europee armonizzate UNI EN 10025, UNI EN 10210-1 e UNI EN 10219-1. Agli stessi fini, sono raggruppabili anche i diversi gradi di acciai (JR, JO, J2, K2), sempre che siano garantite per tutti le caratteristiche del grado superiore del raggruppamento. Un lotto di produzione è costituito da un quantitativo compreso fra 30 e 120 t, o frazione residua, per ogni profilo, qualità e gamma di spessore, senza alcun riferimento alle colate che sono state utilizzate per la loro produzione. Per quanto riguarda i profilati cavi, il lotto di produzione corrisponde all'unità di collaudo come definita dalle norme europee armonizzate UNI EN 10210-1 e UNI EN 10219-1 in base al numero dei pezzi.

La valutazione della conformità del controllo di produzione in stabilimento e del prodotto finito è effettuata:

- mediante la marcatura CE, ai sensi del DPR n.246/93 di recepimento della direttiva 89/106/CEE, quando sia applicabile;
- attraverso la qualificazione del Servizio Tecnico Centrale, con la procedura indicata nelle NTC stesse.

Nel caso B, ultimata l'istruttoria e verificato il possesso dei requisiti richiesti (cap.11.3.1.2 delle NTC), il Servizio Tecnico Centrale rilascia all'acciaieria, per ciascuno stabilimento, un apposito Attestato di Qualificazione.

L'Attestato di qualificazione, di validità 5 anni, individuato da un numero progressivo, riporta il nome dell'azienda, lo stabilimento, i prodotti qualificati, il marchio.

Per il mantenimento della qualificazione i Produttori sono tenuti, con cadenza semestrale entro 60 giorni dalla data di scadenza del semestre di riferimento ad inviare al Servizio Tecnico Centrale un dichiarazione attestante la permanenza delle condizioni iniziali di idoneità del processo produttivo, dell'organizzazione del controllo interno di produzione in fabbrica, i risultati dei controlli interni eseguiti nel semestre sul prodotto nonché la loro elaborazione statistica con l'indicazione del quantitativo di produzione e del numero delle prove, i risultati dei controlli eseguiti nel corso delle prove di verifica periodica della qualità, da parte del laboratorio di cui all'art. 59 del DPR n. 380/2001 incaricato e la documentazione di conformità statistica dei parametri rilevati (di cui ai prospetti relativi agli acciai specifici) nel corso delle prove di cui ai punti precedenti.

Al termine del periodo di validità di 5 (cinque) anni dell'Attestato di Qualificazione il produttore deve chiedere il rinnovo, il Servizio Tecnico Centrale, valutata anche la conformità relativa all'intera documentazione fornita nei 5 (cinque) anni precedenti, rinnoverà la qualificazione.

Il mancato invio della documentazione di cui sopra entro i previsti sessanta giorni ovvero l'accertamento da parte del Servizio Tecnico Centrale di rilevanti non conformità, comporta la sospensione ovvero la decadenza della qualificazione.

- **Controlli nei centri di trasformazione, da eseguirsi sulle forniture**

Il Centro di trasformazione può ricevere e lavorare solo prodotti qualificati all'origine, accompagnati dalla documentazione prevista al § 11.3.1.5 delle NTC.

Tutti i prodotti forniti in cantiere dopo l'intervento di un trasformatore devono essere accompagnati da idonea documentazione, che identifichi in modo inequivocabile il centro di trasformazione stesso.

Nell'ambito del processo produttivo deve essere posta particolare attenzione ai processi di piegatura e di saldatura. In particolare il Direttore Tecnico del centro di trasformazione deve verificare, tramite opportune prove, che le piegature e

le saldature, anche nel caso di quelle non resistenti, non alterino le caratteristiche meccaniche originarie del prodotto. Per i processi sia di saldatura che di piegatura, si potrà fare utile riferimento alla normativa europea applicabile.

Ogni fornitura in cantiere di elementi presaldati, presagomati o preassemblati deve essere accompagnata:

a) da dichiarazione, su documento di trasporto, degli estremi dell'attestato di avvenuta dichiarazione di attività, rilasciato dal Servizio Tecnico Centrale, recante il logo o il marchio del centro di trasformazione;

b) dall'attestazione inerente l'esecuzione delle prove di controllo interno fatte eseguire dal Direttore Tecnico del centro di trasformazione, con l'indicazione dei giorni nei quali la fornitura è stata lavorata. Qualora il Direttore dei Lavori lo richieda, all'attestazione di cui sopra potrà seguire copia dei certificati relativi alle prove effettuate nei giorni in cui la lavorazione è stata effettuata.

Il Direttore dei Lavori è tenuto a verificare quanto sopra indicato ed a rifiutare le eventuali forniture non conformi, ferme restando le responsabilità del centro di trasformazione. Della documentazione di cui sopra dovrà prendere atto il collaudatore, che riporterà, nel Certificato di collaudo, gli estremi del centro di trasformazione che ha fornito l'eventuale materiale lavorato.

#### **Centri di produzione di lamiere grecate e profilati formati a freddo**

Si definiscono centri di produzione di prodotti formati a freddo e lamiere grecate tutti quegli impianti che ricevono dai produttori di acciaio nastri o lamiere in acciaio e realizzano profilati formati a freddo, lamiere grecate e pannelli composti profilati, ivi compresi quelli saldati che però non siano sottoposti a successive modifiche o trattamenti termici. Per quanto riguarda i materiali soggetti a lavorazione, può farsi utile riferimento, oltre alle norme citate nel §11.3.4.1 delle NTC, anche alle norme UNI EN 10326:2004 e UNI EN 10149:1997 (parti 1, 2 e 3).

Oltre alle prescrizioni applicabili di cui al § 11.3.1.7 delle NTC, i centri di produzione di prodotti formati a freddo e lamiere grecate, oggetto delle presenti norme, devono rispettare le seguenti prescrizioni.

Per le lamiere grecate da impiegare in solette composte, il produttore deve effettuare una specifica sperimentazione al fine di determinare la resistenza a taglio longitudinale di progetto  $\tau_{u,Rd}$  della lamiera grecata. La sperimentazione e la elaborazione dei risultati sperimentali devono essere conformi alle prescrizioni dell'Appendice B.3 alla norma UNI EN 1994-1-1:2005. Questa sperimentazione e l'elaborazione dei risultati sperimentali devono essere eseguite da laboratorio indipendente di riconosciuta competenza. Il rapporto di prova deve essere trasmesso in copia al Servizio Tecnico Centrale e deve essere riprodotto integralmente nel catalogo dei prodotti.

Nel caso di prodotti coperti da marcatura CE, il centro deve dichiarare, nelle forme e con le limitazioni previste, le caratteristiche tecniche previste nelle norme armonizzate applicabili.

I centri di produzione possono, in questo caso, derogare dagli adempimenti previsti al § 11.3.1 delle NTC, relativamente ai controlli sui loro prodotti (sia quelli interni che quelli da parte del laboratorio incaricato) ma devono fare riferimento alla documentazione di accompagnamento dei materiali di base, soggetti a marcatura CE o qualificati come previsto nelle presenti norme. Tale documentazione sarà trasmessa insieme con la specifica fornitura e farà parte della documentazione finale relativa alle trasformazioni successive.

I documenti che accompagnano ogni fornitura in cantiere devono indicare gli estremi della certificazione del sistema di gestione della qualità del prodotto che sovrintende al processo di trasformazione, ed inoltre ogni fornitura in cantiere deve essere accompagnata da copia della dichiarazione sopra citata.

Gli utilizzatori dei prodotti e/o il Direttore dei Lavori sono tenuti a verificare quanto sopra indicato ed a rifiutare le eventuali forniture non conformi.

#### **Centri di prelavorazione di componenti strutturali**

Si definiscono centri di prelavorazione o di servizio quegli impianti che ricevono dai produttori di acciaio elementi base (prodotti lunghi e/o piani) e realizzano elementi singoli prelavorati che vengono successivamente utilizzati dalle officine di produzione che realizzano strutture complesse nell'ambito delle costruzioni.

I centri di prelavorazione, devono rispettare le prescrizioni applicabili di cui al § 11.3.1.7 delle NTC.

#### **Officine per la produzione di carpenterie metalliche**

I controlli sono obbligatori e devono essere effettuati a cura del Direttore Tecnico dell'officina.

Con riferimento ai prodotti di cui al punto B del § 11.1 delle NTC, i controlli vengono eseguiti secondo le modalità di seguito indicate.

Devono essere effettuate per ogni fornitura minimo 3 prove, di cui almeno una sullo spessore massimo ed una sullo spessore minimo.

I dati sperimentali ottenuti devono soddisfare le prescrizioni di cui alle tabelle delle corrispondenti norme europee armonizzate della serie UNI EN 10025 ovvero delle tabelle di cui al § 11.3.4.1 delle NTC per i profilati cavi per quanto concerne l'allungamento e la resilienza, nonché delle norme europee armonizzate della serie UNI EN 10025, UNI EN 10210-1 e UNI EN 10219-1 per le caratteristiche chimiche.

Ogni singolo valore della tensione di snervamento e di rottura non deve risultare inferiore ai limiti tabellari.

Deve inoltre essere controllato che le tolleranze di fabbricazione rispettino i limiti indicati nelle norme europee applicabili sopra richiamate e che quelle di montaggio siano entro i limiti indicati dal progettista. In mancanza deve essere verificata la sicurezza con riferimento alla nuova geometria.

Il prelievo dei campioni va effettuato a cura del Direttore Tecnico dell'officina che deve assicurare, mediante sigle, etichettature indelebili, ecc., che i campioni inviati per le prove al laboratorio incaricato siano effettivamente quelli da lui prelevati.

Per le caratteristiche dei certificati emessi dal laboratorio, si fa riferimento a quanto riportato al § 11.3.2.10.4 delle NTC, fatta eccezione per il marchio di qualificazione, non sempre presente sugli acciai da carpenteria, per il quale si potrà fare riferimento ad eventuali cartellini identificativi ovvero ai dati dichiarati dal produttore.

Il Direttore Tecnico dell'officina curerà la registrazione di tutti i risultati delle prove di controllo interno su apposito registro, di cui dovrà essere consentita la visione a quanti ne abbiano titolo.

Tutte le forniture provenienti da un'officina devono essere accompagnate dalla documentazione di cui al § 11.3.1.7 delle NTC.

Per quanto riguarda le specifiche dei controlli, le procedure di qualificazione e i documenti di accompagnamento dei manufatti in acciaio prefabbricati in serie si rimanda agli equivalenti paragrafi del § 11.8 delle NTC, ove applicabili.

#### **Officine per la produzione di bulloni e chiodi**

I produttori di bulloni e chiodi per carpenteria metallica devono dotarsi di un sistema di gestione della qualità del processo produttivo per assicurare che il prodotto abbia i requisiti previsti dalle presenti norme e che tali requisiti siano costantemente mantenuti fino alla posa in opera.

Il sistema di gestione della qualità del prodotto che sovrintende al processo di fabbricazione deve essere predisposto in coerenza con la norma UNI EN ISO 9001:2000 e certificato da parte di un organismo terzo indipendente, di adeguata competenza ed organizzazione, che opera in coerenza con le norme UNI CEI EN ISO/IEC 17021:2006.

I documenti che accompagnano ogni fornitura in cantiere di bulloni o chiodi da carpenteria devono indicare gli estremi della certificazione del sistema di gestione della qualità.

I produttori di bulloni e chiodi per carpenteria metallica sono tenuti a dichiarare al Servizio Tecnico Centrale la loro attività, con specifico riferimento al processo produttivo ed al controllo di produzione in fabbrica, fornendo copia della certificazione del sistema di gestione della qualità.

La dichiarazione sopra citata deve essere confermata annualmente al Servizio Tecnico Centrale, con allegata una dichiarazione attestante che nulla è variato, nel prodotto e nel processo produttivo, rispetto alla precedente dichiarazione, ovvero nella quale siano descritte le avvenute variazioni.

Il Servizio Tecnico Centrale attesta l'avvenuta presentazione della dichiarazione. Ogni fornitura in cantiere o nell'officina di formazione delle carpenterie metalliche, di bulloni o chiodi deve essere accompagnata da copia della dichiarazione sopra citata e della relativa attestazione da parte del Servizio Tecnico Centrale.

Il Direttore dei Lavori è tenuto a verificare quanto sopra indicato ed a rifiutare le eventuali forniture non conformi.

#### ▪ **Controlli di accettazione in cantiere, da eseguirsi sui lotti di spedizione**

I controlli in cantiere, demandati al Direttore dei Lavori, sono obbligatori e devono essere eseguiti secondo le medesime indicazioni di cui al § 11.3.3.5.3 delle NTC, effettuando un prelievo di almeno 3 saggi per ogni lotto di spedizione, di massimo 30 t.

Qualora la fornitura, di elementi lavorati, provenga da un Centro di trasformazione, il Direttore dei Lavori, dopo essersi accertato preliminarmente che il suddetto Centro di trasformazione sia in possesso di tutti i requisiti previsti al § 11.3.1.7 delle NTC, può recarsi presso il medesimo Centro di trasformazione ed effettuare in stabilimento tutti i controlli di cui sopra. In tal caso il prelievo dei campioni viene effettuato dal Direttore Tecnico del Centro di trasformazione secondo le disposizioni del Direttore dei Lavori; quest'ultimo deve assicurare, mediante sigle, etichettature indelebili, ecc., che i campioni inviati per le prove al laboratorio incaricato siano effettivamente quelli da lui prelevati, nonché sottoscrivere la relativa richiesta di prove.

Per le modalità di prelievo dei campioni, di esecuzione delle prove e di compilazione dei certificati valgono le medesime disposizioni di cui al precedente § 11.3.3.5.3.

Le prove, effettuate e certificate presso uno dei laboratori di cui all'art.59 del DPR n.380/2001, devono fornire valori di resistenza ed allungamento di ciascun campione compresi fra i valori massimi e minimi riportati nelle tabelle delle NTC stesse.

Il campionamento viene generalmente effettuato su tre diversi diametri opportunamente differenziati nell'ambito di ciascun lotto di spedizione, in numero di 3 spezzoni, marchiati, per ciascuno dei diametri selezionati, sempre che il marchio e la documentazione di accompagnamento dimostrino la provenienza del materiale da uno stesso stabilimento. In caso contrario i controlli devono essere estesi ai lotti provenienti da altri stabilimenti.

Nel caso di campionamento e prova in cantiere, che deve essere effettuata entro 30 giorni dalla data di consegna del materiale in cantiere, qualora la determinazione del valore di una quantità fissata non sia conforme al valore di accettazione, il valore dovrà essere verificato prelevando e provando tre provini da prodotti diversi nel lotto consegnato.

Se un risultato è minore del valore, sia il provino che il metodo di prova devono essere esaminati attentamente. Se nel provino è presente un difetto o si ha ragione di credere che si sia verificato un errore durante la prova, il risultato della prova stessa deve essere ignorato. In questo caso occorrerà prelevare un ulteriore (singolo) provino.

Se i tre risultati validi della prova sono maggiori o uguali del prescritto valore di accettazione, il lotto consegnato deve essere considerato conforme.

Se i criteri sopra riportati non sono soddisfatti, 10 ulteriori provini devono essere prelevati da prodotti diversi del lotto in presenza del produttore o suo rappresentante che potrà anche assistere all'esecuzione delle prove presso un laboratorio di cui all'art. 59 del DPR n. 380/2001.

Il lotto deve essere considerato conforme se la media dei risultati sui 10 ulteriori provini è maggiore del valore caratteristico e i singoli valori sono compresi tra il valore minimo e il valore massimo secondo quanto sopra riportato.

In caso contrario il lotto deve essere respinto e il risultato segnalato al Servizio Tecnico Centrale. Il prelievo dei campioni va effettuato a cura del Direttore dei Lavori o di tecnico di sua fiducia che deve assicurare, mediante sigle, etichettature indelebili, ecc., che i campioni inviati per le prove al laboratorio incaricato siano effettivamente quelli da lui prelevati.

Qualora la fornitura, di elementi sagomati o assemblati, provenga da un Centro di trasformazione, il Direttore dei Lavori, dopo essersi accertato preliminarmente che il suddetto Centro di trasformazione sia in possesso di tutti i requisiti previsti al § 11.3.1.7 delle NTC, può recarsi presso il medesimo Centro di trasformazione ed effettuare in stabilimento tutti i controlli di cui sopra. In tal caso il prelievo dei campioni viene effettuato dal Direttore Tecnico del centro di trasformazione secondo le disposizioni del Direttore dei Lavori; quest'ultimo deve assicurare, mediante sigle, etichettature indelebili, ecc., che i campioni inviati per le prove al laboratorio incaricato siano effettivamente quelli da lui prelevati, nonché sottoscrivere la relativa richiesta di prove.

La domanda di prove al Laboratorio autorizzato deve essere sottoscritta dal Direttore dei Lavori e deve contenere indicazioni sulle strutture interessate da ciascun prelievo.

In caso di mancata sottoscrizione della richiesta di prove da parte del Direttore dei Lavori, le certificazioni emesse dal laboratorio non possono assumere valenza ai sensi del presente decreto e di ciò ne deve essere fatta esplicita menzione sul certificato stesso.

I certificati emessi dai laboratori devono obbligatoriamente contenere almeno:

- l'identificazione del laboratorio che rilascia il certificato;
- una identificazione univoca del certificato (numero di serie e data di emissione) e di ciascuna sua pagina, oltre al numero totale di pagine;
- l'identificazione del committente dei lavori in esecuzione e del cantiere di riferimento;
- il nominativo del Direttore dei Lavori che richiede la prova;
- la descrizione e l'identificazione dei campioni da provare;
- la data di ricevimento dei campioni e la data di esecuzione delle prove;
- l'identificazione delle specifiche di prova o la descrizione del metodo o procedura adottata, con l'indicazione delle norme di riferimento per l'esecuzione della stessa;
- le dimensioni effettivamente misurate dei campioni;
- i valori delle grandezze misurate e l'esito delle prove di piegamento.

I certificati devono riportare, inoltre, l'indicazione del marchio identificativo rilevato a cura del laboratorio incaricato dei controlli, sui campioni da sottoporre a prove. Ove i campioni fossero sprovvisti di tale marchio, oppure il marchio non dovesse rientrare fra quelli depositati presso il Servizio Tecnico Centrale, le certificazioni emesse dal laboratorio non possono assumere valenza ai sensi delle presenti norme e di ciò ne deve essere fatta esplicita menzione sul certificato stesso.

#### **6.2.5. Regole pratiche di progettazione**

Si fa riferimento alle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni emanate con il D.M. Infrastrutture 14/1/2008 e alla Circolare Esplicativa n° 617 del 02/02/2009.

Gli apparecchi di appoggio strutturali devono essere conformi alle norme europee armonizzate della serie UNI EN 1337 e recare la marchiatura CE.

#### **6.2.6. Tolleranze di lavorazione o di montaggio**

Le opere murarie alle quali le carpenterie metalliche dovranno essere connesse potranno avere le seguenti tolleranze:

- fuori piano (distanza di uno dei vertici dal piano definito dagli altri tre): max 10 mm per ogni metro di distanza dallo spigolo più vicino con un max di 30 mm;
- lunghezze: 1/200 della dimensione nominale con un max di 30 mm; la somma degli scarti tollerati tra gli elementi contigui sommandosi dovrà essere inferiore alla tolleranza max di 30 mm;
- il fuori piombo max delle strutture verticali potrà essere pari ad 1/500 dell'altezza della struttura stessa, con un max di 20 mm.

Le carpenterie montate dovranno avere le seguenti tolleranze massime:

- fuori piano (distanza di uno dei vertici dal piano definito dagli altri tre): max 1 mm per ogni metro di distanza dallo spigolo più vicino con un max di 4 mm;
- lunghezze: 1/1000 della dimensione nominale con un max di 10 mm; la somma degli scarti tollerati tra gli elementi contigui sommandosi dovrà essere inferiore alla tolleranza max 10 mm;
- il fuori piombo max delle colonne non dovrà superare l'1, 5/1000 dell'altezza della struttura, con un max di 5 mm.

#### **6.2.7. Esecuzione delle opere**

Prima di dare corso alla lavorazione degli elementi componenti la struttura, si dovranno sottoporre all'approvazione della D.L. tutti i disegni di officina ed i casellari suddivisi per tipo e qualità, redatti in conformità ai disegni di progetto ed alle misure rilevate in luogo.

Le opere dovranno essere attentamente coordinate anche in relazione a tutte le predisposizioni richieste in progetto (ad es.: cave, connessioni, ancoraggi, ecc.).

L'Impresa dovrà provvedere affinché sia assicurata la continuità elettrica fra i vari elementi costituenti la struttura e dovrà predisporre, nelle posizioni indicate dalla Direzione dei Lavori, i necessari attacchi per le connessioni alla rete di messa a terra generale della costruzione.

Dovranno risultare lavorate diligentemente, con maestria, regolari di forme, precise nelle dimensioni e rispondenti agli elaborati tecnici di progetto ed ai disegni esecutivi di cantiere approvati preventivamente dalla Direzione dei Lavori.

Le superficie di contatto devono essere convenientemente piane ed ortogonali all'asse delle membrature collegate.

In ogni caso la planarità delle superfici delle flange deve essere garantita anche dopo la saldatura.

Le forature devono essere preferibilmente eseguite col trapano ed anche col punzone perché successivamente dosati. Per forature di ordinaria importanza statica e fino a spessori di 12 mm è ammessa la punzonatura dei fori al diametro definitivo purché venga opportunamente eseguita e controllata al fine di evitare la formazione di nicchie e bave.

E' vietato l'uso della fiamma per l'esecuzione dei fori.

Non sono ammesse eccentricità, relative a fori corrispondenti, maggiori del gioco foro - vite.

Per il serraggio dei bulloni dovranno essere usate chiavi dinamometriche a mano o pneumatiche con precisione non minore del 10%.

I bulloni verranno prima serrati al 60% della coppia prevista e quindi si procederà al serraggio completo.

Non potranno essere eseguite saldature in ambienti con temperatura inferiore a -5°C.

I tagli non dovranno presentare strappi, riprese o sbavature. Essi dovranno essere regolari, passati con la smerigliatrice.

Raddrizzamenti, spianamenti, ecc. dovranno essere effettuati con dispositivi agenti a pressione, senza riscaldamenti locali per non generare tensioni residue.

#### **6.2.8. Posa in opera**

Dovrà essere eseguita con la massima precisione, rispettando quote, fili, allineamenti, piombi per il perfetto posizionamento di ogni elemento.

Tutti gli elementi dovranno essere solidamente e sicuramente fissati.

Il numero e le dimensioni degli ancoraggi e degli altri elementi di fissaggio dovranno essere tali da assicurare i requisiti di resistenza e solidità richiesti dalla struttura anche in fase di montaggio parziale.

I tagli, gli incassi nelle murature dovranno avere le minime dimensioni necessarie, per ottenere un posizionamento agevole ed un ancoraggio sicuro, senza per questo compromettere l'integrità della struttura muraria. Essi dovranno essere accuratamente puliti e bagnati prima di essere sigillati.

La sigillatura dovrà essere eseguita con l'impiego di malta di cemento o calcestruzzo di appropriata granulometria, a seconda della dimensione degli incassi. Non è ammessa in alcun caso la sigillatura con gesso o cemento a presa rapida; è consigliato l'uso di malte o betoncini a ritiro controllato.

Gli elementi strutturali interessati da ancoraggi nelle murature dovranno essere solidamente assicurati nell'esatta posizione prevista, con idonei sostegni ed armature provvisori, in modo da evitare qualsiasi movimento sino a che le relative sigillature non abbiano raggiunto la necessaria presa.

#### **6.2.9. Movimentazione e trasporto dei manufatti**

Tutti i materiali dovranno essere debitamente protetti contro gli urti accidentali e le aggressioni fisiche e chimiche durante il trasporto al cantiere, la movimentazione nell'ambito dello stesso e la messa in opera.

Nel caso di inadempienza la responsabilità per eventuali danni sarà di esclusiva pertinenza dell'Impresa.

#### **6.2.10. Collaudo**

Il Direttore dei Lavori avrà la facoltà di accedere alle officine di lavorazione allo scopo di ispezionare il materiale, seguire le lavorazioni e presiedere alle varie prove.

Potrà anche prelevare a suo giudizio campioni di materiale per sottoporli a prove presso Laboratori ufficiali: l'onere economico di tali prove sarà a carico dell'Impresa.

Tali prove potranno consistere in: verifiche dimensionali, prove di trazione, prove di piegamento, prove di resilienza, controlli radiografici sui giunti saldati, controlli sull'aspetto esterno della saldatura e del grado di raccordo con il materiale base.

Il Direttore dei Lavori avrà pure il diritto di rifiutare e chiedere la sostituzione di qualsiasi parte della fornitura, anche se già messa in opera, che presentasse difetti per cattiva qualità dei materiali e/o per cattiva lavorazione.

Il mancato uso di tale diritto non esimerà l'Impresa dalle sue responsabilità.

L'Impresa sarà tenuta ad eseguire le prove di resistenza dei materiali secondo le modalità delle leggi vigenti e fornire i relativi certificati alla Direzione dei Lavori.

Tale operazione di controllo in officina, se non richiesta espressamente dalla Direzione dei Lavori, dovrà essere condotta dal tecnico responsabile della fabbricazione, che assumerà a tale riguardo le responsabilità attribuite dalla legge al Direttore dei Lavori.

Le richieste delle prove da effettuare presso un Laboratorio Ufficiale dovranno essere sottoscritte dalla Direzione dei Lavori e dovranno portare indicazioni precise circa i profili da cui saranno stati prelevati i provini in relazione agli elementi strutturali da realizzare con i profili stessi.

A montaggio ultimato sarà fatto il collaudo statico dell'opera mediante prove di carico in conformità alla normativa vigente ed eventuali controlli sull'idoneità delle saldature.

Tutti gli oneri delle prove di collaudo saranno a carico dell'Impresa.

### 6.3. PROTEZIONI SUPERFICIALI

#### 6.3.1. Elementi zincati a caldo

I manufatti che dovranno ricevere il trattamento di zincatura a caldo dovranno subire un'accurata preparazione, pulizia e sgrassaggio delle superfici tale da eliminare nel modo più radicale ogni traccia di grasso ruggine, calamina, vernici, scorie o di qualunque altra impurità.

Il trattamento dovrà eseguirsi nel rispetto delle prescrizioni indicate dalla UNI 5744.

Con riferimento alla norma stessa la massa dello strato di zincatura per unità di superficie, misurata su 3 provette con le modalità prescritte nella norma UNI 5741, non dovrà essere inferiore ai seguenti valori prescritti nella predetta norma:

MASSA DELLO STRATO DI ZINCATURA PER UNITA' DI SUPERFICIE			
	CATEGORIA	Risultato medio di un gruppo di provette min. g/m <sup>2</sup>	Risultato per ciascuna provetta singola min. g/m <sup>2</sup>
A	Strutture di acciaio profilato e strutture composte con parti di acciaio aventi spessore maggiore di 5 mm	500	450
B	Oggetti fabbricati in lamiera di acciaio avente spessore minore di 1 mm	350	300
C	Perni, viti, bulloni e dadi con diametro maggiore di 9 mm	375	300
D	Oggetti di ghisa, di ghisa malleabile e di acciaio fuso	500	450

Gli elementi che dovessero eventualmente subire tagli, saldature, od altri aggiustaggi in fase di assemblaggio o montaggio, tali da provocare la rimozione o il danneggiamento della zincatura, dovranno essere accuratamente sgrassati, lavati e ritoccati con verniciatura di fondo a base di zincanti epossidici.

#### 6.3.2. Verniciature

##### Generalità

Tutte le superfici delle strutture in acciaio dovranno essere protette contro la corrosione mediante uno dei due cicli di verniciatura definiti nel presente articolo, a seconda che trattasi di superfici in vista o di superfici interne.

Entrambi i cicli saranno preceduti da una accurata preparazione mediante sabbiatura.

Particolare cura dovrà essere posta nel trattamento delle superfici in corrispondenza delle giunzioni ad attrito per impedire qualsiasi infiltrazione all'interno dei giunti.

Non saranno ammessi prodotti vernicianti che non siano rispondenti alle caratteristiche ed ai requisiti prescritti, restando a totale ed esclusivo carico dell'Impresa l'asportazione e la sostituzione di verniciature che non risultassero idonee.

Le verniciature dovranno essere eseguite in condizioni d'ambiente idonee alle caratteristiche dei prodotti impiegati. Non si dovrà procedere ai trattamenti quando temperatura ed umidità dell'aria superano le soglie minima e massima proprie di ciascun prodotto. Non si dovrà procedere all'applicazione di uno strato fino a che quello precedente non sia perfettamente essiccato. Tutti gli strati dovranno essere protetti da pioggia o bagnatura in genere per un periodo minimo di 18 ore dall'applicazione. Gli strati dovranno avere tonalità di colore diverse per consentire il controllo della loro applicazione.

Per entrambi i cicli: quello per le superfici in vista e quello per le superfici interne, l'applicazione dovrà essere effettuata secondo lo schema che segue, salvo diverse disposizioni formalmente impartite dalla Direzione Lavori

a - in officina, a lavorazione ultimata:

- sabbiatura di tutte le superfici
- applicazione dello strato di primer
- in opera, ad avvenuto completamento del montaggio:
  - spazzolatura dei punti da ritoccare
  - ritocchi sullo strato di primer
  - applicazione dello strato intermedio
  - applicazione dello strato di finitura.

##### Accettazione dei prodotti vernicianti - Garanzie

I prodotti impiegati per le verniciature dovranno essere di primarie marche. E in facoltà della Direzione Lavori e degli organi di controllo della Società rifiutare prodotti di marche che non diano sicuro affidamento di buona qualità.

Ad avvenuta consegna dei lavori e prima di dare corso ai cicli di verniciatura previsti, l'Impresa dovrà consegnare alla Direzione Lavori campioni di tutti i prodotti vernicianti componenti i due cicli, con i relativi diluenti, in contenitori sigillati del peso di Kg 0,500 cadauno, nel numero di tre per ogni prodotto.

Ciascun campione dovrà essere accompagnato da schede tecniche riportanti le caratteristiche di composizione ed applicazione del prodotto.

La Direzione Lavori, a sua cura ed a spese dell'Impresa, provvederà a sottoporre i campioni a prova presso Laboratori di sua fiducia per verificarne la rispondenza ai requisiti richiesti.

Solo dopo che i laboratori avranno accertato tale rispondenza, la Direzione Lavori formalizzerà l'autorizzazione all'Impresa alla applicazione dei cicli, riservandosi di verificare in qualsiasi momento durante il corso dei lavori, sempre a spese dell'Impresa, la conformità dei prodotti impiegati, presenti a piè d'opera, ai campioni sotto posti a prova.

L'Impresa e tenuta a garantire la buona esecuzione dei lavori e la conservazione del ciclo applicato, per un periodo di sette anni.

La decorrenza della suddetta garanzia inizierà alla data del certificato di ultimazione lavori con l'obbligo di gratuita manutenzione per tutto il periodo di garanzia.

Nel detto periodo l'Impresa resta obbligata ad eseguire a propria cura e spese i ritocchi e quanto altro si rendesse necessario al fine di mantenere la verniciatura in condizioni di totale efficienza.

Se i lavori di ritocco eseguito nel periodo di garanzia supereranno il 20% della superficie totale, l'Impresa sarà tenuta ad eseguire a sua cura e spese, una totale successiva mano di verniciatura a conguaglio, al fine di ripristinare il buon appetto estetico dell'opera.

L'Impresa é tenuta inoltre a garantire la buona conservazione dello strato di primer zincante inorganico eseguito in officina per tutto il periodo intercorrente fino all'esecuzione dello strato intermedio e comunque per almeno un anno.

### **Preparazione delle superfici**

#### **Sabbature**

Si procederà preliminarmente alla molatura di tutti gli spigoli per eliminare eventuali sbavature che potrebbero compromettere la continuità dello strato protettivo. Successivamente saranno eliminate eventuali tracce di grasso da tutte le superfici.

Si effettuerà quindi la sabbatura a metallo quasi bianco di grado A Sa 2 ½ degli standard fotografici delle Svensk Standard SIS, secondo la specifica SP 10 delle Norme SSPC (Steel Structures Painting Council); dovranno essere impiegati abrasivi fini per ottenere un profilo di incisione compreso tra mm 0,025 e mm 0,050.

A sabbatura ultimata, prima di iniziare la verniciatura, si dovrà procedere alla completa asportazione di residui di ossidi, abrasivi e polvere.

Le superfici sabbate tassativamente non dovranno essere inumidite prima dell'applicazione dello strato di primer, che dovrà essere effettuata entro il termine di 8 ore dalla sabbatura, prima che venga a formarsi un qualsiasi principio di ruggine. Qualora si verificassero formazioni di ruggine, la sabbatura dovrà essere ripetuta a cura e spese dell'Impresa.

#### **Spazzolatura**

Ad ultimazione del montaggio in opera delle strutture in acciaio, si dovrà procedere alla sabbatura delle saldature eventualmente eseguite in opera per renderle atte a ricevere il trattamento protettivo.

Si eseguirà quindi la spazzolatura delle superfici interessate da abrasioni, danneggiamenti, ecc., in preparazione dei ritocchi che dovranno essere fatti per ricostituire la continuità dello strato di primer.

La spazzolatura, da effettuarsi con attrezzi meccanici, dovrà essere di grado C St 3 degli standard fotografici delle Svensk Standard SIS, secondo la specifica SP 3 delle Norme SSPC (Steel Structures Painting Council).

Prima di procedere alla verniciatura si dovrà procedere alla completa asportazione di ossidi e polveri.

Il trattamento di verniciatura mediante applicazione dello strato di primer dovrà essere effettuato entro il termine di 8 ore dalla spazzolatura.

### **Cicli di verniciatura**

I cicli, tanto per superfici in vista che per quelle interne sono composti da tre strati, rispettivamente di primer, intermedio e di finitura, oltre ai ritocchi in opera sul primer ad avvenuto completamento del montaggio delle strutture.

#### **Ciclo per superfici in vista - Tabella 26 A -**

Esecuzione in officina a lavorazione ultimata:

a - Sabbatura di grado A Sa 2 ½;

b - Applicazione mediante airless dello strato di primer zincante inorganico bicomponente, per uno spessore del film secco di mm 0,07 aventi le seguenti caratteristiche:

- contenuto solido > 76%
- zinco metallico nel film secco > 86%
- legante silicato di etile
- peso specifico della miscela > g/l 2500
- temperatura minima di applicazione 260 K
- Sovraverniciatura (con umidità relativa > 50%):

temperatura	tempi minimi di sovraverniciatura
260 K	7 giorni
277 K	48 ore
289 K	24 ore

Esecuzione in opera ad avvenuto completamento del montaggio

c - spazzolatura delle superfici da ritoccare di grado C St 3 previa sabbatura delle saldature eventualmente eseguite in opera;

d - applicazione a pennello sulle superfici da ritoccare, dello strato di primer zincante organico bicomponente, per uno spessore del film secco di mm 0,060 avente le seguenti caratteristiche:

- contenuto solido > 80%
- zinco metallico nel film secco > 80%
- legante epossipoliammidico
- peso specifico della miscela > g/l 2500
- temperatura minima di applicazione 283 K

- sovraverniciatura ( con umidità relativa 0 - 85~)

temperatura	tempi minimi di sovraverniciatura
283 K	8 ore
289 K	6 ore

e - applicazione mediante airless dello strato intermedio su tutte le superfici, a base epossipoliamminica modificata vinilica bicomponente, per uno spessore del film secco di mm 0,080, avente le seguenti caratteristiche:

- contenuto solido > 59%
- legante epossipoliamminico modificato
- peso specifico della miscela > g/l 1250
- temperatura minima di applicazione 283 K
- sovraverniciatura ( con umidità relativa 30 - 70%)

temperatura	tempi minimi di sovraverniciatura
283 K	24 ore
289 K	12 ore

f - applicazione mediante airless dello strato di finitura su tutte le superfici, a base poliuretano isocianico alifatico bicomponente, per uno spessore del film secco di mm 0,050, avente le seguenti caratteristiche:

- contenuto solido > 57%
- legante poliuretano isocianico alifatico
- aspetto lucido
- peso specifico della miscela > g/l 1200
- temperatura minima di applicazione 277 K

*Ciclo per superfici interne - Tabella 26B -*

Esecuzione in officina a lavorazione ultimata

a-b - si richiamano integralmente le norme di cui al precedente punto

Esecuzione in opera ad avvenuto completamento del montaggio

c-d - si richiamano integralmente le norme di cui ai corrispondenti punti precedenti

e - applicazione mediante airless dello strato intermedio su tutte le superfici; a base epossipoliammidica bicomponente, per uno spessore del film secco di mm 0,075, avente le seguenti caratteristiche:

- contenuto solido > 50~
- legante epossipoliammidico
- peso specifico della miscela > g/l 1.350
- temperatura minima di applicazione 283 K
- sovraverniciatura ( con umidità relativa 0 - 90%)

temperatura	tempi minimi di sovraverniciatura
283 K	24 ore
289 K	12 ore

g - applicazione mediante airless dello strato di finitura su tutte le superfici, a base epossicatramosa bicomponente, per uno spessore del film secco di mm 0,150, avente le seguenti caratteristiche:

- contenuto solido > 7~
- legante epossidico
- aspetto lucido
- peso specifico della miscela > g/l 1500
- temperatura minima di applicazione 283 K

**TABELLA 26 A - Ciclo di verniciatura per superfici in vista**

Esecuzione	in officina		in opera			
Caratteristiche	26. 4. 4. 1. 1/ a	Primer zincante inorganico	26. 4. 4. 1. 2/ c	Ritocchi con primer zincante	Strato intermedio	Strato di finiture
		26.4.4.1.1/b		26.4.4.1.2/b	26.4.4.1.2/e	26.4.4.1.2/f
applicazione spessore del film secco componenti n° peso specifico miscela g/l contenuto solido zinco metallico nel film secco legante temperatura minima di applicazione sopravverniciature alle diverse temperature	S a b b i a t u r a A S a 2 ¼	airless 0,075 2 ≥ 2500 ≥ 76% ≥ 86% silicato di etile 260 K a 260 K: 7 d a 277 K: 48 h a 289 K: 25 h	S p a z z o l a t u r a C S t 3	pennello 0,060 2 ≥ 2500 ≥ 80% epossipoliammidico 283 K a 283 K: 8 h a 298 K: 6 h	airless 0,080 2 ≥ 1250 ≥ 59% epossipoliammidico vinilico 283 K a 283 K: 24 h a 298 K: 12 h	airless 0,050 2 ≥ 1200 ≥ 57% poliuretano isocianico alifatico 277 K

**TABELLA 26 B - Ciclo di verniciatura per superfici interne**

Esecuzione	in officina		in opera			
Caratteristiche	26. 4. 4. 2. 1/ a	Primer zincante inorganico	26. 4. 4. 2. 1/ c	Ritocchi con primer zincante	Strato intermedio	Strato di finiture
		26.4.4.2.1/b		26.4.4.2.2/b	26.4.4.2.2/e	26.4.4.2.2/f
applicazione spessore del film secco componenti n° peso specifico miscela g/l contenuto solido zinco metallico nel film secco legante temperatura minima di applicaz. sopravverniciature alle diverse temperature	S a b b i a t u r a A S a 2 ¼	airless 0,075 2 ≥ 2500 ≥ 76% ≥ 86% silicato di etile 260 K a 260 K: 7 d a 277 K: 48 h a 289 K: 25 h	S p a z z o l a t u r a C S t 3	pennello 0,060 2 ≥ 2500 ≥ 80% epossipoliammidico 283 K a 283 K: 8 h a 298 K: 6 h	airless 0,080 2 ≥ 1250 ≥ 59% epossipoliammidico vinilico 283 K a 283 K: 24 h a 298 K: 12 h	airless 0,050 2 ≥ 1200 ≥ 57% poliuretano isocianico alifatico 287 K

### 6.3.3. Pittura intumescente monocomponente

#### Campi di applicazione

Pittura intumescente monocomponente all'acqua, ad elevato potere coibente, indicata per il trattamento intumescente di travature e in generale di tutte quelle strutture di acciaio, già esistenti, o in fase di progettazione, la cui resistenza al fuoco deve essere aumentata. L'utilizzo di questo prodotto è soggetto ad una preventiva valutazione analitica da parte del tecnico responsabile, come previsto dal D.M. del 04/05/98. A temperature di oltre 200°/250°C, la pittura deve formare sulla superficie trattata, uno strato di schiuma compatta di natura carboniosa, di volume molto maggiore dello spessore originale di pittura, che riduce il passaggio del calore. Si evita, in questo modo, che l'aumento di temperatura provocato dall'incendio raggiunga il cuore del manufatto e provochi la deformazione ed il conseguente crollo della struttura.

#### **Dati tecnici**

DATI IDENTIFICATIVI DEL PRODOTTO	
Colore	A discrezione della D.L.
Viscosità al collaudo	30000 +/- 3000 mPa s
Residuo secco	69 +/- 1%
Peso specifico	1,25 +/- 0,05 gr/cm <sup>3</sup>
Conservazione	In confezioni originali e ben chiuse evitando le basse temperature; consumare preferibilmente entro 12 mesi. TEME IL GELO.
DATI APPLICATIVI	
Diluizione	In caso di necessità, al max 5% con acqua di rete.
Tempo di essiccazione	24 ore
Modalità di applicazione	Pennello Rullo Spruzzo (Airless)

#### **Modalità di applicazione**

Preparazione dei supporti: nella verniciatura di travature di ferro o acciaio è necessario procedere con sgrassaggio e preferibilmente sabbatura con grado SA2 ½. Successivamente è necessaria l'applicazione di un primer l'antiruggine sintetico o epossidico, formulati appositamente per questo ciclo (spessore secco di 50 - 70 micron). Nel caso di travature zincate, procedere con l'applicazione del Wash Primer o del primer epossidico, che garantiscono un supporto ideale per le successive mani di pittura intumescente (consultare le schede tecniche dei prodotti citati). Nel caso di travi già verniciate, verificare la compatibilità del prodotto esistente con la pittura intumescente, per evitare eventuali distacchi di prodotto. Nel caso di strutture già precedentemente verniciate con prodotti epossidici, è necessario carteggiare con carta abrasiva grana 120/180 prima dell'applicazione della pittura. I prodotti che per la loro specifica termoplasticità, quali ad esempio fondi alla clorogomma, al bitume ecc. che darebbero problemi di rammollimento in caso di esposizione al calore, non risultano idonei ad essere ricoperti con la pittura intumescente.

Metodi di applicazione: può essere fatta a spruzzo, a pennello o a rullo anche se è da privilegiare l'applicazione a spruzzo airless con la quale si ottiene l'aspetto estetico migliore. Questo sistema permette inoltre di coprire grandi superfici in tempi ridotti. Le applicazioni a pennello o rullo sono preferibili dove non sono ammessi fumi di verniciatura. In questo caso le perdite si riducono al minimo. Il metodo di applicazione sarà scelto dalla D.L. caso per caso.

Airless: utilizzare una pompa senza filtri con ugelli da 30-31. Solo in caso di necessità diluire al massimo 5% acqua di rete. Mescolare il prodotto con un trapano. E' possibile ottenere grandi spessori con più passaggi, riprendendo le superfici già verniciate dopo alcuni minuti. Le mani successive vanno applicate solo dopo l'essiccazione.

Pennello o Rullo: Utilizzare un rullo a peli corti per ottenere una finitura ad effetto testurizzato. Pennellate corte evidenzieranno meno i segni del pennello. Nella seguente tabella sono riportati valori indicativi degli spessori massimi applicabili per mano, variabili in relazione alle condizioni ambientali ed alla forma dei profili da trattare.

Metodo	Spessore massimo umido per mano a 20 °C
Airless	800 – 1000 g/mq (ca. 600 – 800 micron umidi)
Pennello - rullo	400 – 500 g/mq (ca. 300 – 400 micron umidi)

- Controllo spessori umidi:** il controllo degli spessori umidi può essere eseguito appoggiando l'apposito "spessimetro a pettine" sulla superficie verniciata, rilevando l'ultimo dente sporco di pittura ed il successivo dente pulito. Lo spessore umido applicato si trova in questo intervallo.
- essiccazione:** è necessario utilizzare un prodotto che essicca in 24 ore a temperature comprese tra 18 - 25 °C, pertanto il tempo minimo di attesa tra l'applicazione di due mani successive è di 24 ore. Va tenuto conto che a maggiori spessori applicati corrispondono più lunghi tempi di essiccazione. Una buona circolazione dell'aria favorisce l'evaporazione dell'acqua e garantisce un'essiccazione omogenea. Contenitori stoccati a temperature troppo basse comportano un allungamento dei tempi di essiccazione. Non procedere all'applicazione con temperature inferiori a 10° C, umidità superiore a 80% e condizioni ambientali di nebbia o pioggia. E' necessario tenere conto della temperatura del supporto poiché, essendo in genere più freddo del ambiente in cui si trova, può presentare fenomeni di condensazione (punto di rugiada). In questo caso non procedere con la verniciatura senza prima aver riscaldato l'ambiente.
- Controllo spessori secchi:** il controllo finale dello spessore secco deve essere effettuato quando la pittura è completamente essicata. Le misurazioni possono essere eseguite con spessimetro magnetico (ex. spessimetro a banana) oppure con spessimetro elettromagnetico, distribuendo sull'elemento trattato un numero significativo di rilevazioni. Non è consentito di procedere all'applicazione della finitura protettiva, fino a quando non sia stato raggiunto lo spessore secco di pittura previsto (ottenuto sottraendo dallo spessore secco di pittura lo spessore secco di primer).
- Sovraverniciabilità:** è necessario utilizzare un prodotto che può essere sovraverniciato per migliorare le sue caratteristiche di resistenza all'umidità e agli agenti atmosferici. Nel caso di strutture verniciate esposte alle intemperie la sovrapposizione di uno smalto protettivo diventa indispensabile perché i prodotti intumescenti ad acqua non hanno resistenza all'acqua. L'esposizione alla pioggia, ad esempio, porta al degrado della pellicola con sfaldamenti e distacchi, che richiedono la riapplicazione del ciclo. La protezione con lo smalto trattiene meno lo sporco e mantiene inalterate le proprietà intumescenti nel tempo.
- Durata del trattamento:** le pitture intumescenti devono essere applicate tenendo conto della buona preparazione del supporto (vedi preparazione del supporto), delle condizioni ambientali durante l'applicazione (vedi metodi di applicazione), dell'ambiente in cui verranno esposte (umidità relativa media, presenza di vapori acidi o alcalini, sbalzi termici, esposizione alla luce solare, ecc.) che sono fattori determinanti nella durata di qualsiasi ciclo verniciante.

#### **Certificazioni ed accettazione del prodotto**

I prodotti impiegati per le verniciature dovranno essere di primarie marche. E in facoltà della Direzione Lavori e degli organi di controllo della Società rifiutare prodotti di marche che non diano sicuro affidamento di buona qualità.

Ad avvenuta consegna dei lavori e prima di dare corso ai cicli di verniciatura previsti, l'Impresa dovrà consegnare alla Direzione Lavori campioni di tutti i prodotti vernicianti componenti i due cicli, con i relativi diluenti, in contenitori sigillati del peso di Kg 0,500 cadauno, nel numero di tre per ogni prodotto.

Ciascun campione dovrà essere accompagnato da schede tecniche riportanti le caratteristiche di composizione ed applicazione del prodotto dotato di certificazione di prova rilasciata da laboratori di prova ufficiali e di tutta la documentazione richiesta dalla vigente normativa.

La Direzione Lavori, a sua cura ed a spese dell'Impresa, provvederà a sottoporre i campioni a prova presso Laboratori di sua fiducia per verificarne la rispondenza ai requisiti richiesti.

Solo dopo che i laboratori avranno accertato tale rispondenza, la Direzione Lavori formalizzerà l'autorizzazione all'Impresa alla applicazione dei cicli, riservandosi di verificare in qualsiasi momento durante il corso dei lavori, sempre a spese dell'Impresa, la conformità dei prodotti impiegati, presenti a piè d'opera, ai campioni sotto posti a prova.

L'Impresa è tenuta a garantire la buona esecuzione dei lavori e la conservazione del ciclo applicato, per un periodo di 20 anni.

La decorrenza della suddetta garanzia inizierà alla data del certificato di ultimazione lavori con l'obbligo di gratuita manutenzione per tutto il periodo di garanzia.

Nel detto periodo l'Impresa resta obbligata ad eseguire a propria cura e spese i ritocchi e quanto altro si rendesse necessario al fine di mantenere la verniciatura in condizioni di totale efficienza.

Se i lavori di ritocco eseguito nel periodo di garanzia supereranno il 20% della superficie totale, l'Impresa sarà tenuta ad eseguire a sua cura e spese, una totale successiva mano di verniciatura a conguaglio, al fine di ripristinare il buon aspetto estetico dell'opera.

L'Impresa è tenuta inoltre a garantire la buona conservazione dello strato di primer zincante inorganico eseguito in officina per tutto il periodo intercorrente fino all'esecuzione dello strato intermedio e comunque per almeno un anno.

#### **6.3.4. Intonaco protettivo antincendio leggero**

##### **Campi di applicazione**

Fornitura e posa in opera di intonaco isolante leggero presmiscelato a gesso per interni a base di gesso e vermiculite, leganti speciali ed additivi specifici provvisto di marcatura ce secondo la norma en 13279-1, classe di reazione al fuoco a1 secondo uni en 13501-1 e classe di fumo F0 secondo NF F 16-101.

**Modalità' di applicazione**

il prodotto dovrà essere applicato a macchina a spruzzo. L'intonaco dovrà avere uno spessore determinato conformemente alle certificazioni rilasciate da laboratori autorizzati.

**Dati tecnici**

DATI IDENTIFICATIVI DEL PRODOTTO		
Caratteristica	Norma di riferimento	Valore
Colore		A discrezione della D.L.
Peso specifico in polvere		300 kg/m <sup>3</sup>
Peso specifico in opera		400 kg/m <sup>3</sup> (asciutto)
Tipo	EN 13279-1	C5/20
PH		11 (reazione basica)
Tipo di presa iniziale		85 min +/- 15 min
Resa metrica teorica		4 kg/m <sup>2</sup> per spessore 1 cm
Adesione	NF-P-15-203-1	>0.022 N/mm <sup>2</sup> (su lamiera)
Conduttività termica		L = 0.045 W/mK
Reazione al fuoco	EN 13501-1	Classe A1
Classe di fumo	NF F 16-101	F0

<b>SEZIONE 7. OPERE PREFABBRICATE IN C.A. PRECOMPRESSO</b>
--

**7.1. NORMATIVA DI RIFERIMENTO**

I lavori, descritti nelle specifiche, dovranno essere eseguiti nel rispetto delle leggi e normative vigenti in materia, e loro successivi eventuali aggiornamenti, con particolare riguardo a quanto già riportato nella sezione 5 (CALCESTRUZZI - OPERE IN C.A.) ed alle seguenti prescrizioni:

**PRESCRIZIONI SPECIFICHE PER STRUTTURE IN C.A. PRECOMPRESSO**

<b>ASTM C 91:2005</b>	Standard Specification for Masonry Cement
<b>D.M. 16/02/2007</b>	Classificazione di resistenza al fuoco di prodotti ed elementi costruttivi
<b>D.M. 9/03/2007</b>	Prestazioni di resistenza al fuoco delle costruzioni soggette al controllo del Corpo Nazionale dei VVF
<b>D.M. 9/05/2007</b>	Direttive per l'approccio ingegneristico alla sicurezza antincendio
<b>UNI 8147:2008</b>	Agenti espansivi non metallici per impasti cementizi. Determinazione dell'espansione contrastata della malta
<b>D.M. Infrastrutture 14 gennaio 2008</b>	Norme tecniche per le costruzioni
<b>C.M. Infrastrutture e Trasporti 02 febbraio 2009, n. 617 CS.LL.PP.</b>	Nuova circolare delle Norme Tecniche per le Costruzioni

**7.2. MANUFATTI PREFABBRICATI PRODOTTI IN SERIE****7.2.1. Definizioni**

Quanto contenuto nel presente Paragrafo si riferisce a manufatti prefabbricati in conglomerato cementizio armato, normale o precompresso, costruiti in stabilimento (in serie "dichiarata" o serie "controllata") o a piè d'opera.

**7.2.2. Generalità***Analisi strutturale*

Le verifiche si applicano sia alla struttura presa nel suo insieme che a ciascuno dei suoi elementi costruttivi; esse debbono essere soddisfatte sia durante l'esercizio sia nelle diverse fasi di produzione, stoccaggio, trasporto e montaggio.

La profondità dell'appoggio deve essere tale da soddisfare le condizioni di resistenza dell'elemento appoggiato, dell'eventuale apparecchio di appoggio e del sostegno.

**7.2.3. Tolleranze**

Si individuano due gruppi di tolleranze:

- la tolleranza di produzione;
- la tolleranza di montaggio.

I limiti di tolleranza devono essere chiaramente indicati in funzione del tipo di struttura e delle caratteristiche tecniche di fabbricazione.

**7.2.4. Casseforme**

Le casseforme devono garantire la rispondenza alle tolleranze dimensionali del progetto.

**7.2.5. Maturazioni**

Per la maturazione di tipo artificiale e/o naturale si devono eseguire particolari controlli sulla resistenza dei manufatti. A tutti gli elementi di serie omogenee deve venire applicato un ciclo di maturazione e di disarmo tale da garantire l'ottenimento delle caratteristiche prefissate.

**7.2.6. Stoccaggio**

Le aree di stoccaggio devono essere organizzate in modo da non assoggettare gli elementi a sollecitazioni parassite.

La permanenza in stoccaggio, se necessaria, dovrà avere durata tale da rendere il manufatto idoneo al trasporto.

**7.2.7. Trasporto**

Non può essere effettuato il trasporto finché la stagionatura dell'elemento non assicuri il raggiungimento delle caratteristiche di resistenza richieste in relazione alla modalità del trasporto stesso.

L'elemento deve posare sul mezzo di trasporto secondo gli schemi statici previsti, tenendo conto delle variazioni geometriche che il mezzo può subire durante la marcia.

**7.2.8. Montaggio**

Nel rispetto delle vigenti norme antinfortunistiche, i mezzi di sollevamento dovranno essere proporzionati per la massima prestazione prevista nel programma di montaggio; inoltre nella fase di appoggio dell'elemento prefabbricato, devono avere velocità di posa commisurata con le caratteristiche del piano di appoggio e con quella dell'elemento stesso.

**7.2.9. Posizionamento**

Gli elementi vanno posizionati come e dove indicato in progetto.

In presenza di getti integrativi eseguiti in opera, che concorrono alla stabilità della struttura anche nelle fasi intermedie, il programma di montaggio sarà condizionato dai tempi di maturazione richiesti.

**7.2.10. Sigillature**

Sono previste sigillature tra i pannelli prefabbricati, e tra pannelli ed altre strutture con mastice non essiccante e non corrosivo a base di tiokol, per giunti orizzontali, verticali, inclinati o curvi. In opera il mastice (tipo plevomastic, o simili) deve sopportare allungamenti, in senso trasversale, fino al 300 %, senza rotture e senza perdere le proprie qualità adesive, essere inattaccabile dai solventi, acidi diluiti, oli minerali e vegetali, acqua e luce solare, mantenere le proprie caratteristiche entro una escursione termica da -50 a +100 gradi centigradi e non espandersi.

**7.2.11. Controllo e collaudi**

I controlli sui materiali dovranno essere in conformità alle prescrizioni di legge vigenti.

I manufatti prodotti in serie dovranno essere conformi alle caratteristiche geometriche e dimensionali indicate nella documentazione depositata presso il Ministero dei Lavori Pubblici, ai sensi della normativa vigente.

Fermo restando il disposto

delle norme tecniche sulle opere in c.a., c.a.p. e acciaio relative al collaudo statico, su strutture prefabbricate già assemblate e poste in opera si devono eseguire opportune indagini atte a verificare la rispondenza dell'opera ai requisiti di progetto.

Le prove di carico, ove ritenute necessarie dal collaudatore, dovranno accertare il comportamento statico dei prefabbricati nel complesso strutturale.

**7.2.12. Caratteristiche dei materiali costituenti le strutture prefabbricate in c.a.****Calcestruzzo**

- Manufatti prodotti in stabilimento in cemento armato normale vibrato.  
Classe di resistenza  $\geq$  C32/40
- Manufatti prodotti in stabilimento in cemento armato precompresso.  
Classe di resistenza  $\geq$  C40/50

**Acciaio per armatura lenta**

- B450C

**Acciaio armonico per cemento armato precompresso.**

Rotoli e bobine di fili, trecce e trefoli provenienti da diversi stabilimenti di produzione devono essere tenuti distinti: un cavo non dovrà mai essere formato da fili, trecce o trefoli provenienti da stabilimenti diversi.

Durante l'allestimento dei cavi di acciaio non dovranno essere piegati; i fili di acciaio dovranno essere del tipo autoraddrizzante.

Le legature dei fili, trecce e trefoli costituenti ciascun cavo dovranno essere realizzate con nastro adesivo ad intervalli di cm 70.

Allo scopo di assicurare la centratura dei cavi nelle guaine si prescrive l'impiego di una spirale costituita da una treccia di acciaio armonico del diametro di mm 6, avvolta intorno ad ogni cavo, con passo di 80÷100 cm.

Le filettature delle barre dovranno essere protette fino alla posa in opera con prodotto antiruggine privo di acidi. Se l'agente antiruggine è costituito da grasso, è necessario sia sostituito con olio prima della posa in opera per evitare che all'atto dell'iniezione gli incavi dei dadi siano intasati di grasso.

Nel caso sia necessario dare alle barre una configurazione curvilinea si dovrà operare soltanto a freddo e con macchina a rulli.

I prodotti provenienti dall'estero saranno considerati controllati in stabilimento, qualora rispettino la stessa procedura prevista per i prodotti nazionali di cui al D.M. 14/1/2008 ed ai richiami in esso contenuti.

Gli acciai provenienti da stabilimenti di produzione dei Paesi della CEE saranno considerati appartenenti alla categoria degli acciai controllati in stabilimento, purché l'azienda produttrice abbia depositato presso il Ministero dei LL.PP. idonea certificazione riconosciuta con decreto dello stesso Ministero sentito il Consiglio Superiore dei LL.PP. (D.M. 14/1/2008).

**7.2.13. Boiacche cementizie per le iniezioni nei cavi di precompressione di strutture in c.a.p. nuove**

Nelle strutture in cemento armato precompresso con cavi scorrevoli, allo scopo di assicurare l'aderenza e soprattutto proteggere i cavi dalla corrosione, è necessario che le guaine vengano iniettate con boiaccia di cemento fluida pompabile ed a ritiro compensato (è richiesto un leggero effetto espansivo).

Tale boiaccia preferibilmente pronta all'uso previa aggiunta di acqua o ottenuta da una miscela di cemento, additivi ed acqua, non dovrà contenere cloruri né polvere di alluminio, né coke, né altri agenti che provocano espansione mediante formazione di gas aggressivi.

Oltre a quanto prescritto dalle vigenti norme di Legge, si precisa quanto segue, intendendosi sostituite dalla prescrizioni analoghe contenute nel citato D.M.:

1. la fluidità della boiaccia di iniezione dovrà essere misurata per ogni impasto all'entrata delle guaine e per ogni impasto all'entrata delle guaine e per ogni guaina all'uscita; l'iniezione continuerà finché la fluidità della boiaccia in uscita sarà paragonabile a quella in entrata ( $\pm 3$  secondi, nel tempo di scolo del cono, purché non si scenda al di sotto dei 15 secondi). Si dovrà provvedere con appositi contenitori affinché la boiaccia di sfrido non venga scaricata senza alcun controllo, sull'opera o attorno ad essa. Una più accurata pulizia delle guaine ridurrà l'entità di questi sfridi;
2. è richiesto l'uso di acqua potabile per l'impasto, in ragione del 30%-38% in peso rispetto al peso dei materiali solidi;
3. l'impastatrice dovrà essere del tipo ad alta velocità. È proibito l'impasto a mano; il tempo di mescolamento verrà fissato di volta in volta in base ai valori del cono di Marsh modificato;
4. la ritenzione di acqua a cinque minuti dall'impasto dovrà essere superiore al 90% (Norma ASTM C 91:2005);
5. l'essudazione non dovrà essere superiore all'0,2% del volume;
6. il ritiro dovrà essere assente almeno di 400 micron di lunghezza a due giorni (UNI 8147:1980 + FA 126-83:1983);
7. il tempo d'inizio non dovrà essere inferiore a tre ore (a trenta gradi centigradi);
8. è tassativamente prescritta la disposizione di tubi di sfiato in corrispondenza a tutti i punti più elevati di ciascun cavo, comprese le trombette ed i cavi terminali. Egualmente dovranno esserci tubi di sfiato nei punti più bassi dei cavi lunghi e con forte dislivello. All'entrata di ogni guaina dovrà essere posto un rubinetto, valvola o altro dispositivo, atti a mantenere al termine dell'iniezione, la pressione entro la guaina stessa, per un tempo di almeno 5 ore;
9. l'iniezione dovrà avere carattere di continuità, e non potrà venire assolutamente interrotta. In caso di interruzioni dovute a cause di forza maggiore e superiori a 5 minuti, il cavo verrà lavato e l'iniezione andrà ripresa dall'inizio;
10. è preferibile l'impiego di cemento tipo 325 (usando il 425 solo per gli impieghi in inverno).

#### **Misura della fluidità con cono di march modificato**

L'apparecchio dovrà essere costruito in acciaio inossidabile ed avere la forma e le dimensioni che seguono: cono con diametro di base 15,5 cm altezza 29 cm; ugello cilindrico diametro interno 1,0 cm, altezza 6 cm, riempimento fino al 1 cm dal bordo superiore. La fluidità della boiaccia sarà determinata misurando il tempo totale di scolo del contenuto del cono, diviso per due.

La fluidità della boiaccia sarà ritenuta idonea quando detto tempo sarà compreso tra 15 e 25 s subito dopo l'impasto e tra 25 e 35 s a 30 minuti dall'impasto (operando alla temperatura di 20 C).

#### **Misura dell'essudazione della boiaccia (bleeding)**

Si opera con una provetta graduata cilindrica (250 cmc, diametro cm 6, riempita con 6 cm di boiaccia). La provetta deve essere tenuta in riposo al riparo dall'aria.

La misura si effettua tre ore dopo il mescolamento, con lettura diretta oppure con pesatura prima e dopo lo svuotamento con pipetta dell'acqua trasudata.

ESTRATTO DAL D.M. 1.4.1983 (PUNTI 6.2.4.2.1/2/3/4); OMISSIS

La resistenza a trazione per flessione a 8 giorni deve essere maggiore o uguale a 4 N/mm<sup>2</sup> [40 KGF cmq].

- a. dopo l'impasto la malta deve essere mantenuta in movimento continuo. È essenziale che l'impasto sia esente da grumi;
- b. immediatamente prima della iniezione di malta, i cavi saranno puliti;
- c. l'iniezione deve avvenire con continuità e senza interruzioni la pompa deve avere capacità sufficiente perché i cavi di diametro inferiore a 10 cm. La velocità della malta sia compresa fra 6 e 12 m al minuto, senza che la pressione superi le 10 atm;
- d. la pompa deve avere un efficace dispositivo per evitare le sovrapposizioni;
- e. non è ammessa l'iniezione con aria compressa;
- f. quando possibile l'iniezione si deve effettuare dal più basso ancoraggio o dal più basso foro del condotto;
- g. per condotti di grande diametro può essere necessario ripetere l'iniezione dopo circa due ore;
- h. la malta che esce dagli sfiati deve essere analoga a quello della bocca di immissione e non contenere bolle d'aria; una volta chiusi gli sfiati si manterrà una pressione di 5 atm fin tanto che la pressione permene senza pompare per almeno 1 minuto;
- i. la connessione fra ugello del tubo di iniezione ed il condotto deve essere realizzata con dispositivo e tale che non possa aversi entrata d'aria;
- j. appena terminata l'iniezione, bisogna avere cura di evitare perdite di malta dal cavo. I tubi di iniezione devono essere di conseguenza colmati di malta se necessario.

#### **Operazione di iniezione**

- a) dopo l'impasto la malta deve essere mantenuta in movimento continuo. È essenziale che l'impasto sia esente da grumi;
- b) immediatamente prima della iniezione di malta, i cavi saranno puliti;

- c) l'iniezione deve avvenire con continuità e senza interruzioni. La pompa deve avere capacità sufficiente perché in cavi di diametro inferiore a cm 10 la velocità della malta sia compresa fra m 6 e m 12 al minuto, senza che la pressione superi 10 bar;
- d) la pompa deve avere un efficace dispositivo per evitare le sovrappressioni;
- e) non è ammessa l'iniezione con aria compressa;
- f) quando possibile l'iniezione si deve effettuare dal più basso ancoraggio o dal più basso foro del condotto;
- g) per condotti di grande diametro può essere necessario ripetere l'iniezione dopo circa due ore;
- h) la malta che esce dagli sfiati deve essere analoga a quella alla bocca di immissione e non contenere bolle d'aria; una volta chiusi gli sfiati si manterrà una pressione di 5 bar fintanto che la pressione permane senza pompare per almeno 1 minuto,
- i) la connessione fra ugello del tubo di iniezione ed il condotto deve essere realizzata con dispositivo meccanico e tale che non possa aversi entrata d'aria;
- j) appena terminata l'iniezione, bisogna avere cura di evitare perdite di malta dal cavo. I tubi di iniezione devono essere di conseguenza colmati di malta se necessario.

### Condotti

- a) I punti di fissaggio dei condotti debbono essere frequenti ed evitare un andamento serpeggiante;
- b) ad evitare sacche di aria dovranno essere disposti sfiati nei punti più alti del cavo;
- c) i condotti debbono avere forma regolare, preferibilmente circolare.  
La loro sezione deve risultare maggiore di:

$$A_0 = 2 \cdot \sum_1^N A_i$$

in cui  $A_i$  è l'area del singolo filo o treccia, trefolo o barra ed N il loro numero; in ogni caso l'area libera del condotto dovrà risultare non minore di 4 cmq.

- d) si devono evitare per quanto possibile brusche deviazioni o cambiamenti di sezione.

### Iniezioni

Fino al momento della iniezione nei cavi occorre proteggere l'armatura dall'ossigenazione. Le iniezioni dovranno essere eseguite entro 15 giorni a partire dalla messa in tensione salvo casi eccezionali di ritardatura nei quali debbono essere adottati accorgimenti speciali al fine di evitare che possano iniziare fenomeni di corrosione.

In tempo di gelo è bene rinviare le iniezioni, a meno che non siano prese precauzioni speciali.

Se si è sicuri che la temperatura della struttura non scenderà al di sotto di 5 gradi centigradi nelle 48 ore seguenti alla iniezione, si può continuare l'iniezione stessa con una malta antigelo di cui si sia accertata la non aggressività, contenete dal 6 al 10% di aria occlusa.

Se si prevede gelo nelle 48 ore seguenti all'iniezione, bisogna riscaldare la struttura, e mantenerla calda per almeno 48 ore in modo che la temperatura della malta iniettata non scenda al di sotto di 5 gradi centigradi.

Dopo il periodo di gelo bisogna assicurarsi che i condotti siano completamente liberi dal ghiaccio o brina. È vietato il lavaggio a vapore.

## 7.3. SOLAI IN C.A.P. ALVEOLARI

### 7.3.1. Caratteristiche dei materiali

Gli elementi sono realizzati in conglomerato cementizio precompresso armato solamente con acciaio preteso

#### Calcestruzzo

Può essere di due tipi:

- Normale ( $\gamma = 2.500 \text{ kg/mc}$ )
- Alleggerito ( $\gamma = 1.600 \div 1.800 \text{ kg/mc}$ ) mediante l'utilizzo di argilla espansa.

Il particolare procedimento di produzione (estrusione) consente, e necessita, di lavorare con un calcestruzzo completamente asciutto (slump = 0).

È noto che, ferme restando certe altre variabili (ad es. una corretta granulometria), le caratteristiche meccaniche di un calcestruzzo dipendono in misura notevole dal rapporto

$$\frac{A}{C} \left[ \frac{\text{acqua}}{\text{Cemento}} \right]$$

(conteggiando per l'acqua anche l'umidità degli inerti).

Nel confezionamento degli elementi si lavora con rapporti

$$\frac{A}{C} = 0.3 \div 0.32$$

Cioè con i più bassi valori riscontrabili nella pratica operativa.  
 Ciò consente di ottenere resistenze elevatissime ed inoltre garanzia di qualità e di uniformità del prodotto.

Tassi di lavoro:

$R_{ck} = 550 \text{ kg/cm}^2$   
 $R_{ck} = 350 \div 400 \text{ kg/cm}^2$   
 (resistenza del cls al momento del taglio dei cavi che può essere effettuato anche a 10 ÷ 12 h dal getto).  
 $E_b = 350.000 \text{ kg/cm}^2$  (modulo elastico)

**Acciaio**

Si utilizzano normalmente acciai di tipo "armonico", costituiti da trefoli dei diametri

Ø	5/16"	3/8"	1/2"
Area (mm <sup>2</sup> )	39	52	93

L'armatura è del tipo "stabilizzato", cioè con basse perdite per rilassamento, con resistenze meccaniche pari a:

$f_{ptk} = 19.000 \text{ kg/cm}^2$   
 $f_{pt0,1} = 17.000 \text{ kg/cm}^2$   
 Tensione di tiro =  $0,7 \div 0,75 f_{ptk}$

Particolare importanza riveste la posizione dei cavi di precompressione che hanno un copriferro minimo, dall'intradosso delle lastre, pari a 3,8 cm.

**Condizioni di appoggio**

Gli elementi devono essere posizionati in opera su appoggi **ben livellati** interponendo, in alcuni casi, malta fresca (oppure cuscinetti di neoprene, sughero, feltro, ecc.) per evitare la disuniforme ripartizione dei carichi fra le nervature dei pannelli ed anomali comportamenti trasversali.

Come lunghezza minima di appoggio, in generale, si considera:

- 10 cm su elementi in muratura
- 7 cm su elementi in calcestruzzo o in acciaio
- 6 cm su pannelli portanti o setti gettati in opera

Tali valori possono variare in funzione del tipo di connessione di testata, della luce delle lastre e dell'entità dei carichi (taglio).

**Giunti longitudinali**

La conformazione dei profili laterali delle lastre ed il riempimento del giunto assicurano la trasmissione di sollecitazioni taglianti sia orizzontali che verticali e quindi la ripartizione dei carichi.

Caratteristiche indicative della malta di sigillatura

- Cemento tipo 425 Ptl
- Rapporto sabbia/cemento = 4/1
- Granulometria sabbia 0 ÷ 7 mm
- Slump = 5 ÷ 7 cm.

**Deformabilità**

Orientativamente in progettazione si tengono i seguenti valori massimi per il rapporto

Altezza  
 luce

1/40 = per solai di calpestio

1/50 = per solai di copertura

Per essi il limite di altezza = 1/35 della luce indicato dalla attuale normativa italiana, può essere superato, (sempre a detta della normativa) a patto di contenere la freccia istantanea in ragione di 1/1000 luce e quella a lungo termine in 1/500 luce.

Le singole lastre hanno una certa elasticità, con freccia elastica istantanea teorica sotto carico uniformemente distribuito, valutabile con la formula:

$$f = \frac{5}{384} \cdot \frac{p \cdot l^4}{E_c \cdot J}$$

Le lastre presentano, generalmente, una monta iniziale, verso l'alto, la cui componente di precompressione è valutabile con la formula:

$$m = \frac{F_o \cdot e \cdot l^2}{8 \cdot E_c \cdot J}$$

$F_o$  = è la forza di precompressione iniziale

$e$  = è la eccentricità della precompressione

$l$  = luce della lastra

$E_c$  = modulo elastico

$J$  = momento d'inerzia della lastra

Combinando i valori delle deformazioni da precompressione, peso proprio, permanenti e accidentali e tenendo conto degli effetti viscosi si ottiene la **freccia della singola lastra semplicemente appoggiata**.

Nella deformabilità può rivestire un ruolo importante la presenza o meno della soletta che va ad incrementare il valore  $J$ .

<b>SEZIONE 8. SOLAI</b>
-------------------------

**8.1. NORMATIVA DI RIFERIMENTO**

I lavori, descritti nelle specifiche, dovranno essere eseguiti nel rispetto delle leggi e normative vigenti in materia, e loro successivi eventuali aggiornamenti, con particolare riguardo a quanto già riportato nella sezione 5 (CALCESTRUZZI - OPERE IN C.A.) ed alle seguenti prescrizioni:

<b>D.M. 3/12/87</b>	Norme tecniche per la progettazione, esecuzione e collaudo delle costruzioni prefabbricate
<b>D.M. Infrastrutture 14 gennaio 2008</b>	Norme tecniche per le costruzioni
<b>C.M. Infrastrutture e Trasporti 02 febbraio 2009, n. 617 CS.LL.PP.</b>	Nuova circolare delle Norme Tecniche per le Costruzioni

**8.2. SOLAI****8.2.1. Generalità**

Le coperture degli ambienti e dei vani potranno essere eseguite con solai di tipo diverso come descritto di seguito.

L'Impresa dovrà provvedere ad assicurare solidamente alla faccia inferiore di tutti i solai, i pendini di sospensione dei controsoffitti, degli impianti meccanici ed elettrici, nel numero, forma e posizione che, a sua richiesta sarà precisato dalla D.L.

I carichi accidentali di cui si dovrà tenere conto nel calcolo dei solai saranno quelli fissati dal D.M. 14 gennaio 2008.

Quanto contenuto nel presente Paragrafo si riferisce alle seguenti opere strutturali:

- solai di copertura realizzati con sole lamiere grecate o con elementi di lamiera piegata a freddo;
- solai di piano realizzati con lamiere grecate e getto di calcestruzzo non collaborante;
- solai di piano realizzati con lamiere grecate e getto di calcestruzzo collaborante;
- solai di piano in cemento armato;
- solai di piano tipo misto c.a. e laterizio;
- solai di piano prefabbricati tipo "Predalle".

**8.2.2. Solai di copertura e tamponamenti di parete realizzati con sole lamiere grecate**

Quando gli elementi di lamiera debbano essere vincolati ad una struttura metallica non è necessaria alcuna predisposizione particolare.

Nel caso in cui la struttura principale sia in c.a. e quindi gli elementi di lamiera debbano appoggiare su travi o muri di calcestruzzo, si dovrà ancorare nel corpo di tali elementi portanti un corrente tubolare o angolare sul quale fissare le lamiere con viti, chiodi o bottoni di saldatura.

La distribuzione dei punti di fissaggio delle lamiere (sia con viti, chiodi o bottoni di saldatura) non dovrà scendere sotto i seguenti limiti:

- lamiere di copertura:  
I fissaggi dovranno essere disposti su tutte le onde in corrispondenza della gronda, del colmo, di tutte le sovrapposizioni longitudinali, nonché delle parti aggettanti del perimetro della costruzione; in corrispondenza dei supporti intermedi il fissaggio potrà essere previsto su onde alterne; il collegamento di due lamiere adiacenti lungo i sormonti laterali avverrà in corrispondenza di tutti i supporti;
- lamiere di parete:  
i fissaggi potranno essere previsti su onde alterne;
- solai:  
i fissaggi dovranno essere previsti in corrispondenza di tutte le onde.

**8.2.3. Solai realizzati con lamiere grecate e getto di calcestruzzo non collaborante**

Per quanto concerne la preparazione degli appoggi e la posa degli elementi di lamiera vale quanto detto al secondo capoverso del paragrafo C.

Per quanto concerne la distribuzione dei punti di fissaggio vale quanto detto al terzo capoverso del paragrafo C; i lembi longitudinali dovranno essere uniti con rivetti al passo max di 1,50 m per evitare colature di calcestruzzo e abbassamenti relativi tra elementi di lamiera adiacenti.

Per il getto del calcestruzzo si dovranno seguire le seguenti istruzioni:

- gli inerti non dovranno avere dimensioni superiori a 20 mm;
- il calcestruzzo dovrà essere opportunamente additivato per ridurre al minimo il valore del rapporto a/c, data la presenza della lamiera grecata con funzione di cassaforma;
- evitare di formare cumuli di calcestruzzo in mezzera delle campate di lamiera, per non arrivare a provocare deformazioni permanenti localizzate;
- evitare assolutamente i getti in caso di rischio di gelo;
- predisporre sempre una rete elettrosaldata posata a 2 cm circa dal filo superiore del getto; tale rete non dovrà mai essere saldata all'estradosso della lamiera grecata per non danneggiarne la zincatura;

- in presenza di appoggio su murature di calcestruzzo nella correa di bordo dovranno essere predisposte armature di cucitura sia inferiori (a livello della lamiera grecata) sia superiori (a livello della rete elettrosaldata), in corrispondenza di ogni onda sul lato di testa; lungo il lato parallelo alle onde si predisporrà l'armatura superiore con una penetrazione minima di 60 cm.

#### 8.2.4. Solai realizzati con lamiera grecate e getto di calcestruzzo collaborante

Tale tipo di struttura è realizzata con l'impiego di lamiera dotate di bugnature lungo le pareti subverticali della grecatura, che impediscono sia lo scorrimento relativo longitudinale sia il distacco verticale tra calcestruzzo e acciaio.

Per quanto concerne la preparazione degli appoggi e la posa degli elementi di lamiera vale quanto detto al secondo capoverso del paragrafo C.

E' da tenere presente che le lamiera grecate del tipo in questione, non potendo sovrapporsi lungo i loro lembi di testa, potranno essere solo accostate lungo una linea di appoggio: per evitare colature di calcestruzzo si chiuderà la fessura lungo tale linea con l'applicazione di un nastro adesivo.

Per quanto concerne la distribuzione dei punti di fissaggio vale quanto detto al secondo capoverso del paragrafo D.

Prima del getto la zona interessata di solaio dovrà essere accuratamente pulita da materiali o liquidi che possano ridurre l'aderenza tra calcestruzzo e lamiera.

Per le operazioni di getto tenere presente anche le istruzioni del terzo capoverso della sottosezione D.

In caso di necessità si potranno prevedere armature complementari a cavallotto sugli appoggi per momenti negativi o in campata con barre da annegare nelle nervature; particolare cura dovrà essere adottata per il posizionamento di tali armature con l'uso di adatti distanziatori.

Nel caso di realizzazione di soletta su lamiera grecata facente parte di struttura composta acciaio - calcestruzzo dovranno essere tenute in considerazione le seguenti istruzioni:

- la sezione della lamiera grecata dovrà avere caratteristiche geometriche tali per cui il rapporto tra la larghezza  $b$  di onda e la sua altezza  $a$  sia  $b/a > 2$ ;
- la testa del connettore dovrà sporgere oltre l'estradosso dell'onda di almeno 25 mm;
- la copertura di calcestruzzo sopra la testa del connettore dovrà risultare di almeno 25 mm.

#### 8.2.5. Solai in cemento armato

Per tali solai si richiamano tutte le norme e prescrizioni per l'esecuzione delle opere in c.a. di cui alla sezione 3.

#### 8.2.6. Solai di tipo misto c.a. e laterizio

I travetti saranno realizzati in cls di classe non inferiore a R'bk 250 armato con barre di acciaio B450C, ed avranno l'intradosso in granulato di laterizio. I laterizi, in forma di monoblocco - biblocco, dovranno soddisfare alle norme per l'accettazione dei materiali laterizi emanate con le UNI 5631-65 ed UNI 5633-65. I laterizi aventi nel solaio funzione statica devono essere contornati in modo che nel solaio in opera sia assicurata con continuità la trasmissione degli sforzi di compressione dall'uno all'altro elemento.

Nel caso si richieda al laterizio il concorso nella resistenza agli sforzi tangenziali, si devono usare laterizi monoblocchi in modo che nelle file adiacenti, comprendenti una nervatura di conglomerato, i giunti risultino sfalsati tra di loro.

La resistenza a compressione, riferita alla sezione netta delle pareti e delle costolature, deve risultare non minore di  $15 \text{ N/mm}^2$  per i laterizi aventi funzione principale di alleggerimento, e di  $30 \text{ N/mm}^2$  per i laterizi aventi funzione statica integrativa.

Quando l'armatura è collocata entro scanalature, qualunque superficie metallica deve risultare contornata in ogni direzione da uno spessore minimo di malta cementizia di 5 mm.

Per la confezione a piè d'opera di travi in laterizio armato, non dovranno impiegarsi malte cementizie con dosature minori di  $450 \text{ Kg/m}^3$  né conglomerati di classe inferiore a R'bk 350.

Particolare attenzione dovrà inoltre essere posta nel dimensionamento di tali elementi, essendo vietato procedere a tagli od allungamenti, con qualunque mezzo o sistema, per consentire eventuali adattamenti a luci non corrispondenti a quelle del prefabbricato.

#### 8.2.7. Solai misti di C.A. o C.A. precompresso e blocchi diversi dal laterizio

I blocchi con funzioni principali di alleggerimento, possono essere realizzati anche con materiale diversi dal laterizio (calcestruzzo leggero di argilla espansa, calcestruzzo normale sagomato, materie plastiche, elementi organici mineralizzati, ecc.).

Il materiale dei blocchi deve essere stabile dimensionalmente.

Ai fini storici si distinguono due categorie di blocchi per solai:

- a1) blocchi collaboranti;
- a2) blocchi non collaboranti.

##### Blocchi collaboranti:

- Devono avere modulo elastico superiore a  $8 \text{ kN/mm}^2$  ed inferiore a  $25 \text{ kN/mm}^2$ .
- Devono essere totalmente compatibili con il conglomerato con cui collaborano sulla base di dati e caratteristiche dichiarate dal produttore e verificate dalla direzione dei lavori. Devono soddisfare a tutte le caratteristiche fissate per i blocchi di laterizio della categoria a2).

##### Blocchi non collaboranti.

- Devono avere modulo elastico inferiore ad  $8 \text{ kN/mm}^2$  e svolgere funzioni di solo alleggerimento.

- Solai con blocchi non collaboranti richiedono necessariamente una soletta di ripartizione, dello spessore minimo di 4 cm, armata opportunamente e dimensionata per la flessione trasversale. Il profilo e le dimensioni dei blocchi devono essere tali da soddisfare le prescrizioni dimensionati imposte per i blocchi di laterizio non collaboranti.

### 8.2.8. Solai di piano prefabbricati tipo "Predalle"

Il solaio sarà costituito da una lastra in c.l.s. preconfezionato in stabilimento, armata con rete elettrosaldata e tralicci metallici, dotata di parallelepipedi di polistirolo ad alta densità con funzione di alleggerimento e di idonea armatura aggiuntiva in corrispondenza delle nervature.

Per l'esecuzione dei manufatti prefabbricati, oltre alle prescrizioni di cui alla Sezione 5, dovranno essere rispettate le "Norme tecniche per la progettazione, esecuzione e collaudo delle costruzioni prefabbricate" emanate con D.M. 3 dicembre 1987, n. 39.

### 8.2.9. Solai in cemento armato con armatura post-tesa

Per tali solai si richiamano tutte le norme e prescrizioni per l'esecuzione delle opere in c.a. di cui alle sezioni 3.

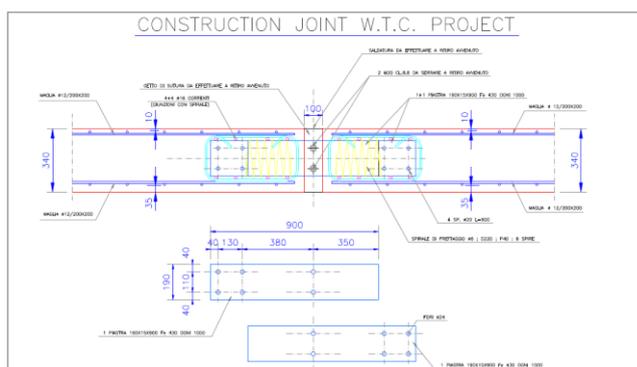
I trefoli da post-tensione ingrassati con grasso anticorrosivo inguainati con guaina prolipropilenica e lubrificati sono muniti alle testate di apparecchi di ancoraggio e di frettaggio e diffusione delle forze di contrasto.

La tesatura dei cavi avviene in due fasi. La prima fase pari al 40% della tesatura finale avverrà a 2-3 giorni dalla data del getto dei solai, quando cioè il calcestruzzo avrà raggiunto un  $R_{ck} \geq 15 \text{ N/mm}^2$ . La tesatura finale avverrà a maturazione completa del cls in funzione dei carichi di progetto e delle perdite, istantanee e a lungo termine.

Per la realizzazione delle solette orizzontali è prevista la realizzazione dei giunti di costruzione il cui completamento avverrà quando il ritiro dovuto alla maturazione del getto sarà praticamente finito (la restante quota di ritiro sarà bilanciata dal fenomeno del "fluage"), questi giunti a parziale scorrimento sono realizzati con piatti metallici di grosso spessore.



Giunto di costruzione



Giunto di costruzione (le dimensioni sono indicative e possono variare da caso a caso)

### 8.2.10. Solaio areato realizzato con elementi plastici modulari conformati a cupola

Il solaio sarà realizzato mediante il posizionamento su un piano preformato, di elementi plastici modulari conformati a cupola delle dimensioni in pianta e in altezza variabili, con scanalature incrociate atte a contenere i ferri di armo. Le cupole, mutamente collegate saranno atte a ricevere il getto di calcestruzzo classe 300, e formeranno dei pilastri con superfici di contatto ed interesse adeguati ai carichi di progetto.

<b>SEZIONE 9.    DISPOSITIVI ANTISISMICI</b>
--

**9.1. NORMATIVA DI RIFERIMENTO**

I lavori, descritti nelle specifiche, dovranno essere eseguiti nel rispetto delle leggi e normative vigenti in materia, e loro successivi eventuali aggiornamenti, con particolare riguardo a:

<b>D.M. 3 giugno 1968 e successive modifiche</b>	Nuove norme sui requisiti di accettazione e modalità di prova dei cementi
<b>Legge 5 novembre 1971, n. 1086</b>	Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica
<b>Legge 2 febbraio 1974, n. 64</b>	Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche
<b>D.P.R. 6 giugno 2001, n. 380</b>	Testo unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia edilizia
<b>D.M. Infrastrutture 14 gennaio 2008</b>	Norme tecniche per le costruzioni
<b>C.M. Infrastrutture e Trasporti 02 febbraio 2009, n. 617 CS. LL. PP.</b>	Nuova circolare delle Norme Tecniche per le Costruzioni

**9.2. GENERALITA'**

Per dispositivi antisismici si intendono gli elementi che contribuiscono a modificare la risposta sismica di una struttura, ad esempio incrementando il periodo fondamentale della struttura, modificando la forma dei modi di vibrare fondamentali, incrementando la dissipazione di energia, limitando la forza trasmessa alla struttura e/o introducendo vincoli permanenti o temporanei che migliorano la risposta sismica.

Il sistema d'isolamento è composto dai dispositivi d'isolamento, ciascuno dei quali espleta una o più delle seguenti funzioni:

- sostegno dei carichi verticali con elevata rigidità in direzione verticale e bassa rigidità o resistenza in direzione orizzontale, permettendo notevoli spostamenti orizzontali;
- dissipazione di energia, con meccanismi isteretici e/o viscosi;
- ricentraggio del sistema;
- vincolo laterale, con adeguata rigidità, sotto carichi orizzontali di servizio (non sismici).

Fanno parte integrante del sistema d'isolamento gli elementi di connessione, nonché eventuali vincoli supplementari disposti per limitare gli spostamenti orizzontali dovuti ad azioni non sismiche (ad es. vento).

Detta "interfaccia d'isolamento" la superficie di separazione sulla quale è attivo il sistema d'isolamento, si definiscono:

- "sottostruttura", la parte della struttura posta al di sotto dell'interfaccia del sistema d'isolamento e che include le fondazioni, avente in genere deformabilità orizzontale trascurabile e soggetta direttamente agli spostamenti imposti dal movimento sismico del terreno;
- "sovrastuttura", la parte della struttura posta al di sopra dell'interfaccia d'isolamento e, perciò, isolata.

La sovrastuttura e la sottostruttura si devono mantenere sostanzialmente in campo elastico. Per questo la struttura può essere progettata con riferimento ai particolari costruttivi della zona 4, con deroga, per le strutture in c.a., a quanto previsto al § 7.4.6 delle NTC.

Un'opportuna scelta delle caratteristiche meccaniche degli isolatori consente di "disaccoppiare" la sovrastuttura dalla sottostruttura nelle oscillazioni che coinvolgono prevalentemente spostamenti orizzontali. Il "disaccoppiamento" consiste nella diversificazione del comportamento dinamico delle due suddette porzioni della costruzione: durante un moto oscillatorio, mentre la sottostruttura subisce deformazioni di modesta entità, tanto più quanto maggiore è la sua rigidità, la sovrastuttura compie oscillazioni tanto più ampie quanto minore è la rigidità e resistenza degli isolatori. Dette oscillazioni sono dovute per la maggior parte alla deformazione degli isolatori collocati al di sotto della sovrastuttura e solo in minor parte alle deformazioni della sovrastuttura stessa. Durante un terremoto, generalmente, tanto più sono ampie queste oscillazioni tanto più sono modeste le conseguenti accelerazioni, quindi le forze d'inerzia, che subisce la sovrastuttura.

Ne consegue che l'isolamento è tanto più efficace quanto minori sono le accelerazioni della sovrastuttura e ciò comporta sostanzialmente due tipi di benefici:

- benefici diretti sulla sovrastuttura, in quanto consente di contenere l'entità delle forze d'inerzia di natura sismica direttamente agenti su di essa;
- benefici indiretti sulla sottostruttura, in quanto consente di contenere l'entità delle forze d'inerzia trasmesse dalla sovrastuttura alla sottostruttura e che, insieme alle forze d'inerzia direttamente agenti su di essa, costituiscono considerevole parte delle forze sismiche che complessivamente essa deve sopportare.

Negli edifici, la discontinuità strutturale viene spesso realizzata alla base, tra la fondazione e l'elevazione (isolamento alla base) o immediatamente al di sopra di un piano, per lo più scantinato.

Nei ponti l'isolamento sismico è generalmente realizzato tra l'impalcato e le strutture di supporto (pile e le spalle), nel qual caso gli isolatori sostituiscono gli usuali apparecchi di appoggio.

Normalmente la riduzione delle forze sismiche che ne consegue produce i suoi maggiori benefici sulle pile e sulle spalle (benefici indiretti sulla sottostruttura). Nei ponti ad impalcato continuo, un'attenta calibrazione delle caratteristiche meccaniche e dei dispositivi d'isolamento e di vincolo che collegano l'impalcato con le pile e le spalle permette altresì di migliorare la distribuzione delle forze sismiche orizzontali dell'impalcato tra le diverse strutture di supporto.

Per sfruttare pienamente i vantaggi dell'isolamento, deve essere possibile individuare una porzione rilevante della costruzione, in termini di massa rispetto alla massa complessiva, che possa facilmente essere separata dalla porzione sottostante, dalle costruzioni contigue e dal terreno circostante, ed abbia un basso rapporto tra massa e rigidezza orizzontale (ovvero basso periodo proprio dei modi naturali di vibrare della costruzione che interessano significativamente questa porzione).

I vantaggi dell'isolamento sono riconducibili non solo al drastico abbattimento delle accelerazioni agenti sulle masse strutturali, ma anche all'assenza di oscillazioni brusche nella sovrastruttura per effetto dell'alto periodo proprio di vibrazione. Quest'ultimo effetto comporta notevoli benefici per la protezione dei contenuti, in quanto riduce il rischio di ribaltamento di arredi (talvolta molto pesanti e pericolosi per le persone, come all'interno di librerie, archivi e magazzini), la caduta di oggetti (talvolta di elevato valore, come nei musei), le vibrazioni ad alta frequenza nei macchinari ad alta tecnologia (ad esempio in ospedali, in centri elaborazione dati, etc.) e comporta una minore percezione della scossa sismica da parte delle persone presenti nella porzione di costruzione isolata, aspetto, quest'ultimo, particolarmente importante per ridurre il panico in luoghi affollati come scuole ed ospedali.

Molti degli isolatori attualmente in commercio, anche a comportamento sostanzialmente lineare, garantiscono rapporti di smorzamento del sistema d'isolamento superiori al 5%. Per modificare e migliorare le caratteristiche del sistema d'isolamento, in termini di capacità dissipative e/o ricentranti, si possono utilizzare "dispositivi ausiliari" con opportuno comportamento meccanico.

Un'affidabilità superiore è richiesta al sistema d'isolamento, formato dall'insieme dei dispositivi d'isolamento, per il ruolo critico che esso svolge. Tale affidabilità si ritiene conseguita se il sistema d'isolamento è progettato e verificato sperimentalmente secondo quanto stabilito nel § 11.9 delle NTC.

### 9.3. INDICAZIONI PROGETTUALI

#### 9.3.1. Indicazioni riguardanti i dispositivi

L'alloggiamento dei dispositivi d'isolamento ed il loro collegamento alla struttura devono essere concepiti in modo da assicurarne l'accesso e rendere i dispositivi stessi ispezionabili e sostituibili. È necessario anche prevedere adeguati sistemi di contrasto, idonei a consentire l'eventuale ricentraggio dei dispositivi qualora, a seguito di un sisma, si possano avere spostamenti residui incompatibili con la funzionalità della costruzione e/o con il corretto comportamento del sistema d'isolamento.

Ove necessario, gli isolatori devono essere protetti da possibili effetti derivanti da attacchi del fuoco, chimici o biologici. In alternativa, occorre prevedere dispositivi che, in caso di distruzione degli isolatori, siano idonei a trasferire il carico verticale alla sottostruttura.

#### 9.3.2. Controllo di movimenti indesiderati

Per minimizzare gli effetti torsionali, la proiezione del centro di massa della sovrastruttura sul piano degli isolatori ed il centro di rigidezza dei dispositivi di isolamento o, nel caso di sottostruttura flessibile, il centro di rigidezza del sistema sottostruttura-isolamento debbono essere, per quanto possibile, coincidenti. Inoltre, nei casi in cui il sistema di isolamento affidi a pochi dispositivi le sue capacità dissipative e ricentranti rispetto alle azioni orizzontali, occorre che tali dispositivi siano, per quanto possibile, disposti in maniera da minimizzare gli effetti torsionali (ad esempio perimetralmente) e siano in numero staticamente ridondante. Per minimizzare le differenze di comportamento degli isolatori, le tensioni di compressione a cui lavorano devono essere per quanto possibile uniformi. Nel caso di sistemi d'isolamento che utilizzino isolatori di diverso tipo, particolare attenzione deve essere posta sui possibili effetti della differente deformabilità verticale sotto le azioni sia statiche che sismiche.

Per evitare o limitare azioni di trazione negli isolatori, gli interassi della maglia strutturale devono essere scelti in modo tale che il carico verticale "V" di progetto agente sul singolo isolatore sotto le azioni sismiche e quelle concomitanti, risulti essere di compressione o, al più, nullo ( $V=0$ ). Nel caso in cui dall'analisi risultasse  $V<0$ , occorre che la tensione di trazione sia in modulo inferiore al minore tra  $2G$  ( $G$  modulo di taglio del materiale elastomerico) e  $1$  MPa, negli isolatori elastomerici, oppure, per gli isolatori di altro tipo, dimostrare, attraverso adeguate prove sperimentali, che l'isolatore è in grado di sostenere tale condizione, oppure predisporre opportuni dispositivi in grado di assorbire integralmente la trazione.

#### 9.3.3. Controllo degli spostamenti sismici differenziali del terreno

Negli edifici, sia le strutture del piano di posa degli isolatori sia le strutture del piano da cui spicca la sovrastruttura devono essere dimensionate in modo da assicurare un comportamento rigido nel piano suddetto, così da limitare gli effetti di spostamenti sismici differenziali. Altrimenti la variabilità spaziale del moto del terreno deve essere messa in conto secondo quanto specificato nel § 3.2.5 delle NTC.

La condizione precedente si considera soddisfatta se un diaframma rigido costituito da un solaio in c.a. oppure da una griglia di travi progettata tenendo conto di possibili fenomeni di instabilità è presente sia al di sopra che al di sotto del sistema di isolamento e se i dispositivi del sistema di isolamento sono fissati ad entrambi i diaframmi o direttamente o attraverso elementi verticali il cui spostamento orizzontale in condizioni sismiche sia minore di  $1/20$  dello spostamento relativo del sistema di isolamento. Tali elementi devono essere progettati per rispondere in campo rigorosamente elastico, tenendo anche conto della maggiore affidabilità richiesta ai dispositivi di isolamento.

#### 9.3.4. Controllo degli spostamenti relativi al terreno ed alle costruzioni circostanti

Adeguate spazi deve essere previsto tra la sovrastruttura isolata e il terreno o le costruzioni circostanti, per consentire liberamente gli spostamenti sismici in tutte le direzioni. Per i ponti, i giunti di separazione tra le diverse porzioni di impalcato e tra l'impalcato e la sottostruttura devono essere dimensionati in modo da permettere il corretto funzionamento del sistema d'isolamento, senza impedimenti al libero spostamento delle parti isolate.

Occorre anche attuare adeguati accorgimenti affinché l'eventuale malfunzionamento delle connessioni a cavallo dei giunti non possa compromettere l'efficienza dell'isolamento.

#### 9.3.5. Proprietà del sistema di isolamento

Le proprietà meccaniche del sistema di isolamento da adottare nelle analisi di progetto, derivanti dalla combinazione delle proprietà meccaniche dei singoli dispositivi che lo costituiscono, sono le più sfavorevoli che si possono verificare durante la sua vita utile. Esse devono tener conto, ove pertinente, di:

- entità delle deformazioni subite in relazione allo stato limite per la verifica del quale si svolge l'analisi,
- variabilità delle caratteristiche meccaniche dei dispositivi, nell'ambito della fornitura,
- velocità massima di deformazione (frequenza), in un intervallo di variabilità di  $\pm 30\%$  del valore di progetto,
- entità dei carichi verticali agenti simultaneamente al sisma,
- entità dei carichi e delle deformazioni in direzione trasversale a quella considerata,
- temperatura, per i valori massimo e minimo di progetto,
- cambiamento delle caratteristiche nel tempo (invecchiamento).

Si devono, pertanto, eseguire più analisi per ciascuno stato limite da verificare, attribuendo ai parametri del modello i valori estremi più sfavorevoli ai fini della valutazione delle grandezze da verificare e coerenti con l'entità delle deformazioni subite dai dispositivi. Nella progettazione delle costruzioni di classe d'uso I e II, si possono adottare i valori medi delle proprietà meccaniche del sistema di isolamento, a condizione che i valori estremi (massimo oppure minimo) differiscano di non più del 20% dal valor medio.

#### 9.3.6. Modellazione

La sovrastruttura e la sottostruttura sono modellate come sistemi a comportamento elastico lineare. Il sistema di isolamento può essere modellato, in relazione alle sue caratteristiche meccaniche, come avente comportamento visco-elastico lineare oppure con legame costitutivo non lineare. La deformabilità verticale degli isolatori dovrà essere messa in conto quando il rapporto tra la rigidezza verticale del sistema di isolamento  $K_v$  e la rigidezza equivalente orizzontale  $K_{esi}$  è inferiore a 800.

Se viene utilizzato un modello lineare, si deve adottare una rigidezza equivalente riferita allo spostamento totale di progetto per lo stato limite in esame, di ciascun dispositivo facente parte del sistema di isolamento. La rigidezza totale equivalente del sistema di isolamento,  $K_{esi}$ , è pari alla somma delle rigidezze equivalenti dei singoli dispositivi. L'energia dissipata dal sistema d'isolamento deve essere espressa in termini di coefficiente di smorzamento viscoso equivalente del sistema d'isolamento  $\xi_{esi}$ , valutato con riferimento all'energia dissipata dal sistema di isolamento in cicli con frequenza nell'intervallo delle frequenze naturali dei modi considerati. Per i modi superiori della struttura, al di fuori di tale intervallo, il rapporto di smorzamento del modello completo deve essere quello della sovrastruttura nella condizione di base fissa.

Quando la rigidezza e/o lo smorzamento equivalenti del sistema di isolamento dipendono significativamente dallo spostamento di progetto, deve applicarsi una procedura iterativa fino a che la differenza tra il valore assunto e quello calcolato non sia inferiore al 5%.

Il comportamento del sistema di isolamento può essere modellato come lineare equivalente se sono soddisfatte tutte le seguenti condizioni:

- a) la rigidezza equivalente del sistema d'isolamento è almeno pari al 50% della rigidezza secante per cicli con spostamento pari al 20% dello spostamento di riferimento;
- b) lo smorzamento lineare equivalente del sistema di isolamento, come definito in precedenza, è inferiore al 30%;
- c) le caratteristiche forza-spostamento del sistema d'isolamento non variano di più del 10% per effetto di variazioni della velocità di deformazione, in un campo del  $\pm 30\%$  intorno al valore di progetto, e dell'azione verticale sui dispositivi, nel campo di variabilità di progetto;
- d) l'incremento della forza nel sistema d'isolamento per spostamenti tra  $0,5d_{dc}$  e  $d_{dc}$ , essendo  $d_{dc}$  lo spostamento del centro di rigidezza dovuto all'azione sismica, è almeno pari al 2,5% del peso totale della sovrastruttura.

Nel caso in cui si adotti un modello non lineare, il legame costitutivo dei singoli dispositivi del sistema d'isolamento deve riprodurre adeguatamente il loro comportamento nel campo di deformazioni e velocità che si verificano durante l'azione sismica, anche in relazione alla corretta rappresentazione dell'energia dissipata nei cicli di isteresi.

#### 9.4. TIPOLOGIE DI DISPOSITIVI

In generale si possono individuare le seguenti tipologie di dispositivi:

**Dispositivi di vincolo temporaneo:** questi dispositivi sono utilizzati per obbligare i movimenti in uno o più direzioni secondo modalità differenziate a seconda del tipo e dell'entità dell'azione. Si distinguono in :

- Dispositivi di vincolo del tipo "a fusibile": caratterizzati dall'impedire i movimenti relativi fra le parti collegate sino al raggiungimento di una soglia di forza oltre la quale, al superamento della stessa, consentono tutti i movimenti. Abitualmente sono utilizzati per escludere il sistema di protezione sismica nelle condizioni di servizio, consentendone il libero funzionamento durante il terremoto di progetto, senza modificarne il comportamento.
- Dispositivi (dinamici) di vincolo provvisorio: caratterizzati dalla capacità di solidarizzare gli elementi che collegano, in presenza di movimenti relativi rapidi, quali quelli sismici, e di lasciarli liberi, o quasi, in presenza di movimenti relativi lenti imposti o dovuti ad effetti termici.

**Dispositivi dipendenti dallo spostamento,** a loro volta suddivisi in:

- Dispositivi a comportamento lineare o "Lineari": caratterizzati da un legame forza-spostamento sostanzialmente lineare, fino ad un dato livello di spostamento, con comportamento stabile per il numero di cicli richiesti e sostanzialmente indipendente dalla velocità; nella fase di scarico non devono mostrare spostamenti residui significativi.
- Dispositivi a comportamento non lineare o "Non Lineari": caratterizzati da un legame forza-spostamento non lineare, con comportamento stabile per il numero di cicli richiesti e sostanzialmente indipendente dalla velocità.

**Dispositivi dipendenti dalla velocità** detti anche Dispositivi a comportamento viscoso o "Viscosi": caratterizzati dalla dipendenza della forza soltanto dalla velocità o da velocità e spostamento contemporaneamente; il loro funzionamento è basato sulle forze di reazione causate dal flusso di un fluido viscoso attraverso orifizi o sistemi di valvole.

**Dispositivi di isolamento o "Isolatori":** svolgono fundamentalmente la funzione di sostegno dei carichi verticali, con elevata rigidità in direzione verticale e bassa rigidità o resistenza in direzione orizzontale, permettendo notevoli spostamenti orizzontali. A tale funzione possono essere associate o no quelle di dissipazione di energia, di ricentraggio del sistema, di vincolo laterale sotto carichi orizzontali di servizio (non sismici). Essendo fundamentalmente degli apparecchi di appoggio, essi debbono rispettare le relative norme per garantire la loro piena funzionalità rispetto alle azioni di servizio.

In generale, ai fini della presente norma, si possono individuare le seguenti tipologie di isolatori:

- Isolatori Elastomerici: costituiti da strati alternati di materiale elastomerico (gomma naturale o materiali artificiali idonei) e di acciaio, quest'ultimo con funzione di confinamento dell'elastomero, risultano fortemente deformabili per carichi paralleli alla giacitura degli strati (carichi orizzontali).
- Isolatori a scorrimento: costituiti da appoggi a scorrimento caratterizzati da bassi valori delle resistenze per attrito.

**Dispositivi** costituiti da una combinazione delle precedenti categorie.

#### 9.5. QUALIFICAZIONE, IDENTIFICAZIONE E ACCETTAZIONE DEI DISPOSITIVI

##### 9.5.1. Generalità

In accordo con il § 11.9 delle NTC i materiali e/o prodotti per uso strutturale devono essere:

- **Identificati** univocamente a cura del produttore;
- **Qualificati** sotto la responsabilità del produttore;
- **Accettati** dal Direttore dei Lavori mediante acquisizione e verifica della documentazione di qualificazione, nonché mediante prove sperimentali di accettazione;

Ogni fornitura dovrà essere accompagnata da almeno uno dei seguenti certificati:

- Marcatura CE (copia della Dichiarazione di Conformità CE riportante un timbro in originale con almeno la data di spedizione ed il destinatario);
- Attestato di Qualificazione (caso B) o Certificato di Idoneità Tecnica all'impiego (caso C) rilasciato dal Servizio Tecnico Centrale del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici, riportante un timbro originale con almeno la data di spedizione ed il destinatario;

In entrambe i casi le forniture dovranno essere accompagnate da un documento di trasporto con la data di spedizione ed il riferimento alla quantità, al tipo di acciaio, alle colate, al destinatario.

Per i materiali e i prodotti recanti la Marchiatura CE sarà onere del Direttore dei Lavori, in fase di accettazione, accertarsi del possesso e della validità della marcatura stessa e richiedere ad ogni fornitore, per ciascun prodotto, il Certificato ovvero Dichiarazione di Conformità alla parte armonizzata della specifica Norma Europea ovvero allo specifico Benestare Tecnico Europeo (ETA). Sarà inoltre onere del Direttore dei lavori verificare che tali prodotti rientrino nelle tipologie, classi e/o famiglie previsti nella detta documentazione.

Per i prodotti non recanti la Marchiatura CE, il Direttore dei lavori dovrà accertarsi del possesso e del regime di validità dell'Attestato di Qualificazione (caso B) o certificato di idoneità Tecnica all'impiego (caso C) rilasciato dal Servizio Tecnico Centrale del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici.

Ad eccezione di quelli in possesso di Marcatura CE, possono essere impiegati materiali o prodotti conformi ad altre specifiche tecniche qualora dette specifiche garantiscano un livello di sicurezza equivalente a quello previsto nel D.M. Infrastrutture 14/01/2008 "Nuove Norme Tecniche per le costruzioni".

Circa i concetti sopraesposti, si riportano alcuni chiarimenti riguardo ai termini utilizzati.

#### **"Produttore"**

E' colui che immette un determinato prodotto sul mercato, per un determinato impiego, assumendosene le relative responsabilità (di conformità, ecc.).

#### **"Norma europea armonizzata"**

Costituisce il documento di cui al Cap.II della Dir.89/106/CEE (nel seguito CPD) ed è predisposta dal CEN, talvolta dal CENELEC. Ciascuna norma armonizzata, una volta approvata, è pubblicata sulla Gazzetta Ufficiale delle Comunità Europee (nel seguito GUUE) a cura della Commissione, e deve prevedere un periodo di coesistenza nel quale l'applicazione della norma stessa non è obbligatoria. Al termine di tale periodo, invece, possono essere immessi sul Mercato soltanto i prodotti da costruzione conformi alla norma armonizzata di cui trattasi. La pubblicazione delle norme europee armonizzate è compito dei singoli Organismi nazionali di normazione che ne predispongono, normalmente, una versione nella propria lingua. Spesso la datazione di tale versione nazionale non coincide con quella originaria. Ciascuna norma armonizzata, predisposta sulla base di uno specifico Mandato della Commissione Europea, deve contenere il cosiddetto "Allegato ZA" che identifica i paragrafi della norma che appartengono alla parte "armonizzata" della norma stessa e che quindi diventano cogenti ai sensi della Dir.89/106/CEE.

#### **"Marcatura CE"**

Attualmente, ai sensi della CPD, la Marcatura CE indica fondamentalmente:

- che i prodotti rispondono alle pertinenti Norme Nazionali di trasposizione delle Norme Armonizzate, i cui riferimenti siano stati pubblicati sulla GUUE, oppure:
- che essi rispondono ad un Benestare Tecnico Europeo (ETA), rilasciato ai sensi della procedura di cui al Cap.3 della CPD ed alle Regole procedurali comuni definite nella "Decisione adottata dalla Commissione il 17 Gennaio 1994".

Le indicazioni in merito alla Marcatura CE (etichetta e documenti di accompagnamento), sono esplicitamente comprese in ogni Allegato ZA di una norma armonizzata di prodotto. Tali informazioni devono essere affisse, in relazione alle effettive possibilità, prioritariamente sul prodotto stesso, altrimenti su un'etichetta allegata ad esso, ovvero sul suo imballo, oppure far parte dei Documenti di Trasporto (DDT). Esse devono essere riprodotte in modo visibile, leggibile ed indelebile.

#### **"Benestare Tecnico Europeo (ETA)"**

L'Articolo 8.1 della CPD definisce il "Benestare Tecnico Europeo" (in Inglese, *European Technical Approval*, in sigla ETA) come "Valutazione tecnica favorevole dell'idoneità all'uso di un prodotto da costruzione per uno specifico impiego, basata sul soddisfacimento dei requisiti essenziali dell'Opera di costruzione nella quale il prodotto deve essere incorporato". La prassi per la quale si identificano i prodotti da costruzione per i quali possa essere rilasciato un ETA è disciplinata dall'Articolo 8 (punti 2 e 3) della CPD, che forniscono il riferimento legale secondo il quale un ETA può essere rilasciato fondamentalmente:

- a prodotti per i quali non esista ancora né una Specificazione Tecnica Europea Armonizzata, né una Specificazione Tecnica Nazionale Riconosciuta, né un Mandato per l'elaborazione di una norma armonizzata, e per i quali la Commissione abbia ritenuto che una norma non possa, o non possa ancora, essere elaborata.
- a prodotti che differiscono significativamente da una Specificazione Tecnica Europea Armonizzata oppure da una Specificazione Tecnica Nazionale Riconosciuta.

L'EOTA ([www.eota.be](http://www.eota.be)) è l'Organismo europeo che riunisce tutti gli organismi nazionali (Organismi di Approvazione o *Approval Bodies*) deputati al rilascio del Benestare Tecnico Europeo.

#### **"Attestazione della conformità"**

Un prodotto da costruzione può essere marcato CE solo qualora il produttore abbia dichiarato la conformità del prodotto stesso alle Specificazioni Tecniche Europee.

La procedura di attestazione della conformità può consistere di elementi diversi, indicati nell'Allegato III.1 della CPD.

Le diverse procedure e metodi di controllo della conformità, nonché le relative tipologie per l'attestazione di conformità, sono quelli dettagliati all'art.7 del DPR 246/93.

#### **"Certificato di Conformità (CE)"**

Ai sensi della CPD è il documento a valore legale, rilasciato da un Organismo di Certificazione europeo notificato ai sensi della CPD che attesta la conformità di un prodotto da costruzione alla Specificazione Tecnica Europea (UNI EN o ETA) applicabile. Tale

certificato si riferisce al prodotto nei casi di sistema di attestazione della conformità 1+ od 1 ed al Controllo del processo di fabbrica (FPC) nei casi di cui al Sistema 2+ e 2.

#### **“Dichiarazione di Conformità (CE)”**

Costituisce il documento fondamentale, obbligatoriamente predisposta, sottoscritta dal produttore e, su richiesta, fornita in accompagnamento ai documenti di trasporto, per l'immissione sul mercato di un prodotto soggetto a Marcatura CE.

#### **“Certificato di Idoneità Tecnica all'Impiego”**

Costituisce una valutazione del prodotto, o sistema da costruzione, ai fini dell'uso strutturale previsto (si veda anche l'art.1 della legge n.64/74). In taluni casi, ad esempio per prodotti di tipologia ricorrente, il Servizio Tecnico Centrale potrà rilasciare, in luogo del certificato di idoneità tecnica all'impiego, un *attestato di deposito della documentazione* tecnica relativa al prodotto/sistema.

Nel caso C) di cui al §11.1 delle NTC, il certificato di idoneità tecnica, da richiedere direttamente al Servizio Tecnico Centrale corredando la richiesta della necessaria documentazione, costituisce l'autorizzazione all'uso di cui al §4.6 delle NTC.

#### **“Attestato di Qualificazione”**

E' il documento emesso dal Servizio Tecnico Centrale che attesta la positiva conclusione della procedura di qualificazione per materiali e prodotti ricadenti nel caso C di cui al §11.1 delle NTC.

#### **“Controllo del processo di fabbrica (FPC)”**

Si intende per Controllo del Processo di Fabbrica (in Inglese, *Factory Production Control*, in sigla *FPC*) il controllo interno permanente del processo di produzione esercitato dal produttore (da non confondere con il Sistema di Gestione per la Qualità, di cui alla Norma UNI EN ISO 9001:2000, che tipicamente concerne il regime volontario). Tutti gli elementi, i requisiti e le disposizioni adottati dal produttore devono essere documentati in maniera sistematica ed in forma di obiettivi e procedure scritte

#### **“Equivalenza”**

Laddove richiamato, il concetto di equivalenza, si riferisce alla possibilità di riconoscere procedure o certificazioni proprie di altri Stati. Ciò peraltro laddove non si sia in presenza di una Marcatura CE, ed è basato sui limiti alle eccezioni consentite dall'Articolo 30 del Trattato di Roma, con la sentenza nota come “*Cassis de Dijon*”, che ha definito il principio del “mutuo riconoscimento” dei requisiti dei prodotti.

#### **“Organismi notificati”**

Ai fini della marcatura CE sui prodotti da costruzione, l'Articolo 18 della CPD richiede agli Stati Membri di notificare alla Commissione gli Organismi che essi hanno riconosciuto per i compiti previsti, riguardo all'attestazione della conformità, distinguendo, con riferimento alle funzioni esercitate, tra:

- Organismi di Certificazione (di prodotto e di FPC),
- Organismi di Ispezione,
- Laboratori di Prova.

Il compito degli Organismi Notificati è quello dettagliato nell'Allegato III della CPD, ed in sintesi:

- L'Organismo di Certificazione, deve rilasciare il Certificato di conformità (in Inglese, *Conformity Certificate*), a seconda del Sistema di attestazione della conformità implicato, relativo al prodotto da costruzione od al Controllo del Processo di Fabbrica, secondo regole procedurali date. La base per la certificazione sono i risultati dell'attività di Ispezione ed, a seconda dei casi, anche di Prova.
- L'Organismo di Ispezione, deve svolgere le proprie funzioni di ispezione e valutazione iniziale, proposta di accettazione e successive ispezioni di sorveglianza del Controllo del Processo di Fabbrica attuato da un produttore, così come, se previsto, prelievo di campioni, secondo specifici criteri. Esso relaziona correntemente, ove previsto, la propria attività ad un Organismo di Certificazione.
- Il Laboratorio di Prova, deve misurare, esaminare, provare o determinare in altro modo le caratteristiche o le prestazioni del prodotto da costruzione, prelevato dall'Organismo di Ispezione. Esso relaziona correntemente, ove previsto, in merito alle proprie attività ad un Organismo di Certificazione o, viceversa (Sistema 3), emette dei propri Rapporti di Prova sotto notifica, non essendo né incaricato, né responsabile del campionamento.

Un solo Organismo, lo stesso, se notificato per le varie funzioni, può agire contemporaneamente da Organismo di Certificazione, da Organismo di Ispezione e da Laboratorio di Prova.

La procedura di abilitazione di tali organismi è regolata dal DM n.156 del 9 maggio 2003.

Infine, riguardo l'accettazione dei materiali e prodotti, di responsabilità del Direttore dei Lavori, questa deve avvenire mediante *l'acquisizione e verifica* della documentazione di accompagnamento, nonché mediante le prove di accettazione. Per quanto riguarda la documentazione, il Direttore dei Lavori deve acquisire la documentazione di accompagnamento nonché la documentazione che attesti la qualificazione del prodotto (differente a seconda dei casi A), B) o C) previsti al §11.1 delle NTC). Il Direttore dei Lavori deve anche verificare l'idoneità di tale documentazione, ad esempio verificando la titolarità di chi ha emesso le certificazioni e/o attestazioni, la validità ed il campo di applicazione di queste ultime (in relazione ai prodotti effettivamente consegnati ed al loro uso previsto), la conformità delle caratteristiche dichiarate alle prescrizioni progettuali o capitolari, etc.

Oltre i casi previsti dalle NTC, il Direttore dei Lavori può in ogni caso richiedere le prove di accettazione che ritenga opportune o necessarie ai fini dell'accettazione del materiale.

### 9.5.2. Procedura di qualificazione

I dispositivi antisismici devono essere sottoposti a procedure di qualificazione, con verifica della conformità ai requisiti funzionali dichiarati. Tali procedure hanno lo scopo di dimostrare che il dispositivo è in grado di mantenere la propria funzionalità nelle condizioni d'uso previste durante tutta la vita di progetto e devono comportare almeno le seguenti operazioni:

- dichiarazione della vita di servizio;
- dichiarazione della conservazione delle prestazioni del dispositivo durante la vita di servizio;
- dichiarazione delle caratteristiche meccaniche dei componenti del dispositivo;
- descrizione del comportamento sotto azione sismica;
- determinazione dei legami costitutivi del dispositivo mediante prove sperimentali;
- individuazione del modello costitutivo che descriva il comportamento del dispositivo in
- differenti condizioni di uso, incluse tutte le combinazioni di azioni previste nella presente norma, che rappresenti correttamente i fenomeni fisici attesi nel funzionamento del dispositivo, in particolare sotto le azioni sismiche;
- prove di qualificazione.

In particolare, le caratteristiche tecniche da misurare e dichiarare sono indicate nel seguito per ciascun dispositivo.

Le caratteristiche dei dispositivi devono essere accertate mediante le prove sui materiali e sui dispositivi eseguite e certificate da laboratori di cui all'art. 59 del DPR n. 380/2001, dotati di adeguata competenza, attrezzatura ed organizzazione. Tali laboratori devono essere incaricati dal produttore previo nulla osta rilasciato dal Servizio Tecnico Centrale del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici.

Le massime differenze tra le caratteristiche meccaniche ottenute nelle prove di qualificazione ed i valori di progetto o nelle normali condizioni d'uso devono essere contenute entro limiti riferiti a variazioni nell'ambito della fornitura, dell'invecchiamento, della temperatura e della frequenza di prova. In particolare:

- le differenze nell'ambito della fornitura, devono essere riferite ai valori di progetto;
- le differenze dovute all'invecchiamento, alla temperatura e alla frequenza di prova, devono essere riferite ai valori nelle normali condizioni di utilizzo che derivano da prove condotte ad una temperatura di  $(23 \pm 5) ^\circ\text{C}$ .

Il campo di temperatura di riferimento per valutare le variazioni è  $-15^\circ\text{C}$  ,  $+45^\circ\text{C}$ . Per opere particolari, per le quali le temperature prevedibili non rientrano nel suddetto intervallo, la sperimentazione verrà condotta per campi di temperatura diversi da quelli di riferimento. Per dispositivi operanti in luoghi protetti, si può assumere un campo di temperatura ridotto in relazione ai valori estremi di temperatura ambientale.

Le differenze dovute alla frequenza di prova, devono essere valutate nell'ambito di una variazione della frequenza di almeno  $\pm 30\%$  eccetto per i dispositivi il cui funzionamento dipende dalla velocità per i quali lo studio deve essere esteso ad un campo maggiore.

Se le azioni variabili fanno modificare, con processo ciclico, i regimi tensionali, deve essere valutato il decadimento delle caratteristiche meccaniche per effetto della fatica.

Tutti i dispositivi devono avere una vita di servizio maggiore di 10 anni. Devono essere previsti piani di manutenzione e di sostituzione allo scadere della vita di servizio, senza significativi effetti sull'uso delle strutture in cui sono installati.

Qualora non sia applicabile quanto specificato al punto A oppure al punto C del § 11.1 delle NTC, i dispositivi antisismici devono essere dotati di un attestato di qualificazione rilasciato dal Servizio Tecnico Centrale, sentito il Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici. Tale attestato di qualificazione ha una validità di cinque anni.

L'elenco dei produttori e dei prodotti qualificati è disponibile presso il Servizio Tecnico Centrale del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici.

La documentazione da inviare al Servizio Tecnico Centrale, per il rilascio dell'attestato di qualificazione, deve includere almeno:

- a) denominazione e caratteristiche del dispositivo che si intende qualificare;
- b) disegni con la esatta indicazione delle dimensioni, dei materiali impiegati, e della loro qualificazione, delle tolleranze ammesse e di ogni altra caratteristica utile alla loro valutazione;
- c) documentazione tecnica con la dichiarazione delle caratteristiche tecniche individuate come specificato nel seguito;
- d) certificati delle prove di qualificazione svolte dal laboratorio di prova prescelto;
- e) manuale di installazione e posa in opera, con l'individuazione, tra gli altri, di tutte le specifiche tecniche delle attrezzature e dei prodotti da utilizzare nelle operazioni di posa in opera.

I dispositivi devono essere dotati di un marchio indelebile che ne comprovi la provenienza e la conformità alla documentazione depositata.

Allo scopo di assicurare che il prodotto abbia i requisiti previsti dalle presenti norme e che tali requisiti siano costantemente mantenuti fino alla posa in opera, tutti i dispositivi devono essere prodotti con un sistema di controllo permanente della produzione in stabilimento che deve assicurare il mantenimento dello stesso livello di affidabilità nella conformità del prodotto finito, indipendentemente dal processo di produzione.

Il sistema di gestione della qualità del prodotto che sovrintende al processo di fabbricazione deve essere predisposto in coerenza con le norme UNI EN ISO 9001:2000 e certificato da parte di un organismo terzo indipendente, di adeguata competenza ed organizzazione, che opera in coerenza con le norme UNI CEI EN ISO/IEC 17021:2006.

I documenti che accompagnano ogni fornitura devono indicare gli estremi dell'attestato di conformità o dell'attestato di qualificazione, della certificazione del processo di produzione, dei rapporti di prova e le caratteristiche dichiarate dal produttore.

### 9.5.3. Procedura di accettazione

All'atto della posa in opera dei dispositivi il Direttore dei Lavori deve verificare, acquisendone copia, che il dispositivo sia dotato di attestato di conformità di cui al DPR 246/93 (marcatura CE) ovvero, ove non ricorrano i casi di cui ai punti A e C del §11.1 delle NTC, che sia dotato di attestato di qualificazione del Servizio Tecnico Centrale, che sia dotato del marchio previsto nel § precedente e che le procedure di posa in opera siano conformi alle specifiche tecniche del produttore del sistema stesso.

Il Direttore dei Lavori deve inoltre rifiutare le eventuali forniture non conformi ed effettuare idonee prove di accettazione che comprendano in ogni caso la verifica geometrica e delle tolleranze dimensionali nonché eventualmente la valutazione delle principali caratteristiche meccaniche secondo le modalità descritte nel seguito.

### 9.5.4. Isolatori Elastomerici

Gli isolatori debbono avere pianta con due assi di simmetria ortogonali, così da presentare un comportamento il più possibile indipendente dalla direzione della azione orizzontale agente. Ai fini della determinazione degli effetti di azioni perpendicolari agli strati, le loro dimensioni utili debbono essere riferite alle dimensioni delle piastre in acciaio, depurate di eventuali fori, mentre per gli effetti delle azioni parallele alla giacitura degli strati si considererà la sezione intera dello strato di gomma.

Le piastre di acciaio devono essere conformi a quanto previsto nelle norme per gli apparecchi di appoggio, con un allungamento minimo a rottura del 18% e spessore minimo pari a 2 mm per le piastre interne e a 20 mm per le piastre esterne.

Si definiscono due fattori di forma:

- S1 fattore di forma primario, rapporto tra la superficie  $A'$  comune al singolo strato di elastomero ed alla singola piastra d'acciaio, depurata degli eventuali fori (se non riempiti successivamente), e la superficie laterale libera  $L$  del singolo strato di elastomero, maggiorata della superficie laterale degli eventuali fori (se non riempiti successivamente) ossia  $S_1 = A'/L$ ;
- S2 fattore di forma secondario, rapporto tra la dimensione in pianta  $D$  della singola piastra in acciaio, parallelamente all'azione orizzontale agente, e lo spessore totale  $t_e$  degli strati di elastomero ossia  $S_2 = D/t_e$ .

Gli isolatori in materiale elastomerico ed acciaio sono individuati attraverso le loro curve caratteristiche forza -spostamento, generalmente non lineari, tramite i due parametri sintetici: la rigidezza equivalente  $K_e$ , il coefficiente di smorzamento viscoso equivalente  $\xi_e$ .

La rigidezza equivalente  $K_e$ , relativa ad un ciclo di carico, è definita come rapporto tra la forza  $F$  corrispondente allo spostamento massimo  $d$  raggiunto in quel ciclo e lo stesso spostamento ( $K_e = F/d$ ) e si valuta come prodotto del modulo dinamico equivalente a taglio  $G_{din}$  per  $A/t_e$ .

Il coefficiente di smorzamento viscoso equivalente  $\xi_e$  si definisce come rapporto tra l'energia dissipata in un ciclo completo di carico  $E_d$  e  $2\pi F_d$ , ossia  $\xi_e = E_d / (2\pi F_d)$ .

La rigidezza verticale  $K_v$  è definita come rapporto tra la forza verticale di progetto  $F_v$  e lo spostamento verticale  $d_v$  ( $K_v = F_v/d_v$ ).

Le massime differenze tra le caratteristiche meccaniche ottenute nelle prove di qualificazione ed i valori di progetto o nelle normali condizioni d'uso devono essere contenute entro limiti riportati nella seguente Tabella (Tab. 11.9.IV delle NTC).

Le variazioni devono essere valutate con riferimento al 3° ciclo di prova. Le frequenze di prova per valutare le variazioni delle caratteristiche meccaniche sono 0,1Hz e 0,5Hz.

	Fornitura	Invecchiamento	Temperatura	Frequenza di prova
$K_e$	±20%	±20%	±20%	±20%
$K_v$	-30%	-	-	-
$\xi_e$	±20%	±20%	±20%	±20%

Le variazioni dovute al carico verticale, valutate come differenza tra i valori corrispondenti al carico verticale massimo ed a quello minimo, non dovranno superare il 15% del valore di progetto.

### Prove di accettazione sui materiali

Per quanto riguarda l'idoneità all'uso del prodotto si applica il caso A) di cui al §11.1 delle NTC, pertanto al termine del periodo di coesistenza di ciascuna norma armonizzata, il Direttore dei Lavori dovrà verificare che il prodotto sia dotato di marcatura CE rilasciata in conformità alla pertinente norma armonizzata della serie EN 1337, nonché la corrispondenza della relativa documentazione con il prodotto in accettazione e lo specifico uso previsto. Per tutti gli usi strutturali si applica il Sistema di Attestazione della Conformità 1, come specificato all'art.7, comma 1 lettera A, del DPR n.246/93. Il fabbricante dichiara le caratteristiche tecniche di prodotto elencate nelle Appendici ZA delle relative norme armonizzate, quali la capacità di carico, la capacità di rotazione, il coefficiente di attrito e gli aspetti relativi alla durabilità.

Per i prodotti ricadenti nel caso precedente, quindi, cessa di avere validità l'attestato di deposito della documentazione presso il Servizio Tecnico Centrale, effettuata, per i prodotti o sistemi che direttamente influiscono sulla sicurezza e la stabilità degli impalcati stradali e ferroviari e che rientrano nelle pertinenze di esercizio di cui al punto a) della Circolare Min. LL.PP. n.2357 del 16.5.96.

Nel caso in cui gli appoggi non rientrino nei prodotti considerati dalle norme armonizzate di riferimento, si dovrà utilizzare la procedura C) di cui al §11.1 delle NTC.

Ai fini dell'impiego, il Direttore dei Lavori dovrà anche verificare, in fase di accettazione, la presenza del manuale contenente le specifiche tecniche di posa in opera, nonché, in fase di esecuzione, curare che l'installazione avvenga in coerenza con le dette specifiche.

Oltre a quanto precedentemente detto valgono le seguenti variazioni ed aggiunte:

- le prove di invecchiamento vanno effettuate per 21 giorni a 70°C; la variazione del modulo G deve essere contenuta entro il 20% del valore iniziale;
- il modulo G deve essere determinato anche per una deformazione tangenziale pari a  $\pm 100\%$ .

### Prove di qualificazione sui dispositivi

Le prove di qualificazione sui dispositivi, possono essere estese a tutti i dispositivi geometricamente simili (rapporti di scala geometrica compresi tra 0,5 e 2, fattore di forma primario S1 uguale, con tolleranza del  $\pm 10\%$ , fattore di forma secondario S2 uguale o maggiore) e prodotti con gli stessi materiali di quelli provati. Esse debbono essere effettuate nell'ordine e con le modalità di seguito specificate a non meno di due giorni di distanza dalla vulcanizzazione per dispositivi di dimensioni inferiori ai 700 mm, quattro giorni per dispositivi più grandi, così da avere una temperatura uniforme sull'intero dispositivo.

- Determinazione statica della rigidezza a compressione tra il 30% e il 100% del carico verticale V di progetto, opportunamente scalato, in presenza di sisma, somma dei carichi verticali dovuti a permanenti ed accidentali moltiplicati per opportuni coefficienti ed alle eventuali azioni concomitanti (forze orizzontali, spostamenti e rotazioni);
- determinazione statica, sotto compressione costante e pari a 6 MPa, o al valore della tensione di compressione di progetto (con una tolleranza del  $\pm 20\%$ ) se questa è superiore a 8 MPa, del modulo statico di taglio G, convenzionalmente definito come il modulo secante tra le deformazioni di taglio corrispondenti agli spostamenti  $0,27t_e$  e  $0,58t_e$  mediante prove di carico-scarico fino a uno spostamento massimo pari a  $t_e$  e in corrispondenza del 3° ciclo;
- determinazione dinamica, sotto compressione costante e pari a 6 MPa, o al valore della tensione di compressione di progetto (con una tolleranza del  $\pm 20\%$ ) se questa è superiore a 8 MPa, del modulo dinamico di taglio  $G_{din}$  e dello smorzamento  $\xi$  mediante prove cicliche sinusoidali alla frequenza di 0,5 Hz e  $\gamma=1$  ed in corrispondenza del 3° ciclo, valutando  $G_{din} = F_{te}/(A_d)$  come modulo secante in corrispondenza di  $d/t_e=1$ , con l'obbligo per  $G_{din}$  di ricadere nell'intervallo  $0,35 \div 1,50$  MPa;
- determinazione delle curve G-  $\gamma$  e  $\xi$ -  $\gamma$  mediante le prove dinamiche cicliche precedentemente descritte e per i seguenti valori di  $\gamma$ : 0,05, 0,3, 0,5, 0,7, 1,0,  $\gamma_{max}$  e, comunque, per deformazioni corrispondenti, nel dispositivo reale, a spostamenti non inferiori a  $\pm 0,1 d_2$ ,  $\pm 0,2 d_2$ ,  $\pm 0,3 d_2$ ,  $\pm 0,5 d_2$ ,  $\pm 0,7 d_2$ ,  $\pm d_2$ , effettuando almeno 5 cicli per ciascuna ampiezza;  $\gamma_{max}$  sarà preso pari a 1,5 se in corrispondenza di  $d_2$  risulta  $\gamma < 1,5$ , a 2 se  $1,5 < \gamma < 2$ .
- valutazione della stabilità del dispositivo sotto compressione e taglio, effettuata accertandosi che il dispositivo rimanga stabile se assoggettato ad uno spostamento orizzontale pari ad  $1,8 t_e$  in presenza di un carico verticale pari sia ad  $1,5 V_{max}$  che a  $0,5 V_{min}$  (indicando con  $V_{max}$  e  $V_{min}$  rispettivamente i valori massimo e minimo di V);
- valutazione della capacità di sostenere, sotto compressione costante e pari a 6 MPa, o al valore della tensione di compressione di progetto (con una tolleranza del  $\pm 20\%$ ) se questa è superiore a 8 MPa, almeno 10 cicli con spostamento massimo impresso almeno pari a  $d_2$ .
- valutazione di efficacia dell'aderenza elastomero-acciaio, effettuata sottoponendo l'isolatore, sotto compressione costante e pari a 6 MPa, o al valore della tensione di compressione di progetto (con una tolleranza del  $\pm 20\%$ ) se questa è superiore a 8 MPa, a una deformazione  $\gamma > 2,5$  senza che si verifichino danni. Qualora in corrispondenza dello spostamento di progetto, il dispositivo subisca una deformazione  $\gamma < 1,5$  il dispositivo può essere caratterizzato per una deformazione  $\gamma = 2,0$ ;
- determinazione delle caratteristiche di creep mediante prove di compressione sotto compressione costante e pari al valore della tensione di compressione di progetto, con una tolleranza del  $\pm 20\%$ , della durata di almeno 7 giorni; la deformazione verticale per creep deve essere inferiore al 20% della deformazione statica sotto il carico V; il valore di riferimento della deformazione statica sarà assunto pari a quello misurato dopo 10 minuti dall'inizio dell'applicazione del carico.
- Le prove di qualificazione devono essere effettuate su almeno 4 dispositivi, due per le prove senza invecchiamento e due per le prove dopo invecchiamento artificiale, ottenuto mantenendo i dispositivi di prova per 21 giorni a 70°C.

L'invecchiamento dovrà comunque essere preceduto dalla determinazione statica della rigidezza a compressione e del modulo statico di taglio G, secondo le modalità precedentemente definite, per valutare le caratteristiche dei dispositivi sottoposti a invecchiamento prima dell'invecchiamento stesso. I valori di G dopo l'invecchiamento non devono superare di 1,15 volte i valori di G prima dell'invecchiamento). I dispositivi sottoposti a prove di qualificazione non potranno essere utilizzati nella costruzione.

I dispositivi sottoposti a prove di qualificazione potranno essere utilizzati nella costruzione previa verifica della loro perfetta integrità a seguito delle prove, da accertare attraverso la successiva effettuazione delle prove di accettazione ed il controllo dei relativi parametri di verifica.

La validità delle prove di invecchiamento potrà essere estesa a tutti i dispositivi realizzati con la stessa mescola, indipendentemente dai rapporti di forma. Per qualificare lo stesso dispositivo per diversi valori della tensione di compressione le prove possono essere ripetute in sequenza sugli stessi dispositivi da qualificare, verificando che tra una prova e la successiva non si siano verificati danni ai dispositivi.

#### **Prove di accettazione sui dispositivi**

Le prove di accettazione sui dispositivi, che saranno effettuate con le modalità già viste per le prove di qualificazione e si riterranno superate se i risultati ottenuti soddisfano i limiti sotto specificati e se il modulo statico di taglio  $G$  non differisce da quello delle prove di qualificazione di oltre il  $\pm 10\%$ , sono le seguenti:

- misura della geometria esterna che dovrà rispettare le tolleranze prescritte dalle norme sugli apparecchi di appoggio, con l'unica deroga dei dispositivi di altezza superiore a 100 mm per i quali la tolleranza sulle altezze è di 6mm;
- determinazione statica della rigidità verticale tra il 30% e il 100% del carico  $V$ ;
- determinazione del modulo statico di taglio  $G$  o in alternativa del modulo dinamico di taglio  $G_{din}$ , con le modalità specificate per le prove di qualificazione; quest'ultima è da preferire, quando effettuabile, in quanto riduce le incertezze sul controllo del reale comportamento dinamico del dispositivo,
- valutazione di efficacia dell'aderenza elastomero-acciaio, con le modalità specificate per le prove di qualificazione, ma adottando per la deformazione  $\gamma$  il valore corrispondente allo spostamento  $d_2$ .

Le prove di accettazione devono essere effettuate su almeno il 20% dei dispositivi, e comunque non meno di 4 e non più del numero di dispositivi da mettere in opera.

#### **9.5.5. Isolatori a scorrimento**

Le superfici di scorrimento in acciaio e PTFE devono essere conformi alla normativa vigente per gli apparecchi di appoggio.

Gli isolatori a scorrimento devono essere in grado di sopportare, sotto spostamento massimo impresso pari a  $1,2 d_2$ , almeno 10 cicli di carico e scarico. I cicli si riterranno favorevolmente sopportati se il coefficiente d'attrito ( $f$ ), nei cicli successivi al primo, non varierà di più del 25% rispetto alle caratteristiche riscontrate durante il terzo ciclo, ossia

$$|f(i) - f(3)| / f(3) < 0,25,$$

avendo contrassegnato con il pedice "(i)" le caratteristiche valutate all' $i$ -esimo ciclo e con il pedice "(3)" le caratteristiche valutate al terzo ciclo. Detto  $d_{dc}$  lo spostamento massimo di progetto del centro di rigidità del sistema d'isolamento, corrispondente allo SLC, qualora l'incremento della forza nel sistema di isolamento per spostamenti tra  $0,5 d_{dc}$  e  $d_{dc}$  sia inferiore all'1,25% del peso totale della sovrastruttura, gli isolatori a scorrimento debbono essere in grado di garantire la loro funzione di appoggio fino a spostamenti pari ad  $1,25 d_2$ .

Si deve verificare che il coefficiente d'attrito sia, comunque, sempre inferiore al valore di progetto per variazioni nell'ambito della fornitura, della temperatura e della frequenza di prova.

#### **Prove di accettazione sui materiali**

Le prove di accettazione sulle superfici di scorrimento sono quelle previste dalle norme per gli apparecchi di appoggio così come descritte per gli isolatori elastomerici.

#### **Prove di qualificazione sui dispositivi**

Le prove di qualificazione sui dispositivi, che possono essere estese a tutti i dispositivi geometricamente simili (rapporti di scala geometrica compresi tra 0,5 e 2) e prodotti con gli stessi materiali di quelli provati sono le seguenti:

- determinazione statica del coefficiente d'attrito, per almeno tre valori della compressione, costante durante la prova, pari al carico verticale  $V$  di esercizio, a  $V_{max}$  e a  $V_{min}$ , opportunamente scalati;
- determinazione dinamica del coefficiente d'attrito, per almeno tre valori della compressione, costante durante la prova, pari al carico verticale  $V$  di esercizio, a  $V_{max}$  e a  $V_{min}$ ,
- opportunamente scalati, e per tre valori della velocità (frequenza), pari a quella di progetto e alla stessa variata del  $\pm 30$
- Valutazione della capacità di sostenere, sotto compressione costante e pari al valore della tensione di compressione di progetto, con una tolleranza del  $\pm 20\%$ , almeno 10 cicli con spostamento massimo impresso almeno pari a  $d_2$ .
- Qualora gli isolatori fossero dotati di elementi o meccanismi supplementari atti a migliorarne le prestazioni sismiche, le prove andranno ripetute con la presenza di tali parti supplementari. Le prove di qualificazione devono essere effettuate su almeno 2 dispositivi. I dispositivi sottoposti a prove di qualificazione potranno essere utilizzati nella costruzione previa verifica della loro perfetta integrità a seguito delle prove, da accertare attraverso la successiva effettuazione delle prove di accettazione e il controllo dei relativi parametri di verifica.

Nel caso in cui le prove vengano effettuate su dispositivi in scala, i certificati di prova dovranno essere accompagnati da una relazione del produttore o del progettista che dimostri l'equivalenza dei risultati a quelli ottenibili su un dispositivo non in scala.

#### **Prove di accettazione sui dispositivi**

Le prove di accettazione sui dispositivi, che saranno effettuate con le modalità già viste per le prove di qualificazione.

- Verifica delle tolleranze dimensionali delle superfici di scorrimento come previste dalle norme per gli apparecchi di appoggio.
- determinazione statica del coefficiente d'attrito, per almeno tre valori della compressione, costante durante la prova, pari al carico verticale  $V$  di esercizio, e ai valori di progetto sotto azioni sismiche  $V_{max}$  e  $V_{min}$ .

Le prove di accettazione devono essere effettuate su almeno il 20% dei dispositivi, comunque non meno di 4 e non più del numero di dispositivi da mettere in opera.

Qualora gli isolatori fossero dotati di elementi o meccanismi supplementari atti a migliorarne le prestazioni sismiche, su almeno un dispositivo completo di tali parti supplementari verrà anche condotta una prova "quasi statica", imponendo almeno 5 cicli completi di deformazioni alternate, con ampiezza massima pari a  $\pm d2$ . Il dispositivo non potrà essere utilizzato nella costruzione, a meno che il suo perfetto funzionamento non sia ripristinabile con la sostituzione degli elementi base.

<b>SEZIONE 10. VESPAI - INERTI - MASSETTI IN CLS</b>
--

**10.1. NORMATIVA DI RIFERIMENTO**

I lavori, descritti nelle specifiche, dovranno essere eseguiti nel rispetto delle leggi e normative vigenti in materia, e loro successivi eventuali aggiornamenti, con particolare riguardo a:

<b>AASHTO T180-01-UL</b>	Standard Method of Test for Moisture-Density Relations of Soils Using a 4.54-kg (10-lb) Rammer and a 457-mm (18-in.)
<b>DIN 18202 :1986</b>	Tolerances for buildings
<b>UNI EN 13286-47:2006</b>	Prove sui materiali stradali - Indice di portanza CBR di una terra
<b>D.M. Infrastrutture 14 gennaio 2008</b>	Norme tecniche per le costruzioni
<b>C.M. Infrastrutture e Trasporti 02 febbraio 2009, n. 617 CS.LL.PP.</b>	Nuova circolare delle Norme Tecniche per le Costruzioni

**10.2. Vespai****10.2.1. Drenaggi mediante vespaio in ghiaia**

I drenaggi dovranno essere realizzati mediante formazione di vespaio di spessore non inferiore a cm 30, in ghiaia lavata di pezzatura assortita compresa fra 25 e 75 mm, posto in opera sul terreno naturale compattato previa interposizione di tessuto non tessuto del peso di 300 gr/mq; i lati del tessuto non tessuto dovranno ribordare sulla sommità del vespaio per almeno 80-100 cm. Il vespaio verrà areato mediante interposizione di tubazioni drenanti in PVC diametro 60 mm microfessurate poste ad interassi non inferiori di m 1.00. Le tubazioni dovranno essere direttamente collegate con l'esterno mediante griglie di areazione poste nelle murature verticali.

Il pietrame e i ciottoli saranno posti in opera a mano con i necessari accorgimenti in modo da evitare successivi assestamenti.

Il materiale di maggiori dimensioni (granulometrie variabili da 25 a 75 mm) dovrà essere sistemato negli strati inferiori mentre il materiale fino negli strati superiori fino ad intasamento completo.

La Direzione Lavori potrà ordinare l'intasamento del drenaggio già costituito con sabbia lavata. Il misto di fiume, da impiegare nella formazione dei drenaggi, dovrà essere pulito ed esente da materiali organici e coesivi, granulometricamente assortito con esclusione dei materiali passanti al setaccio 0,4 della serie UNI.

**10.2.2. Drenaggi con filtro in tessuto non tessuto**

In terreni particolarmente ricchi di materiale fino o sui drenaggi verticali di murature interrato, il drenaggio delle acque dovrà essere attuato mediante il rivestimento del cavo con filtro in tessuto "non tessuto" in polipropilene isotattico.

Le prove da eseguire per il controllo dei requisiti saranno del tipo descritto nell'apposita voce; il peso minimo dovrà essere di 350 gr/mq.

I vari teli di non tessuto dovranno essere cuciti tra di loro per formare il rivestimento del drenaggio; qualora la cucitura non venga effettuata, la sovrapposizione degli elementi dovrà essere di almeno 30 cm.

La parte inferiore dei non tessuti, in contatto con il fondo del cavo di drenaggio e per una altezza di almeno 20 cm sui fianchi dovrà essere impregnata con bitume tipo 180-200 dato a caldo (o reso fluido con opportuni solventi che non abbiano effetto sul T.N.T.) in ragione di almeno 2 kg/mq. Tale impregnazione potrà essere fatta prima della messa in opera nel cavo del non tessuto stesso o anche dopo la sua sistemazione in opera. Dal cavo dovrà fuoriuscire la quantità di non tessuto necessaria ad una doppia sovrapposizione della stessa sulla sommità di drenaggio (due volte la larghezza del cavo).

Sul fondo dello scavo verrà posta tubazione drenante microfessurata in PVC del diametro non inferiore a mm 250, interamente ricoperta con sabbia vagliata per uno spessore in sommità del tubo non inferiore a 20 cm.

Il cavo rivestito verrà successivamente riempito di materiale lapideo pulito e vagliato trattenuto al crivello 10 mm UNI, tondo o di frantumazione, con pezzatura massima non eccedente i 70 mm.

Il materiale dovrà ben riempire la cavità in modo da fare aderire il più possibile il non tessuto alle pareti dello scavo.

Terminato il riempimento si sovrapporrà il non tessuto fuoriuscente in sommità e su di esso verrà eseguita una copertura in terra pressata.

**10.2.3. Drenaggio di paratie verticali con geocomposito drenante**

Per il drenaggio a monte di muro di contenimento di locali in terra o seminterrati verrà utilizzato un geocomposito drenante da applicarsi sulle paratie verticali degli scannafossi mediante graffature, prima del getto del muro di rivestimento in c.a., tale sistema con funzione di cassero a perdere, verrà inglobato nel muro di contenimento al fine di garantire sul lato contro terra un corretto drenaggio delle acque presenti nel terreno. E' composto da un telo filtrante in non tessuto di poliestere termosaldato di spessore 0.6 mm ricoperto da una membrana di poliammide e da un manto in PVC con interposta una struttura drenante tridimensionale in filamento di poliammide ad elevato indice di vuoto. Tali elemento sono saldati assieme su tutta la superficie

Al piede della palificata o paratia, verrà previsto un piano di appoggio in c.l.s. magro per la tubazione microfessurata in PVC, il geocomposito dovrà sovrapporsi alla tubazione fino al completo ricoprimento della stessa.

#### Prestazioni

PRESSIONE	PROFONDITA'	DRENAGGIO VERTICALE*	
		l/s.m	l/h.m
KpA	m		
25	3,5	2,66	9580
50	7,0	1,09	3920
100	14	0,39	1420
200	28	0,28	410

\* capacità di drenaggio con un gradiente  $i=1$ , in litri per secondo e ora per metro di larghezza.

#### Caratteristiche tecniche

##### Nucleo drenante:

Tipo di polimero	poliammide 6
Densità del polimero	1140 Kg/mc
Punto di fusione	218 °C
Tipo di saldatura	termica
Densità del materiale	23-70 Kg/mc

##### Filtro non tessuto:

Tipo di polimero	filamenti di poliestere ricoperti da pellicola in poliammide
Tipo di saldatura	termica
Peso	125 gr/mq
Spessore	0.6 mm
Resistenza a trazione	8 kN/m
Resistenza al punzonamento	1800 N
Flusso d'acqua	194 l/mq s
Permittività	6.6 s-1

##### Geocomposito drenante:

Area di contatto	< 1%
Resistenza chimica	tutte le sostanze normalmente presenti nel terreno e nelle acqua di superficie
Resistenza biologica	secondo norme ISO/DIS 846.2 e DIN 53739, 33.3 C e D
Infiammabilità	bassa infiammabilità e bassa produzione di fumo
Resistenza alla temperatura	da -30 a +100 °C
Spessore totale	22 mm
Peso	200 gr/mq

#### 10.2.4. Drenaggi lineari superficiali

I sistemi di drenaggio lineare saranno realizzate con canalette ad elementi prefabbricati componibili in calcestruzzo di poliestere P 1408, composto da resine poliestere e sabbie quarzifere, con caratteristiche antigelive, antisaline, antiacide, resistenti agli oli e grassi e con superficie interna liscia (coeff. di scabrezza secondo Goubler - Strichlez = 95) posati su magrone in calcestruzzo di spessore non inferiore a 10 cm e rinfilo di spessore non inferiore a 20 cm opportunamente vibrato.

La canaletta sarà dotata di pendenza incorporata pari a 0,6%, ricavata sull'altezza dell'elemento e sarà munita di tutti i pezzi speciali e dei collegamenti ai pozzetti di scolo, come e dove previsti in progetto e indicato dalla D.L.

La copertura della canaletta sarà realizzata con griglia in ghisa sferoidale e staffa di fissaggio. Classe di carico non inferiore alla Classe C..

Le griglie saranno opportunamente fissate alla canaletta con viti e barrette di fissaggio con incavi nel calcestruzzo ricavati nella canaletta stessa, con almeno 2 punti di fissaggio a m 1 di condotta.

#### 10.3. INERTI PER SOTTOPAVIMENTAZIONE

Tale fondazione è costituita da una miscela di materiali granulari (misto granulare) stabilizzati per granulometria con l'aggiunta o meno di legante naturale, il quale è costituito da terra passante al setaccio 0,4 UNI.

L'aggregato potrà essere costituito da ghiaie, detriti di cava, frantumato, scorie od anche altro materiale; potrà essere: materiale reperito in sito, entro o fuori cantiere, oppure miscela di materiali aventi provenienze diverse, in proporzioni stabilite attraverso una indagine preliminare di laboratorio e di cantiere.

Lo spessore da assegnare alla fondazione sarà fissato dalla Direzione dei Lavori in relazione alla portata del sottofondo; la stesa avverrà in strati successivi, ciascuno dei quali non dovrà mai avere uno spessore finito superiore a cm 20 e non inferiore a cm 10.

### 10.3.1. a) Caratteristiche del materiale

Il materiale in opera, dopo l'eventuale correzione e miscelazione, risponderà alle caratteristiche seguenti:

- l'aggregato non deve avere dimensioni superiori a 71 mm, né forma appiattita, allungata o lenticolare;
- granulometria compresa nel seguente fuso e avente andamento continuo e uniforme praticamente concorde a quello delle curve limiti:

Serie crivelli e setacci U.N.I.	Miscela passante: % totale in peso
Crivello 71	100
Crivello 40	75÷100
Crivello 25	60÷87
Crivello 10	35÷67
Crivello 5	25÷55
Setaccio 2	15÷40
Setaccio 0,4	7÷22
Setaccio 0,075	2÷10

- rapporto tra il passante al setaccio 0,075 ed il passante al setaccio 0,4 inferiore a 2 / 3;
- perdita in peso alla prova Los Angeles eseguita sulle singole pezzature inferiore al 30%;
- equivalente in sabbia (1) misurato sulla frazione passante al setaccio 4 ASTM compreso tra 25 e 65. Tale controllo dovrà anche essere eseguito per materiale prelevato dopo costipamento. Il limite superiore dell'equivalente in sabbia (65) potrà essere variato dalla Direzione Lavori in funzione delle provenienze e delle caratteristiche del materiale. Per tutti i materiali aventi equivalente in sabbia compreso fra 25 e 35, la Direzione Lavori richiederà in ogni caso (anche se la miscela contiene più del 60% in peso di elementi frantumati) la verifica dell'indice di portanza CBR di cui al successivo comma 6);
- indice di portanza CBR (2), dopo 4 giorni di imbibizione in acqua (eseguito sul materiale passante al crivello 25 non minore di 50. E' inoltre richiesto che tale condizione sia verificata per un intervallo di  $\pm 2\%$  rispetto all'umidità ottima di costipamento. Se le miscele contengono oltre il 60% in peso di elementi frantumati a spigoli vivi, l'accettazione avverrà sulla base delle sole caratteristiche indicate ai precedenti commi 1, 2, 4, 5, salvo nel caso citato al comma 5 in cui la miscela abbia equivalente in sabbia compreso tra 25 e 35.

### 10.3.2. b) Modalità esecutive

Il piano di posa dello strato dovrà avere le quote, la sagoma ed i requisiti di compattezza prescritti ed essere ripulito da materiale estraneo.

Il materiale verrà steso in strati di spessore finito non superiore a 20 cm e non inferiore a 10 cm e dovrà presentarsi, dopo costipato, uniformemente miscelato in modo da non presentare segregazione dei suoi componenti.

L'eventuale aggiunta di acqua, per raggiungere l'umidità prescritta in funzione della densità, è da effettuarsi mediante dispositivi spruzzatori.

A questo proposito si precisa che tutte le operazioni anzidette (pioggia, neve, gelo) siano tali da danneggiare la qualità dello strato stabilizzato. Verificandosi comunque eccesso di umidità, o danni dovuti al gelo, lo strato compromesso dovrà essere rimosso e ricostruito a cura e spese dell'Impresa.

Il materiale pronto per il costipamento dovrà presentare in ogni punto la prescritta granulometria.

Per il costipamento e la rifinitura verranno impiegati idonei mezzi compattatori in relazione alle caratteristiche dei luoghi in cui verrà realizzata la pavimentazione. La Direzione Lavori potrà, se lo riterrà opportuno, autorizzare anche il costipamento manuale.

Il costipamento di ogni strato dovrà essere eseguito sino ad ottenere una densità in sito non inferiore al 95% della densità massima fornita dalla prova AASHO modificata (3).

Il valore del modulo di compressibilità  $M_E$ , misurato con il metodo di cui all'art. «Movimenti di terre», ma nell'intervallo compreso fra 0,15 e 0,25 N/mm<sup>2</sup>, non dovrà essere inferiore ad 80 N/mm<sup>2</sup>.

La superficie finita non dovrà scostarsi dalla sagoma di progetto di oltre 1 cm, controllato a mezzo di un regolo di m 4,50 di lunghezza e disposto secondo due direzioni ortogonali.

Lo spessore dovrà essere quello prescritto, con una tolleranza in più o in meno del 5%, purché questa differenza si presenti solo saltuariamente.

Sullo strato di fondazione, compattato in conformità delle prescrizioni avanti indicate, è buona norma procedere subito alla esecuzione delle pavimentazioni, senza far trascorrere, fra le due fasi di lavori un intervallo di tempo troppo lungo, che potrebbe recare pregiudizio ai valori di portanza conseguiti dallo strato di fondazione a costipamento ultimato. Ciò allo scopo di eliminare i fenomeni di allentamento, di asportazione e di disgregazione del materiale fine, interessanti la parte superficiale degli strati di fondazione che non siano adeguatamente protetti dal traffico di cantiere o dagli agenti atmosferici; nel caso in cui non sia possibile procedere immediatamente dopo la stesa dello strato di fondazione alla realizzazione delle pavimentazioni, sarà opportuno procedere alla stesa di una mano di emulsione saturata con graniglia a protezione della superficie superiore dello strato di fondazione oppure eseguire analoghi trattamenti protettivi.

(1) N. 4 ASTM. La prova va eseguita con dispositivo meccanico di scuotimento.

(2) ASTM D 1883/61 - T, oppure C.N.R. - U.N.I. 10009 - Prove sui materiali stradali; indice di portanza C.B.R. di una terra

(3) AASHTO T 180-57 metodo D con esclusione della sostituzione degli elementi trattenuti al setaccio 3/4". Se la misura in sito riguarda materiale contenente fino al 25% in peso di elementi di dimensioni maggiori di 25 mm, la densità ottenuta verrà corretta in base alla formula:

$$d_r = \frac{d_i P_c (100-x)}{100 P_c - x d_i}$$

dove:

$d_r$  = densità della miscela ridotta degli elementi di dimensione superiore a 25 mm, da paragonare a quella AASHTO modificata determinata in laboratorio;

$d_i$  = densità della miscela intera;

$P_c$  = peso specifico degli elementi di dimensione maggiore di 25 mm;

$x$  = percentuale in peso degli elementi di dimensione maggiore di 25 mm;

La suddetta formula di trasformazione potrà essere applicata anche nel caso di miscele contenenti una percentuale in peso di elementi di dimensione superiore a 35 mm, compresa tra il 25 e il 40%.

In tal caso nella stessa formula, al termine  $x$ , dovrà essere sempre dato il valore 25 (indipendentemente dalla effettiva percentuale in peso di trattenuto al crivello da 25 mm).

## 10.4. MASSETTI

### 10.4.1. Normativa di riferimento

UNI Gruppo 538 Prodotti di conglomerato cementizio per l'edilizia

Norme, leggi, decreti e prescrizioni richiamati alle Sottosezioni "Casseforme", "Armature di acciaio", "Calcestruzzi" che devono intendersi strettamente correlate alla presente specifica per la realizzazione delle opere in essa descritte.

Normativa DIN di seguito richiamata

Regio Decreto 16 novembre 1939, n. 2234 - Appendice 1 - Norme per l'accettazione dei materiali da pavimentazione.

### 10.4.2. Massetti in cemento indurito

#### Sollecitazioni

La pavimentazione sarà di classe e tipo così come indicato in progetto e dovrà essere in grado di resistere alle sollecitazioni statiche e dinamiche previste e/o richieste (sovraccarichi conseguenti a scaffalature, macchine, attrezzature varie, movimentazione di carrelli traslatori etc.), e comunque non dovrà essere inferiore a 1200 kg/mq.

#### Sottofondo

L'Impresa dovrà accertare che le caratteristiche del sottofondo (in materiale sabbioso e ghiaioso) corrispondano alle prescrizioni di progetto ed alle prestazioni a cui la pavimentazione dovrà risponderne.

Nel caso di mancata rispondenza, questa, dovrà essere segnalata alla Direzione dei Lavori, ed i lavori non potranno essere iniziati sino a che tutti i difetti non siano stati eliminati.

Una volta che l'accertamento abbia avuto esito positivo, l'Impresa si farà carico del mantenimento e della manutenzione del sottofondo per tutta la durata dei lavori.

Il livellamento del sottofondo dovrà essere estremamente accurato effettuando, con l'aiuto di dime, dei piccoli riporti in sabbia, onde ottenere il migliore piano possibile.

Sul sottofondo si procederà quindi alla installazione delle sponde entro le quali verrà gettata la pavimentazione.

#### Massetto in calcestruzzo

Sul sottofondo, già preparato, verrà distesa una barriera al vapore in telo di polietilene dello spessore non inferiore a 0.3 mm con lembi sovrapposti di almeno 15-20 cm, uno strato di conglomerato cementizio armato con resistenza caratteristica cubica Rck 250, composto da sabbia ed inerti di diametro max 20/25 mm, e 3 - 3,5 q. li di cemento Portland R 325 con l'aggiunta di additivi plastificanti, armato con rete elettrosaldata  $\varnothing$  6, maglia 15x15 opportunamente distanziata dalla superficie del pavimento mediante appositi distanziali.

Nel caso di doppia rete la distanza minima fra le due facce non deve essere inferiore a 5 cm.

Non è consentito posare le reti elettrosaldate a getto avvenuto con successivo affondamento nel c.l.s.

In corrispondenza degli angoli, dei fianchi, delle forature per alloggiare i pozzetti, dei giunti strutturali, etc., l'armatura dovrà essere adeguatamente rinforzata per contrastare l'azione delle maggiori tensioni e cedimenti che si verificheranno in tali zone.

Una adeguata vibratura del calcestruzzo eviterà la segregazione degli inerti.

Lo strato superficiale del massetto dovrà essere sufficientemente scabro per garantire l'aggancio del successivo strato di finitura.

### Finitura superficiale

A completamento della pavimentazione verrà applicato uno strato antiusura dello spessore di 10 (+/- 2) mm di malta di solo cemento ed inerti quarziferi ad alto tenore di silice (< 93%) e corindone naturale, in ragione di 4 Kg per metro quadrato di pavimento, liscio o rigato secondo quanto previsto.

In alternativa, se prescritto, gli aggregati potrebbero essere metallici, vagliati secondo una determinata curva granulometrica con l'aggiunta di altre cariche ed additivi.

Prima di ricevere lo strato di finitura superficiale il massetto dovrà essere sufficientemente asciutto e protetto contro ogni possibile infiltrazione di acqua.

Il suo contenuto in umidità dovrà essere attentamente controllato dall'Impresa mediante misuratori elettrici di umidità, le cui teste di misura dovranno essere fatte penetrare nel massetto.

Il tempo di asciugatura dipende dalla composizione e dallo spessore del massetto, oltre che dalle condizioni atmosferiche del momento, dalla ventilazione e dal contenuto in umidità residuo nella costruzione. Una certa quantità d'acqua resta sempre nel massetto (umidità ambientale) ed il suo quantitativo in percentuale può variare dal 2 all'8% ad avvenuta essiccazione del massetto. Questa, in relazione al tipo di pavimentazione eseguita potrà variare da 2 a 6 settimane.

La stagionatura della pavimentazione dovrà, in ogni caso, essere effettuata con il pavimento tenuto ben bagnato per tutto il tempo necessario.

La stagionatura all'aria, infatti, comporterebbe il decadimento della resistenza all'abrasione della pavimentazione.

### Pendenze

La pendenza della pavimentazione verso i punti di raccolta delle acque, fissata in progetto, dovrà essere verificata in relazione alla scorrevolezza della superficie nei confronti della composizione chimica delle acque di scarico (lavorazione, lavaggio, sanificazione, ecc.) ed in relazione alla stabilità della scaffalatura e/o attrezzatura ad essa appoggiate.

### Giunti

La pavimentazione dovrà essere giuntata su tutta la superficie, senza interrompere la continuità della rete di armatura, in campiture non maggiori di 15 mq cadauna e perimetrate da giunti di costruzione e/o contrazione longitudinali e trasversali, eseguiti tagliando la pavimentazione con apposito utensile diametrato.

Tali giunti dovranno avere adeguata armatura (manicotti) in grado di assorbire gli sforzi di taglio.

I giunti strutturali, con interassi medi di 25/30 m, ed in ogni caso in corrispondenza dei giunti dei fabbricati, dovranno essere realizzati interrompendo la continuità della rete di armatura e con sagome ed armature atte al fine di evitare eventuali cedimenti differenziali fra un campo e l'altro.

Giunti di dilatazione andranno posti nei punti di interconnessione con la struttura (pilastri).

### Sigillature

I giunti verranno sigillati con mastici bituminosi o con altro materiale idoneo ed adatto alle prestazioni della pavimentazione, alle necessità del Committente, ai requisiti dei prodotti che verranno utilizzati per la sanificazione degli ambienti di lavoro.

Se non diversamente specificato, si dovranno impiegare fondogiunti in compriband autoadesivo e sigillature superficiali realizzate con prodotti non degradabili, né sublimabili ed aventi un elevato coefficiente di dilatazione ed elasticità.

### Difetti

Lo strato di finitura superficiale dovrà mantenere nel tempo le medesime qualità di resistenza, planarità, omogeneità ed uniformità di colorazione.

Non dovrà presentare carie, peli, cavillature, né fenomeni di rigonfiamento e/o distacco dal supporto sottostante.

### Tolleranze

La planarità del pavimento dovrà rispondere alla norma DIN 18202, definendo con "A" le pavimentazioni da realizzare in zone particolarmente delicate, quali ad esempio, i corridoi fra scaffalature.

#### Tipo "A"

Sino a m	0,1	1	4	12	15	e oltre
Tolleranze in mm	2	6	12	18	20	

#### Tipo "B"

Sino a m	0,1	1	4	12	15	e oltre
Tolleranze in mm	1	3	9	12	15	

Le tolleranze di cui sopra, rappresentano dei valori max accettabili ottenuti sommando gli scarti max positivi e negativi, rispetto al piano ideale della pavimentazione, nel tratto corrispondente.

### Prove e controlli

Il pavimento indurito, sottoposto alle seguenti verifiche, dovrà dare i seguenti risultati:

Prova di abrasione al getto di sabbia:

- verrà colpita una superficie circolare del diametro di 60 mm;
- l'abrasivo verrà proiettato mediante un iniettore alimentato con aria compressa e sarà costituito da sabbia silicea di grana compresa fra 0,5 mm e 1,2 mm;
- il quantitativo da impiegarsi sarà di gr. 50 per cmq di superficie colpita.

Verrà effettuata una comparazione tra il peso iniziale della sabbia e quello finale.

Il risultato sarà una variazione di peso, espresso in grammi: sarà tollerata una variazione pari a 70 grammi.

Sarà inoltre osservato il grado di usura della pavimentazione nel punto di prova.

Prova di usura per attrito radente, eseguita in accordo alle normative vigenti

Sarà tollerato un coefficiente di abrasione non superiore a mm 5,50.

Prova di tolleranza con stagge metalliche e strumentazione di precisione per verificare la rispondenza della pavimentazione alle prescrizioni di cui al precedente punto.

#### **10.4.3. Massetti in cemento lisciato**

##### **Sollecitazioni**

Idem come sopra.

##### **Sottofondo**

Idem come sopra.

##### **Massetto in calcestruzzo**

Idem come sopra.

##### **Finitura superficiale**

Sul piano di posa, costituito dall'estradosso del massetto in calcestruzzo ed in relazione alle indicazioni di progetto, la pavimentazione potrà essere realizzata come segue.

- Direttamente sul massetto in calcestruzzo armato:  
cappa in malta di cemento a q. li 5, spessore cm 2 e spolvero di cemento puro tipo R 325, gettato su massetto "a fresco".
- Mediante l'interposizione di ulteriore sottofondo  
sottofondo in calcestruzzo a q. li 2 di cemento R 325, spessore variabile;  
cappa in malta di cemento come sopra.

Per quanto concerne il contenuto in umidità del massetto e le precauzioni da adottare ci si riferisce al precedente punto B.

##### **Pendenze**

Idem come sopra.

##### **Giunti**

Idem come sopra.

##### **Sigillature**

Idem come sopra.

##### **Difetti**

Idem come sopra.

##### **Tolleranze**

Idem come sopra, relativamente al tipo "A".

##### **Prove e controlli**

Idem come sopra se realizzato con cappa in cemento indurito.

#### **10.4.4. D - Massetti in cemento alleggerito**

##### **Sollecitazioni**

Idem come sopra.

##### **Sottofondo**

Idem come sopra.

**Massetto in calcestruzzo**

Sull'estradosso della soletta dei solai o del massetto armato con superficie opportunamente scabra verrà realizzato il massetto coibente in cemento alleggerito, quale sottofondo delle pavimentazioni interne posate su malta di allettamento.

Per le caratteristiche del c.l.s. alleggerito vale quanto esposto nel capitolo specifico, paragrafo B.

**Finitura superficiale**

Sul piano di posa, costituito dall'estradosso del massetto in calcestruzzo ed in relazione alle indicazioni di progetto, verrà realizzata la posa dei pavimenti in grès, ceramica o similari, con malta di allettamento.

Per quanto concerne il contenuto in umidità del massetto e le precauzioni da adottare ci si riferisce al precedente punto B.

**Pendenze**

Idem come sopra.

**Giunti**

Idem come sopra.

**Sigillature**

Idem come sopra.

**Difetti**

Idem come sopra.

**Tolleranze**

Idem come sopra, relativamente al tipo "A".

**Prove e controlli**

Idem come sopra se realizzato con cappa in cemento indurito.

<b>SEZIONE 11. STRUTTURE IN LEGNO</b>
---------------------------------------

**11.1. NORMATIVA DI RIFERIMENTO**

I lavori, descritti nelle specifiche, dovranno essere eseguiti nel rispetto delle leggi e normative vigenti in materia, e loro successivi eventuali aggiornamenti, con particolare riguardo a:

**11.1.1. Normativa per costruzioni in legno**

<b>CNR-DT 206/2007 (ottobre 2008)</b>	Istruzioni per la Progettazione, l'Esecuzione ed il Controllo delle Strutture di Legno
<b>D.M. 16/02/2007</b>	Classificazione di resistenza al fuoco di prodotti ed elementi costruttivi
<b>D.M. 9/03/2007</b>	Prestazioni di resistenza al fuoco delle costruzioni soggette al controllo del Corpo Nazionale dei VVF
<b>D.M. 9/05/2007</b>	Direttive per l'approccio ingegneristico alla sicurezza antincendio
<b>D.M. Infrastrutture 14 gennaio 2008</b>	Norme tecniche per le costruzioni
<b>D.M. 6 maggio 2008</b>	Integrazione al decreto 14 gennaio 2008 di approvazione delle "nuove norme tecniche"
<b>C.M. Infrastrutture e Trasporti 02 febbraio 2009, n. 617 CS.LL.PP.</b>	Nuova circolare delle Norme Tecniche per le Costruzioni
<b>UNI EN 1995-1-1:2009</b>	Eurocodice 5 - Progettazione delle strutture di legno - Parte 1-1: Regole generali – Regole comuni e regole per gli edifici
<b>UNI EN 1995-1-2:2005</b>	Eurocodice 5 - Progettazione delle strutture di legno - Parte 1-2: Regole generali - Progettazione strutturale contro l'incendio
<b>UNI EN 1995-2:2005</b>	Eurocodice 5 - Progettazione delle strutture di legno - Parte 2: Ponti

**11.1.2. Prescrizioni specifiche per costruzioni in legno**

<b>UNI EN 26891:1991</b>	Strutture di legno. Assemblaggi realizzati tramite elementi meccanici di collegamento. Principi generali per la determinazione delle caratteristiche di resistenza e deformabilità
<b>UNI EN 28970:1991</b>	Strutture di legno. Prova degli assemblaggi realizzati tramite elementi meccanici di collegamento. Prescrizioni relative alla massa volumica del legno.
<b>UNI EN 1194:2000</b>	Strutture di legno - Legno lamellare incollato - Classi di resistenza e determinazione dei valori caratteristici
<b>UNI EN 14080:2005</b>	Strutture di legno - Legno lamellare incollato - Requisiti
<b>UNI EN 14081-1:2006</b>	Strutture di legno - Legno strutturale con sezione rettangolare classificato secondo la resistenza - Parte 1: Requisiti generali
<b>UNI EN 338:2004</b>	Legno strutturale - Classi di resistenza
<b>UNI EN 1912:2005</b>	Legno strutturale - Classi di resistenza Assegnazione delle categorie visuali e delle specie
<b>UNI 11035:2003</b>	Legno strutturale - Classificazione a vista di legnami italiani secondo la resistenza meccanica: terminologia e misurazione delle caratteristiche
<b>UNI EN 384:2005</b>	Legno strutturale - Determinazione dei valori caratteristici delle proprietà meccaniche e della massa volumica
<b>UNI EN 385:2003</b>	Legno strutturale con giunti a dita Requisiti prestazionali e requisiti minimi di produzione
<b>UNI EN 386:2003</b>	Legno lamellare incollato Requisiti prestazionali e requisiti minimi di produzione
<b>UNI EN 387:2003</b>	Legno lamellare incollato - Giunti a dita a tutta sezione Requisiti prestazionali e requisiti minimi di produzione
<b>UNI EN 13986:2005</b>	Pannelli a base di legno per l'utilizzo nelle costruzioni Caratteristiche, valutazione di conformità e marcatura
<b>UNI EN 12369-1:2002</b>	Pannelli a base di legno - Valori caratteristici per la progettazione strutturale - OSB, pannelli di particelle e pannelli di fibra
<b>UNI EN 12369-2:2005</b>	Pannelli a base di legno - Valori caratteristici per la progettazione strutturale - Parte 2: Pannelli di legno compensato
<b>UNI EN 301:2006</b>	Adesivi fenolici e amminoplastici per strutture portanti di legno. Classificazione e requisiti prestazionali

<b>UNI EN 323:1994</b>	Pannelli a base di legno. Determinazione della massa volumica
<b>UNI EN 350:1996</b>	Durabilità del legno e dei prodotti a base di legno. Durabilità naturale del legno massiccio. Guida ai principi di prova e classificazione della durabilità naturale del legno
<b>UNI EN 335-1:2006</b>	Durabilità del legno e dei prodotti a base di legno. Definizione delle classi di utilizzo - Parte 1: Generalità
<b>UNI EN 335-2:2006</b>	Durabilità del legno e dei prodotti a base di legno. Definizione delle classi di utilizzo - Parte 2: Applicazione al legno massiccio
<b>UNI EN 335-3:1998</b>	Durabilità del legno e dei prodotti a base di legno. Definizione delle classi di rischio di attacco biologico - Applicazione ai pannelli a base di legno
<b>UNI EN 351:1998</b>	Durabilità del legno e dei prodotti a base di legno. Legno massiccio trattato con i preservanti - Classificazione di penetrazione e ritenzione del preservante
<b>UNI EN 460:1996</b>	Durabilità del legno e dei prodotti a base di legno. Durabilità naturale del legno massiccio. Guida ai requisiti di durabilità per legno da utilizzare nelle classi di rischio
<b>UNI EN 599-1:1999</b>	Durabilità del legno e dei prodotti a base di legno. Prestazioni dei preservanti del legno, utilizzati a scopo preventivo, determinate mediante prove biologiche - Specifiche secondo le classi di rischio
<b>UNI EN 599-2:1998</b>	Durabilità del legno e dei prodotti a base di legno. Prestazioni dei preservanti del legno, utilizzati a scopo preventivo, determinate mediante prove biologiche - Classificazione ed etichettatura
<b>UNI EN 844-3:1998</b>	Legno tondo e segati - Terminologia - Termini generali relativi ai segati
<b>UNI EN 844-9:1998</b>	Legno tondo e segati - Terminologia - Termini relativi alle caratteristiche dei segati
<b>UNI EN 975-1:2009</b>	Segati di legno - Classificazione del legno di latifoglie in base all'aspetto. Parte 1: Quercia e Faggio
<b>UNI EN 975-2:2005</b>	Segati di legno - Classificazione del legno di latifoglie in base all'aspetto. Parte 2: Pioppi
<b>UNI ISO 1029:1984</b>	Segati di conifere. Difetti. Classificazione
<b>UNI EN 1075:2002</b>	Strutture di legno - Metodi di prova - Giunti realizzati con elementi di collegamento di lamiera metallica punzonata.
<b>UNI EN 1310:1999</b>	Legno tondo e segati - Metodo di misurazione delle caratteristiche
<b>UNI EN 1380:2001</b>	Strutture di legno - Metodi di prova - Giunti strutturali eseguiti mediante chiodi
<b>UNI EN 1381:2001</b>	Strutture di legno - Metodi di prova - Giunti strutturali eseguiti mediante graffe

## 11.2. ELEMENTI STRUTTURALI IN LEGNO

Il legno deve possedere le seguenti caratteristiche:

- legname consistente in conifera europea di 1<sup>a</sup> categoria secondo la classificazione Giordano. Il legname dovrà essere assolutamente sano, immune da alterazioni cromatiche e da perforazioni o guasti provocati da insetti o funghi. Non sarà accettata la presenza di tasche di resina e di canastro, di cipollature e di qualsiasi altra lesione. La fibratura dovrà essere regolare avente deviazione massima delle fibre rispetto all'asse longitudinale del pezzo di 1/15; nodi aderenti aventi diametro non superiore a 1/5 della dimensione minima di sezione ed in ogni caso non superiore a 5 cm; frequenza dei nodi tale che in 15 cm di lunghezza della zona più nodosa la somma dei diametri dei vari nodi, per ogni lato, non oltrepassi 1/3 della larghezza del lato stesso. Il numero di anelli non dovrà essere inferiore a 5 per cm, cioè anelli non superiori a 2 mm.
- la piallatura delle superfici deve garantire la perfetta regolarità;
- condizionamento precedente la spedizione di almeno 10-12 giorni.
- tutti gli elementi dovranno essere preforati e preformati, nelle parti terminali, in officina.
- nei legnami grossolanamente squadrati ed a spigolo smussato, tutte le facce dovranno essere spianate e senza scarniture, tollerandosene l'alburno o lo smusso in misura non maggiore di un sesto del lato della sezione trasversale.
- i legnami a spigolo vivo dovranno essere lavorati e squadrati a sega con le diverse facce esattamente spianate, senza rientranze o risalti, e con gli spigoli tirati a filo vivo, senza alburno ne' smussi di sorta.
- La finitura richiesta deve avere una tonalità ed un colore che sarà concordata con la D.L. su alcuni campioni (n. 3 e dovrà garantire una protezione al fuoco R90 se richiesto dalla D.L.
- le piastre dei giunti e gli spinotti saranno delle medesime caratteristiche meccaniche e di protezione della carpenteria metallica (S275 zincato a caldo).
- gli spinotti dovranno essere tagliati nelle dimensioni giuste per essere alloggiati nella posizione finale e quindi portati a zincatura. Non verranno ammessi spinotti che non siano zincati anche nelle teste circolari che rimangono a vista nella superficie delle travi. Non verrà altresì ammesso l'uso di martelli in acciaio che rovinino la zincatura degli spinotti.
- prima del trasporto tutti gli elementi dovranno essere preparati con accorgimenti tali da essere preservati sia dagli urti che dalle intemperie.
- lo stoccaggio in cantiere dovrà seguire lo stesso principio.
- tutto il legname dovrà essere trattato con idoneo trattamento antiparassitario.
- il montaggio potrà avvenire solo se l'Impresa avrà garantito la massima difesa dalle intemperie sia mantenendo le protezioni parziali del trasporto sia allestendo sistemi di protezione aerei.
- non saranno ammesse travature con macchie o finiture non omogenee sia che arrivino in cantiere già deteriorate sia che si deteriorino stando a pie' d'opera sia che subiscano danni durante il montaggio o già montate prima della fine dei lavori.

### Segati di legno

I segati di legno a complemento di quanto specificato in precedenza, si intendono forniti con le seguenti caratteristiche:

1. tolleranze sulla lunghezza e larghezza:  $\pm 10$  mm;
2. tolleranze sullo spessore:  $\pm 2$  mm;
3. umidità non maggiore del 15%, misurata secondo la norma UNI ISO 1029:1984;
4. difetti visibili ammessi e trattamenti preservanti secondo le norme UNI ISO 1029:1984, UNI ISO 1031:1983, UNI EN 975-1:1999 + A1:2000, UNI EN 975-2:2005, UNI EN 844-3:1998, UNI EN 844-9:1998 e UNI EN 1310:1999.

### Pannelli a base di fibra di legno

I pannelli a base di fibra di legno oltre a quanto specificato in precedenza, si intendono forniti con le seguenti caratteristiche:

1. tolleranza sulla lunghezza e larghezza:  $\pm 3$  mm;
2. tolleranze sullo spessore:  $\pm 0,5$  mm;
3. umidità non maggiore dell'8%, misurata secondo le norme Uni;
4. massa volumica: per tipo tenero minore di 350 kg/mc; per tipo semiduro tra 350 e 800 kg/mc; per tipo duro oltre 800 kg/mc, misurate secondo la norma UNI EN 323:1994;

La superficie potrà essere: grezza (se mantenuta come risulta dalla pressatura), levigata (quando ha subito la levigatura), rivestita su uno o due facce mediante placcatura, carte impregnate, smalti e/o altri.

Funzionalmente avranno le seguenti caratteristiche: assorbimento di acqua di massimo (misurato secondo le Norme Uni vigenti), resistenza a trazione minima (misurata secondo le Norme Uni vigenti), resistenza a compressione minima (misurata secondo le Norme Uni vigenti), resistenza a flessione minima (misurata secondo le Norme UNI vigenti)

### Pannelli a base di particelle di legno

I pannelli a base di particelle di legno a compimento di quanto specificato in precedenza, si intendono forniti con le seguenti caratteristiche:

1. tolleranze sulla lunghezza e larghezza:  $\pm 5$  mm;
2. tolleranze sullo spessore:  $\pm 0,5$  mm;
3. umidità del 10%  $\pm$  3%;
4. massa volumica kg/mc come da letteratura tecnica;
5. superficie: grezza; levigata; rivestita con laminato e/o similari;
6. resistenza al distacco degli strati esterni N/mm<sup>2</sup> minimo secondo le Norme Uni vigenti;

Funzionalmente avranno le seguenti caratteristiche:

- (a) rigonfiamento dopo immersione in acqua: 12% massimo, misurato secondo le Norme Uni vigenti, assorbimento d'acqua % massimo, misurato secondo le Norme Uni vigenti;
- (b) resistenza a flessione di  $N/mm^2$  minimo, misurata secondo le Norme Uni vigenti;

#### **Pannelli di legno compensato e paniforti**

I pannelli a base di legno per uso strutturale, per i quali sia applica il caso A del punto 11.1 del D.M. 14 gennaio 2008 devono essere conformi alla norma armonizzata UNI EN 13986.

Per la valutazione dei valori caratteristici di resistenza e rigidità per le strutture che incorporano pannelli a base di legno può essere fatto riferimento alle norme UNI EN 1239-1:2002 e UNI 12369-2:2005.

I pannelli di legno compensato e paniforti a completamento di quanto specificato in precedenza, si intendono forniti con le seguenti caratteristiche:

7. tolleranze sulla lunghezza e larghezza:  $\pm 5$  mm;
8. tolleranze sullo spessore:  $\pm 1$  mm;
9. umidità non maggiore del 12%, misurata secondo le Norme Uni vigenti;
10. grado di incollaggio, misurato secondo UNI 6476;
11. Funzionalmente avranno le seguenti caratteristiche:
12. resistenza a trazione  $N/mm^2$ , misurata secondo le Norme Uni vigenti;
13. resistenza a flessione statica  $N/mm^2$  minimo, misurata secondo le Norme Uni vigenti;

Oltre che alle specifiche sopraelencate i legnami, da impiegare in opere stabili o provvisorie, di qualunque essenza essi siano, dovranno rispondere a tutte le prescrizioni di cui alle norme UNI vigenti, saranno provveduti fra le più scelte qualità della categoria prescritta e non presenteranno difetti incompatibili con l'uso a cui sono destinati.

#### **Tavolame**

Il tavolame dovrà essere ricavato dalle travi più dritte, affinché le fibre non riescano mozzate dalla sega e si ritirino nelle connessioni. I legnami rotondi o pali dovranno provenire dal tronco dell'albero e non dai rami, dovranno essere sufficientemente dritti, in modo che la congiungente i centri delle due basi non debba uscire in alcun punto dal palo, dovranno essere scortecciati per tutta la loro lunghezza e conguagliati alla superficie; la differenza fra i diametri medi delle estremità non dovrà oltrepassare i 15 millesimi della lunghezza né il quarto del maggiore dei 2 diametri.

### **11.3. Legno massiccio**

La produzione di elementi strutturali di legno massiccio a sezione rettangolare dovrà risultare conforme alla norma europea armonizzata UNI EN 14081 e recare la Marcatura CE.

Qualora non sia applicabile la marcatura CE, i produttori di elementi di legno massiccio per uso strutturale, secondo quanto specificato al punto B del 11.1 del D.M. 14 Gennaio 2008, devono essere qualificati così come specificato al 11.7.10 del D.M. 14 gennaio 2008.

Il legno massiccio per uso strutturale è un prodotto naturale, selezionato e classificato in dimensioni d'uso secondo la resistenza, elemento per elemento, sulla base delle normative applicabili.

I criteri di classificazione garantiscono all'elemento prestazioni meccaniche minime statisticamente determinate, senza necessità di ulteriori prove sperimentali e verifiche, definendone il profilo resistente, che raggruppa le proprietà fisico-meccaniche, necessarie per la progettazione strutturale.

La classificazione può avvenire assegnando all'elemento una Categoria, definita in relazione alla qualità dell'elemento stesso con riferimento alla specie legnosa e alla provenienza geografica, sulla

base di specifiche prescrizioni normative. Al legname appartenente a una determinata categoria, specie e provenienza, può essere assegnato uno specifico profilo resistente, utilizzando le regole di classificazione previste base nelle normative applicabili.

La Classe di Resistenza di un elemento è definita mediante uno specifico profilo resistente unificato, a tal fine può farsi utile riferimento alle norme UNI EN 338:2004 ed UNI EN 1912:2005, per legno di provenienza estera, ed UNI 11035:2003 parti 1 e 2 per legno di provenienza italiana.

Ad ogni tipo di legno può essere assegnata una classe di resistenza se i suoi valori caratteristici di resistenza, valori di modulo elastico e valore caratteristico di massa volumica, risultano non inferiori ai valori corrispondenti a quella classe.

In generale è possibile definire il profilo resistente di un elemento strutturale anche sulla base dei risultati documentati di prove sperimentali, in conformità a quanto disposto nella UNI EN 384:2005. Le prove sperimentali per la determinazione di, resistenza a flessione e modulo elastico devono essere eseguite in maniera da produrre gli stessi tipi di effetti delle azioni alle quali il materiale sarà presumibilmente soggetto nella struttura.

Per tipi di legno non inclusi in normative vigenti (emanate da CEN o da UNI), e per i quali sono disponibili dati ricavati su campioni "piccoli e netti", è ammissibile la determinazione dei parametri di cui sopra sulla base di confronti con specie legnose incluse in normative di dimostrata validità.

### **11.4. Legno strutturale con giunti a dita**

In aggiunta a quanto prescritto per il legno massiccio, gli elementi di legno strutturale con giunti a dita devono essere conformi alla norma UNI EN 385:2003, e laddove pertinente alla norma UNI EN 387:2003.

Nel caso di giunti a dita a tutta sezione il produttore dovrà comprovare la piena efficienza e durabilità del giunto stesso. La determinazione delle caratteristiche di resistenza del giunto a dita dovrà basarsi sui risultati di prove eseguite in maniera da produrre gli stessi tipi di effetti delle azioni alle quali il giunto sarà soggetto per gli impieghi previsti nella struttura.

Elementi in legno strutturale massiccio congiunti a dita non possono essere usati per opere in classe di servizio 3.

## 11.5. Legno lamellare incollato

### 11.5.1. Requisiti di produzione e qualificazione

Gli elementi strutturali di legno lamellare incollato debbono essere conformi alla norma europea armonizzata UNI EN 14080.

I produttori di elementi di legno lamellare per uso strutturale, per cui non è ancora obbligatoria la procedura della marcatura CE ai sensi del DPR 246/93, per i quali si applica il caso B di cui al punto 11.1 del D.M. 14 gennaio 2008, devono essere qualificati così come specificato al 11.7.10 del D.M. 14 gennaio 2008, cui si deve aggiungere quanto segue.

Il sistema di gestione della qualità del prodotto che sovrintende al processo di fabbricazione deve essere predisposto in coerenza con le norme UNI EN ISO 9001:2000 e certificato da parte di un organismo terzo indipendente, di adeguata competenza ed organizzazione, che opera in coerenza con le norme UNI CEI EN ISO/IEC 17021:2006.

Ai fini della certificazione del sistema di garanzia della qualità del processo produttivo, il produttore e l'organismo di certificazione di processo potranno fare utile riferimento alle indicazioni contenute nelle relative norme europee od internazionali applicabili.

documenti che accompagnano ogni fornitura devono indicare gli estremi della certificazione del sistema di gestione della qualità del processo produttivo.

Ai produttori di elementi in legno lamellare è fatto altresì obbligo di:

a) Sottoporre la produzione, presso i propri stabilimenti, ad un controllo continuo documentato condotto sulla base della norma UNI EN 386:2003. Il controllo della produzione deve essere effettuato a cura del Direttore Tecnico di stabilimento, che deve provvedere alla trascrizione dei risultati delle prove su appositi registri di produzione. Detti registri devono essere disponibili al Servizio Tecnico Centrale e, limitatamente alla fornitura di competenza, per il Direttore dei Lavori e il collaudatore della costruzione.

b) Nella marchiatura dell'elemento, oltre a quanto già specificato nel 11.7.10.1 del D.M. 14 gennaio 2008, deve essere riportato anche l'anno di produzione.

Le dimensioni delle singole lamelle dovranno rispettare i limiti per lo spessore e l'area della sezione trasversale indicati nella norma UNI EN 386:2003.

I giunti a dita "a tutta sezione" devono essere conformi a quanto previsto nella norma UNI EN 387:2003. giunti a dita "a tutta sezione" non possono essere usati per elementi strutturali da porre in opera nella classe di servizio 3, quando la direzione della fibratura cambi in corrispondenza del giunto.

### 11.5.2. Classi di resistenza

L'attribuzione degli elementi strutturali di legno lamellare ad una classe di resistenza viene effettuata dal produttore secondo quanto previsto ai punti seguenti.

### 11.5.3. Classificazione sulla base delle proprietà delle lamelle

Le singole lamelle vanno tutte individualmente classificate dal produttore come previsto al 11.7.2 del D.M. 14 gennaio 2008.

L'elemento strutturale di legno lamellare incollato può essere costituito dall'insieme di lamelle tra loro omogenee (elemento "omogeneo") oppure da lamelle di diversa qualità (elemento "combinato") secondo quanto previsto nella norma UNI EN 1194:2000.

Nella citata norma viene indicata la corrispondenza tra le classi delle lamelle che compongono l'elemento strutturale e la classe di resistenza risultante per l'elemento lamellare stesso, sia omogeneo che combinato.

### 11.5.4. Attribuzione diretta in base a prove sperimentali

Nei casi in cui il legno lamellare incollato non ricada in una delle tipologie previste dalla UNI EN 1194:2000, è ammessa l'attribuzione diretta degli elementi strutturali lamellari alle classi di resistenza sulla base di risultati di prove sperimentali, da eseguirsi in conformità alla norma europea armonizzata UNI EN 14080.

## 11.6. Adesivi

Gli adesivi per usi strutturali devono produrre unioni aventi resistenza e durabilità tali che l'integrità dell'incollaggio sia conservata, nella classe di servizio assegnata, durante tutta la vita prevista struttura.

### 11.6.1. Adesivi per elementi incollati in stabilimento

Gli adesivi fenolici ed amminoplastici devono soddisfare le specifiche della norma UNI 301:2006. In attesa di una specifica normativa, gli adesivi di natura chimica diversa devono soddisfare le specifiche della medesima norma e, in aggiunta, dimostrare un comportamento scorrimento viscoso non peggiore di quello di un adesivo fenolico od amminoplastico così specificato nella norma UNI EN 301:2006, tramite idonee prove comparative.

### 11.6.2. Adesivi per giunti realizzati in cantiere

In attesa di una specifica normativa europea, gli adesivi utilizzati in cantiere (per i quali non rispettate le prescrizioni di cui alla norma UNI EN 301:2006) devono essere sottoposti a prove conformità ad idoneo protocollo di prova, per dimostrare che la resistenza a taglio del giunto sia minore di quella del legno, nelle medesime condizioni previste nel protocollo di prova.

### 11.7. Elementi meccanici di collegamento

Per tutti gli elementi metallici che fanno parte di particolari di collegamento (metallici e non metallici, quali spinotti, chiodi, viti, piastre, ecc...) le caratteristiche specifiche verranno verificate con riferimento alle specifiche normative applicabili per la categoria di appartenenza.

### 11.8. Durabilità del legno e derivati

La durabilità delle opere realizzate con prodotti in legno strutturali è ottenibile mediante un'accurata progettazione dei dettagli esecutivi.

Al fine di garantire alla struttura adeguata durabilità, si devono considerare i seguenti fattori tra loro correlati:

- La destinazione d'uso della struttura;
- le condizioni ambientali prevedibili;
- la composizione, le proprietà e le prestazioni dei materiali;
- la forma degli elementi strutturali ed i particolari costruttivi;
- la qualità dell'esecuzione ed il livello di controllo della stessa;
- le particolari misure di protezione;
- la probabile manutenzione durante la vita presunta.

adottando in fase di progetto idonei provvedimenti volti alla protezione dei materiali.

### 11.9. Requisiti di curabilità naturale dei materiali a base di legno

Il legno ed i materiali a base di legno devono possedere un'adeguata durabilità naturale per la classe di rischio prevista in servizio, oppure devono essere sottoposti ad un trattamento preservante adeguato.

Per i prodotti in legno massiccio, una guida alla durabilità naturale e trattabilità delle varie specie legnose è contenuta nella norma UNI EN 350:1996 parti 1 e 2, mentre una guida ai requisiti di durabilità naturale per legno da utilizzare nelle classi di rischio è contenuta nella norma UNI EN 460:1996.

Le definizioni delle classi di rischio di attacco biologico e la metodologia decisionale per la selezione del legno massiccio e dei pannelli a base di legno appropriati alla classe di rischio sono contenute nelle norme UNI EN 335-1: 2006, UNI EN 335-2: 2006 e UNI EN 335-3: 1998.

La classificazione di penetrazione e ritenzione dei preservanti è contenuta nelle norme UNI EN 351:1998 (Parte 1 e 2).

Le specifiche relative alle prestazioni dei preservanti per legno ed alla loro classificazione ed etichettatura sono indicate nelle UNI EN 599-1:1999 e UNI EN 599-2:1998.

### 11.10. Resistenza alla corrosione

I mezzi di unione metallici strutturali devono, di regola, essere intrinsecamente resistenti alla corrosione, oppure devono essere protetti contro la corrosione.

L'efficacia della protezione alla corrosione dovrà essere commisurata alle esigenze proprie della Classe di Servizio in cui opera la struttura.

#### 11.10.1. procedure di qualificazione ed accettazione

Le caratteristiche dei materiali, indicate nel progetto secondo le prescrizioni di cui ai precedenti paragrafi o secondo eventuali altre prescrizioni in funzione della specifica opera, devono essere garantite dai fornitori e/o produttori, per ciascuna fornitura, secondo le disposizioni che seguono.

### 11.11. Identificazione e rintracciabilità dei prodotti qualificati

Ciascun prodotto qualificato deve costantemente essere riconoscibile per quanto concerne le caratteristiche qualitative e riconducibile allo stabilimento di produzione tramite marchiatura indelebile depositata presso il Servizio Tecnico Centrale, conforme alla relativa norma armonizzata.

Ogni prodotto deve essere marchiato con identificativi diversi da quelli di prodotti aventi differenti caratteristiche, ma fabbricati nello stesso stabilimento e con identificativi differenti da quelli di prodotti con uguali caratteristiche ma fabbricati in altri stabilimenti, siano essi o meno dello stesso produttore. La marchiatura deve essere inalterabile nel tempo e senza possibilità di manomissione.

Per stabilimento si intende una unità produttiva a se stante, con impianti propri e magazzini per il prodotto finito. Nel caso di unità produttive multiple appartenenti allo stesso produttore, la qualificazione deve essere ripetuta per ognuna di esse e per ogni tipo di prodotto in esse fabbricato.

Considerata la diversa natura, forma e dimensione dei prodotti, le caratteristiche degli impianti per la loro produzione, nonché la possibilità di fornitura sia in pezzi singoli sia in lotti, differenti possono essere i sistemi di marchiatura adottati, anche in relazione alla destinazione d'uso.

Comunque, per quanto possibile, anche in relazione alla destinazione d'uso del prodotto, il produttore è tenuto a marciare ogni singolo pezzo. Ove ciò non sia possibile, per la specifica tipologia del prodotto, la marchiatura deve essere tale che prima dell'apertura dell'eventuale ultima e più piccola confezione il prodotto sia riconducibile al produttore, al tipo di legname nonché al lotto di classificazione e alla data di classificazione.

Tenendo presente che l'elemento determinante della marchiatura è costituito dalla sua inalterabilità nel tempo, e dalla impossibilità di manomissione, il produttore deve rispettare le modalità di marchiatura denunciate nella documentazione presentata al Servizio Tecnico Centrale e deve comunicare tempestivamente eventuali modifiche apportate.

Qualora, sia presso gli utilizzatori, sia presso i commercianti, l'unità marchiata (pezzo singolo o lotto) viene scorporata, per cui una parte, o il tutto, perde l'originale marchiatura del prodotto è responsabilità sia degli utilizzatori sia dei commercianti documentare la provenienza mediante i documenti di accompagnamento del materiale e gli estremi del deposito del marchio presso il Servizio Tecnico Centrale.

I produttori, i successivi intermediari e gli utilizzatori finali devono assicurare una corretta archiviazione della documentazione di accompagnamento dei materiali garantendone la disponibilità per almeno 10 anni e devono mantenere evidenti le marchiature o etichette di riconoscimento per la rintracciabilità del prodotto.

Eventuali disposizioni supplementari atte a facilitare l'identificazione e la rintracciabilità del prodotto attraverso il marchio potranno essere emesse dal Servizio Tecnico Centrale del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici.

#### **11.12. Fornitura e documentazione di accompagnamento**

Tutte le forniture di legno strutturale devono essere accompagnate da una copia dell'attestato di qualificazione del Servizio Tecnico Centrale del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici.

L'attestato può essere utilizzato senza limitazione di tempo, finché permane la validità della qualificazione e vengono rispettate le prescrizioni periodiche di cui al 11.7.10.1 del D.M. 14 gennaio 2008.

Sulla copia dell'attestato deve essere riportato il riferimento al documento di trasporto.

Le forniture effettuate da un commerciante o da un trasformatore intermedio devono essere accompagnate da copia dei documenti rilasciati dal Produttore e completati con il riferimento al documento di trasporto del commerciante o trasformatore intermedio.

Il Direttore dei Lavori prima della messa in opera, è tenuto a verificare quanto sopra indicato ed a rifiutare le eventuali forniture non conformi.

#### **11.13. Prodotti provenienti dall'estero**

Gli adempimenti di cui al punto 11.7.10 del D.M. 14 gennaio 2008 si applicano anche ai prodotti finiti provenienti dall'estero e non dotati di marcatura CE.

Nel caso in cui tali prodotti, non soggetti o non recanti la marcatura CE, siano comunque provvisti di una certificazione di idoneità tecnica riconosciuta dalle rispettive Autorità estere competenti, il produttore potrà, in alternativa a quanto previsto al 11.7.10.1 del D.M. 14 gennaio 2008, inoltrare al Servizio Tecnico Centrale del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici domanda intesa ad ottenere il riconoscimento dell'equivalenza della procedura adottata nel Paese di origine depositando contestualmente la relativa documentazione per i prodotti da fornire con il corrispondente marchio. Tale equivalenza è sancita con decreto del Presidente del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici.

<b>SEZIONE 12. MURATURE</b>
-----------------------------

**12.1. NORMATIVA DI RIFERIMENTO**

I lavori, descritti nelle specifiche, dovranno essere eseguiti nel rispetto delle leggi e normative vigenti in materia, e loro successivi eventuali aggiornamenti, con particolare riguardo a:

**A) NORMATIVA PER COSTRUZIONI IN MURATURA**

<b>D.M. 16 gennaio 1996</b>	Norme tecniche relative alle costruzioni sismiche
<b>C.M. 30 luglio 1981, n. 21745</b>	Legge 14 maggio 1981 n. 219 - art. 10. - Istruzioni relative alla normativa tecnica per la riparazione ed il rafforzamento degli edifici in muratura danneggiati dal sisma
<b>C.M. 4 gennaio 1989, n. 30787</b>	Istruzioni in merito alle norme tecniche per la progettazione, esecuzione e collaudo degli edifici in muratura e per il consolidamento
<b>D.M. Infrastrutture 14 gennaio 2008</b>	Norme tecniche per le costruzioni
<b>C.M. Infrastrutture e Trasporti 02 febbraio 2009, n. 617 CS.LL.PP.</b>	Nuova circolare delle Norme Tecniche per le Costruzioni
<b>UNI EN 1996-1-1:2006</b>	Eurocodice 6 - Progettazione delle strutture di muratura - Parte 1-1: Regole generali per strutture di muratura armata e non armata
<b>UNI EN 1996-1-2:2005</b>	Eurocodice 6 - Progettazione delle strutture di muratura - Parte 1-2: Regole generali - Progettazione strutturale contro l'incendio
<b>UNI EN 1996-2:2006</b>	Eurocodice 6 - Progettazione delle strutture di muratura - Parte 2: Considerazioni progettuali, selezione dei materiali ed esecuzione delle murature
<b>UNI EN 1996-3:2006</b>	Eurocodice 6 - Progettazione delle strutture di muratura - Parte 3: Metodi di calcolo semplificato per strutture di muratura non armata

**B) PRESCRIZIONI SPECIFICHE PER COSTRUZIONI IN MURATURA**

<b>Circolare n° 91 del 14.9.61 del Ministero degli Interni</b>	Norme di sicurezza per la protezione contro il fuoco dei fabbricati in acciaio ad uso civile
<b>UNI EN 771-1:2005</b>	Specifica per elementi per muratura - Parte 1: Elementi per muratura di laterizio
<b>UNI EN 771-2:2005</b>	Specifica per elementi di muratura - Parte 2: Elementi di muratura di silicato di calcio
<b>UNI EN 771-3:2005</b>	Specifica per elementi di muratura - Parte 3: Elementi per muratura di calcestruzzo vibrocompresso (aggregati pesanti e leggeri)
<b>UNI EN 771-4:2005</b>	Specifica per elementi di muratura - Parte 4: Elementi di muratura di calcestruzzo aerato autoclavato
<b>UNI EN 771-5:2005</b>	Specifica per elementi di muratura - Parte 5: Elementi per muratura di pietra agglomerata
<b>UNI EN 771-6:2006</b>	Specifica per elementi di muratura - Parte 6: Elementi di muratura di pietra naturale
<b>UNI EN 772-1:2002</b>	Metodi di prova per elementi di muratura – Determinazione della resistenza a compressione
<b>UNI EN 772-2:2007</b>	Metodi di prova per elementi di muratura - Parte 2: Determinazione dell'area percentuale dei vuoti in elementi di muratura (metodo dell'impronta su carta)
<b>UNI EN 772-3:2000</b>	Metodi di prova per elementi di muratura - Determinazione del volume netto e della percentuale dei vuoti degli elementi di muratura di laterizio mediante pesatura idrostatica
<b>UNI EN 772-4:2001</b>	Metodi di prova per elementi di muratura - Determinazione della massa volumica reale ed apparente e della porosità aperta e totale degli elementi di muratura in pietra naturale.
<b>UNI EN 772-5:2003</b>	Metodi di prova per elementi di muratura - Determinazione del tenore di sali solubili attivi degli elementi di muratura di laterizio
<b>UNI EN 772-6:2002</b>	Metodi di prova per elementi di muratura - Determinazione della resistenza a trazione per flessione degli elementi di muratura di calcestruzzo
<b>UNI EN 772-7:2000</b>	Metodi di prova per elementi di muratura - Determinazione dell'assorbimento d'acqua di strati impermeabili all'umidità di elementi di muratura di laterizio mediante bollitura in acqua
<b>UNI EN 772-9:2007</b>	Metodi di prova per elementi di muratura - Parte 9: Determinazione del volume e della percentuale dei vuoti e del volume netto degli elementi di muratura di

	laterizio e di silicato di calcio mediante riempimento con sabbia
<b>UNI EN 772-10:2001</b>	Metodi di prova per elementi di muratura - Determinazione del contenuto di umidità in elementi di muratura in silicato di calcio e in calcestruzzo aerato autoclavato.
<b>UNI EN 772-11:2006</b>	Metodi di prova per elementi di muratura - Parte 11: Determinazione dell'assorbimento d'acqua degli elementi di muratura di calcestruzzo, di materiale lapideo agglomerato e naturale dovuta alla capillarità ed al tasso iniziale di assorbimento d'acqua degli elementi di muratura di laterizio
<b>UNI EN 772-13:2002</b>	Metodi di prova per elementi di muratura - Determinazione della massa volumica a secco assoluta e della massa volumica a secco apparente degli elementi di muratura (ad eccezione della pietra naturale)
<b>UNI EN 772-14:2003</b>	Metodi di prova per elementi di muratura - Determinazione della variazione di umidità di elementi di muratura di calcestruzzo e di materiale lapideo agglomerato
<b>UNI EN 772-15:2001</b>	Metodi di prova per elementi di muratura - Determinazione della permeabilità al vapore acqueo di elementi di muratura di calcestruzzo aerato autoclavato
<b>UNI EN 772-16:2005</b>	Metodi di prova per elementi di muratura - Parte 16: Determinazione delle dimensioni
<b>UNI EN 772-18:2001</b>	Metodi di prova per elementi di muratura - Determinazione della resistenza al gelo/disgelo degli elementi di muratura di silicato di calcio
<b>UNI EN 772-19:2003</b>	Metodi di prova per elementi di muratura - Determinazione della dilatazione all'umidità di grandi elementi da muratura in laterizio con fori orizzontali
<b>UNI EN 772-20:2001</b>	Metodi di prova per elementi di muratura - Determinazione della planarità delle facce degli elementi di muratura di calcestruzzo, di materiale lapideo agglomerato e naturale
<b>UNI EN 772-20:2005</b>	Metodi di prova per elementi di muratura - Parte 20: Determinazione della planarità delle facce degli elementi di muratura
<b>UNI CEN/TS 772-22:2006</b>	Metodi di prova per elementi di muratura - Parte 22: Determinazione della resistenza al gelo/disgelo di elementi per muratura di laterizio
<b>UNI EN 934-2:2007</b>	Additivi per calcestruzzo, malta e malta per iniezione - Additivi per calcestruzzo - Definizioni e requisiti
<b>UNI EN 998-2:2004</b>	Specifiche per malte per opere murarie - Malte da muratura
<b>UNI EN 1015-1:2007</b>	Metodi di prova per malte per opere murarie - Parte 1: Determinazione della distribuzione granulometrica (mediante stacciatura)
<b>UNI EN 1015-2:2007</b>	Metodi di prova per malte per opere murarie - Parte 2: Campionamento globale delle malte e preparazione delle malte di prova
<b>UNI EN 1015-3:2007</b>	Metodi di prova per malte per opere murarie - Parte 3: Determinazione della consistenza della malta fresca (mediante tavola a scosse)
<b>UNI EN 1015-4:2000</b>	Metodi di prova per malte per opere murarie - Determinazione della consistenza della malta fresca (mediante penetrazione della sonda)
<b>UNI EN 1015-6:2007</b>	Metodi di prova per malte per opere murarie - Parte 6: Determinazione della massa volumica apparente della malta fresca
<b>UNI EN 1015-7:2000</b>	Metodi di prova per malte per opere murarie - Determinazione del contenuto d'aria della malta fresca
<b>UNI EN 1015-9:2007</b>	Metodi di prova per malte per opere murarie - Parte 9: Determinazione del tempo di lavorabilità e del tempo di correzione della malta fresca
<b>UNI EN 1015-10:2007</b>	Metodi di prova per malte per opere murarie - Parte 10: Determinazione della massa volumica apparente della malta indurita essiccata
<b>UNI EN 1015-11:2007</b>	Metodi di prova per malte per opere murarie - Parte 11: Determinazione della resistenza a flessione e a compressione della malta indurita
<b>UNI EN 1015-12:2002</b>	Metodi di prova per malte per opere murarie - Determinazione dell'aderenza al supporto di malte da intonaco esterno ed interno
<b>UNI EN 1015-17:2008</b>	Metodi di prova per malte per opere murarie - Parte 17: Determinazione del contenuto di cloruro solubile in acqua delle malte fresche
<b>UNI EN 1015-18:2004</b>	Metodi di prova per malte per opere murarie - Determinazione del coefficiente di assorbimento d'acqua per capillarità della malta indurita
<b>UNI EN 1015-19:2008</b>	Metodi di prova per malte per opere murarie - Parte 19: Determinazione della permeabilità al vapore d'acqua delle malte da intonaco indurite
<b>UNI EN 1015-21:2004</b>	Metodi di prova per malte per opere murarie - Determinazione della compatibilità delle malte monostrato per esterni con il supporto
<b>UNI EN 1052-1:2001</b>	Metodi di prova per muratura - Determinazione della resistenza a compressione

<b>UNI EN 1052-2:2001</b>	Metodo di prova per muratura - Determinazione della resistenza a flessione
<b>UNI EN 1052-3:2007</b>	Metodi di prova per muratura - Parte 3: Determinazione della resistenza iniziale a taglio
<b>UNI EN 1052-4:2001</b>	Metodi di prova per muratura - Determinazione della resistenza al taglio inclusi gli strati impermeabili all'umidità
<b>UNI EN 1052-5:2005</b>	Metodi di prova per muratura - Parte 5: Determinazione della resistenza all'adesione con il metodo a strappo

## 12.2. MURATURE IN GENERE

Nelle costruzioni delle murature in genere verrà curata la perfetta esecuzione degli spigoli, delle voltine, sordine, piattabande, archi e verranno lasciati tutti i necessari incavi, sfondi, canne e fori: per ricevere le chiavi e i capichiavi delle volte, gli ancoraggi delle catene e delle travi a doppio T, le testate delle travi in legno ed in ferro, le pietre da taglio e quanto altro non venga messo in opera durante la formazione delle murature; per il passaggio dei tubi pluviali, dei camini, dell'acqua potabile, degli scarichi dei servizi igienici, delle areazioni, ecc.; per le condutture elettriche di campanelli, di telefono e di illuminazione; per le imposte delle volte e degli archi; per gli zoccoli, arpioni di porte e finestre, zanche, soglie, ferriate, ringhiere, davanzali ecc. Quanto detto, in modo che non vi sia mai bisogno di scalpellare le murature già eseguite.

La costruzione delle murature deve iniziarsi e proseguire uniformemente assicurando il perfetto collegamento sia con le murature esistenti, sia fra le varie parti di esse, evitando nel corso dei lavori la formazione di strutture eccessivamente emergenti dal resto della costruzione. La muratura procederà a filari rettilinei coi piani di posa normali alle superfici viste come altrimenti venisse prescritto. All'innesto con muri da costruirsi in tempo successivo dovranno essere lasciate opportune ammorsature in relazione al materiale impiegato.

I lavori di muratura, qualunque sia il sistema costruttivo adottato debbono essere sospesi nei periodi di gelo, durante i quali la temperatura si mantenga, per molte ore, al di sotto di 0° C. Quando il gelo si verifichi solo per alcune ore della notte, le opere in muratura ordinaria possono essere eseguite nelle ore meno fredde del giorno purché, al distacco del lavoro, vengano adottati opportuni provvedimenti per difendere le murature dal gelo notturno.

Le facce delle murature in malta dovranno essere mantenute bagnate almeno per 15 giorni dalla loro ultimazione od anche più su specifica richiesta.

Si potrà ordinare che tutte le canne, le gole, ecc. nello spessore dei muri, siano lasciate aperte sopra una faccia, temporaneamente, anche per tutta la loro altezza; in questi casi, il tramezzo di chiusura si eseguirà posteriormente.

Le impostature per le volte, gli archi, ecc., devono essere lasciate nelle murature sia con gli addentellati d'uso, sia col costruire l'origine delle volte e degli archi a sbalzo mediante le debite sagome secondo quanto verrà prescritto.

Potrà essere ordinato che sulle aperture di vani di porte e finestre siano collocati degli architravi in cemento armato delle dimensioni che saranno fissate in relazione alla luce dei vani, allo spessore del muro e al sovraccarico.

Quando venga ordinato, sui muri delle costruzioni, nel punto di passaggio fra la fondazione entro terra e la parte fuori terra, verrà disposto uno strato di impermeabilizzazione per evitare la risalita di umidità.

### 12.2.1. Murature in mattoni

Le murature di mattoni devono essere eseguite in maniera da assicurare il collegamento sia con le altre strutture sia fra le varie parti delle murature stesse. In particolare il collegamento tra le strutture murarie e quelle metalliche deve essere realizzato mediante staffe sagomate, ad U, di conveniente lunghezza, saldate sui profilati metallici a distanza mutua non superiore ai 0,30 m e incorporate nella muratura stessa.

I mattoni pieni per uso corrente e speciale quali quelle per murature faccia vista dovranno essere parallelepipedi, di lunghezza doppia della larghezza, salvo diverse proporzioni dipendenti da uso locale, di modello costante, presentare, sia all'asciutto che dopo prolungata immersione nell'acqua, una resistenza alla compressione non inferiore a 20 Kg/cmq.

I mattoni, prima del loro impiego, dovranno essere bagnati fino a saturazione per immersione prolungata in appositi bagnaroli e mai per aspersione. Essi dovranno mettersi in opera con le connessure alternate in corsi ben regolari e normali alla superficie esterna; saranno posati sopra un abbondante strato di malta e premuti sopra di esso in modo che la malta refluisca all'ingiro e riempia tutte le connessure.

La larghezza delle connessure non dovrà essere maggiore di 8 né minore di 5 mm.

Le malte da impiegarsi per l'esecuzione di questa muratura dovranno essere passate al setaccio per evitare che i giunti fra i mattoni riescano superiori al limite di tolleranza fissato.

I giunti non verranno rabboccati durante la costruzione per dare maggiore presa all'intonaco od alla stuccatura con ferro.

Durante l'esecuzione delle murature dovranno essere lasciati tutti i necessari fori, incavi, vani, canne, etc. per il passaggio e l'installazione di ogni qualsiasi impianto, infissi etc.

Le murature di rivestimento saranno fatte a corsi bene allineati e dovranno essere opportunamente ammorsate con la parte interna.

Nell'elevazione si deve curare il serraggio delle murature alle strutture esistenti: pertanto l'ultimo corso deve essere eseguito quando sia avvenuto il completo assestamento ed il ritiro delle murature.

I lavori di muratura devono essere sospesi quando la temperatura scenda al di sotto di 0°C.

Le malte da impiegare nell'esecuzione di murature possono essere scelte secondo le esigenze di progetto, tra uno dei tipi indicati di seguito (la quantità dei leganti è riferita ad un metro cubo di sabbia):

- a) malta di calce spenta in pasta (grassello):
  - 0,4 mc di calce spenta in pasta;
- b) malta di calce idraulica o idrata:
  - 400 kg di calce idraulica o di calce idrata;
- c) malta bastarda:
  - 200 kg di calce idraulica;
  - 200 kg di cemento R325;
 oppure
  - 300 kg calce idraulica o di calce idrata;
  - 200 kg di cemento R325;
- d) malta di cemento:
  - 400 kg di cemento R325.

Le malte devono essere confezionate mediante mezzi meccanici, nella quantità strettamente necessaria per l'impiego immediato.

Per le murature eseguite con mattoni pieni può essere richiesta la lavorazione a faccia a vista.

Per la muratura a faccia a vista si dovranno impiegare i mattoni da impiegare devono essere di prima scelta, di migliore cottura, meglio formati e di colore più uniforme, disponendoli con perfetta regolarità e ricorrenza nelle connessioni orizzontali, alternando con precisione i giunti verticali.

In questo genere di paramento le connessioni di faccia vista non dovranno avere grossezza maggiore di 5 mm. e, previa loro raschiatura e pulitura, dovranno essere profilate con malta idraulica o di cemento confezionata con 500 kg di cemento normale per metro cubo di impasto, diligentemente compresse e lisce con apposito attrezzo, senza sbavatura.

Le sordine, gli archi, le piattabande e le volte dovranno essere costruite in modo che i mattoni siano sempre disposti in direzione normale alla curva, dell'intradosso e le connessioni dei giunti non dovranno mai eccedere la larghezza di 5 mm. all'intradosso e 10 mm all'estradosso.

Può essere richiesta inoltre la muratura a cassa vuota che deve essere realizzata con due pareti a camera d'aria interposta. La parete esterna deve essere costituita da muratura di mattoni pieni e la parete interna da mattoni forati semplici. Le due pareti devono essere vincolate con legature metalliche e devono essere isolate dalle strutture in conglomerato cementizio armato mediante cartonfeltro bitumato.

Le murature per pareti aventi funzione tagliafuoco devono essere realizzate con l'impiego di blocchi in calcestruzzo e argilla espansa (tipo Leca), ovvero in calcestruzzo alveolato (tipo Gasbeton) e comunque idonei a impedire il propagarsi delle fiamme per un periodo di tempo non inferiore ai limiti fissati dalla circolare n° 91 del 14.9.61 del Ministero degli Interni; tempo certificato dal Centro Studi ed Esperienze del medesimo Ministero.

Devono essere posti in opera secondo le prescrizioni della Impresa produttrice nonché della Certificazione suddetta.

Non devono, inoltre, liberare fumi e/o gas tossici in caso di incendio e devono mantenere inalterata la propria capacità portante per il tempo previsto in progetto.

### 12.2.2. Murature di pietrame a secco

La muratura di pietrame a secco dovrà essere eseguita con pietre ridotte col martello alla forma il più possibile regolare, restando assolutamente escluse quelle di forma rotonda.

Le pietre saranno collocate in opera in modo che si colleghino perfettamente fra loro, scegliendo per i paramenti quelle di maggiori dimensioni, non inferiori a 20 cm di lato e le più adatte per il migliore combaciamento.

Si eviterà sempre la ricorrenza delle commessure verticali.

Nell'interno della muratura si farà uso delle scaglie soltanto per appianare i corsi e riempire gli interstizi fra pietra e pietra.

Per i cantonali si useranno le pietre di maggiori dimensioni e meglio rispondenti allo scopo.

La rientranza delle pietre del paramento non dovrà mai essere inferiore all'altezza del corso.

Inoltre si disporranno frequentemente pietre di lunghezza tale da penetrare nello spessore della muratura.

Se richieste, si dovranno lasciare opportune feritoie regolari e regolarmente disposte, anche in più ordini, per lo scolo delle acque.

### 12.2.3. Murature di pietrame e malta

La muratura di pietrame con malta cementizia dovrà essere eseguita con elementi di pietrame delle maggiori dimensioni possibili e, ad ogni modo, non inferiori a 25 cm in senso orizzontale, 20 cm in senso verticale e 30 cm di profondità.

Per i muri di spessore 40 cm si potranno avere alternanze di pietre minori.

Le pietre, prima del collocamento in opera dovranno essere diligentemente pulite ed, eventualmente, lavate.

Nella costruzione della muratura le pietre dovranno essere battute col martello e rinzeppate diligentemente con scaglie e con abbondante malta così che ogni pietra resti avvolta dalla malta stessa e non rimanga alcun vano od interstizio.

La malta avrà classe di resistenza a 28 d  $\geq 25/30$  MPa e sarà dosata con minimo 350 kg di cemento normale (32,5 o 32,5R di tipo III o di tipo IV) per metro cubo di sabbia ed avrà rapporto acqua cemento  $\leq a 0,5$  che dovrà essere garantito anche attraverso l'uso di additivi superfluidificanti non aeranti.

In presenza di climi freddi ovvero con temperature inferiori ai 278 K, si farà costantemente uso di additivi antigelo ed acceleranti di presa esenti da cloruri, di tipo approvato, conformi a quanto previsto dalle norme UNI EN 934-2:1999 e UNI 7109:1972, dosati secondo i risultati delle prove e comunque non inferiori al 2% sul peso del legante.

La frequenza dei prelievi di malta sarà pari ad una serie di provini cubici di 10 cm di lato, per ogni giorno di produzione.

Nel paramento ad opera incerta, il pietrame dovrà essere scelto diligentemente e la sua faccia vista dovrà essere ridotta col martello a superficie approssimativamente piana.

Le facce di posa e combaciamento delle pietre dovranno essere spianate e adattate col martello, in modo che il contatto dei pezzi avvenga in tutti i giunti per una rientranza non minore di 8 cm.

Nel paramento a mosaico greggio, le facce viste dei singoli pezzi dovranno essere ridotte, col martello a punta grossa, a superficie piana poligonale; i singoli pezzi dovranno combaciare fra loro regolarmente, restando vietato l'uso delle scaglie.

La muratura a corsi regolari dovrà progredire a strati orizzontali da 20 a 30 cm di altezza con pietre disposte in modo da evitare la corrispondenza delle commessure verticali fra due corsi immediatamente sovrastanti. In tutte le specie di paramento, la sigillatura dei giunti dovrà essere fatta raschiando preventivamente le connessure fino a conveniente profondità per purgarle della malta e delle materie estranee, lavandole a grande acqua e riempiendo poi le commessure stesse con nuova malta, curando che questa penetri bene comprimendola e lisciandola con apposito ferro, in modo che il contorno dei corsi sui fronti del paramento, a lavoro finito, si disegni nettamente e senza sbavature.

Nelle facce viste saranno impiegate pietre lavorate secondo il tipo di paramento prescritto e nelle facce contro terra saranno impiegate pietre sufficientemente piane e rabboccate con malta in modo da evitare cavità.

Nelle murature contro terra saranno lasciate apposite feritoie.

#### 12.2.4. Muratura in pietra da taglio

Prima di cominciare i lavori dovranno essere preparati campioni dei vari generi di lavorazione della pietra da taglio e sottoposti per l'approvazione.

Qualunque sia il genere di lavorazione delle facce viste, i letti di posa e le facce di combaciamento dovranno essere ridotti a perfetto piano e lavorati a grana fine.

Non saranno tollerate né smussature a spigoli, né cavità nelle facce, né masticature o rattoppi.

La pietra da taglio che presentasse tali difetti sarà rifiutata e sarà fatto obbligo di provvedere all'immediata sostituzione, sia che le scheggiature od ammanchi si verificano al momento della posa in opera, sia dopo e sino al collaudo. Le forme e dimensioni di ciascun concio in pietra da taglio dovranno essere perfettamente conformi ai disegni dei particolari di progetto ed alle istruzioni che, all'atto della esecuzione, fossero eventualmente impartite.

Inoltre, ogni concio dovrà essere lavorato in modo da potersi collocare in opera secondo gli originali letti di cava. Per la posa si potrà fare uso di zeppe da togliere immediatamente quando la malta rifluisca nel contorno della pietra battuta a mazzuolo sino a prendere la posizione voluta.

La malta di allettamento avrà classe di resistenza a 28 d  $\geq 28/35$  MPa e sarà dosata con minimo 400 kg di cemento normale (32,5 o 32,5R di tipo III o di tipo IV) per metro cubo di sabbia ed avrà rapporto acqua cemento  $\leq$  a 0,5 che l'Impresa dovrà garantire anche attraverso l'uso di additivi superfluidificanti non aeranti.

In presenza di climi freddi ovvero con temperature inferiori ai 278 K, si farà costantemente uso di additivi antigelo ed acceleranti di presa esenti da cloruri, di tipo approvato, conformi a quanto previsto dalle norme UNI EN 934-2:1999 e UNI 7109:1972, dosati secondo i risultati delle prove e comunque non inferiori al 2% sul peso del legante.

La frequenza dei prelievi di malta sarà pari ad una serie di provini cubici di 10 cm di lato, per ogni giorno di produzione.

Occorrendo, i diversi conci dovranno essere collegati con grappe ed arpioni di bronzo saldamente suggellati entro apposite incassature praticate nei conci medesimi.

Le commessure delle facce viste dovranno essere profilate con cemento a lenta presa, diligentemente compresso e lisciato mediante apposito ferro.

#### 12.2.5. Muratura in pietrame e conglomerato cementizio

La muratura di conglomerato cementizio con paramento esterno in pietrame sarà realizzata con conglomerato cementizio di tipo II, avente classe di resistenza  $\geq 28/35$  MPa per quanto concerne il paramento interno, mentre il paramento esterno realizzato in pietrame dello spessore medio di 20 cm, ben ammorso nel conglomerato cementizio retrostante, sarà eseguito con caratteristiche riportate negli art. 11.4 o 11.5 in relazione alle disposizioni progettuali.

#### 12.3. Elementi per muratura

Gli elementi per muratura portante devono essere conformi alle norme europee armonizzate della serie UNI EN 771 e, secondo quanto specificato al punto A del § 11.1 del D.M. 14 gennaio 2008, recare la Marcatura CE, secondo il sistema di attestazione della conformità indicato nella seguente Tab. 10.1.

TABELLA 10.1

Specifiche Tecniche Europee di riferimento	Categoria	Sistema di Attestazione della Conformità
Specifiche per elementi per muratura - Elementi per muratura di laterizio, silicato di calcio, in calcestruzzo vibrocompresso (aggregati pesanti e leggeri), calcestruzzo aerato autoclavato, pietra agglomerata, pietra naturale UNI EN 771-1, 771-2, 771-3, 771-4, 771-5, 771-6	CATEGORIA I	2+
	CATEGORIA II	4

Gli elementi di categoria I hanno un controllo statistico, eseguito in conformità con le citate norme armonizzate, che fornisce resistenza caratteristica dichiarata a compressione riferita al frattile 5%.

Gli elementi di categoria II non soddisfano questi requisiti.

L'uso di elementi per muratura portante di Categoria I e II è subordinato all'adozione, nella valutazione della resistenza di progetto, del corrispondente coefficiente di sicurezza  $\gamma_M$  riportato nel relativo paragrafo 4.5.

#### Prove di accettazione

Oltre a quanto previsto al punto A del 11.1 del D.M. 14 gennaio 2008, il Direttore dei Lavori è tenuto a far eseguire ulteriori prove di accettazione sugli elementi per muratura portante pervenuti in cantiere e sui collegamenti, secondo le metodologie di prova indicate nelle citate norme armonizzate

Le prove di accettazione su materiali di cui al presente paragrafo sono obbligatorie e devono essere eseguite e certificate presso un laboratorio di cui all'art. 59 del DPR n. 380/2001.

#### Resistenza a compressione degli elementi resistenti artificiali o naturali

Il controllo di accettazione in cantiere ha lo scopo di accertare se gli elementi da mettere in opera abbiano le caratteristiche dichiarate dal produttore.

Tale controllo sarà effettuato su almeno tre campioni costituiti ognuno da tre elementi da sottoporre a prova di compressione. Per ogni campione siano  $f_1, f_2, f_3$  la resistenza a compressione dei tre elementi con:

$$f_1 < f_2 < f_3$$

il controllo si considera positivo se risultino verificate entrambe le disuguaglianze:

$$(f_1 + f_2 + f_3)/3 \geq 1,20 f_{bk}$$

$$f_1 \geq 0,90 f_{bk}$$

dove  $f_{bk}$  è la resistenza caratteristica a compressione dichiarata dal produttore.

Le modalità di prova sono riportate nella UNI EN 772-1:2002

## 12.4. Malte per muratura

### **Malte a prestazione garantita**

La malta per muratura portante deve garantire prestazioni adeguate al suo impiego in termini di durabilità e di prestazioni meccaniche e deve essere conforme alla norma armonizzata UNI EN 998-2 e, secondo quanto specificato al punto A del 11.1 del D.M. 14 gennaio 2008, recare la Marcatura CE, secondo il sistema di attestazione della conformità indicato nella seguente Tab. 9.2

TABELLA 10.2

Specificativa Tecnica Europea di riferimento	Uso Previsto	Sistema di Attestazione della Conformità
Malta per murature UNI EN 998-2	Usi strutturali	2+

Per garantire durabilità è necessario che i componenti la miscela non contengano sostanze organiche o grassi o terrose o argillose. Le calci aeree e le pozzolane devono possedere le caratteristiche tecniche ed i requisiti previsti dalle vigenti norme

Le prestazioni meccaniche di una malta sono definite mediante la sua resistenza media a compressione  $f_m$ . La categoria di una malta è definita da una sigla costituita dalla lettera M seguita da un numero che indica la resistenza  $f_m$  espressa in N/mm<sup>2</sup> secondo la Tab. 9.3

Per l'impiego in muratura portante non è ammesso l'impiego di malte con resistenza  $f_m < 2,5$  N/mm<sup>2</sup>.

TABELLA 10.3

Classe	M 2,5	M 5	M 10	M 15	M 20	M d
Resistenza a compressione N/mm <sup>2</sup>	2,5	5	10	15	20	d
d è una resistenza a compressione maggiore di 25 N/mm <sup>2</sup> dichiarata dal produttore						

Le modalità per la determinazione della resistenza a compressione delle malte sono riportate nella norma UNI EN 1015-11: 2007.

### **Malte a composizione prescritta**

Le classi a composizione prescritta sono definite in rapporto alla composizione in volume secondo la Tab. 9.4 seguente:

TABELLA 10.4

Classe	Tipo di malta	Composizione				
		Cemento	Calce aerea	Calce idraulica	Sabbia	Pozzolana
M 2,5	Idraulica	--	--	1	3	--
M 2,5	Pozzolonica	--	1	--	--	3
M 2,5	Bastarda	1	--	2	9	--
M 5	Bastarda	1	--	1	5	--
M 8	Cementizia	2	--	1	8	--
M 12	Cementizia	1	--	--	3	--

Malte di diverse proporzioni nella composizione, preventivamente sperimentate con le modalità riportate nella norma UNI EN 1015-11:2007, possono essere ritenute equivalenti a quelle indicate qualora la loro resistenza media a compressione non risulti inferiore a quanto previsto in Tab.

## 12.5. Determinazione dei parametri meccanici della muratura

### Determinazione sperimentale della resistenza a compressione

La resistenza caratteristica sperimentale a compressione si determina su  $n$  muretti ( $n \geq 6$ ), seguendo sia per la confezione che per la prova le modalità indicate nel seguito.

I provini (muretti) devono avere le stesse caratteristiche della muratura in esame e ognuno di essi deve essere costituito almeno da tre corsi di elementi resistenti e deve rispettare le seguenti limitazioni:

- lunghezza ( $b$ ) pari ad almeno due lunghezze di blocco;
- rapporto altezza/spessore ( $l/t$ ) variabile tra 2.4 e 5.

La confezione è eseguita su di un letto di malta alla base e la faccia superiore è finita con uno strato di malta. Dopo una stagionatura di 28 giorni a 20 °C, 70% di umidità relativa, prima di effettuare la prova, la faccia superiore di ogni provino viene eventualmente livellata con gesso; il muretto può anche essere contenuto fra due piastre metalliche rettificate, utili per gli spostamenti ed il suo posizionamento nella pressa. Il provino viene posto fra i piatti della macchina di prova (uno dei quali articolato) e si effettua quindi la centratura del carico. In proposito è consigliabile procedere anche ad un controllo estensimetrico. Il carico deve essere applicato con una velocità di circa 0.5 MPa ogni 20 secondi.

La resistenza caratteristica è data dalla relazione:

$$f_k = f_m - k s$$

dove:

$f_m$  = resistenza media;

$s$  = stima dello scarto;

$k$  = coefficiente riportato nella tabella seguente:

$n$	6	8	10	12	20
$k$	2.33	2.19	2.1	2.05	1.93

La determinazione della resistenza caratteristica deve essere completata con la verifica dei materiali, da condursi come segue:

- malta:  $n$ . 3 provini prismatici 40 x 40 x 160 mm da sottoporre a flessione, e quindi a compressione sulle 6 metà risultanti, secondo la norma armonizzata UNI EN 998-2;
- elementi resistenti:  $n$ . 10 elementi da sottoporre a compressione con direzione del carico normale al letto di posa.

### Determinazione sperimentale della resistenza a taglio

La resistenza caratteristica sperimentale a taglio si determina su  $n$  campioni ( $n \geq 6$ ), seguendo sia, per la confezione che per la prova, le modalità indicate nella norma UNI EN 1052-3:2007 e, per quanto applicabile, UNI EN 1052-4:2001.

La resistenza caratteristica  $f_{vk0}$  sarà dedotta dalla resistenza media  $f_{vm}$ , ottenuta dai risultati delle prove, mediante la relazione:

$$f_{vk0} = 0.7 f_{vm}$$

### Moduli di elasticità secante

Il modulo di elasticità normale secante della muratura è valutato sperimentalmente su  $n$  muretti ( $n \geq 6$ ), seguendo sia per la confezione che per la prova le modalità indicate nella norma UNI EN 1052-1:2001.

In sede di progetto, in mancanza di determinazione sperimentale, nei calcoli possono essere assunti i seguenti valori:

- modulo di elasticità normale secante  $E = 1000 f_k$
- modulo di elasticità tangenziale secante  $G = 0.4 E$