

POLITECNICO DI TORINO

- AREA EDILIZIA E LOGISTICA -

C.SO DUCA DEGLI ABRUZZI, 24 - 10129 TORINO



REALIZZAZIONE DI RESIDENZE UNIVERSITARIE "RESIDENZA CESARE CODEGONE" IN TORINO, VIA P. BORSELLINO PROGETTO ESECUTIVO

RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO E DEI LAVORI:

AREA EDILIZIA E LOGISTICA

Arch. G.Biscant

| PROGETTO ARCHITETTONICO: SERVIZIO GESTIONE PATRIMONIO IMMOBILIARE - SERVIZIO MESSA A NORMA E AMBIENTE | | PROGETTO IMPIANTI MECCANICI: SERVIZIO ADEGUAMENTO STRUTTURE E IMPIANTI | |
|--|--|---|--|
| Ing. G. Cangialosi Ing. P. Lerario Ing. C. Arno' Arch. M. Garis Arch. D. Cametti Ing. M. Lo Turco | | Ing. F. Facelli Ing. D. Bertone Ing. S. Ballarin Ing. F. Laguardia | |
| PROGETTO STRUTTURALE: | | PROGETTO IMPIANTI ANTINCENDIO: SERVIZIO ADEGUAMENTO STRUTTURE E IMPIANTI | |
| Ing. C. Baldini STRADA AL FORNO, 34 - 14100 ASTI | | Ing. F. Facelli Ing. M. Coatto | |
| PROGETTO IMPIANTI ELETTRICI E SPECIALI: SERVIZIO ADEGUAMENTO STRUTTURE E IMPIANTI | | PIANO DI SICUREZZA E COORDINAMENTO: SERVIZIO GESTIONE PATRIMONIO IMMOBILIARE | |
| Ing. J. M. Palumbo Ing. F. Tondaroc Per. Ind. G. Rala Ing. J. R. Parizia Per. Ind. A. Santino | | Geom. C. Dal Cason | |

OPERE STRUTTURALI

CAPITOLATO

DATA: Luglio 2011

AGG: Aprile 2013

SCALA: —

S-CSA-Pt

PAGINA VUOTA

| | | |
|----------|---|-----------|
| 0 | INTRODUZIONE | 5 |
| 0.1 | <i>RILIEVI E TRACCIAMENTI</i> | 5 |
| 0.2 | <i>NORMATIVA DI RIFERIMENTO</i> | 6 |
| 0.3 | <i>ONERI A CARICO DELL'APPALTATORE</i> | 6 |
| 0.3.1 | Osservanza di leggi e norme tecniche | 6 |
| 0.3.2 | Integrazione del piano di manutenzione dell'opera | 10 |
| 1 | PARTE PRIMA: DESCRIZIONE TECNICA DEGLI INTERVENTI OGGETTO DI APPALTO | 11 |
| 1.1 | <i>REALIZZAZIONE DI PARATIA IN PALI TRIVELLATI</i> | 11 |
| 1.2 | <i>REALIZZAZIONE DI SCAVI E REINTERRI</i> | 11 |
| 1.3 | <i>STRUTTURE DI FONDAZIONE E MURI CONTROTERRA</i> | 11 |
| 1.4 | <i>REALIZZAZIONE DEI PILASTRI</i> | 12 |
| 1.5 | <i>SETTI</i> | 12 |
| 1.6 | <i>SOLAI</i> | 12 |
| 1.7 | <i>SCALE E RAMPE IN C.A.</i> | 13 |
| 1.8 | <i>ELEMENTI ACCESSORI IN ACCIAIO E NON, INSERTI NELLE STRUTTURE IN C.A.</i> | 13 |
| 1.9 | <i>FOROMETRIE</i> | 13 |
| 1.10 | <i>ASSISTENZE MURARIE</i> | 14 |
| 1.11 | <i>STRUTTURE IN ACCIAIO</i> | 14 |
| 2 | PARTE SECONDA | 15 |
| 2.1 | <i>PREMESSA</i> | 15 |
| 2.1.1 | Descrizione sommaria delle opere previste in appalto | 15 |
| 2.1.2 | Criteri e modalità di controllo qualità dei manufatti | 15 |
| 2.1.3 | Avvertenze ed oneri particolari a carico dell'appaltatore | 15 |
| 2.2 | <i>PALI TRIVELLATI</i> | 18 |
| 2.2.1 | Tipo di pali | 18 |
| 2.2.2 | Campo prova | 18 |
| 2.2.3 | Perforazione | 19 |
| 2.2.4 | Armatura | 20 |
| 2.2.5 | Posa in opera dell'armatura | 20 |
| 2.2.6 | Controlli | 21 |
| 2.2.7 | Strumentazione di prova | 22 |
| 2.3 | <i>SCAVI E REINTERRI</i> | 23 |
| 2.3.1 | Qualità e provenienza dei materiali | 23 |
| 2.3.2 | Criteri E Modalità Di Esecuzione | 23 |
| 2.3.2.1 | Scavi | 23 |
| 2.3.2.2 | Scavi A Sezione Obbligata | 24 |
| 2.3.2.3 | Reinterri | 24 |
| 2.3.2.4 | Rullatura Dei Piani Di Fondo Scavo | 25 |
| 2.3.2.5 | Sostituzione Di Materiale Non Idoneo Rinvenuto A Fondo Scavo | 25 |
| 2.3.2.6 | Divieti per l'appaltatore dopo l'esecuzione degli scavi | 26 |

| | | |
|----------|---|-----------|
| 2.3.2.7 | Scavi di fondazione..... | 26 |
| 2.3.2.8 | Controllo della rispondenza tra la caratterizzazione geotecnica assunta in progetto e la situazione effettiva | 26 |
| 2.3.2.9 | Magrone..... | 26 |
| 2.4 | <i>STRUTTURE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO ARMATO NORMALE E PRECOMPRESSO, CASSEFORME.....</i> | <i>27</i> |
| 2.4.1 | Qualità e provenienza dei materiali | 27 |
| 2.4.1.1 | Identificazione, certificazione e accettazione..... | 27 |
| 2.4.1.2 | Procedure e prove sperimentali d'accettazione | 27 |
| 2.4.1.3 | Procedure di controllo di produzione in fabbrica | 28 |
| 2.4.2 | Materiali per il Calcestruzzo | 28 |
| 2.4.2.1 | Leganti per opere strutturali..... | 30 |
| 2.4.2.2 | Fornitura | 30 |
| 2.4.2.3 | Marchio di conformità..... | 30 |
| 2.4.2.4 | Metodi di prova | 32 |
| 2.4.2.5 | Aggregati | 33 |
| 2.4.2.6 | Sistema di attestazione della conformità | 34 |
| 2.4.2.7 | Marchatura CE..... | 34 |
| 2.4.2.8 | Controlli d'accettazione | 34 |
| 2.4.2.9 | Sabbia | 35 |
| 2.4.2.10 | Aggiunte | 37 |
| 2.4.2.11 | Ceneri volanti | 37 |
| 2.4.2.12 | Microsilice | 38 |
| 2.4.2.13 | Additivi | 39 |
| 2.4.2.14 | Prodotti filmogeni per la protezione del calcestruzzo..... | 44 |
| 2.4.2.15 | Prodotti disarmanti..... | 44 |
| 2.4.2.16 | Acqua di impasto | 44 |
| 2.4.2.17 | Classi di resistenza del conglomerato cementizio | 45 |
| 2.4.2.18 | Qualifica Dei Calcestruzzi..... | 46 |
| 2.4.2.19 | Resistenza E Durevolezza Dei Calcestruzzi..... | 47 |
| 2.4.2.20 | Acciai Per Cemento Armato..... | 48 |
| 2.4.2.21 | Le procedure di controllo per acciai da cemento armato ordinario, barre e rotoli | 59 |
| 2.4.1 | CRITERI E MODALITA' DI ESECUZIONE | 64 |
| 2.4.1.1 | Calcestruzzo per calcestruzzo semplice e armato | 64 |
| 2.4.1.2 | Confezione, trasporto e posa in opera del calcestruzzo per strutture in calcestruzzo semplice e armato | 65 |
| 2.4.1.3 | Prescrizioni specifiche per il calcestruzzo a faccia vista | 91 |
| 2.4.1.4 | Difetti superficiali delle strutture, cause e rimedi | 92 |
| 2.4.1.5 | Tolleranze dimensionali | 99 |
| 2.4.1.6 | Dettagli costruttivi per le zone sismiche | 100 |
| 2.4.1.7 | Limitazioni geometriche | 100 |
| 2.4.1.8 | Limitazioni di armatura..... | 101 |

| | | |
|----------|---|-----|
| 2.4.1.9 | Predisposizione Di Fori, Tracce, Cavità, Inserti Di Qualsiasi Tipo, Ancoraggi E Appoggi... | 104 |
| 2.4.2 | Criteri e Modalità di controllo dei Manufatti | 105 |
| 2.4.2.1 | Prove E Materiali | 105 |
| 2.4.2.2 | Prove Su Calcestruzzo – Compressione | 105 |
| 2.4.2.3 | Prove Su Calcestruzzo - Prova Non Distruttiva Su Calcestruzzo Per La Determinazione Del Modulo Di Elasticità Secante A Compressione | 105 |
| 2.4.2.4 | Prove Su Calcestruzzo - Determinazione Del Modulo Elastico Dinamico | 106 |
| 2.4.2.5 | Prove Su Calcestruzzo – Flessione..... | 106 |
| 2.4.2.6 | Prove Su Calcestruzzo - Trazione Indiretta, Comunemente Detta " Brasiliana " | 106 |
| 2.4.2.7 | Prove Su Calcestruzzo - Prelievo Di Campioni Di Calcestruzzo Indurito | 107 |
| 2.4.2.8 | Prove Su Calcestruzzo - Controlli Sclerometrici Su Calcestruzzo In Opera | 107 |
| 2.4.2.9 | Prove Su Calcestruzzo - Prelievo Di Campioni Di Calcestruzzo Fresco In Cantiere | 107 |
| 2.4.2.10 | Prove Su Calcestruzzo - Controllo Della Resa Volumetrica Di Un Calcestruzzo..... | 108 |
| 2.4.2.11 | Prove Su Calcestruzzo - Misura Della Consistenza Di Un Calcestruzzo (Slump-Test)..... | 108 |
| 2.4.2.12 | Prove Su Calcestruzzo - Controllo Dei Tempi Di Presa Di Un Calcestruzzo..... | 108 |
| 2.4.2.13 | Prove Su Calcestruzzo - Determinazione Della Quantità Di Acqua D'impasto Essudata (Bleeding) 109 | |
| 2.4.2.14 | Prove Su Calcestruzzo - Determinazione Dei Ritiro Idraulico..... | 109 |
| 2.4.2.15 | Prove Sugli Aggregati - Analisi Granulometrica | 109 |
| 2.4.2.16 | Prove Sugli Aggregati - Valutazione Dei Fini Uni En 933-8 | 110 |
| 2.4.2.17 | Prove Sugli Aggregati - Determinazione Del Modulo Di Finezza..... | 110 |
| 2.4.2.18 | Prove Sugli Aggregati - Determinazione Del Coefficiente Di Forma E Appiattimento..... | 110 |
| 2.4.2.19 | Prove Sugli Aggregati - Contenuto Di Grumi Di Argilla E Particelle Friabili E Del Contenuto Di Particelle Leggere E Frustoli Vegetali..... | 111 |
| 2.4.2.20 | Prove Sugli Aggregati - Resistenza Alla Degradazione Per Cicli Di Gelo E Disgelo | 111 |
| 2.4.2.21 | Prove Sugli Aggregati - Contenuto D'aria Nel Calcestruzzo Fresco..... | 111 |
| 2.4.2.22 | Prove Sugli Aggregati - Composizione Del Calcestruzzo Fresco..... | 112 |
| 2.4.2.23 | Prove Sugli Aggregati - Massa Volumica Apparente (Peso In Mucchio) | 112 |
| 2.4.2.24 | Prove Sugli Aggregati - Massa Volumica Reale Media..... | 112 |
| 2.4.2.25 | Prove Sugli Aggregati - Massa Volumica Media Del Granulo, Massa Volumica Media Del Granulo Saturo A Superficie Asciutta Ed Assorbimento D'umidità Superficiale..... | 113 |
| 2.4.2.26 | Prove Sugli Aggregati - Perdita Di Massa Degli Aggregati Grossi (Los Angeles) | 114 |
| 2.4.2.27 | Prove Sugli Aggregati - Confronto In Calcestruzzo Con Aggregati Di Caratteristiche Note..... | 114 |
| 2.4.2.28 | Prove Sugli Aggregati - Classificazione Degli Aggregati Leggeri..... | 115 |
| 2.4.2.29 | Prove Di Carico In Corso D'opera Eseguite Dalla D.L. | 115 |
| 2.4.2.30 | Controlli Documentali | 116 |
| 2.4.2.31 | Piani Di Controllo..... | 116 |
| 2.5 | STRUTTURE METALLICHE | 116 |
| 2.5.1 | Descrizione Sommaria delle Opere Previste | 116 |
| 2.5.2 | Qualità e Provenienza dei Materiali..... | 117 |
| 2.5.2.1 | Opere In Carpenteria Metallica..... | 117 |
| 2.5.2.2 | Grigliati | 123 |

| | | |
|---------|---|-----|
| 2.5.2.3 | Protezione Dalla Corrosione..... | 123 |
| 2.5.3 | Criteri e Modalità di Esecuzione delle Strutture in Acciaio | 124 |
| 2.5.3.1 | Generalità | 124 |
| 2.5.3.2 | Composizione degli elementi strutturali | 125 |
| 2.5.3.3 | Unioni ad attrito con bulloni ad alta resistenza..... | 126 |
| 2.5.3.4 | Unioni saldate | 127 |
| 2.5.3.5 | Apparecchi di appoggio..... | 129 |
| 2.5.3.6 | Verniciatura e zincatura | 129 |
| 2.5.4 | Criteri e Modalità di Controllo Qualità dei Manufatti in Struttura di Acciaio | 131 |
| 2.5.4.1 | Collaudo Tecnologico Dei Materiali | 131 |
| 2.5.4.2 | Controlli In Corso Di Lavorazione..... | 131 |
| 2.5.4.3 | Controlli Di Montaggio..... | 133 |
| 2.5.4.4 | Controlli non distruttivi sulle strutture in acciaio..... | 134 |
| 2.5.4.5 | Esecuzione e controllo delle unioni bullonate | 134 |
| 2.5.4.6 | Controlli Sulle Saldature..... | 136 |
| 2.5.4.7 | Controllo di qualità delle strutture saldate..... | 138 |
| 2.5.4.8 | Controlli non distruttivi | 138 |
| 2.6 | <i>ASSISTENZE MURARIE</i> | 140 |
| 2.6.1 | Criteri E Modalità Di Esecuzione | 140 |
| 2.6.1.1 | Generalità | 140 |

0 INTRODUZIONE

Il presente Capitolato Speciale d'Appalto si riferisce ai lavori edili strutturali previsti nell'ambito dei lavori di realizzazione edificio pluripiano (8 p.f.t.) avente destinazione d'uso a residenza universitaria con una capienza di 140 posti alloggio. La struttura verrà realizzata in Torino, lungo la Spina centrale, nell'area limitrofa all'area industriale denominata ex Westinghouse alle spalle delle residenze Borsellino, antistante via Borsellino stessa.

Il fabbricato pertanto si attesterà lungo la via interna a via Borsellino.

L'edificio in progetto è completamente indipendente, ossia costruito per tale specifica destinazione d'uso. L'impronta del fabbricato di forma rettangolare sarà di circa 33 m x 19 m per una superficie per piano lorda pari a circa 625 m² e per un volume complessivo di circa 20000 m³.

L'area si presenta accessibile ai mezzi di cantiere sul lato di Via Borsellino. La falda acquifera, dai rilievi eseguiti nell'area, si presenta a circa una quota di -25m dall'attuale piano di campagna.

Per Planimetria generale e pianta del sito vedi tavole di progetto.

Le strutture verticali saranno costituite da pilastri, setti, pareti di controvento e blocchi ascensori in c.a., mentre sul piano orizzontale i solai saranno realizzati in cemento armato con alleggerimenti localizzati modulari.

Il capitolato è suddiviso in due sezioni, nella prima vengono descritti gli interventi tecnici che si andranno ad effettuare, nella seconda vengono definite le specifiche delle lavorazioni, la qualità e la provenienza dei materiali, i criteri e le modalità di esecuzione ed infine i criteri e le modalità di controllo qualità dei materiali.

Tutti i locali dovranno soddisfare i requisiti REI richiesti dalla normativa antincendio per i locali previsti in progetto (cfr. progetto antincendio)

0.1 RILIEVI E TRACCIAMENTI

L'Appaltatore dovrà eseguire i rilievi e i tracciamenti delle opere sulla base dei capisaldi plani-altimetrici fissati dalla direzione lavori e dovrà raccordarsi – coordinando i propri tracciamenti – alle reti di tracciamento di altre imprese operanti.

I capisaldi dovranno essere fissati e materializzati in modo che non subiscano danneggiamenti, spostamenti e/o cedimenti, anche involontari.

L'appaltatore dovrà redigere a propria cura e spese i piani di tracciamento, da fornire alla direzione lavori prima della esecuzione degli stessi, indicando la posizione plani-altimetrica dei capisaldi, delle stazioni di misura, ecc.

I capisaldi dovranno essere correlati topograficamente ad una rete topografica di "ordine superiore".

0.2 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

La normativa italiana cui viene fatto riferimento nelle fasi di calcolo e progettazione è la seguente:
D.M. 14 Gennaio 2008 – Approvazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni.

0.3 ONERI A CARICO DELL'APPALTATORE

0.3.1 OSSERVANZA DI LEGGI E NORME TECNICHE

L'esecuzione dei lavori in appalto nel suo complesso è regolata dal presente capitolato speciale d'appalto e, per quanto non in contrasto con esso o in esso non previsto e/o specificato, valgono le norme, le disposizioni e i regolamenti appresso richiamati.

TESTO UNICO EDILIZIA

- **D.P.R. 6 giugno 2001, n. 380** - *Testo unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia di edilizia.*

NORME TECNICHE STRUTTURALI

- **Legge 5 novembre 1971, n. 1086** - *Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso e a struttura metallica;*
- **Legge 2 febbraio 1974, n. 64** - *Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche;*
- **C.M. 9 gennaio 1980, n. 20049** - *Legge 5 novembre 1971, n. 1086. Istruzioni relative ai controlli sul conglomerato cementizio adoperato per le strutture in cemento armato;*
- **D.M. 20 novembre 1987** - *Norme tecniche per la progettazione, esecuzione e collaudo degli edifici in muratura e per il loro consolidamento;*
- **D.M. 11 marzo 1988** - *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;*
- **C.M. 24 settembre 1988, n. 30483** - *Legge 2 febbraio 1974, n. 64, art. 1. D.M. 11 marzo 1988. 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. Istruzioni per l'applicazione;*
- **C.M. 4 gennaio 1989, n. 30787** - *Istruzioni in merito alle norme tecniche per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo degli edifici in muratura e per il consolidamento;*

- **C.M. 16 marzo 1989, n. 31104** - Legge 2 febbraio 1974, n. 64, art. 1. Istruzioni in merito alle norme tecniche per la progettazione, esecuzione e collaudo delle costruzioni prefabbricate;
- **D.M. 9 gennaio 1996** - Norme tecniche per il calcolo, l'esecuzione e il collaudo delle strutture in cemento armato, normale e precompresso e per le strutture metalliche;
- **D.M. 16 gennaio 1996** - Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche;
- **D.M. 16 gennaio 1996** - Norme tecniche relative ai criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi;
- **C.M. 4 luglio 1996, n. 156 AA.GG/STC** - Istruzioni per l'applicazione delle norme tecniche relative ai criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi, di cui al D.M. 16 gennaio 1996;
- **C.M. 15 ottobre 1996, n. 252 AA.GG./S.T.C.** - Istruzioni per l'applicazione delle norme tecniche per il calcolo, l'esecuzione e il collaudo delle opere in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche, di cui al D.M. 9 gennaio 1996;
- **C.M. 29 ottobre 1996** - Istruzioni generali per la redazione dei progetti di restauro nei beni architettonici di valore storico-artistico in zona sismica;
- **C.M. 10 aprile 1997, n. 65/AA.GG.** - Istruzioni per l'applicazione delle norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche, di cui al D.M. 16 gennaio 1996;
- **C.M. 14 dicembre 1999, n. 346/STC** - Legge 5 novembre 1971, n. 1086, art. 20. Concessione ai laboratori per prove sui materiali da costruzione;
- **Ord. P.C.M. 20 marzo 2003, n. 3274** - Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica;
- **D.M. 14 settembre 2005** - Norme tecniche per le costruzioni;
- **D.M. 14 gennaio 2008** - Approvazione delle Nuove norme tecniche per le costruzioni;
- **D.M. 6 maggio 2008** - Integrazione al decreto 14 gennaio 2008 di approvazione delle Nuove norme tecniche per le costruzioni.

PRODOTTI DA COSTRUZIONE

- **D.P.R. 21 aprile 1993, n. 246** - Regolamento di attuazione della direttiva 89/106/CEE relativa ai prodotti da costruzione;
- **D.M. 9 maggio 2003, n. 156** - Criteri e modalità per il rilascio dell'abilitazione degli organismi di certificazione, ispezione e prova nel settore dei prodotti da costruzione, ai sensi dell'articolo 9, comma 2, del D.P.R. 21 aprile 1993, n. 246;
- **D.M. 5 marzo 2007** - Applicazione della direttiva n. 89/106/CEE sui prodotti da costruzione, recepita con decreto del Presidente della Repubblica 21 aprile 1993, n. 246, relativa alla

individuazione dei prodotti e dei relativi metodi di controllo della conformità di «Isolanti termici per edilizia»;

- **D.M. 5 marzo 2007** - *Applicazione della direttiva n. 89/106/CEE sui prodotti da costruzione, recepita con decreto del Presidente della Repubblica 21 aprile 1993, n. 246, relativa alla individuazione dei prodotti e dei relativi metodi di controllo della conformità di «Accessori per serramenti»;*
- **D.M. 5 marzo 2007** - *Applicazione della direttiva n. 89/106/CEE sui prodotti da costruzione, recepita con decreto del Presidente della Repubblica 21 aprile 1993, n. 246, relativa alla individuazione dei prodotti e dei relativi metodi di controllo della conformità dei «Sistemi fissi di estinzione incendi. Sistemi equipaggiati con tubazioni»;*
- **D.M. 5 marzo 2007** - *Applicazione della direttiva n. 89/106/CEE sui prodotti da costruzione recepita con decreto del Presidente della Repubblica 21 aprile 1993, n. 246, relativa alla individuazione dei prodotti e dei relativi metodi di controllo della conformità di «Sistemi per il controllo di fumo e calore»;*
- **D.M. 5 marzo 2007** - *Applicazione della direttiva n. 89/106/CEE sui prodotti da costruzione, recepita con decreto del Presidente della Repubblica 21 aprile 1993, n. 246, relativa alla individuazione dei prodotti e dei relativi metodi di controllo della conformità dei «Sistemi di rivelazione e di segnalazione d'incendio»;*
- **D.M. 5 marzo 2007** - *Applicazione della direttiva n. 89/106/CEE sui prodotti da costruzione, recepita con decreto del Presidente della Repubblica 21 aprile 1993, n. 246, relativa alla individuazione dei prodotti e dei relativi metodi di controllo della conformità delle «Installazioni fisse antincendio»;*
- **D.M. 5 marzo 2007** - *Applicazione della direttiva n. 89/106/CEE sui prodotti da costruzione, recepita con decreto del Presidente della Repubblica 21 aprile 1993, n. 246, relativa alla individuazione dei prodotti e dei relativi metodi di controllo della conformità di «Sistemi fissi di lotta contro l'incendio. Sistemi a polvere»;*
- **D.M. 5 marzo 2007** - *Applicazione della direttiva n. 89/106/CEE sui prodotti da costruzione, recepita con decreto del Presidente della Repubblica 21 aprile 1993, n. 246, relativa alla individuazione dei prodotti e dei relativi metodi di controllo della conformità per gli «Impianti fissi antincendio. Componenti per sistemi a CO₂»;*
- **D.M. 5 marzo 2007** - *Applicazione della direttiva n. 89/106/CEE sui prodotti da costruzione, recepita con decreto del Presidente della Repubblica 21 aprile 1993, n. 246, relativa alla individuazione dei prodotti e dei relativi metodi di controllo della conformità per i «Sistemi fissi di lotta contro l'incendio. Componenti di impianti di estinzione a gas»;*

- **D.M. 11 aprile 2007** - *Applicazione della direttiva n. 89/106/CE sui prodotti da costruzione, recepita con decreto del Presidente della Repubblica 21 aprile 1993, n. 246, relativa alla individuazione dei prodotti e dei relativi metodi di controllo della conformità di aggregati;*
- **D.M. 11 aprile 2007** - *Applicazione della direttiva n. 89/106/CE sui prodotti da costruzione, recepita con decreto del Presidente della Repubblica 21 aprile 1993, n. 246, relativa alla individuazione dei prodotti e dei relativi metodi di controllo della conformità di appoggi strutturali;*
- **D.M. 11 aprile 2007** - *Applicazione della direttiva n. 89/106/CE sui prodotti da costruzione, recepita con decreto del Presidente della Repubblica 21 aprile 1993, n. 246, relativa alla individuazione dei prodotti e dei relativi metodi di controllo della conformità di geotessili e prodotti affini.*

PREVENZIONE INCENDI

- **D.M. 15 settembre 2005** - *Approvazione della regola tecnica di prevenzione incendi per i vani degli impianti di sollevamento ubicati nelle attività soggette ai controlli di prevenzione incendi;*
- **D.M. 16 febbraio 2007** - *Classificazione di resistenza al fuoco di prodotti ed elementi costruttivi di opere da costruzione;*
- **D.M. 9 marzo 2007** - *Prestazioni di resistenza al fuoco delle costruzioni nelle attività soggette al controllo del Corpo nazionale dei Vigili del Fuoco.*

NUOVO CODICE DELLA STRADA

- **D.Lgs. 30 aprile 1992, n. 285** - *Nuovo codice della strada.*

CONTRATTI PUBBLICI

- **D.M. 19 aprile 2000, n. 145** - *Regolamento recante il capitolato generale d'appalto dei lavori pubblici, ai sensi dell'articolo 3, comma 5, della legge 11 febbraio 1994, n. 109, e successive modificazioni;*
- **Legge 21 dicembre 2001, n. 443** - *Delega al governo in materia di infrastrutture e insediamenti produttivi strategici e altri interventi per il rilancio delle attività produttive;*
- **D.Lgs. 12 aprile 2006, n. 163** - *Codice dei contratti pubblici relativi a lavori, servizi e forniture in attuazione delle direttive 2004/17/CE e 2004/18/CE;*
- **D.P.R. 5 ottobre 2010, n. 207** - *Regolamento di esecuzione ed attuazione del decreto legislativo 12 aprile 2006, n. 163, recante «Codice dei contratti pubblici relativi a lavori, servizi e forniture in attuazione delle direttive 2004/17/CE e 2004/18/CE».*

0.3.2 INTEGRAZIONE DEL PIANO DI MANUTENZIONE DELL'OPERA

Il direttore dei lavori deve raccogliere in un fascicolo i documenti progettuali più significativi, la dichiarazione di conformità predetta (ed eventuali schede dei prodotti) nonché le istruzioni per la manutenzione ai fini dell'integrazione o dell'aggiornamento del piano di manutenzione dell'opera.

In riferimento al comma precedente, l'esecutore è obbligato a trasmettere al direttore dei lavori le istruzioni e/o le schede tecniche di manutenzione e di uso rilasciate dal produttore dei materiali o degli impianti tecnologici installati.

1 PARTE PRIMA: DESCRIZIONE TECNICA DEGLI INTERVENTI

OGGETTO DI APPALTO

Di seguito si andranno a descrivere gli interventi previsti in progetto nella sequenza di esecuzione:

1.1 **REALIZZAZIONE DI PARATIA IN PALI TRIVELLATI**

Il progetto prevede la realizzazione di una paratia provvisoria sui tre lati del fabbricato per la fase di cantiere, costituita da pali trivellati con fanghi bentonitici.

Sono stati previsti pali diametro 80 cm lunghezza 13 metri interasse 80 cm sul lato di via borsellino e lato "allineamento G", sono previsti inoltre pali diametro 60 cm lunghezza 11 metri interasse 60 cm sul lato dei locali tecnici interrati, il tutto come meglio specificato sugli elaborati di progetto. Gli stessi saranno armati con armatura B450C.

I pali costituiscono struttura provvisoria di contenimento del terreno. In fase di calcolo non è stato previsto alcun carico speciale a monte della paratia.

1.2 **REALIZZAZIONE DI SCAVI E REINTERRI**

Sono previste in linea indicativa, ma non esclusiva, i seguenti scavi a mano o con mezzo meccanico -4.95, ivi compresi la rullatura con mezzo meccanico del piano di fondo scavo e i reinterri conseguenti, nonché l'allontanamento a discarica dei materiali scavati qualora siano di qualità scadente e non riutilizzabile all'interno del cantiere, anche se non richiamati in dettaglio nei punti successivi. L'impresa è inoltre tenuta ad approfondire il piano di appoggio delle fondazioni fino alla quota idonea per garantire un tasso di lavoro sul terreno $>5.00 \text{ daN/cm}^2$

I materiali scavati purché idonei come caratteristiche meccaniche e come granulometria, possono essere reimpiegati in cantiere per il reinterro di scarpate o per la sostituzione di lembi di terreno scadenti o non idonei rinvenuti a fondo scavo. Nessun maggior onere e/o compenso spetta all'impresa per il maggior scavo eseguito e per il successivo riempimento con calcestruzzo magro del maggior volume di terra scavato al di sotto del piano di imposta/ delle fondazioni.

1.3 **STRUTTURE DI FONDAZIONE E MURI CONTROTERRA**

Le fondazioni sono impostate alla quota - 4.95 ad esclusione del fondo fossa dei vani ascensori impostato a quota -5.40 e sono costituite come segue:

- platea in conglomerato cementizio armato avente spessore 80 cm in corrispondenza dei vani scala, vani ascensori e locali tecnici;
- platea in c.a. avente spessore 40 cm nella zona di intercapedine e centrale antincendio;
- travi di fondazione dimensione 160x80;

- muri contro terra e loro relativo piede di fondazione

Le strutture di fondazione saranno realizzate con calcestruzzo C25/30. Le strutture relative alla centrale antincendio dovranno garantire una resistenza al fuoco conforme a quanto previsto nel progetto antincendio.

Tutte le strutture di fondazione (travi, platee, muri controterra) poggeranno direttamente su di uno strato di cls magro spessore 15 cm.

Per la definizione del sistema di impermeabilizzazione cfr. capitolato opere edili.

Lungo tutte le riprese di getto orizzontali e verticali dovranno essere posti in opera cordoni di bentonite sodica e/o water stop con ogni onere a carico dell'Appaltatore.

Dalla platea di fondazione spiccano i setti dei vani scala e dei vani ascensori.

1.4 REALIZZAZIONE DEI PILASTRI

I pilastri dell'intero fabbricato saranno realizzati con calcestruzzo C45/55 S5 secondo le prescrizioni riportate sulle tavole di progetto con sezione rettangolare con dimensione variabile in funzione dei livelli.

I pilastri dovranno garantire una resistenza REI 90. Dovrà pertanto essere garantito un copriferro pari a cm. 3,5.

In progetto sono previste tre differenti sezioni tipiche per i pilastri quali.

- Pilastro dimensioni 35x60 da livello PI a P1;
- Pilastro dimensioni 35x40 da livello P1 a P5;
- Pilastro dimensioni 30x30 da livello P5 a P8;

Resistenza al fuoco REI 90.

1.5 SETTI

I vani scala, i nuclei ascensori hanno pareti in c.a. a spessore variabile saranno realizzati con calcestruzzo C 45/55 S5 secondo le prescrizioni riportate sulle tavole di progetto. E' inoltre prevista la realizzazione di setti in c.a. angolari in corrispondenza dei 4 vertici del fabbricato. Resistenza al fuoco REI 90. Dovrà pertanto essere garantito un copriferro pari a cm. 3,5.

Tutte le fosse dei vani corsa devono essere impermeabilizzate.

1.6 SOLAI

I solai da livello PT a livello P8 sono in c.a. con struttura a piastra e portata bidirezionale con elementi di alleggerimento, modulari in polietilene ad alta densità. Tutti i solai saranno realizzati con calcestruzzo classe 28/35 e armature classe B450C. Resistenza al fuoco REI 90. Dovrà pertanto essere garantito un copriferro pari a cm. 3,5. Sono a carico

dell'appaltatore le gabbie di alleggerimento, l'armatura a flessione inferiore e superiore, la rete di armatura di distribuzione superiore, le armature aggiuntive sui cordoli perimetrali, le armature superiori ed inferiori sui pilastri e sui setti derivanti dalle verifiche sismiche, l'armatura di punzonamento e taglio, la fornitura e il montaggio delle casseformi comprese le compensazioni ed i ritagli inclusi il disarmo finale, movimentazione e posa in opera dell'armatura indicata e integrativa, fornitura e getto in opera del cls. di completamento, vibratura e lisciatura del cls., curling del getto e quanto altro necessario per dare il lavoro finito a regola d'arte. Sarà onere dell'Appaltatore scegliere la soluzione tecnologica atta a garantire un peso proprio dei solai pari a 5,40 KN/mq medio considerando anche le parti piene di solaio, il D.L. dovrà verificarne la compatibilità con il progetto generale dell'opera.

1.7 SCALE E RAMPE IN C.A.

Le scale e le rampe in c.a. sono previste a spessore variabile al fine di esigenze architettoniche. Le strutture dovranno avere resistenza al fuoco REI 90. Dovrà pertanto essere garantito un copriferro di cm. 3,5. Le scale e le rampe saranno realizzate con calcestruzzo C 28/35.

1.8 ELEMENTI ACCESSORI IN ACCIAIO E NON, INSERTI NELLE STRUTTURE IN C.A.

Sono esplicitamente comprese tutte le opere, predisposizioni, inserti ed elementi vari compresi anche se non espressamente indicate nel presente capitolato, negli elaborati grafici di progetto, nel computo metrico estimativo, nell'elenco prezzi unitari, nel piano di montaggio, nel piano di sicurezza e nel piano di manutenzione nessun escluso.

Ci si riferisce a piastre ed inserti metallici di qualsiasi genere, a tiranti in acciaio, barre pre-sollecitate, elementi in acciaio "scorrevoli" all'interno di pareti in cemento armato, supporti vari, cassette in acciaio e non, piastre provviste di pioli Nelson, guaine, contro tubi, ancoraggi di controventi provvisori e definitivi.

1.9 FOROMETRIE

Sono incluse nel presente appalto tutte le forometrie degli elementi strutturali necessarie per i passaggi impiantistici anche se non espressamente indicate negli elaborati grafici o la modifica di quelle indicate secondo le esigenze dettate dallo sviluppo del progetto costruttivo degli impianti.

Sono pertanto da intendersi inclusi nell'appalto a corpo tutti gli apprestamenti strutturali (armature, carpenterie metalliche, rinforzi, ecc.), necessari per rendere le strutture rispondenti ai requisiti statici previsti dalla normativa vigente oltre agli elaborati grafici e di verifica da sottoporre alla Direzione lavori per approvazione.

L'Impresa avrà a suo carico il preciso obbligo di elaborare i disegni costruttivi e di predisporre in corso di esecuzione (prima dei getti con verifica preventiva della D.L.) quanto è previsto nei disegni costruttivi, o sarà successivamente prescritto di volta in volta, in tempo utile, dalla Direzione Lavori, circa fori, tracce, cavità, incassature, inserti di qualsiasi tipo, ancoraggi per strutture metalliche saldati e non, impianti e altri inserti, nelle platee, travi, solette, solai, nervature, pilastri, fondazioni, muri, parapetti, cordoli, ecc. Inoltre l'Impresa dovrà eseguire, anche se non specificamente indicata nei disegni di progetto, ogni predisposizione nonché la fornitura e posa dei materiali e manufatti necessari per la realizzazione di elementi quali giunti, appoggi scorrevoli, appoggi in neoprene, passi d'uomo, sedi di tubi e di cavi, opere di interdizione, mensole, parti o tubazioni di impianti di qualsiasi natura, ancoraggi di parapetti, punti fissi di impianti, guaine per tiranti scorrevoli, "incamiciature" scorrevoli di elementi in acciaio. L'onere relativo è compreso e compensato nel prezzo a corpo offerto e pertanto è ad esclusivo carico dell'Impresa.

Tutte le conseguenze per la mancata esecuzione delle predisposizioni così prescritte dalla Direzione Lavori, saranno a totale carico dell'Impresa, sia per quanto riguarda le rotture, i rifacimenti, le demolizioni di opere di spettanza dell'Impresa stessa, sia per quanto riguarda le eventuali opere di adattamento di infissi o impianti, giunti o qualsiasi altro manufatto, sia per le forniture aggiuntive di materiali e la maggiore mano d'opera occorrente da parte dei fornitori.

1.10 ASSISTENZE MURARIE

Sono esplicitamente comprese in appalto tutte le altre assistenze murarie, che si rendono comunque necessarie per realizzare le opere previste in progetto.

1.11 STRUTTURE IN ACCIAIO

In progetto è prevista la realizzazione di una struttura in carpenteria metallica a protezione degli impianti posti in copertura.

La struttura è realizzata mediante profili scatolari quadri di dimensione mm. 135x135x8 in acciaio S355J0 zincato e verniciato secondo le indicazioni della D.L.

È inoltre prevista la posa di profili metallici HEA180 zincati a sostegno dei grigliati posti nella zona intercapedine.

È onere dell'impresa lo sviluppo del progetto costruttivo, la trasmissione dello stesso alla D.L. per approvazione e la trasmissione del quaderno delle saldature e le relative WPS.

2 PARTE SECONDA

2.1 PREMESSA

2.1.1 DESCRIZIONE SOMMARIA DELLE OPERE PREVISTE IN APPALTO

Nei punti che seguono sono elencate, suddivise in categorie, le principali opere strutturali classificate "critiche" secondo art. 43 comma 4 del DPR 207/2010, previste in appalto ma non le uniche. Pertanto in ogni caso sono esplicitamente comprese tutte le opere, anche se non citate specificatamente, necessarie per una corretta esecuzione delle opere previste in progetto e comunque per dare i manufatti completi, a regola d'arte, rispondenti ad ogni normativa vigente, e connotati da elevati standard funzionali, qualitativi e di durabilità secondo quanto previsto dall'articolo 43 del DPR 207/2010 e comunque secondo l'esplicito intento della Committenza prescritto nell'oggetto e scopo dell'appalto.

Gli interventi in oggetto possono essere così brevemente riassunti:

- a) Realizzazione di paratia in pali trivellati con fanghi bentonitici provvisoria
- b) Realizzazione delle travi di fondazione, delle platee di fondazione e dei muri controterra
- c) Realizzazione dei pilastri, dei setti, vani scala e ascensori
- d) Realizzazione dei solai
- e) Realizzazione di strutture in carpenteria metallica

Tutte le strutture a diretto contatto con il terreno dovranno essere protette con prodotti idrorepellenti o con altre soluzioni impermeabilizzanti sottoposte alla Direzione Lavori per approvazione mediante presentazione dei dettagli costruttivi e delle schede tecniche.

Sono esplicitamente comprese in appalto tutte le altre strutture in c.a. e carpenteria metallica che si rendono comunque necessari per realizzare le opere previste in progetto o future.

2.1.2 CRITERI E MODALITÀ DI CONTROLLO QUALITÀ DEI MANUFATTI

La Committente e la Direzione lavori hanno la più ampia facoltà di verifica dell'opera eseguita e quindi quanto esemplificato nei capitoli che seguiranno non è da intendersi in senso limitativo, ma esemplificativo.

Infine si precisa che il Collaudatore potrà autonomamente eseguire e prescrivere tutti quegli accertamenti che riterrà necessari o semplicemente opportuni per verificare la rispondenza delle opere al contratto, allo scopo dell'opera, e per verificare la qualità in genere dell'opera eseguita.

2.1.3 AVVERTENZE ED ONERI PARTICOLARI A CARICO DELL'APPALTATORE

Si precisa inoltre che, oltre agli oneri generali di contratto e di capitolato sono compresi nel prezzo offerto:

- f) tutti i sondaggi, saggi, aperture, demolizioni che si rendessero necessari;
- g) i piani di tracciamento delle opere e la posa dei capisaldi;

- h) il prelievo di campioni di acciaio e calcestruzzo di nuova esecuzione, anche mediante carotaggi, nel numero che saranno prescritti dalla D.L. per l'invio a laboratori ufficiali per prove di caratterizzazione meccanica e chimico-fisica degli stessi;
- i) i costi delle prove di laboratorio e dei relativi certificati;
- j) i costi e tutti gli oneri per l'attività di monitoraggio previste;
- k) i costi delle prove di carico su travi, solai, scale; secondo quanto previsto dal Collaudatore, comunque non inferiori a n.20 prove;
- l) i costi ed oneri per le prove dinamiche sui solai mediante Vibrodine ($n^{\circ}4 \times 2$)=8 prove, ivi compresi prestazioni professionali degli sperimentatori;
- m) i costi delle prove di carico su piastra $\varnothing 600$ mm sui piani di fondo scavo ($n^{\circ}4 \times 3$)=12 prove;
- n) i costi per la definizione del mix design, dei calcestruzzi, le prove, le sperimentazioni prima e durante la costruzione in modo da ottenere le classi di calcestruzzo richieste;
- o) i costi per la realizzazione della rete equipotenziale di terra mediante saldature di armature metalliche e integrazioni delle stesse;
- p) i costi per i controlli della saldature, con Istituto Ufficiale designato dalla Committente, ma a carico dell'appaltatore per la qualifica dei materiali in acciaio, e per i controlli delle saldature;
- q) i costi per la redazione dei disegni costruttivi di officina e di cantiere di qualsiasi tipo, nonché i costi per la redazione dei disegni finali in versione "as built";
- r) i costi per la predisposizione del piano di monitoraggio con tecnico abilitato e per la gestione da parte di laboratorio ufficiale, con relativi rapporti tecnici periodici;
- s) i costi per la calcolo e redazione del progetto costruttivo dei ponteggi e dei puntellamenti dei solai da parte di tecnico abilitato e dei casseri;
- t) i costi per lo sviluppo del progetto costruttivo dei solai;
- u) i costi per le distinte di taglio e piegatura dei ferri tondini di armatura di tutti i manufatti da realizzare e i dettagli costruttivi della posizione delle armature nei nodi più critici.

Inoltre:

AVVERTENZA N°1: nel caso di eventuali divergenze di dimensioni o tipologia costruttiva di manufatti (manufatti realizzati in cemento armato anziché in muratura) prevale quanto riportato negli elaborati strutturali sia per la realizzazione che per i costi delle opere essendo compresi e da valutarsi nell'offerta a corpo.

AVVERTENZA N°2: la Direzione Lavori si riserva la facoltà in sede di esecuzione delle opere di fornire e/o puntualizzare dettagli di armature, e/o ulteriori dettagli costruttivi in cantiere, per la migliore riuscita dell'opera, senza che ciò costituisca motivo per l'Impresa di pretendere eventuali maggiori oneri e/o costi.

AVVERTENZA N°3: Nel caso di eventuali divergenze di spessori di setti /pareti in c.a. fra disegni architettonici e strutturali prevalgono quelli riportati sulle tavole strutturali, che s'intendono compensati nel prezzo offerto.

AVVERTENZA N°4: nel corso dell'esecuzione delle opere la Direzione Lavori potrà modificare la posizione e/o la dimensione delle forometrie dei setti, delle pareti e dei solai/travi o potrà richiedere l'inserimento di nuove forometrie senza che ciò costituisca motivo per l'Impresa di pretendere eventuali maggiori oneri e costi.

AVVERTENZA N°5: a fondo scavo potrebbero essere ancora rinvenuti residui di vasche in cemento armato, murature di fondazione, fondazioni di vario genere, cunicoli ecc... In tal caso detti manufatti dovranno essere rimossi e sostituiti con riempimenti in misto granulare stabilizzato a cemento costipati e realizzati in modo da garantire σ terreno di appoggio delle fondazioni non inferiore a $5,0 \text{ Kg/cm}^2$.

2.2 PALI TRIVELLATI

2.2.1 TIPO DI PALI

I pali saranno trivellati con impiego di con fanghi bentonitici. E' prevista armatura B450C così come meglio specificato negli elaborati di progetto. Il micropalo da adottare nel campo prova sarà lo stesso, sia come caratteristiche, sia come metodologia di esecuzione, di quelli poi utilizzati come fondazione.

Pali diametro 600 mm:

| | |
|-------------------------------------|-------------|
| - diametro utile della perforazione | Ø = 600 mm |
| - armatura longitudinale | n. 14Ø18 |
| - staffe a spirale | Ø12/20 |
| - acciaio | B450C |
| - lunghezza utile | L = 11.00 m |
| - trave di coronamento | dim. 60x50 |

Pali diametro 800 mm:

| | |
|-------------------------------------|-------------|
| - diametro utile della perforazione | Ø = 800 mm |
| - armatura longitudinale | n. 18Ø20 |
| - staffe a spirale | Ø12/20 |
| - acciaio | B450C |
| - lunghezza utile | L = 13.00 m |
| - trave di coronamento | dim. 80x50 |

La trave di coronamento verrà realizzata previa scapitozzatura degli ultimi 50 cm del palo, pulizia e ravvivamento del calcestruzzo, pulizia delle armature, ricuciture delle armature. E' compreso nel prezzo la realizzazione dell'impianto di cantiere e l'esecuzione del campo prova.

2.2.2 CAMPO PROVA

Il campo prova consisterà nell'esecuzione di 4 pali. Tutti i pali saranno sottoposti a prova di carico in compressione fino a rottura e di spinta laterale.

L'area in cui realizzare il campo prova sarà interna al cantiere e sufficientemente prossima alla zona di esecuzione da poter ritenere valida la stessa successione stratigrafica assunta nei calcoli.

2.2.3 ATTREZZATURA

Per la perforazione saranno utilizzate attrezzature semoventi equipaggiate con rotary. L'utensile di scavo sarà il più idoneo in relazione alla natura e alla consistenza dei terreni da scavare.

Numero, potenza e capacità operativa delle attrezzature dovranno essere tali da consentire la realizzazione dei pali nei tempi previsti alla luce delle condizioni ambientali, litologiche e idrogeologiche dei terreni da attraversare, nonché in relazione alle dimensioni (diametro e lunghezza) dei pali da eseguire.

2.2.4 PREPARAZIONE DEL FANGO BENTONITICO

Il fango bentonitico dovrà essere preparato e utilizzato in accordo alle modalità progettuali.

2.2.5 PERFORAZIONE

La perforazione potrà essere condotta con l'impiego della rotazione utilizzando un attrezzo disgregatore. La perforazione sarà effettuata con impiego di fanghi bentonitici.

Il diametro reso della perforazione dovrà essere di almeno 800 mm (per pali diametro 800 mm) e almeno 600 mm (per pali diametro 600 mm), tale da garantire il copriferro necessario.

La lunghezza della perforazione dovrà risultare almeno 100 cm superiore a quella teorica richiesta.

Terminata la perforazione ed eseguita la pulizia del foro si dovrà procedere senza soluzione di continuità alla posa in opera dell'armatura.

Se necessario, 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 plano-altimetrica della sommità del palo o di difesa dall'erosione del terreno nelle fasi di immissione e risalita dell'utensile di perforazione.

.Una volta raggiunte le profondità previste dal progetto, si provvederà alla sostituzione del fango di perforazione fino al raggiungimento dei prescritti valori del contenuto in sabbia, e alla eventuale pulizia del fondo foro con gli utensili più adatti (per esempio, il cleaning bucket).

Per la rimonta del fango di perforazione da sostituire prima del getto, si potrà utilizzare uno dei seguenti sistemi:

- eiettore (air lifting);
- pompa sommersa per fanghi;
- pompa-vuoto applicata in testa al tubo-getto.

Nel caso di presenza nel terreno di trovanti lapidei o di strati rocciosi o cementati e per conseguire un adeguato immorsamento in substrati di roccia dura, si potrà ricorrere

all'impiego di scalpelli frangiroccia azionati a percussione, di peso e forma adeguati alla natura dell'ostacolo e comunque dotati alla sommità di un anello di forma appropriata per la guida dell'utensile.

In alternativa all'uso dello scalpello, possono essere utilizzate eliche da roccia aventi spirali rinforzate e denti idonei allo stato di fessurazione della roccia da perforare.

L'impiego dello scalpello comporterà l'adozione di un rivestimento provvisorio, spinto sino al tetto della formazione lapidea, allo scopo di evitare urti e rimbalzi laterali dello scalpello contro le pareti del foro.

2.2.6 ARMATURA

Completata la perforazione, si provvederà alla posa in opera della gabbia delle armature, preassemblata, in conformità con le specifiche previste in questo capitolato o secondo le ulteriori indicazioni del direttore dei lavori.

L'armatura sarà costituita da armatura lenta B450C.

Le gabbie di armatura dovranno essere dotate di opportuni distanziatori non metallici atti a garantire la centratura dell'armatura e di un copriferro netto minimo di 6-7 cm rispetto al diametro nominale del foro.

2.2.7 POSA IN OPERA DELL'ARMATURA

La posa in opera dell'armatura avverrà con l'adozione di rivestimento metallico o con uso di boiaccia come fluido di perforazione.

L'armatura sarà assemblata in cantiere, l'impresa dovrà avere cura di garantire la continuità della stessa garantendo sempre una sovrapposizione minima di 70 diametri.

La posizione dell'armatura nel foro sarà mantenuta centrata utilizzando distanziatori ad interasse non superiore a 1 m, preferibilmente montati sulle spirali.

Non dovrà trascorrere più di 1.5 h tra il termine della perforazione e l'inizio del getto. In caso di interruzione del lavoro la perforatrice resterà in posizione fino alla ripresa delle operazioni e si provvederà quindi alla pulizia del perforo prima di dare avvio alla posa dell'armatura.

Nel corso della posa dell'armatura si dovrà controllare che l'armatura scenda regolarmente fino alla quota di progetto e che non esistano accumuli di materiale franato sul fondo-foro.

2.2.8 GETTO DEL CALCESTRUZZO

Il getto del calcestruzzo avverrà impiegando il tubo di convogliamento. Esso sarà costituito da sezioni non più lunghe di 3 m di tubo in acciaio avente diametro interno di 20-26 cm.

L'interno del tubo sarà pulito, privo di irregolarità e strozzature. Le giunzioni tra sezione e sezione saranno del tipo filettato, senza manicotto (filettatura in spessore) o con manicotti

esterni che comportino un aumento di diametro non superiore a 2 cm. Sono escluse le giunzioni a flangia.

Il tubo sarà provvisto all'estremità superiore di una tramoggia di carico avente una capacità di almeno 0,5- 0,6 m³ e mantenuto sospeso da un mezzo di sollevamento.

Prima di installare il tubo getto sarà eseguita un'ulteriore misura del fondo foro. Qualora lo spessore del deposito superi i 20 cm, si provvederà all'estrazione della gabbia d'armatura e alle operazioni di pulizia.

Il tubo di convogliamento sarà posto in opera arrestando il suo piede a circa 30-60 cm dal fondo della perforazione. Al fine di evitare azioni di contaminazione o dilavamento del primo calcestruzzo gettato, prima di iniziare il getto si disporrà entro il tubo, in prossimità del suo raccordo con la tramoggia, un tappo formato da un involucro di carta o plastica, riempito con vermiculite granulare, palline di polistirolo o sabbia.

Durante il getto di calcestruzzo il tubo convogliatore sarà opportunamente manovrato, in modo da favorire l'uscita e la risalita del calcestruzzo evitando altresì la segregazione della malta dagli inerti.

Previa verifica del livello raggiunto, utilizzando uno scandaglio metallico a fondo piatto, nel corso del getto il tubo di convogliamento sarà accorciato per tratti successivi, sempre conservando un'immersione minima nel calcestruzzo di 2 m.

Il getto di calcestruzzo dovrà essere portato ad almeno 0,5-1 m al di sopra delle quote di progetto della testa palo, per consentire di eliminare la parte superiore del palo (scapitozzatura).

All'inizio del getto si dovrà disporre di un volume di calcestruzzo pari a quello del tubo di getto e di almeno 3 o 4 m di palo.

È prescritta una cadenza di getto non inferiore a 15 m³/ora.

Durante le operazioni di getto, al termine dello scarico di ogni betoniera, l'appaltatore dovrà verificare la quota di riempimento del palo, in modo da avere un immediato raffronto fra la quota teorica e la quota raggiunta.

2.2.9 CONTROLLI

Per ciascun palo, l'appaltatore dovrà redigere una scheda indicante:

- numero progressivo del palo (riferito a una planimetria);
- dati tecnici dell'attrezzatura;
- profondità di perforazione;
- informazioni relative alla stratigrafia locale;
- volumi e grafico del getto.

In presenza di anomalie e/o differenze rispetto alla stratigrafia prevista, qualora le condizioni reali risultino inferiori a quelle di progetto, l'appaltatore dovrà informare tempestivamente la direzione dei lavori.

2.2.10 STRUMENTAZIONE DI PROVA

Per l'esecuzione della prova di carico è richiesta la seguente attrezzatura minima:

- martinetto e relativa centralina di capacità almeno pari ad 1.5 volte il carico massimo previsto;
- cella di pressione per la lettura delle azioni effettivamente applicate al palo;
- n° 3 micrometri centesimali (o 3 trasduttori LVDT) disposti a 120° per la lettura degli abbassamenti del palo;
- traliccio di supporto ai micrometri;
- un livello ottico di precisione per leggere un'asta graduata fissata rigidamente all'armatura del micropalo.

Sono di esclusivo onere dell'Appaltatore la fornitura di ogni altra attrezzatura che si rendesse necessaria.

2.2.11 PROVA ECOSONICA

Dovranno essere effettuate almeno due prove di eco sonico (o della risposta impulsiva) al fine di verificare la continuità o eventuali anomalie del palo (variazioni di sezioni, cavità, interruzioni, giunzioni di prefabbricati non eseguite correttamente, ecc.).

2.3 SCAVI E REINTERRI

2.3.1 QUALITA' E PROVENIENZA DEI MATERIALI

Qualora il materiale scavato non possa essere impiegato per reinterri nel cantiere ed in particolare per le scarpate di scavo, è prevista la fornitura di materiale misto granulare. Il materiale deve provenire da cava ed essere esente da impurità o inclusioni di argilla, limi e sostanze organiche. Va fornito lavato e di granulometria assortita e stabilizzata, in funzione del reinterro da eseguire. Il materiale va rullato e costipato.

2.3.2 CRITERI E MODALITÀ DI ESECUZIONE

2.3.2.1 Scavi

Dovranno essere eseguiti secondo i disegni di progetto e le particolari prescrizioni che saranno impartite all'atto esecutivo dalla Direzione Lavori. Nell'esecuzione degli scavi in genere l'Appaltatore dovrà procedere in modo da impedire scoscendimenti e franamenti, sarà, oltre che responsabile di eventuali danni a persone ed a opere, altresì obbligato a provvedere a propria cura e spese alla rimozione delle materie franate. Le scarpe di scavo devono essere profilate secondo la pendenza di pendio stabile in funzione del tipo di terreno scavato.

Lo scavo si intende eseguito a mano o a macchina in terreni di qualsiasi natura e consistenza e comprende anche l'onere del reinterro delle scarpe di scavo a fianco delle travi di fondazione.

Qualora il materiale scavato non possa essere impiegato per riempimenti nel cantiere, l'Appaltatore dovrà trasportare lo stesso alle pubbliche discariche, uniformandosi alle prescrizioni delle autorità locali.

L'Appaltatore è tenuto alla demolizione ed allo sgombero dei residui di murature di mattoni o fondazioni, di calcestruzzo semplice od armato, di pavimentazioni in conglomerato cementizio armato e non e di quant'altro che si rinvenisse al di sotto del piano di inizio dello scavo durante gli scavi stessi o che eventualmente esistesse negli interrati oggetto dell'intervento. L'Appaltatore è pure tenuto allo spostamento di eventuali sottoservizi, tubazioni, condotte che potessero essere rinvenute durante gli scavi, o alla loro rimozione qualora non siano più attivi.

Si intendono quindi esplicitamente compresi tutti gli oneri inerenti a: spostamenti di condutture, tubazioni, cavi elettrici e simili degli impianti del fabbricato o comunali e di altre Aziende di servizio pubblico ed inoltre l'esecuzione, in accordo con la proprietà e le Aziende interessate, dei necessari lavori di spostamento, protezione o altro; nonché ponteggi, puntellazioni, sbadacchiature, sottomurazioni, aggettamenti per presenza di

falda e quant'altro necessario per il completamento dell'opera compreso l'eventuale impiego di pompe o altri mezzi idonei per il prosciugamento dell'acqua durante gli scavi.

Sono pure compresi tutti gli oneri relativi alla:

- a) esecuzione dello scavo con particolare cura in prossimità delle strutture esistenti, per separare le stesse da eventuali manufatti di qualsiasi genere;
- b) preventiva ispezione anche mediante saggi, della presenza di eventuali manufatti (pozzetti, tubazioni, chiusini, ecc.) potenzialmente contenenti amianto, per la loro individuazione, separazione e smaltimento a discarica autorizzata secondo le norme vigenti.

L'Appaltatore non potrà dare inizio all'esecuzione delle fondazioni prima che la Direzione Lavori abbia verificato ed approvato le superfici di scavo ed i piani di fondazione sotto pena di demolizione del già eseguito senza che ciò dia diritto a nessun compenso all'Appaltatore.

Su richiesta della Direzione Lavori, potranno essere eseguiti esami del terreno mediante saggi o pozzetti di ispezione profondi.

2.3.2.2 Scavi A Sezione Obbligata

Per scavi a sezione obbligata o per scavi di fondazione si intendono quelli chiusi da pareti, di norma verticali, effettuati al di sotto del piano orizzontale passante per il punto più depresso del terreno lungo il perimetro medesimo.

Gli scavi saranno, a giudizio della Direzione Lavori, spinti alle necessarie profondità, fino al rinvenimento del terreno di adeguata capacità portante, o per permettere, qualora siano previste, le canalizzazioni dei vari impianti alla profondità prescritta.

Speciale cura dovrà essere adottata durante l'esecuzione delle opere di scavo nella zona a ridosso di manufatti o fabbricati esistenti provvedendo alle necessarie puntellazioni, sottomurazioni, ecc., nonché alla rimozione delle eventuali puntellazioni esistenti, dopo aver assicurata la stabilità dei manufatti e fabbricati adiacenti.

Prima di iniziare gli scavi, verificare la quota dalla falda nel periodo specifico di esecuzione dei lavori e prevedere adeguati sistemi di aggettamento delle acque qualora necessari.

I pozzetti esplorativi e l'aggettamento della falda sono ad esclusivo onere dell'appaltatore.

2.3.2.3 Reinterri

I reinterri dovranno essere effettuati utilizzando materiale misto stabilizzato proveniente sia dagli scavi di fondazione, che dalle demolizioni, che da cava, purché di adeguate caratteristiche e qualità, di adeguata granulometria, disposto per strati successivi di spessore non superiore a 25 cm, bagnato e ben compattato strato per strato, in modo da evitare cedimenti nel tempo. In funzione delle scarpe di scavo e delle modalità di accesso

a fondo scavo per la compattazione saranno di volta in volta stabilite dalla D.L. le modalità di reinterro e compattazione.

Qualora il materiale proveniente dagli scavi e demolizioni non sia adeguato occorre che l'appaltatore approvvigioni a propria cura e spese materiale misto stabilizzato proveniente da cava di prestito.

In ogni caso non dovranno essere prodotti danneggiamenti ai manufatti eseguiti negli scavi o ad altri manufatti presenti nell'area interessata.

Nel caso non fosse possibile compattare in modo energico il materiale di reinterro, la D.L. senza alcun maggior compenso per l'appaltatore potrà ordinare l'impiego di misto granulare stabilizzato a cemento (in misura di 80-100 kg/mc) per garantire l'assenza o la limitazione di cedimenti nel tempo, senza che ciò comporti riconoscimento di maggiori oneri e spese all'appaltatore, essendo questa attività e precauzione già ricompresa nel prezzo forfetario offerto.

Si precisa che le prove di carico su piastra effettuate sul piano finito del reinterro (sono previste n° 12 prove), dovranno comprovare il sicuro raggiungimento di un modulo di deformabilità $ME > 20 \text{MPa}$.

2.3.2.4 Rullatura Dei Piani Di Fondo Scavo

Tutti i piani di fondo scavo, sia sotto le fondazioni che al di fuori delle stesse, devono essere accuratamente bagnati e rullati, con almeno 6 passate di rullo pesante da 8t e velocità 2 Km/h, o con rulli e compattatori di dimensioni più modeste, rane vibranti, ecc., in modo da ottenere un modulo di deformabilità di 20 MPa, provato con prove su piastra (n° 12 complessivamente) da effettuarsi sul piano di imposta dei locali tecnici interrati.

2.3.2.5 Sostituzione Di Materiale Non Idoneo Rinvenuto A Fondo Scavo.

Qualora al fondo scavo completata la rullatura e/o in presenza di lenti o zone di materiale scadente non dovessero essere raggiunti i valori di modulo pari a 20 MPa, si procederà alla sostituzione locale del terreno e a nuova compattatura.

Per la sostituzione del terreno potranno essere impiegati materiali di scavo o di demolizione purché di buona qualità e di adeguata pezzatura e granulometria.

La rullatura verrà ripetuta sulle zone nelle quali è stato sostituito il terreno fino a raggiungere, mediante energica compattatura e aspersione d'acqua, un modulo di deformabilità non inferiore a 18 MPa.

Nel caso di sostituzione del terreno, le prove di carico su piastra saranno ripetute e andranno in aggiunta alle n° 12 previste.

Tutti i fondi scavo, dopo la rullatura, non dovranno presentare differenze di quota altimetrica superiori a 22 mm rispetto alle quote nominali di progetto.

Tutti gli oneri di cui sopra sono compresi nel prezzo forfettario offerto e compensati con i prezzi di elenco relativi agli scavi e reinterri.

2.3.2.6 Divieti per l'appaltatore dopo l'esecuzione degli scavi

L'appaltatore, dopo l'esecuzione degli scavi di fondazione o di sbancamento, non può iniziare l'esecuzione delle strutture di fondazione prima che la direzione dei lavori abbia verificato la rispondenza geometrica degli scavi o degli sbancamenti alle prescrizioni del progetto esecutivo e l'eventuale successiva verifica geologica e geotecnica del terreno di fondazione.

2.3.2.7 Scavi di fondazione

Le fondazioni dirette o superficiali sono quelle che trasferiscono l'azione proveniente dalla struttura in elevato agli strati superficiali del terreno.

La profondità del piano di posa delle fondazioni deve essere quella prevista dal progetto esecutivo. Eventuali variazioni o diversa natura del terreno devono essere comunicate tempestivamente alla direzione dei lavori, perché possa prendere i provvedimenti del caso.

Il terreno di fondazione non deve subire rimaneggiamenti e deterioramenti prima della costruzione dell'opera. Eventuali acque ruscellanti o stagnanti devono essere allontanate dagli scavi.

Il piano di posa degli elementi strutturali di fondazione deve essere regolarizzato e protetto con conglomerato cementizio magro o altro materiale idoneo, eventualmente indicato dal direttore dei lavori.

2.3.2.8 Controllo della rispondenza tra la caratterizzazione geotecnica assunta in progetto e la situazione effettiva

In corso d'opera, il direttore dei lavori deve controllare la rispondenza tra la caratterizzazione geotecnica assunta in progetto esecutivo e la situazione effettiva del terreno.

2.3.2.9 Magrone

Prima di effettuare qualsiasi getto di calcestruzzo di fondazione, dovrà essere predisposto sul fondo dello scavo, dopo aver eseguito la pulizia e il necessario costipamento dello stesso, uno strato di calcestruzzo magro avente la funzione di piano di appoggio livellato e di cuscinetto isolante contro l'azione aggressiva del terreno.

Lo spessore dello strato di calcestruzzo magro è quello indicato negli elaborati progettuali esecutivi delle strutture.

2.4 STRUTTURE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO ARMATO NORMALE E PRECOMPRESSO, CASSEFORME

2.4.1 QUALITÀ E PROVENIENZA DEI MATERIALI

2.4.1.1 Identificazione, certificazione e accettazione

I materiali e i prodotti per uso strutturale, in applicazione delle Nuove norme tecniche per le costruzioni emanate con D.M. 14 gennaio 2008, devono essere:

- identificati mediante la descrizione a cura del fabbricante del materiale stesso e dei suoi componenti elementari;
- certificati mediante la documentazione di attestazione che preveda prove sperimentali per misurarne le caratteristiche chimiche, fisiche e meccaniche, effettuate da un ente terzo indipendente ovvero, ove previsto, autocertificate dal produttore secondo procedure stabilite dalle specifiche tecniche europee;
- accettati dal direttore dei lavori mediante controllo delle certificazioni di cui al punto precedente e mediante le prove sperimentali di accettazione previste dalle Nuove norme tecniche per le costruzioni per misurarne le caratteristiche chimiche, fisiche e meccaniche.

2.4.1.2 Procedure e prove sperimentali d'accettazione

Tutte le prove sperimentali che servono a definire le caratteristiche fisiche, chimiche e meccaniche dei materiali strutturali devono essere eseguite e certificate dai laboratori ufficiali di cui all'art. 59 del D.P.R. n. 380/2001, ovvero sotto il loro diretto controllo, sia per ciò che riguarda le prove di certificazione o di qualificazione sia per ciò che attiene quelle di accettazione.

I laboratori dovranno fare parte dell'albo dei laboratori ufficiali depositato presso il servizio tecnico centrale del Ministero delle infrastrutture e dei trasporti.

Nei casi in cui per materiali e prodotti per uso strutturale è prevista la marcatura ce ai sensi del D.P.R. 21 aprile 1993, n. 246, ovvero la qualificazione secondo le Nuove norme tecniche, la relativa attestazione di conformità deve essere consegnata alla direzione dei lavori.

Negli altri casi, l'idoneità all'uso va accertata attraverso le procedure all'uopo stabilite dal servizio tecnico centrale, sentito il Consiglio superiore dei lavori pubblici, che devono essere almeno equivalenti a quelle delle corrispondenti norme europee armonizzate, ovvero a quelle previste nelle Nuove norme tecniche.

Il richiamo alle specifiche tecniche europee en o nazionali uni, ovvero internazionali iso, deve intendersi riferito all'ultima versione aggiornata, salvo come diversamente specificato.

Il direttore dei lavori, per i materiali e i prodotti destinati alla realizzazione di opere strutturali e, in generale, nelle opere di ingegneria civile, ai sensi del paragrafo 2.1 delle Nuove norme tecniche approvate dal D.M. 14 gennaio 2008, deve, se necessario, ricorrere a procedure e prove sperimentali d'accettazione, definite su insiemi statistici significativi.

2.4.1.3 Procedure di controllo di produzione in fabbrica

I produttori di materiali, prodotti o componenti disciplinati dalle Nuove norme tecniche approvate dal D.M. 14 gennaio 2008, devono dotarsi di adeguate procedure di controllo di produzione in fabbrica. Per controllo di produzione nella fabbrica si intende il controllo permanente della produzione effettuato dal fabbricante. Tutte le procedure e le disposizioni adottate dal fabbricante devono essere documentate sistematicamente ed essere a disposizione di qualsiasi soggetto o ente di controllo.

Il prelievo dei campioni, verrà effettuato in contraddittorio e sarà appositamente verbalizzato. L'Appaltatore farà sì che tutti i materiali abbiano ad avere, durante il corso dei lavori, le medesime caratteristiche riconosciute ed accettate dalla Direzione.

Le provviste non accettate dalla Direzione Lavori, dovranno essere immediatamente allontanate dal cantiere, a cura e spese dell'Appaltatore, e sostituite con altre rispondenti ai requisiti richiesti.

L'Appaltatore resta comunque totalmente responsabile in rapporto dei materiali forniti la cui accettazione, in ogni caso, non pregiudica i diritti che la Committente si riserva in sede di collaudo finale.

2.4.2 MATERIALI PER IL CALCESTRUZZO

Qui di seguito si analizzano le caratteristiche necessarie per la realizzazione dei calcestruzzi che verranno impiegati nella costruzione della nuova Residenza Universitaria Codegone.

Il tutto è stato eseguito con l'obiettivo di:

- a) garantire alle strutture una durabilità compatibile con la vita utile di servizio attesa;
- b) facilitare le operazioni di posa in opera in modo da rendere più affidabile e costante il risultato in termini di qualità del calcestruzzo in opera e trasformare la durabilità "potenziale" del calcestruzzo in durabilità "reale" dell'opera;
- c) minimizzare gli effetti negativi prodotti dal calore di idratazione del cemento e dal ritiro igrometrico del conglomerato;

- d) risolvere le problematiche connesse alle modalità esecutive dei getti e ai sistemi costruttivi utilizzati;
- e) contenere gli effetti del ritiro e del creep.

I mix design delle miscele che verranno impiegate, dovranno essere sottoposti ad un iter costituito da:

- a) pre-qualifica della miscela in laboratorio;
- b) eventuale qualifica della stessa presso l'impianto produttivo;
- c) controlli di legge in corso d'opera.

Le specifiche contenute nel presente capitolato dovranno essere recepite e verificate dall'Appaltatore.

La cementeria dovrà garantire la composizione specificando il metodo di misura, secondo quanto previsto dalle "linee guida sul calcestruzzo strutturale" edito dalla Presidenza del Consiglio Superiore dei LL.PP. Servizio Tecnico Centrale (Cemento Portland ad alta resistenza chimica_Norme UNI in elaborazione).

L'impresa dovrà approvvigionare il cemento presso cementerie o fornirsi da impianti di confezionamento che diano garanzie di bontà, costanza del tipo, continuità di fornitura.

L'Impresa, a sua cura e spese, anche senza esplicita richiesta della Direzione Lavori, dovrà far eseguire tutte le prove secondo le norme di cui al D.M. 14/01/2008. Copia di tutti i certificati di prova dovrà essere consegnata alla Direzione Lavori. E' facoltà della Direzione Lavori richiedere la ripetizione delle prove su una stessa partita qualora sorgesse il dubbio di un degradamento delle caratteristiche del cemento, dovuto ad una qualsiasi causa.

| Elementi Strutturali | Classe di Esposizione EN 206 |
|--|---|
| strutture di fondazione/muri contro terra (classe di consistenza S4) | XC2 |
| Solai (classe di consistenza S4) | XC1 |
| Setti (classe di consistenza S4) | XC1 |
| Pilastri (classe di consistenza SCC) | XC2 |

a) DURABILITA' E VITA UTILE DI SERVIZIO

Nel presente capitolato, la scelta delle prestazioni minime delle miscele da adottare è stata eseguita sulla base delle indicazioni riportate nella norma UNI 11104 del 2004 (che costituisce un adattamento in sede nazionale della norma

europea UNI EN 206-1) in funzione della classe di esposizione ambientale in cui l'opera, o la parte di opera, verrà a trovarsi in servizio.

b) LA LAVORABILITA' E IL GRADO DI COMPATTAZIONE IN OPERA

Al fine di garantire il raggiungimento di un maggior grado di compattazione e, quindi, di una maggiore affidabilità dell'opera in termini di sicurezza statica e durabilità "effettive", si è scelto di utilizzare calcestruzzi caratterizzati da classe di consistenza fluida (S4-SCC).

c) IL CALORE DI IDRATAZIONE E I GRADIENTI TERMICI

Nelle strutture caratterizzate da notevole volume di calcestruzzo gettato in un'unica soluzione o in getti contigui ravvicinati nel tempo, al fine di evitare la formazione di fessure per gradienti termici, va valutato il dosaggio ridotto di cemento nel calcestruzzo e l'adozione di cementi a basso sviluppo di calore.

2.4.2.1 Leganti per opere strutturali

Nelle opere strutturali devono impiegarsi esclusivamente i leganti idraulici previsti dalle disposizioni vigenti in materia, dotati di certificato di conformità (rilasciato da un organismo europeo notificato) a una norma armonizzata della serie uni en 197 ovvero a uno specifico benessere tecnico europeo (eta), perché idonei all'impiego previsto, nonché, per quanto non in contrasto, conformi alle prescrizioni di cui alla legge 26 maggio 1965, n. 595.

È escluso l'impiego di cementi alluminosi.

2.4.2.2 Fornitura

I sacchi per la fornitura dei cementi devono essere sigillati e in perfetto stato di conservazione. Se l'imballaggio fosse comunque manomesso o il prodotto avariato, il cemento potrà essere rifiutato dalla direzione dei lavori e dovrà essere sostituito con altro idoneo. Se i leganti sono forniti sfusi, la provenienza e la qualità degli stessi dovranno essere dichiarate con documenti di accompagnamento della merce. La qualità del cemento potrà essere accertata mediante prelievo di campioni e loro analisi presso laboratori ufficiali. L'impresa deve disporre in cantiere di silos per lo stoccaggio del cemento, che ne consentano la conservazione in idonee condizioni termoigrometriche.

2.4.2.3 Marchio di conformità

L'attestato di conformità autorizza il produttore ad apporre il marchio di conformità sull'imballaggio e sulla documentazione di accompagnamento relativa al cemento

certificato. Il marchio di conformità è costituito dal simbolo dell'organismo abilitato seguito da:

- nome del produttore e della fabbrica ed eventualmente del loro marchio o dei marchi di identificazione;
- ultime due cifre dell'anno nel quale è stato apposto il marchio di conformità;
- numero dell'attestato di conformità;
- descrizione del cemento;
- estremi del decreto.

Ogni altra dicitura deve essere stata preventivamente sottoposta all'approvazione dell'organismo abilitato.

Tabella 15.1. Requisiti meccanici e fisici dei cementi (D.M. 12 luglio 1999, n. 314)

| Classe | Resistenza alla compressione (N/mm ²) | | | | Tempo inizio presa (min) | Espansione (mm) |
|--------|---|----------|-----------------------------------|-------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| | Resistenza iniziale | | Resistenza normalizzata 28 giorni | | | |
| | 2 giorni | 7 giorni | | | | |
| 32,5 | - | > 16 | <input type="checkbox"/> 32,5 | <input type="checkbox"/> 52,5 | <input type="checkbox"/> 60 | <input type="checkbox"/> 10 |
| 32,5 R | > 10 | - | | | | |
| 4,25 | > 10 | - | <input type="checkbox"/> 42,5 | <input type="checkbox"/> 62,5 | | |
| 4,25 R | > 20 | - | | | | |
| 52,5 | > 20 | - | <input type="checkbox"/> 52,5 | - | <input type="checkbox"/> 45 | |
| 52,5 R | > 30 | - | | | | |

Tabella 15.2. Requisiti chimici dei cementi (D.M. 12 luglio 1999, n. 314)

| Proprietà | Prova secondo | Tipo di cemento | Classe di resistenza | Requisiti ¹ |
|---------------------------------|---------------|--|----------------------|--------------------------------|
| Perdita al fuoco | EN 196-2 | CEM I - CEM III | Tutte le classi | <input type="checkbox"/> 5,0% |
| Residuo insolubile | EN 196-2 | CEM I - CEM III | Tutte le classi | <input type="checkbox"/> 5,0% |
| Solfati come (SO ₃) | EN 196-2 | CEM I CEM II ² CEM IV CEM V | 32,5 32,5 R 42,5 | <input type="checkbox"/> 3,5% |
| | | | 42,5 R 52,5 52,5 R | <input type="checkbox"/> 4,0% |
| | | CEM III ³ | Tutte le classi | |
| Cloruri | EN 196-21 | Tutti i tipi ⁴ | Tutte le classi | <input type="checkbox"/> 0,10% |
| Pozzolanicità | EN 196-5 | CEM IV | Tutte le classi | Esito positivo della prova |

¹ I requisiti sono espressi come percentuale in massa. ² Questa indicazione comprende i cementi tipo CEM II/A e CEM II/B, ivi compresi i cementi Portland composti contenenti solo un altro componente principale, per esempio II/A-S o II/B-V, salvo il tipo CEM II/B-T, che può contenere fino al 4,5% di SO₃, per tutte le classi di resistenza. ³ Il cemento tipo CEM III/C può contenere fino al 4,5% di SO₃. ⁴ Il cemento tipo CEM III può contenere più dello 0,100% di cloruri, ma, in tal caso, si dovrà dichiarare il contenuto effettivo in cloruri.

Tabella 15.3. Valori limite dei cementi (D.M. 12 luglio 1999, n. 314)

| Proprietà | Valori limite | Classe di resistenza | | | | | |
|-----------|---------------|---|----------|------|-------|------|-------|
| | | 32,5 | 32,5R | 42,5 | 42,5R | 52,5 | 42,5R |
| | | Limite inferiore di resistenza (N/mm ²) | 2 giorni | - | 8,0 | 8,0 | 18,0 |
| | 7 giorni | 14,0 | - | - | - | - | - |

| | | | | | | | |
|--|--|----------------------|------|------|------|------|------|
| | 28 giorni | 30,0 | 30,0 | 40,0 | 40,0 | 50,0 | 50,0 |
| Tempo di inizio presa - Limite inferiore (min) | | 45 | | | 40 | | |
| Stabilità (mm) - Limite superiore | | 11 | | | | | |
| Contenuto di SO ₃ (%) - Limite superiore | Tipo I Tipo II ¹ Tipo IV Tipo V | 4,0 | | | 4,5 | | |
| | Tipo III/A Tipo III/B | 4,5 | | | | | |
| | Tipo III/C | 5,0 | | | | | |
| Contenuto di cloruri (%) - Limite superiore ² | | 0,11 | | | | | |
| Pozzolanicità | | Positiva a 15 giorni | | | | | |
| ¹ Il cemento tipo II/B può contenere fino al 5% di SO ₃ per tutte le classi di resistenza. ² Il cemento tipo III può contenere più dello 0,11% di cloruri, ma in tal caso deve essere dichiarato il contenuto reale di cloruri. | | | | | | | |

2.4.2.4 Metodi di prova

Ai fini dell'accettazione dei cementi la direzione dei lavori potrà effettuare le seguenti prove:

UNI EN 196-1 - *Metodi di prova dei cementi. Parte 1. Determinazione delle resistenze meccaniche;*

UNI EN 196-2 - *Metodi di prova dei cementi. Parte 2. Analisi chimica dei cementi;*

UNI EN 196-3 - *Metodi di prova dei cementi. Parte 3. Determinazione del tempo di presa e della stabilità;*

UNI ENV SPERIMENTALE 196-4 - *Metodi di prova dei cementi. Parte 4. Determinazione quantitativa dei costituenti;*

UNI EN 196-5 - *Metodi di prova dei cementi. Parte 5. Prova di pozzolanicità dei cementi pozzolanici;*

UNI EN 196-6 - *Metodi di prova dei cementi. Parte 6. Determinazione della finezza;*

UNI EN 196-7 - *Metodi di prova dei cementi. Parte 7. Metodi di prelievo e di campionatura del cemento;*

UNI EN 196-8 - *Metodi di prova dei cementi. Parte 8. Calore d'idratazione. Metodo per soluzione;*

UNI EN 196-9 - *Metodi di prova dei cementi. Parte 9. Calore d'idratazione. Metodo semiadiabatico;*

UNI EN 196-10 - *Metodi di prova dei cementi. Parte 10. Determinazione del contenuto di cromo (VI) idrosolubile nel cemento;*

UNI EN 196-21 - *Metodi di prova dei cementi. Determinazione del contenuto di cloruri, anidride carbonica e alcali nel cemento;*

UNI EN 197-1 - *Cemento. Parte 1. Composizione, specificazioni e criteri di conformità per cementi comuni;*

UNI EN 197-2 - *Cemento. Parte 2. Valutazione della conformità;*

UNI EN 197-4 - *Cemento. Parte 4. Composizione, specificazioni e criteri di conformità per cementi d'altoforno con bassa resistenza iniziale;*

UNI 10397 - Cementi. *Determinazione della calce solubilizzata nei cementi per dilavamento con acqua distillata;*

UNI EN 413-1 - Cemento da muratura. *Parte 1. Composizione, specificazioni e criteri di conformità;*

UNI EN 413-2 - Cemento da muratura. *Parte 2: Metodi di prova;*

UNI 9606 - Cementi resistenti al dilavamento della calce. *Classificazione e composizione.*

2.4.2.5 Aggregati

Sono idonei alla produzione di calcestruzzo per uso strutturale gli aggregati ottenuti dalla lavorazione di materiali naturali, artificiali, ovvero provenienti da processi di riciclo conformi alla norma europea armonizzata uni en 12620 e, per gli aggregati leggeri, alla norma europea armonizzata uni en 13055-1.

È consentito l'uso di aggregati grossi provenienti da riciclo, secondo i limiti di cui alla tabella 15.4, a condizione che la miscela di calcestruzzo confezionata con aggregati riciclati venga preliminarmente qualificata e documentata attraverso idonee prove di laboratorio. Per tali aggregati, le prove di controllo di produzione in fabbrica di cui ai prospetti H1, H2 ed H3 dell'annesso za della norma europea armonizzata uni en 12620, per le parti rilevanti, devono essere effettuate ogni 100 tonnellate di aggregato prodotto e, comunque, negli impianti di riciclo, per ogni giorno di produzione.

Tabella 15.4. Limiti di impiego degli aggregati grossi provenienti da riciclo

| Origine del materiale da riciclo | Classe del calcestruzzo | Percentuale di impiego |
|--|--|------------------------|
| Demolizioni di edifici (macerie) | = C8/10 | fino al 100% |
| Demolizioni di solo calcestruzzo e calcestruzzo armato | ≤ C30/37 | ≤ 30% |
| | ≤ C20/25 | fino al 60% |
| Riutilizzo di calcestruzzo interno negli stabilimenti di prefabbricazione qualificati (da qualsiasi classe > C45/55) | ≤ C45/55 Stessa classe del calcestruzzo di origine | fino al 15% fino al 5% |

Si potrà fare utile riferimento alle norme uni 8520-1 e uni 8520-2 al fine di individuare i requisiti chimico-fisici, aggiuntivi rispetto a quelli fissati per gli aggregati naturali, che gli aggregati riciclati devono rispettare, in funzione della destinazione finale del calcestruzzo e delle sue proprietà prestazionali (meccaniche, di durabilità e pericolosità ambientale, ecc.), nonché quantità percentuali massime di impiego per gli aggregati di riciclo o classi di resistenza del calcestruzzo, ridotte rispetto a quanto previsto nella tabella 15.4.

Gli inerti, naturali o di frantumazione, devono essere costituiti da elementi non gelivi e non friabili, privi di sostanze organiche, limose e argillose, di gesso, ecc., in proporzioni nocive all'indurimento del conglomerato o alla conservazione delle armature.

La ghiaia o il pietrisco devono avere dimensioni massime commisurate alle caratteristiche geometriche della carpenteria del getto e all'ingombro delle armature e devono essere lavati con acqua dolce qualora ciò sia necessario per l'eliminazione di materie nocive.

Il pietrisco deve provenire dalla frantumazione di roccia compatta, non gessosa né geliva, non deve contenere impurità né materie pulverulenti e deve essere costituito da elementi le cui dimensioni soddisfino alle condizioni sopra indicate per la ghiaia.

2.4.2.6 Sistema di attestazione della conformità

Il sistema di attestazione della conformità degli aggregati, ai sensi del D.P.R. n. 246/1993, è indicato nella tabella 15.5.

Il sistema 2+ (certificazione del controllo di produzione in fabbrica) è quello specificato all'art. 7, comma 1, lettera B, procedura 1 del D.P.R. n. 246/1993, comprensiva della sorveglianza, giudizio e approvazione permanenti del controllo di produzione in fabbrica.

Tabella 15.5. Sistema di attestazione della conformità degli aggregati

| Specificazione tecnica europea armonizzata di riferimento | Uso previsto | Sistema di attestazione della conformità |
|---|--------------------------|--|
| Aggregati per calcestruzzo | Calcestruzzo strutturale | 2+ |

2.4.2.7 Marcatura CE

Gli aggregati che devono riportare obbligatoriamente la marcatura ce sono riportati nella tabella 15.6.

La produzione dei prodotti deve avvenire con un livello di conformità 2+, certificato da un organismo notificato.

Tabella 15.6. Aggregati che devono riportare la marcatura CE

| Impiego aggregato | Norme di riferimento |
|---|----------------------|
| Aggregati per calcestruzzo | UNI EN 12620 |
| Aggregati per conglomerati bituminosi e finiture superficiali per strade, aeroporti e altre aree trafficate | UNI EN 13043 |
| Aggregati leggeri. Parte 1: Aggregati leggeri per calcestruzzo, malta e malta da iniezione/boiacca | UNI EN 13055-1 |
| Aggregati grossi per opere idrauliche (armourstone). Parte 1 | UNI EN 13383-1 |
| Aggregati per malte | UNI EN 13139 |
| Aggregati per miscele non legate e miscele legate utilizzati nelle opere di ingegneria civile e nella costruzione di strade | UNI EN 13242 |
| Aggregati per massicciate ferroviarie | UNI EN 13450 |

2.4.2.8 Controlli d'accettazione

I controlli di accettazione degli aggregati da effettuarsi a cura del direttore dei lavori, come stabilito dalle Norme tecniche per le costruzioni di cui al D.M. 14 gennaio 2008, devono

essere finalizzati alla determinazione delle caratteristiche tecniche riportate nella tabella 15.7, insieme ai relativi metodi di prova.

I metodi di prova da utilizzarsi sono quelli indicati nelle norme europee armonizzate citate, in relazione a ciascuna caratteristica.

Tabella 15.7. Controlli di accettazione per aggregati per calcestruzzo strutturale

| Caratteristiche tecniche | Metodo di prova |
|---|-----------------|
| Descrizione petrografica semplificata | UNI EN 932-3 |
| Dimensione dell'aggregato (analisi granulometrica e contenuto dei fini) | UNI EN 933-1 |
| Indice di appiattimento | UNI EN 933-3 |
| Dimensione per il filler | UNI EN 933-10 |
| Forma dell'aggregato grosso (per aggregato proveniente da riciclo) | UNI EN 933-4 |
| Resistenza alla frammentazione/frantumazione (per calcestruzzo $R_{ck} \geq C50/60$) | UNI EN 1097-2 |

2.4.2.9 Sabbia

Ferme restando le considerazioni dei paragrafi precedenti, la sabbia per il confezionamento delle malte o del calcestruzzo deve essere priva di solfati e di sostanze organiche, terrose o argillose e avere dimensione massima dei grani di 2 mm, per murature in genere, e di 1 mm, per gli intonaci e murature di paramento o in pietra da taglio.

La sabbia naturale o artificiale deve risultare bene assortita in grossezza e costituita da grani resistenti, non provenienti da roccia decomposta o gessosa. Essa deve essere scricchiolante alla mano, non lasciare traccia di sporco, non contenere materie organiche, melmose o comunque dannose. Prima dell'impiego, se necessario, deve essere lavata con acqua dolce per eliminare eventuali materie nocive.

Verifiche sulla qualità

La direzione dei lavori potrà accertare in via preliminare le caratteristiche delle cave di provenienza del materiale per rendersi conto dell'uniformità della roccia e dei sistemi di coltivazione e di frantumazione, prelevando dei campioni da sottoporre alle prove necessarie per caratterizzare la roccia nei riguardi dell'impiego.

Il prelevamento di campioni potrà essere omesso quando le caratteristiche del materiale risultino da un certificato emesso in seguito a esami fatti eseguire da amministrazioni pubbliche, a seguito di sopralluoghi nelle cave, e i risultati di tali indagini siano ritenuti idonei dalla direzione dei lavori.

Il prelevamento dei campioni di sabbia deve avvenire normalmente dai cumuli sul luogo di impiego; diversamente, può avvenire dai mezzi di trasporto ed eccezionalmente dai silos.

La fase di prelevamento non deve alterare le caratteristiche del materiale e, in particolare,

la variazione della sua composizione granulometrica e perdita di materiale fine. I metodi di prova possono riguardare l'analisi granulometrica e il peso specifico reale.

NORME PER GLI AGGREGATI PER LA CONFEZIONE DI CALCESTRUZZI

Riguardo all'accettazione degli aggregati impiegati per il confezionamento degli impasti di calcestruzzo, il direttore dei lavori, fermi restando i controlli della tabella 15.7, può fare riferimento anche alle seguenti norme:

UNI 8520-1 - *Aggregati per la confezione di calcestruzzi. Definizione, classificazione e caratteristiche;*

UNI 8520-2 - *Aggregati per la confezione di calcestruzzi. Requisiti;*

UNI 8520-7 - *Aggregati per la confezione calcestruzzi. Determinazione del passante allo staccio 0,075 UNI 2332;*

UNI 8520-8 - *Aggregati per la confezione di calcestruzzi. Determinazione del contenuto di grumi di argilla e particelle friabili;*

UNI 8520-13 - *Aggregati per la confezione di calcestruzzi. Determinazione della massa volumica e dell'assorbimento degli aggregati fini;*

UNI 8520-16 - *Aggregati per la confezione di calcestruzzi. Determinazione della massa volumica e dell'assorbimento degli aggregati grossi (metodi della pesata idrostatica e del cilindro);*

UNI 8520-17 - *Aggregati per la confezione di calcestruzzi. Determinazione della resistenza a compressione degli aggregati grossi;*

UNI 8520-20 - *Aggregati per la confezione di calcestruzzi. Determinazione della sensibilità al gelo e disgelo degli aggregati grossi;*

UNI 8520-21 - *Aggregati per la confezione di calcestruzzi. Confronto in calcestruzzo con aggregati di caratteristiche note;*

UNI 8520-22 - *Aggregati per la confezione di calcestruzzi. Determinazione della potenziale reattività degli aggregati in presenza di alcali;*

UNI EN 1367-2 - *Prove per determinare le proprietà termiche e la degradabilità degli aggregati. Prova al solfato di magnesio;*

UNI EN 1367-4 - *Prove per determinare le proprietà termiche e la degradabilità degli aggregati. Determinazione del ritiro per essiccaamento;*

UNI EN 12620 - *Aggregati per calcestruzzo;*

UNI EN 1744-1 - *Prove per determinare le proprietà chimiche degli aggregati. Analisi chimica;*

UNI EN 13139 - *Aggregati per malta.*

NORME DI RIFERIMENTO PER GLI AGGREGATI LEGGERI

Riguardo all'accettazione degli aggregati leggeri impiegati per il confezionamento degli impasti di calcestruzzo, il direttore dei lavori, fermi restando i controlli della tabella 15.7, potrà far riferimento anche alle seguenti norme:

UNI EN 13055-1 - *Aggregati leggeri per calcestruzzo, malta e malta per iniezione;*

UNI EN 13055-2 - *Aggregati leggeri per miscele bituminose, trattamenti superficiali e per applicazioni in strati legati e non legati;*

UNI 11013 - *Aggregati leggeri. Argilla e scisto espanso. Valutazione delle proprietà mediante prove su calcestruzzo convenzionale.*

2.4.2.10 Aggiunte

È ammesso l'impiego di aggiunte, in particolare di ceneri volanti, loppe granulate d'altoforno e fumi di silice, purché non vengano modificate negativamente le caratteristiche prestazionali del conglomerato cementizio.

Le ceneri volanti devono soddisfare i requisiti della norma **UNI EN 450** e potranno essere impiegate rispettando i criteri stabiliti dalle norme **UNI EN 206-1** e **UNI 11104**.

I fumi di silice devono essere costituiti da silice attiva amorfa presente in quantità maggiore o uguale all'85% del peso totale.

2.4.2.11 Ceneri volanti

Le ceneri volanti, costituenti il residuo solido della combustione di carbone, dovranno provenire da centrali termoelettriche in grado di fornire un prodotto di qualità costante nel tempo e documentabile per ogni invio, e non contenere impurezze (lignina, residui oleosi, pentossido di vanadio, ecc.) che possano danneggiare o ritardare la presa e l'indurimento del cemento.

Particolare attenzione dovrà essere prestata alla costanza delle loro caratteristiche, che devono soddisfare i requisiti della norma **UNI EN 450**.

Il dosaggio delle ceneri volanti non deve superare il 25% del peso del cemento. Detta aggiunta non deve essere computata in alcun modo nel calcolo del rapporto acqua/cemento.

Nella progettazione del mix design e nelle verifiche periodiche da eseguire, andrà comunque verificato che l'aggiunta di ceneri praticata non comporti un incremento della richiesta di additivo per ottenere la stessa fluidità dell'impasto privo di ceneri maggiore dello 0,2%.

NORME DI RIFERIMENTO

UNI EN 450-1 - *Ceneri volanti per calcestruzzo. Parte 1: Definizione, specificazioni e criteri di conformità;*

UNI EN 450-2 - *Ceneri volanti per calcestruzzo. Parte 2: Valutazione della conformità;*

UNI EN 451-1 - *Metodo di prova delle ceneri volanti. Determinazione del contenuto di ossido di calcio libero;*

UNI EN 451-2 - *Metodo di prova delle ceneri volanti. Determinazione della finezza mediante stacciatura umida.*

2.4.2.12 Microsilice

La silice attiva colloidale amorfa è costituita da particelle sferiche isolate di SiO_2 , con diametro compreso tra 0,01 e 0,5 micron, e ottenuta da un processo di tipo metallurgico, durante la produzione di silice metallica o di leghe ferro-silicio, in un forno elettrico ad arco.

La silice fume può essere fornita allo stato naturale, così come può essere ottenuta dai filtri di depurazione sulle ciminiere delle centrali a carbone oppure come sospensione liquida di particelle con contenuto secco di 50% in massa.

Si dovrà porre particolare attenzione al controllo in corso d'opera del mantenimento della costanza delle caratteristiche granulometriche e fisico-chimiche.

Il dosaggio della silice fume non deve comunque superare il 7% del peso del cemento.

Tale aggiunta non sarà computata in alcun modo nel calcolo del rapporto acqua/cemento.

Se si utilizzano cementi di tipo I, potrà essere computata nel dosaggio di cemento e nel rapporto acqua/cemento una quantità massima di tale aggiunta pari all'11% del peso del cemento.

Nella progettazione del mix design e nelle verifiche periodiche da eseguire, andrà comunque verificato che l'aggiunta di microsilice praticata non comporti un incremento della richiesta dell'additivo maggiore dello 0,2%, per ottenere la stessa fluidità dell'impasto privo di silice fume.

NORME DI RIFERIMENTO

UNI 8981-8 - *Durabilità delle opere e degli elementi prefabbricati di calcestruzzo. Istruzioni per prevenire la reazione alcali-silice;*

UNI EN 13263-1 - *Fumi di silice per calcestruzzo. Parte 1: Definizioni, requisiti e criteri di conformità;*

UNI EN 13263-2 - *Fumi di silice per calcestruzzo. Parte 2: Valutazione della conformità.*

2.4.2.13 Additivi

L'impiego di additivi, come per ogni altro componente, dovrà essere preventivamente sperimentato e dichiarato nel mix design della miscela di conglomerato cementizio, preventivamente progettata.

Gli additivi per impasti cementizi si intendono classificati come segue:

- fluidificanti;
- aeranti;
- ritardanti;
- acceleranti;
- fluidificanti-aeranti;
- fluidificanti-ritardanti;
- fluidificanti-acceleranti;
- antigelo-superfluidificanti.

Gli additivi devono essere conformi alla parte armonizzata della norma europea **UNI EN 934-2**.

L'impiego di eventuali additivi dovrà essere subordinato all'accertamento dell'assenza di ogni pericolo di aggressività.

Gli additivi dovranno possedere le seguenti caratteristiche:

- essere opportunamente dosati rispetto alla massa del cemento;
- non contenere componenti dannosi alla durabilità del calcestruzzo;
- non provocare la corrosione dei ferri d'armatura;
- non interagire sul ritiro o sull'espansione del calcestruzzo. In caso contrario, si dovrà procedere alla determinazione della stabilità dimensionale.

Gli additivi da utilizzarsi, eventualmente, per ottenere il rispetto delle caratteristiche delle miscele in conglomerato cementizio, potranno essere impiegati solo dopo una valutazione degli effetti per il particolare conglomerato cementizio da realizzare e nelle condizioni effettive di impiego.

Particolare cura dovrà essere posta nel controllo del mantenimento nel tempo della lavorabilità del calcestruzzo fresco.

Per le modalità di controllo e di accettazione il direttore dei lavori potrà far eseguire prove o accettare l'attestazione di conformità alle norme vigenti.

A) Additivi acceleranti

Gli additivi acceleranti, allo stato solido o liquido, hanno la funzione di addensare la miscela umida fresca e portare ad un rapido sviluppo delle resistenze meccaniche.

Il dosaggio degli additivi acceleranti dovrà essere contenuto tra lo 0,5 e il 2% (ovvero come indicato dal fornitore) del peso del cemento. In caso di prodotti che non contengono

cloruri, tali valori possono essere incrementati fino al 4%. Per evitare concentrazioni del prodotto, lo si dovrà opportunamente diluire prima dell'uso.

La direzione dei lavori si riserva di verificare la loro azione prima dell'impiego, mediante:

- l'esecuzione di prove di resistenza meccanica del calcestruzzo previste dal paragrafo 11.2.2 del D.M. 14 gennaio 2008 e norme UNI applicabili per la fornitura contrattuale;
- la determinazione dei tempi di inizio e fine presa del calcestruzzo additivato mediante la misura della resistenza alla penetrazione, da eseguire con riferimento alla norma **UNI 7123**.

In generale, per quanto non specificato si rimanda alla norma **UNI EN 934-2**.

B) Additivi ritardanti

Gli additivi ritardanti potranno essere eccezionalmente utilizzati, previa idonea qualifica e preventiva approvazione da parte della direzione dei lavori, per:

- particolari opere che necessitano di getti continui e prolungati, al fine di garantire la loro corretta monoliticità;
- getti in particolari condizioni climatiche;
- singolari opere ubicate in zone lontane e poco accessibili dalle centrali/impianti di betonaggio.

La direzione dei lavori si riserva di verificare la loro azione prima dell'impiego, mediante:

- l'esecuzione di prove di resistenza meccanica del calcestruzzo previste dal paragrafo 11.2.2 del D.M. 14 gennaio 2008 e norme UNI applicabili per la fornitura contrattuale;
- la determinazione dei tempi di inizio e fine presa del calcestruzzo additivato mediante la misura della resistenza alla penetrazione, da eseguire con riferimento alla norma **UNI 7123**.

Le prove di resistenza a compressione devono essere eseguite di regola dopo la stagionatura di 28 giorni e la presenza dell'additivo non deve comportare diminuzione della resistenza del calcestruzzo.

In generale, per quanto non specificato si rimanda alla norma **UNI EN 934-2**.

C) Additivi antigelo

Gli additivi antigelo sono da utilizzarsi nel caso di getto di calcestruzzo effettuato in periodo freddo, previa autorizzazione della direzione dei lavori.

Il dosaggio degli additivi antigelo dovrà essere contenuto tra lo 0,5 e il 2% (ovvero come indicato dal fornitore) del peso del cemento, che dovrà essere del tipo ad alta resistenza e in dosaggio superiore rispetto alla norma. Per evitare concentrazioni del prodotto, prima dell'uso, dovrà essere opportunamente miscelato al fine di favorire la solubilità a basse temperature.

La direzione dei lavori si riserva di verificare la loro azione prima e dopo l'impiego, mediante:

- l'esecuzione di prove di resistenza meccanica del calcestruzzo previste dal paragrafo 11.2.2 del D.M. 14 gennaio 2008 e norme UNI applicabili per la fornitura contrattuale;
- la determinazione dei tempi d'inizio e fine presa del calcestruzzo additivato mediante la misura della resistenza alla penetrazione, da eseguire con riferimento alla norma **UNI 7123**.

Le prove di resistenza a compressione di regola devono essere eseguite dopo la stagionatura di 28 giorni, la presenza dell'additivo non deve comportare diminuzione della resistenza del calcestruzzo.

D) Additivi fluidificanti e superfluidificanti

Gli additivi fluidificanti sono da utilizzarsi per aumentare la fluidità degli impasti, mantenendo costante il rapporto acqua/cemento e la resistenza del calcestruzzo, previa autorizzazione della direzione dei lavori.

L'additivo superfluidificante di prima e seconda additivazione dovrà essere di identica marca e tipo. Nel caso in cui il mix design preveda l'uso di additivo fluidificante come prima additivazione, associato ad additivo superfluidificante a piè d'opera, questi dovranno essere di tipo compatibile e preventivamente sperimentati in fase di progettazione del mix design e di prequalifica della miscela.

Dopo la seconda aggiunta di additivo, sarà comunque necessario assicurare la miscelazione per almeno 10 minuti prima dello scarico del calcestruzzo. La direzione dei lavori potrà richiedere una miscelazione più prolungata in funzione dell'efficienza delle attrezzature e delle condizioni di miscelamento.

Il dosaggio degli additivi fluidificanti dovrà essere contenuto tra lo 0,2 e lo 0,3% (ovvero come indicato dal fornitore) del peso del cemento. Gli additivi superfluidificanti vengono aggiunti in quantità superiori al 2% rispetto al peso del cemento.

In generale, per quanto non specificato si rimanda alla norma **UNI EN 934-2**.

La direzione dei lavori si riserva di verificare la loro azione prima e dopo l'impiego mediante:

- la determinazione della consistenza dell'impasto mediante l'impiego della tavola a scosse con riferimento alla norma **UNI 8020**;
- l'esecuzione di prove di resistenza meccanica del calcestruzzo previste dal paragrafo 11.2.2 del D.M. 14 gennaio 2008 e norme UNI applicabili per la fornitura contrattuale;
- la prova di essudamento prevista dalla norma **UNI 7122**.

E) Additivi aeranti

Gli additivi aeranti sono da utilizzarsi per migliorare la resistenza del calcestruzzo ai cicli di gelo e disgelo, previa autorizzazione della direzione dei lavori. La quantità dell'aerante deve essere compresa tra lo 0,005 e lo 0,05% (ovvero come indicato dal fornitore) del peso del cemento.

La direzione dei lavori si riserva di verificare la loro azione prima e dopo l'impiego mediante:

- la determinazione del contenuto d'aria secondo la norma **UNI EN 12350-7**;
- l'esecuzione di prove di resistenza meccanica del calcestruzzo previste dal paragrafo 11.2.2 del D.M. 14 gennaio 2008 e norme UNI applicabili per la fornitura contrattuale;
- prova di resistenza al gelo secondo la norma **UNI 7087**;
- prova di essudamento secondo la norma **UNI 7122**.

Le prove di resistenza a compressione del calcestruzzo, di regola, devono essere eseguite dopo la stagionatura.

NORME DI RIFERIMENTO

La direzione dei lavori, per quanto non specificato, per valutare l'efficacia degli additivi potrà disporre l'esecuzione delle seguenti prove:

UNI 7110 - *Additivi per impasti cementizi. Determinazione della solubilità in acqua distillata e in acqua satura di calce;*

UNI 10765 - *Additivi per impasti cementizi. Additivi multifunzionali per calcestruzzo. Definizioni, requisiti e criteri di conformità;*

UNI EN 480 - *Additivi per calcestruzzo, malta e malta per iniezione. Metodi di prova. Parte 4: Determinazione della quantità di acqua essudata del calcestruzzo;*

UNI EN 480-5 - *Additivi per calcestruzzo, malta e malta per iniezione. Metodi di prova. Parte 5: Determinazione dell'assorbimento capillare;*

UNI EN 480-6 - *Additivi per calcestruzzo, malta e malta per iniezione. Metodi di prova. Parte 6: Analisi all'infrarosso;*

UNI EN 480-8 - *Additivi per calcestruzzo, malta e malta per iniezione. Metodi di prova. Determinazione del tenore di sostanza secca convenzionale;*

UNI EN 480-10 - *Additivi per calcestruzzo, malta e malta per iniezione. Metodi di prova. Determinazione del tenore di cloruri solubili in acqua;*

UNI EN 480-11 - *Additivi per calcestruzzo, malta e malta per iniezione. Metodi di prova. Parte 11: Determinazione delle caratteristiche dei vuoti di aria nel calcestruzzo indurito;*

UNI EN 480-12 - *Additivi per calcestruzzo, malta e malta per iniezione. Metodi di prova. Parte 12: Determinazione del contenuto di alcali negli additivi;*

UNI EN 480-13 - *Additivi per calcestruzzo, malta e malta per iniezione. Metodi di prova. Parte 13: Malta da muratura di riferimento per le prove sugli additivi per malta;*

UNI EN 480-14 - *Additivi per calcestruzzo, malta e malta per iniezione. Metodi di prova. Parte 14: Determinazione dell'effetto sulla tendenza alla corrosione dell'acciaio di armatura mediante prova elettrochimica potenziostatica;*

UNI EN 934-1 - *Additivi per calcestruzzo, malta e malta per iniezione. Parte 1. Requisiti comuni;*

UNI EN 934-2 - *Additivi per calcestruzzo, malta e malta per iniezione. Parte 2. Additivi per calcestruzzo. Definizioni, requisiti, conformità, marcatura ed etichettatura;*

UNI EN 934-3 - *Additivi per calcestruzzo, malta e malta per iniezione. Parte 3. Additivi per malte per opere murarie. Definizioni, requisiti, conformità, marcatura ed etichettatura;*

UNI EN 934-4 - *Additivi per calcestruzzo, malta e malta per iniezione. Parte 4. Additivi per malta per iniezione per cavi di precompressione. Definizioni, requisiti, conformità, marcatura ed etichettatura;*

UNI EN 934-5 - *Additivi per calcestruzzo, malta e malta per iniezione. Parte 5. Additivi per calcestruzzo proiettato. Definizioni, requisiti, conformità, marcatura ed etichettatura;*

UNI EN 934-6 - *Additivi per calcestruzzo, malta e malta per iniezione. Parte 6. Campionamento, controllo e valutazione della conformità.*

F) Agenti espansivi

Gli agenti espansivi sono da utilizzarsi per aumentare il volume del calcestruzzo sia in fase plastica sia indurito, previa autorizzazione della direzione dei lavori. La quantità dell'aerante deve essere compresa tra il 7 e il 10% (ovvero come indicato dal fornitore) del peso del cemento.

La direzione dei lavori si riserva di verificare la loro azione prima e dopo l'impiego mediante:

- l'esecuzione di prove di resistenza meccanica del calcestruzzo previste dal paragrafo 11.2.2 del D.M. 14 gennaio 2008 e norme UNI applicabili per la fornitura contrattuale;
- la determinazione dei tempi di inizio e fine presa del calcestruzzo additivato mediante la misura della resistenza alla penetrazione, da eseguire con riferimento alla norma **UNI 7123**.

Le prove di resistenza a compressione del calcestruzzo, di regola, devono essere eseguite dopo la stagionatura.

NORME DI RIFERIMENTO

UNI 8146 - *Agenti espansivi non metallici per impasti cementizi. Idoneità e relativi metodi di controllo;*

UNI 8147 - *Agenti espansivi non metallici per impasti cementizi. Determinazione dell'espansione contrastata della malta contenente l'agente espansivo;*

UNI 8148 - *Agenti espansivi non metallici per impasti cementizi. Determinazione dell'espansione contrastata del calcestruzzo contenente l'agente espansivo;*

UNI 8149 - *Agenti espansivi non metallici per impasti cementizi. Determinazione della massa volumica.*

2.4.2.14 Prodotti filmogeni per la protezione del calcestruzzo

Gli eventuali prodotti antievaporanti filmogeni devono rispondere alle norme comprese tra **UNI 8656** e **UNI 8660**. L'appaltatore deve preventivamente sottoporre all'approvazione della direzione dei lavori la documentazione tecnica sul prodotto e sulle modalità di applicazione. Il direttore dei lavori deve accertarsi che il materiale impiegato sia compatibile con prodotti di successive lavorazioni (per esempio, con il primer di adesione di guaine per impermeabilizzazione di solette) e che non interessi le zone di ripresa del getto.

NORME DI RIFERIMENTO

UNI 8656 - *Prodotti filmogeni per la protezione del calcestruzzo durante la maturazione. Classificazione e requisiti;*

UNI 8657 - *Prodotti filmogeni per la protezione del calcestruzzo durante la maturazione. Determinazione della ritenzione d acqua;*

UNI 8658 - *Prodotti filmogeni per la protezione del calcestruzzo durante la maturazione. Determinazione del tempo di essiccamento;*

UNI 8659 - *Prodotti filmogeni per la protezione del calcestruzzo durante la maturazione. Determinazione del fattore di riflessione dei prodotti filmogeni pigmentati di bianco;*

UNI 8660 - *Prodotti filmogeni per la protezione del calcestruzzo durante la maturazione. Determinazione dell'influenza esercitata dai prodotti filmogeni sulla resistenza all'abrasione del calcestruzzo.*

2.4.2.15 Prodotti disarmanti

Come disarmanti per le strutture in cemento armato, è vietato usare lubrificanti di varia natura e oli esausti.

Dovranno, invece, essere impiegati prodotti specifici, conformi alla norma **UNI 8866** (parti 1 e 2), per i quali sia stato verificato che non macchino o danneggino la superficie del conglomerato cementizio indurito, specie se a faccia vista.

2.4.2.16 Acqua di impasto

L'acqua per gli impasti deve essere dolce, limpida, priva di sali in percentuali dannose (particolarmente solfati e cloruri), priva di materie terrose e non aggressiva.

L'acqua, a discrezione della direzione dei lavori, in base al tipo di intervento o di uso, potrà essere trattata con speciali additivi, per evitare l'insorgere di reazioni chimico-fisiche al contatto con altri componenti l'impasto.

È vietato l'impiego di acqua di mare.

L'acqua di impasto, ivi compresa l'acqua di riciclo, dovrà essere conforme alla norma **UNI EN 1008**, come stabilito dalle Norme tecniche per le costruzioni emanate con D.M. 14 gennaio 2008.

A discrezione della direzione dei lavori, l'acqua potrà essere trattata con speciali additivi, in base al tipo di intervento o di uso, per evitare l'insorgere di reazioni chimico-fisiche al contatto con altri componenti d'impasto.

Tabella Acqua di impasto

| Caratteristica | Prova | Limiti di accettabilità |
|--------------------------------------|-----------------|---------------------------------|
| Ph | Analisi chimica | Da 5,5 a 8,5 |
| Contenuto solfati | Analisi chimica | SO ₄ minore 800 mg/l |
| Contenuto cloruri | Analisi chimica | Cl minore 300 mg/l |
| Contenuto acido solfidrico | Analisi chimica | minore 50 mg/l |
| Contenuto totale di sali minerali | Analisi chimica | minore 3000 mg/l |
| Contenuto di sostanze organiche | Analisi chimica | minore 100 mg/l |
| Contenuto di sostanze solide sospese | Analisi chimica | minore 2000 mg/l |

2.4.2.17 Classi di resistenza del conglomerato cementizio

A) Classi di resistenza

Per le classi di resistenza normalizzate per calcestruzzo normale, si può fare utile riferimento a quanto indicato nella norma **UNI EN 206-1** e nella norma **UNI 11104**.

Sulla base della denominazione normalizzata, vengono definite le classi di resistenza riportate in tabella 15.9.

Tabella Classi di resistenza

| Classi di resistenza |
|----------------------|
| C8/10 |
| C12/15 |
| C16/20 |
| C20/25 |
| C25/30 |
| C28/35 |
| C32/40 |
| C35/45 |
| C40/50 |
| C45/55 |
| C50/60 |
| C55/67 |

| |
|---------|
| C60/75 |
| C70/85 |
| C80/95 |
| C90/105 |

Per le classi di resistenza superiori a C45/55, la resistenza caratteristica e tutte le grandezze meccaniche e fisiche che hanno influenza sulla resistenza e durabilità del conglomerato devono essere accertate prima dell'inizio dei lavori tramite un'apposita sperimentazione preventiva e la produzione deve seguire specifiche procedure per il controllo di qualità.

B) Costruzioni di altri materiali

I materiali non tradizionali o non trattati nelle Norme tecniche per le costruzioni potranno essere utilizzati per la realizzazione di elementi strutturali o opere, previa autorizzazione del servizio tecnico centrale su parere del Consiglio superiore dei lavori pubblici, autorizzazione che riguarderà l'utilizzo del materiale nelle specifiche tipologie strutturali proposte sulla base di procedure definite dal servizio tecnico centrale.

2.4.2.18 Qualifica Dei Calcestruzzi

L'Impresa è tenuta all'osservanza del D.M. del 14 Gennaio 2008 "Approvazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni".

L'Impresa deve predisporre il "mix design" del calcestruzzo e qualificare i materiali e gli impasti di calcestruzzo in tempo utile prima dell'inizio di ciascuna opera d'arte, sottoponendo all'esame della Direzione Lavori:

- a. i campioni dei materiali che intende impiegare, indicando provenienza, tipo e qualità dei medesimi;
- b. lo studio granulometrico per ogni tipo e classe di calcestruzzo;
- c. il tipo e il dosaggio del cemento, il rapporto acqua/cemento, la composizione granulometrica degli aggregati, il tipo e il dosaggio degli additivi che intende usare, il valore previsto della consistenza e la lavorabilità misurata con il cono di Abrams;
- d. le caratteristiche 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 calcestruzzo, da eseguire con le modalità più avanti descritte;
- f. la valutazione della durabilità del calcestruzzo, fatta secondo quanto precisato successivamente;

- g. i progetti delle opere provvisionali (centine, armature di sostegno e attrezzature di costruzione).

Il tutto per garantire il raggiungimento delle classi di calcestruzzo e di lavorabilità richieste. 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 calcestruzzo e dopo aver effettuato, in contraddittorio con l'Impresa, impasti di prova del calcestruzzo per la verifica dei requisiti.

Dette prove saranno eseguite sui campioni confezionati in conformità a quanto proposto dall'Impresa ai punti a), b), c), d), e), f), g).

I laboratori, il numero dei campioni e le modalità di prova saranno quelli indicati dalla Direzione Lavori, tutti gli oneri relativi saranno a carico dell'Impresa.

La Direzione Lavori eseguirà controlli periodici in corso d'opera per verificare la corrispondenza tra le caratteristiche dei materiali e degli impasti impiegati e quelle definite in sede di qualifica.

La Direzione Lavori avrà la facoltà di modificare prima di ogni getto la classe di lavorabilità dei calcestruzzi, che sarà di grado S3, S4, S5 o S.C.C. (autocompattante) senza che ciò possa dare origine a pretese economiche di alcun genere da parte dell'appaltatore.

2.4.2.19 Resistenza E Durevolezza Dei Calcestruzzi

I calcestruzzi, se approvvigionati da impianto esterno di confezionamento, dovranno essere forniti a resistenza garantita a "piano cassero", ovvero a calcestruzzo già messo in opera. Per ciascuna determinazione in corso d'opera delle resistenze caratteristiche a compressione dei calcestruzzi dovranno essere eseguite due serie di prelievi da effettuarsi in conformità al D.M. del 14 Gennaio 2008 "Approvazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni" e s.m.i., Circolare 2 febbraio 2009, n. 617 - Istruzioni per l'applicazione delle "Nuove norme tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. 14 gennaio 2008.

I prelievi, eseguiti in contraddittorio con l'Impresa, verranno effettuati separatamente per ogni opera e per ogni tipo e classe di calcestruzzo 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 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 conservazione.

Qualora dalle prove eseguite presso Laboratori Ufficiali risultasse un valore R_{ck} inferiore a quello della classe indicata nei calcoli statici e nei disegni di progetto, 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 Rck 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 i Laboratori della Direzione Lavori, sia presso i Laboratori Ufficiali, comprese le spese per il rilascio dei certificati.

Potranno anche essere eseguite, se richieste dalla Direzione Lavori, prove di resistenza alla scagliatura delle superfici di calcestruzzo al gelo in presenza di sali disgelanti.

L'impresa dovrà inoltre prelevare serie ulteriori di provini per eseguire prove a tre, sette giorni in cantiere dotandosi di apposito laboratorio e di pressa in cantiere.

2.4.2.20 Acciai Per Cemento Armato

A) Generalità

Dovranno corrispondere alle prescrizioni di cui al NTC 2008.

Gli acciai dovranno essere esenti da difetti tali da pregiudicarne l'impiego, quali incisioni, ossidazioni, corrosioni, lesioni, untuosità ed in genere ricopertura da sostanze che possano ridurne sensibilmente l'aderenza al conglomerato.

E' richiesto l'impiego di acciaio di tipo saldabile.

B) Le forme di controllo obbligatorie

Le Nuove norme tecniche per le costruzioni per tutti gli acciai prevedono tre forme di controllo obbligatorie (paragrafo 11.3.1):

- in stabilimento di produzione, da eseguirsi sui lotti di produzione;
- nei centri di trasformazione, da eseguirsi sulle forniture;
- di accettazione in cantiere, da eseguirsi sui lotti di spedizione.

A tale riguardo 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 t;
- 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.

C) La marcatura e la rintracciabilità dei prodotti qualificati

Ciascun prodotto qualificato deve essere costantemente riconoscibile, per quanto concerne le caratteristiche qualitative, e rintracciabile, per quanto concerne lo stabilimento di produzione.

Il marchio indelebile deve essere depositato presso il servizio tecnico centrale e deve consentire, in maniera inequivocabile, di risalire:

- all'azienda produttrice;
- allo stabilimento;
- al tipo di acciaio e alla sua eventuale saldabilità.

Per *stabilimento* si intende un'unità produttiva a sé 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 fasci, differenti possono essere i sistemi di marchiatura adottati, anche in relazione all'uso, quali, per esempio, l'impressione sui cilindri di laminazione, la punzonatura a caldo e a freddo, la stampigliatura a vernice, la targhettatura, la sigillatura dei fasci e altri. Permane, comunque, l'obbligatorietà del marchio di laminazione per quanto riguarda le barre e i rotoli.

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 quanto possibile, anche in relazione all'uso del prodotto, il produttore è tenuto a marcare ogni singolo pezzo. Ove ciò non sia possibile, per la specifica tipologia del prodotto, la marcatura deve essere tale che, prima dell'apertura dell'eventuale ultima e più piccola confezione (fascio, bobina, rotolo, pacco, ecc.), il prodotto sia riconducibile al produttore, al tipo di acciaio, nonché al lotto di produzione e alla data di produzione.

Tenendo presente che gli elementi determinanti della marcatura sono la sua inalterabilità nel tempo e l'impossibilità di manomissione, il produttore deve rispettare le modalità di marcatura denunciate nella documentazione presentata al servizio tecnico centrale, e deve comunicare tempestivamente le eventuali modifiche apportate.

Il prodotto di acciaio non può essere impiegato in caso di:

- mancata marcatura;
- non corrispondenza a quanto depositato;

- illeggibilità, anche parziale, della marcatura.

Eventuali disposizioni supplementari atte a facilitare l'identificazione e la rintracciabilità del prodotto attraverso il marchio possono essere emesse dal servizio tecnico centrale.

Nella tabella si riportano i numeri di identificazione del paese di origine del produttore dell'acciaio previsti dalla norma **UNI EN 10080**, caratterizzanti nervature consecutive. Nel caso specifico dell'Italia si hanno quattro nervature consecutive.

Tabella Numeri di identificazione del paese di origine del produttore dell'acciaio previsti dalla norma UNI EN 10080

| Paese produttore | Numero di nervature trasversali normali tra l'inizio della marcatura e la nervatura rinforzata successiva |
|--|---|
| Austria, Germania | 1 |
| Belgio, Lussemburgo, Paesi Bassi, Svizzera | 2 |
| Francia | 3 |
| Italia | 4 |
| Irlanda, Islanda, Regno Unito | 5 |
| Danimarca, Finlandia, Norvegia, Svezia | 6 |
| Portogallo, Spagna | 7 |
| Grecia | 8 |
| Altri | 9 |

IDENTIFICAZIONE DEL PRODUTTORE

Il criterio di identificazione dell'acciaio prevede che su un lato della barra/rotolo vengano riportati dei simboli che identificano l'inizio di lettura del marchio (start: due nervature ingrossate consecutive), l'identificazione del paese produttore e dello stabilimento.

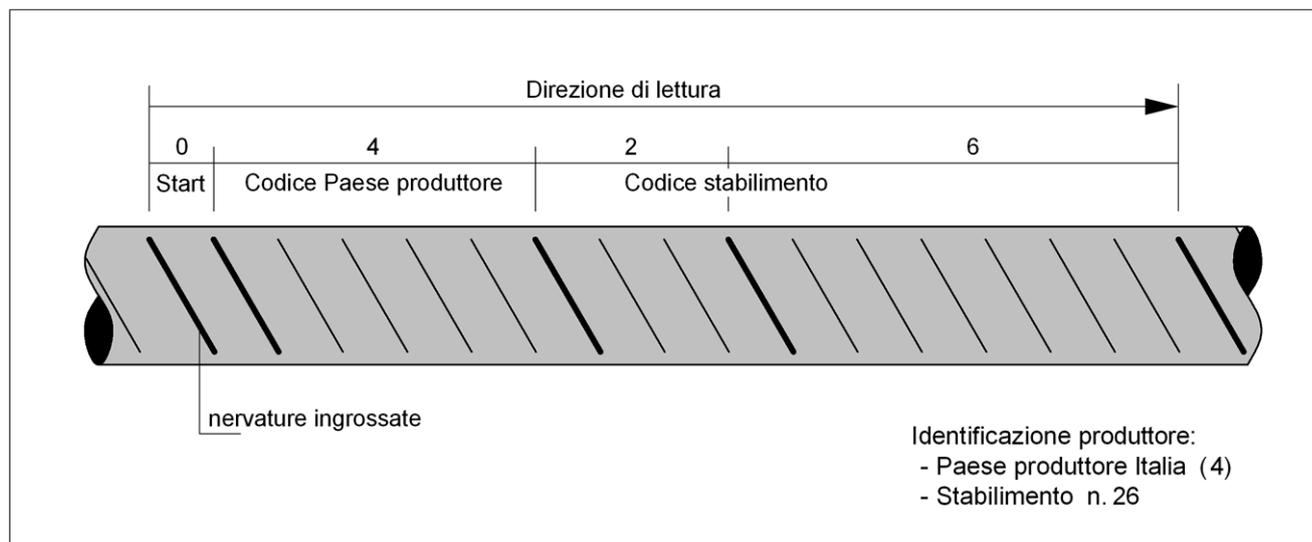
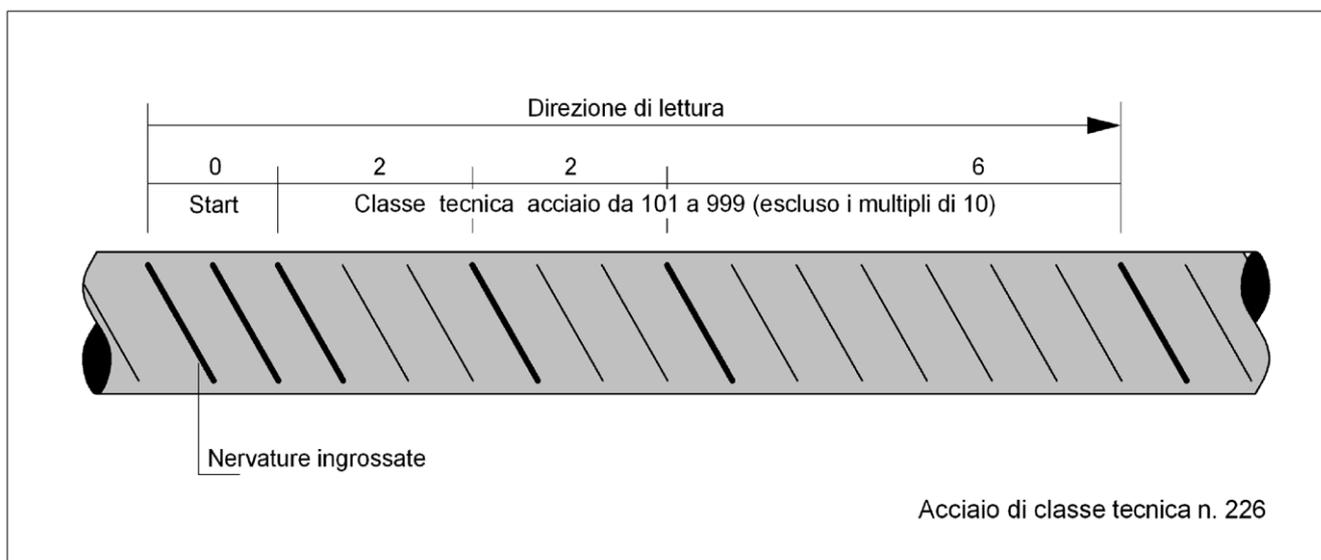


Figura 1**Identificazione del produttore**

IDENTIFICAZIONE DELLA CLASSE TECNICA

Sull'altro lato della barra/rotolo, l'identificazione prevede dei simboli che identificano l'inizio della lettura (start: tre nervature ingrossate consecutive) e un numero che identifica la classe tecnica dell'acciaio che deve essere depositata presso il registro europeo dei marchi, da 101 a 999 escludendo i multipli di 10. La figura 2 riporta è riferito a un acciaio di classe tecnica n. 226.

**Figura 2****Identificazione della classe tecnica**

D) Il caso dell'unità marcata scorporata. Le ulteriori indicazioni del direttore dei lavori per le prove di laboratorio

Può accadere che durante il processo costruttivo, presso gli utilizzatori, presso i commercianti o presso i trasformatori intermedi, l'unità marcata (pezzo singolo o fascio) venga scorporata, per cui una parte, o il tutto, perda l'originale marcatura del prodotto. In questo caso, tanto gli utilizzatori quanto i commercianti e i trasformatori intermedi, oltre a dover predisporre idonee zone di stoccaggio, hanno la responsabilità di documentare la provenienza del prodotto mediante i documenti di accompagnamento del materiale e gli estremi del deposito del marchio presso il servizio tecnico centrale.

In tal caso, i campioni destinati al laboratorio incaricato delle prove di cantiere devono essere accompagnati dalla sopraindicata documentazione e da una dichiarazione di provenienza rilasciata dal direttore dei lavori.

E) Conservazione della documentazione d'accompagnamento

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 dieci anni e devono mantenere evidenti le marcature o le etichette di riconoscimento per la rintracciabilità del prodotto.

F) Indicazione del marchio identificativo nei certificati delle prove meccaniche

Tutti i certificati relativi alle prove meccaniche degli acciai, sia in stabilimento sia in cantiere o nel luogo di lavorazione, devono riportare l'indicazione del marchio identificativo, rilevato a cura del laboratorio incaricato dei controlli, sui campioni da sottoporre a prove.

Nel caso i campioni fossero sprovvisti del marchio identificativo, ovvero il marchio non dovesse rientrare fra quelli depositati presso il servizio tecnico centrale, il laboratorio dovrà tempestivamente informare di ciò il servizio tecnico centrale e il direttore dei lavori.

Le certificazioni così emesse non possono assumere valenza ai fini della vigente normativa, il materiale non può essere utilizzato e il direttore dei lavori deve prevedere, a cura e spese dell'impresa, l'allontanamento dal cantiere del materiale non conforme.

G) Forniture e documentazione di accompagnamento: l'attestato di qualificazione

Le Nuove norme tecniche stabiliscono che tutte le forniture di acciaio devono essere accompagnate dall'attestato di qualificazione del servizio tecnico centrale (paragrafo 11.3.1.5).

L'attestato di qualificazione può essere utilizzato senza limitazione di tempo, inoltre deve riportare 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 e a rifiutare le eventuali forniture non conformi.

H) Centri di trasformazione

Le Nuove norme tecniche (paragrafo 11.3.2.6) definiscono *centro di trasformazione*, nell'ambito degli acciai per cemento armato, un impianto esterno al produttore e/o al cantiere, fisso o mobile, che riceve dal produttore di acciaio elementi base (barre o rotoli, reti, lamiere o profilati, profilati cavi, ecc.) e confeziona elementi strutturali direttamente impiegabili in opere in cemento armato quali, per esempio, elementi saldati e/o presagomati (staffe, ferri piegati, ecc.) o preassemblati (gabbie di armatura), pronti per la messa in opera o per successive lavorazioni.

Il centro di trasformazione deve possedere tutti i requisiti previsti dalle Nuove norme tecniche per le costruzioni.

I) Rintracciabilità dei prodotti

Il centro di trasformazione può ricevere e lavorare solo prodotti qualificati all'origine, accompagnati dall'attestato di qualificazione del servizio tecnico centrale.

Particolare attenzione deve essere posta nel caso in cui nel centro di trasformazione vengano utilizzati elementi base, comunque qualificati, ma provenienti da produttori differenti, attraverso specifiche procedure documentate che garantiscano la rintracciabilità dei prodotti.

J) Documentazione di accompagnamento e verifiche del direttore dei lavori

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. In particolare, ogni fornitura in cantiere di elementi presaldati, presagomati o preassemblati deve essere accompagnata:

- 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;
- 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 e 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 statico, che deve riportare nel certificato di collaudo statico gli estremi del centro di trasformazione che ha fornito l'eventuale materiale lavorato.

K) I tipi d'acciaio per cemento armato

Le Nuove norme tecniche per le costruzioni ammettono esclusivamente l'impiego di acciai saldabili e nervati idoneamente qualificati secondo le procedure previste dalle stesse norme e controllati con le modalità previste per gli acciai per cemento armato precompresso e per gli acciai per carpenterie metalliche.

I tipi di acciai per cemento armato sono indicati nella tabella 16.2.

Tabella Tipi di acciai per cemento armato

| Tipi di acciaio per cemento armato previsti dalle norme precedenti | Tipi di acciaio previsti dal D.M. 14 gennaio 2008 (saldabili e ad aderenza migliorata) |
|--|--|
| FeB22k e FeB32k (barre tonde lisce) | B450C (6 \leq \leq 50 m m) |
| FeB38k e FeB44k (barre tonde nervate) | B450A (5 \leq \leq 12 m m) |

(a) L'acciaio per cemento armato B450c

L'acciaio per cemento armato B450C (laminato a caldo) è caratterizzato dai seguenti valori nominali delle tensioni caratteristiche di snervamento e rottura da utilizzare nei calcoli:

- $f_{y\ nom}$: 450 N/mm²;
- $f_{t\ nom}$: 540 N/mm².

e deve rispettare i requisiti indicati nella tabella 16.3.

Tabella Acciaio per cemento armato laminato a caldo B450c

| Caratteristiche | Requisiti | Frattile (%) |
|--|---|--------------|
| Tensione caratteristica di snervamento f_{yk} | $\geq f_{y\ nom}$ | 5,0 |
| Tensione caratteristica di rottura f_{tk} | $\geq f_{t\ nom}$ | 5,0 |
| $(f_t/f_y)_k$ | $\geq 1,15 \leq 1,35$ | 10,0 |
| $(f_y/f_{y\ nom})_k$ | $\leq 1,25$ | 10,0 |
| Allungamento $(A_{gd})_k$ | $\geq 7,5\%$ | 10,0 |
| Diametro del mandrino per prove di piegamento a 90 ° e successivo raddrizzamento senza cricche | $\square\square \leq 12\text{mm}$ | 4 \square |
| | $12 \leq \square\square \leq 16\text{ mm}$ | 5 \square |
| | per $16 < \square\square \leq 25\text{ mm}$ | 8 \square |
| | per $25 < \square\square \leq 50\text{ mm}$ | 10 \square |

(b) L'acciaio per cemento armato B450A

L'acciaio per cemento armato B450A (trafilato a freddo), caratterizzato dai medesimi valori nominali delle tensioni di snervamento e rottura dell'acciaio B450C, deve rispettare i requisiti indicati nella tabella 16.4.

Tabella Acciaio per cemento armato trafilato a freddo B450A

| Caratteristiche | Requisiti | Frattile (%) |
|---|--------------------|--------------|
| Tensione caratteristica di snervamento f_{yk} | $\geq f_{y\ nom}$ | 5,0 |
| Tensione caratteristica di rottura f_{tk} | $\geq f_{t\ nom}$ | 5,0 |
| $(f_t/f_y)_k$ | $\geq 1,05$ | 10,0 |
| $(f_y/f_{y\ nom})_k$ | $\leq 1,25$ | 10,0 |
| Allungamento $(A_{gd})_k$ | $\geq 2,5\%$ | 10,0 |
| Diametro del mandrino per prove di piegamento a 90° e successivo raddrizzamento senza cricche: $\square\square < 10\text{mm}$ | 4 $\square\square$ | |

L) L'accertamento delle proprietà meccaniche

L'accertamento delle proprietà meccaniche degli acciai deve essere condotto secondo le seguenti norme (paragrafo 11.3.2.3 Nuove norme tecniche):

UNI EN ISO 15630-1 - *Acciaio per calcestruzzo armato e calcestruzzo armato precompresso. Metodi di prova. Parte 1: Barre, rotoli e fili per calcestruzzo armato;*

UNI EN ISO 15630-2 - *Acciaio per calcestruzzo armato e calcestruzzo armato precompresso. Metodi di prova. Parte 2: Reti saldate.*

Per gli acciai deformati a freddo, ivi compresi i rotoli, le proprietà meccaniche devono essere determinate su provette mantenute per 60 minuti a 100 ± 10 °C e successivamente raffreddate in aria calma a temperatura ambiente.

In ogni caso, qualora lo snervamento non sia chiaramente individuabile, si deve sostituire f_y , con $f_{(0,2)}$.

LA PROVA DI PIEGAMENTO

La prova di piegamento e di raddrizzamento deve essere eseguita alla temperatura di 20 ± 5 °C piegando la provetta a 90°, mantenendola poi per 30 minuti a 100 ± 10 °C e procedendo, dopo raffreddamento in aria, al parziale raddrizzamento per almeno 20°. Dopo la prova il campione non deve presentare cricche.

LA PROVA DI TRAZIONE

La prova a trazione per le barre è prevista dalla norma **UNI EN ISO 15630-1**. I campioni devono essere prelevati in contraddittorio con l'appaltatore al momento della fornitura in cantiere. Gli eventuali trattamenti di invecchiamento dei provini devono essere espressamente indicati nel rapporto di prova.

La lunghezza dei campioni delle barre per poter effettuare sia la prova di trazione sia la prova di piegamento deve essere di almeno 100 cm (consigliato 150 cm).

Riguardo alla determinazione di A_{gt} , allungamento percentuale totale alla forza massima di trazione F_m , bisogna considerare che:

- se A_{gt} è misurato usando un estensimetro, A_{gt} deve essere registrato prima che il carico diminuisca più di 0,5% dal relativo valore massimo;
- se A_{gt} è determinato con il metodo manuale, A_{gt} deve essere calcolato con la seguente formula:

$$A_{gt} = A_g + R_m/2000$$

dove

A_g è l'allungamento percentuale non-proporzionale al carico massimo F_m

R_m è la resistenza a trazione (N/mm²).

La misura di A_g deve essere fatta su una lunghezza della parte calibrata di 100 mm a una distanza r_2 di almeno 50 mm o $2d$ (il più grande dei due) lontano dalla frattura. Questa misura può essere considerata come non valida se la distanza r_1 fra le ganasce e la lunghezza della parte calibrata è inferiore a 20 mm o d (il più grande dei due).

La norma **UNI EN 15630-1** stabilisce che in caso di contestazioni deve applicarsi il metodo manuale.

M) Le caratteristiche dimensionali e di impiego

L'acciaio per cemento armato è generalmente prodotto in stabilimento sotto forma di barre o rotoli, reti o tralicci, per utilizzo diretto o come elementi di base per successive trasformazioni (paragrafo 11.3.2.4 Nuove norme tecniche).

Prima della fornitura in cantiere gli elementi di cui sopra possono essere saldati, presagomati (staffe, ferri piegati, ecc.) o preassemblati (gabbie di armatura, ecc.) a formare elementi composti direttamente utilizzabili in opera.

Tutti gli acciai per cemento armato devono essere 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.

La marcatura dei prodotti deve consentirne l'identificazione e la rintracciabilità.

La documentazione di accompagnamento delle forniture deve rispettare le prescrizioni stabilite dalle Norme tecniche, in particolare è necessaria per quei prodotti per i quali non sussiste l'obbligo della marcatura CE.

Le barre sono caratterizzate dal diametro \varnothing della barra tonda liscia equipesante, calcolato nell'ipotesi che la densità dell'acciaio sia pari a 7,85 kg/dm³.

I diametri di impiego per gli acciai B450C e B450A, in barre e in rotoli, sono riportati nelle tabelle 1 e 2.

Tabella 1 Diametri di impiego per gli acciai B450C e B450A in barre

| Acciaio in barre | Diametro \varnothing (mm) |
|------------------|------------------------------|
| B450C | $6 \leq \varnothing \leq 40$ |
| B450A | $5 \leq \varnothing \leq 10$ |

Tabella 2 Diametri di impiego per gli acciai B450C E B450A in rotoli

| Acciaio in rotoli | Diametro \varnothing (mm) |
|-------------------|------------------------------|
| B450C | $6 \leq \varnothing \leq 16$ |
| B450A | $5 \leq \varnothing \leq 10$ |

N) La sagomatura e l'impiego

Le Nuove norme tecniche stabiliscono che la sagomatura e/o l'assemblaggio dei prodotti possono avvenire (paragrafo 11.3.2.4 Nuove norme tecniche):

- in cantiere, sotto la vigilanza della direzione dei lavori;
- in centri di trasformazione, solo se dotati dei requisiti previsti.

Nel primo caso, per *cantiere* si intende esplicitamente l'area recintata del cantiere, all'interno della quale il costruttore e la direzione dei lavori sono responsabili dell'approvvigionamento e lavorazione dei materiali, secondo le competenze e responsabilità che la legge da sempre attribuisce a ciascuno.

Al di fuori dell'area di cantiere, tutte le lavorazioni di sagomatura e/o assemblaggio devono avvenire esclusivamente in centri di trasformazione provvisti dei requisiti delle indicati dalle Nuove norme tecniche.

O) Le reti e i tralici elettrosaldati

Gli acciai delle reti e dei tralici elettrosaldati devono essere saldabili. L'interasse delle barre non deve superare i 330 mm.

I tralici sono dei componenti reticolari composti con barre e assemblati mediante saldature.

Per le reti e i tralici in acciaio (B450C o B450A), gli elementi base devono avere diametro \varnothing come riportato nella tabella.

Tabella Diametro \varnothing degli elementi base per le reti e i tralici in acciaio B450C e B450A

| Acciaio tipo | Diametro \varnothing degli elementi base |
|--------------|--|
| B450C | $6 \text{ mm} \leq \varnothing \leq 16 \text{ mm}$ |
| B450A | $5 \text{ mm} \leq \varnothing \leq 10 \text{ mm}$ |

Il rapporto tra i diametri delle barre componenti le reti e i tralici deve essere: $\varnothing_{min}/\varnothing_{max} \geq 0,6$.

I nodi delle reti devono resistere a una forza di distacco determinata in accordo con la norma **UNI EN ISO 15630-2** pari al 25% della forza di snervamento della barra, da computarsi per quella di diametro maggiore sulla tensione di snervamento pari a 450 N/mm². Tale resistenza al distacco della saldatura del nodo deve essere controllata e certificata dal produttore di reti e di tralici secondo le procedure di qualificazione di seguito riportate.

In ogni elemento di rete o traliccio le singole armature componenti devono avere le stesse caratteristiche. Nel caso dei tralicci, è ammesso l'uso di staffe aventi superficie liscia perché realizzate con acciaio B450A oppure B450C saldabili.

La produzione di reti e tralicci elettrosaldati può essere effettuata a partire da materiale di base prodotto nello stesso stabilimento di produzione del prodotto finito o da materiale di base proveniente da altro stabilimento.

Nel caso di reti e tralicci formati con elementi base prodotti in altro stabilimento, questi ultimi possono essere costituiti da acciai provvisti di specifica qualificazione o da elementi semilavorati quando il produttore, nel proprio processo di lavorazione, conferisca al semilavorato le caratteristiche meccaniche finali richieste dalla norma.

In ogni caso, il produttore dovrà procedere alla qualificazione del prodotto finito, rete o traliccio.

LA MARCHIATURA DI IDENTIFICAZIONE

Ogni pannello o traliccio deve essere inoltre dotato di apposita marchiatura che identifichi il produttore della rete o del traliccio stesso.

La marchiatura di identificazione può essere anche costituita da sigilli o etichettature metalliche indelebili con indicati tutti i dati necessari per la corretta identificazione del prodotto, ovvero da marchiatura supplementare indelebile. In ogni caso, la marchiatura deve essere identificabile in modo permanente anche dopo l'annegamento nel calcestruzzo della rete o del traliccio elettrosaldato.

Laddove non fosse possibile tecnicamente applicare su ogni pannello o traliccio la marchiatura secondo le modalità sopra indicate, dovrà essere comunque apposta su ogni pacco di reti o tralicci un'apposita etichettatura, con indicati tutti i dati necessari per la corretta identificazione del prodotto e del produttore. In questo caso, il direttore dei lavori, al momento dell'accettazione della fornitura in cantiere, deve verificare la presenza della predetta etichettatura.

Nel caso di reti e tralicci formati con elementi base prodotti nello stesso stabilimento, ovvero in stabilimenti del medesimo produttore, la marchiatura del prodotto finito può coincidere con la marchiatura dell'elemento base, alla quale può essere aggiunto un segno di riconoscimento di ogni singolo stabilimento.

P) La saldabilità

L'analisi chimica effettuata su colata e l'eventuale analisi chimica di controllo effettuata sul prodotto finito deve soddisfare le limitazioni riportate nella tabella 16.8, dove il calcolo del carbonio equivalente C_{eq} è effettuato con la seguente formula:

$$C_{eq} = C + \frac{Mn}{6} + \frac{Cr + Mo + V}{5} + \frac{Ni + Cu}{15}$$

in cui i simboli chimici denotano il contenuto degli elementi stessi espresso in percentuale.

Tabella Massimo contenuto di elementi chimici in percentuale (%)

| Elemento | Simbolo | Analisi di prodotto | Analisi di colata |
|----------------------|-----------------|---------------------|-------------------|
| Carbonio | C | 0,24 | 0,22 |
| Fosforo | P | 0,055 | 0,050 |
| Zolfo | S | 0,055 | 0,050 |
| Rame | Cu | 0,85 | 0,80 |
| Azoto | N | 0,013 | 0,012 |
| Carbonio equivalente | C _{eq} | 0,52 | 0,50 |

È possibile eccedere il valore massimo di C dello 0,03% in massa, a patto che il valore del C_{eq} venga ridotto dello 0,02% in massa.

Contenuti di azoto più elevati sono consentiti in presenza di una sufficiente quantità di elementi che fissano l'azoto stesso.

Q) Le tolleranze dimensionali

La deviazione ammissibile per la massa nominale dei diametri degli elementi d'acciaio deve rispettare le tolleranze riportate nella tabella.

Tabella Deviazione ammissibile per la massa nominale

| Diametro nominale (mm) | 5 ≤ \varnothing ≤ 8 | 8 < \varnothing ≤ 40 |
|---|-----------------------|------------------------|
| Tolleranza in % sulla sezione ammessa per l'impiego | ±6 | ±4,5 |

2.4.2.21 Le procedure di controllo per acciai da cemento armato ordinario, barre e rotoli

A) I controlli sistematici

Le prove di qualificazione e di verifica periodica, di cui ai successivi punti, devono essere ripetute per ogni prodotto avente caratteristiche differenti o realizzato con processi produttivi differenti, anche se provenienti dallo stesso stabilimento.

I rotoli devono essere soggetti a qualificazione separata dalla produzione in barre e dotati di marchiatura differenziata.

B) Le prove di qualificazione

Il laboratorio ufficiale prove incaricato deve effettuare, senza preavviso, presso lo stabilimento di produzione, il prelievo di una serie di 75 saggi, ricavati da tre diverse colate o lotti di produzione, 25 per ogni colata o lotto di produzione, scelti su tre diversi diametri opportunamente differenziati, nell'ambito della gamma prodotta.

Il prelievo deve essere effettuato su tutti i prodotti che portano il marchio depositato in Italia, indipendentemente dall'etichettatura o dalla destinazione specifica.

Sui campioni devono essere determinati, a cura del laboratorio ufficiale incaricato, i valori delle tensioni di snervamento e rottura f_y e f_t , l'allungamento A_{gt} ed effettuate le prove di piegamento.

C) Le prove periodiche di verifica della qualità

Ai fini della verifica della qualità, il laboratorio incaricato deve effettuare controlli saltuari, ad intervalli non superiori a tre mesi, prelevando tre serie di cinque campioni, costituite ognuna da cinque barre di uno stesso diametro, scelte con le medesime modalità contemplate nelle prove a carattere statistico, e provenienti da una stessa colata.

Il prelievo deve essere effettuato su tutti i prodotti che portano il marchio depositato in Italia, indipendentemente dall'etichettatura o dalla destinazione specifica. Su tali serie il laboratorio ufficiale deve effettuare le prove di resistenza e di duttilità. I corrispondenti risultati delle prove di snervamento e di rottura vengono introdotti nelle precedenti espressioni, le quali vengono sempre riferite a cinque serie di cinque saggi, facenti parte dello stesso gruppo di diametri, da aggiornarsi ad ogni prelievo, aggiungendo la nuova serie ed eliminando la prima in ordine di tempo. I nuovi valori delle medie e degli scarti quadratici così ottenuti vengono quindi utilizzati per la determinazione delle nuove tensioni caratteristiche, sostitutive delle precedenti (ponendo $n = 25$).

Se i valori caratteristici riscontrati risultano inferiori ai minimi per gli acciai B450C e B450A, il laboratorio incaricato deve darne comunicazione al servizio tecnico centrale e ripetere le prove di qualificazione solo dopo che il produttore ha eliminato le cause che hanno dato luogo al risultato insoddisfacente.

Qualora uno dei campioni sottoposti a prova di verifica della qualità non soddisfi i requisiti di duttilità per gli acciai B450C e B450A, il prelievo relativo al diametro di cui trattasi deve essere ripetuto. Il nuovo prelievo sostituisce quello precedente a tutti gli effetti. Un ulteriore risultato negativo comporta la ripetizione della qualificazione.

Le tolleranze dimensionali devono essere riferite alla media delle misure effettuate su tutti i saggi di ciascuna colata o lotto di produzione.

Su almeno un saggio per colata o lotto di produzione è calcolato il valore dell'area relativa di nervatura o di dentellatura.

Tabella Verifica di qualità per ciascuno dei gruppi di diametri

| Intervallo di prelievo | Prelievo | Provenienza |
|------------------------|--|---------------|
| ≤ 1 mese | 3 serie di 5 campioni 1 serie = 5 barre di uno stesso diametro | Stessa colata |

Tabella Verifica di qualità non per gruppi di diametri

| Intervallo di prelievo | Prelievo | Provenienza |
|------------------------|---|-------------------------------------|
| ≤ 1 mese | 15 saggi prelevati da 3 diverse colate: - 5 saggi per colata o lotto di produzione indipendentemente dal diametro | Stessa colata o lotto di produzione |

D) La verifica delle tolleranze dimensionali per colata o lotto di produzione

Ai fini del controllo di qualità, le tolleranze dimensionali di cui alla tabella 16.9 devono essere riferite alla media delle misure effettuate su tutti i saggi di ciascuna colata o lotto di produzione.

Qualora la tolleranza sulla sezione superi il $\pm 2\%$, il rapporto di prova di verifica deve riportare i diametri medi effettivi.

E) La facoltatività dei controlli su singole colate o lotti di produzione

I produttori già qualificati possono richiedere, di loro iniziativa, di sottoporsi a controlli su singole colate o lotti di produzione, eseguiti a cura di un laboratorio ufficiale prove. Le colate o lotti di produzione sottoposti a controllo devono essere cronologicamente ordinati nel quadro della produzione globale.

I controlli consistono nel prelievo, per ogni colata e lotto di produzione e per ciascun gruppo di diametri da essi ricavato, di un numero n di saggi, non inferiore a dieci, sui quali si effettuano le prove di verifica di qualità per gli acciai in barre, reti e tralici elettrosaldati. Le tensioni caratteristiche di snervamento e rottura devono essere calcolate con le espressioni per i controlli sistematici in stabilimento per gli acciai in barre e rotoli, nelle quali n è il numero dei saggi prelevati dalla colata.

F) I controlli nei centri di trasformazione

I controlli nei centri di trasformazione sono obbligatori e devono essere effettuati:

- in caso di utilizzo di barre, su ciascuna fornitura o comunque ogni 90 t;
- 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.

Ciascun controllo deve essere costituito da tre spezzoni di uno stesso diametro per 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.

I controlli devono consistere in prove di trazione e piegamento e devono essere eseguiti dopo il raddrizzamento.

In caso di utilizzo di rotoli deve altresì essere effettuata, con frequenza almeno mensile, la verifica dell'area relativa di nervatura o di dentellatura, secondo il metodo geometrico di cui alla norma **UNI EN ISO 15630-1**.

Tutte le prove suddette devono essere eseguite dopo le lavorazioni e le piegature atte a dare a esse le forme volute per il particolare tipo di impiego previsto.

Le prove di cui sopra devono essere eseguite e certificate dai laboratori ufficiali prove.

Il direttore tecnico di stabilimento 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.

G) I controlli di accettazione in cantiere

I controlli di accettazione in cantiere sono obbligatori, devono essere effettuati dal direttore dei lavori entro 30 giorni dalla data di consegna del materiale e devono essere campionati, nell'ambito di ciascun lotto di spedizione, con le medesime modalità contemplate nelle prove a carattere statistico, in ragione di tre spezzoni marchiati e di uno stesso diametro scelto entro ciascun lotto, 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.

I valori di resistenza e allungamento di ciascun campione da eseguirsi comunque prima della messa in opera del prodotto riferiti a uno stesso diametro devono essere compresi fra i valori massimi e minimi riportati nella tabella 16.12. Questi limiti tengono conto della dispersione dei dati e delle variazioni che possono intervenire tra diverse apparecchiature e modalità di prova.

Nel caso di campionamento e di 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, dieci 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 ufficiale.

Il lotto deve essere considerato conforme se la media dei risultati sui dieci 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.

Tabella Valori di resistenza e di allungamento accettabili

| Caratteristica | Valore limite | Note |
|---------------------------|-------------------------------|---|
| f_y minimo | 425 N/mm ² | (450 - 25) N/mm ² |
| f_y massimo | 572 N/mm ² | [450 · (1,25 + 0,02)] N/mm ² |
| A_{gt} minimo | ≥ 6,0% | Per acciai B450C |
| A_{gt} minimo | ≥ 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 |

H) Il prelievo dei campioni e la domanda al laboratorio prove

Il prelievo dei campioni di barre d'armatura deve essere effettuato a cura del direttore dei lavori o di un tecnico di sua fiducia che deve assicurare, mediante sigle, etichettature indelebili, ecc., che i campioni inviati per le prove al laboratorio ufficiale prove 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 dalle Nuove norme tecniche, può recarsi presso il medesimo centro di trasformazione ed effettuare in stabilimento tutti i necessari controlli. In tal caso, il prelievo dei campioni deve essere 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 ufficiale incaricato siano effettivamente quelli da lui prelevati, nonché sottoscrivere la relativa richiesta di prove.

La domanda di prove al laboratorio ufficiale 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 delle norme tecniche e di ciò deve essere fatta esplicita menzione sul certificato stesso.

Le barre inoltre dovranno superare con esito positivo prove di aderenza (secondo il metodo "Beam test") da eseguire presso un laboratorio ufficiale con le modalità specificate dalla norma CNR-UNI 10020-71.

Per i controlli sulle barre di armature si richiama quanto riportato nelle Norme.

Il controllo in cantiere sarà obbligatorio anche per gli acciai controllati in stabilimento.

I) RETI DI ACCIAIO ELETTRISALDATE

Dovranno avere fili elementari di diametro compreso fra 5-16 mm, dovranno essere saldabili e rispondere altresì alle caratteristiche riportate nel NTC 2008.

La distanza assiale tra i fili non dovrà superare i 20 cm.

CRITERI E MODALITA' DI ESECUZIONE

2.4.1.1 Calcestruzzo per calcestruzzo semplice e armato

Studio e accettazione della composizione del calcestruzzo.

L'impresa, a seguito dello studio di composizione del calcestruzzo effettuato in laboratorio ufficiale sulla base delle prescrizioni progettuali, indicherà alla direzione dei lavori i risultati delle prove fisiche e di resistenza meccanica realizzate su una o più combinazioni di materiali granulari lapidei utilizzabili per il lavoro in questione, specificando in modo preciso la provenienza e granulometria di ogni singola pezzatura.

Per ogni combinazione provata, verrà indicata dall'impresa la granulometria, la quantità d'acqua utilizzata, il rapporto acqua/cemento (a/c) in condizioni sature superficie asciutta, il tipo e dosaggio del cemento, il contenuto percentuale di aria inclusa, la lavorabilità e la relativa perdita nel tempo della medesima (almeno fino a due ore dal confezionamento), nonché le resistenze meccaniche alle scadenze prescritte.

Una volta definita la formulazione della miscela, le prove di accettazione della miscela stessa dovranno essere eseguite presso un laboratorio ufficiale con i materiali componenti effettivamente usati in cantiere, tenendo conto dei procedimenti di impasto e di vibrazione adottati nello studio, i quali a loro volta avranno preso in considerazione le procedure di impasto e posa in opera adottati in cantiere. Per motivi di rapidità, le verifiche potranno essere svolte dalla direzione dei lavori direttamente in cantiere. In questo caso, dovrà essere assicurata da parte dell'impresa la massima collaborazione. L'accettazione della miscela stessa avvenuta sulla base dei valori delle resistenze meccaniche a 2, 3 e 28 giorni di maturazione, determinate su provini di forma cubica, prismatica (travetti e spezzoni) e cilindrica, dovrà essere convalidata dalle prove allo stato fresco e indurito

eseguite, sempre da un laboratorio ufficiale, sul calcestruzzo prelevato durante la prova di impianto, nonché su carote prelevate dall'eventuale getto di prova.

A giudizio della direzione dei lavori, qualora l'impianto di confezionamento e l'attrezzatura di posa in opera siano stati già utilizzati con risultati soddisfacenti in altri lavori dello stesso committente, l'accettazione della miscela potrà avvenire sulla base dei risultati del solo studio di laboratorio.

Nel caso in cui le prove sul prodotto finito diano risultato negativo, fatto salvo il buon funzionamento dell'impianto di confezionamento e delle apparecchiature di posa in opera e della loro rispondenza alle caratteristiche e ai limiti di tolleranza imposti, l'impresa provvederà a suo carico a studiare una nuova miscela e a modificarla fino a che il prodotto finito non risponda alle caratteristiche prescritte. La direzione dei lavori dovrà controllare attraverso il laboratorio ufficiale i risultati presentati.

Non appena confermata, con controlli eseguiti sul prodotto finito, la validità delle prove di laboratorio eseguite in fase di studio della miscela, la composizione del calcestruzzo diverrà definitiva.

Qualora per cause impreviste si debba variare la composizione della miscela, l'impresa, previa autorizzazione della direzione dei lavori, dovrà effettuare un nuovo studio da sottoporre all'approvazione della direzione dei lavori stessa, seguendo le modalità sopraindicate.

L'impresa dovrà in seguito assicurare i necessari controlli sul calcestruzzo allo stato fresco e indurito, affinché venga rispettata la composizione accettata e le caratteristiche fisiche e di resistenza meccanica. Le prove e i controlli saranno completamente a carico dell'impresa, la quale dovrà provvedere anche all'attrezzatura di un laboratorio idoneo a eseguire le prove ritenute necessarie dalla direzione dei lavori.

Qui di seguito verranno indicate le caratteristiche del calcestruzzo, in modo che l'impresa appaltatrice possa assumerle come riferimento nello studio della relativa miscela.

2.4.1.2 Confezione, trasporto e posa in opera del calcestruzzo per strutture in calcestruzzo semplice e armato

A) Attrezzatura di cantiere

Prima dell'inizio del lavoro, l'impresa dovrà sottoporre alla direzione dei lavori l'elenco e la descrizione dettagliata delle attrezzature che intende impiegare per il confezionamento del calcestruzzo; queste dovranno essere di potenzialità proporzionata all'entità e alla durata del lavoro e dovranno essere armonicamente proporzionate in tutti i loro componenti in modo da assicurare la continuità del ciclo lavorativo.

L'impianto di confezionamento del calcestruzzo dovrà essere fisso e di tipo approvato dalla direzione dei lavori. L'organizzazione preposta a detti impianti dovrà comprendere tutte le persone e le professionalità necessarie per assicurare la costanza di qualità dei prodotti confezionati.

I predosatori dovranno essere in numero sufficiente a permettere le selezioni di pezzature necessarie.

Il mescolatore dovrà essere di tipo e capacità approvate dalla direzione dei lavori e dovrà essere atto a produrre calcestruzzo uniforme e a scaricarlo senza che avvenga segregazione apprezzabile. In particolare, dovrà essere controllata l'usura delle lame, che verranno sostituite allorquando quest'ultima superi il valore di 2 cm. All'interno del mescolatore si dovrà anche controllare giornalmente, prima dell'inizio del lavoro, che non siano presenti incrostazioni di calcestruzzo indurito.

B) Confezione del calcestruzzo

La dosatura dei materiali per il confezionamento del calcestruzzo nei rapporti definiti con lo studio di progetto e la sua accettazione da parte della direzione dei lavori, dovrà essere fatta con impianti interamente automatici, esclusivamente a massa, con bilance del tipo a quadrante, di agevole lettura e con registrazione delle masse di ogni bilancia. A spese dell'impresa andrà effettuata la verifica della taratura prima dell'inizio dei lavori e con cadenza settimanale, nonché ogni qualvolta risulti necessario, fornendo alla direzione dei lavori la documentazione relativa.

La direzione dei lavori, allo scopo di controllare la potenza assorbita dai mescolatori, si riserverà il diritto di fare installare nell'impianto di confezionamento dei registratori di assorbimento elettrico, alla cui installazione e spesa dovrà provvedere l'impresa appaltatrice. La direzione dei lavori potrà richiedere all'impresa l'installazione sulle attrezzature di dispositivi e metodi di controllo per verificarne in permanenza il buon funzionamento. In particolare, la dosatura degli aggregati lapidei, del cemento, dell'acqua e degli additivi dovrà soddisfare alle condizioni seguenti:

- degli aggregati potrà essere determinata la massa cumulativa sulla medesima bilancia, purché le diverse frazioni granulometriche (o pezzature) vengano misurate con determinazioni distinte;
- la massa del cemento dovrà essere determinata su una bilancia separata;
- l'acqua dovrà essere misurata in apposito recipiente tarato, provvisto di dispositivo che consenta automaticamente l'erogazione effettiva con la sensibilità del 2%;
- gli additivi dovranno essere aggiunti agli impasti direttamente nel miscelatore a mezzo di dispositivi di distribuzione dotati di misuratori.

Il ciclo di dosaggio dovrà essere automaticamente interrotto qualora non siano realizzati i ritorni a zero delle bilance, qualora la massa di ogni componente scarti dal valore prescritto oltre le tolleranze fissate di seguito e infine qualora la sequenza del ciclo di dosaggio non si svolga correttamente.

L'interruzione del sistema automatico di dosaggio e la sua sostituzione con regolazione a mano potrà essere effettuata solo previa autorizzazione della direzione dei lavori.

Nella composizione del calcestruzzo, a dosatura eseguita e immediatamente prima dell'introduzione nel mescolatore, saranno ammesse le seguenti tolleranze:

- 2% sulla massa di ogni pezzatura dell'aggregato;
- 3% sulla massa totale dei materiali granulari;
- 2% sulla massa del cemento.

Vanno rispettate le tolleranze ammesse sulla composizione granulometrica di progetto. Tali tolleranze devono essere verificate giornalmente tramite lettura delle determinazioni della massa per almeno dieci impasti consecutivi.

C) Tempo di mescolamento

Il tempo di mescolamento deve essere quello raccomandato dalla ditta costruttrice l'impianto di confezionamento del calcestruzzo e, in ogni caso, non potrà essere inferiore a un minuto. L'uniformità della miscela deve essere controllata dalla direzione dei lavori prelevando campioni di calcestruzzo all'inizio, alla metà e alla fine dello scarico di un impasto e controllando che i tre prelievi non presentino abbassamenti al cono che differiscono tra di loro di più di 20 mm né composizione sensibilmente diversa.

La direzione dei lavori potrà rifiutare gli impasti non conformi a questa prescrizione. Inoltre, qualora le differenze in questione riguardino più del 5% delle misure effettuate nel corso di una medesima giornata di produzione, le attrezzature di confezionamento saranno completamente verificate e il cantiere non potrà riprendere che su ordine esplicito della direzione dei lavori e dopo che l'impresa abbia prodotto la prova di una modifica o di una messa a punto degli impianti tale da migliorare la regolarità della produzione del calcestruzzo.

D) Trasporto del calcestruzzo

Il trasporto del calcestruzzo dall'impianto di confezionamento al cantiere di posa in opera e tutte le operazioni di posa in opera dovranno comunque essere eseguite in modo da non alterare gli impasti, evitando in particolare ogni forma di segregazione, la formazione di grumi e altri fenomeni connessi all'inizio della presa.

Se durante il trasporto si manifesterà una segregazione, dovrà essere modificata in accordo con la direzione dei lavori la composizione dell'impasto, soprattutto se persiste dopo variazione del rapporto acqua/cemento. Se ciò malgrado la segregazione non

dovesse essere eliminata, dovrà essere studiato nuovamente il sistema di produzione e trasporto del calcestruzzo.

E) Documenti di consegna

L'appaltatore dovrà fornire alla direzione dei lavori, prima o durante l'esecuzione del getto, il documento di consegna del produttore del calcestruzzo, contenente almeno i seguenti dati:

- impianto di produzione;
- quantità in metri cubi del calcestruzzo trasportato;
- dichiarazione di conformità alle disposizioni della norma **UNI EN 206-1**;
- denominazione o marchio dell'ente di certificazione;
- ora di carico;
- ore di inizio e fine scarico;
- dati dell'appaltatore;
- cantiere di destinazione.

Per il calcestruzzo a prestazione garantita, la direzione dei lavori potrà chiedere le seguenti informazioni:

- tipo e classe di resistenza del cemento;
- tipo di aggregato;
- tipo di additivi eventualmente aggiunti;
- rapporto acqua/cemento;
- prove di controllo di produzione del calcestruzzo;
- sviluppo della resistenza;
- provenienza dei materiali componenti.

Per i calcestruzzi di particolare composizione dovranno essere fornite informazioni circa la composizione, il rapporto acqua/cemento e la dimensione massima dell'aggregato.

Il direttore dei lavori potrà rifiutare il calcestruzzo qualora non rispetti le prescrizioni di legge e contrattuali, espresse almeno in termini di resistenza contrattistica e classe di consistenza.

Le considerazioni su esposte valgono anche per il calcestruzzo confezionato in cantiere.

NORMA DI RIFERIMENTO

UNI EN 206-1 - *Calcestruzzo. Specificazione, prestazione, produzione e conformità.*

F) Esecuzione del getto del calcestruzzo per calcestruzzo semplice e armato

G) Programma dei getti

L'impresa esecutrice è tenuta a comunicare con dovuto anticipo al direttore dei lavori il programma dei getti del calcestruzzo indicando:

- il luogo di getto;
- la struttura interessata dal getto;
- la classe di resistenza e di consistenza del calcestruzzo.

I getti dovrebbero avere 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.

H) Modalità esecutive e verifica della corretta posizione delle armature

L'appaltatore dovrà adottare tutti gli accorgimenti necessari affinché le gabbie mantengano la posizione di progetto all'interno delle casseforme durante il getto.

Prima dell'esecuzione del getto la direzione dei lavori dovrà verificare:

- la corretta posizione delle armature metalliche;
- la rimozione di polvere, terra, ecc., dentro le casseformi;
- i giunti di ripresa delle armature;
- la bagnatura dei casseri;
- le giunzioni tra i casseri;
- la pulitura dell'armatura da ossidazioni metalliche superficiali;
- la stabilità delle casseformi, ecc.

I getti devono essere eseguiti a strati di spessore limitato per consentirne la vibrazione completa ed evitare il fenomeno della segregazione dei materiali, spostamenti e danni alle armature, guaine, ancoraggi, ecc.

Il calcestruzzo pompabile deve avere una consistenza semifluida, con uno slump non inferiore a 10-15 cm. Inoltre, l'aggregato deve avere diametro massimo non superiore ad 1/3 del diametro interno del tubo della pompa.

Le pompe a rotore o a pistone devono essere impiegate per calcestruzzo avente diametro massimo dell'aggregato non inferiore a 15 mm. In caso di uso di pompe a pistone devono

adoperarsi le necessarie riduzioni del diametro del tubo in relazione al diametro massimo dell'inerte che non deve essere superiore a $1/3$ del diametro interno del tubo di distribuzione.

Le pompe pneumatiche devono adoperarsi per i betoncini e le malte o pasta di cemento.

La direzione dei lavori, durante l'esecuzione del getto del calcestruzzo, dovrà verificare la profondità degli strati e la distribuzione uniforme entro le casseformi, l'uniformità della compattazione senza fenomeni di segregazione e gli accorgimenti per evitare danni dovuti alle vibrazioni o urti alle strutture già gettate.

L'appaltatore ha l'onere di approntare i necessari accorgimenti per proteggere le strutture appena gettate dalle condizioni atmosferiche negative o estreme, quali pioggia, freddo, caldo. La superficie dei getti deve essere mantenuta umida per almeno 15 giorni e comunque fino a 28 giorni dall'esecuzione, in climi caldi e secchi.

Non si deve mettere in opera calcestruzzo a temperature minori di $0\text{ }^{\circ}\text{C}$, salvo il ricorso a opportune cautele autorizzate dalla direzione dei lavori.

I) Realizzazione delle gabbie delle armature per cemento armato

Le gabbie di armatura dovranno essere, per quanto possibile, composte fuori opera. In ogni caso, in corrispondenza di tutti i nodi dovranno essere eseguite legature doppie incrociate in filo di ferro ricotto di diametro non inferiore a $0,6\text{ mm}$, in modo da garantire l'invariabilità della geometria della gabbia durante il getto.

Nel caso di gabbie assemblate con parziale saldatura l'acciaio dovrà essere del tipo saldabile.

La posizione delle armature metalliche entro i casseri dovrà essere garantita utilizzando esclusivamente opportuni distanziatori in materiale plastico non deformabile oppure di malta o pasta cementizia, in modo da rispettare il copriferro prescritto.

J) Ancoraggio delle barre e loro giunzioni

Le armature longitudinali devono essere interrotte ovvero sovrapposte preferibilmente nelle zone compresse o di minore sollecitazione.

La continuità fra le barre può effettuarsi mediante:

- sovrapposizione, calcolata in modo da assicurare l'ancoraggio di ciascuna barra. In ogni caso, la lunghezza di sovrapposizione nel tratto rettilineo deve essere non minore di venti volte il diametro della barra. La distanza mutua (interferro) nella sovrapposizione non deve superare quattro volte il diametro;
- saldature, eseguite in conformità alle norme in vigore sulle saldature. Devono essere accertate la saldabilità degli acciai che vengono impiegati, nonché la compatibilità fra metallo e metallo di apporto, nelle posizioni o condizioni operative previste nel progetto esecutivo;

- giunzioni meccaniche per barre di armatura. Tali tipi di giunzioni devono essere preventivamente validati mediante prove sperimentali.

Per le barre di diametro $\varphi \geq 32$ mm occorrerà adottare particolari cautele negli ancoraggi e nelle sovrapposizioni.

L'appaltatore dovrà consegnare preventivamente al direttore dei lavori le schede tecniche dei prodotti da utilizzare per le giunzioni.

K) Getto del calcestruzzo ordinario

Lo scarico del calcestruzzo dal mezzo di trasporto nelle casseforme si deve effettuare applicando tutti gli accorgimenti atti a evitare la segregazione.

È opportuno che l'altezza di caduta libera del calcestruzzo fresco, indipendentemente dal sistema di movimentazione e getto, non ecceda 50-80 cm e che lo spessore degli strati orizzontali di calcestruzzo, misurato dopo la vibrazione, non sia maggiore di 30 cm.

Si deve evitare di scaricare il calcestruzzo in cumuli da stendere poi successivamente con l'impiego dei vibratori, in quanto questo procedimento può provocare l'affioramento della pasta cementizia e la segregazione. Per limitare l'altezza di caduta libera del calcestruzzo, è opportuno utilizzare un tubo di getto che consenta al calcestruzzo di fluire all'interno di quello precedentemente messo in opera.

Nei getti in pendenza è opportuno predisporre dei cordolini d'arresto atti a evitare la formazione di lingue di calcestruzzo tanto sottili da non poter essere compattate in modo efficace.

Nel caso di getti in presenza d'acqua è opportuno:

- adottare gli accorgimenti atti a impedire che l'acqua dilavi il calcestruzzo e ne pregiudichi la regolare presa e maturazione;
- provvedere, con i mezzi più adeguati, alla deviazione dell'acqua e adottare miscele di calcestruzzo, coesive, con caratteristiche antidilavamento, preventivamente provate e autorizzate dal direttore dei lavori;
- utilizzare una tecnica di messa in opera che permetta di gettare il calcestruzzo fresco dentro il calcestruzzo fresco precedentemente gettato, in modo da far rifluire il calcestruzzo verso l'alto, limitando così il contatto diretto tra l'acqua e il calcestruzzo fresco in movimento.

L) Getto del calcestruzzo autocompattante

Il calcestruzzo autocompattante deve essere versato nelle casseforme in modo da evitare la segregazione e favorire il flusso attraverso le armature e le parti più difficili da raggiungere nelle casseforme. L'immissione per mezzo di una tubazione flessibile può facilitare la distribuzione del calcestruzzo. Se si usa una pompa, una tramoggia o se si fa

uso della benna, il terminale di gomma deve essere predisposto in modo che il calcestruzzo possa distribuirsi omogeneamente entro la cassaforma. Per limitare il tenore d'aria occlusa è opportuno che il tubo di scarico rimanga sempre immerso nel calcestruzzo.

Nel caso di getti verticali e impiego di pompa, qualora le condizioni operative lo permettano, si suggerisce di immettere il calcestruzzo dal fondo. Questo accorgimento favorisce la fuoriuscita dell'aria e limita la presenza di bolle d'aria sulla superficie. L'obiettivo è raggiunto fissando al fondo della cassaforma un raccordo di tubazione per pompa, munito di saracinesca, collegato al terminale della tubazione della pompa. Indicativamente un calcestruzzo autocompattante ben formulato ha una distanza di scorrimento orizzontale di circa 10 m. Tale distanza dipende comunque anche dalla densità delle armature.

M) Getti in climi freddi

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 $\geq + 5$ °C. La neve e il ghiaccio, se 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 dei lavori (per esempio, riscaldamento dei costituenti il calcestruzzo, riscaldamento dell'ambiente, ecc.).

Il calcestruzzo deve essere protetto dagli effetti del clima freddo durante tutte le fasi di preparazione, movimentazione, messa in opera, maturazione.

L'appaltatore deve eventualmente 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^2), il conglomerato può danneggiarsi in modo irreversibile.

Il valore limite (5 N/mm^2) 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 successiva sono riportate le temperature consigliate per il calcestruzzo in relazione alle condizioni climatiche ed alle dimensioni del getto.

Tabella Temperature consigliate per il calcestruzzo in relazione alle condizioni climatiche e alle dimensioni del getto

| Dimensione minima della sezione (mm^2) | | | |
|--|-----------|------------|-----------|
| < 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 nel prospetto precedente. In relazione alla temperatura ambiente e 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. Quelle metalliche, per esempio, 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.

N) Getti in climi caldi

Il clima caldo influenza la qualità sia del calcestruzzo fresco che di quello indurito. Infatti, provoca una troppo rapida evaporazione dell'acqua di impasto e 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 dei lavori.

I getti di calcestruzzo in climi caldi devono essere eseguiti di mattina, di sera o di notte, ovvero quando la temperatura risulta più bassa.

I calcestruzzi da impiegare nei climi caldi dovranno essere confezionati preferibilmente con cementi a basso calore di idratazione oppure aggiungendo all'impasto additivi ritardanti.

Il getto successivamente deve essere trattato con acqua nebulizzata e con barriere frangivento per ridurre l'evaporazione dell'acqua di impasto.

Nei casi estremi il calcestruzzo potrà essere confezionato raffreddando i componenti, per esempio tenendo all'ombra gli inerti e aggiungendo ghiaccio all'acqua. In tal caso, prima dell'esecuzione del getto entro le casseforme, la direzione dei lavori dovrà accertarsi che il ghiaccio risulti completamente disciolto.

O) Riprese di getto. Riprese di getto su calcestruzzo fresco e su calcestruzzo indurito

Le interruzioni del getto devono essere autorizzate dalla direzione dei lavori. Per quanto possibile, i getti devono essere eseguiti senza soluzione di continuità, in modo da evitare le riprese e conseguire la necessaria continuità strutturale. Per ottenere ciò, è opportuno ridurre al minimo il tempo di ricopertura tra gli strati successivi, in modo che mediante vibrazione si ottenga la monoliticità del calcestruzzo.

Qualora siano inevitabili le riprese di getto, è necessario che la superficie del getto su cui si prevede la ripresa sia lasciata quanto più possibile corrugata. Alternativamente, la superficie deve essere scalfita e pulita dai detriti, in modo da migliorare l'adesione con il getto successivo. L'adesione può essere migliorata con specifici adesivi per ripresa di getto (resine) o con tecniche diverse che prevedono l'utilizzo di additivi ritardanti o ritardanti superficiali da aggiungere al calcestruzzo o da applicare sulla superficie.

In sintesi:

- le riprese del getto su calcestruzzo fresco possono essere eseguite mediante l'impiego di additivi ritardanti nel dosaggio necessario in relazione alla composizione del calcestruzzo;
- le riprese dei getti su calcestruzzo indurito devono prevedere superfici di ripresa del getto precedente molto rugose, che devono essere accuratamente pulite e superficialmente trattate per assicurare la massima adesione tra i due getti di calcestruzzo.

La superficie di ripresa del getto di calcestruzzo può essere ottenuta con:

- scarificazione della superficie del calcestruzzo già gettato;
- spruzzando sulla superficie del getto una dose di additivo ritardante la presa;
- collegando i due getti con malta di collegamento a ritiro compensato.

Quando sono presenti armature metalliche (barre) attraversanti le superfici di ripresa, occorre fare sì che tali barre, in grado per la loro natura di resistere al taglio, possano funzionare più efficacemente come elementi tesi in tralicci resistenti agli scorrimenti, essendo gli elementi compressi costituiti da aste virtuali di calcestruzzo che, come si è detto in precedenza, abbiano a trovare una buona imposta ortogonale rispetto al loro asse (questo è, per esempio, il caso delle travi gettate in più riprese sulla loro altezza).

Tra le riprese di getto sono da evitare i distacchi, le discontinuità o le differenze d'aspetto e colore.

Nel caso di ripresa di getti di calcestruzzo a vista devono eseguirsi le ulteriori disposizioni del direttore dei lavori.

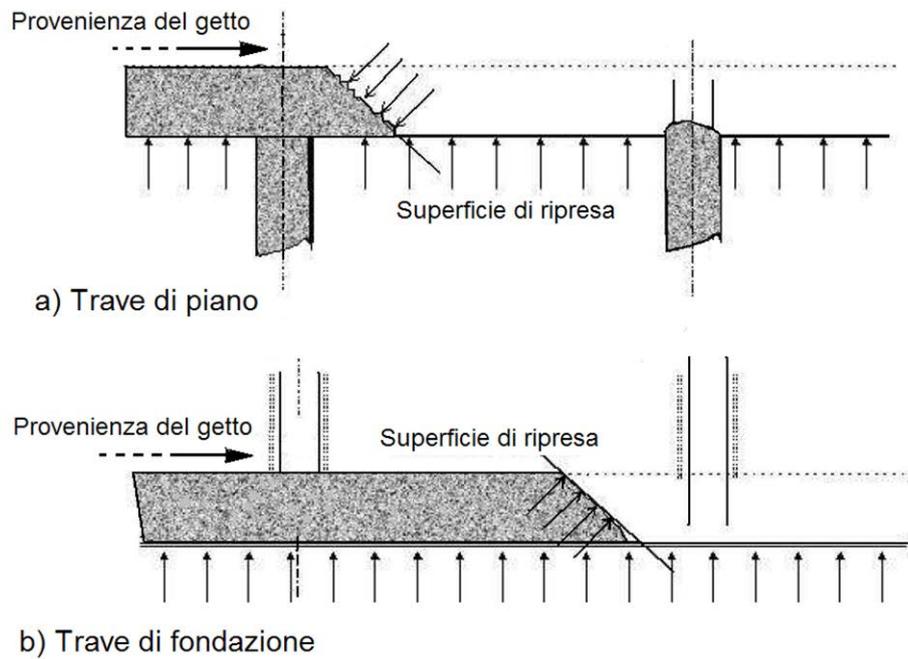


Figura 3

Modalità di ripresa del getto in travi di piano e di fondazione

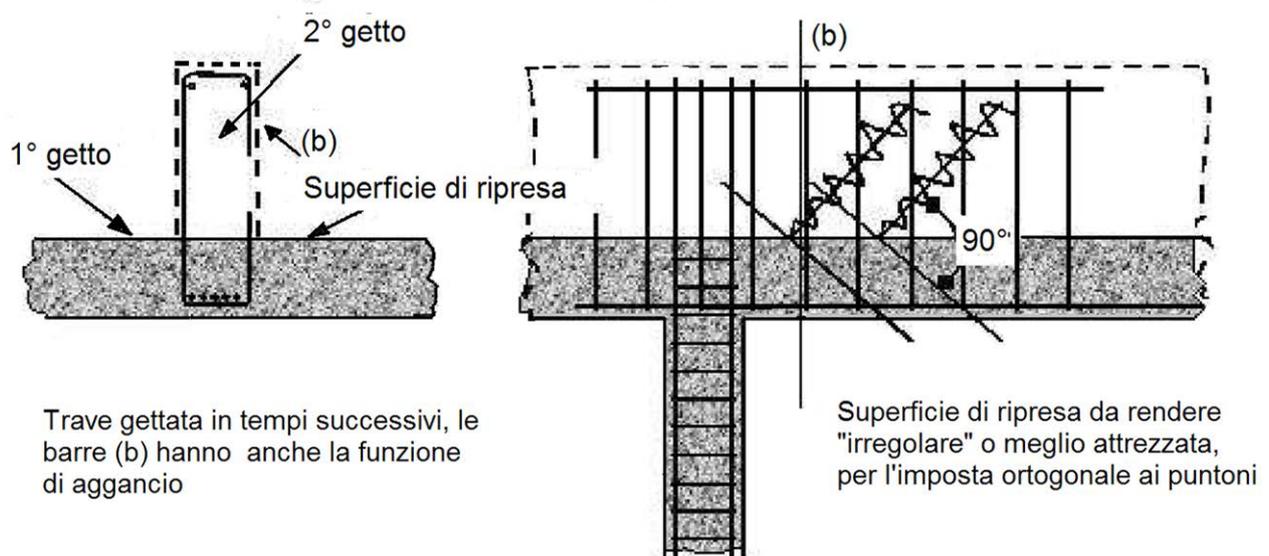


Figura 4

Modalità di ripresa del getto su travi di spessore elevato

P) Compattazione del calcestruzzo

Quando il calcestruzzo fresco è versato nella cassaforma, contiene molti vuoti e tasche d'aria racchiusi tra gli aggregati grossolani rivestiti parzialmente da malta. Il volume di tale aria, che si aggira tra il 5 e 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.

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 e assestamento.

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.

La compattazione del calcestruzzo deve evitare la formazione di vuoti, soprattutto nelle zone di copriferro.

(a) Compattazione mediante 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 *a 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.

L'uso dei vibratorii non deve essere prolungato, per non provocare la separazione dei componenti il calcestruzzo per effetto della differenza del peso specifico e il rifluimento verso l'alto dell'acqua di impasto con conseguente trasporto di cemento.

Per effettuare la compattazione, l'ago vibrante deve essere introdotto verticalmente e spostato da punto a punto nel calcestruzzo, con tempi di permanenza che vanno dai 5 ai 30 secondi. 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 chiusura dei fori da esso lasciati.

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 e 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 stato plastico, così da evitare i giunti freddi.

I vibratorii esterni sono utilizzati generalmente negli impianti di prefabbricazione ma 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 a 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'idonea sezione. Per consolidare sezioni sottili è utile l'impiego di rulli vibranti.

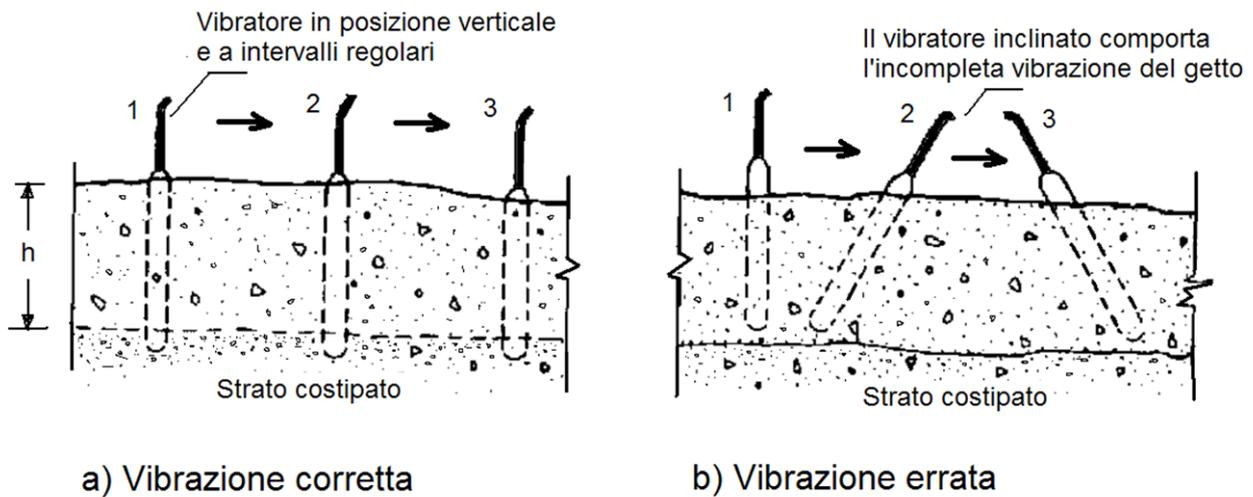


Figura 5

Esecuzione del getto e modalità di costipazione mediante vibrazione interna

Q) Stagionatura

(a) Prescrizioni per una corretta stagionatura

Per una corretta stagionatura del calcestruzzo è necessario seguire le seguenti disposizioni:

- prima della messa in opera:
 - saturare a rifiuto il sottofondo e le casseforme di legno, oppure isolare il sottofondo con fogli di plastica e impermeabilizzare le casseforme con disarmante;
 - la temperatura del calcestruzzo al momento della messa in opera deve essere ≤ 0 °C, raffreddando, se necessario, gli aggregati e l'acqua di miscela.
- durante la messa in opera:
 - erigere temporanee barriere frangivento per ridurre la velocità sulla superficie del calcestruzzo;
 - erigere protezioni temporanee contro l'irraggiamento diretto del sole;
 - proteggere il calcestruzzo con coperture temporanee, quali fogli di polietilene, nell'intervallo fra la messa in opera e la finitura;
 - ridurre il tempo fra la messa in opera e l'inizio della stagionatura protetta.
- dopo la messa in opera:
 - minimizzare l'evaporazione proteggendo il calcestruzzo immediatamente dopo la finitura con membrane impermeabili, umidificazione a nebbia o copertura;
 - la massima temperatura ammissibile all'interno delle sezioni è di 70 °C;

- la differenza massima di temperatura fra l'interno e l'esterno è di 20 °C;
- la massima differenza di temperatura fra il calcestruzzo messo in opera e le parti già indurite o altri elementi della struttura è di 15 °C.

È compito della direzione dei lavori specificare le modalità di ispezione e di controllo.

(b) Protezione in generale

La protezione consiste nell'impedire, durante la fase iniziale del processo di indurimento:

- l'essiccazione della superficie del calcestruzzo, perché l'acqua è necessaria per l'idratazione del cemento e, nel caso in cui si impieghino cementi di miscela, per il progredire delle reazioni pozzolaniche; inoltre serve a impedire che gli strati superficiali del manufatto indurito risultino porosi. L'essiccazione prematura rende il copriferro permeabile e quindi scarsamente resistente alla penetrazione delle sostanze aggressive presenti nell'ambiente di esposizione;
- il congelamento dell'acqua d'impasto prima che il calcestruzzo abbia raggiunto un grado adeguato di indurimento;
- che i movimenti differenziali, dovuti a differenze di temperatura attraverso la sezione del manufatto, siano di entità tale da generare fessure.

I metodi di stagionatura proposti dall'appaltatore dovranno essere preventivamente sottoposti all'esame del direttore dei lavori, che potrà richiedere le opportune verifiche sperimentali.

Durante il periodo di stagionatura protetta, si dovrà evitare che i getti di calcestruzzo subiscano urti, vibrazioni e sollecitazioni di ogni genere.

Il metodo di stagionatura prescelto dovrà assicurare che le variazioni termiche differenziali nella sezione trasversale delle strutture, da misurare con serie di termocoppie, non provochino fessure o cavillature tali da compromettere le caratteristiche del calcestruzzo indurito. Tali variazioni termiche potranno essere verificate direttamente nella struttura mediante serie di termocoppie predisposte all'interno del cassero nella posizione indicata dal progettista.

L'appaltatore dovrà evitare congelamenti superficiali o totali di strutture in cemento armato sottili oppure innalzamenti di temperatura troppo elevati con conseguente abbattimento delle proprietà del calcestruzzo indurito nel caso di strutture massive.

(c) Protezione termica durante la stagionatura

A titolo esemplificativo di seguito si indicano i più comuni sistemi di protezione termica per le strutture in calcestruzzo adottabili nei getti di cantiere, ovvero:

- cassaforma isolante;

- sabbia e foglio di polietilene;
- immersione in leggero strato d'acqua;
- coibentazione con teli flessibili.

CASSAFORMA ISOLANTE

Il ± 20 °C può essere rispettato se si usa una cassaforma isolante, ad esempio legno compensato con spessore ≥ 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, occorre prevedere ed eseguire in cantiere una serie di verifiche che assicurino l'efficacia delle misure di protezione adottate.

(d) Durata della stagionatura

Con il termine *durata di stagionatura* si intende il periodo che intercorre tra la messa in opera e il tempo in cui il calcestruzzo ha raggiunto le caratteristiche essenziali desiderate. Per l'intera durata della stagionatura, il calcestruzzo necessita d'attenzioni e cure affinché la sua maturazione possa avvenire in maniera corretta. La durata di stagionatura deve essere prescritta in relazione alle proprietà richieste per la superficie del calcestruzzo (resistenza meccanica e compattezza) e per la classe d'esposizione. Se la classe di esposizione

prevista è limitata alle classi X0 e XC1, il tempo minimo di protezione non deve essere inferiore a 12 ore, a condizione che il tempo di presa sia inferiore a cinque ore, e che la temperatura della superficie del calcestruzzo sia superiore a 5 °C. Se il calcestruzzo è esposto a classi d'esposizione diverse da X0 o XC1, la durata di stagionatura deve essere estesa fino a quando il calcestruzzo ha raggiunto, sulla sua superficie, almeno il 50% della resistenza media, o il 70% della resistenza caratteristica, previste dal progetto.

Nella tabella 58.3 è riportata, in funzione dello sviluppo della resistenza e della temperatura del calcestruzzo, la durata di stagionatura minima per calcestruzzi esposti a classi d'esposizione diverse da X0 e XC1.

Tabella Durata di stagionatura minima per calcestruzzi esposti a classi d'esposizione diverse (da X0 a XC1)

| Temperatura <i>t</i> della superficie del calcestruzzo (°C) | Durata minima della stagionatura (giorni) | | | |
|---|--|----------------------------|----------------------------|------------------------|
| | Sviluppo della resistenza in base al rapporto $r = (f_{cm2}/f_{cm28})^4$ | | | |
| | Rapido $r \geq 0,50$ | Medio $0,50 < r \leq 0,30$ | Lento $0,30 < r \leq 0,15$ | Molto lento $r < 0,15$ |
| $t \geq 25$ | 1,0 | 1,5 | 2,0 | 3 |
| $25 > t \geq 15$ | 1,0 | 2,0 | 3,0 | 5 |
| $15 > t \geq 10$ | 2,0 | 4,0 | 7,0 | 10 |
| $10 > t \geq 5$ | 3,0 | 6,0 | 10 | 15 |

¹ La velocità di sviluppo della resistenza *r* è calcolata in base al rapporto sperimentale della resistenza meccanica *f_{cm}* alla compressione determinata alla scadenza di 2 e 28 giorni. Al tempo di maturazione specificato deve essere aggiunto l'eventuale tempo di presa eccedente le cinque ore. Il tempo durante il quale il calcestruzzo rimane a temperatura < 5 °C non deve essere computato come tempo di maturazione.

L'indicazione circa la durata di stagionatura, necessaria a ottenere la durabilità e impermeabilità dello strato superficiale, non deve essere confusa con il tempo necessario al raggiungimento della resistenza prescritta per la rimozione delle casseforme e i conseguenti aspetti di sicurezza strutturale. Per limitare la perdita d'acqua per evaporazione si adottano i seguenti metodi:

- mantenere il getto nelle casseforme per un tempo adeguato (3-7 giorni);
- coprire la superficie del calcestruzzo con fogli di plastica, a tenuta di vapore, assicurati ai bordi e nei punti di giunzione;
- mettere in opera coperture umide sulla superficie in grado di proteggere dall'essiccazione;
- mantenere umida la superficie del calcestruzzo con l'apporto di acqua;
- applicare prodotti specifici (filmogeni antievaporanti) per la protezione delle superfici.

I prodotti filmogeni di protezione curing non possono essere applicati lungo i giunti di costruzione, sulle riprese di getto o sulle superfici che devono essere trattate con altri

materiali, a meno che il prodotto non venga completamente rimosso prima delle operazioni o che si sia verificato che non ci siano effetti negativi nei riguardi dei trattamenti successivi, salvo specifica deroga da parte della direzione dei lavori. Per eliminare il film dello strato protettivo dalla superficie del calcestruzzo, si può utilizzare la sabbiatura o l'idropulitura con acqua in pressione. La colorazione del prodotto di curing serve a rendere visibili le superfici trattate. Si devono evitare, nel corso della stagionatura, i ristagni d'acqua sulle superfici che rimarranno a vista.

Nel caso in cui siano richieste particolari caratteristiche per la superficie del calcestruzzo, quali la resistenza all'abrasione o durabilità, è opportuno aumentare il tempo di protezione e maturazione.

Norme di riferimento per i prodotti filmogeni

UNI EN 206-1 - *Calcestruzzo. Specificazione, prestazione, produzione e conformità;*

UNI 8656 - *Prodotti filmogeni per la protezione del calcestruzzo durante la maturazione. Classificazione e requisiti;*

UNI 8657 - *Prodotti filmogeni per la protezione del calcestruzzo durante la maturazione. Determinazione della ritenzione d'acqua;*

UNI 8658 - *Prodotti filmogeni per la protezione del calcestruzzo durante la maturazione. Determinazione del tempo di essiccamento;*

UNI 8659 - *Prodotti filmogeni per la protezione del calcestruzzo durante la maturazione. Determinazione del fattore di riflessione dei prodotti filmogeni pigmentati di bianco;*

UNI 8660 - *Prodotti filmogeni per la protezione del calcestruzzo durante la maturazione. Determinazione dell'influenza esercitata dai prodotti filmogeni sulla resistenza all'abrasione del calcestruzzo.*

(e) Controllo della fessurazione superficiale

Per le strutture in cemento armato in cui non sono ammesse fessurazioni dovranno essere predisposti i necessari accorgimenti previsti dal progetto esecutivo o impartite dalla direzione dei lavori.

Le fessurazioni superficiali dovute al calore che si genera nel calcestruzzo devono essere controllate mantenendo la differenza di temperatura tra il centro e la superficie del getto intorno ai 20 °C.

(f) Maturazione accelerata con getti di vapore saturo

In cantiere la maturazione accelerata a vapore del calcestruzzo gettato può ottenersi con vapore alla temperatura di 55-80 °C alla pressione atmosferica. La temperatura massima

raggiunta dal calcestruzzo non deve superare i 60 °C e il successivo raffreddamento deve avvenire con gradienti non superiori a 10 °C/h.

A titolo orientativo potranno essere eseguite le raccomandazioni del documento ACI 517.2R-80 (*Accelerated Curing of Concrete at Atmospheric Pressure*).

R) Casseforme e puntelli per le strutture in calcestruzzo semplice e armato

(a) Caratteristiche delle casseforme

Le casseforme e le relative strutture di supporto devono essere realizzate in modo da sopportare le azioni alle quali sono sottoposte nel corso della messa in opera del calcestruzzo e in modo 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 sviluppino 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 e alla vibrazione. È opportuno che eventuali prescrizioni relative al grado di finitura della superficie a vista siano riportate nelle specifiche progettuali.

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 e può essere migliorata utilizzando giunti preformati riutilizzabili oppure 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 e 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 o 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.

Nella tabella successiva sono indicati i principali difetti delle casseforme, le conseguenze e le possibili precauzioni per evitare o almeno contenere i difetti stessi.

Tabella Difetti delle casseforme, conseguenze e precauzioni

| | Difetti | Conseguenze | Precauzioni |
|----------------------------------|------------------------------|---|---|
| Per le casseforme | 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 e sigillare i giunti con materiali idonei o guarnizioni |
| Per i pannelli | Superficie troppo assorbente | Superficie del calcestruzzo omogenea e di colore chiaro | 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 |
| Per i prodotti disarmanti | 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 del prodotto disarmante |

(b) Casseforme speciali

Le casseforme speciali più frequentemente utilizzate sono 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 scorrevoli orizzontali scivolano conferendo al calcestruzzo la sezione voluta, avanzano su rotaie e la direzione e l'allineamento sono mantenuti facendo riferimento a un filo di guida. Sono utilizzate, ad esempio, per rivestimenti di gallerie, condotte d'acqua, rivestimenti di canali, pavimentazioni stradali, barriere spartitraffico.

Le casseforme scorrevoli verticali invece 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 autosostenersi. Con le casseforme scorrevoli verticali invece il tempo d'indurimento e la scorrevolezza del calcestruzzo sono parametri vincolanti e devono essere costantemente controllati.

Nel caso di cassetta a perdere, inglobata nell'opera, occorre verificare la sua funzionalità, se è elemento portante, e che non sia dannosa, se è elemento accessorio.

(c) Casseforme in legno

Nel caso di utilizzo di casseforme in legno, si dovrà curare che le stesse siano eseguite con tavole a bordi paralleli e ben accostate, in modo che non abbiano a presentarsi, dopo il disarmo, sbavature o disuguaglianze sulle facce in vista del getto. In ogni caso, l'appaltatore avrà cura di trattare le casseforme, prima del getto, con idonei prodotti

disarmanti. Le parti componenti i casseri devono essere a perfetto contatto per evitare la fuoriuscita di boiaccia cementizia.

Tabella Legname per carpenteria

| | | |
|--|---|--|
| Tavolame | Tavole (o sottomisure) | Spessore 2,5 cm Larghezza 8-16 cm Lunghezza 4 m |
| | Tavoloni (da ponteggio) | Spessore 5 cm Larghezza 30-40 cm Lunghezza 4 m |
| Legname segato | Travi (sostacchine) | Sezione quadrata da 12 a 20 cm lunghezza 4 m |
| Legname tondo | Antenne, candele | Diametro min 12 cm Lunghezza > 10-12 cm |
| | Pali, ritti | Diametro 10-12 cm Lunghezza > 6-12 cm |
| Residui di lavorazioni precedenti | Da tavole (mascelle) Da travi (mozzature) | Lunghezza > 20 cm |

(d) Pulizia e trattamento

I casseri devono essere puliti e privi di elementi che possano in ogni modo pregiudicare l'aspetto della superficie del conglomerato cementizio indurito.

Dove e quando necessario, si farà uso di prodotti disarmanti disposti in strati omogenei continui. I disarmanti non dovranno assolutamente macchiare la superficie in vista del conglomerato cementizio. Su tutte le casseforme di una stessa opera dovrà essere usato lo stesso prodotto.

Nel caso di utilizzo di casseforme impermeabili, per ridurre il numero delle bolle d'aria sulla superficie del getto, si dovrà fare uso di disarmante con agente tensioattivo in quantità controllata e la vibrazione dovrà essere contemporanea al getto.

Qualora si realizzino conglomerati cementizi colorati o con cemento bianco, l'uso dei disarmanti sarà subordinato a prove preliminari atte a dimostrare che il prodotto usato non alteri il colore.

(e) Legature delle casseforme e distanziatori delle armature

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.

I dispositivi che mantengono in posto le casseforme, quando attraversano il conglomerato cementizio, non devono essere dannosi a quest'ultimo. In particolare, viene prescritto che dovunque sia possibile gli elementi delle casseforme vengano fissati nell'esatta posizione prevista usando fili metallici liberi di scorrere entro tubi di PVC o simile, questi ultimi destinati a rimanere incorporati nel getto di calcestruzzo. Dove ciò non fosse possibile, previa informazione alla direzione dei lavori, potranno essere adottati altri sistemi, prescrivendo le cautele da adottare.

È vietato l'uso di distanziatori di legno o metallici; sono invece ammessi quelli in plastica, ma ovunque sia possibile dovranno essere usati quelli in malta di cemento.

La superficie del distanziatore a contatto con la cassaforma deve essere la più piccola possibile. Si preferiranno quindi forme cilindriche, semicilindriche e emisferiche.

(f) Strutture di supporto

Le strutture di supporto devono prendere in considerazione l'effetto combinato:

- del peso proprio delle casseforme, dei ferri d'armatura e del calcestruzzo;
- della pressione esercitata sulle casseforme dal calcestruzzo in relazione ai suoi gradi di consistenza più elevati, particolarmente nel caso di calcestruzzo autocompattante (SCC);
- delle sollecitazioni esercitate da personale, materiali, attrezzature, ecc., compresi gli effetti statici e dinamici provocati dalla messa in opera del calcestruzzo, dai suoi eventuali accumuli in fase di getto e dalla sua compattazione;
- dei possibili sovraccarichi dovuti al vento e alla neve.

Alle casseforme non devono essere connessi carichi e/o azioni dinamiche dovute a fattori esterni quali, ad esempio, le tubazioni delle pompe per calcestruzzo. La deformazione totale delle casseforme e la somma di quelle relative ai pannelli e alle strutture di supporto non deve superare le tolleranze geometriche previste per il getto.

Per evitare la deformazione del calcestruzzo non ancora completamente indurito e le possibili fessurazioni, le strutture di supporto devono prevedere l'effetto della spinta verticale e orizzontale del calcestruzzo durante la messa in opera e, nel caso in cui la struttura di supporto poggia anche parzialmente al suolo, occorrerà assumere i provvedimenti necessari per compensare gli eventuali assestamenti.

Nel caso del calcestruzzo autocompattante (SCC) non è prudente tener conto della riduzione di pressione laterale, che deve essere considerata di tipo idrostatico agente su tutta l'altezza di getto, computata a partire dalla quota d'inizio o di ripresa di getto. Per

evitare la marcatura delle riprese di getto, compatibilmente con la capacità delle casseforme a resistere alla spinta idrostatica esercitata dal materiale fluido, il calcestruzzo autocompattante deve essere messo in opera in modo continuo, programmando le riprese di getto lungo le linee di demarcazione architettoniche (modanature, segna-piano, ecc.).

(g) Giunti tra gli elementi di cassaforma

I giunti tra gli elementi di cassaforma saranno realizzati con ogni cura, al fine di evitare fuoriuscite di boiaccia e creare irregolarità o sbavature. Potrà essere prescritto che tali giunti debbano essere evidenziati in modo da divenire elementi architettonici.

(h) Predisposizione di fori, tracce, cavità

L'appaltatore avrà l'obbligo di predisporre in corso di esecuzione quanto è previsto nei disegni progettuali esecutivi, per ciò che concerne fori, tracce, cavità, incassature, ecc., per la posa in opera di apparecchi accessori quali giunti, appoggi, smorzatori sismici, pluviali, passi d'uomo, passerelle d'ispezione, sedi di tubi e di cavi, opere interruttive, sicurvia, parapetti, mensole, segnalazioni, parti d'impianti, ecc.

S) Linee generali per il disarmo delle strutture in cemento armato

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. L'appaltatore non può effettuare il disarmo delle strutture entro giorni 28 dalla data di esecuzione del getto.

Il disarmo deve avvenire gradatamente adottando i provvedimenti necessari a evitare brusche sollecitazioni e azioni dinamiche. Infatti, l'eliminazione di un supporto dà luogo, nel punto di applicazione, a 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 a 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. 1086/1971. In ogni caso, il disarmo deve essere autorizzato e concordato con la direzione dei lavori.

Si deve porre attenzione ai periodi freddi, quando le condizioni climatiche rallentano lo sviluppo delle resistenze del calcestruzzo, come pure al disarmo e alla rimozione delle strutture di sostegno delle solette e delle travi. In caso di dubbio, è opportuno verificare la resistenza meccanica reale del calcestruzzo.

Le operazioni di disarmo delle strutture devono essere eseguite da personale specializzato dopo l'autorizzazione del direttore dei lavori. Si dovrà tenere conto e prestare attenzione che sulle strutture da disarmare non vi siano carichi accidentali e temporanei e verificare i tempi di maturazione dei getti in calcestruzzo.

È vietato disarmare le armature di sostegno se sulle strutture insistono carichi accidentali e temporanei.

T) Disarmanti

L'impiego di disarmanti per facilitare il distacco delle casseforme non deve pregiudicare l'aspetto della superficie del calcestruzzo e la permeabilità né influenzarne la presa o causare la formazione di bolle e macchie.

La direzione dei lavori potrà autorizzare l'uso di disarmanti sulla base di prove sperimentali per valutarne gli effetti finali. In generale, le quantità di disarmante non devono superare i dosaggi indicati dal produttore. La stessa cosa vale per l'applicazione del prodotto.

NORME DI RIFERIMENTO

UNI 8866-1 - *Prodotti disarmanti per calcestruzzi. Definizione e classificazione;*

UNI 8866-2 - *Prodotti disarmanti per calcestruzzi. Prova dell'effetto disarmante, alle temperature di 20 e 80 °C, su superficie di acciaio o di legno trattato.*

U) Ripristini e stuccature

Nessun ripristino o stuccatura potrà essere eseguito dall'appaltatore dopo il disarmo delle strutture in calcestruzzo senza il preventivo controllo del direttore dei lavori.

Eventuali elementi metallici, quali chiodi o reggette che dovessero sporgere dai getti, dovranno essere tagliati almeno 1 cm sotto la superficie finita e gli incavi risultanti dovranno essere accuratamente sigillati con malta fine di cemento ad alta adesione.

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.

A seguito di tali interventi, la direzione dei lavori potrà richiedere, per motivi estetici, la ripulitura o la verniciatura delle superfici del getto con idonei prodotti.

V) Caricamento delle strutture disarmate

Il caricamento delle strutture in cemento armato disarmate deve essere autorizzato dalla direzione dei lavori che deve valutarne l'idoneità statica o in relazione alla maturazione del calcestruzzo e ai carichi sopportabili.

La direzione dei lavori potrà procedere alla misura delle deformazioni delle strutture dopo il disarmo, considerando l'azione del solo peso proprio.

2.4.1.3 Prescrizioni specifiche per il calcestruzzo a faccia vista

Affinché il colore superficiale del calcestruzzo, determinato dalla sottile pellicola di malta che si forma nel getto a contatto con la cassaforma, risulti il più possibile uniforme, il cemento utilizzato in ciascuna opera dovrà provenire dallo stesso cementificio ed essere sempre dello stesso tipo e classe. La sabbia invece dovrà provenire dalla stessa cava e avere granulometria e composizione costante.

Le opere o i costituenti delle opere a faccia a vista, che dovranno avere lo stesso aspetto esteriore, dovranno ricevere lo stesso trattamento di stagionatura. In particolare, si dovrà curare che l'essiccamento della massa del calcestruzzo sia lento e uniforme.

Si dovranno evitare condizioni per le quali si possano formare efflorescenze sul calcestruzzo. Qualora queste apparissero, sarà onere dell'appaltatore eliminarle tempestivamente mediante spazzolatura, senza impiego di acidi.

Le superfici finite e curate - come indicato ai punti precedenti - dovranno essere adeguatamente protette, se le condizioni ambientali e di lavoro saranno tali da poter essere causa di danno in qualsiasi modo alle superfici stesse.

Si dovrà evitare che vengano prodotte sulla superficie finita scalfitture, macchie o altri elementi che ne pregiudichino la durabilità o l'estetica.

Si dovranno evitare inoltre macchie di ruggine dovute alla presenza temporanea dei ferri di ripresa. In tali casi, occorrerà prendere i dovuti provvedimenti, evitando che l'acqua piovana scorra sui ferri e successivamente sulle superfici finite del getto.

Qualsiasi danno o difetto della superficie finita del calcestruzzo dovrà essere eliminato a cura dell'appaltatore, con i provvedimenti preventivamente autorizzati dal direttore dei lavori.

Tutti gli elementi, metallici e non, utilizzati per la legatura e il sostegno dei casseri dovranno essere rimossi dopo la scasseratura.

2.4.1.4 Difetti superficiali delle strutture, cause e rimedi

I difetti superficiali del calcestruzzo influenzano non solo le sue caratteristiche estetiche, ma anche quelle di durabilità.

I più frequenti difetti superficiali sono riportati nelle tabelle 1-2, con le indicazioni relative alle cause e ai rimedi che devono essere adottati.

Tabella 1 Nidi di ghiaia (presenza di aggregato grosso non ricoperto da malta cementizia)

| Cause | | Rimedi |
|--|--|---|
| Progettuali | Sezione con forte congestione dei ferri di armatura e mancanza di spazio per l'introduzione dei vibratori | Adeguare la disposizione delle armature |
| Casseforme | Giunti non a tenuta, che permettono la fuoriuscita di acqua, boiaccia o malta | Adeguare le casseforme |
| Proprietà del calcestruzzo fresco | Carenza di fini, scarsa lavorabilità o eccesso d'acqua, indurimento anticipato, diametro massimo degli aggregati in relazione alle dimensioni del getto | Correggere la miscela |
| Messa in opera | Calcestruzzo lasciato cadere da un'altezza eccessiva, carico eccessivo di calcestruzzo nelle casseforme, tramogge di carico inesistenti o inefficaci, spostamento orizzontale del calcestruzzo | Correggere la messa in opera |
| Compattazione | Vibratori sottodimensionati per potenza, frequenza o ampiezza, tempo di vibrazione troppo breve o eccessivo, distanza eccessiva tra i punti di vibrazione, numero di vibratori insufficiente | Correggere l'uso dei vibratori |

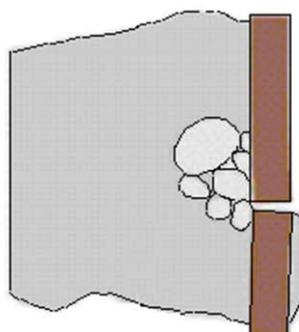
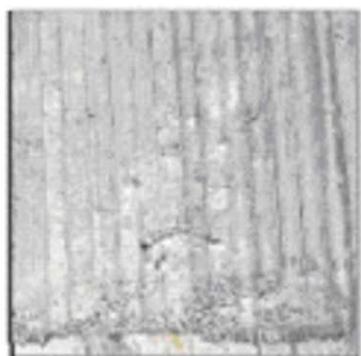
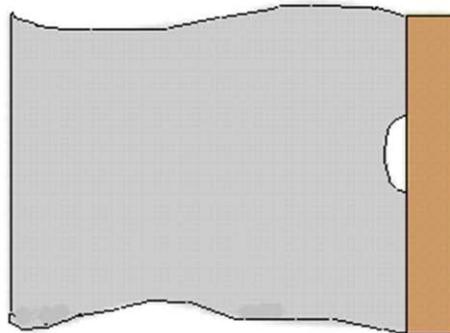
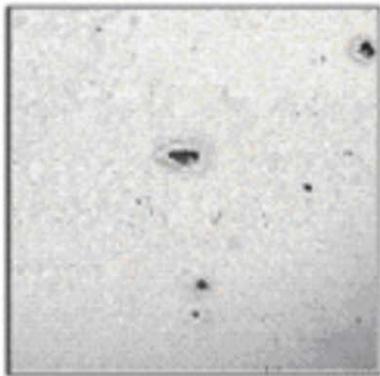


Figura Nidi di ghiaia

Tabella 2 Vuoti sulla superficie del getto contro cassaforma: cavità singole sulla superficie di forma irregolare e dimensione fino a 20 mm

| Cause | | Rimedi |
|--|--|--|
| Progettuali | Superfici di getto in contropendenza o con interferenze | - |
| Casseforme | Superfici delle casseforme impermeabili, poco bagnabili, troppo flessibili, e con agente disarmante inadeguato | Adeguare il disarmante |
| Condizioni operative | Agente disarmante applicato in misura eccessiva o non nebulizzato, temperatura del calcestruzzo troppo elevata | Correggere l'applicazione del disarmante |
| Proprietà del calcestruzzo fresco | Sabbia troppo ricca in fini, lavorabilità inadeguata, dosaggio eccessivo in cemento o materiale pozzolanico, contenuto d'aria troppo alto, calcestruzzo troppo viscoso | Correggere la miscela |
| Messa in opera | Messa in opera del calcestruzzo discontinua o troppo lenta, portata della pompa o delle tubazioni inadeguata | Assicurare la continuità del getto |
| Compattazione | Ampiezza di vibrazione eccessiva, vibratore mantenuto fermo e/o parzialmente immerso, vibrazione esterna inadeguata | Correggere il metodo di vibrazione |



Figura

Vuoti sulla superficie del getto contro cassaforma

Tabella Superfici dei giunti con evidenza di aggregati fini o grossi carenti in cemento, generalmente delimitati da superfici scure

| Cause | | Rimedi |
|--|--|--|
| Casseforme | Mancanza di tenuta nei giunti delle casseforme o nei raccordi di fissaggio, con sigillatura inadeguata | Adeguare le casseforme |
| Condizioni operative | Spostamento laterale del calcestruzzo | Correggere il metodo di messa in opera |
| Proprietà del calcestruzzo fresco | Eccesso di acqua, calcestruzzo troppo fluido e/o carenti in pasta cementizia | Correggere l'applicazione del disarmante e adeguare la miscela |
| Messa in opera | Tempo di attesa eccessivo tra la posa del calcestruzzo e la compattazione | Assicurare la continuità del getto |
| Compattazione | Eccessiva ampiezza o frequenza della vibrazione in relazione alla dimensione delle casseforme | Correggere la vibrazione |

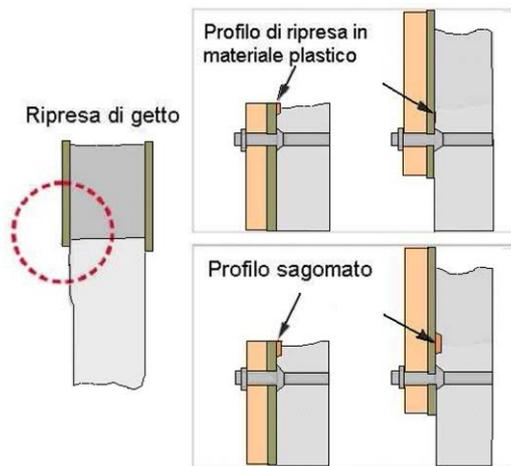


Figura
Giunti delle casseforme in evidenza

Tabella Aggregati affioranti sulla superficie del calcestruzzo a vista (superfici chiazzate di chiaro o di scuro, presenza di macchie aventi dimensioni simili a quelle dell'aggregato)

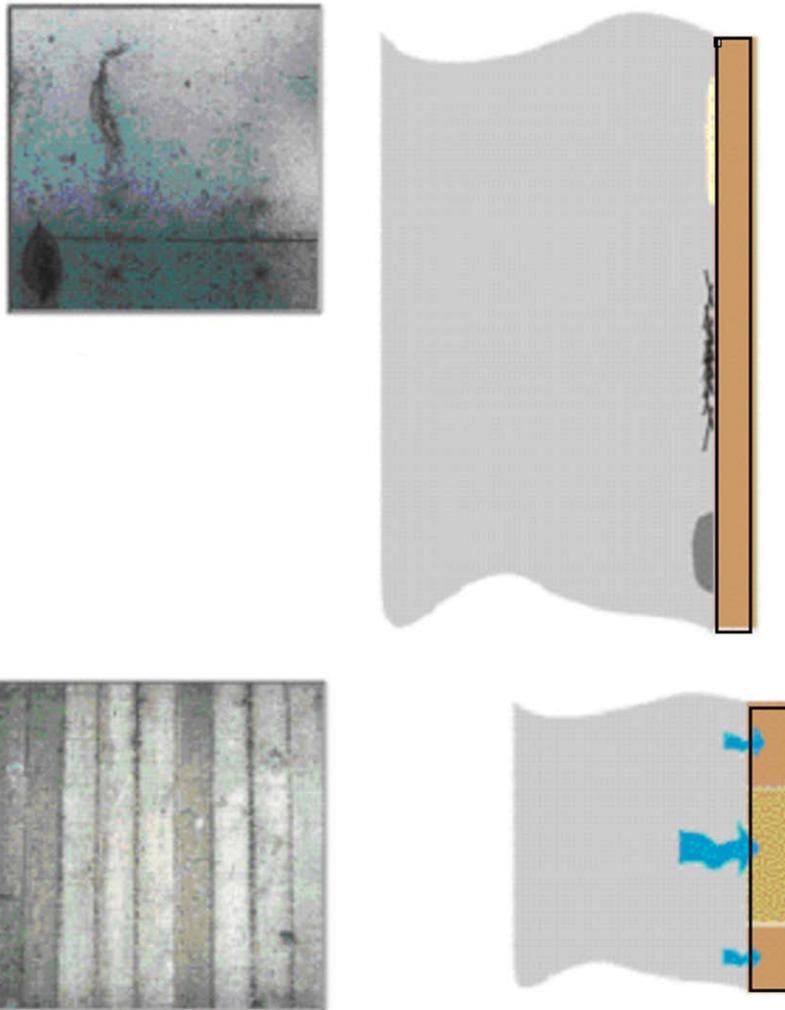
| Cause | | Rimedi |
|--|---|-------------------------------------|
| Casseforme | Troppo flessibili | Adeguare le casseforme |
| Proprietà del calcestruzzo fresco | Aggregati carenti nel contenuto in fini, granulometria non corretta, aggregato leggero con calcestruzzo troppo fluido | Adeguare la miscela |
| Compattazione | Vibrazione esterna eccessiva, o vibrazione eccessiva di calcestruzzo leggero | Correggere il sistema di vibrazione |

Tabella Fessure di assestamento (anche corte, di ampiezza variabile e disposte orizzontalmente)

| Cause | | Rimedi |
|--|--|------------------------------------|
| Progettuali | Elementi sottili e complessi con difficoltà di accesso per il calcestruzzo e vibrator, spessore del copriferro inadeguato | Adeguare/verificare la geometria |
| Casseforme | Casseforme inadeguate e dalle superfici ruvide | Adeguare le casseforme |
| Condizioni operative | Discontinuità nelle operazioni di getto con tempi eccessivi durante la messa in opera del calcestruzzo (ad esempio, tra le colonne e i solai o le travi) | Assicurare la continuità del getto |
| Proprietà del calcestruzzo fresco | Composizione granulometrica inadeguata, calcestruzzo troppo fluido, cemento con presa troppo rapida | Verificare la miscela |
| Messa in opera | Discontinua | Assicurare la continuità del getto |
| Compattazione | Vibrazione ad immersione troppo prossima alle casseforme, vibrazione a cassaforma eccessiva | Adeguare la vibrazione |

Tabella Variazioni di colore (variazioni di colore sulla superficie in evidenza poche ore dopo la rimozione delle casseforme)

| Cause | | Rimedi |
|--|--|---------------------------|
| Progettuali | Ferri di armatura molto vicini alle casseforme | Adeguare il copriferro |
| Casseforme | Variazioni nelle proprietà di assorbimento superficiale, reazione fra il calcestruzzo e la superficie della cassaforma, reazione con l'agente disarmante, perdita di boiaccia in corrispondenza dei giunti | Correggere le casseforme |
| Proprietà del calcestruzzo fresco | Granulometria inadeguata degli aggregati, miscelazione non completa, calcestruzzo troppo scorrevole, vibrazione eccessiva | Adeguare la miscela |
| Messa in opera | Segregazione dei costituenti, consistenza troppo fluida | Aggiustare la consistenza |
| Compattazione | Vibrazione ad immersione troppo prossima alle casseforme, vibrazione a cassaforma eccessiva | Correggere la vibrazione |



Figura

Variazioni di colore sulla superficie in evidenza poche ore dopo la rimozione delle casseforme

Tabella Striature di sabbia e acqua (variazioni di colore o di ombre dovute alla separazione di particelle fini)

| Cause | | Rimedi |
|--|---|---|
| Casseforme | Mancanza di tenuta delle casseforme, acqua in eccesso sul fondo della cassaforma risalente durante il getto | Adeguare le casseforme, drenare e asciugare l'acqua |
| Condizioni operative | Temperatura bassa, calcestruzzo con eccesso di acqua | Adottare una protezione per le casseforme |
| Proprietà del calcestruzzo fresco | Scarso o eccessivamente ricco di fini, miscela arida, con insufficiente contenuto di pasta | Adeguare la miscela |
| Messa in opera | Troppo veloce | Correggere la messa in opera |
| Compattazione | Vibrazione e/o ampiezza di vibrazione eccessive | Adeguare la vibrazione |

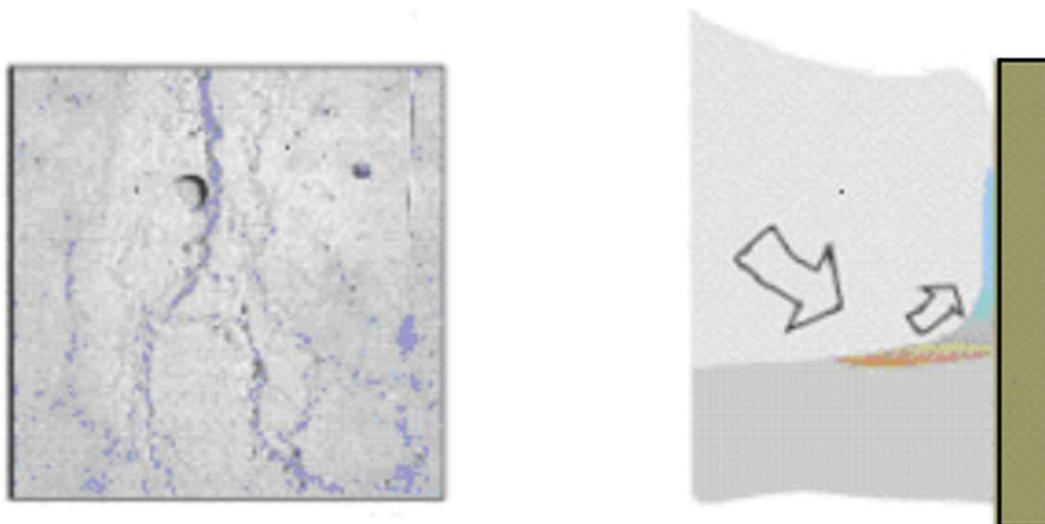


Figura
Striature di sabbia e acqua

Tabella Delimitazione degli strati (zone di colore scuro tra gli strati nel calcestruzzo)

| Cause | | Rimedi |
|--|--|---|
| Casseforme | Troppo deformabili | Irrigidire le casseforme |
| Condizioni operative | Temperatura troppo elevata, mancanza di continuità nella posa del calcestruzzo e riprese di getto a freddo | Adeguare il mantenimento della lavorabilità |
| Proprietà del calcestruzzo fresco | Troppo bagnato con tendenza all'essudamento, presa rapida | Adeguare la miscela |
| Messa in opera | Troppo lenta, attrezzature o mano d'opera inadeguate | Correggere la messa in opera |
| Compattazione | Carenze nella vibrazione, difetto di penetrazione dei vibratori attraverso gli strati | Adeguare la vibrazione |

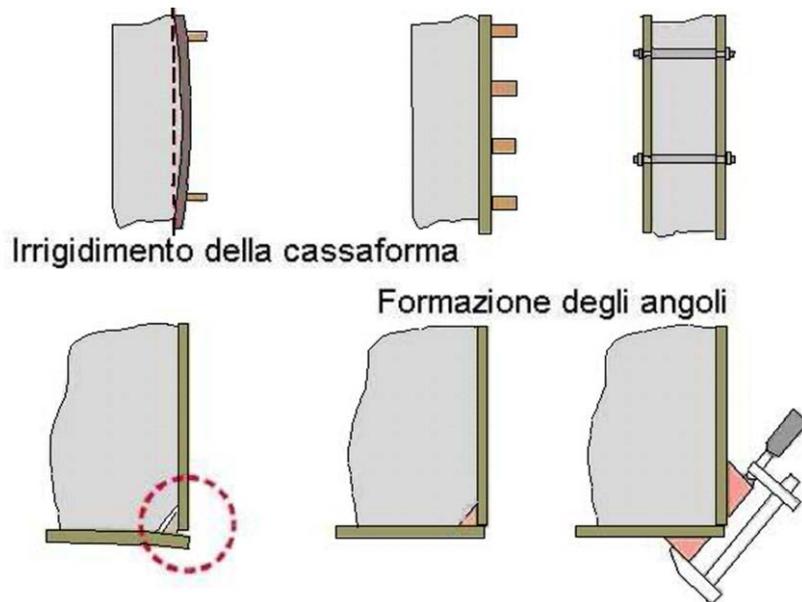
Tabella Giunti freddi (vuoti, nidi di ghiaia, variazioni di colore ai bordi delle riprese, bordo superiore del calcestruzzo non connesso allo strato inferiore)

| Cause | | Rimedi |
|-----------------------------|--|--|
| Progettuali | Spazio insufficiente per inserire il vibratore | Adeguare i sistemi di vibrazione |
| Condizioni operative | Mancanza di coordinamento fra la messa in opera e la compattazione o sistema di vibrazione inadeguato, messa in opera nel momento in cui lo strato inferiore del calcestruzzo ha già iniziato a indurire | Continuità della messa in opera e della vibrazione |

| | | |
|--|---|-------------------------------------|
| Proprietà del calcestruzzo fresco | Elevata perdita di lavorabilità e indurimento troppo rapido | Migliorare la miscela |
| Messa in opera | Strati troppo profondi, tempi di attesa eccessivi nella messa in opera dei vari strati | Adeguare le procedure di esecuzione |
| Compattazione | Vibrazione insufficiente, impossibilità di conferire continuità al getto inserendo il vibratore negli strati contigui, mancato inserimento dei vibratori nello strato sottostante | Adeguare la vibrazione |

Tabella Marcatura delle casseforme (irregolarità sulla superficie in corrispondenza delle giunzioni delle casseforme o come conseguenza di difetti delle casseforme)

| Cause | | Rimedi |
|--|--|---|
| Progettuali | Giunti di costruzione in corrispondenza di una variazione nella direzione delle casseforme | - |
| Casseforme | Inadeguate al tipo di getto (dimensioni del getto, pressione sulle casseforme) e di messa in opera, facilmente deformabili | Adeguare le casseforme |
| Condizioni operative | Sistema di ancoraggio delle casseforme inadeguato, eccessivo accumulo di calcestruzzo prima della sua distribuzione | Correggere il sistema di ancoraggio e le procedure di getto |
| Proprietà del calcestruzzo fresco | Eccessivo ritardo nell'indurimento del calcestruzzo | Migliorare la miscela |
| Messa in opera | Troppo lenta | Accelerare la messa in opera |
| Compattazione | Ampiezza di vibrazione eccessiva, disomogenea distribuzione dei punti di immersione dei vibratori | Adeguare la vibrazione |

**Figura****Marcatura delle casseforme****2.4.1.5 Tolleranze dimensionali****A) Pilastri**

| | |
|-----------------------------------|--------------|
| LUNGHEZZA | ± 1 cm |
| DIMENSIONE ESTERNA | $\pm 0,5$ cm |
| FUORI PIOMBO PER METRO DI ALTEZZA | 1/500 |
| INCAVO PER ALLOGGIAMENTO TRAVI | $\pm 0,5$ cm |

B) Travi

| | |
|-------------------------------------|--------------|
| LUNGHEZZA | ± 2 cm |
| LARGHEZZA | $\pm 0,5$ cm |
| ALTEZZA | ± 1 cm |
| SVERGOLATURE PER METRO DI LUNGHEZZA | 1/1000 |

2.4.1.6 Dettagli costruttivi per le zone sismiche

Le indicazioni fornite nel seguito in merito ai dettagli costruttivi si applicano sia alle strutture in cemento armato gettate in opera sia alle strutture in cemento armato prefabbricate (paragrafo 7.4.6 NTC). I dettagli costruttivi sono articolati in termini di:

- limitazioni geometriche;
- limitazioni di armatura.

2.4.1.7 Limitazioni geometriche

A) Travi

La larghezza b della trave deve essere ≥ 20 cm e, per le travi basse comunemente denominate *a spessore*, deve essere non maggiore della larghezza del pilastro, aumentata da ogni lato di metà dell'altezza della sezione trasversale della trave stessa, risultando comunque non maggiore di due volte bc , essendo bc la larghezza del pilastro ortogonale all'asse della trave.

Il rapporto b/h tra larghezza e altezza della trave deve essere $\geq 0,25$.

Non deve esserci eccentricità tra l'asse delle travi che sostengono pilastri in falso e l'asse dei pilastri che le sostengono. Esse devono avere almeno due supporti, costituiti da pilastri o pareti. Le pareti non possono appoggiarsi in falso su travi o solette.

Le zone critiche si estendono, per CD"B" e CD"A", per una lunghezza pari rispettivamente a 1 e 1,5 volte l'altezza della sezione della trave, misurata a partire dalla faccia del nodo trave-pilastro o da entrambi i lati a partire dalla sezione di prima plasticizzazione. Per travi che sostengono un pilastro in falso, si assume una lunghezza pari a due volte l'altezza della sezione misurata da entrambe le facce del pilastro.

B) Pilastri

La dimensione minima della sezione trasversale non deve essere inferiore a 250 mm.

Se q , quale definito nel paragrafo 7.3.1 delle Norme tecniche per le costruzioni, risulta $> 0,1$, l'altezza della sezione non deve essere inferiore a un decimo della maggiore tra le distanze tra il punto in cui si annulla il momento flettente e le estremità del pilastro.

In assenza di analisi più accurate, si può assumere che la lunghezza della zona critica sia la maggiore tra l'altezza della sezione, $1/6$ dell'altezza libera del pilastro, 45 cm, l'altezza libera del pilastro se questa è inferiore a tre volte l'altezza della sezione.

C) Nodi trave-pilastro

Sono da evitare, per quanto possibile, eccentricità tra l'asse della trave e l'asse del pilastro concorrenti in un nodo. Nel caso che tale eccentricità superi $1/4$ della larghezza del pilastro, la trasmissione degli sforzi deve essere assicurata da armature adeguatamente dimensionate allo scopo.

D) Pareti

Lo spessore delle pareti deve essere non inferiore al valore massimo tra 150 mm (200 mm nel caso in cui nelle travi di collegamento siano da prevedersi, ai sensi del paragrafo 7.4.4.6 (armature inclinate) delle Norme tecniche per le costruzioni e $1/20$ dell'altezza libera di interpiano.

Possono derogare da tale limite, su motivata indicazione del progettista, le strutture a funzionamento scatolare a un solo piano non destinate a uso abitativo.

Devono essere evitate aperture distribuite irregolarmente, a meno che la loro presenza non venga specificamente considerata nell'analisi, nel dimensionamento e nella disposizione delle armature.

In assenza di analisi più accurate, si può assumere che l'altezza delle zone critiche sia la maggiore tra la larghezza della parete e $1/6$ della sua altezza.

2.4.1.8 Limitazioni di armatura

A. Travi

ARMATURE LONGITUDINALI

Almeno due barre di diametro non inferiore a 14 mm devono essere presenti superiormente e inferiormente per tutta la lunghezza della trave.

Le armature longitudinali delle travi, sia superiori sia inferiori, devono attraversare di regola i nodi, senza ancorarsi o giuntarsi per sovrapposizione in essi. Quando ciò non risulti possibile, sono da rispettare le seguenti prescrizioni:

- le barre vanno ancorate oltre la faccia opposta a quella di intersezione con il nodo oppure rivoltate verticalmente in corrispondenza di tale faccia, a contenimento del nodo;
- la lunghezza di ancoraggio delle armature tese va calcolata in modo da sviluppare una tensione nelle barre pari a $1,25 f_{yk}$ e misurata a partire da una distanza pari a 6 diametri dalla faccia del pilastro verso l'interno.

La parte dell'armatura longitudinale della trave che si ancora oltre il nodo non può terminare all'interno di una zona critica, ma deve ancorarsi al di là di essa.

La parte dell'armatura longitudinale della trave che si ancora nel nodo invece deve essere collocata all'interno delle staffe del pilastro.

Per nodi esterni si può prolungare la trave oltre il pilastro, si possono usare piastre saldate alla fine delle barre, si possono piegare le barre per una lunghezza minima pari a dieci volte il loro diametro, disponendo un'apposita armatura trasversale dietro la piegatura.

ARMATURE TRASVERSALI

Nelle zone critiche devono essere previste staffe di contenimento. La prima staffa di contenimento deve distare non più di 5 cm dalla sezione a filo pilastro; le successive invece devono essere disposte a un passo non superiore alla minore tra le grandezze seguenti:

- 1/4 dell'altezza utile della sezione trasversale;
- 175 mm e 225 mm, rispettivamente per CD "A" e CD "B";
- sei volte e otto volte il diametro minimo delle barre longitudinali considerate ai fini delle verifiche, rispettivamente per CD "A" e CD "B";
- ventiquattro volte il diametro delle armature trasversali.

Per staffa di contenimento si intende una staffa rettangolare, circolare o a spirale, di diametro minimo 6 mm, con ganci a 135° prolungati per almeno 10 diametri alle due estremità. I ganci devono essere assicurati alle barre longitudinali.

PILASTRI

Nel caso in cui i tamponamenti non si estendano per l'intera altezza dei pilastri adiacenti, l'armatura risultante deve essere estesa per una distanza pari alla profondità del pilastro oltre la zona priva di tamponamento. Nel caso in cui l'altezza della zona priva di tamponamento fosse inferiore a 1,5 volte la profondità del pilastro, devono essere utilizzate armature bi-diagonali.

Nel caso precedente, qualora il tamponamento sia presente su un solo lato di un pilastro, l'armatura trasversale da disporre alle estremità del pilastro deve essere estesa all'intera altezza del pilastro.

ARMATURE LONGITUDINALI

Per tutta la lunghezza del pilastro l'interasse tra le barre non deve essere superiore a 25 cm.

Nella sezione corrente del pilastro, la percentuale geometrica ρ di armatura longitudinale, con ρ rapporto tra l'area dell'armatura longitudinale e l'area della sezione del pilastro, deve essere compresa entro i seguenti limiti: 1% $\leq \rho \leq$ 4%. Se sotto l'azione del sisma la forza assiale su un pilastro è di trazione, la lunghezza di ancoraggio delle barre longitudinali deve essere incrementata del 50%.

ARMATURE TRASVERSALI

Nelle zone critiche devono essere rispettate le condizioni seguenti:

- le barre disposte sugli angoli della sezione devono essere contenute dalle staffe;
- almeno una barra ogni due, di quelle disposte sui lati, deve essere trattenuta da staffe interne o da legature;
- le barre non fissate devono trovarsi a meno di 15 cm e 20 cm da una barra fissata, rispettivamente per CD"A" e CD"B".

Il diametro delle staffe di contenimento e legature deve essere non inferiore a 6 mm e il loro passo deve essere non superiore alla più piccola delle quantità seguenti:

- $1/3$ e $1/2$ del lato minore della sezione trasversale, rispettivamente per CD"A" e CD"B";
- 125 mm e 175 mm, rispettivamente per CD"A" e CD"B";
- sei e otto volte il diametro delle barre longitudinali che collegano, rispettivamente per CD"A" e CD"B".

B. Nodi trave-pilastro

Lungo le armature longitudinali del pilastro che attraversano i nodi non confinati devono essere disposte staffe di contenimento in quantità almeno pari alla maggiore prevista nelle zone del pilastro inferiore e superiore adiacenti al nodo. Questa regola può non essere osservata nel caso di nodi interamente confinati.

C. Pareti

Le armature, sia orizzontali sia verticali, devono avere diametro non superiore a $1/10$ dello spessore della parete, essere disposte su entrambe le facce della parete, a un passo non superiore a 30 cm ed essere collegate con legature, in ragione di almeno nove ogni metro quadrato. Nella zona critica si individuano alle estremità della parete due zone confinate aventi per lati lo spessore della parete e una lunghezza confinata l_c pari al 20% della lunghezza in pianta l della parete stessa e comunque non inferiore a 1,5 volte lo spessore della parete. In tale zona il rapporto geometrico ρ_v dell'armatura totale verticale, riferito all'area confinata, deve essere compreso entro i seguenti limiti: 1% $\leq \rho_v \leq$ 4%. Nelle zone confinate l'armatura trasversale deve essere costituita da barre di diametro non inferiore a 6 mm, disposti in modo da fermare una barra verticale ogni due, con un passo non superiore a otto volte il diametro della barra o a 10 cm. Le barre non fissate devono trovarsi a meno di 15 cm da una barra fissata. Le armature inclinate che attraversano potenziali superfici di scorrimento devono essere efficacemente ancorate al di sopra e al di sotto della superficie di scorrimento e attraversare tutte le sezioni della parete poste al di sopra di essa e distanti da essa meno della minore tra $1/2$ altezza e $1/2$ larghezza della

parete. Nella rimanente parte della parete, in pianta e in altezza, vanno seguite le regole delle condizioni non sismiche, con un'armatura minima orizzontale e verticale pari allo 0,2%, per controllare la fessurazione da taglio.

D. Travi di accoppiamento

Nel caso di armatura a X, ciascuno dei due fasci di armatura deve essere racchiuso da armatura a spirale o da staffe di contenimento con passo non superiore a 100 mm. In questo caso, in aggiunta all'armatura diagonale, deve essere disposta nella trave un'armatura di almeno 10 cm di diametro, distribuita a passo 10 cm in direzione sia longitudinale che trasversale e un'armatura corrente di due barre da 16 mm ai bordi superiore e inferiore. Gli ancoraggi delle armature nelle pareti devono essere del 50% più lunghi di quanto previsto per il dimensionamento in condizioni non sismiche.

2.4.1.9 Predisposizione Di Fori, Tracce, Cavità, Inserti Di Qualsiasi Tipo, Ancoraggi E Appoggi.

L'Impresa avrà a suo carico il preciso obbligo di predisporre in corso di esecuzione (prima dei getti con verifica preventiva della D.L.) quanto è previsto nei disegni esecutivi, o sarà successivamente prescritto di volta in volta in tempo utile dalla Direzione Lavori, circa fori, tracce, cavità, incassature, inserti di qualsiasi tipo, ancoraggi per strutture metalliche saldati e non, impianti e fognature e altri inserti, nelle platee, travi, solette, solai, nervature, pilastri, setti, fondazioni, muri parapetti, cordoli, ecc.. Inoltre l'impresa dovrà eseguire, anche se non specificatamente indicata nei disegni di progetto, ogni predisposizione nonché la fornitura e posa dei materiali e manufatti necessari per la realizzazione di elementi quali giunti, appoggi scorrevoli, appoggi in neoprene, passi d'uomo, sedi di tubi e di cavi, opere di interdizione, mensole, parti o tubazioni di impianti di qualsiasi natura, ferri tipo "Halfen" per ancoraggi di facciata ecc., nessuno escluso.

Sono compresi inoltre la fornitura e posa dei tubi, il calcestruzzo e relativo rinfiacco al di sotto delle travi di bordo delle fondazioni ove necessari.

L'onere relativo è compreso e compensato nel prezzo a corpo offerto e pertanto è ad esclusivo carico dell'Impresa.

Tutte le conseguenze per la mancata esecuzione delle predisposizioni così prescritte dalla Direzione Lavori, saranno a totale carico dell'Impresa, sia per quanto riguarda le rotture, i rifacimenti, le demolizioni di opere di spettanza dell'Impresa stessa, sia per quanto riguarda le eventuali opere di adattamento di infissi o impianti, giunti o qualsiasi altro manufatto, sia per le forniture aggiuntive di materiali e la maggiore mano d'opera occorrente da parte dei fornitori.

2.4.2 CRITERI E MODALITÀ DI CONTROLLO DEI MANUFATTI

2.4.2.1 Prove E Materiali

Fermo restando quanto stabilito al CAP 11 punto del D.M. 14 Gennaio 2008 e s.m.i., la Direzione Lavori si riserva la facoltà di prelevare, in ogni momento e quando lo ritenga opportuno, ulteriori campioni di materiali o di calcestruzzo, da sottoporre ad esami o prove di laboratorio.

Si riporta di seguito elenco sintetico delle prove che potranno essere richieste in corso d'opera.

Tutti gli oneri conseguenti sono anch'essi compresi nei prezzi offerta a corpo.

2.4.2.2 Prove Su Calcestruzzo – Compressione

Scopo: determinazione della resistenza alla compressione offerta da provini cubici o cilindrici di calcestruzzo. In base a ciò è possibile mediante i controlli di accettazione prescritti dalle norme vigenti (tipo A o tipo B), verificare che la resistenza caratteristica (Rck) del conglomerato in esame sia pari al valore indicato dal progettista.

Metodica: Norma UNI 6132 richiamata dalle norme tecniche per l'esecuzione delle opere in c.a. e c.a.p.

Tutti gli oneri saranno ad esclusivo carico dell'Appaltatore.

2.4.2.3 Prove Su Calcestruzzo - Prova Non Distruttiva Su Calcestruzzo Per La Determinazione Del Modulo Di Elasticità Secante A Compressione

Scopo: determinazione delle caratteristiche elastiche di un provino di calcestruzzo prismatico o cilindrico in un campo prefissato di sollecitazioni. Generalmente tali sollecitazioni corrispondono a quelle alle quali è sottoposto il conglomerato in opera. Inoltre mediante tale prova è possibile controllare le eventuali variazioni delle caratteristiche elastiche di un conglomerato a diverse stagionature o a causa di particolari attacchi ambientali (gelo e disgelo aggressione chimica ecc.).

Metodica: Norma UNI 6556. Le stagionature ed i carichi di prova dovranno essere fissati in base alle finalità prefissate. In particolare il carico massimo di prova deve corrispondere a circa 1/3 di quello corrispondente alla rottura alla stessa stagionatura. Del conglomerato in esame: è quindi opportuno poter disporre di provini di calcestruzzo omogeneo da sottoporre precedentemente a prova distruttiva di compressione.

Tutti gli oneri saranno ad esclusivo carico dell'Appaltatore.

2.4.2.4 Prove Su Calcestruzzo - Determinazione Del Modulo Elastico Dinamico

Scopo: determinazione delle caratteristiche elastiche di un provino di calcestruzzo mediante la valutazione della velocità di propagazione di impulsi di onde ultrasonore. Esso è approssimativamente pari al modulo tangente all'origine ed è quindi sempre più elevato del modulo secante, precedentemente descritto.

Metodica: Norma UNI 9524. Oltre alla determinazione sperimentale della velocità di propagazione degli ultrasuoni è necessario conoscere la densità ed il coefficiente di Poisson del calcestruzzo in esame. L'apparecchiatura da impiegare è la stessa con la quale si effettuano le auscultazioni dinamiche sulle strutture in situ.

Tutti gli oneri saranno ad esclusivo carico dell'Appaltatore.

2.4.2.5 Prove Su Calcestruzzo – Flessione

Scopo: determinazione della resistenza a trazione per flessione offerta da provini prismatici di calcestruzzo. È inoltre possibile la successiva determinazione della resistenza alla compressione e/o alla trazione indiretta del conglomerato in esame impiegando i monconi rotti per flessione.

Metodica: Norma UNI 12390-5. L'esecuzione della prova avviene mediante l'applicazione di un carico concentrato sulla mezzeria del provino (dispositivo con un coltello) oppure con due carichi uguali rispettivamente ad un terzo ed a due terzi della luce (dispositivo con due coltelli). Per quanto riguarda le caratteristiche dei monconi sui quali eseguire la prova di compressione o di trazione indiretta, esse sono descritte nella norma UNI 6134.

Tutti gli oneri saranno ad esclusivo carico dell'Appaltatore.

2.4.2.6 Prove Su Calcestruzzo - Trazione Indiretta, Comunemente Detta " Brasiliana "

Scopo: determinazione della resistenza alla trazione offerta da provini cubici o cilindrici di calcestruzzo.

Metodica: Norma UNI 6135. La prova si esegue sottoponendo il provino ad una forza di compressione applicata lungo un segmento. Tale situazione di carico si realizza per i provini cubici (o per monconi provenienti dalla prova di flessione) comprimendoli secondo le mezzerie di due facce parallele tramite due rulli di diametro pari allo spigolo del provino, per i provini cilindrici collocandoli con l'asse orizzontale parallelo ai piatti della pressa e quindi comprimendoli secondo due opposte generatrici.

Tutti gli oneri saranno ad esclusivo carico dell'Appaltatore.

2.4.2.7 Prove Su Calcestruzzo - Prelievo Di Campioni Di Calcestruzzo Indurito

Scopo: estrazione da strutture in calcestruzzo armato e non di campioni rappresentativi del relativo conglomerato, sui quali sia possibile eseguire, previa preparazione dei provini, prove di compressione.

Metodica: Norma UNI 6131. Il criterio generale è di ridurre al minimo il danneggiamento provocato dall'estrazione (disturbo) del campione. A tal fine è raccomandabile l'impiego di sonde rotative a corona diamantata comandate da motore elettrico, che, opportunamente contrastate, consentono il prelievo di "carote" di calcestruzzo senza percussione o sollecitazioni dannose. Lo stesso criterio deve essere seguito nei riguardi del ricavo dei provini da sottoporre a prova di compressione, dai quali dovranno essere scartate le parti eventualmente contenenti frammenti delle armature.

Tutti gli oneri saranno ad esclusivo carico dell'Appaltatore.

2.4.2.8 Prove Su Calcestruzzo - Controlli Sclerometrici Su Calcestruzzo In Opera

Scopo: valutazione della probabile resistenza alla compressione del calcestruzzo in opera mediante la determinazione della relativa durezza d'urto fornita dalle battute sclerometriche. È un tipo di controllo estremamente rapido ed agile che permette, senza danneggiamenti, l'esame di numerose strutture in breve tempo. I limiti, insiti nel metodo stesso, sono parzialmente superabili mediante opportune "tarature" eseguibili con i tradizionali controlli distruttivi (carotaggi e relative prove di compressione).

Metodica: Norma UNI EN 12504-2 che prevede l'effettuazione di almeno 9 battute per ogni zona della struttura presa in esame. La media aritmetica delle misure, fornisce il valore dell'indice di rimbalzo sclerometrico (Im).

Tutti gli oneri saranno ad esclusivo carico dell'Appaltatore.

2.4.2.9 Prove Su Calcestruzzo - Prelievo Di Campioni Di Calcestruzzo Fresco In Cantiere

Scopo: costituzione di campioni rappresentativi di calcestruzzo in esame onde poter effettuare quei controlli sul materiale fresco e/o indurito, ritenuti indispensabili per la qualificazione del conglomerato (resa volumetrica, dosaggio dell'acqua e del cemento, consistenza, resistenza alla compressione, ecc.).

Metodica: Norma UNI EN 12350. In particolare per quanto riguarda la preparazione di campioni cubici sui quali effettuare le prove di compressione è raccomandabile l'impiego di casseforme in polistirolo espanso (a perdere) con le quali è possibile mantenere i

provini nel luogo stesso ove si è eseguito il prelievo prima della loro collocazione nell'ambiente opportunamente climatizzato.

Tutti gli oneri saranno ad esclusivo carico dell'Appaltatore.

2.4.2.10 Prove Su Calcestruzzo - Controllo Della Resa Volumetrica Di Un Calcestruzzo

Scopo: determinazione sperimentale della massa volumica del calcestruzzo fresco. In base a ciò, conoscendo la granulometria degli aggregati impiegati, è possibile eseguire il controllo in cantiere del dosaggio dell'acqua e del cemento per il calcestruzzo in esame. Inoltre tale determinazione è assolutamente necessaria per l'aggiustamento della ricetta di impasto formulata teoricamente.

Metodica: Norma UNI 12350-6.

Tutti gli oneri saranno ad esclusivo carico dell'Appaltatore.

2.4.2.11 Prove Su Calcestruzzo - Misura Della Consistenza Di Un Calcestruzzo (Slump-Test)

Scopo: determinazione della consistenza di un calcestruzzo con il metodo del cono di Abrams in cantiere oppure in laboratorio. La conoscenza di tale parametro è di fondamentale importanza per la definizione della lavorabilità di un calcestruzzo. Inoltre, mediante lo slump-test, è possibile confrontare agilmente gli effetti fluidificanti di eventuali additivi chimici a parità di rapporto acqua-cemento.

Metodica: Norma UNI 12350-2 – Il metodo non è applicabile quando la dimensione massima dell'aggregato sia maggiore di 50mm.

Tutti gli oneri saranno ad esclusivo carico dell'Appaltatore.

2.4.2.12 Prove Su Calcestruzzo - Controllo Dei Tempi Di Presa Di Un Calcestruzzo

Scopo: determinazione dei tempi di inizio e fine presa del calcestruzzo in cantiere oppure in laboratorio, misurando la progressiva resistenza alla penetrazione nel tempo di opportune sonde metalliche. Tali misure permettono di stabilire l'influenza sui tempi di presa di variabili estrinseche, quali temperatura, umidità relativa, ovvero intrinseche quali il tipo ed il dosaggio di cemento, il rapporto acqua/cemento, la presenza di additivi ecc.

Metodica: Norma UNI 7123. Il limite del metodo consiste nel fatto che il campione da sottoporre a prova è costituito dalla malta ottenuta setacciando al crivello 5 UNI 2334 il calcestruzzo in esame.

Tutti gli oneri saranno ad esclusivo carico dell'Appaltatore.

2.4.2.13 Prove Su Calcestruzzo - Determinazione Della Quantità Di Acqua D'impasto Essudata (Bleeding)

Scopo: misura dell'essudamento, cioè dell'affioramento di acqua sulla superficie del calcestruzzo. In particolare tale fenomeno, se rilevante, può provocare una diminuzione dell'aderenza acciaio-calcestruzzo a causa di un accumulo di acqua libera sotto le barre d'armatura

Metodica: Norma UNI 7122 relativa ad un conglomerato con dimensione massima degli aggregati pari a 50 mm.

Il volume dell'acqua essudata può essere espresso sia per unità di superficie del calcestruzzo in esame, che come percentuale dell'acqua di impasto totale.

Tutti gli oneri saranno ad esclusivo carico dell'Appaltatore.

2.4.2.14 Prove Su Calcestruzzo - Determinazione Dei Ritiro Idraulico

Scopo: determinazione del ritiro assiale di provini di calcestruzzo mantenuti in ambiente termoumidostatico. a scadenze prefissate. Tale misura permette di stabilire, tra l'altro, l'influenza sul ritiro idraulico di un calcestruzzo, dell'impiego di diversi tipi e/o dosaggi di cemento e dell'impiego di opportuni additivi.

Metodica: Norma UNI 6555, relativa ad un conglomerato con dimensione massima degli aggregati pari a 30 mm. La misura del ritiro si esprime in micron riferendosi al metro come unità di lunghezza.

Tutti gli oneri saranno ad esclusivo carico dell'Appaltatore.

2.4.2.15 Prove Sugli Aggregati - Analisi Granulometrica

Scopo: determinazione delle percentuali in massa del materiale passante ad una determinata serie di vagli. Tali valori sono di fondamentale importanza al fine di poter convenientemente assorbire le diverse pezzature di aggregato a e disposizione per la formazione del misto granulometrico (mix-design).

Metodica: Norma UNI 933-1. Generalmente è raccomandabile che il metodo di accertamento comprenda un prelavaggio del materiale in esame. Il campione da analizzare quantitativamente varierà a seconda della dimensione massima dell'aggregato in esame; indicativamente può fissarsi da un minimo di 200 g per una sabbia con D massimo pari a 2 mm ad un massimo di 5 kg per un pietrisco con D massimo pari a 25 mm. Nel caso in cui si abbia a disposizione un maggior quantitativo di materiale è opportuno ridurlo mediante quartatura; tale operazione è indispensabile nel caso di prelievo da mucchi, volendo ottenere un campione ampiamente rappresentativo.

Tutti gli oneri saranno ad esclusivo carico dell'Appaltatore.

2.4.2.16 Prove Sugli Aggregati - Valutazione Dei Fini Uni En 933-8

Scopo: determinazione, mediante lavaggio, del valore di equivalenza in sabbia della classe granulometrica 0-2 mm negli aggregati fini. Tali materiali sono comunque ritenuti dannosi nei confronti dell'indurimento del calcestruzzo e quindi non devono superare determinati valori limite.

Metodica: La norma di riferimento è la UNI EN 933-8.

Tutti gli oneri saranno ad esclusivo carico dell'Appaltatore.

2.4.2.17 Prove Sugli Aggregati - Determinazione Del Modulo Di Finezza

Scopo: Il modulo di finezza è un parametro che permette di misurare semplicemente la granulometria di un aggregato e quindi è estremamente utile per la verifica della costanza delle caratteristiche di un aggregato impiegato nel corso di un'opera (controlli di uniformità). Inoltre può servire per il confronto di due diversi aggregati di tipo apparentemente simile ovvero per assortire convenientemente fra loro diverse pezzature.

Metodica: Norma UNI EN 933-1. Si ottiene in seguito all'analisi granulometrica eseguita mediante i vagli della serie UNI prossimi a quelli della serie Tyler da cui deriva il concetto di modulo di finezza. determinandone le percentuali in massa dei trattenuti.

Tutti gli oneri saranno ad esclusivo carico dell'Appaltatore.

2.4.2.18 Prove Sugli Aggregati - Determinazione Del Coefficiente Di Forma E Appiattimento

Scopo: il coefficiente di forma è un parametro che definisce lo scostamento dell'effettivo volume dell'elemento litoide da quello di una sfera ideale di diametro pari alla dimensione maggiore dell'elemento in esame. Quindi tale parametro non dovrà essere inferiore ad un certo valore (0,15) e comunque non potrà mai, ovviamente essere pari a 1. La determinazione del coefficiente di forma, comunque, rappresenta solo un momento dell'intero controllo di qualificazione degli aggregati.

Metodica: Norma UNI EN 933-3. La misura del coefficiente di forma si esegue su almeno 15 elementi litoidi di pezzatura maggiore di 6 mm.

Tutti gli oneri saranno ad esclusivo carico dell'Appaltatore.

2.4.2.19 Prove Sugli Aggregati - Contenuto Di Grumi Di Argilla E Particelle Friabili E Del Contenuto Di Particelle Leggere E Frustoli Vegetali

Scopo: individuazione e determinazione delle percentuali in massa dei grumi di argilla, di particelle friabili e leggere e di frustoli vegetali (carbon fossile, lignite e torba), presenti negli aggregati fini e/o grossi. La presenza di tali sostanze, in certe proporzioni, negli aggregati impiegati per la confezione del calcestruzzo, causa effetti nocivi, con particolare riguardo nei confronti dell'indurimento del conglomerato.

Metodica: Norma UNI 8520-8 e UNI EN 1744-1.

Tutti gli oneri saranno ad esclusivo carico dell'Appaltatore.

2.4.2.20 Prove Sugli Aggregati - Resistenza Alla Degradazione Per Cicli Di Gelo E Disgelo

Scopo: valutazione della degradazione di un calcestruzzo indurito sottoposto a cicli alternati di gelo in aria e disgelo in acqua. La misura della resistenza alla degradazione viene effettuata indirettamente tramite la determinazione delle variazioni del modulo elastico, della lunghezza e della massa dei provini di calcestruzzo, durante il corso della prova, che comprende l'effettuazione di 300 cicli di gelo e disgelo. È comunque previsto l'arresto della prova prima di tale termine, nel caso in cui si verifichi, sul conglomerato in esame, una riduzione del 60% del modulo elastico dinamico ed una perdita della massa superiore al 3%. Il numero minimo di provini necessari per l'effettuazione delle misure di controllo è pari a 3; tuttavia è necessario disporre di almeno altri 2 provini da riservare come campioni di confronto che non subiscano il trattamento di gelo e disgelo e per il rilevamento termometrico.

Metodica: Norma UNI 7087. A causa del notevole numero di cicli previsti per l'effettuazione della prova, la sua durata risulta piuttosto lunga, dell'ordine di vari mesi. Un metodo più rapido per la determinazione della resistenza alla degradazione per cicli di gelo e disgelo, è descritto nella norma statunitense ASTM C 666.

Tutti gli oneri saranno ad esclusivo carico dell'Appaltatore.

2.4.2.21 Prove Sugli Aggregati - Contenuto D'aria Nel Calcestruzzo Fresco

Scopo: valutazione per pressione del volume d'aria inclusa in un campione di calcestruzzo fresco. Il conglomerato dovrà riempire un apposito recipiente, la cui capacità, ovviamente varierà a seconda della dimensione massima degli inerti impiegati per la confezione del calcestruzzo. La prova consiste, essenzialmente nella misura della riduzione del prefissato volume, a causa dell'incremento di pressione applicata al contenitore.

Metodica: Norma UNI EN 12350-7.

Tutti gli oneri saranno ad esclusivo carico dell'Appaltatore.

2.4.2.22 Prove Sugli Aggregati - Composizione Del Calcestruzzo Fresco

Scopo: determinazione in cantiere del dosaggio dell'acqua d'impasto, del cemento, della quantità e della granulometria dell'aggregato. Il prelievo del campione di calcestruzzo fresco da esaminare deve essere eseguito non oltre 30 minuti dall'impasto con acqua. La dispersione dei vari elementi che compongono il conglomerato si ottiene mediante sbattimento del campione di calcestruzzo fresco prelevato, miscelato con una opportuna quantità di alcol denaturato. In particolare, per la determinazione del contenuto di cemento, si considera che esso sia tutto passante allo staccio 0.18 UNI 2332 e quindi occorre disporre degli inerti impiegati per la confezione del calcestruzzo, per poter effettuare una loro analisi granulometrica. Infatti tale operazione consente la valutazione della percentuale di materia passante al suddetto vaglio attribuibile al solo aggregato, necessaria per la correzione del passante allo staccio 0.18, globalmente determinato sul residuo secco del campione di calcestruzzo in esame.

Metodica: Norma UNI 6393. Il limite del metodo è insito nella necessità di dover disporre dei campioni delle varie classi granulometriche di aggregato impiegate per la confezione del calcestruzzo, situazione, quest'ultima, difficilmente attuabile, in particolare nel caso in cui si tratti di calcestruzzo preconfezionato e si operi al di fuori dell'impianto di betonaggio. Tutti gli oneri saranno ad esclusivo carico dell'Appaltatore.

2.4.2.23 Prove Sugli Aggregati - Massa Volumica Apparente (Peso In Mucchio)

Scopo: determinazione del rapporto tra la massa del campione contenuto in un dato recipiente ed il volume di esso. Quindi tale grandezza espressa in Kg/m³, rappresenta il valore della massa dell'aggregato al lordo dei vuoti esistenti tra i granuli e della loro porosità, da ciò deriva appunto il termine "peso in mucchio". Particolare attenzione va riposta nelle operazioni di riempimento del recipiente, che devono avvenire con un'altezza di caduta dell'aggregato, non superiore a 0.5 cm dal bordo del contenitore, per evitare fenomeni di compattazione.

Metodica: Norma UNI EN 1097-3.

Tutti gli oneri saranno ad esclusivo carico dell'Appaltatore.

2.4.2.24 Prove Sugli Aggregati - Massa Volumica Reale Media

Scopo: valutazione del rapporto tra la massa del materiale ed il suo volume, al netto delle porosità di ogni tipo contenute nell'aggregato fine e/o grosso. Per rendere possibile tale

determinazione è necessario in primo luogo, operare una macinazione del campione in esame fino a ridurlo a dimensione minore di 90 micron; in seguito il campione viene ulteriormente raffinato fino a passare completamente attraverso lo staccio 0.09 UNI 2332. Il valore della massa volumica reale media nel caso di aggregati fini (sabbia) viene espresso in g/cm³ mentre per quelli grossi (D_{max} > 4 mm) viene espresso in Kg/m³.

Metodica: Norma UNI EN 1097-6.

Tutti gli oneri saranno ad esclusivo carico dell'Appaltatore.

2.4.2.25 Prove Sugli Aggregati - Massa Volumica Media Del Granulo, Massa Volumica Media Del Granulo Saturo A Superficie Asciutta Ed Assorbimento D'umidità Superficiale

Scopo: essendo l'aggregato fine e/o grosso un materiale costituito da granuli contenente pori permeabili ed impermeabili (porosità "aperte" e "chiuse"), oltre alla massa volumica reale media, precedentemente descritta, si devono distinguere altre due masse volumiche, di cui una, definita, tout court, del granulo, valuta il rapporto tra la massa del materiale ed il suo volume al lordo della porosità impermeabile, mentre la seconda - del granulo saturo a superficie asciutta - esprime il medesimo rapporto, però riferito alla massa del materiale con i pori permeabili saturi di umidità. In particolare quest'ultima grandezza è generalmente nota con il termine inglese con cui viene definita nella normativa statunitense (ASTM) sull'argomento: "bulk specific gravity S.S.D.", ove S.S.D. sta per saturated surface dry basis. Il valore dell'assorbimento di umidità superficiale fornisce una precisa indicazione circa la quantità d'acqua che viene trattenuta dall'aggregato, a causa della sua porosità, anche dopo il suo essiccamento all'aria. Le determinazioni delle diverse masse volumiche del granulo, nel caso della sabbia vengono effettuate mediante picnometro, mentre per gli aggregati grossi si può impiegare, alternativamente, il metodo della pesata idrostatica od il metodo del cilindro. Le masse volumiche medie del granulo, sia degli aggregati grossi che fini, vanno espresse in Kg/m³, l'assorbimento d'umidità superficiale è espresso invece come valore percentuale.

Inoltre è il caso di sottolineare che il valore della massa volumica media dell'aggregato è il dato da impiegare per il calcolo del volume occupato dall'inerte nel calcestruzzo e che il valore dell'assorbimento esprime la quantità di acqua che non partecipa ai fenomeni di indurimento del conglomerato (acqua non efficace) e che quindi non va considerata nel computo del rapporto acqua/cemento (A/C), parametro, quest'ultimo, di prevalente influenza per il raggiungimento di determinate resistenze meccaniche.

In ultima analisi, la conoscenza di tali grandezze riveste particolare importanza ai fini della corretta formulazione della ricetta d'impasto di un conglomerato cementizio o di una sua verifica.

Metodica: Norma UNI EN 1097-6.

Tutti gli oneri saranno ad esclusivo carico dell'Appaltatore.

2.4.2.26 Prove Sugli Aggregati - Perdita Di Massa Degli Aggregati Grossi (Los Angeles)

Scopo: determinazione della perdita di massa degli aggregati da impiegarsi nella confezione di calcestruzzi sottoposti ad azione di rotolamento ed urto nell'apparecchiatura "Los Angeles". Quindi tale grandezza, oltre a qualificare la resistenza all'usura ed all'abrasione fornisce valide indicazioni circa la compattezza, toutcourt, dell'aggregato ed in particolare sulla sua capacità a conservare la propria forma e dimensioni dei granuli in seguito all'azione meccanica di sbattimento in betoniera. Il procedimento varia a seconda che si considerino aggregati con diametro maggiore di 16 mm oppure con diametro massimo minore di 31.5 mm. In entrambi i casi è prevista una separazione del campione originario, mediante vagliatura, in classi granulometriche, mentre, per quanto riguarda la carica abrasiva, nel primo caso ($D > 16$ mm), essa è costituita, per ogni classe granulometrica selezionata, da 12 sfere d'acciaio, aventi una massa complessivamente pari a 5 Kg, nel secondo ($D_{max} < 31.5$), la carica abrasiva varia a seconda della classe granulometrica, come riportato di seguito:

| Classe granulometrica del campione mm | Numero di sfere | Massa della carica abrasiva Kg |
|---|-----------------|--------------------------------------|
| da 2 fino a 4 | 6 | 2.500 ± 0.015 |
| oltre 4 fino a 8 | 8 | 3.330 ± 0.020 |
| oltre 8 fino a 16 | 11 | 4.584 ± 0.025 |
| oltre 16 fino a 31.5 | 12 | 5.000 ± 0.025 |

(Fonte: norma UNI EN 1097-2)

Metodica: Norma UNI EN 933-1 e UNI EN 1097-6.

Tutti gli oneri saranno ad esclusivo carico dell'Appaltatore.

2.4.2.27 Prove Sugli Aggregati - Confronto In Calcestruzzo Con Aggregati Di Caratteristiche Note

Scopo: valutazione preliminare di un aggregato di qualità non nota rispetto ad un altro aggregato di qualità nota, mediante il confronto delle caratteristiche prestazionali dei

calcestruzzi, confezionati con la medesima procedura, con i rispettivi aggregati. Le caratteristiche fisico-meccaniche dei calcestruzzi da determinare sono la consistenza, la resistenza, ed il modulo elastico secante a compressione a 7 e 28 giorni di stagionatura. Si deve aver cura di scegliere come riferimento un aggregato della medesima natura di quello in esame e di comporre, mediante vagliatura, entrambi gli aggregati in curve granulometriche identiche, confezionando un impasto di prova con la quantità di acqua di impasto pari a quella dell'impasto di riferimento. Nel caso in cui la consistenza di tale impasto si discosti di oltre 3 cm da quella dell'impasto di riferimento, si procede ad una seconda confezione dell'impasto di prova, variando opportunamente l'acqua, in modo da raggiungere la consistenza di riferimento. In tal caso saranno determinati, oltre ai rapporti tra le resistenze ed i moduli elastici secanti a compressione a parità di acqua d'impasto, anche i medesimi rapporti a parità di consistenza.

Metodica: Norma UNI 8520-21

Tutti gli oneri saranno ad esclusivo carico dell'Appaltatore.

2.4.2.28 Prove Sugli Aggregati - Classificazione Degli Aggregati Leggeri

Scopo: determinazione delle principali caratteristiche fisico-meccaniche degli aggregati leggeri, cioè di quei materiali, naturali, od artificiali, che presentano, a causa della loro struttura porosa, una massa volumica di gran lunga inferiore rispetto agli aggregati ordinari. Nel dettaglio, gli aggregati leggeri, per essere considerati tali devono avere caratterizzati da una massa volumica del materiale inferiore a 1000 Kg/m. Tali valutazioni comprendono, oltre all'analisi granulometrica ed alla determinazione della massa volumica media del granulo e del peso in mucchio del materiale, le determinazioni del coefficiente d'imbibizione, della resistenza dei granuli allo schiacciamento, del potere macchiante, della perdita al fuoco, della resistenza al gelo e della stabilità del trattamento a vapore. Infine le caratteristiche degli aggregati leggeri possono essere globalmente valutate mediante prove su di un calcestruzzo convenzionale costituito da una matrice di malta cementizia normalizzata.

Metodica: Norme UNI 7549 - Parti 1, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10 e UNI 11013.

Tutti gli oneri saranno ad esclusivo carico dell'Appaltatore.

2.4.2.29 Prove Di Carico In Corso D'opera Eseguite Dalla D.L.

Si richiama quanto già prescritto al precedente punto: "Avvertenze ed oneri particolari a carico dell'appaltatore" e si integra con le seguenti prescrizioni. Si richiede l'esecuzione di

n° 10 prove di carico sulle strutture dei solai. La D.L. fisserà le modalità di prova e gli esiti della prova stessa saranno verbalizzati e depositati presso il competente Genio Civile in allegato alla Relazione finale della Direzione lavori.

Tutti gli oneri saranno ad esclusivo carico dell'Appaltatore.

2.4.2.30 Controlli Documentali

Sarà verificata tutta la documentazione, gli adempimenti e le certificazioni così come richiesto ai sensi del NTC 2008.

2.4.2.31 Piani Di Controllo

In ogni caso l'Appaltatore entro i termini fissati dalla Direzione Lavori dovrà presentare i piani di controllo qualità dei materiali e dei manufatti. Tali piani saranno esaminati dalla Direzione Lavori e dal progettista che potranno richiedere integrazioni, correzioni ed emendamenti a tali piani prima di procedere alla approvazione. L'appaltatore dovrà recepire tali integrazioni e correzioni senza che ciò porrà dare diritto a richieste di maggiori compensi o oneri.

2.5 STRUTTURE METALLICHE

2.5.1 DESCRIZIONE SOMMARIA DELLE OPERE PREVISTE

Sono previste in linea indicativa, ma non esclusiva, le seguenti opere in acciaio:

- h. Colonne in acciaio di diametro e spessore diverso con o senza riempimento;
- i. Profili IPE, HEB, UPN, o profili compositi;
- j. Piastre di ancoraggio, collegamento o di distribuzione;
- k. Ancoraggi delle strutture metalliche di copertura;
- l. Profili IPE, HEB, UPN o composti di integrazione delle armature metalliche dei manufatti in calcestruzzo e/o di collegamenti a taglio nel cemento armato e di appoggio di travi in cemento armato su setti in cemento armato
- m. Piastre, dime ed inserti metallici.

Tutte le strutture metalliche dovranno essere "mese a terra" attraverso opportuni collegamenti alla "rete di terra".

Sono esplicitamente comprese in progetto tutte le preparazioni a "cianfrino" dei profili e del piastrame per l'esecuzione delle saldature a completa penetrazione in corrispondenza delle giunzioni così come tutte le altre strutture in acciaio che si rendono comunque necessarie per realizzare le opere previste in progetto.

E' da ritenersi ad esclusivo carico dell'appaltatore la redazione degli elaborati costruttivi e d'officina che dovranno essere sottoposti all'approvazione della D.L. prima della produzione.

2.5.2 QUALITÀ E PROVENIENZA DEI MATERIALI

2.5.2.1 Opere In Carpenteria Metallica

I materiali da impiegare dovranno rispettare le prescrizioni contenute nelle "norme tecniche" di cui al NTC 2008 e saranno indicati sui disegni di progetto e sulla relazione di calcolo.

A) Generalità

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 sia disponibile una norma europea armonizzata il cui riferimento sia pubblicato sulla GUUE. Al termine del periodo di coesistenza, il loro impiego nelle opere è possibile soltanto se in possesso della marcatura CE, prevista dalla direttiva 89/106/CEE sui prodotti da costruzione (CPD), recepita in Italia dal D.P.R. n. 246/1993, così come modificato dal D.P.R. n. 499/1997.

Per gli acciai di cui alle norme armonizzate **UNI EN 10025**, **UNI EN 10210** e **UNI EN 10219-1**, in assenza di specifici studi statistici di documentata affidabilità e 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 quanto attiene l'identificazione e la qualificazione, può configurarsi il caso di prodotti per i quali non sia applicabile la marcatura CE e non sia disponibile una norma armonizzata, ovvero la stessa ricada nel periodo di coesistenza, e per i quali sia invece prevista la qualificazione con le modalità e le procedure indicate nelle Norme tecniche per le costruzioni. È fatto salvo il caso in cui, nel periodo di coesistenza della specifica norma armonizzata, il produttore abbia volontariamente optato per la marcatura CE. Si applicano anche le procedure di controllo per gli acciai da carpenteria.

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**, **UNI 552**, **UNI EN 10002-I** e **UNI EN 10045-1**.

Gli spessori nominali dei laminati, per gli acciai di cui alle norme europee **UNI EN 10025**, **UNI EN 10210** e **UNI EN 10219-1**, sono riportati nelle tabelle 1 e 2.

Tabella 1. Laminati a caldo con profili a sezione aperta

| Norme e qualità degli acciai | Spessore nominale dell'elemento | |
|------------------------------|---------------------------------|----------------|
| | | $t \leq 40$ mm |

| | f_{yk} (N/mm ²) | f_{tk} (N/mm ²) | f_{yk} (N/mm ²) | f_{tk} (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 2. Laminati a caldo con profili a sezione cava

| Norme e qualità degli acciai | Spessore nominale dell'elemento | | | |
|------------------------------|---------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| | $t \leq 40$ mm | | 40 mm < $t \leq 80$ mm | |
| | f_{yk} (N/mm ²) | f_{tk} (N/mm ²) | f_{yk} (N/mm ²) | f_{tk} (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 | 275 | 360 | - | - |

| | | | | |
|--------|-----|-----|-----|---|
| MH/MLH | | | | |
| S | 355 | 355 | 470 | - |
| MH/MLH | | | | |
| S | 420 | 420 | 500 | - |
| MH/MLH | | | | |
| S460 | 460 | 460 | 530 | - |
| MH/MLH | | | | |

B) L'acciaio per getti

Per l'esecuzione di parti in getti si devono impiegare acciai conformi alla norma **UNI EN 10293**.

Quando tali acciai debbano essere saldati, valgono le stesse limitazioni di composizione chimica previste per gli acciai laminati di resistenza similare.

C) L'acciaio per strutture saldate

(a) La composizione chimica degli acciai

Gli acciai per strutture saldate, oltre a soddisfare le condizioni generali, devono avere composizione chimica conforme a quanto riportato nelle norme europee armonizzate applicabili previste dalle Nuove norme tecniche.

(b) Il processo di saldatura. La qualificazione dei saldatori

La saldatura degli acciai dovrà avvenire con uno dei procedimenti all'arco elettrico codificati secondo la norma **UNI EN ISO 4063**. 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** da parte di un ente terzo. A deroga di quanto richiesto nella norma **UNI EN 287-1**, 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**. Tutti i procedimenti di saldatura dovranno essere qualificati secondo la norma **UNI EN ISO 15614-1**.

Le durezze eseguite sulle macrografie non dovranno essere superiori a 350 HV30.

Per la saldatura ad arco di prigionieri di materiali metallici (saldatura a innesco mediante sollevamento e saldatura a scarica di condensatori a innesco sulla punta), si applica la norma **UNI EN ISO 14555**. Valgono, perciò, i requisiti di qualità di cui al prospetto A1 dell'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** (parti 1 e 2) per gli acciai ferritici, e **UNI EN 1011** (parte 3) per gli acciai inossidabili. Per la preparazione dei lembi si applicherà, salvo casi particolari, la norma **UNI EN ISO 9692-1**.

Oltre alle prescrizioni applicabili per i centri di trasformazione, il costruttore deve corrispondere a particolari requisiti.

In relazione alla tipologia dei manufatti realizzati mediante giunzioni saldate, il costruttore deve essere certificato secondo la norma **UNI EN ISO 3834** (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. Tali requisiti sono riassunti nella tabella 3.

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 3. Tipi di azione sulle strutture soggette a fatica in modo più o meno significativo

| Tipo di azione sulle strutture | Strutture soggette a fatica in modo non significativo | | | Strutture soggette a fatica in modo significativo |
|--|---|------------------------------|-----------------------------------|--|
| | A | B | C | |
| Riferimento | A | B | C | D |
| Materiale base: spessore minimo delle membrature | S235, s ≤ 30 mm S275, s ≤ 30 mm | S355, s ≤ 30 mm S235 S275 | S235 S275 S355 S460, s ≤ 30 mm | S235 S275 S355 S460 Acciai inossidabili e altri acciai non esplicitamente menzionati ¹ |
| Livello dei requisiti di qualità secondo la norma UNI EN ISO 3834 | Elementare EN ISO 3834-4 | Medio EN ISO 3834-3 | Medio UNI 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 | Di base | Specifico | Completo | Completo |

¹ Vale anche per strutture non soggette a fatica in modo significativo.

D) I bulloni e i chiodi

(a) I bulloni

I bulloni sono organi di collegamento tra elementi metallici, introdotti in fori opportunamente predisposti, composti dalle seguenti parti:

- gambo, completamente o parzialmente filettato con testa esagonale (vite);
- dado di forma esagonale, avvitato nella parte filettata della vite;
- rondella (o rosetta) del tipo elastico o rigido.

In presenza di vibrazioni dovute a carichi dinamici, per evitare lo svitamento del dado, vengono applicate rondelle elastiche oppure dei controdati.

I bulloni - conformi per le caratteristiche dimensionali alle norme **UNI EN ISO 4016** e **UNI 5592**

- devono appartenere alle sottoindicate classi della norma **UNI EN ISO 898-1**, associate nel modo indicato nelle tabelle 4 e 5.

Tabella 4. Classi di appartenenza di viti e dadi

| Elemento | Normali | | | Ad alta resistenza | |
|----------|---------|-----|-----|--------------------|------|
| Vite | 4,6 | 5,6 | 6,8 | 8,8 | 10,9 |
| Dado | 4 | 5 | 6 | 8 | 10 |

Le tensioni di snervamento f_{yb} e di rottura f_{tb} delle viti appartenenti alle classi indicate nella tabella 4 sono riportate nella tabella 5.

Tabella 5. Tensioni di snervamento f_{yb} e di rottura f_{tb} delle viti

| Classe | 4,6 | 5,6 | 6,8 | 8,8 | 10,9 |
|-------------------------------|-----|-----|-----|-----|------|
| f_{yb} (N/mm ²) | 240 | 300 | 480 | 649 | 900 |
| f_{tb} (N/mm ²) | 400 | 500 | 600 | 800 | 1000 |

(b) I bulloni per giunzioni ad attrito

I bulloni per giunzioni ad attrito devono essere conformi alle prescrizioni della tabella 6 (viti e dadi) e devono essere associati come indicato nelle tabelle 4 e 5.

Tabella 6. Bulloni per giunzioni ad attrito

| Elemento | Materiale | Riferimento |
|----------|--|----------------------------|
| Viti | 8,8-10,9 secondo UNI EN ISO 898-1 | UNI EN 14399 (parti 3 e 4) |
| Dadi | 8-10 secondo UNI EN 20898-2 | |
| Rosette | Acciaio C 50 UNI EN 10083-2: temperato e rinvenuto HRC 32□40 | UNI EN 14399 (parti 5 e 6) |

| | | |
|-----------|--|--|
| Piastrine | Acciaio C 50 UNI EN 10083-2 temperato e rinvenuto HRC 32 <input type="checkbox"/> 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 per i materiali e i prodotti per uso strutturale per i quali sia disponibile una norma europea armonizzata il cui riferimento sia pubblicato sulla GUUE. Al termine del periodo di coesistenza, il loro impiego nelle opere è possibile soltanto se in possesso della marcatura CE, prevista dalla direttiva 89/106/CEE sui prodotti da costruzione (CPD), recepita in Italia dal D.P.R. n. 246/1993, così come modificato dal D.P.R. n. 499/1997.

(c) I chiodi

Per i chiodi da ribadire a caldo si devono impiegare gli acciai previsti dalla norma **UNI 7356**. Le unioni con i chiodi sono rare perché di difficile esecuzione (foratura del pezzo, montaggio di bulloni provvisori, riscaldamento dei chiodi e successivo alloggiamento e ribaditura), a differenza delle unioni con bulloni più facili e veloci da eseguire. Tuttavia, non è escluso che le chiodature possano essere impiegate in particolari condizioni, come ad esempio negli interventi di restauro di strutture metalliche del passato.

(d) I connettori a piolo

Nel caso in cui 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 percentuale a rottura (valutato su base $L_0 = 5,65\sqrt{A_0}$ dove A_0 è l'area della sezione trasversale del saggio) ≥ 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 $\leq 0,05\%$.

E) L'impiego di acciai inossidabili

Nell'ambito delle indicazioni generali per gli acciai di cui alle norme armonizzate **UNI EN 10025**, **UNI EN 10210** e **UNI EN 10219-1**, in assenza di specifici studi statistici di documentata affidabilità e in favore della 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, ed è consentito l'impiego di acciaio inossidabile per la realizzazione di strutture metalliche.

In particolare, per i prodotti laminati la qualificazione è ammessa anche nel caso di produzione non continua, permanendo tutte le altre regole relative alla qualificazione per tutte le tipologie di acciaio e al controllo nei centri di trasformazione nell'ambito degli acciai per carpenteria metallica.

F) Le specifiche per gli acciai da carpenteria in zona sismica

L'acciaio costituente le membrature, le saldature e i bulloni deve essere conforme ai requisiti riportati nelle norme sulle costruzioni in acciaio.

Per le zone dissipative si devono applicare le seguenti regole addizionali:

- per gli acciai da carpenteria il rapporto fra i valori caratteristici della tensione di rottura f_{tk} (nominale) e la tensione di snervamento f_{yk} (nominale) deve essere maggiore di 1,20 e l'allungamento a rottura A5, misurato su provino standard, deve essere non inferiore al 20%;
- la tensione di snervamento massima $f_{y,max}$ deve risultare $f_{y,max} \leq 1,2 f_{yk}$;
- i collegamenti bullonati devono essere realizzati con bulloni ad alta resistenza di classe 8,8 o 10,9.

| CARPENTERIE METALLICHE | Qualità acciaio |
|--|--|
| 1 - Elementi strutturali secondari quali strutture del caffè e travi assemblate per le terrazze ai livelli 36 e 37 | S355JR (interne) |
| | S355J0 (esterne) con piatti di spessore < 4 cm; S355 J2G3 con piatti di spessore \geq 4 cm |
| 2- Bulloni | Classe 10.9 |
| 3- Elettrodi | Secondo materiale impiegato |

2.5.2.2 Grigliati

Verranno utilizzati grigliati carrabili e non. Per le dimensioni e la relativa posizione fare riferimento agli elaborati grafici.

2.5.2.3 Protezione Dalla Corrosione

La protezione dalla corrosione sarà effettuata mediante zincatura a caldo, secondo la UNI 5744 o con ciclo di verniciatura secondo specifiche di capitolato e di progetto.

I profili chiusi a cassone devono avere le saldature continue tali da impedire le infiltrazioni di acqua, umidità e quindi la formazione di un ambiente umido favorevole allo sviluppo di fenomeni corrosivi non controllabili.

2.5.3 CRITERI E MODALITÀ DI ESECUZIONE DELLE STRUTTURE IN ACCIAIO

2.5.3.1 Generalità

L'Appaltatore sarà tenuto all'osservanza, in linea generale ma non esclusiva a quanto disposto dalle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni D.M. 14 Gennaio 2008.

Le opere in carpenteria metallica saranno eseguite con l'impiego di profilati disposti secondo i disegni di progetto.

Gli elementi costituenti le strutture metalliche, dovranno essere sottoposti ad accurato trattamento protettivo.

Per le strutture portanti, prima dell'approvvigionamento dei materiali, l'Appaltatore dovrà presentare alla Direzione Lavori, in copia riproducibile, i disegni costruttivi di officina e di cantiere, nei quali dovranno essere completamente definiti tutti i dettagli di lavorazione, di messa in opera, di regolazione ed i particolari costruttivi, ed in particolare, ma non esclusivamente:

- b) I diametri e la disposizione dei bulloni, nonché dei fori relativi sulla scorta dei disegni di progetto;
- c) Le coppie di serraggio dei bulloni;
- d) Le preparazioni dei lembi dei giunti saldati e le tipologie di giunzione da realizzare (con riferimento ad esempio alla UNI EN 22553).
- e) Il progetto e le tecnologie di esecuzione delle saldature, e specificatamente le caratteristiche dei procedimenti;
- f) Gli schemi di montaggio, i piani operativi di montaggio ed i mezzi d'opera impiegati con verifica di stabilità delle fasi transitorie di montaggio.
- g) I particolari costruttivi di contrasto, compensazione, ancoraggio alle strutture esistenti e di pre-tensionamento.
- h) I sistemi di accoppiamento, centraggio, e unione dei vari conci delle carpenterie metalliche e relative tolleranze costruttive.
- i) I trattamenti di distensione in forno.
- j) Il cronoprogramma di dettaglio delle operazioni di montaggio;
- k) Le verifiche di stabilità di tutte le fasi transitorie Step by Step;

Sui disegni costruttivi di officina saranno 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'Appaltatore dovrà inoltre far conoscere per iscritto, prima dell'approvvigionamento dei materiali da impiegare, la loro provenienza con riferimento alle distinte di cui sopra.

Le saldature potranno essere eseguite mediante procedimenti di saldatura manuale ad arco con elettrodi rivestiti o con procedimenti automatici ad arco sommerso o sotto gas protettivo o con altri procedimenti previamente approvati dalla Direzione Lavori.

In ogni caso i procedimenti dovranno essere tali da permettere di ottenere dei giunti di buon aspetto esteriore praticamente esenti da difetti fisici nella zona fusa ed aventi almeno resistenza a trazione, su provette ricavate trasversalmente al giunto, non minore di quella del metallo base.

La preparazione di lembi da saldare, con preparazione a "cianfrino", sarà effettuata mediante macchina utensile smerigliatrice od ossitaglio automatico, e dovrà risultare regolare e ben liscia; i lembi al momento della saldatura, dovranno essere esenti da incrostazioni, ruggine, scaglie, grassi, vernici, irregolarità locali ed umidità.

Qualunque sia il sistema di saldatura impiegato, a lavorazione ultimata la superficie della saldatura dovrà risultare sufficientemente liscia e regolare e ben raccordata con il materiale di base.

La Direzione Lavori sottoporrà il progetto e le tecnologie di esecuzione delle saldature alla verifica in sito e in officina da parte di Istituto Ufficiale di sua fiducia, con tutti gli oneri a carico dell'Appaltatore.

2.5.3.2 Composizione degli elementi strutturali

A) Spessori limite

È vietato l'uso di profilati con spessore $t < 4$ mm.

Una deroga può essere consentita fino a uno spessore $t = 3$ mm per opere sicuramente protette contro la corrosione, quali per esempio tubi chiusi alle estremità e profili zincati oppure opere non esposte agli agenti atmosferici.

Le limitazioni di cui sopra non riguardano gli elementi e i profili sagomati a freddo.

B) Problematiche specifiche

Si può far riferimento a normative di comprovata validità, in relazione ai seguenti aspetti specifici:

- preparazione del materiale;
- tolleranze degli elementi strutturali di fabbricazione e di montaggio;

- impiego dei ferri piatti;
- variazioni di sezione;
- intersezioni;
- collegamenti a taglio con bulloni normali e chiodi;
- tolleranze foro-bullone;
- interassi dei bulloni e dei chiodi;
- distanze dai margini;
- collegamenti ad attrito con bulloni ad alta resistenza;
- collegamenti saldati;
- collegamenti per contatto.

C) Giunti di tipo misto

In uno stesso giunto è vietato l'impiego di differenti metodi di collegamento di forza (per esempio, saldatura e bullonatura o chiodatura), a meno che uno solo di essi sia in grado di sopportare l'intero sforzo.

2.5.3.3 Unioni ad attrito con bulloni ad alta resistenza

A) Serraggio dei bulloni

Per il serraggio dei bulloni si devono usare chiavi dinamometriche a mano, con o senza meccanismo limitatore della coppia applicata o chiavi pneumatiche con limitatore della coppia applicata. Tutte peraltro devono essere tali da garantire una precisione non minore di $\pm 5\%$.

Per verificare l'efficienza dei giunti serrati, il controllo della coppia torcente applicata può essere effettuato in uno dei seguenti modi:

- si misura con chiave dinamometrica la coppia richiesta per far ruotare ulteriormente di 10° il dado;
- dopo aver marcato dado e bullone per identificare la loro posizione relativa, il dado deve essere prima allentato con una rotazione almeno pari a 60° e poi riserrato, controllando se l'applicazione della coppia prescritta riporta il dado nella posizione originale.

Se in un giunto anche un solo bullone non risponde alle prescrizioni circa il serraggio, tutti i bulloni del giunto devono essere controllati.

La taratura delle chiavi dinamometriche deve essere certificata prima dell'inizio lavori da un laboratorio ufficiale di cui all'art. 59 del D.P.R. n. 380/2001 e con frequenza trimestrale durante i lavori.

B) Prescrizioni particolari

Quando le superfici comprendenti lo spessore da bullonare per una giunzione di forza non abbiano giacitura ortogonale agli assi dei fori, i bulloni devono essere piazzati con interposte rosette cuneiformi, tali da garantire un assetto corretto della testa e del dado e da consentire un serraggio normale.

2.5.3.4 Unioni saldate

La saldatura degli acciai dovrà avvenire con uno dei procedimenti all'arco elettrico codificati secondo la norma **UNI EN ISO 4063**. 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** da parte di un ente terzo. A deroga di quanto richiesto nella norma **UNI EN 287-1**, 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**. Tutti i procedimenti di saldatura dovranno essere qualificati secondo la norma **UNI EN ISO 15614-1**.

Le durezze 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 a innesco sulla punta) si applica la norma **UNI EN ISO 14555**. Valgono perciò i requisiti di qualità di cui al prospetto A1 dell'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 dovrà inoltre essere rispettata la norma **UNI EN 1011** (parti 1 e 2) per gli acciai ferritici e la norma **UNI EN 1011** (parte 3) per gli acciai inossidabili. Per la preparazione dei lembi si applicherà, salvo casi particolari, la norma **UNI EN ISO 9692-1**.

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**. Per strutture soggette a fatica invece si adotterà il livello B della stessa norma.

L'entità e il tipo di tali controlli, distruttivi e non distruttivi, in aggiunta al controllo 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 (per esempio, liquidi penetranti o polveri magnetiche). Per i giunti a piena penetrazione invece, 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 e i livelli di accettabilità si potrà fare utile riferimento alle prescrizioni della norma **UNI EN 12062**.

Tutti gli operatori che eseguiranno i controlli dovranno essere qualificati, secondo la norma **UNI EN 473**, almeno di secondo livello.

Il costruttore deve corrispondere a determinati requisiti. In relazione alla tipologia dei manufatti realizzati mediante giunzioni saldate, il costruttore deve essere certificato secondo la norma **UNI EN ISO 3834** (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, riassunti nella tabella 65.1. 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 Tipi di azione sulle strutture soggette a fatica in modo più o meno significativo

| Tipo di azione sulle strutture | Strutture soggette a fatica in modo non significativo | | | Strutture soggette a fatica in modo significativo |
|--|---|-----------------------------|----------------------------------|---|
| | A | B | C | |
| Riferimento | A | B | C | D |
| 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 Acciai inossidabili e altri acciai non esplicitamente menzionati ¹ |
| Livello dei requisiti di qualità secondo la norma UNI EN ISO 3834 | 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 | Di base | Specifico | Completo | Completo |
| ¹ Vale anche per strutture non soggette a fatica in modo significativo. | | | | |

A) Raccomandazioni e procedure

UNI EN 288-3 - *Specificazione e qualificazione delle procedure di saldatura per materiali metallici. Prove di qualificazione della procedura di saldatura per la saldatura ad arco di acciai;*

UNI EN ISO 4063 - *Saldatura, brasatura forte, brasatura dolce e saldobrasatura dei metalli. Nomenclatura dei procedimenti e relativa codificazione numerica per la rappresentazione simbolica sui disegni;*

UNI EN 1011-1 - *Saldatura. Raccomandazioni per la saldatura dei materiali metallici. Parte 1. Guida generale per la saldatura ad arco;*

UNI EN 1011-2 - *Saldatura. Raccomandazioni per la saldatura di materiali metallici. Parte 2. Saldatura ad arco per acciai ferritici;*

UNI EN 1011-3 - *Saldatura. Raccomandazioni per la saldatura di materiali metallici. Parte 3. Saldatura ad arco di acciai inossidabili;*

UNI EN 1011-4 - *Saldatura. Raccomandazioni per la saldatura dei materiali metallici. Parte 4: Saldatura ad arco dell'alluminio e delle leghe di alluminio;*

UNI EN 1011-5 - *Saldatura. Raccomandazioni per la saldatura di materiali metallici. Parte 5: Saldatura degli acciai placcati.*

B) Preparazione dei giunti

UNI EN 29692 - *Saldatura ad arco con elettrodi rivestiti, saldatura ad arco in gas protettivo e saldatura a gas. Preparazione dei giunti per l'acciaio.*

C) Qualificazione dei saldatori

UNI EN 287-1 - *Prove di qualificazione dei saldatori. Saldatura per fusione. Parte1: Acciai;*

UNI EN 1418 - *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 e automatica di materiali metallici.*

2.5.3.5 Apparecchi di appoggio

La concezione strutturale deve prevedere facilità di sostituzione degli apparecchi di appoggio, nel caso in cui questi abbiano vita nominale più breve di quella della costruzione alla quale sono connessi.

2.5.3.6 Verniciatura e zincatura

Gli elementi delle strutture in acciaio, a meno che siano di comprovata resistenza alla corrosione, devono essere adeguatamente protetti mediante verniciatura o zincatura, tenendo conto del tipo di acciaio, della sua posizione nella struttura e dell'ambiente nel

quale è collocato. Devono essere particolarmente protetti i collegamenti bullonati (precaricati e non precaricati), in modo da impedire qualsiasi infiltrazione all'interno del collegamento.

Anche per gli acciai con resistenza alla corrosione migliorata (per i quali può farsi utile riferimento alla norma **UNI EN 10025-5**) devono prevedersi, ove necessario, protezioni mediante verniciatura.

Nel caso di parti inaccessibili o profili a sezione chiusa non ermeticamente chiusi alle estremità, dovranno prevedersi adeguati sovrasspessori.

Gli elementi destinati a essere incorporati in getti di calcestruzzo non devono essere verniciati ma possono essere invece zincati a caldo.

A) Norme di riferimento

I rivestimenti a protezione dei materiali metallici contro la corrosione devono rispettare le prescrizioni delle seguenti norme:

UNI EN 12329 - *Protezione dei materiali metallici contro la corrosione. Rivestimenti elettrolitici di zinco con trattamento supplementare su materiali ferrosi o acciaio;*

UNI EN 12330 - *Protezione dei materiali metallici contro la corrosione. Rivestimenti elettrolitici di cadmio su ferro o acciaio;*

UNI EN 12487 - *Protezione dei materiali metallici contro la corrosione. Rivestimenti di conversione cromati per immersione e senza immersione su alluminio e leghe di alluminio;*

UNI EN 12540 - *Protezione dei materiali metallici contro la corrosione. Rivestimenti elettrodepositati di nichel, nichel più cromo, rame più nichel e rame più nichel più cromo;*

UNI EN 1403 - *Protezione dalla corrosione dei metalli. Rivestimenti elettrolitici. Metodo per la definizione dei requisiti generali;*

UNI EN ISO 12944-1 - *Pitture e vernici. Protezione dalla corrosione di strutture di acciaio mediante verniciatura. Parte 1. Introduzione generale;*

UNI EN ISO 12944-2 - *Pitture e vernici. Protezione dalla corrosione di strutture di acciaio mediante verniciatura. Parte 2. Classificazione degli ambienti;*

UNI EN ISO 12944-3 - *Pitture e vernici. Protezione dalla corrosione di strutture di acciaio mediante verniciatura. Parte 3. Considerazioni sulla progettazione;*

UNI EN ISO 12944-4 - *Pitture e vernici. Protezione dalla corrosione di strutture di acciaio mediante verniciatura. Parte 4. Tipi di superficie e loro preparazione;*

UNI EN ISO 12944-6 - *Pitture e vernici. Protezione dalla corrosione di strutture di acciaio mediante verniciatura. Parte 6. Prove di laboratorio per le prestazioni;*

UNI EN ISO 12944-7 - *Pitture e vernici. Protezione dalla corrosione di strutture di acciaio mediante verniciatura. Parte 7. Esecuzione e sorveglianza dei lavori di verniciatura.*

2.5.4 CRITERI E MODALITÀ DI CONTROLLO QUALITÀ DEI MANUFATTI IN STRUTTURA DI ACCIAIO

2.5.4.1 Collaudo Tecnologico Dei Materiali

Tutti i materiali destinati alla costruzione di strutture in acciaio dovranno essere collaudati da parte della Direzione Lavori, a spesa dell'Appaltatore ed alla presenza di un suo rappresentante, prima dell'inizio delle lavorazioni. A tale scopo è fatto obbligo all'Appaltatore di concordare in tempo utile con la Direzione Lavori la data di esecuzione di ciascuna operazione di collaudo.

Le prove sui materiali si svolgeranno presso i laboratori indicati dalla Direzione Lavori.

La stessa potrà autorizzare l'effettuazione delle prove presso i laboratori degli stabilimenti di produzione, purché questi siano forniti dei mezzi e delle attrezzature necessarie, tarate e controllate da un laboratorio ufficiale, ai sensi della Legge 5.11.1971 n.1086, art.20.

Per il tipo di controllo si rimanda a quanto prescritto dal NTC 2008 e s.m.i.

L'entità dei lotti da sottoporre al collaudo, il numero e le modalità di prelievo dei campioni saranno di regola conformi alle norme UNI vigenti per i singoli materiali. La Direzione Lavori ha comunque la facoltà di prelevare, in qualunque momento della lavorazione, campioni di materiali da sottoporre a prova presso laboratori di sua scelta, per verificarne la rispondenza alle norme di accettazione ed ai requisiti di progetto. Tutti gli oneri relativi sono a carico dell'Appaltatore.

Si precisa che tutti gli acciai da impiegare nelle costruzioni, dovranno essere sottoposti, in sede di collaudo tecnologico, al controllo della resilienza come da caratteristiche previste.

Per ogni operazione di collaudo sarà redatto, a cura e spese dell'Appaltatore, apposito verbale, che sarà sottoscritto dalla Direzione Lavori e dall'Appaltatore. Di questo verbale verrà consegnata copia alla Direzione Lavori. Un'altra copia verrà conservata dall'Appaltatore che avrà obbligo di esibirla a richiesta della Direzione Lavori, come specificato al successivo paragrafo.

2.5.4.2 Controlli In Corso Di Lavorazione

L'Appaltatore è tenuto ad avvertire la Direzione Lavori dell'arrivo, dei materiali collaudati che saranno impiegati nella costruzione delle strutture in acciaio.

L'Appaltatore dovrà essere in grado di individuare e documentare in ogni momento la provenienza dei materiali impiegati nelle lavorazioni e di risalire ai corrispondenti verbali di collaudo tecnologico, dei quali dovrà esibire la copia a richiesta della Direzione Lavori.

In particolare, per ciascun manufatto composto con laminati, l'Appaltatore dovrà redigere una distinta contenente i seguenti dati:

- Posizioni e marche di officina costituenti il manufatto (con riferimento ai disegni costruttivi);
- Numeri di placca e di colata dei laminati costituenti ciascuna posizione e marca di officina;
- Estremi di identificazione dei relativi documenti di collaudo.

Alla Direzione Lavori è riservata comunque la facoltà di eseguire in ogni momento della lavorazione tutti i controlli che riterrà opportuni per accertare che i materiali impiegati siano quelli collaudati, che le strutture siano conformi ai disegni di progetto e che le stesse siano eseguite a perfetta regola d'arte.

In particolare l'Appaltatore dovrà attenersi alle seguenti disposizioni:

- Il raddrizzamento e lo spianamento, quando necessari, devono essere fatti preferibilmente con dispositivi agenti per pressioni. Possono essere usati i riscaldamenti locali (caldo), purché programmati in modo da evitare eccessive concentrazioni di tensioni residue e di deformazioni permanenti;
- È ammesso il taglio ad ossigeno purché regolare. I tagli devono essere ripassati con la smerigliatrice;
- Negli affacciamenti non destinati alla trasmissione di forze possono essere tollerati giochi da 1,5 mm;
- I pezzi destinati ad essere bullonati in opera devono essere montati in modo da poter riprodurre nel montaggio definitivo le posizioni stesse che avevano in officina all'atto dell'esecuzione dei fori;
- Non sono ammesse al montaggio in opera eccentricità, relative a fori corrispondenti, maggiori del gioco foro-bullone previsto dal NTC 2008 e dalle Norme CNR-UNI 10011/88. entro tale limite è opportuna la regolarizzazione del foro con utensile adatto.
- L'uso delle spine d'acciaio è ammesso, in corso di montaggio, esclusivamente per richiamare i pezzi nella giusta posizione;
- I fori per bulloni devono essere eseguiti col trapano, con assoluto divieto dell'uso della fiamma, e presentare superficie interna cilindrica liscia e priva di screpolature e cricche; per le giunzioni con bulloni (normali e ad alta resistenza) le eventuali sbavature sul perimetro del foro dovranno essere asportate mediante molatura locale;
- Di regola si dovranno impiegare bulloni sia normali che ad alta resistenza dei seguenti diametri riportati all'interno degli elaborati grafici e delle relazioni di calcolo;
- I bulloni ad alta resistenza non dovranno avere il gambo filettato per l'intera lunghezza. La lunghezza del tratto non filettato dovrà essere in generale maggiore

di quella delle parti da serrare e si dovrà sempre far uso di rosette. E tollerato che non più di mezza spira del filetto rimanga compresa nel foro;

- Nelle unioni normali e ad attrito con bulloni, di strutture che, a giudizio della Direzione Lavori, potranno essere soggette a vibrazioni od inversioni di sforzo, dovranno essere sempre impiegati controdadi, anche nel caso di bulloni con viti 8G e 10K.

Tutte le operazioni di preparazione, taglio, raddrizzamento spianamento ecc. della carpenteria metallica dovranno essere seguite e verificate dalla Direzione Lavori e dall'Istituto Ufficiale.

2.5.4.3 Controlli Di Montaggio

L'Appaltatore porterà alla preventiva conoscenza della Direzione Lavori il sistema e le modalità esecutive che intende adottare, ferma restando la responsabilità dell'Appaltatore stesso per quanto riguarda l'esecuzione delle operazioni di montaggio, la loro rispondenza a tutte le norme di legge ed ai criteri di sicurezza che comunque possono riguardarle.

Il sistema prescelto dovrà comunque essere adatto a consentire la realizzazione della struttura in conformità alle disposizioni contenute nel progetto esecutivo.

Nella progettazione costruttiva e nell'impiego delle attrezzature di montaggio, l'Appaltatore è tenuto a rispettare le prescrizioni ed i vincoli che eventualmente venissero imposti da Enti, Uffici e persone responsabili riguardo alla zona interessata.

Durante il carico, il trasporto, lo scarico, il deposito ed il montaggio, si dovrà porre la massima cura per evitare che le strutture vengano deformate o sovrasollecitate.

Le parti a contatto con funi, catene ed altri organi di sollevamento dovranno essere opportunamente protette.

La stabilità delle strutture dovrà essere assicurata durante tutte le fasi costruttive e la rimozione dei collegamenti provvisori e di altri dispositivi ausiliari dovrà essere fatta solo quando essi risulteranno staticamente superflui. Nei collegamenti con bulloni si dovrà procedere alla alesatura di quei fori che non risultino centrati e nei quali i bulloni previsti in progetto non entrino liberamente. Se il diametro del foro alesato risulta superiore al diametro nominale del bullone oltre la tolleranza prevista dal D.M. 09.01.96 e successivi aggiornamenti, si dovrà procedere alla sostituzione del bullone con uno di diametro superiore.

Nei collegamenti ad attrito con bulloni ad alta resistenza è prescritta la esecuzione della sabbiatura a metallo bianco non più di due ore prima dell'unione. È ammesso il serraggio dei bulloni con chiave pneumatica purché questo venga controllato con chiave dinamometrica, la cui taratura dovrà risultare da certificato rilasciato dal laboratorio ufficiale in data non anteriore ad un mese.

2.5.4.4 Controlli non distruttivi sulle strutture in acciaio

A) Generalità

Il direttore dei lavori per le strutture in acciaio dovrà eseguire i seguenti controlli:

- esame visivo;
- controllo chimico che accerti la composizione dei materiali;
- controllo con chiave dinamometrica che accerti che i bulloni di ogni classe siano serrati secondo quanto previsto dalla norma **CNR UNI 10011** (ritirata senza sostituzione);
- controllo della corretta esecuzione delle saldature.

Tali controlli devono essere eseguiti da laboratori ufficiali per evitare contestazioni da parte dell'appaltatore.

B) Qualificazioni del personale e dei procedimenti di saldatura

I saldatori nei procedimenti semiautomatici e manuali dovranno essere qualificati secondo la norma **UNI EN 287-1** da parte di un ente terzo. A deroga di quanto richiesto, i saldatori che eseguono giunti a T con cordoni d'angolo non potranno essere qualificati mediante l'esecuzione di giunti testa-testa.

Gli operatori dei procedimenti automatici o robotizzati dovranno essere certificati secondo la norma **UNI EN 1418**. Tutti i procedimenti di saldatura dovranno essere qualificati secondo la norma **UNI EN 15614-1**.

NORME DI RIFERIMENTO

UNI EN 287-1 - *Prove di qualificazione dei saldatori. Saldatura per fusione. Parte 1: Acciai;*

UNI EN 1418 - *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 e automatica di materiali metallici;*

UNI EN ISO 15614-1 - *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.*

2.5.4.5 Esecuzione e controllo delle unioni bullonate

Le superfici di contatto al montaggio si devono presentare pulite, prive di olio, vernice, scaglie di laminazione e macchie di grasso.

La pulitura deve, di norma, essere eseguita con sabbiatura al metallo bianco. È ammessa la semplice pulizia meccanica delle superfici a contatto per giunzioni montate in opera,

purché vengano completamente eliminati tutti i prodotti della corrosione e tutte le impurità della superficie metallica.

Il serraggio dei bulloni può essere effettuato mediante chiave dinamometrica a mano, con o senza meccanismo limitatore della coppia applicata o mediante chiavi pneumatiche con limitatore della coppia applicata, tutte tali da garantire una precisione non minore di $\square 5\%$. Le chiavi impiegate per il serraggio e nelle verifiche dovranno essere munite di un certificato di taratura emesso in data non superiore all'anno. Il valore della coppia di serraggio T_s , da applicare sul dado o sulla testa del bullone, in funzione dello sforzo normale N_s presente nel gambo del bullone è dato dalla seguente relazione:

$$T_s = 0,20 \cdot N_s \cdot d$$

dove

d è il diametro nominale di filettatura del bullone

$N_s = 0,80 \cdot f_{k,N} \cdot A_{res}$, essendo A_{res} l'area della sezione resistente della vite e $f_{k,N}$ la tensione di snervamento.

La norma **CNR UNI 10011** (ritirata senza sostituzione) detta precise regole riguardo le dimensioni che devono avere i bulloni normali e quelli ad alta resistenza, riguardo i materiali impiegati per le rosette e le piastrine, nonché il modo di accoppiare viti e dadi e il modo in cui devono essere montate le rosette.

Tabella Valori dell'area resistente, della forza normale e della coppia di serraggio per vari tipi di bulloni (fonte: CNR 10011)

| Diametro D (m) | Area resistente A_{res} (mm ²) | Coppia di serraggio T_s (N · m) | | | | | Forza normale T_s (kN) | | | | |
|-------------------|--|-----------------------------------|---------|---------|---------|---------|--------------------------|----------|----------|----------|----------|
| | | 4,6 | 5,6 | 6,6 | 8,8 | 10,9 | 4,6 | 5,6 | 6,6 | 8,8 | 10,9 |
| 12 14 16 18 | 84 115 157 | 39 62 96 | 48 77 | 58 93 | 90 144 | 113 180 | 16 22 30 | 20 28 38 | 24 33 45 | 38 52 70 | 47 64 88 |
| 20 22 24 27 | 192 245 303 | 133 188 | 121 166 | 145 199 | 225 309 | 281 387 | 37 47 58 | 46 59 73 | 55 71 87 | 86 110 | 108 137 |
| 30 | 353 459 561 | 256 325 | 235 320 | 282 384 | 439 597 | 549 747 | 68 88 | 85 110 | 102 132 | 136 158 | 170 198 |
| | | 476 646 | 407 595 | 488 714 | 759 | 949 | 108 | 135 | 161 | 206 251 | 257 314 |
| | | | 808 | 969 | 1110 | 1388 | | | | | |
| | | | | | 1508 | 1885 | | | | | |

Il serraggio dei bulloni può, inoltre, essere effettuato anche mediante serraggio a mano o con chiave a percussione, fino a porre a contatto le lamiere fra testa e dado. Si dà, infine, una rotazione al dado compresa fra 90° e 120°, con tolleranze di 60° in più.

Durante il serraggio, la norma **CNR UNI 10011** (ritirata senza sostituzione) consiglia di procedere nel seguente modo:

- serrare i bulloni, con una coppia pari a circa il 60% della coppia prescritta, iniziando dai bulloni più interni del giunto e procedendo verso quelli più esterni;
- ripetere l'operazione, come sopra detto, serrando completamente i bulloni.

Per verificare l'efficienza dei giunti serrati, il controllo della coppia torcente applicata può essere effettuato in uno dei seguenti modi:

- si misura con chiave dinamometrica la coppia richiesta per fare ruotare ulteriormente di 10° il dado;
- dopo avere marcato dado e bullone per identificare la loro posizione relativa, si allenta il dado con una rotazione pari a 60° e poi si riserra, controllando se l'applicazione della coppia prescritta riporta il dado nella posizione originale.

Se in un giunto anche un solo bullone non risponde alle prescrizioni circa il serraggio, tutti i bulloni del giunto devono essere controllati.

Il controllo *in situ* deve essere eseguito verniciando in verde i bulloni che risultano conformi e in rosso quelli non conformi. Le indagini devono essere condotte redigendo delle tabelle, una per ogni collegamento, nelle quali devono essere riportate le seguenti caratteristiche:

- valore della coppia di serraggio;
- mancanza del bullone;
- non coincidenza tra gli assi del foro e del bullone, ecc.

Dopo il completamento della struttura e prima della esecuzione della prova di carico, l'Appaltatore dovrà effettuare la ripresa della coppia di serraggio di tutti i bulloni costituenti le unioni dandone preventiva comunicazione alla Direzione Lavori.

2.5.4.6 Controlli Sulle Saldature

La saldatura sarà impiegata per l'esecuzione delle nuove strutture, per il rinforzo di elementi strutturali e per il ripristino di elementi tagliati.

Le giunzioni saldate saranno realizzate in accordo a quanto indicato nel presente documento nel rispetto delle norme e dei requisiti legislativi vigenti per le strutture di carpenteria e negli elaborati grafici di progetto.

La saldatura sarà impiegata per l'esecuzione delle nuove strutture, per il rinforzo di elementi strutturali e per il ripristino di elementi tagliati.

Le giunzioni saldate saranno realizzate in accordo a quanto indicato nel presente documento nel rispetto delle norme e dei requisiti legislativi vigenti per le strutture di carpenteria e negli elaborati grafici di progetto.

Tutte le saldature saranno sottoposte a collaudo in corso d'opera e finale con l'esecuzione dei seguenti controlli non distruttivi:

- 1) Esame visivo su tutte le giunzioni saldate: l'esame visivo sarà condotto secondo UNI EN 970.
- 2) Esame magnetoscopico nella percentuale del 30%. Sui giunti a croce e sui giunti di testa il controllo sarà eseguito al 100%;
- 3) Esame radiografico e ultrasonoro nella percentuale del 100% sui giunti testa a testa a piena penetrazione (radiografico per spessori inferiori a 20 mm); esame ultrasonoro al 100% per giunti a T a piena penetrazione.

Nel caso di giunti difettosi i controlli verranno estesi per un metro da ogni lato del difetto o, nel caso di giunti corti, su giunti adiacenti. Nel caso di ulteriori difetti l'estensione sarà al 100% del giunto o del tipo di giunto. In presenza di cricche o incollature l'estensione al cento per cento sarà immediata (le estensioni non verranno computate nella percentuale inizialmente prevista).

I controlli saranno eseguiti dalla Direzione Lavori coadiuvata da un tecnico di un Istituto Ufficiale di controllo designato dalla Committente. Gli oneri, le spese e i compensi per l'Istituto Ufficiale sono posti a carico dell'Appaltatore.

Nel caso di presenza di difetti al di fuori dei criteri di accettabilità stabiliti, le saldature dovranno essere riparate secondo le procedure previste da una specifica di riparazione preparata dal Costruttore ed approvata dalla Direzione Lavori e dall'Istituto Ufficiale di controllo.

Le riparazioni saranno controllate al 100% con tutti i metodi non distruttivi più adeguati.

Nel caso di raddrizzamento dei pezzi (a freddo o con calde di ritiro) i controlli sulle saldature nelle zone interessate dall'intervento ed in quelle adiacenti saranno eseguiti dopo tali operazioni.

Per quanto concerne i controlli in servizio prima del collaudo, è richiesta all'Appaltatore la verifica della protezione superficiale, l'esame visivo al 100% di tutte le saldature della struttura, e, in caso di dubbi, l'esecuzione dei controlli strumentali previa sverniciatura locale.

I controlli saranno eseguiti dalla Direzione lavori coadiuvata da un tecnico di un Istituto Ufficiale di controllo designato dalla Committente. Gli oneri, le spese e i compensi per l'Istituto Ufficiale sono posti a carico dell'Appaltatore.

2.5.4.7 Controllo di qualità delle strutture saldate

Il controllo delle saldature e il controllo di qualità deve accertare che le giunzioni saldate corrispondano alla qualità richiesta dalle condizioni di esercizio e quindi progettuali. Il direttore dei lavori potrà fare riferimento alla norma **UNI EN 12062**.

Il controllo delle saldature deve avvenire nelle seguenti fasi:

- verifiche e prove preliminari;
- ispezione durante la preparazione e l'esecuzione delle saldature;
- controllo diretto dei giunti saldati.

La prima fase è quella che viene tradizionalmente chiamata *controllo indiretto delle saldature*. Con il controllo diretto, invece, si procede alla verifica o al collaudo vero e proprio del giunto realizzato.

2.5.4.8 Controlli non distruttivi

Le saldature devono essere sottoposte a controlli non distruttivi finali, per accertarne la corrispondenza ai livelli di qualità stabiliti dal progettista e dalle Norme tecniche per le costruzioni.

L'entità e il tipo di tali controlli, distruttivi e non distruttivi, in aggiunta a quello visivo al 100%, devono essere eseguiti sotto la responsabilità del direttore dei lavori.

Ai fini dei controlli non distruttivi si possono usare metodi di superficie (per esempio, liquidi penetranti o polveri magnetiche) ovvero metodi volumetrici (per esempio, raggi X o gamma o ultrasuoni).

Per le modalità di esecuzione dei controlli e i livelli di accettabilità, si potrà fare riferimento alle prescrizioni della norma **UNI EN 12062**.

I controlli devono essere certificati da un laboratorio ufficiale ed eseguiti da operatori qualificati secondo la norma **UNI EN 473**.

NORME DI RIFERIMENTO

UNI EN 12062 - *Controllo non distruttivo delle saldature. Regole generali per i materiali metallici;*

UNI EN 473 - *Prove non distruttive. Qualificazione e certificazione del personale addetto alle prove non distruttive. Principi generali;*

UNI EN 1713 - *Controllo non distruttivo delle saldature. Controllo mediante ultrasuoni. Caratterizzazione delle indicazioni nelle saldature;*

UNI EN 1714 - *Controllo non distruttivo delle saldature. Controllo mediante ultrasuoni dei giunti saldati;*

UNI EN 1289 - *Controllo non distruttivo delle saldature mediante liquidi penetranti. Livelli di accettabilità;*

UNI EN 1290 - *Controllo non distruttivo delle saldature. Controllo magnetoscopico con particelle magnetiche delle saldature;*

UNI EN 12062 - *Controllo non distruttivo delle saldature. Regole generali per i materiali metallici;*

UNI EN 473 - *Prove non distruttive. Qualificazione e certificazione del personale addetto alle prove non distruttive. Principi generali.*

A) Metodo ultrasonico

Il metodo ultrasonico consente di rilevare i difetti anche a considerevoli profondità e in parti interne dell'elemento a condizione che esso sia un conduttore di onde sonore.

Il paragrafo 11.3.4.5 delle Nuove norme tecniche stabilisce che, per giunti a piena penetrazione, si possono impiegare anche gli ultrasuoni. Per i giunti a T a piena penetrazione, invece, si può impiegare solo il controllo con gli ultrasuoni.

Per evitare contestazioni con l'appaltatore, il personale che esegue i controlli deve essere qualificato in conformità alla norma **UNI EN 473** e avere conoscenza dei problemi di controllo relativi ai giunti saldati da esaminare.

B) Il volume del giunto da esaminare. La preparazione delle superfici

Si premette che, con riferimento alla norma **UNI EN 1714**, il volume da esaminare deve comprendere, oltre alla saldatura, anche il materiale base, per una larghezza di almeno 10 mm da ciascun lato della stessa saldatura, oppure il controllo delle zone laterali termicamente alterate.

In generale, la scansione del fascio di onde ultrasoniche deve interessare tutto il volume in esame.

Le superfici oggetto di controllo e in particolare quelle di applicazione delle sonde, devono essere prive di sostanze che possono interferire con l'accoppiamento (tracce di ruggine, scaglie staccate, spruzzi di saldature, ecc.).

NORME DI RIFERIMENTO

UNI EN 1712 - *Controllo non distruttivo delle saldature. Controllo mediante ultrasuoni dei giunti saldati. Livelli di accettabilità;*

UNI EN 1713 - *Controllo non distruttivo delle saldature. Controllo mediante ultrasuoni. Caratterizzazione delle indicazioni nelle saldature;*

UNI EN 1714 - *Controllo non distruttivo delle saldature. Controllo mediante ultrasuoni dei giunti saldati;*

UNI EN 583-1 - *Prove non distruttive. Esame ad ultrasuoni. Parte 1: Principi generali;*

UNI EN 583-2 - *Prove non distruttive. Esami ad ultrasuoni. Parte 2: Regolazione della sensibilità e dell'intervallo di misurazione della base dei tempi;*

UNI EN 583-3 - *Prove non distruttive. Esame ad ultrasuoni. Tecnica per trasmissione;*

UNI EN 583-4 - *Prove non distruttive. Esame ad ultrasuoni. Parte 4: Esame delle discontinuità perpendicolari alla superficie;*

UNI EN 583-5 - *Prove non distruttive. Esame ad ultrasuoni. Parte 5: Caratterizzazione e dimensionamento delle discontinuità;*

UNI EN 12223 - *Prove non distruttive. Esame ad ultrasuoni. Specifica per blocco di taratura n. 1;*

UNI EN 27963 - *Saldature in acciaio. Blocco di riferimento n. 2 per il controllo mediante ultrasuoni delle saldature;*

UNI EN 473 - *Prove non distruttive. Qualificazione e certificazione del personale addetto alle prove non distruttive. Principi generali.*

2.6 ASSISTENZE MURARIE

2.6.1 CRITERI E MODALITÀ DI ESECUZIONE

2.6.1.1 Generalità

Per l'eterogeneità delle categorie di opere contenute nella voce assistenze Murarie è ovviamente impossibile prescrivere delle norme uniformi se non sommarie.

Pertanto l'Appaltatore nell'esecuzione di dette opere, oltre alle indicazioni contenute qui di seguito, si atterrà scrupolosamente alle indicazioni che saranno impartite dalla D.L. in corso d'opera ed alle prescrizioni riportate nella vigente normativa, che possano avere attinenza con queste categorie di lavori.

Le Assistenze murarie comprendono inoltre prestazioni per eseguire fori, tracce, cavi, scassi, ancoraggi, nonché per scarico, trasporto, custodia, accatastamento, sollevamento ai piani, trasporto a piè d'opera e protezione di tutti i materiali e manufatti e dei relativi mezzi d'opera, sono comprese malte, leganti, calcestruzzi, occorrenti per gli "inghisaggi", sigillature e ripristini rinfianchi, nonché ponteggi di servizio, energia elettrica per mezzi d'opera, sgombero dei detriti, pulizia finale ecc., con inclusione della manovalanza in aiuto ai montatori, nonché infine per staffaggi, tassellature, ecc. ed ogni altro avere per dare le opere finite.

Nelle Assistenze sono compresi gli oneri derivanti dalla contemporaneità di esecuzione e di posa di altre opere per le quali possono essere richieste prestazioni di assistenza muraria.

L'Appaltatore deve fornire le assistenze murarie, con manodopera e mezzi d'opera, tempestivamente secondo i programmi di montaggio e le prescrizioni che, caso per caso, gli vengono impartite dalla Committente o dalla D.L. assistendo il personale con la cura necessaria a garantire la perfetta esecuzione del lavoro e l'incolumità del personale stesso.

Sono infine compresi nelle assistenze murarie scavi, reinterri e rinfianchi in cls di tubazioni, di reti in genere, di dorsali di alimentazione, adduzione e scarichi, nonché di qualsiasi natura, nessuna esclusa.