



Area Lavori Pubblici Mobilità e Trasporti
Settore Progetti Strategici ed attuazione PNRR
Servizio Ponti e Viadotti

IL DIRETTORE

ing. Simone Agrondi

IL RESPONSABILE UNICO DEL PROCEDIMENTO

ing. Guido Andriolo Stagno

PROGETTO

PIANO NAZIONALE DI RIPRESA E RESILIENZA (PNRR) - MISSIONE 2 COMPONENTE 4
INVESTIMENTO 2.2 INTERVENTI PER LA RESILIENZA, LA VALORIZZAZIONE DEL
TERRITORIO E L'EFFICIENZA ENERGETICA DEI COMUNI (M2C4I2.2).
C.I. 14417-ADEGUAMENTO NORMATIVO E CONSOLIDAMENTO NUOVO CAVALCAVIA
SUPERIORE DI MARGHERA - 2° E 3° STRALCIO - CUP F77H18000830004

FASE

PROGETTO ESECUTIVO

GRUPPO DI PROGETTAZIONE

CAPOGRUPPO R.T.P.**ITS srl**

Corte delle Caneve, 11
 31053 Pieve di Soligo (TV)
 tel. 0438 82082 email: info@its-engineering.com

**MANDANTI****Milano Serravalle Engineering**

Via del Bosco Rinnovato 4/B
 Assago (MI)

TITOLO

GENERALE
CAPITOLATO SPECIALE D'APPALTO
PARTE TECNICA

ELABORATO

13_E 2 CT 02

| REVISIONE | DATA: | OGGETTO: | REDATTO: | VERIFICATO: | APPROVATO: | SCALA: |
|-----------|------------|-----------------|----------|-------------|------------|--|
| | | | | | | - |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| rev_00 | 14.11.2022 | prima emissione | ADP | ADP | MT | NOME FILE: 1.13_E2_CT02_capit speciale app part tec.pdf |

Indice

PARTE 1 – CLS E ACCIAI PER C.A.

PARTE 2 – RIPRISTINO PONTI E VIADOTTI

PARTE 3 – PONTI E VIADOTTI

PARTE 1 – CLS E ACCIAI PER C.A.

SOMMARIO

| | | |
|----------|---|-----------|
| 1. | CONGLOMERATI CEMENTIZI | 8 |
| 1.1. | Prescrizioni per la durabilità delle opere in calcestruzzo | 11 |
| 1.2. | Tipologie e requisiti dei calcestruzzi a prestazione garantita | 13 |
| 1.2.1. | Calcestruzzi speciali..... | 16 |
| 2. | ACCIAI | 21 |
| 2.1. | Caratteristiche tecniche | 23 |
| 3. | CASSEFORME | 25 |
| 3.1. | Caratteristiche tecniche | 26 |
| 4. | MALTE E CALCESTRUZZI DA RIPRISTINO STRUTTURALE E PROTEZIONE | 27 |
| 4.1. | Caratteristiche tecniche | 27 |
| 5. | ACCETTAZIONE E CONTROLLI..... | 29 |
| 5.1. | Controllo delle certificazioni per materie prime e prodotti | 29 |
| 5.2. | Prequalifica e qualifica..... | 30 |
| 5.2.1. | Prequalifica e qualifica dei conglomerati cementizi | 30 |
| 5.2.1.1. | <i>Calcestruzzo prodotto senza processo industrializzato</i> | <i>30</i> |
| 5.2.1.2. | <i>Calcestruzzo prodotto con processo industrializzato.....</i> | <i>33</i> |
| 5.2.1.3. | <i>Qualifica dei calcestruzzi speciali</i> | <i>35</i> |
| 5.2.2. | Qualifica delle malte e calcestruzzi da ripristino strutturale e protezione | 38 |
| 5.2.3. | Qualifica degli acciai | 39 |
| 5.2.3.1. | <i>Acciaio per c.a</i> | <i>40</i> |
| 5.2.3.2. | <i>Acciaio per c.a.p</i> | <i>41</i> |
| 5.3. | Controlli in corso d'opera | 41 |
| 5.3.1. | Controlli in corso d'opera sui conglomerati cementizi..... | 41 |
| 5.3.1.1. | <i>Controlli di accettazione sui conglomerati cementizi</i> | <i>42</i> |
| 5.3.1.2. | <i>Controllo della resistenza del calcestruzzo messo in opera</i> | <i>45</i> |
| 5.3.1.3. | <i>Controlli aggiuntivi sui calcestruzzi speciali.....</i> | <i>47</i> |
| 5.3.2. | Controlli sulle malte e calcestruzzi da ripristino strutturale e protezione..... | 48 |
| 5.3.3. | Controlli sugli acciai | 49 |
| 5.4. | Laboratori accreditati e autorizzati | 51 |
| 6. | MODALITÀ DI ESECUZIONE | 52 |

| | | |
|----------|---|-----------|
| 6.1. | Confezionamento dei conglomerati cementizi..... | 52 |
| 6.2. | Trasporto dei conglomerati cementizi..... | 53 |
| 6.3. | Posa in opera dei conglomerati cementizi | 54 |
| 6.3.1. | Operazioni preliminari | 54 |
| 6.3.2. | Getto del calcestruzzo | 55 |
| 6.3.3. | Posa in opera in climi freddi | 58 |
| 6.3.4. | Posa in opera in climi caldi | 59 |
| 6.3.5. | Riprese di getto | 60 |
| 6.3.5.1. | <i>Getto di calcestruzzo fresco su calcestruzzo fresco.....</i> | <i>60</i> |
| 6.3.5.2. | <i>Getto di calcestruzzo fresco su calcestruzzo indurito</i> | <i>61</i> |
| 6.4. | Casseforme | 61 |
| 6.4.1. | Pulizia e trattamento delle casseforme..... | 62 |
| 6.4.2. | Predisposizione di fori, tracce e cavità..... | 62 |
| 6.5. | Stagionatura e disarmo | 62 |
| 6.5.1. | Prevenzione delle fessure da ritiro plastico sulle superfici non casserate..... | 63 |
| 6.5.2. | Rimozione dei casseri e maturazione umida..... | 64 |
| 6.5.3. | Maturazione accelerata con trattamenti termici | 65 |
| 6.5.4. | Regolarità delle superfici casserate | 66 |
| 6.6. | Giunti di discontinuità ed opere accessorie nelle strutture in conglomerato cementizio..... | 67 |
| 6.7. | Armature per c.a | 68 |
| 6.8. | Armature di precompressione | 70 |
| 6.8.1. | Fili, barre e trefoli..... | 70 |
| 6.8.2. | Tesatura delle armature di precompressione | 71 |
| 6.8.3. | Iniezioni nelle guaine dei cavi di precompressione di strutture in c.a.p. nuove..... | 71 |
| 6.8.3.1. | <i>Misura della fluidità con il cono di Marsh</i> | <i>73</i> |
| 6.8.4. | Iniezioni nelle guaine dei cavi di precompressione di strutture in c.a.p. esistenti..... | 74 |
| 6.8.4.1. | <i>Requisiti comuni</i> | <i>75</i> |
| 6.8.4.2. | <i>Sistemi epossidici.....</i> | <i>75</i> |
| 6.8.4.3. | <i>Boiacche cementizie</i> | <i>76</i> |
| 6.8.5. | Modalità di iniezione | 76 |
| 6.8.5.1. | <i>Iniezioni tradizionali.....</i> | <i>76</i> |
| 6.8.5.2. | <i>Iniezioni sottovuoto</i> | <i>78</i> |
| 6.8.6. | Prove | 78 |

| | | |
|-----------|--|-----|
| 6.9. | Malte e calcestruzzi da ripristino strutturale e protezione | 78 |
| 6.10. | Tolleranze di esecuzione..... | 79 |
| 7. | MISURAZIONE E CONTABILIZZAZIONE | 80 |
| 7.1. | Norme generali..... | 80 |
| 7.2. | Criteri di misura | 81 |
| 7.2.1. | Conglomerati cementizi | 82 |
| 7.2.2. | Casseforme | 83 |
| 7.2.3. | Acciaio per c.a. e c.a.p | 84 |
| 8. | NON CONFORMITÀ E SANZIONI..... | 85 |
| 8.1. | Conglomerati cementizi | 85 |
| 8.2. | Acciaio per c.a. e c.a.p | 88 |
| 9. | COLLAUDO | 88 |
| 10. | MANUTENZIONE | 89 |
| 10.1. | Contenuti ed articolazione del Piano di Manutenzione..... | 89 |
| 11. | NORMATIVE E RIFERIMENTI | 90 |
| 11.1. | Leggi e normative sugli aspetti strutturali | 90 |
| 11.2. | Leggi e normative inerenti il rilascio della Marcatura CE | 91 |
| 12. | APPENDICE..... | 95 |
| 12.1. | Caratteristiche dei materiali costituenti i conglomerati cementizi | 95 |
| 12.1.1. | Cemento..... | 95 |
| 12.1.1.1. | <i>Considerazioni generali</i> | 95 |
| 12.1.1.2. | <i>Controlli sul cemento</i> | 96 |
| 12.1.2. | Aggiunte minerali | 97 |
| 12.1.2.1. | <i>Considerazioni generali</i> | 97 |
| 12.1.2.2. | <i>Ceneri volanti</i> | 98 |
| 12.1.2.3. | <i>Fumo di silice</i> | 100 |
| 12.1.2.4. | <i>Loppa d'altoforno macinata</i> | 101 |
| 12.1.2.5. | <i>Altri tipi di aggiunta minerale ad attività pozzolanica</i> | 101 |
| 12.1.3. | Aggregati..... | 101 |
| 12.1.4. | Acqua di impasto | 102 |
| 12.1.5. | Additivi | 103 |

| | | |
|------------|--|-----|
| 12.1.6. | Agenti espansivi non metallici | 104 |
| 12.2. | Fibre..... | 105 |
| 12.2.1. | Fibre per uso strutturale | 105 |
| 12.2.1.1. | <i>Caratteristiche tecniche</i> | 105 |
| 12.3. | Caratteristiche dei conglomerati cementizi | 106 |
| 12.3.1. | Reologia degli impasti e granulometria degli aggregati | 106 |
| 12.3.2. | Lavorabilità..... | 107 |
| 12.3.3. | Rapporto acqua/cemento | 108 |
| 12.3.4. | Massa volumica | 110 |
| 12.3.5. | Contenuto di aria..... | 110 |
| 12.3.6. | Acqua di bleeding | 111 |
| 12.3.7. | Misura della temperatura del calcestruzzo al getto..... | 111 |
| 12.3.8. | Contenuto di cloruri nel calcestruzzo | 111 |
| 12.3.9. | Grado di compattazione | 111 |
| 12.3.10. | Tempo di presa | 112 |
| 12.3.11. | Requisiti aggiuntivi..... | 112 |
| 12.3.11.1. | <i>Resistenza a trazione indiretta</i> | 112 |
| 12.3.11.2. | <i>Resistenza a flessione</i> | 112 |
| 12.3.11.3. | <i>Modulo elastico statico e dinamico</i> | 113 |
| 12.3.11.4. | <i>Deformazione viscosa</i> | 113 |
| 12.3.11.5. | <i>Ritiro idraulico libero</i> | 114 |
| 12.3.11.6. | <i>Espansione contrastata</i> | 114 |
| 12.3.11.7. | <i>Permeabilità all'acqua</i> | 114 |
| 12.3.11.8. | <i>Gradiente e ritiro termico</i> | 115 |
| 12.4. | Specificazione dei calcestruzzi proiettati..... | 116 |
| 12.5. | Acciaio per c.a.: zincatura a caldo per immersione..... | 117 |
| 13. | ALLEGATI..... | 119 |
| 13.1. | ALLEGATO 1: CONTROLLI SUL CEMENTO | 120 |
| 13.2. | ALLEGATO 2: CONTROLLI SULLE CENERI VOLANTI..... | 121 |
| 13.3. | ALLEGATO 3: CONTROLLI SUL FUMO DI SILICE | 124 |
| 13.4. | ALLEGATO 4: CONTROLLI SU LOPPA D'ALTOFORNO GRANULATA MACINATA | 125 |
| 13.5. | ALLEGATO 5: CONTROLLI SUGLI AGGREGATI PER CALCESTRUZZO | 126 |
| 13.6. | ALLEGATO 6: CONTROLLI SU ACQUA D'IMPASTO PER CALCESTRUZZO | 129 |
| 13.7. | ALLEGATO 7: CONTROLLI SU ADDITIVI ED AGENTI ESPANSIVI..... | 131 |

| | | |
|--------|---|-----|
| 13.8. | ALLEGATO 8: CONTROLLI SULLE FIBRE..... | 133 |
| 13.9. | ALLEGATO 9: CONTROLLI SULLE MISCELE DI CONGLOMERATO CEMENTIZIO | 136 |
| 13.10. | ALLEGATO 10..... | 142 |

1 PREMESSA

Le prescrizioni contenute nel presente Capitolato Speciale di Appalto si applicano ai conglomerati cementizi per usi strutturali e non, armati e non, per opere in cemento armato normale e precompresso, anche fibro-rinforzati, per la realizzazione di strutture gettate in opera o prefabbricate sia all'aperto che in sotterraneo.

Il presente Capitolato Speciale di Appalto specifica inoltre i requisiti, le caratteristiche prestazionali, le modalità di accettazione e di controllo dei calcestruzzi e degli acciai per la realizzazione delle opere in CA e CAP .

Soluzioni alternative o innovative, sono considerate ammissibili solo quando sia dimostrabile e garantibile la parità o la superiorità ai requisiti prestazionali oltre specificati e/o la convenienza economica per stazione committente.

2.1 Prescrizioni per la durabilità delle opere in calcestruzzo

Secondo il D.M. 14/01/2008, la durabilità delle opere in calcestruzzo è la capacità di mantenere entro limiti accettabili per le esigenze di esercizio i valori delle caratteristiche fisico-meccaniche e funzionali in presenza di cause di degradazione, per tutta la vita nominale prevista in progetto.

Le cause di degradazione più frequenti sono i fenomeni di corrosione delle armature, i cicli di gelo-disgelo, l'attacco di acque aggressive di varia natura e la presenza di solfati.

Secondo quanto previsto nel § 11.2.11 del D.M. 14/01/2008, il progettista, valutate opportunamente le condizioni ambientali di impiego dei calcestruzzi, deve fissare le prescrizioni in termini di caratteristiche del calcestruzzo da impiegare, di valori del copriferro e di regole di maturazione dei getti.

Al fine di soddisfare le richieste di durabilità in funzione delle condizioni ambientali, occorrerà fare riferimento alle norme UNI EN 206 ed UNI 11104 e, in particolare, alle classi di esposizione riportate nel prospetto 1 della EN 206/1 ed ai valori limite per la composizione e per le prestazioni riportate nel prospetto 4 della UNI 11104 (vedi successivo par. 2.2).

Inoltre, ai fini di preservare le armature metalliche da qualsiasi fenomeno di aggressione ambientale, lo spessore di copriferro da prevedere in progetto, cioè la misura tra la parete interna del cassero e la parte più esterna della circonferenza della barra più vicina, dovrà rispettare allo stesso tempo le indicazioni della UNI EN 1992-1-1 (Eurocodice 2) al § 4.4.1 ed al § C4.1.6.1.3 della Circolare esplicativa 617, garantire l'aderenza e la trasmissione degli sforzi tra acciaio e calcestruzzo e, se del caso, assicurare la resistenza al fuoco della struttura o dei singoli elementi interessati.

Con specifico riferimento agli spessori minimi di copriferro in funzione della classe di esposizione indicati nella UNI EN 1992-1-1 (Eurocodice 2), si ricorda che i valori a garanzia di una durabilità di 50 anni sono quelli corrispondenti alla classe strutturale S4 dei prospetti 4.4N e 4.5N.

Nel caso la durabilità voglia essere aumentata, ad esempio fino a 100 anni, si dovrà considerare la classe strutturale S5, con un incremento di 10 mm di copriferro, ovvero si dovrà incrementare la classe di resistenza del calcestruzzo, secondo quanto indicato al prospetto 4.3N della stessa norma.

Analoghe indicazioni sono contenute anche nel § C4.1.6.1.3 della Circolare esplicativa 617.

In caso di formazioni di fessure nel copriferro, la massima apertura superficiale ammessa senza dover ricorrere alle operazioni di ripristino, sarà funzione della classe di esposizione della struttura.

Salvo diversa indicazione del progettista, potranno prendersi come riferimento i limiti riportati al §4.1.2.2.4 del D.M. 14-01-2013, incrementati di 0,1 mm per tener conto che essi si riferiscono al valore dell'apertura della fessura in corrispondenza dell'armatura e non in superficie:

per armature poco sensibili (acciai per c.a. non precompresso, inossidabili, zincati o rivestiti con specifici prodotti tipo UNI EN 1504-7):

< 0,4 + 0,1 mm: per classi di esposizione X0, XC1, XC2, XC3, XF1;

< 0,3 + 0,1 mm: per classi di esposizione XC4, XD1, XS1, XA1, XA2, XF2, XF3;

< 0,2 + 0,1 mm per classi di esposizione XD2, XD3, XS2, XS3, XA3, XF4;

per armature sensibili, ovvero acciai per c.a.p.:

< 0,3 + 0,1 mm: per classi di esposizione X0, XC1, XC2, XC3, XF1;

< 0,2 + 0,1 mm: per classi di esposizione XC4, XD1, XS1, XA1, XA2, XF2, XF3;

< 0 + 0,1 mm: per classi di esposizione XD2, XD3, XS2, XS3, XA3, XF4.

Qualora si rilevino in superficie fessure di apertura superiori ai limiti sopra indicati, l'Impresa dovrà provvedere a sua cura a:

per aperture < 0,1 mm: nessun intervento;

per aperture superiori a 0,1 mm ma < 0,4 mm: rivestimenti impermeabili ad acqua e CO₂ conformi a UNI EN 1504/2;

per aperture > 0,4 mm: sigillatura delle fessure mediante prodotti da iniezione conformi a UNI EN 1504-5 ed eventuali rivestimenti impermeabili ad acqua e CO₂ conformi a UNI EN 1504/2.

NOTA Nei casi di danni più severi o per particolari criticità della struttura, eventuali interventi di demolizione e rifacimento delle strutture danneggiate potranno essere disposti dalla Direzione Lavori dopo opportuno approfondimento di indagini sullo stato fessurativo della struttura.

Le suddette prescrizioni saranno applicate anche a tutti gli elementi prefabbricati e/o precompressi.

2.2 Tipologie e requisiti dei calcestruzzi a prestazione garantita

Le materie prime utilizzate devono rispondere ai requisiti del § 11 del DM 14-01-2008 e saranno caratterizzate secondo quanto riportato in Appendice 14.

I conglomerati cementizi sono confezionati a prestazione garantita forniti a piè d'opera, con classi di esposizione indicati negli elaborati progettuali secondo norma UNI EN 206 e UNI 11104 in conformità al D.M. 14/01/2008 per qualsiasi classe di resistenza e confezionati a norma di legge anche se debolmente armati (fino ad un massimo di 30 kg per m³) confezionati con cemento, inerti acqua ed eventuale aggiunta di additivi, aggiunte minerali e fibre.

Si farà riferimento alle classi di resistenza, così come definite al § 4.1 delle Norme Tecniche per le costruzioni di cui al D.M. 14/01/2008 (Tabella 1).

In particolare, relativamente alla resistenza caratteristica convenzionale a compressione, il calcestruzzo verrà individuato mediante la simbologia C(X/Y), dove:

- X è la resistenza caratteristica a compressione misurata su provini cilindrici (f_{ck}), con rapporto altezza/diametro pari a 2;
- Y è la resistenza caratteristica a compressione valutata su provini cubici di lato 150 mm (R_{ck}).

Tabella 1 Classi di resistenza

| | | | |
|--------|--------|--------|--------|
| C8/10 | C25/30 | C40/50 | C60/75 |
| C12/15 | C28/35 | C45/55 | C70/85 |

| | | | |
|--------|--------|--------|---------|
| C16/20 | C32/40 | C50/60 | C80/95 |
| C20/25 | C35/45 | C55/67 | C90/105 |

Nella Tabella 2, sono indicate le tipologie di conglomerato a “prestazione garantita” in conformità ai requisiti di durabilità indicati nella UNI EN 206 e nella UNI 11104.

Il produttore del calcestruzzo dovrà adottare tutti gli accorgimenti in termini di ingredienti e di composizione dell'impasto per garantire che il calcestruzzo possieda, al momento della consegna in cantiere, la lavorabilità prescritta in progetto e riportata per ogni specifica tipologia di conglomerato nella Tabella 2.

Per quanto riguarda gli altri parametri per la caratterizzazione del calcestruzzo allo stato fresco ed indurito si rimanda a quanto indicato nel § 13.2.

Tabella 2 Tipologie di conglomerati cementizi a prestazione garantita e relativi campi di impiego.

| Tipo | Classi esposizione ambientale | Classe resistenza minima C (X/Y) | Rapporto a/c max | Contenuto minimo di cemento ** [kg/m ³] | Contenuto di aria in % UNI EN 12350/7 | D _{max} *** mm | Classe di consistenza min. UNI EN 12350/2 *** | Tipo di cemento **** (se necessario) | Classe contenuto in cloruri |
|------|-------------------------------|----------------------------------|------------------|---|---------------------------------------|-------------------------|---|--|-----------------------------|
| I | | | | | | | | | |
| I-A | XC2 | C (25/30) | 0.60 | 300 | <2.5% | 32 | S4-S5 | In caso di grandi spessori* : LH (Low Heat) secondo UNI EN 197-1 | CI 0.4 |
| I-B | XA1 | C (28/35) | 0.55 | 320 | <2.5% | 32 | S4-S5 | In caso di grandi spessori* LH (Low Heat) secondo UNI EN 197-1 | CI 0.4 |
| I-C | XA2 | C (32/40) | 0.50 | 340 | <2.5% | 32 | S4-S5 | SR (Sulphate Resistant) e in caso di grandi spessori* anche LH (Low Heat) secondo UNI EN 197-1 | CI 0.4 |

| | | | | | | | | | |
|-------|------------|-----------|------|-----|--|----|-------|--|---------------------------------|
| I-D | XA3 | C (35/45) | 0.45 | 360 | <2.5% | 32 | S4-S5 | SR (Sulphate Resistant) e in caso di grandi spessori* anche LH (Low Heat) secondo UNI EN 197-1 | CI 0.4 |
| II | | | | | | | | | |
| II-A | XC4 XS1 | C (32/40) | 0.50 | 340 | <2.5% 8 ± 1 % per D _{max} ≤ 10mm 6 ± 1 % per D _{max} = 10-20mm 5 ± 1 % per D _{max} ≥ 20mm | 32 | S4-S5 | | CI 0.4 (CI 0,2 se in XS1) |
| II-B | XF4 | C (28/35) | 0.45 | 360 | | 32 | S4-S5 | | CI 0.2 |
| III | | | | | | | | | |
| III-A | XC4 XS1 | C (32/40) | 0.50 | 340 | <2.5% 8 ± 1 % per D _{max} ≤ 10mm 6 ± 1 % per D _{max} = 10-20mm 5 ± 1 % per D _{max} ≥ 20mm | 32 | S4-S5 | In caso di grandi spessori* LH (Low Heat) secondo UNI EN 197-1 | CI 0.4 (CI 0,2 se in XS1) |
| III-B | XF2 | C (25/30) | 0.50 | 340 | | 32 | S4-S5 | In caso di grandi spessori* LH (Low Heat) secondo UNI EN 197-1 | CI 0.2 |
| IV | | | | | | | | | |
| IV-A | XC4 | C (32/40) | 0.50 | 340 | <2.5% 8 ± 1 % per D _{max} ≤ 10mm 6 ± 1 % per D _{max} = 10-20mm 5 ± 1 % per D _{max} ≥ 20mm | 32 | S4-S5 | | CI 0.4 |
| IV-B | XF2 | C (25/30) | 0.50 | 340 | | 32 | S4-S5 | | CI 0.2 |
| V | | | | | | | | | |
| V-A | X0 | C (20/25) | 0.65 | 260 | — 8 ± 1 % per D _{max} ≤ 10mm 6 ± 1 % per D _{max} = 10-20mm 5 ± 1 % per D _{max} ≥ 20mm | 32 | S4 | | CI 0.4 |
| V-B | XF2 | C (25/30) | 0.50 | 340 | | 32 | S4 | | CI 0.2 |

NOTE alla Tabella 2

(*) Per la classificazione delle opere di grande spessore, vedi appresso “calcestruzzi per getti massivi”.

(**) Come previsto al § 5 della UNI 11104, nel caso di calcestruzzi destinati ad opere massive o di calcestruzzi speciali i requisiti di composizione e prestazione devono essere verificati e reconsiderati nei riguardi sia delle classi di esposizione che di specifici criteri di durabilità (es. minimizzazione dosaggio cemento per ridurre rischio fessurazione per calore di idratazione o ritiro igrometrico). In tal caso, eventuali deroghe (es. dosaggi di cemento inferiori ai minimi indicati nella Tabella 2, raggiungimento della R_{ck} a stagionature più lunghe rispetto ai 28 giorni)

possono essere concesse in fase di prequalifica e qualifica delle miscele mediante preventiva definizione e successivo controllo delle caratteristiche prestazionali da capitolato che devono comunque essere raggiunte.

(***) Il Diametro massimo ed i valori della consistenza possono essere indicati diversamente a discrezione del Progettista, sulla base della geometria degli elementi strutturali, della loro posizione, della densità d'armatura e delle modalità esecutive. Per quanto riguarda il D_{max} , in assenza di altra indicazione, si terranno presenti le seguenti limitazioni:

$D_{max} < \text{copri ferro};$

$D_{max} < \text{interferro minimo} - 5 \text{ mm};$

$D_{max} < \frac{1}{4} \text{ della sezione minima della struttura.}$

(****) Si veda paragrafo 14.1.1.1 relativo alla scelta dei cementi raccomandabili in caso di esposizione ad aggressione da parte di cloruri o rischio di alcali reattività.

NOTA Resta inteso che le indicazioni del Progettista, qualora differenti, sono comunque vincolanti, se più restrittive di quelle ivi indicate; ad esempio, potranno essere prescritti i seguenti requisiti aggiuntivi (Tabella 3) definiti e misurabili secondo quanto riportato al paragrafo 13.3.11.

Tabella3: Requisiti aggiuntivi raccomandate in funzione della tipologia di calcestruzzo.

| Tipo | Campi di impiego | Resistenza a trazione indiretta | Resistenza a Flessione | Modulo elastico | Deform.ne viscosa | Ritiro igrometrico libero | Espansione contrastata | Permeabilità all'acqua | Gradiente termico |
|------|---|---------------------------------|------------------------|-----------------|-------------------|---------------------------|------------------------|---------------------------|----------------------------|
| I | Strutture di fondazione | | | | | | | X | Se di grande spessore X |
| II | Strutture orizzontali principali | X | X | | | X | X | | Se di grande spessore X |
| III | Strutture verticali principali | | | X | X | | | | Se di grande spessore X |
| IV | Strutture verticali ed orizzontali secondarie | | | | | | | Per tombini scatoari X | |
| V | Elementi non strutturali vari | | | | | | | X | |

2.2.1 Calcestruzzi speciali

Per quanto concerne i calcestruzzi speciali si individuano:

a) i calcestruzzi per getti massivi: laddove per opera “massiva” si intende qualunque volume di calcestruzzo con dimensioni tali da richiedere misure preventive per far fronte alla cospicua generazione di calore dovuta all'idratazione del cemento e alle conseguenti fessurazioni dovute cambiamento di volume, sia in fase di riscaldamento che di raffreddamento del getto. Impiegabili sia per le strutture di fondazione che per quelle in elevazione:

- quando la struttura di fondazione (platea, plinto o trave di fondazione) ha uno spessore superiore a 150 cm;
- quando le strutture o parti di struttura in elevazione (pilastri, pile, muri o setti verticali) hanno spessore o diametro superiore a 80 cm ed altezza superiore a 400 cm.
- Il contenuto minimo di cemento dovrà essere adeguatamente stabilito in modo tale che durante il raffreddamento del conglomerato, dopo la rimozione dei casseri, siano soddisfatte le condizioni di cui al successivo par. 13.3.11.8. “*Gradiente e ritiro termico*”.
- Una prima stima del dosaggio di cemento utilizzabile può essere effettuata imponendo che il riscaldamento del calcestruzzo del nucleo, ipotizzato in condizioni adiabatiche, non superi dopo 3 giorni i 35°C. Dovrà risultare:
- $$\delta T_{3gg} = \frac{c \times q_3}{m \times \rho}$$
- dove:
- $\delta T_{3gg} = 35^\circ\text{C}$;
- c = dosaggio di cemento e di eventuali aggiunte di tipo II (kg/m^3) il cui contributo al calore di idratazione nei primi giorni di maturazione non possa considerarsi trascurabile;
- q_3 = calore di idratazione unitario del cemento (kJ/kg) a 3 giorni di maturazione (dato fornito dal produttore di cemento);
- m = peso specifico del calcestruzzo (kg/m^3);
- ρ = calore specifico del calcestruzzo (mediamente pari a $1 \text{ kJ/kg } ^\circ\text{C}$)
- I cementi con i valori di q_3 più bassi sono classificati nella UNI EN 197-1 e vengono contraddistinti dalla sigla “LH” (Low Heat).

- Si ricorda che, come previsto al § 5 della UNI 11104, nel caso di calcestruzzi destinati ad opere massive, i requisiti di composizione, quali la minimizzazione del dosaggio cemento (per ridurre rischio fessurazione per calore) e la prestazione, devono essere verificati e riconsiderati nei riguardi sia delle classi di esposizione che di specifici criteri di durabilità di idratazione o ritiro igrometrico.
- In tal caso, potranno quindi essere concordate con il progettista e la Direzione lavori eventuali deroghe per dosaggi di cemento inferiori ai minimi indicati nella Tabella 2 precedentemente riportata e nel raggiungimento della R_{ck} a stagionature più lunghe rispetto ai 28 giorni, da verificare in fase di prequalifica e qualifica delle miscele.

b) i calcestruzzi a ritiro compensato: che saranno confezionati utilizzando agenti espansivi di tipo non metallico di cui al successivo § 13.1.6. “*Agenti espansivi non metallici*”, generalmente con dosaggi variabili tra i 20 ed i 40 kg/m³.

Ulteriori specifiche sono riportate ai § 6.2.1.3 e § 6.3.1.3

c) i calcestruzzi fibro-rinforzati: addizionati con fibre in polipropilene, PVA o acciaio con i seguenti scopi:

- miglioramento del comportamento a trazione;
- miglioramento del comportamento a trazione per flessione;
- capacità di assorbire energia in fase post fessurativa;
- aumento della capacità di assorbire variazioni termiche;
- aumento della resistenza ad azioni cicliche (fatica);
- prevenzione della fessurazione da ritiro idraulico.

Per la progettazione delle strutture in calcestruzzo fibro-rinforzato si farà riferimento alle indicazioni riportate nel DT 204/2006: “Istruzioni per la Progettazione, l'Esecuzione ed il Controllo di Strutture di Calcestruzzo Fibro-rinforzato”. Il contenuto in peso delle fibre è determinato dalle esigenze progettuali e se ne deve tenere conto in fase di messa a punto della miscela, per controllare le eventuali variazioni di comportamento del calcestruzzo allo stato fresco ed indurito.

Ulteriori specifiche sono riportate ai § 6.2.1.3 e § 6.3.1.3

d) i calcestruzzi leggeri per uso strutturale e non: sono confezionati con aggregati leggeri minerali artificiali o naturali, con classi di massa volumica secca (tra 800 e 2.000 kg/m³) e di resistenza a compressione (da LC8/9 e LC80/88). Si farà riferimento a quanto indicato al § 4.1.12 delle Norme Tecniche per le Costruzioni D.M. 14/01/2008, con classi di resistenza ammesse da LC20/22 a LC55/60 e tipo di impiego secondo quanto riportato nella seguente Tabella 4, valida anche per i calcestruzzi di peso normale (minimo C16/20 > 20MPa per strutture armate; minimo C28/35 per strutture armate precomprese);

Tabella 4 Impiego delle diverse classi di resistenza (rif. Tabella 4.1.II delle NTC)

| STRUTTURE DI DESTINAZIONE | CLASSE DI RESISTENZA MINIMA |
|---|--------------------------------|
| Per strutture non armate o a bassa percentuale di armatura (§ 4.1.11 NTC) | C8/10 |
| Per strutture semplicemente armate | C16/20 |
| Per strutture precomprese | C28/35 |

e) i calcestruzzi proiettati: posti in opera mediante spruzzo, attraverso una lancia ad aria compressa, contro una superficie di applicazione (supporto), in uno o più strati, in modo da realizzare riporti su elementi costruttivi esistenti o interi elementi bidimensionali (volte, rivestimenti di scarpate, ripristini corticali, ecc.) armati o non armati, senza impiego di cassetture. Per i calcestruzzi proiettati la produzione, la messa in opera ed il controllo sono regolati dalle norme UNI EN 14487-1 e UNI EN 14487-2, cui l'Impresa dovrà fare riferimento per quanto non espressamente indicato nel presente Capitolato. In conformità a quanto riportato al § 4 della UNI EN 14487-1, i calcestruzzi proiettati vengono classificati in funzione dei seguenti parametri:

- consistenza della miscela umida (UNI EN 14487-1 § 4.1);
- classe di esposizione (UNI EN 14487-1 § 4.2);
- velocità di sviluppo delle prestazioni meccaniche nel calcestruzzo giovane (UNI EN 14487-1 § 4.3);
- classe di resistenza (UNI EN 14487-1 § 4.4)

I calcestruzzi proiettati fibrorinforzati, inoltre, vengono classificati in base ai seguenti parametri:

- classe di resistenza residua (UNI EN 14487-1 § 4.5.2);
- capacità di assorbimento di energia ((UNI EN 14487-1 § 4.5.3)

Gli additivi per la proiezione, che sono delle sostanze, liquide e solide, aggiunte alla miscela base, per consentirne la proiezione e la posa in opera senza centine e casserature, si distinguono in:

- acceleranti di presa e additivi acceleranti di presa non alcalini;
- regolatori di consistenza;
- miglioratori dell'aderenza.

Essi devono risultare conformi alla UNI EN 934-5

Per quanto riguarda i requisiti composizionali ed i limiti di dosaggio degli additivi, in aggiunta a quanto riportato nella UNI EN 934-5, valgono le seguenti limitazioni:

- 1) contenuto di solfati (espressi come SO_3) $\leq 1\%$;
- 2) per acceleranti a base di silicati di sodio:
 - rapporto in peso $\text{SiO}_2 / \text{Na}_2\text{O} \geq 3,4$;
 - contenuto di cloruri $< 0,1\%$;
 - $\text{pH} \leq 11,5$;
- 3) per conglomerati proiettati esposti ad attacco solfatico:
 - contenuto di alluminati (espressi come Al_2O_3) $\leq 0,6\%$ in peso sul cemento per additivi contenenti alcali;
 - contenuto di alluminati (espressi come Al_2O_3) $\leq 1,0\%$ in peso sul cemento per additivi non alcalini.

Per i controlli specifici relativi ai calcestruzzi special si rimanda ai paragrafi § 6.2.1.3 in fase di qualifica e § 6.3.1.36.3.1 in fase di controlli di accettazione.

I componenti del calcestruzzo proiettato di riferimento (cemento, acqua, eventuali aggiunte, aggregati, additivi, fibre, ecc.) dovranno risultare conformi a quanto riportato al paragrafo 13.1 nonché alle indicazioni presenti nel prospetto 4 della UNI EN 14487-1.

NOTA Particolare attenzione dovrà essere posta alla verifica della potenziale reattività con gli alcali degli aggregati, qualora si preveda di impiegare additivi per la proiezione a base di alcali.

NOTA Particolare attenzione dovrà essere posta all'effetto di riduzione delle prestazioni meccaniche, alle medie e lunghe stagionature, che gli additivi acceleranti di presa e di indurimento possono causare rispetto ai valori attesi nella miscela di riferimento senza accelerante. Si dovrà verificare, in fase di qualifica della miscela (vedi successivo § 6.2.1.3), che la resistenza a compressione a 28 giorni sia conforme alle specifiche di progetto .

3.1 Caratteristiche tecniche

Le diverse tipologie di acciaio ordinario per c.a. ad adherenza migliorata impiegabili, secondo quanto previsto al § 11 del D.M. 14/01/2008, sono:

- acciaio tipo B450C
 - barre d'acciaio ($6 \text{ mm} \leq \varnothing \leq 40 \text{ mm}$), rotoli ($6 \text{ mm} \leq \varnothing \leq 16 \text{ mm}$);
 - prodotti raddrizzati ottenuti da rotoli con diametri $\leq 16 \text{ mm}$;
 - reti elettrosaldate: $6 \text{ mm} \leq \varnothing \leq 16 \text{ mm}$;
 - tralicci elettrosaldati $6 \text{ mm} \leq \varnothing \leq 16 \text{ mm}$
- acciaio tipo B450A
 - barre d'acciaio ($5 \text{ mm} \leq \varnothing \leq 10 \text{ mm}$), rotoli ($5 \text{ mm} \leq \varnothing \leq 10 \text{ mm}$);
 - prodotti raddrizzati ottenuti da rotoli con diametri $\leq 10 \text{ mm}$;
 - reti elettrosaldate: $5 \text{ mm} \leq \varnothing \leq 10 \text{ mm}$;
 - tralicci elettrosaldati $5 \text{ mm} \leq \varnothing \leq 10 \text{ mm}$

Ognuno di questi prodotti deve possedere tutti i requisiti previsti dal D.M. 14/01/2008, che specifica le caratteristiche tecniche che devono essere verificate, i metodi di prova e le condizioni di prova.

Tabella 5 Valori nominali delle tensioni caratteristiche di snervamento $f_{y \text{ nom}}$ e rottura $f_{t \text{ nom}}$ degli acciai B450C e B450A

| | |
|---------------------|-----------------------|
| $f_{y \text{ nom}}$ | 450 N/mm ² |
| $f_{t \text{ nom}}$ | 540 N/mm ² |

Gli acciai inossidabili, se il loro impiego è previsto in progetto, dovranno rispettare tutte le caratteristiche previste al § 11.3.2.9.1 del D.M. 14/01/2008.

Quando previsto in progetto, gli acciai in barre e le reti di acciaio elettrosaldate dovranno essere zincate a caldo. Gli acciai da sottoporre al trattamento di zincatura a caldo dovranno essere caratterizzati da un tenore di silicio inferiore allo 0,03 - 0,04%, oppure compreso nell'intervallo 0,15-0,25%. Il peso del rivestimento in zinco, che non dovrà mai discostarsi di $\pm 10\%$ dalla quantità di 610 g/m^2 di superficie effettivamente rivestita, corrisponderà ad uno spessore di $85 \mu\text{m} \pm 10\%$.

È ammesso esclusivamente l'impiego di acciai per c.a.p. qualificati secondo le procedure di cui al § 11.3.1.2 del D.M. 14/01/2008 e controllati (in stabilimento, nei centri di trasformazione e in cantiere) con le modalità riportate nel § 11.3.3.5 del succitato D.M. Gli acciai per c.a.p. possono essere forniti in rotoli (fili, trecce, trefoli), in bobine (trefoli), in fasci (barre). I fili possono essere tondi o di altre forme; vengono individuati mediante il diametro nominale o il diametro nominale equivalente riferito alla sezione circolare equipesante. Le barre possono essere lisce, a filettatura continua o parziale, con risalti; vengono individuate mediante il diametro nominale.

Tabella 6 Proprietà meccaniche, garantite dal produttore degli acciai per c.a.p.

| Tipo di acciaio | Barre | Fili | Trefoli | Trefoli a fili sagomati | Trecce |
|---|-------------|-------------|-------------|-------------------------|-------------|
| Tensione caratteristica di rottura $f_{ptk} \text{ N/mm}^2$ | ≥ 1000 | ≥ 1570 | ≥ 1860 | ≥ 1820 | ≥ 1900 |
| Tensione caratteristica allo 0,1 % di deformazione residua $f_{p(0,1)k} \text{ N/mm}^2$ | ----- | ≥ 1420 | ----- | ----- | ----- |
| Tensione caratteristica all'1 % di deformazione totale $f_{p(1)k} \text{ N/mm}^2$ | ----- | ----- | ≥ 1670 | ≥ 1620 | ≥ 1700 |
| Tensione caratteristiche di snervamento $f_{pyk} \text{ N/mm}^2$ | ≥ 800 | ----- | ----- | ----- | ----- |
| Allungamento sotto carico massimo A_{gt} | $\geq 3,5$ | $\geq 3,5$ | $\geq 3,5$ | $\geq 3,5$ | $\geq 3,5$ |

Gli ancoraggi terminali dell'armatura di precompressione dovranno essere conformi alle specifiche di progetto, composti essenzialmente da piastre di ripartizione e apparecchi di bloccaggio.

4 CASSEFORME

4.1 Caratteristiche tecniche

Per le caratteristiche e l'utilizzo delle casseforme si farà riferimento a quanto indicato ai §§ 4.1 e 4.2 delle *"Linee Guida per la messa in opera del calcestruzzo strutturale e per la valutazione delle caratteristiche meccaniche del calcestruzzo"* pubblicate dal Servizio Tecnico Centrale del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici (febbraio 2008).

Nella progettazione e nella esecuzione delle armature di sostegno delle centinature e delle attrezzature di costruzione, l'Appaltatore è tenuto a rispettare le norme, le prescrizioni ed i vincoli che eventualmente venissero imposti da Enti, Uffici e persone responsabili riguardo alla zona interessata ed in particolare:

- per l'ingombro degli alvei dei corsi d'acqua;
- per le sagome da lasciare libere nei sovrappassi o sottopassi di strade, autostrade, ferrovie, tranvie, ecc.;
- per le interferenze con servizi di soprassuolo o di sottosuolo

Tutte le attrezzature dovranno essere dotate degli opportuni accorgimenti affinché, in ogni punto della struttura, la rimozione dei sostegni sia regolare ed uniforme.

È prescritto l'uso di casseforme metalliche o di materiali fibro-compresi o compensati; in ogni caso, esse dovranno avere dimensioni e spessori sufficienti ad essere opportunamente irrigidite o controventate, per assicurare l'ottima riuscita delle superfici dei getti e delle opere e la loro perfetta rispondenza ai disegni di progetto.

Nel caso di eventuale utilizzo di casseforme in legno, l'Impresa 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.

I prodotti disarmanti dovranno essere conformi alla normativa vigente (fino a nuova pubblicazione fare riferimento alla UNI 8866, ritirata senza sostituzione).

5.1 Caratteristiche tecniche

Per quanto riguarda gli interventi adeguamento, miglioramento o riparazione ed intervento locale trovano impiego le malte e calcestruzzi da ripristino strutturale e protezione.

Dovendo ripristinare o incrementare la durabilità della struttura degradata alle classi di esposizione previste nella UNI EN 206 e UNI 11104, in assenza di rivestimenti impermeabili, i prodotti da ripristino a base cementizia dovranno rispettare, in termini di resistenza meccanica,

quanto previsto da suddette norme. Pertanto, per una durabilità fino a 50 anni, si dovranno garantire classi di resistenza minime da 30 a 45 MPa in funzione della classe di esposizione ambientale. Per lo spessore del copriferro da ripristinare varrà quanto già indicato al successivo par. 2.1.

Nel caso di prodotti a base cementizia, uno dei requisiti fondamentali è l'espansione contrastata in aria (vedi successivo par. 13.3.11.6) garantita dall'impiego di agenti espansivi non metallici (vedi successivo par. 13.1.6), solitamente combinati con additivi antiritiro (vedi successivo par. 13.1.5) e microfibre sintetiche (ad esempio: poliacrilonitrile), per contrastare le fessure in fase plastica.

Nel caso di prodotti in cui sia necessario incrementare la resistenza a trazione in fase *post* fessurativa e la duttilità del materiale, si ricorre all'impiego di prodotti fibrorinforzati con macrofibre (tipicamente 20-40 mm), in acciaio o polimeriche, ad elevata resistenza ed alto modulo elastico (es. PVA o poliestere).

Nella seguente Tabella 7 vengono sintetizzate le combinazioni delle varie categorie di prodotto (boiacche, malte, betoncini e calcestruzzi) ed il metodo di messa in opera in funzione dello spessore da ripristinare.

Tabella7: Categoria e tecnica di applicazione dei prodotti da ripristino in funzione dello spessore da ripristinare

| | | DEGRADO | | | | | | | | | | | | | |
|--------------------------|--------------------|--|---|---|--------------------|----|----|----|--------------------|----|----|----|--|----------------|------|
| | | Lieve | | | Medio | | | | Profondo | | | | | Molto profondo | |
| Spessore ripristino (mm) | | 1 | 3 | 8 | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 | 80 | 90 | 100 | >100 |
| TECNICHE APPLICAZIONE | Iniezione | Boiacche cementizie e formulati con resine | | | | | | | | | | | | | |
| | Rasatura | Malte fini tixotropiche | | | | | | | | | | | | | |
| | Spruzzo o rinzafoo | | | | Malte tixotropiche | | | | | | | | | | |
| | Colaggio | | | | Malte colabili | | | | Betoncini colabili | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | Calcestruzzi (S4)-S5 vibratio SCC colato | | |

NOTE alla Tabella 7

Boiacche: solo legante e filler; Malte fini: D_{max} fino a 2 mm; Malte: D_{max} fino a 4-6 mm

Betoncini: D_{max} fino a 16 mm; Calcestruzzi: $D_{max} < \frac{1}{4}$ sp da ripristinare.

Le malte premiscelate da ripristino e protezione hanno requisiti prestazionali sintetizzati nelle Tabelle A.10.1 e A.10.2 di cui all'ALLEGATO 10 par. Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.

I calcestruzzi da ripristino rientrano nella categoria dei conglomerati non premiscelati con $D_{max} > 6\text{mm}$ (betoncini e calcestruzzi) da utilizzare con funzione di ripristino strutturale e della durabilità.

Nel caso di riparazione o adeguamento di strutture esistenti, laddove non sia possibile garantire un copriferro adeguato, per spessore e caratteristiche, alla classe di esposizione ambientale ed alla vita utile di servizio dell'opera, è possibile ricorrere all'impiego di sistemi di protezione delle armature metalliche contro la corrosione, in forma di vernici resinose o boiacche cementizie additivate, da applicare sulla superficie delle barre esistenti e/o di quelle aggiunte.

6 ACCETTAZIONE E CONTROLLI

6.1 Controllo delle certificazioni per materie prime e prodotti

I materiali ed i prodotti per uso strutturale utilizzati per la realizzazione di opere in c.a. e c.a.p. devono rispondere ai requisiti indicati al § 11.1 del D.M. 14/01/2008.

In particolare, per i materiali e prodotti recanti la Marcatura CE, sarà onere del Direttore dei Lavori, in fase di accettazione, accertarsi del possesso della marcatura stessa e richiedere ad ogni fornitore, per ogni diverso prodotto, il Certificato, ovvero Dichiarazione di Conformità alla parte armonizzata della specifica norma europea, ovvero allo specifico Benestare Tecnico Europeo, per quanto applicabile.

Al paragrafo 13.1 sono riportate le tabelle che sintetizzano i requisiti di prodotto richiesti per le varie materie prime utilizzate (cementi, aggiunte minerali, aggregati, acqua, additivi, agenti espansivi, fibre)

Sarà inoltre onere del Direttore dei Lavori verificare che tali prodotti rientrino nelle tipologie, classi e/o famiglie previsti nella detta documentazione.

Per i prodotti non recanti la Marcatura CE, il Direttore dei Lavori dovrà accertarsi del possesso e del regime di validità dell'Attestato di Qualificazione (caso B) o del Certificato di Idoneità Tecnica all'impiego (caso C), rilasciato del Servizio Tecnico Centrale del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici.

Ad eccezione di quelli in possesso di Marcatura CE, possono essere impiegati materiali o prodotti conformi ad altre specifiche tecniche, qualora dette specifiche garantiscano un livello di sicurezza equivalente a quello previsto nelle presenti norme. Tale equivalenza sarà accertata attraverso procedure all'uopo stabilite dal Servizio Tecnico Centrale del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici, sentito lo stesso Consiglio Superiore.

6.2 Prequalifica e qualifica

6.2.1 Prequalifica e qualifica dei conglomerati cementizi

In accordo al D.M. 14/01/2008, per la produzione dei conglomerati cementizi si possono configurare due differenti possibilità:

- calcestruzzo prodotto senza processo industrializzato;
- calcestruzzo prodotto con processo industrializzato.

6.2.1.1 Calcestruzzo prodotto senza processo industrializzato

Tale situazione si configura unicamente nella produzione di quantitativi di miscele omogenee inferiori ai 1.500 m³, effettuate direttamente in cantiere mediante processi di produzione temporanei e non industrializzati.

In tal caso, la produzione deve avvenire sotto la diretta responsabilità dell'Impresa e con la diretta vigilanza della Direzione dei Lavori.

a) Prove di prequalifica

L'Impresa è tenuta ad effettuare la qualificazione iniziale (prequalifica) delle miscele per mezzo della "valutazione preliminare della resistenza" (§ 11.2.3 del D.M. 14/01/2008) prima dell'inizio della costruzione dell'opera, attraverso idonee prove preliminari atte ad accertare la resistenza caratteristica per ciascuna miscela omogenea di conglomerato che sarà utilizzata per la

costruzione dell'opera (indicata nella tabella di cui al succitato § 14.1 "Allegato 1 CONTROLLI SUL CEMENTO").

La qualificazione iniziale di tutte le miscele utilizzate deve effettuarsi per mezzo di prove certificate da parte dei laboratori accreditati (rif. par. 6.4).

Nella relazione di prequalifica, l'Impresa dovrà fare esplicito riferimento a:

- materiali che si intendono utilizzare, indicandone provenienza, tipo e qualità;
- documentazione comprovante la marcatura CE dei materiali costituenti o altra certificazione volontaria del produttore e relative schede tecniche;
- massa volumica reale s.s.a. ed assorbimento, per ogni classe di aggregato, valutati secondo la Norma UNI EN 1097;
- diametro nominale massimo degli aggregati e studio granulometrico secondo UNI EN 933/1,2;
- tipo, classe e dosaggio del cemento;
- rapporto acqua-cemento;
- massa volumica del calcestruzzo fresco secondo UNI EN 12350/6 e calcolo della resa;
- classe di esposizione ambientale cui è destinata la miscela secondo UNI EN 206 e UNI 11104;
- tipo e dosaggio degli eventuali additivi;
- contenuto di aria della miscela valutata secondo UNI EN 12350/6;
- proporzionamento analitico della miscela e resa volumetrica;
- classe di consistenza del calcestruzzo da asciutta a superfluida valutata secondo UNI EN 12350/1 con i tre metodi delle UNI EN 12350/2,3,4 a seconda del livello di lavorabilità della miscela. Per i calcestruzzi auto-compattanti la consistenza verrà valutata con i metodi previsti nelle UNI EN 12350/9,10,11,12;
- condizioni di stagionatura utilizzate per specifiche verifiche;
- la preparazione, la forma, le dimensioni e la stagionatura dei provini di calcestruzzo secondo UNI EN 12390-1 e UNI EN 12390-2, ovvero altre per specifiche verifiche (es. con temperature analoghe a quelle previste in sito);
- resistenza caratteristica a compressione a 28 giorni (R_{ck}), secondo UNI EN 12390-3 e UNI EN 12390-4;
- curve di resistenza nel tempo (con misure a 2, 7, 14 e 28 giorni, salvo indicazioni differenti da parte della Direzione Lavori);
- caratteristiche dell'impianto di confezionamento e stato delle tarature;
- sistemi di trasporto, di posa in opera e maturazione dei getti.

NOTA Seguendo le indicazioni previste nell'appendice A dalla UNI EN 206/1 relativamente alle prove iniziali, la valutazione della classe di consistenza e della resistenza media a compressione a

28 giorni dovrà essere ripetuta su tre diversi impasti. Il valor medio dei tre prelievi (ciascuno di tre provini) dovrà soddisfare le seguenti relazioni:

- $R_{i\min} > R_{ck}$
- $R_{cm} > R_{ck} + k$

con k pari al doppio dello scarto atteso in produzione e, quindi, usualmente compreso tra 6 e 12 N/mm^2 (in assenza di previsioni sullo scarto di produzione, si assumerà il valore più alto pari a 12 N/mm^2).

I limiti di accettazione per le varie proprietà sono indicati nella tabella riportata al succitato § 14.9 “Allegato 9 CONTROLLI SULLE MISCELE DI CONGLOMERATO CEMENTIZIO.”

La relazione di prequalifica, per ogni classe di conglomerato cementizio che figura nella tabella di cui al citato Allegato 1, dovrà essere sottoposta all'esame della Direzione dei Lavori almeno 30 giorni prima dell'inizio dei relativi getti.

b) Prove di qualifica presso l'impianto

La Direzione Lavori autorizzerà l'inizio dei getti di conglomerato cementizio solo dopo aver esaminato ed approvato detta relazione di prequalifica e dopo aver effettuato in impianto di produzione, in contraddittorio con l'Impresa, tre impasti di prova del calcestruzzo per la verifica dei requisiti di cui alla nella tabella riportata nel succitato Allegato 9 al § 14.9 (prove di qualifica).

Anche l'attività di qualifica dovrà essere effettuata per mezzo di prove certificate da parte dei laboratori accreditati (rif. par. 6.4).

I laboratori, il numero dei campioni e le modalità di prova saranno quelli indicati dalla Direzione Lavori.

Salvo diversa richiesta della Direzione Lavori, le verifiche previste sulle materie prime nella fase di qualifica sono riportate nelle tabelle dei succitati Allegati da 1 (par. 14.1 a 14.8) , mentre quelle previste sui calcestruzzi sono riportate nella tabella di cui al già citato Allegato 9 (par14.9).

La verifica sarà completa su una miscela, mentre sulle altre due ripetizioni sarà limitata solo alla verifica delle proprietà principali di cui ai successivi punti 1, 2 e 3.

Le miscele verranno autorizzate solo se:

1. la classe di consistenza risulti conforme alla classe richiesta per almeno 60' (salvo richieste aggiuntive in relazione ai tempi di trasporto di cui al successivo par.7.2), con una tolleranza di $\pm 20\text{mm}$ tra un impasto e l'altro, di consistenza all'interno della classe
2. la resistenza a compressione media per ciascun tipo di conglomerato cementizio, misurata alle stesse stagionature delle prove di prequalifica sui provini prelevati dai tre impasti della prova di qualifica in impianto di confezionamento, non si discosti di $\pm 10\%$ dal valore indicato nella relazione di prequalifica
3. Il valore della massa volumica del calcestruzzo fresco non si discosti di più del $\pm 3\%$ da quello nominale impostato a seguito della prequalifica
4. Il rapporto acqua-cemento determinato secondo le modalità descritte al precedente par.13.1.4 non si discosti di più 0,03 da quello di prequalifica
5. I valori medi degli altri requisiti aggiuntivi di cui al successivo par. 13.3.11 eventualmente previsti rispettino i limiti di progetto.

I limiti di accettazione per le varie proprietà sono indicati nella tabella riportata nel succitato 14.9 "Allegato 9. "

In conformità al § 11.2.3 del D.M. 14/01/2008, si ribadisce che la responsabilità della qualità finale del calcestruzzo, che sarà controllata dalla Direzione Lavori secondo le procedure di cui al successivo par. 6.3.1 , resta comunque in capo all'Impresa.

NOTA Caratteristiche dei materiali e composizione degli impasti, definite in sede di prequalifica e verificate in sede di qualifica, non potranno essere modificati in corso d'opera salvo deroghe eccezionali convenute con la Direzione Lavori. Qualora, eccezionalmente, si prevedesse una variazione dei materiali, la procedura di qualifica dovrà essere ripetuta.

6.2.1.2 Calcestruzzo prodotto con processo industrializzato

Tale situazione è contemplata dal D.M. 14/01/2008 al § 11.2.8, dove si definisce come calcestruzzo prodotto con processo industrializzato il conglomerato realizzato mediante impianti, strutture e tecniche organizzate sia all'interno del cantiere che in uno stabilimento esterno al cantiere stesso.

Di conseguenza, in questa fattispecie rientrano, a loro volta, due tipologie di produzione del calcestruzzo, vale a dire:

- calcestruzzo prodotto in impianti industrializzati fissi esterni al cantiere (impianti di confezionamento o di prefabbricazione);
- calcestruzzo prodotto in impianti industrializzati installati nei cantieri (temporanei)

In questi casi, gli impianti devono essere idonei ad una produzione costante, disporre di apparecchiature adeguate per il confezionamento, nonché di personale esperto e di attrezzature idonee a provare, valutare e correggere la qualità del prodotto.

Al fine di contribuire a garantire quest'ultimo punto, gli impianti devono essere dotati di un sistema di controllo permanente della produzione allo scopo di assicurare che il prodotto abbia i requisiti previsti dal D.M. 14/01/2008 e che tali requisiti siano costantemente mantenuti fino alla posa in opera.

NOTA Tale sistema di controllo, chiamato “controllo della produzione in fabbrica” (FPC), deve essere riferito a ciascun impianto ed è sostanzialmente differente dall'ordinario sistema di gestione della qualità aziendale al quale, tuttavia, può essere affiancato.

Il sistema di controllo dovrà essere certificato da un organismo terzo indipendente di adeguata competenza e organizzazione, autorizzato dal Servizio Tecnico Centrale del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici e che operi in coerenza con la UNI EN 45012. Quale riferimento per tale certificazione devono essere prese le Linee Guida sul calcestruzzo preconfezionato, edite dal Servizio Tecnico Centrale del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici, allo scopo di ottenere un calcestruzzo di adeguate caratteristiche reologiche, chimiche e meccaniche.

Il sistema di controllo della produzione in fabbrica dovrà comprendere le prove di autocontrollo, effettuate a cura del produttore secondo quanto previsto dalle Linee Guida sul calcestruzzo preconfezionato. L'organismo di certificazione, nell'ambito dell'ispezione delle singole unità produttive, procederà a verificare anche i laboratori utilizzati per le prove di autocontrollo interno. In virtù di tale verifica e sorveglianza del controllo di produzione, le prove di autocontrollo della produzione sono sostitutive di quelle di prequalifica effettuate presso i laboratori di cui all'art. 59 del DPR n. 380/2001.

L'Impresa dovrà comunque consegnare alla Direzione Lavori, prima dell'inizio dei getti, copia del dossier di prequalifica (basato sulle prove di autocontrollo di produzione) della miscela o delle miscele di calcestruzzo che verranno impiegate e dell'attestato di certificazione del sistema di controllo di produzione in fabbrica; qualora le forniture provengano da impianti di confezionamento esterni al cantiere ed estranei all'Impresa, quest'ultima sarà tenuta a richiedere copia dei documenti di cui sopra al produttore di calcestruzzo.

La Direzione Lavori verificherà, quindi, che i documenti accompagnatori di ciascuna fornitura in cantiere riportino gli estremi della certificazione del sistema di controllo della produzione.

Salvo specifica deroga da parte della Direzione dei Lavori, è richiesta, in contraddittorio con l'impresa, la qualifica delle miscele presso l'impianto di confezionamento con prove già descritte in 6.2.1.1 b) certificate da parte dei laboratori accreditati (rif. par. 6.4).

Oltre alle prove di qualifica, saranno obbligatorie anche prove di prequalifica come in 6.2.1.1 a) certificate da laboratorio accreditato.

6.2.1.3 Qualifica dei calcestruzzi speciali

Relativamente a tutti i calcestruzzi speciali, di cui al § 2.2.1 , anche se prodotti in impianto dotato di certificazione del processo produttivo cui al precedente par. 6.2.1.2, dovranno essere sottoposti a prove di qualifica da parte di laboratori accreditati (rif. par. 6.4) verificando, oltre a quanto descritto al precedente par. 6.2.1.1 b), anche i seguenti requisiti aggiuntivi:

- a) Nel caso dei calcestruzzi a ritiro compensato - in fase di prequalifica - andrà anche verificata l'efficacia dell'agente espansivo in eventuale combinazione con un agente antiritiro ed alle temperature critiche ipotizzate nel periodo di getto secondo il metodo della UNI 8148 riportato al § 13.1.6. È noto, infatti, che con temperature calde (sopra i 30°C) l'efficacia dell'espansivo viene ridotta, a causa della rapida reazione dello stesso quando il calcestruzzo è ancora in fase plastica mentre, viceversa, con climi molto freddi il ritardo nell'indurimento non permette di sfruttare a pieno il contrasto delle armature. In questi casi, andranno quindi ottimizzati sia il dosaggio dell'agente espansivo sia quello degli additivi regolatore di presa, nonché l'eventuale prolungamento della stagionatura umida del calcestruzzo.

NOTA Si precisa che la UNI 8148 non prevede dei limiti di accettazione, che andranno altresì definiti in base alle specifiche esigenze di progetto. In funzione del sistema espansivo adottato (ad esempio, a base ossido di calcio o solfo alluminato tetra calcico) il dosaggio di prodotto e l'espansione a breve termine andranno verificate in modo da garantire un ritiro nullo a 90 giorni. In via puramente indicativa, possono essere considerati i seguenti limiti di riferimento: a 1 giorno $\geq 400 \mu\text{m/m}$; a 7 giorni $\geq 200 \mu\text{m/m}$; a 28 giorni $\geq 100 \mu\text{m/m}$; a 90 giorni $\geq 0 \mu\text{m/m}$.

- b) Nel caso dei calcestruzzi fibro-rinforzati questi dovranno rispondere a quanto riportato nella norma tecnica UNI 11039: "Calcestruzzo rinforzato con fibre d'acciaio; Parte I: Definizioni, classificazione e designazione" ed essere caratterizzati secondo UNI 11039 "Parte II: Metodo di prova per la determinazione della resistenza di prima fessurazione e degli indici di

duttilità", ovvero secondo UNI EN 14651, menzionate al par. 13.3.11.2. Nelle prove di prequalifica e qualifica, dovrà essere determinata la resistenza a trazione residua per lo stato limite di esercizio (f_{r1k}) e quella per lo stato limite ultimo (f_{r3k}) secondo le norme sopra specificate.

Nel caso in cui il calcestruzzo fibro-rinforzato abbia comportamento a trazione di tipo incrudente, i controlli allo stato indurito si limiteranno alla verifica della resistenza a flessione e trazione secondo UNI EN 12390/7, con rilievo del grafico sforzo-deformazione nella mezzeria.

NOTA Per le tipologie dei calcestruzzi fibro-rinforzati rientranti anche nella categoria di calcestruzzi a ritiro compensato, vale in aggiunta quanto riportato al precedente punto a)

- c) Per i calcestruzzi leggeri per uso strutturale e non relativamente ai requisiti relativi alle altre materie prime, alle classi di durabilità, i controlli di produzione ed in corso d'opera, vale quanto già definito ai capitoli precedenti per i calcestruzzi di peso normale. Tra i requisiti aggiuntivi da verificare (di cui al par. 13.3.11), particolare attenzione meritano quelli legati alla omogeneità e stabilità della miscela allo stato fresco ed alla deformabilità del materiale allo stato indurito (ritiro, deformazione viscosa e modulo elastico).
- d) I calcestruzzi proiettati di tipo strutturale permanente (qualsiasi sia la destinazione d'uso) dovranno essere sottoposti, con adeguato anticipo rispetto alla data prevista per l'inizio dei lavori, ad un procedimento di prequalifica e di qualifica, così come di seguito dettagliato.

Il progettista ed il Direttore dei Lavori potranno decidere se richiedere una prequalifica e/o una qualifica preliminari all'impiego di calcestruzzi proiettati, per impieghi di tipo non strutturale o strutturale temporaneo. La fase di qualifica dovrà consistere dalla realizzazione di un campo di prova con l'esecuzione di un simulacro del manufatto da realizzare, impiegando le stesse attrezzature e manodopera e operando in condizioni analoghe a quelle previste per l'applicazione reale.

In occasione della realizzazione del simulacro, verranno verificate l'attitudine della miscela che si intende impiegare ad essere applicata mediante proiezione, l'idoneità dell'attrezzatura che si intende impiegare e le modalità di proiezione; inoltre, verranno verificate le principali prestazioni del conglomerato proiettato misurate sia su pannelli di prova appositamente prodotti come descritto al § 5.4 della UNI EN 14488-1, sia sul simulacro realizzato.

I prelievi dovranno essere eseguiti con le modalità indicate ai § 5.6 e 5.7 della UNI EN 14488-1; in particolare, si procederà a misurare le seguenti grandezze:

- classe di consistenza del calcestruzzo proiettato di riferimento;
- massa volumica e aria inglobata nel del calcestruzzo proiettato di riferimento;
- dosaggio degli additivi impiegati per la proiezione;
- eventuale dosaggio di fibre;
- verifica dello sfido;
- resistenza meccanica del calcestruzzo giovane mediante i metodi A e B della UNI EN 14488-2 (se richiesto in progetto);
- resistenza meccanica a compressione (secondo UNI EN 12504-1 su carote estratte dal simulacro e dai pannelli di prova);
- massa volumica del calcestruzzo indurito (secondo UNI EN 12350-6 sulle carote estratte dal simulacro e dai pannelli di prova);
- resistenza a flessione di primo picco, ultima e residua secondo UNI EN 14488-3 (se richieste in progetto e applicabili);
- aderenza per trazione diretta secondo UNI EN 14488-4 (se richiesta in progetto e applicabile)
- capacità di assorbimento di energia secondo UNI EN 14488-5 (se richiesta in progetto e applicabile);
- spessore di calcestruzzo sul supporto secondo UNI EN 14488-6;
- contenuto di fibre secondo UNI EN 14488-5 (se applicabile)

I valori ottenuti dovranno essere confrontati con quelli specificati nel progetto, sulla base dei criteri di conformità riportati al § 7.5 della UNI EN 14487-1.

NOTA In particolare, in fase di qualifica si dovrà verificare l'entità della riduzione delle prestazioni meccaniche alle medie e lunghe stagionature del calcestruzzo con additivi acceleranti di presa e di indurimento rispetto ai valori attesi nella miscela di riferimento senza accelerante. proiezione. Anche dopo le riduzioni rispetto al conglomerato di riferimento, la resistenza a compressione a 28 giorni del conglomerato con additivo accelerante dovrà essere conforme alle specifiche di progetto.

NOTA La non conformità di un solo dei parametri sopra elencati comporterà l'esecuzione di una nuova qualifica, eseguita su una miscela adeguatamente modificata.

I risultati delle prove di resistenza meccanica sul calcestruzzo giovane e di massa volumica delle carote, inoltre, serviranno come riferimento per valutare i risultati delle stesse prove durante i controlli in corso d'opera.

NOTA L'accettazione di valori in deroga a quelli specificati è subordinata alla dichiarazione di adeguate garanzie di tipo prestazionale, che saranno quindi soggette a verifica da parte della Direzione Lavori.

NOTA La documentazione fornita non esime comunque il fornitore dall'obbligo di eseguire ulteriori prove ed a presentare la relativa documentazione, qualora DLL le ritenesse necessarie per le esigenze dell'appalto. L'impresa esecutrice, se diversa dal fornitore, resta comunque totalmente responsabile della qualità dell'opera eseguita, anche per quanto possa dipendere dalla effettiva qualità dei materiali stessi.

6.2.2 Qualifica delle malte e calcestruzzi da ripristino strutturale e protezione

Le malte da ripristino strutturale e protezione dovranno essere marcate CE secondo la serie di norme UNI EN 1504 - "Prodotti e sistemi per la protezione e la riparazione delle strutture di calcestruzzo - Definizioni, requisiti, controllo di qualità e valutazione della conformità"; in particolare si farà riferimento alle seguenti norme:

- UNI EN 1504-3: per Prodotti da riparazione strutturale e non;
- UNI EN 1504-2: per prodotti per la protezione superficiale;
- UNI EN 1504-5 per i prodotti da iniezione.

Nelle Tabelle A.10.1 e A.9.2 di cui all'ALLEGATO 10 § Errore. L'origine riferimento non è stata trovata. vengono segnalate le proprietà per le quali si ritiene raccomandabile una verifica in qualifica ed in accettazione della fornitura.

Essendo le malte premiscelate in questione prodotti dotati di marcatura CE obbligatoria, le prove di prequalifica e qualifica si intendono sostituite dalle prove del controllo del processo produttivo certificato da Ente terzo notificato.

Tuttavia, è facoltà della Direzione Lavori richiedere la verifica sia con prove di laboratorio che con prove applicative in opera, in contraddittorio con l'Impresa, alcune proprietà principali (ad esempio, l'adesione al calcestruzzo del substrato o la stabilità dimensionale della malta), sia in fase qualifica che in fase di controllo di accettazione.

Per i calcestruzzi da ripristino, oltre a valere le condizioni di cui ai precedenti paragrafi indicati per i calcestruzzi ordinari, le prove di prequalifica e di qualifica dovranno contenere la certificazione di proprietà specifiche, analoghe a quelle richieste nella marcatura CE di malte premiscelate di cui sopra, quali ad esempio l'adesione al substrato, l'espansione contrastata, la penetrazione dei cloruri e dell'anidride carbonica, nonché la resistenza al gelo in base alla classe di esposizione a cui sono destinati.

Nella Tabella A.10.3 di cui al succitato Allegato 10 vengono riportati i controlli aggiuntivi (rispetto a quelli già indicati nella tabella riportata nel già citato Allegato 8) richiesti per questa categoria di calcestruzzi in fase di qualifica.

Relativamente ai sistemi di protezione delle armature metalliche contro la corrosione, in forma di vernici resinose o boiacche cementizie additivate, da applicare sulla superficie delle barre esistenti e/o di quelle aggiunte i suddetti prodotti dovranno essere dotati di marcatura CE ai sensi della UNI EN 1504-7.

6.2.3 Qualifica degli acciai

L'acciaio deve essere qualificato all'origine, deve portare impresso, come prescritto dalle suddette norme, il marchio indelebile che lo renda costantemente riconoscibile e riconducibile inequivocabilmente allo stabilimento di produzione.

NOTA Si precisa che per tutte le forniture dichiarate non idonee (e conseguentemente rifiutate) dalla Direzione dei Lavori, l'Impresa dovrà provvedere a sua cura e spese all'allontanamento dal cantiere ed al rimpiazzo con nuove forniture.

6.2.3.1 Acciaio per c.a.

In cantiere è ammessa esclusivamente la fornitura e l'impiego di acciai saldabili B450C e B450A ad aderenza migliorata qualificati secondo le procedure indicate nel D.M. 14/01/2008 al § 11.3.1.6 e controllati con le modalità riportate nei §§ 11.3.2.10 e 11.3.2.11 del citato decreto.

Tutte le forniture di acciaio provenienti dai centri di trasformazione devono essere accompagnate da copia dell'“Attestato di Qualificazione”, rilasciato dal Consiglio Superiore dei LL.PP. - Servizio Tecnico Centrale.

I centri di trasformazione sono impianti esterni alla fabbrica ed al cantiere, fissi o mobili, che ricevono dal produttore di acciaio elementi base (barre o rotoli, reti, lamiere o profilati, profilati cavi, ecc.) e confezionano elementi strutturali direttamente impiegabili in cantiere (staffe, ferri piegati, gabbie, ecc.), pronti per la messa in opera o per successive ulteriori lavorazioni. Tali centri devono possedere i requisiti ed operare in conformità alle disposizioni dei §§ 11.3.1.7 e 11.3.2.10.3 del D.M. 14/01/2008.

Per i prodotti provenienti dai centri di trasformazione, è necessaria la documentazione atta ad assicurare che le lavorazioni effettuate non hanno alterato le caratteristiche meccaniche e geometriche dei prodotti previste dal D.M. 14/01/2008.

Inoltre, dovrà essere fornita alla Direzione dei Lavori la seguente documentazione aggiuntiva:

- certificato di collaudo tipo 3.1 in conformità alla norma UNI EN 10204;
- certificato Sistema Gestione Qualità UNI EN ISO 9001;
- certificato Sistema Gestione Ambientale UNI EN ISO 14001;
- dichiarazione di conformità al controllo radiometrico (che può anche essere inserita nel certificato di collaudo tipo 3.1);
- polizza assicurativa per danni derivanti dal prodotto.

NOTA Le forniture effettuate da un commerciante o da un trasformatore intermedio dovranno essere accompagnate da copia dei documenti rilasciati dal produttore e completati con il riferimento al documento di trasporto del commerciante o trasformatore intermedio. In quest'ultimo caso, per gli elementi presaldati, presagomati o preassemblati, in aggiunta agli

“Attestati di Qualificazione”, dovranno essere consegnati i certificati delle prove fatte eseguire dal Direttore Tecnico del centro di trasformazione. Tutti i prodotti forniti in cantiere dopo l'intervento di un trasformatore intermedio devono essere dotati di una specifica marcatura, che identifichi in modo inequivocabile il centro di trasformazione stesso, in aggiunta alla marcatura del prodotto di origine.

Per le barre in acciaio zincato o inossidabile per c.a., relativamente all'accettazione delle forniture, si procederà come per gli acciai ordinari.

Per le barre in acciaio zincato il produttore, oltre alla documentazione sopra richiesta, per ogni fornitura, dovrà presentare la certificazione attestante che la zincatura è stata realizzata secondo le specifiche che precedono. La Direzione Lavori si riserva di effettuare controlli presso lo stabilimento dove viene effettuato il trattamento di zincatura.

La Direzione dei Lavori, prima della messa in opera, provvederà a verificare quanto sopra indicato; in particolare, controllerà la rispondenza tra la marcatura riportata sull'acciaio con quella riportata sui certificati consegnati. La mancata marcatura, la non corrispondenza a quanto depositato o la sua illeggibilità, anche parziale, rendono il prodotto non impiegabile e pertanto le forniture saranno rifiutate.

6.2.3.2 Acciaio per c.a.p.

È ammesso esclusivamente l'impiego di acciai per c.a.p. qualificati secondo le procedure di cui al § 11.3.1.2 del D.M. 14/01/2008 e controllati (in stabilimento, nei centri di trasformazione e in cantiere) con le modalità riportate nel § 11.3.3.5 del succitato D.M.

Tutte le forniture di fili, barre e trefoli dovranno essere accompagnate da copia in corso di validità dell'“Attestato di Qualificazione” rilasciato dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici - Servizio Tecnico Centrale e dovranno essere munite di un sigillo sulle legature con il marchio del produttore.

6.3 Controlli in corso d'opera

6.3.1 Controlli in corso d'opera sui conglomerati cementizi

6.3.1.1 Controlli di accettazione sui conglomerati cementizi

La Direzione dei Lavori eseguirà i controlli di accettazione, secondo le modalità e la frequenza indicate ai §§ 11.2.2, 11.2.4 e 11.2.5 del D.M. 14/01/2008, su miscele omogenee di conglomerato come definite al § 11.2.1 del citato Decreto.

Il prelievo di calcestruzzo dovrà essere sempre eseguito alla presenza di un incaricato della Direzione dei Lavori il quale, prima di accettare la fornitura e di procedere con i prelievi, dovrà:

- verificare, dal documento di consegna, l'ora di carico e di prevista consegna del calcestruzzo ed accertarsi che l'organizzazione data allo scarico ed alla messa in opera consenta il rispetto dei tempi indicati al successivo par. 7.2
- verificare che gli elementi contenuti nel documento di consegna di cui al successivo par.7.2 siano conformi alle prescrizioni richieste e respingere il carico in caso di loro mancata corrispondenza;
- controllare che il tipo ed il diametro massimo dell'aggregato corrispondano a quanto richiesto e, in caso di difformità, respingere il carico;
- controllare che la consistenza del calcestruzzo consegnato sia corrispondente a quanto richiesto e specificato sul documento di consegna, ovvero respingere il carico ove essa risultasse di classe diversa.

Il prelievo del conglomerato per i controlli di accettazione si deve eseguire all'uscita della betoniera (non prima di aver scaricato almeno 0.3 m^3 di conglomerato e possibilmente a metà del carico), conducendo tutte le operazioni in conformità con le prescrizioni indicate nel D.M. 14/01/2008 e nella norma UNI-EN 206.

Il numero e la tipologia dei controlli di accettazione relativi alla classe di resistenza sarà conforme alle due tipologie previste al § 11.2.5 del D.M. 14/01/2008, vale a dire:

- Tipo A (impiegato soltanto quando siano previsti quantitativi di miscela omogenea inferiori ai 1500 m^3);
- Tipo B .

In particolare, i campioni di calcestruzzo devono essere preparati con casseforme rispondenti alla norma UNI EN 12390-1, confezionati e stagionati secondo le indicazioni riportate nella norma UNI EN 12390-2 e provati presso un laboratorio Ufficiale (autorizzato dal Min. dei LL.PP: per prove secondo legge 106 secondo L. 1086/'71 - DPR 380/'01 - circ. 7617/STC '10), secondo la UNI EN 12390-3. Le casseforme devono essere realizzate con materiali rigidi; al fine di prevenire deformazioni durante le operazioni di preparazione dei provini, devono essere a tenuta stagna e non assorbenti. La geometria delle casseforme deve essere cubica, di lato pari a 150 mm, ovvero cilindrica con diametro pari a 150 mm ed altezza pari a 300 mm.

Sulla superficie dei provini sarà applicata (annegandola nel calcestruzzo) un'etichetta di plastica/cartoncino rigido, sulla quale verrà riportata l'identificazione del campione con inchiostro indelebile; l'etichetta sarà siglata dalla Direzione Lavori al momento del confezionamento dei provini.

Inoltre, la superficie dei provini dovrà essere protetta con apposito coperchio o pellicola plastica, per evitare l'evaporazione dell'acqua fino al momento dello scassero e del trasferimento in ambiente con UR > 95%.

L'esecuzione del campionamento deve essere accompagnata dalla stesura di un verbale di prelievo, che riporti le seguenti indicazioni:

1. Identificazione del campione:

- tipo di calcestruzzo e relative classi di consistenza, durabilità, resistenza, cloruri e Dmax;
- numero di provini effettuati;
- codice del prelievo;
- metodo di compattazione adottato;
- numero del documento di trasporto;
- ubicazione del getto per il puntuale riferimento del calcestruzzo messo in opera (ad esempio: muro di sostegno, solaio di copertura, soletta di ponte, ecc.)

2. Identificazione del cantiere e dell'Impresa appaltatrice

3. Data e ora di confezionamento dei provini

4. Firma della Direzione Lavori

Al termine del prelievo, si procederà alla conservazione dei provini verranno in adeguate strutture predisposte dall'Impresa; gli stessi saranno appoggiati al di sopra di una superficie orizzontale piana in posizione non soggetta ad urti e vibrazioni.

Il calcestruzzo campionato deve essere lasciato all'interno delle casseforme per almeno 16 ore (in ogni caso non oltre i 3 giorni). Trascorso questo termine, i provini dovranno essere consegnati presso il Laboratorio Ufficiale incaricato di effettuare le prove di schiacciamento, ove si provvederà alla loro conservazione, una volta rimossi dalle casseforme, in acqua alla temperatura costante di 20 ± 2 °C, oppure in ambiente termostato posto alla temperatura di 20 ± 2 °C ed umidità relativa superiore al 95%.

Nel caso in cui i provini vengano conservati immersi nell'acqua, il contenitore deve avere dei ripiani realizzati con griglie (è consentito l'impiego di reti elettrosaldate), per fare in modo che tutte le superfici siano a contatto con l'acqua.

Le medesime condizioni dovranno essere garantite dall'impresa nel caso i provini vengano scasserati secondo i tempi sopramenzionati e non inviati immediatamente al laboratorio di prova.

NOTA L'Impresa sarà responsabile delle operazioni di corretta conservazione dei provini campionati e della loro custodia in cantiere prima dell'invio al Laboratorio, nonché del trasporto e della consegna dei provini di calcestruzzo presso detto Laboratorio, unitamente ad una domanda ufficiale di richiesta prove sottoscritta dalla Direzione Lavori, la quale allegherà a tale richiesta, copia del verbale di prelievo.

I certificati emessi dal Laboratorio Ufficiale dovranno contenere tutte le informazioni richieste al § 11.2.5.3 del D.M. 14/01/2008.

I limiti di accettazione e la frequenza di verifica delle varie proprietà sono riportati nella tabella di cui al già citato Allegato 9 (par. 14.9).

Qualora la Direzione dei Lavori abbia necessita di prove complementari (per esigenze legate alla logistica di cantiere, alla rapida messa in servizio di una struttura o di porzioni di essa o alla messa in tensione dei cavi di precompressione) potrà prescrivere l'ottenimento di un determinato valore della resistenza caratteristica in tempi inferiori ai canonici 28 giorni o a temperature di

maturazione diverse dai 20 °C. In questi casi, oltre al numero di provini previsti per ciascun controllo di accettazione, sarà confezionata un'ulteriore coppia di provini con le medesime modalità, fatta eccezione per le regole di conservazione dei campioni: questi, infatti, saranno maturati in adiacenza alla struttura o all'elemento strutturale per il quale è stato richiesto un valore della resistenza caratteristica a tempi e/o temperature diversi da quelli standard.

NOTA Si specifica che tali prove complementari non potranno, in alcun caso, sostituire i “controlli di accettazione” sopra definiti.-

6.3.1.2 *Controllo della resistenza del calcestruzzo messo in opera*

Nel caso in cui uno o più controlli di accettazione non dovessero risultare soddisfatti, oppure sorgano dubbi sulla qualità e rispondenza ai valori di resistenza prescritti del calcestruzzo già messo in opera, la Direzione Lavori procederà al controllo della resistenza del calcestruzzo messo in opera attraverso una serie di prove sia distruttive che non distruttive.

NOTA Tali prove, in ogni caso, non devono intendersi sostitutive dei controlli di accettazione (§ 11.2.6 del D.M. 14/01/2008).

Il valor medio (e quello caratteristico) della resistenza del calcestruzzo in opera (definita come resistenza strutturale) è, in genere, inferiore al valor medio (ed a quello caratteristico) della resistenza dei prelievi in fase di getto maturati in laboratorio (definita come resistenza potenziale).

È accettabile un valore caratteristico della resistenza strutturale ($R_{ck, \text{STRUTT}}$), misurata con le tecniche distruttive e/o non distruttive ritenute più opportune da parte della D.L. e debitamente trasformata in resistenza cilindrica o cubica, non inferiore all'85% del valore caratteristico definito in fase di progetto secondo il D.M. 14/01/2008.

Per la modalità di determinazione della resistenza strutturale si farà riferimento alle norme UNI EN 12504-1:2002, UNI EN 12504-2:2001, UNI EN 12504-3:2005, UNI EN 12504-4:2005, nonché alle Linee Guida per la messa in opera del calcestruzzo strutturale e per la valutazione delle caratteristiche meccaniche del calcestruzzo indurito mediante prove non distruttive pubblicate dal Servizio Tecnico Centrale del Consiglio Superiore dei LL.PP e al § C11.2.6 della Circolare esplicativa alle norme tecniche per le costruzioni.

I limiti di accettazione e la frequenza di verifica delle varie proprietà sono sintetizzati nella tabella riportata nell'Allegato 9 già precedentemente citato (par. 14.9).

Le aree di prova, da cui devono essere estratti i campioni o sulle quali saranno eseguite le prove non distruttive, devono essere scelte in modo da permettere la valutazione della resistenza meccanica della struttura o di una sua parte interessata all'indagine.

Le aree ed i punti di prova debbono essere preventivamente identificati e selezionati in relazione agli obiettivi; pertanto, si farà riferimento al giornale dei lavori ed eventualmente al registro di contabilità, per identificare correttamente le strutture o porzioni di esse interessate dalle non conformità.

La dimensione e la localizzazione dei punti di prova dipendono dal metodo prescelto, mentre il numero di prove da effettuare dipende dall'affidabilità desiderata nei risultati.

In assenza di altre indicazioni specifiche, per il numero minimo di prove, si potrà far riferimento alla Tabella C8A.1.3a - C8A.1.3b della Appendice C8A delle Circolari esplicative alle norme tecniche delle costruzioni ed alla possibilità, prevista dalla stessa, di sostituire parte delle prove distruttive con metodi non distruttivi opportunamente tarati, come sintetizzato nella tabella di cui all'Allegato 9 già precedentemente citato (par. 14.9).

La definizione e la divisione in regioni di prova, di una struttura, presuppongono che i prelievi o i risultati di una regione appartengano statisticamente e qualitativamente ad una medesima popolazione di calcestruzzo.

Nel caso in cui si voglia valutare la capacità portante di una struttura, le regioni di prova devono essere concentrate nelle zone più sollecitate, mentre nel caso in cui si voglia valutare il tipo o l'entità di un danno, le regioni di prova devono essere concentrate nelle zone dove si è verificato il danno o si suppone sia avvenuto.

Le aree e le superfici di prova vanno predisposte in relazione al tipo di prova che s'intende eseguire, facendo riferimento al fine cui le prove sono destinate, alle specifiche norme di cui sopra, contestualmente alle indicazioni del produttore dello strumento di prova.

In linea di massima e salvo quanto sopra indicato, le aree di prova devono essere prive sia di evidenti difetti (vespai, vuoti, occlusioni, ecc.) che possano inficiare il risultato e la significatività delle prove stesse, sia di materiali estranei al calcestruzzo (intonaci, collanti, impregnanti, ecc.), sia di polvere ed impurità in genere.

L'eventuale presenza di materiale estraneo e/o di anomalie sulla superficie non rimovibili deve essere registrata sul verbale di prelievo e/o di prova.

L'assenza di armatura in corrispondenza dei punti di prova di cui al precedente dovrà essere verificata mediante preliminare indagine pacometrica (riferimento norma BS 1881).


In relazione alla finalità dell'indagine, i punti di prelievo o di prova devono essere localizzati in modo puntuale, qualora si voglia valutare le proprietà di un elemento oggetto d'indagine, o casuale, per valutare una partita di calcestruzzo indipendentemente dalla posizione.

6.3.1.3 Controlli aggiuntivi sui calcestruzzi speciali

Oltre ai controlli generali uguali per tipo e frequenza a quelli previsti per i calcestruzzi ordinari D.M. 14/01/2008, sui calcestruzzi speciali andranno previsti anche i seguenti controlli aggiuntivi:

- a) Nel caso dei calcestruzzi a ritiro compensato le misure dell'espansione andranno eseguite con il metodo B della UNI 8148, come già riportato ai paragrafi 6.2.1.3 e 13.1.6
- b) I calcestruzzi fibro-rinforzati dovranno essere sottoposti a prove di accettazione in cantiere, secondo quanto previsto nella Tabella 8.1 delle Istruzioni CNR DT 204/2006, che viene di seguito riportata come Tabella 10 del presente Capitolato.

Tabella 10: Prove durante la produzione di calcestruzzi fibrorinforzati (secondo DT 204/2006)

| Oggetto | Proprietà | Metodo | Frequenza |
|--------------|--|--|--|
| FRC fresco | Corretta miscelazione e distribuzione omogenea fibre | UNI EN 206 | Ogni giorno di getto miscela omogenea |
| FRC fresco | Contenuto delle fibre | Peso dopo separazione fibre-matrice UNI EN 14721 (*) | Ogni 50 m ³ di getto di miscela omogenea o almeno controlli al giorno |
| FRC indurito | Resistenza di prima fessurazione | Appendice A DT 104  UNI 11039 o UNI EN 12390/7 a 4 punti per FRC incrudente | Appendice B DT 104 |
| FRC indurito | Resistenze equivalenti | Appendice A DT 104 | Appendice B DT 104 |

(*) Procedura valida solo per fibre metalliche. Per altro tipo di fibre occorre mettere a punto procedura specifica.

La revisione delle NTC (la cui bozza è ancora all'esame del Cons. Sup. dei LL.PP.) dovrebbe prevedere, al nuovo par. 11.2.12, la possibilità di utilizzare i cls fibro-rinforzati con le riduzioni o in assenza di armatura longitudinale e trasversale convenzionale (solo nel caso di FRC a comportamento incrudente) secondo i metodi di calcolo previsti nel DT 204, non solo per interventi di ripristino (cap.12) ma anche per le nuove costruzioni.

- c) Durante l'applicazione dei calcestruzzi proiettati, si procederà ad un controllo sistematico dei parametri riportati nei prospetti 10, 11 e 12 della UNI EN 14487-1, nel rispetto della categoria di ispezione prescritta in progetto. La Direzione Lavori potrà richiedere prove aggiuntive, o frequenze maggiori di controllo rispetto a quelle previste nei suddetti prospetti, in qualsiasi caso ne ravveda la necessità, ovvero in seguito al verificarsi di non conformità. Inoltre, nei controlli in corso di esecuzione, la resistenza a compressione ottenuta dovrà risultare non inferiore al 75% di quella misurata sulle carote ricavate dalla piastra confezionata con il calcestruzzo proiettato di riferimento (non inferiore al 90% per acceleranti di presa non alcalini).

6.3.2 Controlli sulle malte e calcestruzzi da ripristino strutturale e protezione

Per il controllo di qualità delle malte e calcestruzzi da ripristino strutturale e protezione si farà riferimento a quanto previsto in generale dalla UNI EN 1504-10 "Applicazione in opera di prodotti e sistemi e controllo di qualità dei lavori"; in particolare, per l'applicazione si farà riferimento ai seguenti punti della norma UNI EN 1504-10:

- § 7.2 per la preparazione del substrato in calcestruzzo;
- § 7.3 per la preparazione dell'armatura;
- §§ da 8.2.1 a 8.2.4 per l'applicazione a mano, a spruzzo o per colaggio;
- § 8.2.5 per la stagionatura in accordo con UNI EN 13670-1;

- § 8.2.7 per l'applicazione di eventuali trattamenti superficiali di prodotti conformi a UNI EN 1504-3.

Per le specifiche di controllo qualità verranno considerate le indicazioni riportate al prospetto 4 della UNI EN 1504-10 sintetizzate nelle già citate Tabelle A.10.4 e A.10.5 dell'Allegato 10 par. Errore. L'origine riferimento non è stata trovata., relativamente ai soli metodi di rivestimento superficiale, ripristino strutturale e non con malte e calcestruzzo, iniezioni delle fessure.

Per le malte da ripristino strutturale, il controllo della resistenza meccanica in cantiere verrà eseguito secondo gli stessi criteri previsti dal D.M. 14/01/2008 per i calcestruzzi ordinari.

Per i calcestruzzi da ripristino rientranti anche nella categoria di calcestruzzi a ritiro compensato e/o fibro-rinforzato, vale in aggiunta quanto riportato nel precedente par. 6.2.1.3.

6.3.3 Controlli sugli acciai

La Direzione dei Lavori disporrà all'Impresa di eseguire, a proprie spese e sotto il controllo diretto della stessa D.L., i controlli di accettazione sull'acciaio consegnato in cantiere in conformità con le indicazioni contenute:

- per l'acciaio per c.a.: nel § 11.3.2.10.4 del D.M. 14/01/2008;
- per l'acciaio per c.a.p.: nel § 11.3.3.5 del D.M. 14/01/2008.

Il campionamento ed il controllo di accettazione dovrà essere effettuato entro 30 giorni dalla data di consegna del materiale. All'interno di ciascun lotto (formato da massimo 30 t) consegnato e per tre differenti diametri delle barre in essa contenuta, si dovrà procedere al campionamento di tre spezzoni di acciaio, 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 agli altri lotti presenti in cantiere e provenienti da altri stabilimenti.

Non saranno accettati fasci di acciaio contenenti barre di differente marcatura.

Qualora la fornitura di elementi sagomati o assemblati provenga da un Centro di trasformazione, la Direzione dei Lavori, dopo essersi accertata preliminarmente che il suddetto Centro di trasformazione sia in possesso di tutti i requisiti previsti al § 11.3.1.7 del D.M. 14/01/2008, potrà usufruire del medesimo Centro di trasformazione per effettuare in stabilimento tutti i controlli di cui sopra. In tal caso, le modalità di controllo sono definite:

- per l'acciaio per c.a.: al § 11.3.2.10.4 del D.M. 14/01/2008;
- per l'acciaio per c.a.p.: al § 11.3.3.5.3 del D.M. 14/01/2008.

Resta nella discrezionalità della Direzione dei Lavori effettuare tutti gli eventuali ulteriori controlli ritenuti opportuni (quali, ad esempio indice di aderenza e saldabilità).

Nel caso di forniture giudicate non conformi dalla Direzione Lavori, queste saranno immediatamente allontanate dal cantiere a cura e spese dell'Impresa, alla quale sarà altresì imputato l'onere delle nuove forniture.

NOTA Prima di procedere alla messa in opera dei sistemi di precompressione a cavi post-tesi, l'Impresa dovrà presentare alla Direzione Lavori l'attestazione di deposito presso il Consiglio Superiore dei LL.PP. - Servizio Tecnico Centrale della documentazione prescritta al § 11.5 del D.M. 14/01/2008.

Per i controlli delle barre in acciaio zincato o inossidabile per c.a., in cantiere o nel luogo di lavorazione, nonché per le modalità di prelievo dei campioni da sottoporre a prova si procederà come per gli acciai ordinari.

In particolare, per le barre in acciaio zincato le verifiche saranno condotte per unità di collaudo costituite da partite del peso max di 25 t. Oltre alle prove previste al precedentemente, dovranno essere effettuate anche le prove di seguito descritte, per verificare la rispondenza del trattamento di zincatura alle prescrizioni del successivo par. 13.5. In primo luogo, la Direzione Lavori procederà in contraddittorio con l'Impresa ad una accurata ispezione visiva della partita per accertare lo stato della zincatura. In presenza di zone scoperte o di altre irregolarità superficiali, le forniture saranno rifiutate e l'Impresa dovrà allontanarle dal cantiere a sua cura e spese. Dovrà essere verificato il peso dello strato di zincatura, mediante differenza di massa tra il campione zincato e lo stesso dopo la dissoluzione dello strato di zincatura (metodo secondo *Aupperle*), secondo la Norma UNI EN ISO 1461:1999.

Da ciascuna partita saranno prelevati 9 campioni casuali: sarà determinato il peso medio del rivestimento di zinco su tre dei campioni prelevati; se risulterà uguale o superiore a $610 \text{ g/m}^2 + 10\%$, la partita sarà accettata. In caso contrario, la prova sarà estesa agli altri 6 campioni: se,

anche per questi ultimi, il peso medio del rivestimento risulterà inferiore a 610 g/m^2 -10%, la partita sarà rifiutata e dovrà essere allontanata dal cantiere a cura e spese dell'Impresa.

La verifica della uniformità dello strato di zincatura sarà effettuata mediante un minimo di 5 immersioni, ciascuna della durata di un minuto, dei campioni in una soluzione di solfato di rame e acqua distillata (metodo secondo *Preece*) secondo la Norma UNI EN ISO 1460:1997. Da ciascuna partita saranno prelevati 9 campioni casuali: saranno sottoposti a prova 3 campioni. Se, dopo 5 immersioni ed il successivo lavaggio, non si avrà nell'acciaio alcun deposito di rame aderente metallico e brillante, la partita sarà accettata. In caso contrario, la prova sarà estesa agli altri 6 campioni:

- se presenterà depositi di rame uno solo dei campioni prelevati, la partita sarà accettata;
- se il numero dei campioni che presentano depositi di rame sarà più di 1, ma comunque non superiore a 3 dei 9 prelevati, la partita sarà accettata, ma verrà applicata una penale al lotto che non possieda i requisiti richiesti; se il numero dei campioni che presentano depositi di rame sarà superiore a 3, la partita sarà rifiutata e dovrà essere allontanata dal cantiere a cura e spese dell'Impresa.

Tutte le prove e le verifiche dovranno essere effettuate a cura dell'Impresa sotto il controllo della Direzione Lavori, presso i laboratori accreditati indicati dalla medesima con oneri della certificazione a carico ANAS.

6.4 Laboratori accreditati e autorizzati

Le prove di qualifica eseguite in integrazione alla Marcatura CE, nonché le prove di collaudo o verifica eseguite sui materiali o sui singoli componenti dei sistemi di protezione acustica, dovranno essere effettuate da laboratori accreditati secondo la Norma ISO 17025 da Ente ACCREDIA, da Enti equivalenti europei affiliati all'associazione degli organismi di accreditamento europei EA (<http://www.european-accreditation.org>), ovvero dai Laboratori Ufficiali di cui all'art.59 del D.P.R. n.380/2001 (autorizzati dal Min. dei LL.PP: per prove secondo legge 106 secondo L. 1086/71 - DPR 380/01 - circ. 7617/STC '10).

NOTA : le prove di accettazione principali, complementari o integrative di cui al paragrafo 6.3.1 possono essere eseguite per legge solo dai laboratori Ufficiali di cui all'art.59 del D.P.R. n.380/2001.

7 MODALITÀ DI ESECUZIONE

Per quanto non esplicitamente indicato nella presente sezione e in progetto, in ottemperanza al § 4.1.7 del D.M. 14/01/2008, si farà riferimento alla norma UNI EN 13670-1 “Esecuzione di strutture in calcestruzzo: requisiti comuni” ed alle “Linee Guida per la messa in opera del calcestruzzo strutturale e per la valutazione delle caratteristiche meccaniche del calcestruzzo” pubblicate dal Servizio Tecnico Centrale del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici (febbraio 2008).

L’Impresa esecutrice è tenuta a presentare, nei modi e nei tempi previsti dal Contratto, un programma dei getti che saranno eseguiti nella settimana lavorativa successiva, con indicazione di:

- data e ora di esecuzione del getto;
- ubicazione del getto (opera e parte d’opera);
- classe di resistenza del conglomerato cementizio, in accordo a quanto previsto dal progetto;
- metri cubi di calcestruzzo previsti;
- impianto di betonaggio di provenienza

Ogni variazione al programma deve essere comunicata (salvo casi dovuti a motivi di sicurezza), in forma scritta, con un preavviso minimo di 1 giorno.

Inoltre, l’Impresa esecutrice deve verificare l’esistenza della documentazione di qualifica, con particolare riferimento alla rispondenza della miscela prevista per il getto alle condizioni di aggressività dell’ambiente, nonché deve prevedere l’elaborazione di una specifica di stagionatura delle opere/parti d’opera da realizzare.

7.1 Confezionamento dei conglomerati cementizi

Il confezionamento dei conglomerati cementizi prodotti con processo non industrializzato dovrà essere eseguita con gli impianti preventivamente sottoposti all’esame della Direzione Lavori,

conformi alle Linee Guida sul calcestruzzo preconfezionato, edite dal Servizio Tecnico Centrale del Consiglio Superiore dei LL.PP., secondo le procedure di prequalifica e qualifica già descritte nei precedenti par. 6.2.1

Qualora il calcestruzzo sia prodotto con processo industrializzato, non occorrerà alcun esame preventivo dell'impianto da parte della Direzione Lavori, la quale, come già precisato al par. 6.2.1.2 si limiterà ad acquisire la documentazione di prequalifica.

NOTA Ove opportuno, la Direzione dei Lavori potrà comunque richiedere, in contraddittorio con l'Impresa, una qualifica della miscela o delle miscele in impianto di preconfezionamento, con prove certificate da parte dei laboratori accreditati o autorizzati di cui al par. 6.4 .

7.2 Trasporto dei conglomerati cementizi

Il trasporto dei conglomerati cementizi dall'impianto di betonaggio al luogo di impiego dovrà essere effettuato con mezzi idonei, al fine di evitare la possibilità di segregazione dei singoli componenti e, comunque, tali da evitare ogni possibilità di deterioramento del calcestruzzo medesimo.

Per quanto non specificato nel seguito, si farà riferimento alle Linee Guida sul calcestruzzo preconfezionato, del Servizio Tecnico Centrale del Consiglio Superiore dei LL.PP.

Saranno accettate, in funzione della durata e della distanza di trasporto, le autobetoniere e le benne a scarico di fondo ed, eccezionalmente, i nastri trasportatori.

NOTA Ciascuna fornitura di calcestruzzo dovrà essere accompagnata da un documento di trasporto (bolla) conforme alle specifiche del § 7.3 della UNI EN 206, sul quale dovranno essere riportati almeno

- data e ora di produzione;
- data e ora di arrivo in cantiere, di inizio scarico e di fine scarico;
- classe o classi di esposizione ambientale;
- classe di resistenza caratteristica del conglomerato;
- tipo, classe e dosaggio di cemento;

- dimensione massima nominale dell'aggregato;
- classe di consistenza o valore numerico di riferimento;
- classe di contenuto in cloruri;
- quantità di conglomerato trasportata;
- la struttura o l'elemento strutturale cui il carico è destinato. L'

Impresa dovrà esibire detta documentazione alla Direzione dei Lavori

Non saranno ammessi gli autocarri a cassone o gli scivoli.

È facoltà della Direzione Lavori rifiutare carichi di conglomerato cementizio non rispondenti ai requisiti prescritti.

Il tempo massimo consentito dalla produzione dell'impasto in impianto al momento del getto non dovrà superare i 90 minuti e sarà onere del produttore riportare nel documento di trasporto l'orario effettivo di fine carico della betoniera in impianto. Si potrà operare in deroga a questa prescrizione in casi eccezionali, quando i tempi di trasporto del calcestruzzo dall'impianto al cantiere dovessero risultare superiori ai 75 minuti. In questa evenienza, si potrà utilizzare il conglomerato fino a 120 minuti dalla miscelazione, purché esso possieda i requisiti di lavorabilità e resistenza iniziale prescritti.

7.3 Posa in opera dei conglomerati cementizi

7.3.1 Operazioni preliminari

Le operazioni di getto potranno essere avviate solo dopo la verifica degli scavi, delle casseforme e delle armature metalliche da parte della Direzione Lavori.

Al momento della messa in opera del conglomerato, è obbligatoria la presenza di almeno un membro dell'ufficio della Direzione dei Lavori incaricato a norma di legge, oltre che di un responsabile tecnico dell'Impresa.

Prima di procedere alla messa in opera del calcestruzzo, sarà necessario adottare tutti quegli accorgimenti atti ad evitare qualsiasi sottrazione di acqua dall'impasto.

Nel caso di getti contro terra, roccia, ecc., occorre controllare che la pulizia del sottofondo, il posizionamento di eventuali drenaggi, la stesura di materiale isolante o di collegamento siano eseguiti in conformità alle disposizioni di progetto e delle presenti Norme.

I distanziatori utilizzati per garantire i copriferri ed eventualmente le reciproche distanze tra le barre di armatura, dovranno essere in plastica o a base di malta cementizia di forma e geometria tali da minimizzare la superficie di contatto con il cassero.

7.3.2 Getto del calcestruzzo

I getti dovranno risultare perfettamente conformi ai particolari costruttivi di progetto ed alle prescrizioni della Direzione Lavori.

Lo scarico del calcestruzzo dal mezzo di trasporto nelle casseforme si effettua applicando tutti gli accorgimenti atti ad 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.

L'altezza di caduta libera del calcestruzzo fresco, indipendentemente dal sistema di movimentazione e getto, non deve eccedere i 50-80 centimetri; si utilizzerà un tubo di getto che si accosti al punto di posa o, meglio ancora, che si inserisca nello strato fresco già posato e consenta al calcestruzzo di rifluire all'interno di quello già steso.

L'uso delle pompe sarà consentito a condizione che l'Impresa adotti, a sua cura e spese, provvedimenti idonei a mantenere il valore prestabilito del rapporto acqua/cemento del conglomerato cementizio alla bocca di uscita della pompa.

Nel caso di getti verticali ed impiego di pompa, qualora le condizioni operative lo permettano e soprattutto con i calcestruzzi autocompattanti, 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.

E' anche raccomandabile che lo spessore degli starti orizzontali di getto, misurato dopo vibrazione non sia maggiore di 30 cm.

Per la compattazione del getto verranno adoperati vibratori a parete o ad immersione. Nel caso si adoperi il sistema di vibrazione ad immersione, l'ago vibrante deve essere introdotto verticalmente per l'intero spessore del getto fresco, per 5-10 cm in quello sottostante se ancora lavorabile e spostato, da punto a punto nel calcestruzzo, ogni 50 cm circa; la durata della vibrazione verrà protratta nel tempo in funzione della classe di consistenza del calcestruzzo, come dettagliato nella seguente Tabella.

Tabella 11: Relazione tra classe di consistenza e tempo di vibrazione del conglomerato.

| Classe di consistenza | Tempo minimo di immersione dell'ago nel calcestruzzo (s) |
|-----------------------|--|
| S1 | 25 - 30 |
| S2 | 20 - 25 |
| S3 | 15 - 20 |
| S4 | 10 - 15 |
| S5 | 5 - 10 |
| F6 | 0 - 5 |
| SCC | <i>Non necessita compattazione (salvo indicazioni specifiche della D.L.)</i> |

Nel caso di un calcestruzzo autocompattante senza vibrazione, è possibile raggiungere una distanza di scorrimento orizzontale di circa 10 metri; tale distanza, comunque, dipende anche dalla densità delle armature.

Il conglomerato cementizio sarà posto in opera ed assestato con ogni cura, in modo che le superfici esterne si presentino lisce e compatte, omogenee e perfettamente regolari ed esenti anche da macchie o chiazze.

Dal giornale lavori del cantiere dovrà risultare la data di inizio e di fine dei getti e del disarmo.

Se il getto dovesse essere effettuato durante la stagione invernale, l'Impresa dovrà tenere registrati giornalmente i minimi di temperatura desunti da un apposito termometro esposto nello stesso cantiere di lavoro.

Deve essere garantita la continuità del funzionamento delle attrezzature, possibilmente anche mediante apparecchiature di riserva, allo scopo di evitare rallentamenti e/o interruzioni delle operazioni di costipamento.

Per la finitura superficiale di solette e pavimentazioni, è prescritto l'uso di piastre vibranti o attrezzature equivalenti; la regolarità dei getti dovrà essere verificata con il metodo descritto nella UNI 11146 - Appendice A, impiegando le seguenti tolleranze:

- ± 10 mm su 2 metri per solette o pavimentazioni semplicemente stagiate;
- ± 5 mm su 2 metri per solette o pavimentazioni sottoposte a fratazzatura meccanica

Quando il calcestruzzo deve essere gettato in presenza d'acqua, si dovranno adottare tutti gli accorgimenti, approvati dalla Direzione Lavori, necessari ad impedire che l'acqua ne dilavi le superfici e ne pregiudichi la normale maturazione.

NOTA Sarà cura del fornitore garantire in ogni situazione la classe di consistenza prescritta per le diverse miscele, tenendo conto che è assolutamente vietata qualsiasi aggiunta di acqua in betoniera al momento del getto dopo l'inizio dello scarico del calcestruzzo dall'autobetoniera. La classe di consistenza prescritta verrà garantita per un intervallo di tempo di 30 minuti dall'arrivo della betoniera in cantiere. Trascorso questo tempo, sarà l'Impresa unica responsabile della eventuale minore lavorabilità rispetto a quella prescritta.

Nel caso di calcestruzzi speciali per getti massivi - in ogni caso - il getto dovrà rimanere, per almeno 4 giorni consecutivi, entro casseri ricoperti dall'esterno con materassini termoisolanti che riducano il gradiente termico tra nucleo e periferia del getto. Quando le superfici non casserate avranno iniziato la fase di indurimento, occorrerà procedere alla stesa dei materassini anche in

queste zone. Sarà obbligatorio procedere alla maturazione dei getti (con le modalità di cui al successivo par. 7.5) per ulteriori 3 giorni consecutivi alla rimozione dei casseri.

NOTA Qualora dovessero insorgere esigenze particolari, per sospendere la maturazione di calcestruzzi speciali per getti massivi esse dovranno essere espressamente autorizzate dalla Direzione Lavori. Qualora, per particolari esigenze costruttive, si debba procedere con una rapida rimozione delle casseforme (immediatamente dopo le 24 ore dal getto, ma comunque sempre su esplicita autorizzazione della Direzione Lavori), la superficie dei getti dovrà essere prontamente ricoperta con fogli di polietilene e materassini coibenti e tale rimarrà per 7 giorni consecutivi.

7.3.3 Posa in opera in climi freddi

Al momento della consegna dovrà essere verificato, conformemente a quanto indicato al precedente par.6.3.1.2, che la temperatura dell'aria e del calcestruzzo fresco non siano minore di 5 °C.

In condizioni di temperatura ambientale inferiore, considerando che tra il termine della miscelazione e la messa in opera si deve prevedere un raffreddamento di 2÷5°C, il getto potrà essere eseguito solo nel caso vengano rispettate le seguenti prescrizioni:

- nel caso in cui la temperatura dell'aria sia compresa fra 0°C e 5°C, la produzione e la posa in opera del conglomerato cementizio devono essere sospese, a meno che non sia garantita una temperatura dell'impasto durante la fase di getto non inferiore a 10°C, ad esempio mediante un adeguato sistema di preriscaldamento degli inerti e/o dell'acqua di impasto all'impianto di betonaggio, con l'avvertenza che la temperatura raggiunta dall'impasto non sia superiore a 25 °C. In alternativa, è possibile utilizzare, sotto la responsabilità dell'Impresa, additivi acceleranti di presa conformi alla UNI EN 934-2 e, se autorizzati dalla D.L., opportuni additivi antigelo;
- per temperature comprese fra -4°C e 0°C, potranno essere eseguiti esclusivamente getti relativi a fondazioni, pali e diaframmi, ferme restando le condizioni dell'impasto di cui al punto precedente;
- salvo specifiche prescrizioni di progetto, da sottoporre comunque a preventiva approvazione, non si deve procedere all'esecuzione di getti quando la temperatura dell'aria esterna è inferiore a - 4°C.

L'Impresa esecutrice deve inoltre adottare le seguenti ulteriori precauzioni:

- eseguire opportune protezioni dei getti, per permettere l'avvio della presa ed evitare la dispersione del calore di idratazione;
- eseguire una valutazione del tempo necessario al mantenimento delle casseforme in relazione all'effettivo valore di temperatura ambientale (vedi successivo par 7.5.2);
- scegliere, per il getto, le ore più calde della giornata;
- in caso di presenza di neve e/o ghiaccio, prima del getto si deve accertarne l'avvenuta rimozione dai casseri, dalle armature e dal sottofondo.

NOTA Al fine di poter mettere in atto correttamente e verificare le prescrizioni riguardanti le temperature di getto, occorre che in cantiere sia esposto un termometro in grado di indicare le temperature minime e massime giornaliere.

7.3.4 Posa in opera in climi caldi

Se durante le operazioni di getto la temperatura dell'aria supera i 33 °C, la temperatura dell'impasto dovrà essere mantenuta entro i 25 °C. Per i getti massivi (di cui al precedente § 2.2.1 a) tale limite dovrà essere convenientemente diminuito.

Al fine di abbassare la temperatura del calcestruzzo, potrà essere usato ghiaccio in sostituzione di parte dell'acqua di impasto, avendo cura di computarne l'esatta quantità nel calcolo del rapporto a/c (di cui al § 13.3.3) affinché il valore prescritto non subisca alcuna variazione.

La temperatura delle casseforme metalliche, se maggiore di 33°C, deve essere ricondotta a tale valore con tolleranza di 5°C, mediante preventivi getti esterni di acqua fredda.

Per realizzare una miscela di calcestruzzo entro i limiti di temperatura sopra indicati, si potrà procedere al raffreddamento degli aggregati stoccati con getti di acqua fredda, prevedendo un adeguato drenaggio per evitarne il ristagno ed un controllo dell'umidità aggiuntivo per asciugatura, oltre a quello effettuabile mediante le sonde.

Per ritardare la presa e garantire il mantenimento della lavorabilità al getto secondo quanto indicato al par. 7.3.2, per facilitare la posa e la finitura del conglomerato cementizio potranno essere eventualmente impiegati additivi ritardanti di presa conformi alle indicazioni riportate nel par. 13.1.5 e preventivamente autorizzati dalla Direzione Lavori.

Per i getti in clima caldo e, soprattutto se asciutto e ventilato, dovranno essere adottate le seguenti precauzioni:

- esecuzione dei getti al mattino, alla sera o di notte;
- impiego di cementi a basso calore d'idratazione;
- impiego di additivi superfluidificanti per il mantenimento della lavorabilità;
- proteggere adeguatamente le superfici del getto, per evitare eccessive variazioni termiche tra l'interno e la parte corticale dei getti;
- a fine getto, mantenere umide le superfici del calcestruzzo secondo quanto indicato al successivo par. 7.5.

Nel caso vengano utilizzati getti di acqua nebulizzata, la temperatura della stessa non dovrà essere inferiore di oltre 10°C rispetto a quella della superficie del calcestruzzo.

7.3.5 Riprese di getto

La Direzione Lavori avrà la facoltà di prescrivere, ove e quando lo ritenga necessario, che vengano eseguiti i getti senza soluzione di continuità, così da evitare ogni ripresa, anche se ciò comportasse il protrarsi del lavoro in giornate festive e la conduzione a turni. In nessun caso, l'Impresa potrà avanzare richieste di maggiori compensi.

Qualora debbano essere previste riprese di getto, sarà obbligo dell'Impresa procedere ad una preliminare rimozione, mediante scarifica con martello, dello strato corticale di calcestruzzo già parzialmente indurito. Tale superficie, che dovrà possedere elevata rugosità (asperità di circa 5 mm) verrà opportunamente pulita e bagnata per circa due ore prima del getto del nuovo strato di calcestruzzo.

7.3.5.1 *Getto di calcestruzzo fresco su calcestruzzo fresco*

L'Impresa dovrà aver verificato, in fase di qualifica, che le caratteristiche della miscela possiedano requisiti tali da rendere compatibili i due getti, tenendo presente il tempo necessario per il ricoprimento del primo getto, il mantenimento della lavorabilità nel tempo, il tempo di presa del

calcestruzzo già gettato. All'atto del getto dello strato successivo, la consistenza dello strato di primo getto deve essere almeno tale da permettere la penetrazione della vibrazione per uno spessore di qualche centimetro.

A tal fine, l'Impresa potrà fare uso di additivi ritardanti, in modo da garantire tempi massimi per le interruzioni, senza compromettere le caratteristiche di monoliticità.

7.3.5.2 Getto di calcestruzzo fresco su calcestruzzo indurito

L'impresa deve predisporre una superficie di ripresa, realizzando una scarifica meccanica del calcestruzzo indurito, procedendo, prima del nuovo getto, al lavaggio della superficie di ripresa con acqua in pressione, in modo da eliminare la malta e lasciare esposto l'aggregato grosso.

Per l'eventuale utilizzo di prodotti filmogeni vale quanto riportato al par. 13.1.5

Tra le diverse riprese di getto non dovranno presentarsi distacchi, discontinuità o differenze di aspetto e colore. In caso contrario, deve provvedere ad applicare adeguati trattamenti superficiali concordati con DLL.

Qualora alla struttura sia richiesta la tenuta idraulica, lungo la superficie scarificata verranno disposti dei giunti tipo "water-stop" in materiale bentonitico idroespansivo. I profili "water-stop" saranno opportunamente fissati e disposti secondo le indicazioni progettuali e della Direzione Lavori, in maniera tale da non interagire con le armature.

7.4 Casseforme

L'Impresa comunicherà preventivamente alla Direzione Lavori il sistema e le modalità esecutive che intende adottare per realizzare i casseri e le relative opere di sostegno, ferma restando l'esclusiva responsabilità dell'Impresa stessa per quanto riguarda la progettazione e l'esecuzione di tali opere provvisorie e la loro rispondenza a tutte le norme di legge ed ai criteri di sicurezza che comunque possono riguardarle. Il sistema prescelto dovrà comunque essere atto a consentire la realizzazione delle opere in conformità alle disposizioni contenute nel progetto esecutivo.

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

Nel caso di calcestruzzi autocompattanti, la maggiore spinta sui casseri andrà valutata secondo quanto specificato al § 4.2 delle già citate LL.GG. 2008.

7.4.1 Pulizia e trattamento delle casseforme

Prima del getto, le casseforme dovranno essere pulite, per l'eliminazione di qualsiasi traccia di materiale che possa compromettere l'estetica del manufatto quali polvere, terriccio, ecc.

In ogni caso, l'Impresa avrà cura di trattare le casseforme, prima del getto, con idonei prodotti disarmanti disposti in strati omogenei continui. Su tutte le casseforme di una stessa opera dovrà essere usato il medesimo prodotto. Qualora sia previsto l'utilizzo di calcestruzzi colorati o con cemento bianco, l'impiego dei disarmanti dovrà essere subordinato a prove preliminari atte a dimostrare che il prodotto non alteri il colore delle superfici.

Le parti componenti i casseri debbono essere a perfetto contatto e sigillate con idoneo materiale per evitare la fuoriuscita di boiacca cementizia.

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 avvenire contemporaneamente al getto.

7.4.2 Predisposizione di fori, tracce e cavità

L'Appaltatore avrà l'obbligo di predisporre, in corso di esecuzione, quanto è previsto nei disegni costruttivi 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..

7.5 Stagionatura e disarmo

Le superfici in calcestruzzo non cassate, al termine della messa in opera e successiva compattazione, devono essere stagionate e protette dalla rapida evaporazione dell'acqua di impasto e dall'essiccamento degli strati superficiali (fenomeno particolarmente insidioso in caso di elevate temperature ambientali e forte ventilazione).

Per consentire una corretta stagionatura, è necessario mantenere costantemente umida la struttura realizzata; l'Impresa è responsabile della corretta esecuzione della stagionatura che potrà essere condotta mediante:

- l'applicazione, di specifici film di protezione mediante la distribuzione nebulizzata di additivi stagionanti (agenti di *curing*), conformemente a quanto già specificato al precedente § 13.1.5;
- l'irrorazione continua del getto con acqua nebulizzata, con temperature della stessa non inferiori di oltre 10°C rispetto a quelle della superficie del getto;
- la copertura delle superfici del getto con fogli di polietilene, sacchi di iuta o tessuto non tessuto mantenuto umido, in modo che si eviti la perdita dell'acqua di idratazione;
- la creazione attorno al getto, con fogli di polietilene od altro, di un ambiente mantenuto saturo di umidità;
- la creazione, nel caso di solette e getti a sviluppo orizzontale, di un cordolo perimetrale (in sabbia od altro materiale rimovibile) che permetta di mantenere la superficie completamente ricoperta da un costante velo d'acqua.

La costanza della composizione degli agenti di *curing* dovrà essere verificata, a cura della Direzione Lavori ed a spese dell'Impresa, al momento del loro approvvigionamento.

I prodotti filmogeni di protezione non possono essere applicati lungo i giunti di costruzione, sulle riprese di getto o sulle superfici che devono essere trattate e/o ricoperte con altri materiali, a meno di non prevedere la loro rimozione prima delle altre applicazioni.

Sarà obbligatorio procedere alla maturazione dei getti per un periodo di tempo non inferiore a quello indicato al prospetto E.1 della UNI EN 13670-1.

Qualora dovessero insorgere esigenze particolari, per sospendere la maturazione esse dovranno essere espressamente autorizzate dalla Direzione dei Lavori.

Per calcestruzzi con classe di resistenza a compressione maggiore o uguale di C40/50, la maturazione deve essere curata in modo particolare.

Qualora sulle superfici orizzontali, quali solette di ogni genere o pavimentazioni, si rilevino fenomeni di ritiro plastico con formazione di fessure di apertura superiore a quanto indicato al precedente par. 2.1, l'Impresa dovrà provvedere a sua cura e spese alla protezione o alla sigillatura delle fessure come indicato al succitato par. 2.1.

Di norma, viene esclusa la accelerazione dei tempi di maturazione con trattamenti termici per i conglomerati gettati in opera. In casi particolari, la Direzione Lavori potrà autorizzare l'uso di tali procedimenti dopo l'esame e verifica diretta delle modalità proposte, che dovranno rispettare comunque quanto previsto ai seguenti paragrafi.

Resta inteso che, durante il periodo della stagionatura, i getti dovranno essere riparati da possibilità di urti, vibrazioni e sollecitazioni di ogni genere.

7.5.2 Rimozione dei casseri e maturazione umida

Si potrà procedere alla rimozione delle casseforme dai getti quando saranno state raggiunte le resistenze minime prescritte in progetto per eseguire tale operazione. In assenza di specifiche prescrizioni, l'Impresa dovrà attenersi a quanto stabilito all'interno delle Norme Tecniche per le Costruzioni (D.M. 14/01/2008).

La rimozione dei casseri e dei relativi puntelli, comunque, dovrà essere effettuata non prima che il calcestruzzo, in funzione della classe di resistenza, del tipo di cemento impiegato e delle condizioni ambientali, del tipo di manufatto, abbia raggiunto una resistenza meccanica adeguata a non subire danni durante e in conseguenza delle operazioni di disarmo.

Normalmente, la permanenza nei casseri a contatto con una superficie in calcestruzzo ne assicura una stagionatura protetta.

Qualora, fatto salvo quanto detto ad inizio del presente §, la rimozione del cassero da una superficie avvenga prima che sia trascorso il tempo minimo di stagionatura definito nel prospetto E.1 della UNI EN 13670-1, dovranno essere predisposte azioni atte a garantire il completamento della stagionatura umida, utilizzando una o più precauzioni tra quelle di seguito elencate:

- l'applicazione, sulle superfici scassate, di specifici film di protezione mediante la distribuzione nebulizzata di additivi stagionanti (agenti di *curing*), conformemente a quanto già specificato al precedente § 13.1.5;
- l'irrorazione continua del getto con acqua nebulizzata, assicurandosi che la temperatura della stessa non si discosti di oltre 10°C rispetto a quella della superficie del calcestruzzo;
- la copertura delle superfici del getto con fogli di polietilene, sacchi di iuta o tessuto non tessuto mantenuto umido, in modo che si eviti la perdita dell'acqua di idratazione;
- la creazione attorno al getto, con fogli di polietilene od altro, di un ambiente mantenuto saturo di umidità.

Per l'uso degli agenti di *curing*, valgono le stesse limitazioni elencate al precedente par7.5.1.

7.5.3 Maturazione accelerata con trattamenti termici

La maturazione accelerata dei conglomerati cementizi con trattamenti termici sarà permessa qualora siano state condotte indagini sperimentali sul trattamento che si intende adottare.

In particolare, si dovrà verificare che la resistenza meccanica del calcestruzzo soddisfi comunque i requisiti richiesti nella Tabella 2 precedentemente riportata, anche se sottoposto allo specifico ciclo termico adottato; inoltre, dovranno essere rispettate le seguenti prescrizioni:

- la temperatura del conglomerato cementizio, durante le prime 3 ore dall'impasto, non deve superare i 30 °C;
- il gradiente di temperatura di riscaldamento e quello di raffreddamento non deve superare 15°C/h e dovranno essere ulteriormente ridotti qualora non sia verificata la condizione di cui al successivo punto ;
- la differenza di temperatura tra quella massima all'interno del conglomerato cementizio e ambiente a contatto con il manufatto non dovrà superare i 10 °C;
- la temperatura massima del calcestruzzo non dovrà, in media, superare i 65 °C;

- il controllo, durante la maturazione, dei limiti e dei gradienti di temperatura, dovrà avvenire con apposita apparecchiatura che registri l'andamento delle temperature nel tempo, sia all'interno che sulla superficie esterna dei manufatti;
- la procedura di controllo di cui al punto precedente dovrà essere rispettata anche per i conglomerati cementizi gettati in opera e maturati a vapore.

Il concetto di resistenza caratteristica è riferito a provini stagionati per 28 giorni a 20°C e UR > 95%.

Pertanto, anche per le opere sottoposte maturazione accelerata a temperature diverse da 20°C, è obbligatorio procedere all'esecuzione dei controlli di accettazione del calcestruzzo, nel rispetto di quanto indicato al precedente par. 6.3.1.1

In aggiunta a tali controlli, sarà comunque obbligatorio eseguire prove complementari (vedi precedente par. 6.3.1.1) su provini stagionati nelle stesse condizioni termo-igrometriche dell'opera (sottoposti allo stesso trattamento termico) e testati:

- immediatamente prima del momento previsto per il taglio dei trefoli o per la messa in tiro delle armature post tese;
- alla scadenza dei 28 giorni.

In ogni caso, i provini maturati nelle stesse condizioni termo-igrometriche della struttura, prelevati con la stessa frequenza e nelle stesse quantità previste per i controlli di cui al succitato par. 6.3.1.1, dovranno rispettare, a 28 giorni, le prescrizioni contenute nella già citata Tabella 2.

7.5.4 Regolarità delle superfici cassate

Eventuali irregolarità o sbavature presenti sulle superfici gettate contro cassero, qualora ritenute non tollerabili dalla Direzione Lavori a suo insindacabile giudizio, dovranno essere asportate mediante scarifica meccanica o manuale ed, i punti incidentalmente difettosi, dovranno essere ripresi accuratamente con malta cementizia a ritiro compensato immediatamente dopo il disarmo. Resta inteso, che gli oneri derivanti dalle suddette operazioni ricadranno totalmente a carico dell'Impresa.

Quando le irregolarità siano mediamente superiori a 10 mm, la Direzione Lavori ne imporrà la regolarizzazione a totale cura e spese dell'Impresa mediante uno strato di materiali idonei che, a seconda dei casi e ad insindacabile giudizio della Direzione Lavori potrà essere costituito da:

- malta reoplastica a ritiro compensato previa bagnatura a rifiuto delle superfici interessate;
- conglomerato bituminoso del tipo usura fine, per spessori non inferiori a 20 mm.

Eventuali ferri (fili, chiodi, reggette) che, con funzione di legatura, di collegamento casseri od altro, dovessero sporgere da getti finiti, dovranno essere tagliati almeno 5 mm sotto la superficie finita e gli incavi risultanti verranno accuratamente sigillati con malta fine di cemento.

7.6 Giunti di discontinuità ed opere accessorie nelle strutture in conglomerato cementizio

È tassativamente prescritto che nelle strutture da eseguire con getto di conglomerato cementizio vengano realizzati giunti di discontinuità sia in elevazione che in fondazione onde evitare irregolari e imprevedibili fessurazioni delle strutture stesse, per effetto di escursioni termiche, di fenomeni di ritiro e di eventuali assestamenti.

Tali giunti vanno praticati ad intervalli ed in posizioni opportunamente scelte, tenendo anche conto delle particolarità della struttura (gradonatura della fondazione, ripresa fra vecchie e nuove strutture, attacco dei muri andatori con le spalle dei ponti e viadotti, ecc.).

I giunti dovranno essere conformi alle indicazioni di progetto e saranno ottenuti ponendo in opera, con un certo anticipo rispetto al getto, appositi setti di materiale idoneo, da lasciare in posto, in modo da realizzare superfici di discontinuità (piane, a battente, a maschio e femmina, ecc.) affioranti faccia a vista, secondo linee rette continue o spezzate.

I giunti, come sopra illustrati, dovranno essere realizzati a cura e spese dell'Impresa, essendosi tenuto debito conto di tale onere nella formulazione dei prezzi di elenco relativi alle singole tipologie di conglomerato.

Solo nel caso in cui è previsto in progetto che il giunto sia munito di apposito manufatto di tenuta o di copertura, l'Elenco Prezzi prevede espressamente le voci relative alla speciale conformazione del giunto, unitamente alla fornitura e posa in opera dei manufatti predetti, con le specificazioni di tutti i particolari oneri che saranno prescritti per il perfetto definitivo assetto del giunto. I

manufatti di tenuta o di copertura dei giunti possono essere costituiti da elastomeri a struttura etilenica (stirolo butiadene), a struttura paraffinica (bitile), a struttura complessa (silicone poliuretano, polioossipropilene, polioossicloropropilene o da elastomeri etilenici cosiddetti protetti (neoprene).

In luogo dei manufatti predetti, potrà essere previsto l'impiego di sigillanti. I sigillanti possono essere costituiti da sostanze oleo-resinose, bituminose-siliconiche a base di elastomeri polimerizzabili o polisolfuri, che dovranno assicurare la tenuta all'acqua, l'elasticità sotto le deformazioni previste, una aderenza perfetta alle pareti, ottenuta anche a mezzo di idonei primer, non colabili sotto le più alte temperature previste e non rigidi sotto le più basse, mantenendo il più a lungo possibile nel tempo le caratteristiche di cui sopra dopo la messa in opera.

E' tassativamente proibita l'esecuzione di giunti obliqui formanti angolo diedro acuto (muro andatore, spalla ponte obliquo, ecc.). In tali casi, occorre sempre modificare l'angolo diedro acuto, in modo tale da formare con le superfici esterne delle opere da giuntare angoli diedri non inferiori ad un angolo retto, con facce piane di conveniente larghezza in relazione al diametro massimo degli inerti impiegati nel confezionamento del conglomerato cementizio di ogni singola opera.

Nell'esecuzione dei manufatti contro terra il progetto dovrà tenere conto, in numero sufficiente ed in posizione opportuna, dell'esecuzione di appositi fori per l'evacuazione delle acque di infiltrazione. Le indicazioni progettuali saranno il riferimento per l'Impresa, salvo indicazioni differenti da parte della Direzione dei Lavori. I fori dovranno essere ottenuti mediante preventiva posa in opera nella massa del conglomerato cementizio di tubi a sezione circolare o di profilati di altre sezioni di PVC o simili. Per la formazione dei fori, l'Impresa avrà diritto al compenso previsto nella apposita voce dell'Elenco Prezzi, comprensiva di tutti gli oneri e forniture per dare il lavoro finito a regola d'arte.

7.7 Armature per c.a.

Nella posa in opera delle armature metalliche entro i casseri, è prescritto l'impiego di opportuni distanziatori prefabbricati in conglomerato cementizio o in materiale plastico, al fine di garantire gli spessori di copriferro previsti in progetto; lungo le pareti verticali, si dovrà ottenere il necessario distanziamento esclusivamente mediante l'impiego di distanziatori ad anello; sul fondo dei casseri, dovranno essere impiegati distanziatori del tipo approvato dalla Direzione Lavori. L'uso dei distanziatori dovrà essere esteso anche alle strutture di fondazione armate.

Le gabbie di armatura dovranno essere, per quanto possibile, composte fuori opera; in ogni caso, in corrispondenza di tutti i nodi, saranno eseguite legature doppie incrociate in filo di ferro ricotto di diametro non inferiore a 0,6 mm, in modo da garantire la invariabilità della geometria della

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

Il diametro di piegatura deve essere tale da evitare sia fessure nella barra che la rottura del calcestruzzo all'interno della piegatura. Per i valori minimi da adottare, ci si riferisce alle prescrizioni contenute nella UNI EN 1992-1-1 (Eurocodice 2) al § 8.3

Tabella 12 Diametri ammissibili dei mandrini per barre piegate.

| Diametro barra | Diametro minimo del mandrino per piegature, uncini e ganci |
|----------------------------------|---|
| $\varnothing \leq 16 \text{ mm}$ | 4 \varnothing |
| $\varnothing > 16 \text{ mm}$ | 7 \varnothing |

NOTA Alla consegna in cantiere, l'Impresa avrà cura di depositare l'acciaio in luoghi protetti dagli agenti atmosferici. In particolare, per quei cantieri posti ad una distanza inferiore a 2 km dal mare, le barre di armatura dovranno essere protette, con appositi teli, dall'azione dell'aerosol marino.

È a carico dell'Impresa l'onere della posa in opera delle armature metalliche, anche in presenza di acqua o fanghi bentonitici, nonché i collegamenti equipotenziali.

Per le barre in acciaio zincato il trattamento di zincatura a caldo potrà essere effettuato prima o dopo la lavorazione e piegatura delle barre, salvo diversa prescrizione che la Direzione Lavori si riserva d'impartire in corso d'opera. Quando la zincatura viene effettuata prima della piegatura, eventuali scagliature del rivestimento di zinco nella zona di piegatura ed i tagli dovranno essere trattati con ritocchi di primer zincante organico bi-componente, dello spessore di 80-100 micron.

Valgono le prescrizioni contenute nel “CAPITOLATO SPECIALE DI APPALTO – Opere d’Arte Maggiori – Ponti e Viadotti”, integrate con quanto indicato nei sub paragrafi di seguito dedicati ai sistemi di precompressione.

L’Impresa dovrà attenersi rigorosamente alle prescrizioni contenute nei calcoli statici e nei disegni esecutivi per tutte le disposizioni costruttive ed, in particolare, per quanto riguarda:

- il tipo, il tracciato, la sezione dei singoli cavi;
- le fasi di applicazione della precompressione;
- la messa in tensione da uno o da entrambi gli estremi;
- le eventuali operazioni di ritaratura delle tensioni;
- i dispositivi speciali come ancoraggi fissi, mobili, intermedi, manicotti di ripresa, ecc.

Oltre a quanto prescritto dalle vigenti norme di legge, nella posa in opera delle armature di precompressione si precisa che l’Impresa dovrà assicurarne l’esatto posizionamento mediante l’impiego di appositi supporti realizzati, ad esempio, con pettini in tondini d’acciaio.

7.8.1 Fili, barre e trefoli

Rotoli e bobine di fili, trecce e trefoli provenienti da diversi stabilimenti di produzione devono essere tenuti distinti: un cavo non dovrà mai essere formato da fili, trecce o trefoli provenienti da stabilimenti diversi.

I fili di acciaio dovranno essere del tipo autoraddrizzante e non dovranno essere piegati durante l’allestimento dei cavi. Devono essere forniti in rotoli di diametro tale che, all’atto dello svolgimento, allungati al suolo su un tratto di 10 m non presentino curvatura con freccia superiore a 400 mm; il produttore deve indicare il diametro minimo di avvolgimento. Le legature dei fili, trecce e trefoli costituenti ciascun cavo dovranno essere realizzati con nastro adesivo ad intervallo di 70 cm.

Allo scopo di assicurare la centratura dei cavi nelle guaine si prescrive l'impiego di una spirale costituita da una treccia di acciaio armonico del diametro di 6 mm, avvolta intorno ad ogni cavo con passo di 80-100 cm.

I filetti delle barre e dei manicotti di giunzione dovranno essere protetti fino alla posa in opera con prodotto antiruggine privo di acidi.

Se l'agente antiruggine è costituito da grasso, è necessario sia sostituito con olio prima della posa in opera per evitare che all'atto dell'iniezione gli incavi dei dadi siano intasati di grasso.

Nel caso sia necessario dare alle barre una configurazione curvilinea, si dovrà operare soltanto a freddo e con macchina a rulli.

Non è ammessa in cantiere alcuna operazione di raddrizzamento. All'atto della posa in opera, gli acciai devono presentarsi privi di saldature, ossidazione, corrosione e difetti superficiali visibili.

I cavi inguainati monotrefolo dovranno essere di tipo compatto, costituiti da trefolo in fili di acciaio a sezione poligonale, rivestiti con guaina tubolare in polietilene ad alta densità intasata internamente con grasso anticorrosivo ad alta viscosità, stabile ed idoneo all'uso specifico. Le piastre di ripartizione dovranno essere in acciaio zincato, a tenuta stagna; i cappellotti di protezione terminali dovranno essere zincati e provvisti di guarnizione in gomma antiolio, da calzare sui cilindretti e fissare con viti zincate ai terminali riempiti con grasso dopo la tesatura dei trefoli.

7.8.2 Tesatura delle armature di precompressione

L'Impresa, durante le operazioni di tesatura dovrà registrare, su appositi moduli, da consegnare in copia alla Direzione Lavori, i tassi di precompressione e gli allungamenti totali o parziali di ciascun trefolo o cavo della struttura.

Nelle strutture ad armatura pre-tesa, le armature di precompressione dovranno essere ricoperte dal conglomerato cementizio per tutta la loro lunghezza.

7.8.3 Iniezioni nelle guaine dei cavi di precompressione di strutture in c.a.p. nuove

Nelle strutture in conglomerato cementizio armato precompresso con cavi scorrevoli, allo scopo di assicurare l'aderenza e soprattutto proteggere i cavi dalla corrosione, è necessario che le guaine vengano iniettate con boiaccia di cemento reoplastica, fluida pompabile ed a ritiro compensato (è richiesto un leggero effetto espansivo).

Tale boiaccia sarà preferibilmente pronta all'uso previa aggiunta di acqua, in alternativa potrà essere ottenuta da una miscelazione in sito di cemento, aggiunte minerali, additivi superfluidificanti, eventuali additivi antiritiro, agenti espansivi non metallici e modificatori di viscosità ed acqua nel qual caso le singole materie prime impiegate dovranno rispettare i requisiti indicati nel capitolo 13.1.

Sia le boiacche premiscelate pronte all'uso che quelle prodotte in cantiere, dovranno soddisfare i requisiti riportati al § 6 della UNI EN 447, in termini di:

- prova di setacciatura;
- fluidità;
- bleeding;
- cambiamento di volume;
- resistenza meccanica;
- tempo di presa;
- densità.

Le prove verranno eseguite nel rispetto delle modalità riportate nella UNI EN 445.

La posa in opera della boiaccia dovrà essere preceduta da una valutazione dell'idoneità, con le modalità riportate nel § 6 della UNI EN 446.

Nelle operazioni di iniezione dovranno essere seguite le prescrizioni riportate nella UNI EN 446. In aggiunta, valgono le seguenti ulteriori prescrizioni:

- la misura della fluidità delle boiacche di iniezione, eseguita con la prova del cono di Marsh (§ 4.3.1 della UNI EN 445), dovrà rispettare le indicazioni aggiuntive riportate al seguente § 7.8.3.1;
- la misura di fluidità dovrà essere eseguita, per ogni impasto, all'entrata delle guaine e per ogni guaina all'uscita; l'iniezione continuerà finché la fluidità della boiaccia in uscita sarà paragonabile a quella in entrata. Si dovrà provvedere con appositi contenitori, affinché la

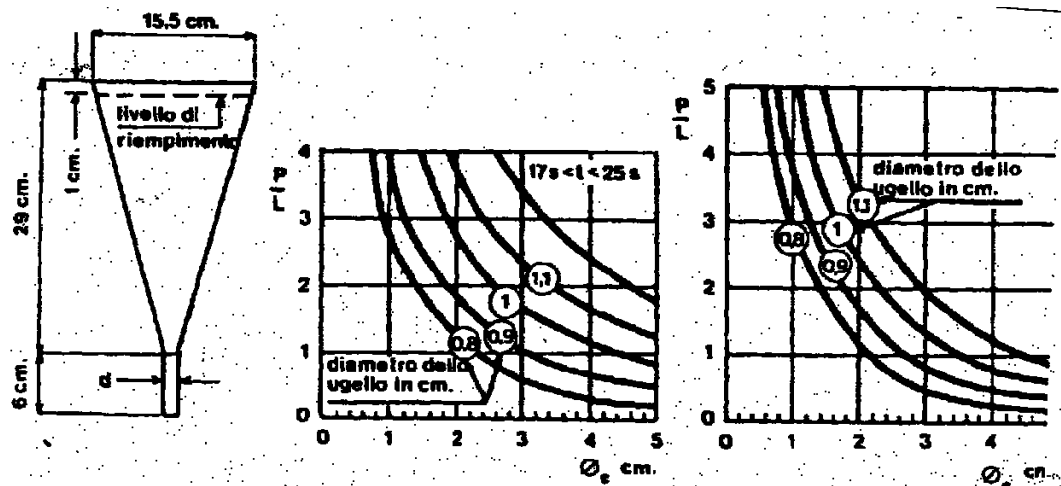
boiaccia di sfrido non venga scaricata senza alcun controllo sull'opera o attorno ad essa.
Una più accurata pulizia delle guaine ridurrà l'entità di questi sfridi

- l'impastatrice dovrà essere del tipo ad alta velocità, almeno 4000÷5000 giri/min (con velocità tangenziale minima di 14 m/sec). È proibito l'impasto a mano, il tempo di mescolamento verrà fissato di volta in volta, in base ai valori di fluidità desunti dalla misura al cono di *Marsh*;
- indipendentemente dal soddisfacimento della prova di setacciatura, prima di essere immessa nella pompa, la boiaccia dovrà essere vagliata con setaccio avente maglia di 2 mm di lato;
- è tassativamente prescritta la disposizione di tubi di sfiato in corrispondenza di tutti i punti più elevati di ciascun cavo, comprese le trombette ed i cavi terminali. Ugualmente, dovranno esserci tubi di sfiato nei punti più bassi dei cavi lunghi e con forte dislivello. All'entrata di ogni guaina dovrà essere posto un rubinetto, valvola o altro dispositivo, atti a mantenere, al termine dell'iniezione, la pressione entro la guaina stessa per un tempo di almeno 5 ore;
- l'iniezione dovrà avere carattere di continuità e non potrà venire assolutamente interrotta. In caso di interruzioni dovute a cause di forza maggiore e superiori a 5 minuti, il cavo verrà lavato e l'iniezione andrà ripresa dall'inizio.

7.8.3.1 Misura della fluidità con il cono di *Marsh*

L'apparecchio dovrà essere costruito in acciaio inossidabile ed avere forma e dimensioni riportate nella seguente Figura 10.1, con ugello intercambiabile di diametro variabile da 8 a 11 mm. La fluidità della boiaccia sarà determinata misurando il tempo totale di scolo di 1000 cm³ di boiaccia essendo il cono, inizialmente riempito con 2000 cm³ di prodotto. La scelta del diametro dell'ugello dovrà essere fatta sulla base degli abachi di cui alla Figura di seguito riportata, rispettivamente per cavi a fili e a trefoli.

Figura 10.1: Dimensioni cono di *Marsh* e abachi per scelta ugello di prova.



CONO DI MARSH

A FILI

A TREFOLI

Dove:

P = pressione dell'iniezione (g/cm^2)

L = lunghezza della guaina (cm)

$\phi_e = \sqrt{\phi G^2 - n \times \phi f^2}$ [diametro equivalente in funzione della guaina (ϕG), del diametro dei fili (ϕf) e del loro numero (n)].

(2) Misura della essudazione della malta.

Si opera con una provetta graduata cilindrica (250 cm^3 , $\phi 6 \text{ cm}$, con 6 cm di malta). La provetta deve essere tenuta in riposo e al riparo dall'aria. La misura si effettua 3 ore dopo il mescolamento, con lettura diretta oppure con pesatura prima e dopo lo svuotamento con pipetta dell'acqua trasudata.

7.8.4 Iniezioni nelle guaine dei cavi di precompressione di strutture in c.a.p. esistenti

Le presenti norme regolano l'esecuzione di iniezioni con miscele a bassa viscosità delle guaine di cavi di precompressione di strutture in c.a.p. esistenti con grado di riempimento variabile.

A seconda del tipo di guaine da riempire, del loro numero e del loro grado di riempimento, dovrà essere deciso il tipo di materiale da usare (resine epossidiche pure o caricate o boiacche di cemento pronte all'uso) e le modalità d'iniezione (iniezione tradizionale, da più fori oppure iniezioni sotto vuoto).

Nel caso di riempimento di guaine completamente vuote, saranno sempre usati materiali di tipo cementizio.

7.8.4.1 *Requisiti comuni*

I prodotti impiegati per l'esecuzione di iniezioni a bassa viscosità dovranno essere conformi alle specifiche riportate nella UNI EN 1504-5.

In particolare, dovranno essere sempre soddisfatti i requisiti prestazionali riportati nel prospetto 3.a (prodotti per iniezione con capacità di trasmissione di forze).

7.8.4.2 *Sistemi epossidici*

Verranno utilizzati esclusivamente sistemi epossidici costituiti da resine bicomponente (A+B), soddisfacenti i requisiti prestazionali di cui al precedente par. 7.8.3 (per i prodotti di tipo P), oltre ai requisiti di identificazione riportati nel prospetto 2.a della UNI EN 1504-5.

La Direzione Lavori, a seconda delle presumibili dimensioni dei vuoti all'interno delle guaine ed in relazione alle circostanze emerse durante il lavoro di iniezione, potrà ordinare l'uso di cariche (per esempio cemento) che, comunque, dovranno essere di natura basica o neutra.

Dovranno essere, inoltre, rispettate le seguenti prescrizioni:

- tempo di presa: riferito al sistema epossidico puro, dovrà essere compatibile con le esigenze del lavoro e comunque non inferiore a 2 ore. Per particolari condizioni operative, la Direzione Lavori potrà richiedere tempi di presa superiori;
- POT-LIFE misurato (secondo SECAM) alla temperatura 23 ± 1 °C e umidità relativa del $65 \pm 5\%$ in bicchiere di vetro della capacità di 100 cm^3 su quantità di 50 cm^3 di miscela (media su 5 prove);
- viscosità: riferita al sistema epossidico puro, non dovrà essere superiore a 180 cps a 23 ± 1 °C ed umidità relativa di $65 \pm 5\%$. La sua determinazione potrà essere fatta mediante misura diretta o con tazza FORD 4 termostata (media su 5 prove);
- ritiro: dovrà risultare minore dello 0,19, misurato secondo norma UNI-PLAST 4285 (media su 5 prove);
- comportamento in presenza d'acqua: l'eventuale presenza di acqua nelle guaine non dovrà costituire impedimento alla policondensazione della miscela;

- protezione chimica dei ferri d'armatura: la miscela dovrà avere pH basico, compreso tra 10,5 e 12,5; tale valore verrà misurato sulla resina miscelata (A + B), nel rapporto di catalisi di fornitura, diluita con acqua distillata, per avere la necessaria bagnabilità del rilevatore.

7.8.4.3 Boiacche cementizie

Le boiacche cementizie per iniezioni ad elevata fluidità saranno di tipo preconfezionato, pronte all'uso con la semplice aggiunta di acqua, esenti da aggregati metallici, di viscosità molto bassa pur con rapporti acqua/cemento non superiori a 0,38 e soddisfacenti i requisiti di cui al precedente par. par. 7.8.3 per i prodotti di tipo H, nonché i requisiti di identificazione riportati nel prospetto 2.b della UNI EN 1504-5.

Dovranno essere, inoltre, rispettate le seguenti prescrizioni:

- viscosità: la viscosità verrà valutata con cono di *Marsh*, ugello da 12 mm; il tempo di scolo di 1000 cm³ non dovrà essere superiore a 30 sec nella boiacca appena confezionata e dovrà mantenersi costante per almeno 30 min;
- ritiro: la boiacca dovrà essere priva di ritiro; è preferibile un comportamento espansivo;
- essudazione (*bleeding*): il materiale dovrà esserne esente;
- resistenza meccanica: la resistenza meccanica alla compressione semplice su provini cubici di 7 o 10 cm di lato dovrà risultare non inferiore a 25 MPa dopo 3 giorni, 35 MPa dopo 7 giorni ed a 50 MPa dopo 28 giorni con una massa volumica degli stessi non inferiore a 18,5 kN/m³.

NOTA Le suddette caratteristiche dovranno essere definite per ogni lotto di miscela prodotta.

7.8.5 Modalità di iniezione

7.8.5.1 Iniezioni tradizionali

Preliminarmente, sulle travi nelle quali è stato già individuato il presumibile tracciato dei cavi di precompressione mediante misure geometriche effettuate con riferimento ai disegni di progetto e con l'ausilio di sondaggi eseguiti con apposita apparecchiatura elettromagnetica e/o ad

ultrasuoni, si dovrà procedere alla localizzazione delle guaine mediante tasselli effettuati con micro-demolitori (normalmente, con un passo di 3-4 m su ogni cavo, partendo dal centro della trave).

Non tutti i tasselli serviti per localizzare e valutare lo stato delle guaine saranno attrezzati per l'iniezione, ma soltanto quelli più idonei; su di essi si applicheranno i tubetti d'iniezione provvisti di apposita cuffia, da sigillare con paste collanti epossidiche, previa accurata pulizia del supporto; qualora la profondità del tassello sia rilevante, la pasta collante sarà stesa in più strati successivi. Le stuccature dovranno essere impermeabili al tipo di materiale usato nell'iniezione e, nel caso di iniezioni sottovuoto, dovranno permettere la formazione di quest'ultimo. Tubetti di iniezione verranno introdotti anche nei fori degli ancoraggi dei cavi, preliminarmente scoperti e puliti, eventualmente riperforati con trapano, quindi stuccati con la pasta di cui sopra.

I tasselli non utilizzati per l'iniezione delle guaine saranno chiusi mediante malta reoplastica fluida non segregabile, tixotropica, a basso calore d'idratazione, priva di ritiro, ad elevata resistenza meccanica ed elevato potere adesivo all'acciaio ed al conglomerato cementizio. La stuccatura verrà rinforzata e supportata con una rete elettrosaldata debitamente ancorata, mediante saldature o legature alle armature esistenti. Si procederà, inoltre, a stuccature e riparazioni di zone di conglomerato cementizio poroso, vespai ecc., in modo da chiudere possibili vie di uscita dei materiali di iniezione. Tali stuccature saranno effettuate con paste a base epossidica e, quando previsto dal progetto, anche rinforzate con reti metalliche.

Dopo almeno 48 ore dall'ultimazione della stuccatura, si procederà alla soffiatura all'interno delle guaine, per eliminare eventuali sacche d'acqua e per valutare la consistenza dei vuoti nei vari tratti.

Si procederà quindi alla iniezione della miscela, scegliendo il punto iniziale in base alle risultanze della soffiatura.

In linea di massima, sarà conveniente partire dai fori di iniezione in mezzzeria della trave, dove sono in comunicazione gran parte delle guaine e procedere sino alla fuoriuscita (se possibile) della miscela dai primi tubetti posti ai lati del punto di iniezione.

Si inietteranno poi questi ultimi e, successivamente, quelli adiacenti, in successione, fino ad ottenere la fuoriuscita della miscela dalle testate dei cavi.

Naturalmente, i tubi già iniettati dovranno essere man mano sigillati. La pressione d'iniezione dovrà essere la più bassa possibile, compatibilmente con l'esigenza di ottenere un buon riempimento dei cavi e, comunque, in nessun caso si dovranno superare i 5 bar.

7.8.5.2 Iniezioni sottovuoto

Potranno essere usate tecniche di iniezione sottovuoto, cioè provocando con apposita attrezzatura aspirante un vuoto dell'ordine di 1 bar nelle cavità da iniettare ed ammettendo poi il materiale di riempimento.

Le modalità di preparazione di fori di iniezione e la loro ubicazione sono analoghe a quelle descritte per le iniezioni tradizionali, con la variante che sarà necessario, una volta decisi i punti in cui applicare gli iniettori, effettuare una prima valutazione della possibilità di creare il vuoto e dell'entità del volume delle cavità presenti.

La prima valutazione tende ad individuare la necessità o meno di effettuare gli interventi di tenuta e le zone dove dovranno essere eseguite tali stuccature; la seconda a stimare i consumi e, principalmente, a controllare, a iniezione terminata, che tutti i vuoti valutati siano stati riempiti.

A seconda dell'attrezzatura disponibile, la valutazione si effettuerà tramite misura (con contalitri) del volume d'aria ammesso nella cavità, dopo aver effettuato il vuoto, oppure in base alla legge di *Boyle-Mariotte*.

A questo punto, si procederà alle iniezioni vere e proprie con il materiale di riempimento prescelto; il materiale introdotto nella cavità per azione del vuoto dovrà, a passaggio terminato, essere posto sotto una pressione di 2-3 bar prima del bloccaggio del tubo d'iniezione.

Occorrerà anche valutare il volume del materiale entrato, in genere misurando il consumo in chilogrammi e passando al volume (V_m) per tramite del peso specifico del materiale stesso, oppure valutando direttamente il volume del materiale iniettato.

Il rapporto $V_m/V_i \cdot 100$ (grado di riempimento) verrà indicato per ogni singola iniezione.

7.8.6 Prove

Per accertare la rispondenza ai requisiti richiesti, i materiali dovranno essere sottoposti a prove presso un laboratorio accreditato di cui all'art. 59 del D.P.R. n. 380/2001, con la frequenza indicata dalla Direzione Lavori.

7.9 Malte e calcestruzzi da ripristino strutturale e protezione

Per quanto riguarda le malte e calcestruzzi da ripristino strutturale e protezione la preparazione del sottofondo, l'asportazione del calcestruzzo contaminato o degradato dovrà essere eseguita mediante martelletti leggeri, alimentati ad aria compressa o mediante macchine idrodemolitrici (preferibile nel caso degli spessori più elevati). Dopo l'asportazione el calcestruzzo contaminato, la superficie del supporto dovrà essere microscopicamente ruvida con asperità di 5 mm. Nel caso di degrado limitato a pochi mm, la preparazione del supporto potrà avvenire mediante sabbiatura o idrosabbiatura. Per quanto riguarda altre indicazioni sulla posa in opera e la stagionatura, valgono le indicazioni generali sopra riportate e riassunte nelle Tabelle A.10.4 e A.10.5 riportate nell' Allegato 10 al par. Errore. L'origine riferimento non è stata trovata..

Relativamente ai sistemi di protezione delle armature metalliche contro la corrosione, in forma di vernici resinose o boiacche cementizie additate, da applicare sulla superficie delle barre esistenti e/o di quelle aggiunte la loro applicazione dovrà essere eseguita sulla superficie delle armature metalliche previa asportazione preventiva di tutti i depositi ed i prodotti di corrosione mediante spazzolatura meccanica, sabbiatura o idrosabbiatura.

7.10 Tolleranze di esecuzione

La Direzione Lavori procederà sistematicamente, sia in corso d'opera che a struttura ultimata, alla verifica delle quote e delle dimensioni indicate nel progetto esecutivo.

Nelle opere finite, gli scostamenti ammissibili (toleranze) "S" rispetto alle dimensioni e/o quote dei progetti sono riportate di seguito per i vari elementi strutturali:

- Fondazioni: plinti, platee, solettoni, ecc.:
 - posizionamento rispetto alle coordinate di progetto: $S = \pm 2,0\text{cm}$
 - dimensioni in pianta: $S = - 3,0\text{ cm o } + 5,0\text{ cm}$
 - dimensioni in altezza (superiore): $S = - 0,5\text{ cm o } + 2,0\text{ cm}$
 - quota altimetrica estradosso: $S = - 0,5\text{ cm o } + 2,0\text{ cm}$
- Strutture in elevazione: pile, spalle, muri, ecc.:
 - posizionamento rispetto alle coordinate degli allineamenti di progetto: $S = \pm 2,0\text{ cm}$

- dimensione in pianta (anche per pila piena): $S = - 0,5 \text{ cm o } + 2,0 \text{ cm}$
- spessore muri, pareti, pile cave o spalle: $S = - 0,5 \text{ cm o } + 2,0 \text{ cm}$
- quota altimetrica sommità: $S = \pm 1-5 \text{ cm}$
- verticalità per $H \leq 600 \text{ cm}$: $S = \pm 2-0 \text{ cm}$
- verticalità per $H > 600 \text{ cm}$: $S = \pm H/12$
- Solette e solettoni per impalcati, solai in genere:
 - spessore: $S = -0,5 \text{ cm o } + 1,0 \text{ cm}$
 - quota altimetrica estradosso: $S = \pm 1,0 \text{ cm}$
- Vani, cassette, inserterie:
 - posizionamento e dimensione vani e cassette: $S = \pm 1,5 \text{ cm}$
 - posizionamenti inserti (piastre, boccole): $S = \pm 1,0 \text{ cm}$

NOTA In ogni caso, gli scostamenti dimensionali negativi non devono ridurre i copriferri minimi prescritti dal progetto.

Per le tolleranze sopra riportate sono possibili variazioni qualora:

- nel progetto esecutivo siano stati indicati valori differenti per gli scostamenti ammessi;
- la Direzione dei Lavori, per motivate necessità, faccia esplicita richiesta di variazione dei valori.

8 MISURAZIONE E CONTABILIZZAZIONE

8.1 Norme generali

Sia per i lavori compensati a corpo che per quelli compensati a misura, l'Appaltatore ha l'onere contrattuale di predisporre in dettaglio tutti i disegni contabili delle opere realizzate e delle lavorazioni eseguite con l'indicazione (quote, prospetti e quant'altro necessario) delle quantità, parziali e totali, nonché con l'indicazione delle relative operazioni aritmetiche e degli sviluppi algebrici necessari alla individuazione delle quantità medesime, di ogni singola categoria di lavoro attinente l'opera o la lavorazione interessata.

Detti disegni contabili, da predisporre su supporto informatico e - in almeno duplice copia - su supporto cartaceo, saranno obbligatoriamente consegnati tempestivamente alla Direzione Lavori per il necessario e preventivo controllo e verifica, da effettuare sulla base delle misurazioni eseguite in contraddittorio con l'Appaltatore, durante l'esecuzione dei lavori.

Tale documentazione contabile è indispensabile per la predisposizione degli Stati di Avanzamento Lavori e per l'emissione delle relative rate di acconto, secondo quanto stabilito in merito per i pagamenti.

La suddetta documentazione contabile resterà di proprietà dell'Amministrazione committente.

Tutto ciò premesso e stabilito, si precisa che:

- i lavori compensati "a misura" saranno liquidati secondo le misure geometriche, o a numero, o a peso, così come rilevate dalla Direzione dei Lavori, in contraddittorio con l'Appaltatore, durante l'esecuzione dei lavori;
- i lavori da compensare "a corpo" saranno controllati in corso d'opera attraverso le misure geometriche, o a peso, o a numero, rilevate dalla Direzione dei Lavori in contraddittorio con l'Appaltatore e, quindi, confrontate con le quantità rilevabili dagli elaborati grafici facenti parte integrante ed allegati al Contratto di Appalto. Per la predisposizione degli Stati di Avanzamento Lavori e per l'emissione delle relative rate d'acconto, il corrispettivo da accreditare nei S.A.L. è la parte percentuale del totale del prezzo a corpo risultante da tale preventivo controllo, effettuato a misura, oltre le prescritte trattenute di Legge e le eventuali risultanze negative (detrazioni) scaturite a seguito del Collaudo in corso d'opera. A completamento avvenuto di tutte le opere a corpo, risultante da apposito Verbale di constatazione redatto in contraddittorio con l'Appaltatore, la Direzione dei Lavori provvederà, con le modalità suddette, al pagamento del residuo, deducendo le prescritte trattenute di Legge e le eventuali risultanze negative scaturite dalle operazioni e dalle verifiche effettuate dalla Commissione di Collaudo in corso d'opera.

8.2 Criteri di misura

I conglomerati cementizi, sia di fondazione che di elevazione, armati o semplici, normali o precompressi, saranno computati a volume, con metodi geometrici, secondo i corrispondenti tipi e classi, in base alle prescrizioni di cui alle presenti Norme Tecniche.

Le misurazioni di controllo, che saranno effettuate sul vivo (dedotti i vani o i materiali di diversa natura presenti nei suddetti conglomerati, dovranno essere contabilizzati con i relativi articoli di cui all'Elenco Prezzi.

In ogni caso, non saranno dedotti:

- i volumi del ferro di armatura;
- i volumi dei cavi per la precompressione;
- i vani di volume minore o uguale a $0,20 \text{ m}^3$ ciascuno, intendendosi compreso l'eventuale maggiore magistero richiesto, anche per la formazione di feritoie regolari e disposte regolarmente

Si specifica, inoltre, che gli articoli di Elenco Prezzi comprendono tutti gli oneri descritti nelle presenti Norme Tecniche, con particolare riferimento a:

- la fornitura a piè d'opera di tutti i materiali occorrenti (aggregati, acqua, aggiunte minerali, additivi, acceleranti, ritardanti, leganti, ecc.);
- la mano d'opera;
- i ponteggi e le impalcature;
- le attrezzature ed i macchinari per la confezione;
- la sistemazione delle carpenterie e delle armature metalliche;
- l'esecuzione dei getti da realizzare senza soluzione di continuità, in modo da evitare ogni ripresa, impiegando anche manodopera su più turni ed in giornate festive (ove necessario);
- l'eventuale esaurimento dell'acqua nei casseri;
- la vibrazione;

- la predisposizione di fori, tracce, cavità, ammorsature, ecc.;
- il taglio di filo, chiodi, reggette con funzione di legatura di collegamento dei casseri con la sigillatura degli incavi e la regolarizzazione delle superfici nel getto;
- la necessità di coordinare le attività, qualora l'Appaltatore dovesse affidare i lavori di protezione superficiale dei conglomerati cementizi a ditte specializzate;
- le prove ed i controlli, con la frequenza indicata nelle presenti Norme Tecniche, ovvero prescritta dalla Direzione Lavori e, infine, quant'altro occorra per dare il lavoro finito a perfetta regola d'arte

Non sono compresi negli articoli di cui sopra gli oneri per:

- le casseforme, salvo quanto diversamente specificato nelle voci di elenco Prezzi;
- le centinature e le armature di sostegno delle casseforme, salvo quelle per getti di luce retta inferiore a quanto indicato nei relativi articoli di elenco Prezzi.

I suddetti articoli verranno contabilizzati con i relativi articoli di Elenco Prezzi.

Si prevede, inoltre, che nel caso di sospensione dei getti per effetto di un abbassamento della temperatura atmosferica ordinata dalla Direzione Lavori, l'Impresa non avrà diritto ad alcun risarcimento, come pure non potrà richiedere alcun compenso per particolari accorgimenti da adottarsi nel caso di esecuzione dei getti a basse temperature.

8.2.2 Casseforme

Le casseforme saranno contabilizzate a parte, solo per quanto sia esplicitamente indicato negli articoli di Elenco Prezzi; i suddetti articoli comprendono tutti gli oneri, le forniture e le prestazioni relative a materiali, mano d'opera, noli, armo, disarmo, sfrido, trasporti, disarmanti, ecc.

In particolare, le casseforme saranno computate in base allo sviluppo delle facce interne a contatto del conglomerato cementizio, ad opera finita.

Le armature di sostegno verranno contabilizzate a parte, solo per quanto sia esplicitamente indicato negli articoli di Elenco Prezzi, che comprendono tutti gli oneri, le forniture e le prestazioni relative a materiali, mano d'opera, noli, armo, disarmo, sfrido, trasporti, disarmanti, ecc., necessari per la loro esecuzione.

8.2.3 Acciaio per c.a. e c.a.p.

L'acciaio in barre per armatura di conglomerati cementizi normali sarà computato in base al peso teorico dei vari diametri nominali indicati nei progetti esecutivi, trascurando le quantità superiori alle indicazioni di progetto, le legature, gli eventuali distanziatori e le sovrapposizioni per le giunte non previste o non necessarie, intendendosi come tali anche quelle che collegano barre di lunghezza inferiore a quella commerciale.

Il peso degli acciai sarà determinato con metodo analitico, misurando lo sviluppo teorico di progetto di ogni barra e moltiplicando per la corrispondente massa lineare nominale di progetto.

Relativamente al peso di trefoli o trecce di acciaio per le strutture in conglomerato cementizio precompresso, questo sarà determinato moltiplicando il loro sviluppo teorico (compreso tra le facce esterne degli apparecchi di appoggio) per il peso dell'unità di misura determinato mediante pesatura.

Il peso dell'acciaio in barre per calcestruzzi precompressi sarà determinato moltiplicando lo sviluppo teorico di progetto delle barre (compreso tra le facce esterne degli apparecchi di ancoraggio) per il peso unitario della barra, calcolato in funzione del diametro nominale e della massa volumica dell'acciaio, pari a 7,85 kg/dm³.

Per quanto concerne, infine, il peso dell'acciaio per le strutture in conglomerato cementizio armato precompresso sia con il sistema a fili aderenti che con il sistema a cavi scorrevoli, questo sarà determinato moltiplicando lo sviluppo teorico di progetto dei cavi (compreso tra le facce esterne degli apparecchi di bloccaggio) per il numero dei fili ovvero dei fili componenti il cavo per il peso unitario dei fili stessi, calcolato in funzione del diametro nominale e della massa volumica dell'acciaio, pari a 7,85 kg/dm³.

Si evidenzia, inoltre, come l'articolo di Elenco Prezzi dell'acciaio per strutture in conglomerato cementizio armato precompresso comprenda la fornitura dell'acciaio, nonché la fornitura e la posa in opera dei materiali e dispositivi necessari alla realizzazione dei diversi tipi di sistemi di precompressione sopra citati, nonché tutti gli oneri necessari per dare l'acciaio in opera in perfetta regola d'arte.

9 NON CONFORMITÀ E SANZIONI

9.1 Conglomerati cementizi

Il calcestruzzo con lavorabilità inferiore, a discrezione della Direzione Lavori, potrà essere:

- respinto (l'onere della nuova fornitura in tal caso resta in capo all'Impresa);
- accettato se esistono le condizioni, in relazione alla difficoltà di esecuzione del getto, per poter conseguire un completo riempimento dei casseri ed una completa compattazione

Tutti gli oneri derivanti dalla maggior richiesta di compattazione restano a carico dell'Impresa.

In merito alla valutazione della sanzione prevista, qualora la resistenza caratteristica riscontrata risultasse minore di non più del 10% rispetto a quella della classe indicata nei calcoli statici e nei disegni di progetto, la Direzione Lavori, d'intesa con il Progettista, effettuerà una determinazione sperimentale della resistenza meccanica del conglomerato in opera e, successivamente, una verifica della sicurezza.

Qualora tale verifica dia esito positivo, il conglomerato cementizio verrà accettato, ma il lotto non soddisfacente i requisiti richiesti verrà decurtato in misura pari al 15% del suo valore.

Nel caso in cui la resistenza caratteristica riscontrata risulti minore di quella richiesta di oltre il 10%, l'Impresa sarà tenuta, a sua totale cura e spesa, alla demolizione ed al rifacimento dell'opera, oppure all'adozione di quei provvedimenti che, proposti dalla stessa, dovranno essere formalmente approvati dalla Direzione Lavori, d'intesa con il Progettista, per diventare operativi.

Nessun indennizzo sarà dovuto all'Impresa se la classe di resistenza risulterà maggiore di quella indicata nei calcoli statici e nei disegni di progetto.

Le stesse modalità verranno applicate ai manufatti prefabbricati.

Nelle opere in cui venissero richiesti giunti di dilatazione o contrazione, ovvero giunti speciali aperti a cuneo, secondo i tipi approvati dalla Direzione Lavori, l'onere relativo all'esecuzione della sede del giunto, compreso quelli di eventuali casseforme, si intende compreso negli articoli di Elenco Prezzi per le murature in genere ed i conglomerati cementizi.

Nel caso di ripristino di elementi strutturali, con la frequenza che riterrà opportuna, la Direzione Lavori eseguirà in corso d'opera le prove di controllo dei requisiti.

Qualora, dalle prove eseguite, risultassero valori inferiori di non più del 10% rispetto a quelli indicati nelle presenti Norme Tecniche o previsti in progetto, la Direzione Lavori, d'intesa con il progettista, effettuerà una verifica della sicurezza statica dell'elemento strutturale soggetto a ripristino/adequamento.

Nel caso che tale verifica dia esito positivo, il materiale verrà accettato, ma il valore della lavorazione verrà decurtata del 25% per tutte le superfici ed i volumi su cui si è operato, oltre che per tutti i prezzi e sovrapprezzi con cui è stata compensata.

Qualora i valori risultassero minori di oltre il 10% rispetto a quelli richiesti e, nel caso in cui, sussistano contemporaneamente più difetti, qualunque siano i valori di scostamento riscontrati rispetto alle previsioni progettuali, l'Impresa sarà tenuta, a sua totale cura e spesa, alla rimozione dei materiali già posti in opera ed al loro ripristino.

Qualora si evidenziassero microfessure, se l'incidenza dell'area fessurata risulterà inferiore al 20% dell'area totale di interventi, su tali superfici (o volumi) verrà applicata la sanzione del 25% per tutti i prezzi ed i sovrapprezzi con i quali è stato compensato il lavoro non idoneo.

Se l'incidenza delle aree fessurate sarà superiore al suddetto 20%, l'Impresa dovrà procedere, a sua cura e spese, alla rasatura ed alla protezione della superficie con filmogeni, di tipologia da concordare con la Direzione Lavori, in accordo con il Progettista.

Nel caso di sistemi protettivi filmogeni, qualora dalle prove eseguite risultassero valori inferiori rispetto a quelli richiesti, l'Impresa sarà tenuta, a sua totale cura e spesa, alla sostituzione dei materiali già posti in opera.

In corso d'opera, la Direzione Lavori effettuerà dei controlli dello spessore sul film umido della singola mano applicata, con le seguenti modalità:

- misura dello spessore mediante "pettine" di idonea gradazione, secondo le specifiche dell'ASTM D 4414 (o D 1212);

- per superfici globali da proteggere inferiori a 2.000 m^2 , almeno una serie di 20 misure;
- per superfici globali da proteggere superiori a 2.000 m^2 , almeno una serie di 40 misure;
- la serie di misure, se possibile, dovrà essere omogeneamente distribuita sulla superficie da verificare ed il suo valore medio non dovrà essere minore di quello di progetto; nel caso risulti un valore medio inferiore allo spessore di progetto, a sua cura e spese, l'Impresa provvederà ad integrare lo spessore mancante, mettendo in atto tutti gli accorgimenti necessari per la buona riuscita dell'integrazione

Le superfici risonanti a vuoto con il controllo al martello saranno verificate in contraddittorio e, su di esse, verrà applicata la sanzione del 25% per tutti i prezzi ed i sovrapprezzi con cui è stato compensato il lavoro risultato non idoneo, salvo richiesta della Direzione Lavori di far effettuare, a cura e spese dell'Impresa, le asportazioni ed il rifacimento del ripristino delle superfici risonanti.

Qualora dal controllo della resistenza del calcestruzzo messo in opera, non risultasse verificata la condizione $R_{ck, STRUTT} \geq 85\% R_{ck}$ si procederà, a cura e spese dell'Impresa, ad un controllo teorico e/o sperimentale della struttura interessata dal quantitativo di conglomerato non conforme, sulla base del valore caratteristico della resistenza strutturale rilevata sullo stesso ($R_{ck, STRUTT}$).

Tali controlli e verifiche formeranno oggetto di una relazione supplementare, nella quale si dimostri che, ferme restando le ipotesi di vincoli e di carico delle strutture, la resistenza è ancora compatibile con le sollecitazioni previste in progetto, secondo le prescrizioni delle vigenti norme di legge.

NOTA Se tale relazione sarà approvata dalla Direzione Lavori, il calcestruzzo verrà contabilizzato in base al valore della resistenza caratteristica rilevata in opera.

Viceversa, nel caso in cui la resistenza non risulti compatibile con le sollecitazioni previste in progetto, la Direzione dei Lavori valuterà come procedere in base alle seguenti ipotesi:

- consolidamento dell'opera o delle parti interessate da non conformità, se ritenuto tecnicamente possibile dalla D.L. sentito il progettista, con i tempi e i metodi che questa potrà stabilire anche su proposta dell'Impresa. Resta inteso che la decisione finale sarà in capo alla Direzione Lavori;
- demolizione e rifacimento dell'opera o delle parti interessate da non conformità.

Tutti gli oneri relativi agli accertamenti di cui sopra, compresi gli eventuali consolidamenti, demolizioni e ricostruzioni, restano in capo all'Impresa.

Nessun indennizzo o compenso sarà dovuto all'Impresa nel caso in cui il valore caratteristico della resistenza strutturale dovesse risultare maggiore di quella indicata nei calcoli statici, nei disegni di progetto e nella tabella di cui al già citato Allegato 1 al presente Capitolato.

NOTA Si specifica, inoltre, che la conformità nei riguardi della resistenza non implica necessariamente la conformità nei riguardi della durabilità o di altre caratteristiche specifiche del calcestruzzo messo in opera; pertanto, qualora non fossero rispettate le richieste di durabilità, la Direzione Lavori potrà ordinare all'Impresa di mettere in atto tutti gli accorgimenti (ad esempio, il ricoprimento delle superfici con guaine, la protezione con vernici o agenti chimici nebulizzati, ecc.) che saranno ritenuti opportuni e sufficienti alla garanzia della vita nominale dell'opera prevista dal progetto.

Tutti gli oneri derivanti dagli interventi anzidetti saranno a carico dell'Impresa.

9.2 Acciaio per c.a. e c.a.p.

Per le barre di acciaio zincato che non soddisfano i requisiti di cui alle UNI EN ISO 1461, relativamente alle caratteristiche delle protezioni anticorrosive e/o ad altre caratteristiche prestazionali, ma che comunque non concorrano a compromettere la resistenza dei dispositivi, si procederà all'applicazione di una sanzione in percentuale sul prezzo pari a quelle di seguito indicate:

- fino al 10% in meno di protezione anticorrosiva o di altre caratteristiche prestazionali, sanzione del 10%;
- dal 10% al 20% in meno di protezione anticorrosiva o di altre caratteristiche prestazionali, sanzione del 15%;
- oltre il 20% in meno di protezione anticorrosiva o di altre caratteristiche prestazionali, sostituzione dei materiali in difetto

10 COLLAUDO

Il Collaudatore, alla fine dei lavori di realizzazione delle opere, dovrà procedere al collaudo delle opere in c.a. ed in c.a.p., allo scopo di accertarne la rispondenza alle indicazioni progettuali. Nel dettaglio, le attività di collaudo sono distinte nelle due tipologie di verifiche di seguito riportate, che devono essere attuate in sequenza:

- il Collaudo tecnico amministrativo, che consiste nella verifica puntuale della rispondenza tra opere realizzate ed opere progettate, con particolare riferimento alle caratteristiche geometriche e dimensionali delle opere, alle caratteristiche strutturali, a quelle acustiche dei singoli componenti e, quindi, del sistema nel complesso, oltre che della rispondenza dei valori indicati nei Rapporti di Prova e nella Marcatura CE specificati nel progetto;
- la verifica dell'avvenuta mitigazione acustica, da attuare attraverso l'esecuzione di rilevazioni fonometriche in corrispondenza di punti di misura significativi, da individuare congiuntamente con la Direzione Lavori.

NOTA La non rispondenza di una o più delle verifiche di cui al primo punto non consente l'esecuzione delle verifiche di cui al secondo ciò, in quanto, tali non rispondenze sono da imputarsi ad errori di esecuzione e, di conseguenza, rendono non collaudabile e liquidabile il lavoro.

11 MANUTENZIONE

11.1 Contenuti ed articolazione del Piano di Manutenzione

Sulla base di quanto indicato all'art.38 del D.P.R. n.207/2010, che riporta il "Regolamento di esecuzione ed attuazione del decreto legislativo 12 aprile 2006, n.163 e s.m.i., recante il «Codice dei contratti pubblici relativi a lavori, servizi e forniture in attuazione delle direttive 2004/17/CE e 2004/18/CE»", il Piano di Manutenzione è costituito dai seguenti documenti operativi:

- Manuale d'uso, che riporta i metodi di ispezione da utilizzare allo scopo di individuare i possibili guasti che possono influenzare la durabilità del bene, la cui risoluzione consente di garantire l'allungamento della vita utile del sistema antirumore ed il mantenimento del valore patrimoniale dello stesso;
- Manuale di manutenzione, che costituisce lo strumento in grado di gestire un contratto di manutenzione ordinaria e l'eventuale ricorso ai centri di assistenza o di servizio;

- Programma di manutenzione, che definisce e programma gli interventi necessari a garantire la funzionalità, la durabilità ed il corretto esercizio del manufatto, nonché la frequenza, gli oneri e le strategie di attuazione degli interventi da realizzare nel medio e nel lungo periodo; in particolare, tale programma deve essere definito in funzione delle prestazioni attese (per classe di requisito), dei controlli da eseguire nei successivi momenti del ciclo di vita dell'opera (dinamica delle prestazioni), oltre che dell'organizzazione temporale degli interventi di manutenzione da realizzare.

Si ritiene comunque opportuno evidenziare come, già nelle fasi di esecuzione delle scelte progettuali e costruttive, si dovrà tener conto dell'esigenza di minimizzare la necessità di prevedere interventi di manutenzione sulle opere realizzate.

12 **NORMATIVE E RIFERIMENTI**

Le presenti prescrizioni si intendono integrative delle Norme Tecniche di cui al D.M. 14 gennaio 2008, emanate in applicazione all'art. 52 del DPR n° 380 del 06/06/2001.

I lavori e le verifiche saranno eseguiti in accordo alle disposizioni di legge, alle istruzioni ed alle normative tecniche applicabili, nonché a tutte quelle indicate nel presente documento.

In ogni caso, viene considerata valida l'edizione della norma vigente al momento del ritiro dei documenti di gara, nonché gli eventuali aggiornamenti sopravvenuti successivamente, purché concordati tra le parti.

Gli elaborati di progetto dovranno indicare tutte le tipologie di calcestruzzo ed i tipi di acciaio da impiegare.

12.1 Leggi e normative sugli aspetti strutturali

- Legge 5 novembre 1971, n. 1086 "Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica" (G.U. n. 321 del 21.12.1971);

- Decreto del Presidente della Repubblica n. 380 del 6 giugno 2001 “Testo Unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia edilizia” (S.O. n. 239 alla G.U. n. 245 del 20-10-2001);
- D.M. 14 gennaio 2008 “Norme tecniche per le costruzioni” (S.O. n. 30 alla G.U. n. 29 del 4 febbraio 2008) e norme o documenti esplicitamente richiamati dal Decreto Ministeriale;
- Circolare esplicativa al D.M. 14 gennaio 2008, n. 617 del 2 febbraio 2009 (S.O. n. 27 alla G.U. n. 47 del 26-02-2009)
- Decreto Ministeriale 31 luglio 2012, che riporta la “Approvazione delle appendici nazionali recanti i parametri tecnici per l’applicazione degli Eurocodici”
- Norma UNI EN 1990 “Eurocodice - Criteri generali di progettazione strutturale”
- Norma UNI EN 1991 “Eurocodice 1 - Azioni sulle strutture” Parti 1-2-3-4-5-6-7
- Norma UNI EN 1997 “Eurocodice 7 - Progettazione geotecnica” Parti 1-2
- Norma UNI EN 1998-5 “Eurocodice 8 - Progettazione delle strutture per la resistenza sismica”

12.2 Leggi e normative inerenti il rilascio della Marcatura CE

- UNI EN ISO 1460
- UNI EN ISO 1461
- UNI EN ISO 9001
- UNI EN ISO 14001
- UNI EN 196-7
- UNI EN 197-1
- UNI EN 206
- UNI EN 445
- UNI EN 446

- UNI EN 450
- UNI EN 447
- UNI EN 480
- UNI EN 933
- UNI EN 934
- UNI EN 1008
- UNI EN 1504
- UNI EN 1097
- UNI EN 1179
- UNI EN 1992 (Eurocodice 2)
- UNI EN 10204
- UNI EN 12620
- UNI EN 12350
- UNI EN 12390
- UNI EN 12504
- UNI EN 13055
- UNI EN 13263
- UNI EN 13670-1
- UNI EN 14487
- UNI EN 14488
- UNI EN 14651
- UNI EN 14721

- UNI EN 14889
- UNI EN 15167
- UNI EN 45012
- UNI CEN/TS 14754
- UNI 6556
- UNI 7122
- UNI 7123
- UNI 8146
- UNI 8148
- UNI 8520
- UNI 8866
- UNI 9606
- UNI 11039
- UNI 11104
- UNI 11146
- UNI 11201
- UNI 11307
- UNI 11417-1
- UNI 11417-2
- UNI 111039
- ASTM C1609
- ASTM D 1212

- ASTM D 4414
- BS 1881
- CNR DT 204/2006 Istruzioni per la Progettazione, l'Esecuzione ed il Controllo di Strutture di Calcestruzzo Fibro-rinforzato

13.1 Caratteristiche dei materiali costituenti i conglomerati cementizi

13.1.1 Cemento

13.1.1.1 *Considerazioni generali*

Il cemento deve essere scelto tra quelli considerati più idonei, tenendo in considerazione:

- le condizioni stagionatura influenti sui tempi di presa ed indurimento;
- le dimensioni della struttura ed i relativi gradienti termici derivanti dallo sviluppo di calore di idratazione;
- l'esposizione agli specifici agenti aggressivi;
- la potenziale reattività degli aggregati nel cemento

In particolare, qualora vi sia l'esigenza di eseguire getti massivi, al fine di limitare l'innalzamento della temperatura all'interno del getto in conseguenza della reazione di idratazione del cemento, sarà opportuno utilizzare cementi comuni a basso calore di idratazione contraddistinti dalla sigla LH, contemplati dalla norma UNI EN 197-1.

Se è prevista una classe di esposizione XA, secondo le indicazioni della norma UNI EN 206 o della norma UNI 11104, conseguente ad un'aggressione di tipo solfatico, sarà necessario utilizzare cementi resistenti ai solfati, in accordo con la UNI EN 197-1 § 6.2.

In caso la classe di esposizione XA sia dovuta al contatto del conglomerato con acque dilavanti, è consigliabile l'impiego di cementi resistenti al dilavamento secondo UNI 9606.

In caso di esposizione dell'opera ai cloruri con le solette da ponte, è raccomandabile l'impiego di cementi pozzolanici o d'altoforno, come specificato anche nella UNI 11417-1.

Nel caso di possibile rischio di reazione alcali-aggregati, è raccomandabile l'impiego di cementi con contenuto di alcali ridotto e/o di tipo pozzolanico, conformemente a quanto indicato nella UNI 11417-2.

La temperatura del cemento al momento del confezionamento del calcestruzzo non dovrà superare il valore di 55°C.

13.1.1.2 Controlli sul cemento

Controllo della documentazione

In cantiere o presso l'impianto di preconfezionamento del calcestruzzo, è ammessa esclusivamente la fornitura di cementi di cui al precedente par. 13.1.2.1.

Tutte le forniture di cemento devono essere accompagnate dall'attestato di conformità CE e dalla scheda tecnica indicante le caratteristiche chimico-fisiche del cemento.

Le forniture effettuate da un intermediario, ad esempio un importatore, dovranno essere accompagnate dall'Attestato di Conformità CE rilasciato dal produttore di cemento e completato con i riferimenti ai Documenti di Trasporto dei lotti consegnati dallo stesso intermediario.

La Direzione dei Lavori è tenuta a verificare periodicamente quanto sopra indicato; in particolare, la corrispondenza del cemento consegnato, come rilevabile dalla documentazione anzidetta, con quello previsto per la realizzazione dei calcestruzzi.

Controllo di accettazione

La Direzione dei Lavori potrà richiedere controlli di accettazione sul cemento in arrivo in cantiere; in particolare, nel caso in cui il calcestruzzo sia prodotto da impianto di preconfezionamento installato all'interno del cantiere stesso e non operante con processo industrializzato (di cui al precedente par. 6.1).

Il prelievo del cemento dovrà avvenire al momento della consegna, in conformità alla norma UNI EN 196-7.

L'Impresa dovrà assicurarsi, prima del campionamento, che il sacco da cui si effettua il prelievo sia in perfetto stato di conservazione o, alternativamente, che l'autobotte sia ancora munita di sigilli; il campionamento sarà effettuato in contraddittorio con un rappresentante del produttore di cemento.

Il controllo di accettazione di norma potrà avvenire indicativamente ogni 5.000 tonnellate di cemento consegnato.

Il campione di cemento prelevato sarà suddiviso in almeno tre parti di cui una verrà inviata ad un Laboratorio di cui all'art. 59 del D.P.R. n. 380/2001 scelto dalla Direzione dei Lavori, un'altra è a disposizione dell'impresa e la terza rimarrà custodita, in un contenitore sigillato, per eventuali controprove. Nel caso di specifici requisiti composizionali, potrà essere richiesta la verifica di alcuni parametri, quali ad esempio il contenuto di alcali, il calore d'idratazione, il contenuto di C3A.

13.1.2 Aggiunte minerali

13.1.2.1 Considerazioni generali

Le aggiunte di tipo I (praticamente inerti), sia di origine naturale che artificiale, dovranno essere conformi ai requisiti previsti nella UNI EN 12620 per i filler.

Per le aggiunte di tipo II (pozzolaniche o ad attività idraulica latente), si farà riferimento alla UNI 11104 § 4.2 ed alla UNI EN 206 § 5.1.6 e § 5.2.5.

La conformità delle aggiunte alle relative norme dovrà essere dimostrata in fase di verifica preliminare delle miscele di cui al successivo precedente 6 e, in seguito, ogni qualvolta la Direzione dei Lavori ne faccia richiesta.

Tutte le forniture di cemento devono essere accompagnate dall'attestato di conformità CE e dalla scheda tecnica indicante le caratteristiche chimico-fisiche e prestazionali delle aggiunte.

Le aggiunte di tipo II indicate nella UNI EN 206 § 5.1.6 possono essere prese in conto nella composizione del calcestruzzo introducendo il coefficiente k , definito al § 5.2.5.1 della UNI-EN 206.

Utilizzando un adeguato valore del coefficiente k , funzione del tipo di aggiunta e del tipo di cemento con il quale essa viene combinata, nella valutazione del rispetto dei limiti composizionali contenuti nel Prospetto F.1 della UNI EN 206 e nel prospetto 4 della UNI 11104, sarà possibile:

- sostituire il rapporto “a/c” del calcestruzzo con il rapporto “a/(c + k × aggiunta)”;
- sostituire il dosaggio di cemento del calcestruzzo “c” con la quantità “c + k × aggiunta”

13.1.2.2 Ceneri volanti

Le ceneri volanti (cv) provenienti dalla combustione del carbone, ai fini dell'utilizzazione nel calcestruzzo come aggiunte di tipo II, devono essere conformi ai requisiti della UNI EN 450/1,2 sintetizzati nella tabella riportata nell'Allegato 2 al presente Capitolato (par.14.2) e provviste di marcatura CE, in ottemperanza alle disposizioni legislative in materia di norma armonizzata. Le ceneri non conformi alla UNI EN 450, ma conformi alla UNI EN 12620, possono essere utilizzate nel calcestruzzo come aggregato.

Nella seguente Tabella 13 sono riportati i valori del coefficiente k per le ceneri volanti, distinti in funzione del tipo di cemento.

Tabella 13: Valori del coefficiente k per ceneri volanti conformi alla UNI EN 450 (Prosp. 3, UNI 11104)

| Tipo di cemento | Classi di resistenza | Valori di k |
|-----------------|------------------------|-------------|
| CEM I | 32.5 N, R | 0.2 |
| CEM I | 42.5 N, R 52.5 N, R | 0.4 |
| CEM II/A | 32.5 N, R 42.5 N, R | 0.2 |
| CEM III/A | 32.5 N, R 42.5 N, R | 0.2 |

| | | |
|----------|-----------|-----|
| CEM IV/A | 32.5 N, R | 0.2 |
| | 42.5 N, R | |
| CEM V/A | 32.5 N, R | 0.2 |
| | 42.5 N, R | |

Valgono le seguenti limitazioni:

- in caso di utilizzo con CEM I, il rapporto in massa c_v/c non deve essere superiore a 0,33;
- in caso di utilizzo con CEM II/A, il rapporto in massa c_v/c non deve essere superiore a 0,25;
- la quantità $(c + k \times c_v)$ non deve essere inferiore al dosaggio minimo di cemento richiesto per la specifica classe di esposizione;
- il rapporto $a/(c + k \times c_v)$ non deve essere inferiore al valore massimo del rapporto a/c richiesto per la specifica classe di esposizione

Le normative attualmente in vigore non definiscono un valore limite del rapporto in massa c_v/c nel caso di utilizzo in combinazione con cementi diversi dal CEM I e dal CEM II/A.

In attesa di ulteriori sviluppi normativi, si prescrive un valore limite pari a 0,20 del rapporto in massa c_v/c nel caso di utilizzo in combinazione con CEM III/A, CEM IV/A e CEM V/A.

Nel caso di utilizzo di quantitativi di cenere superiori a quelli sopra indicati, il quantitativo in eccesso non potrà essere utilizzato nel calcolo della quantità $(c + k \times c_v)$ e del rapporto $a/(c + k \times c_v)$.

Nel caso vengano impiegate ceneri di classe B o C, con tenore di incombusto $> 5\%$, particolare attenzione dovrà essere posta alla verifica della costanza dei risultati nel raggiungimento della lavorabilità, delle prestazioni meccaniche, del contenuto di aria inglobata e, ove richiesto, anche di aspetti estetici legati alla risalita dell'incombusto in superficie.

13.1.2.3 Fumo di silice

Il fumo di silice (fs) proveniente dalle industrie che producono il silicio metallico e le leghe ferro-silicio, al fine dell'utilizzazione nel calcestruzzo come aggiunta di tipo II, deve essere conforme ai requisiti della UNI EN 13263 parti 1 e 2 per fumi di silice di classe 1, sintetizzati nella tabella riportata nell'Allegato 3 al presente Capitolato (par.14.3) e provvisto di marcatura CE, in ottemperanza alle disposizioni legislative in materia di norma armonizzata.

Il fumo di silice può essere utilizzato allo stato naturale (in polvere così come ottenuto all'arco elettrico), addensato in particelle di maggiori dimensioni, o come sospensione liquida (c.d. "slurry") di particelle con contenuto secco del 50% in massa, oppure in sacchi di premiscelato contenenti fumo di silice ed additivo superfluidificante. Se impiegato in forma di slurry, il quantitativo di acqua apportato dalla sospensione contenente fumo di silice dovrà essere tenuto in conto nel calcolo del rapporto acqua/cemento equivalente.

Ai fini del calcolo del rapporto a/c equivalente e del dosaggio di cemento equivalente, il coefficiente k verrà desunto dal prospetto seguente, che deve intendersi generalmente riferito a fumi di silice utilizzati nel confezionamento di calcestruzzi, impiegando esclusivamente cementi tipo I e CEM II-A di classe 42, 5N e 42,5R conformi alla UNI EN 197-1:

- per un rapporto acqua/cemento prescritto $\leq 0,45$ $k = 2,0$
- per un rapporto acqua/cemento prescritto $> 0,45$ $k = 2,0$ (eccetto $k = 1,0$ in presenza delle classi di esposizione XC e XF)

L'impiego di fumo di silice con cementi diversi da quelli sopra menzionati è subordinato all'approvazione preliminare della Direzione dei Lavori.

Valgono le seguenti limitazioni:

- la quantità (cemento + $k \times fs$) non deve essere inferiore al dosaggio minimo di cemento richiesto per la specifica classe di esposizione;
- il dosaggio minimo di cemento non deve essere diminuito più di 30 kg/m^3 per calcestruzzi in classi di esposizione per le quali il dosaggio minimo di cemento è $\leq 300 \text{ kg/m}^3$;
- il rapporto $a/(c + k \times fs)$ non deve essere inferiore al valore massimo del rapporto a/c richiesto per la specifica classe di esposizione;
- la quantità massima di fumo di silice che può essere considerata agli effetti del calcolo della quantità $(c + k \times fs)$ e del rapporto $a/(c + k \times fs)$ deve soddisfare il requisito: $fs/c \leq 0.11$

13.1.2.4 Loppa d'altoforno macinata

La loppa d'altoforno macinata (ggbbs), ai fini dell'utilizzazione nel calcestruzzo come aggiunta di tipo II, deve essere conforme ai requisiti della UNI EN 15167 parti 1 e 2 sintetizzati nella tabella riportata nell'Allegato 4 al presente Capitolato (par.14.4) e provvista di marcatura CE, in ottemperanza alle disposizioni legislative in materia di norma armonizzata.

Per la loppa d'altoforno macinata conformi alla UNI EN 15167, impiegata in combinazione con cementi tipo CEM I e CEM II/A conformi alla UNI EN 197-1, si potrà assumere un valore di $k = 0,60$.

La quantità massima di loppa d'altoforno macinata che può essere considerata agli effetti del calcolo della quantità $(c + k \times \text{ggbbs})$ e del rapporto $a/(c + k \times \text{ggbbs})$ deve soddisfare il requisito:

- $\text{ggbbs}/c \leq 1$

13.1.2.5 Altri tipi di aggiunta minerale ad attività pozzolanica

Altri tipi di aggiunte minerali ad attività pozzolanica, diversi da quelli sopra menzionati, possono essere impiegati se in possesso di specifico Benestare Tecnico Europeo o di Certificato di Idoneità Tecnica all'impiego in ambito nazionale rilasciato del Servizio Tecnico Centrale del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici.

In assenza di tali certificazioni, questi tipi di aggiunta potranno essere considerati solo come aggiunte di tipo I con relativo obbligo di conformità ai requisiti previsti nella UNI EN 12620 per i filler.

13.1.3 Aggregati

Gli aggregati impiegati per il confezionamento del calcestruzzo potranno provenire da vagliatura e trattamento dei materiali alluvionali o da frantumazione di materiali di cava; essi dovranno possedere marcatura CE secondo il D.P.R. n. 246/93 e successivi decreti attuativi. Copia della documentazione dovrà essere custodita dalla Direzione dei Lavori e dall'Impresa. In assenza di tali certificazioni, il materiale non potrà essere posto in opera e dovrà essere allontanato e sostituito con materiale idoneo.

L'attestazione di marcatura CE dovrà essere consegnata alla Direzione Lavori ad ogni eventuale cambiamento di cava.

Gli aggregati saranno conformi ai requisiti delle norme UNI EN 12620 e UNI 8520-2 con i relativi riferimenti alla destinazione d'uso del calcestruzzo (§ 4.8 della UNI 8520-2) sintetizzati nella tabella riportata nell'Allegato 5 al presente Capitolato (par. 14.5).

La massa volumica media del granulo in condizioni s.s.a. (saturo a superficie asciutta) deve essere pari o superiore a 2.300 kg/m^3 . A questa prescrizione si potrà derogare solo in casi di comprovata impossibilità di approvvigionamento locale, purché sia dimostrato, mediante adeguato studio sui calcestruzzi da confezionare, che vengano rispettate le prescrizioni in termini di resistenza caratteristica a compressione e di durabilità. Per opere caratterizzate da un elevato rapporto superficie/volume, laddove assume un'importanza predominante la minimizzazione del ritiro igrometrico del calcestruzzo, occorrerà preliminarmente verificare che l'impiego di aggregati di minore massa volumica non determini un incremento del ritiro rispetto ad un analogo conglomerato confezionato con aggregati di massa volumica media maggiore di 2.300 kg/m^3 .

Per i calcestruzzi con classe di resistenza a compressione maggiore di C(50/60) dovranno essere utilizzati aggregati di massa volumica maggiore di 2.600 kg/m^3 .

È consentito l'uso di aggregati grossi provenienti da riciclo anch'essi con obbligo di marcatura CE, nel rispetto delle limitazioni imposte dal § 11.2.9.2 del D.M. 14/01/2008, purché l'utilizzo non pregiudichi alcuna caratteristica del calcestruzzo, né allo stato fresco, né indurito (si veda nota del succitato Allegato 5 par. 14.5).

Per diametri massimi fino a 12mm, è consentita la combinazione di sole due classi granulometriche. Oltre tale limite, dovrà essere invece prevista la combinazione di almeno 3 classi.

13.1.4 Acqua di impasto

Per la produzione del calcestruzzo dovranno essere impiegate le acque potabili e quelle di riciclo conformi alla UNI EN 1008:2003, secondo quanto sintetizzato nella tabella riportata nell'Allegato 6 al presente Capitolato (par.14.6).

Gli additivi per la produzione del calcestruzzo devono possedere la marcatura CE ed essere conformi, in relazione alla particolare categoria di prodotto cui essi appartengono (riduttori d'acqua/ fluidificanti, riduttori d'acqua ad alta efficacia/superfluidificanti, ritardanti, acceleranti, aeranti, modificatori di viscosità, ecc.), ai requisiti imposti dai rispettivi prospetti della norma UNI EN 934 (parti 2, 3, 4 e 5).

I prodotti filmogeni antievaporanti dovranno essere conformi alla norma UNI CEN/TS 14754-1.

Il loro utilizzo deve anche prevedere la verifica che il materiale impiegato sia compatibile con prodotti di successive lavorazioni (ad esempio, con primer di adesione). In caso contrario, prima di eseguire il successivo getto, si deve procedere a ravvivare la superficie.

Per altri additivi che non rientrano nelle classificazioni della norma armonizzata, si dovrà verificarne l'idoneità all'impiego in funzione dell'applicazione e delle proprietà richieste per il calcestruzzo.

Ad esempio, nel caso di impiego di additivi riduttori di ritiro (SRA) non rientranti nella UNI EN 934, dovrà essere verificata l'entità di riduzione di ritiro igrometrico secondo UNI 11307:2008, ai dosaggi di impiego previsti, rispetto ad un calcestruzzo di pari composizione, privo dell'additivo.

È onere dell'Impresa verificare preliminarmente i dosaggi ottimali di additivo per conseguire le prestazioni reologiche, fisiche e meccaniche richieste oltre che per valutare eventuali effetti indesiderati. Per la produzione degli impasti, è opportuno che vi sia un impiego costante di additivi fluidificanti/riduttori di acqua o superfluidificanti/riduttori di acqua ad alta efficacia, per limitare il contenuto di acqua di impasto, migliorare la stabilità dimensionale del calcestruzzo e la durabilità delle opere.

La percentuale d'acqua contenuta negli additivi dovrà essere computata nel calcolo del rapporto acqua-cemento, qualora il dosaggio degli additivi superi i 3 litri /m³.

Per le riprese di getto si potrà far ricorso all'utilizzo di ritardanti di presa e degli adesivi per riprese di getto; in ogni caso, dovrà essere evitata qualsiasi soluzione di continuità degli elementi strutturali (vedi par. 7.3.5).

Nel periodo invernale, al fine di evitare i danni derivanti dalla azione del gelo, in condizioni di maturazione al di sotto dei 5 °C, oltre che agli additivi superfluidificanti, si farà ricorso all'utilizzo di additivi acceleranti di presa e di indurimento privi di cloruri (vedi par. 7.3.3).

Per le strutture sottoposte all'azione del gelo e del disgelo, si farà ricorso all'impiego di additivi aeranti come prescritto dalle norme UNI EN 206 e UNI 11104. Particolare attenzione andrà posta, in questo caso, alla stabilità dell'aria sviluppata nella miscelazione durante il trasporto e nel caso di impiego di ceneri volanti. La percentuale di aria inglobata andrà comunque verificata al momento del getto, mediante misura sia della massa volumica allo stato fresco, secondo UNI EN 12350/6, sia del volume di aria inglobata, secondo UNI EN 12350/7.

Nel caso di impiego di calcestruzzi auto compattanti (SCC), potrà essere previsto l'impiego di modificatori della viscosità conformi alla UNI EN 934-2 e caratterizzati secondo la UNI EN 480-15.

Tutte le forniture degli additivi dovranno essere accompagnate dall'attestato di conformità CE o, in assenza di norma armonizzata con obbligo di marcatura CE, da altra certificazione del produttore secondo le norme volontarie in vigore e dalla scheda tecnica indicante le caratteristiche chimico-fisiche e prestazionali dei prodotti.

La Direzione Lavori, oltre a verificare suddetta documentazione, in fase di accettazione potrà richiedere la verifica di alcune caratteristiche come indicato nella tabella riportata nell'Allegato 7 al presente Capitolato (par. 14.7).

13.1.6 Agenti espansivi non metallici

Per il confezionamento di calcestruzzi a ritiro compensato (vedi par. 6.2.1.3) si potrà fare uso di agenti espansivi non metallici, per lo più a base di ossido di calcio, conformi alla UNI 8146, come sintetizzato nella tabella riportata nel succitato Allegato 7 (par.14.7); in particolare:

- i tempi di inizio e fine presa misurati secondo UNI 7123 del calcestruzzo contenente l'agente espansivo non devono variare di più di ± 30 min rispetto a quelli del calcestruzzo non additivato di pari classe di consistenza;
- la resistenza a compressione a 28 giorni, misurata secondo UNI EN 12390/3 sul calcestruzzo contenente l'agente espansivo, non deve risultare inferiore a quella del calcestruzzo non additivato di pari classe di consistenza;
- l'espansione contrastata secondo UNI 8148:
 - con metodo A (a 20°C in acqua satura di calce) dovrà essere a 7 giorni $> 200 \mu\text{m/m}$; a 28 giorni non inferiore di quella registrata a 7 giorni;

- con metodo B (a 20°C nei primi 2 gg a UR >95% e con protezione di pellicola plastica, poi all'aria con UR 55+5%), la norma non prevede dei limiti, che andranno concordati con il produttore (si vedano par.13.3.11.6 e par. 6.2.1.3).

La fornitura degli espansivi dovrà essere accompagnata da una certificazione del produttore, che attesti la conformità del prodotto ai requisiti sopraelencati e dalla scheda tecnica indicante le caratteristiche chimico-fisiche e prestazionali dei prodotti.

La Direzione Lavori, oltre a verificare suddetta documentazione, in fase di accettazione potrà richiedere la verifica di alcune caratteristiche come indicato nella tabella di cui in Allegato 7 (par. 14.7).

13.2 Fibre

13.2.1 Fibre per uso strutturale

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- Fibre per uso strutturale per opere all'aperto:
- B.05.018 FIBRE DI POLIPROPILENE
- B.05.019 FIBRE IN ACCIAIO PER ARMATURA DI CALCESTRUZZO
- Fibre per uso strutturale per opere in sotterraneo:
- C.02.012 FIBRE IN ACCIAIO PER ARMATURA DI CALCESTRUZZO IN GALLERIA

13.2.1.1 Caratteristiche tecniche

Per il confezionamento di calcestruzzi fibro-rinforzati o di calcestruzzi proiettati si potranno impiegare le seguenti fibre per uso strutturale:

- metalliche conformi alla UNI EN 14889-1;
- polimeriche conformi alla UNI EN 14889-2.

Le fibre metalliche in acciaio presentano un elevato rapporto d'aspetto (definito come il rapporto tra la lunghezza della fibra e il suo diametro equivalente) e per migliorare ulteriormente l'ancoraggio delle fibre al calcestruzzo, le estremità spesso vengono sagomate.

Le fibre polimeriche in polipropilene ad alto modulo elastico oltre a contrastare il fenomeno fessurativo della matrice cementizia garantiscono un aumento della resistenza a trazione del calcestruzzo. Possono avere diverse forme, oltre a quella semplicemente rettilinea

Le fibre per uso strutturale comunemente impiegate nei materiali cementizi, hanno una lunghezza variabile tra 1 e 80 mm e un rapporto d'aspetto compreso tra 50 e 400.

Il dosaggio minimo delle fibre per uso strutturale deve essere \geq allo 0,3% in volume. I dosaggi normalmente impiegati per le fibre in acciaio variano da 25 a 60 kg/m³ cui corrispondono percentuali volumetriche comprese tra 0,30% e 0,75%.

Relativamente alle fibre metalliche e polimeriche la Direzione Lavori, oltre a verificare la presenza dell'attestato di conformità CE e della scheda tecnica indicante le caratteristiche chimico-fisiche e prestazionali dei prodotti - in fase di accettazione - potrà richiedere la verifica di alcune caratteristiche, come indicato nella tabella di cui al succitato Allegato 8, par. 14.8, oltre che come riportato anche al successivo par. 2.2.1 per i calcestruzzi fibro-rinforzati.

13.3 Caratteristiche dei conglomerati cementizi

13.3.1 Reologia degli impasti e granulometria degli aggregati

Gli aggregati per il confezionamento del calcestruzzo, oltre a soddisfare le prescrizioni precedentemente riportate, dovranno appartenere a non meno di tre classi granulometriche diverse.

La percentuale di impiego di ogni singola classe granulometrica verrà stabilita dal produttore con l'obiettivo di conseguire la massima densità dell'impasto, garantendo i requisiti di lavorabilità e di resistenza alla segregazione di cui ai punti seguenti.

La curva granulometrica ottenuta dalla combinazione degli aggregati disponibili, inoltre, sarà quella capace di soddisfare le esigenze di posa in opera richieste dall'impresa (ad esempio, il pompaggio), quelle di resistenza meccanica a compressione e di durabilità richieste per il conglomerato.

La dimensione nominale massima dell'aggregato (D_{MAX}) è funzione delle dimensioni dei copriferri ed interferri, delle caratteristiche geometriche delle casseforme, delle modalità di getto e del tipo di mezzi d'opera. Essa sarà definita dalle prescrizioni di progetto per ciascuna tipologia di calcestruzzo (vedi Tabella 2 riportata nel successivo par. 2.2).

In assenza di altro specifico riferimento, si considerino le seguenti limitazioni:

- D_{MAX} < copriferro
- D_{MAX} < interferro minimo – 5 mm
- D_{MAX} < ¼ della sezione minima della struttura

13.3.2 Lavorabilità

La misura della lavorabilità verrà condotta in accordo alla UNI-EN 206 e UNI EN 206-9 (Regole complementari per il calcestruzzo autocompattante), dopo aver proceduto a scaricare dalla betoniera almeno 0,3 m³ di calcestruzzo, ovvero a 1/5 dello scarico, e sarà effettuata mediante differenti metodologie.

In particolare, la lavorabilità del calcestruzzo dovrà essere definita mediante:

- tempo di vibrazione Vebè (UNI EN 12350-3), in caso di calcestruzzi a consistenza asciutta soprattutto se con comportamento tixotropico;
- il valore dell'abbassamento al cono di Abrams (UNI-EN 12350-2), che definisce la classe di consistenza o uno slump numerico di riferimento oggetto di specifica, per abbassamenti fino a 230 mm;
- la misura del diametro di spandimento alla tavola a scosse (UNI-EN 12350-5), per abbassamenti superiori a 230 mm; la ripetizione della misura di spandimento dopo 60' dal confezionamento potrà essere indicata per il controllo della segregazione della miscela;

- per i calcestruzzi autocompattanti (SCC), la misura dello spandimento (slump-flow) e del tempo di spandimento (UNI-EN 12350-8) e della segregazione mediante setacciatura (UNI EN 12350-11). In relazione alla severità delle condizioni di getto (funzione ad esempio della densità delle armature, della geometria della struttura, della distanza di scorrimento), una eventuale caratterizzazione reologica più completa potrà essere richiesta secondo le procedure delle UNI-EN 12350 - 9, 10 e 12

I limiti e le tolleranze per le varie classi di consistenza sono quelli definiti nel prospetto 11 della UNI EN 206 e nella UNI EN 206-9 per i calcestruzzi auto compattanti.

Se il conglomerato cementizio viene pompato, il valore della lavorabilità dovrà essere misurato prima dell'immissione nella pompa.

13.3.3 Rapporto acqua/cemento

Il quantitativo di acqua efficace a_{eff} da prendere in considerazione nel calcolo del rapporto a/c equivalente è quello realmente a disposizione dell'impasto, dato dalla somma di:

- (a_{agg}): quantitativo di acqua ceduto o sottratto dall'aggregato se caratterizzato rispettivamente da un tenore di umidità maggiore o minore dell'assorbimento (cioè del tenore di umidità che individua la condizione di saturo a superficie asciutta);
- (a_{add}): aliquota di acqua introdotta tramite gli additivi liquidi (se utilizzati in misura superiore a 3 l/m³) o le aggiunte minerali in forma di slurry;
- (a_m): aliquota di acqua introdotta nel mescolatore/autobetoniera;

ottenendo la formula:

$$a_{eff} = a_m + a_{agg} + a_{add}$$

Il rapporto acqua/cemento sarà quindi da considerarsi come un rapporto acqua/cemento equivalente, individuato dall'espressione più generale:

$$\left(\frac{a}{c} \right)_{eq} = \frac{a_{eff}}{(c + K_{cv} * cv + K_{fs} * fs)}$$

nella quale vengono considerate le eventuali aggiunte di tipo II (vedi precedente par. 13.1.2) all'impasto nell'impianto di betonaggio.

I termini utilizzati nell'espressione precedente sono:

- c : dosaggio di cemento per m^3 di impasto;
- agg_{II} : dosaggio dell'aggiunta minerale di tipo II (ceneri volanti, fumo di silice, loppa d'altoforno o altra sottoposta a benestare tecnico europeo) per m^3 di impasto;
- K_{II} : coefficiente di equivalenza della aggiunta minerale di tipo II desunti dalle norme UNI-EN 206 ed UNI 11104 (vedi precedenti par. 13.1.2.2, par. 13.1.2.3 e par. 13.1.2.4), ovvero da uno specifico benestare tecnico europeo

L'attuale panorama normativo non consente di valutare uno o più coefficienti K_{II} da utilizzare nel caso di uso combinato di più aggiunte minerali di tipo II. In tal caso, sarà pertanto possibile considerare, ai fini del calcolo del rapporto $(a/c)_{eq}$ soltanto una delle aggiunte utilizzate.

La stessa limitazione vale anche per la definizione del dosaggio complessivo di legante, ai fini del confronto con il valore di c_{min} prescritto nel prospetto F della UNI EN 206 e nel prospetto 4 della UNI 11104.

Le modalità per la verifica del rapporto acqua-cemento in corso d'opera si articolano in tre fasi:

- in fase di carico della miscela all'impianto di betonaggio, attraverso il controllo della taratura delle sonde di lettura dell'umidità degli aggregati mediante essiccazione diretta degli stessi prima del carico e della verifica dei dosaggi effettivi e della resa dei vari componenti risultanti dai tabulati di carico tenendo conto dell'umidità degli aggregati, del loro assorbimento d'acqua e della misura diretta della massa volumica a fresco;
- in cantiere o all'impianto di betonaggio, attraverso la misura della densità di un campione di calcestruzzo e della sua essiccazione secondo la procedura UNI 11201. Secondo questo metodo di misura l'acqua efficace viene calcolata sottraendo a quella totale direttamente misurata la quantità di acqua assorbita dagli aggregati desunta dalle percentuali calcolate nella rese delle pesate dell'impianto. Anche il rapporto acqua-cemento viene calcolato sulla base del dosaggio di cemento risultante dalla resa volumetrica del calcestruzzo campionato rilevata nella prima fase di verifica;
- in fase di controllo di accettazione della resistenza caratteristica, verificando che il valore della resistenza media corrisponda al valore ottenuto durante la fase di qualifica della miscela e che il valore caratteristico, calcolato secondo il tipo di controllo di accettazione prescelto (vedi successivo par. 5.1), sia comunque superiore al valore minimo prescritto

Il valore del rapporto a/c registrato nelle prove di prequalifica con tutte le tre fasi di verifica non deve discostarsi di ± 0.02 da quello nominale.

Nelle fasi qualifica e di accettazione in cantiere, il rapporto a/c non deve discostarsi di ± 0.03 da quello verificato in fase di prequalifica della miscela.

13.3.4 Massa volumica

La misura della massa volumica a fresco dovrà essere misurata secondo UNI EN 12350-6.

I valori rilevati in qualifica non si dovranno discostare di più del 3% da quelli nominali definiti nel dossier di prequalifica.

La massa volumica allo stato indurito dovrà essere misurata secondo UNI EN 12390-7.

Secondo quanto definito al § 5.5.2 della UNI EN 206, per i calcestruzzi di massa volumica ordinaria (non leggeri o pesanti), la massa volumica a secco dovrà essere compresa tra 2.000 kg/m^3 e 2.600 kg/m^3 .

Nelle varie fasi di controllo, la massa volumica dovrà essere misurata su tutti i provini stagionati $UR > 95\%$ o in acqua sottoposti alle prove meccaniche di cui ai punti successivi.

Il valore rilevato non si dovrà discostare di oltre $+50 \text{ kg/m}^3$ rispetto a valore nominale a fresco definito nel dossier di prequalifica.

13.3.5 Contenuto di aria

Qualora sia prevista una classe di esposizione ambientale di tipo XF (strutture soggette a cicli di gelo/disgelo in presenza o meno di sali disgelanti) e, quindi, sarà impiegato un additivo aerante, contestualmente alla misura della lavorabilità del conglomerato, dovrà essere determinato il contenuto di aria nel calcestruzzo, in accordo alla procedura descritta alla norma UNI EN 12350-7 basata sull'impiego del porosimetro.

Il contenuto di aria in ogni miscela prodotta (espresso in percentuale) dovrà essere conforme a quanto prescritto nella succitata Tabella 2 riportata nel successivo par. 2.2, tenendo conto del diametro massimo dell'aggregato (D_{max}) e delle tolleranze ammesse ivi riportate.

Particolare attenzione dovrà essere prestata alla stabilità dello sviluppo dell'aria durante il tempo di trasporto ed alla eventuale riduzione della stessa, con necessità di incrementare il dosaggio di additivo aerante in caso di utilizzo di cenere volante da carbone.

13.3.6 Acqua di bleeding

L'essudazione di acqua dovrà risultare non superiore allo 0,1%, in conformità alla norma UNI 7122, ovvero alla UNI EN 480/4.

13.3.7 Misura della temperatura del calcestruzzo al getto

La temperatura dell'aria e del calcestruzzo, al momento del getto, dovranno essere verificate con l'approssimazione di almeno 1°C e dovranno essere rispettate i limiti specificati nei successivi par. 7.3.3 e par. 7.3.4.

13.3.8 Contenuto di cloruri nel calcestruzzo

Il contenuto di cloruri nel calcestruzzo, espresso come percentuale sul dosaggio del cemento, dovrà essere verificato sulla base della ricetta nominale e qualificata come sommatoria dei contributi derivanti dai singoli componenti (§ 5.2.7 UNI EN 206).

Il totale dovrà essere conforme ai limiti definiti nel prospetto 10 della UNI EN 206.

13.3.9 Grado di compattazione

Il grado di compattazione g_c è il rapporto tra la massa volumica misurata secondo UNI EN 12390/7 su un campione estratto dalla struttura e quello misurato sul provino confezionato conformemente alla UNI 12390/1.

Dovrà essere garantito un $g_c > 0,97$ riferito a campioni di calcestruzzo saturi a superficie asciutta.

13.3.10 Tempo di presa

Qualora richiesto, i tempi di inizio e fine presa verranno valutati su calcestruzzo vagliato a 5 mm con apparecchio proctor, secondo la UNI 7123.

I limiti di accettazione saranno definiti in base alle esigenze di scasso e/o di lavorazioni dello specifico progetto.

13.3.11 Requisiti aggiuntivi

Di seguito sono indicate ulteriori prove per le miscele di calcestruzzo, relative a requisiti aggiuntivi eventualmente richiesti da progetto e da verificare durante la fase di qualifica.

Le prove raccomandabili in relazione alle varie tipologie strutturali previste nella già citata Tabella 2 sono quindi riportate nella Tabella 3 di cui al precedente par. 2.2.

13.3.11.1 Resistenza a trazione indiretta

La misura della resistenza a trazione indiretta su calcestruzzo verrà eseguita secondo UNI EN 12390/6, su una coppia di provini cilindrici 15×30 cm confezionati e stagionati secondo UNI EN 12390/1,2.

13.3.11.2 Resistenza a flessione

La misura della resistenza a flessione su calcestruzzo verrà eseguita secondo UNI EN 12390/7, su una coppia di provini prismatici 15 × 15 × 60 cm confezionati e stagionati secondo UNI EN 12390/1,2.

In caso di calcestruzzi fibro-rinforzati (vedi precedente par. 6.2.1.3), la prova andrà eseguita anche su una coppia di travi intagliate in mezzera, secondo la procedura UNI 111039 o UNI EN 14651, con relativo calcolo degli indici di duttilità.

13.3.11.3 Modulo elastico statico e dinamico

Le misure del modulo elastico vengono eseguite a su provini confezionati e stagionati secondo UNI EN 12390/1,2, fino alla stagionatura oggetto di verifica secondo le indicazioni di progetto.

La misura del modulo elastico statico (E_s) su calcestruzzo verrà eseguita secondo la UNI 6556, utilizzando una terna di provini cilindrici 15×30 cm per la misura della resistenza a compressione e altri tre per la misura del modulo elastico attraverso tre cicli di carico e successiva rottura.

La misura del modulo elastico dinamico (E_d) è invece effettuata misurando la velocità delle onde ultrasoniche (v) secondo UNI EN 12504/4, mentre la massa volumica (M_v) sul calcestruzzo indurito secondo UNI EN 12390/7 e utilizzando la seguente correlazione:

$$E_d = v^2 \times M_v \times 0,83$$

Di norma, la prova viene eseguita sugli stessi provini del modulo elastico statico come controllo preliminare e per verificare la correlazione E_s/E_d , generalmente compresa tra 0,65 e 0,85, in funzione della classe di resistenza a compressione del calcestruzzo.

13.3.11.4 Deformazione viscosa

La misura della deformazione viscosa o creep su provini confezionati e stagionati secondo UNI EN 12390/1,2 fino a 28 giorni (a meno di altra specifica indicazione).

La prova viene eseguita secondo ASTM C1609, su una coppia di provini cilindrici 15×30 cm per la misura della resistenza a compressione, un'altra coppia per la misura della deformazione viscosa e due per il ritiro igrometrico nello stesso ambiente di prova della deformazione viscosa (necessari per il successivo calcolo della creep puro).

13.3.11.5 Ritiro idraulico libero

Il ritiro igrometrico uniassiale per calcestruzzi con diametro massimo fino a 30 mm viene misurato secondo la procedura UNI 11307 (metodo A assiale o metodo B superficiale), su una terna di provini prismatici conformi alla UNI EN 12390/1, di lunghezza inferiore a 600 mm (di norma 10×10×50 cm) in condizioni standard di 20°C e UR 50±5%. Differenti tipi di stagionatura potranno essere richiesti per simulare le reali condizioni di esposizione della struttura.

A livello compositivo, la riduzione del ritiro può essere ottenuta sia agendo sui parametri rapporto acqua-cemento e rapporto aggregato-cemento, sia mediante uso di agenti antiritiro ed espansivi.

Il ritiro idraulico nelle reali condizioni dovrà essere valutato utilizzando varie formule disponibili in letteratura considerando, oltre al tipo di calcestruzzo caratterizzato dal ritiro standard misurato come sopra indicato, anche la condizione ambientale di getto e di prima stagionatura, la dimensione e la geometria dell'elemento.

I limiti di accettabilità andranno quindi definiti in base alle specifiche esigenze di progetto ed alle reali condizioni costruttive.

13.3.11.6 Espansione contrastata

L'espansione contrastata su calcestruzzi a ritiro compensato (vedi precedenti par 6.2.1.3 e par. 6.3.1.3) andrà misurata secondo UNI 8148, metodo B (a 20°C nei primi 2 giorni a UR > 95% e con protezione di pellicola plastica, poi all'aria con UR 55±5%). Con questo metodo, la norma non prevede dei limiti, che andranno definiti in base alle specifiche esigenze di progetto.

In funzione del sistema espansivo adottato (ad es. a base ossido di calcio o solfo alluminato tetra calcico), il dosaggio di prodotto e l'espansione a breve termine andranno verificate in modo da garantire un'espansione residua a 90gg $\geq 0 \mu\text{m/m}$.

13.3.11.7 Permeabilità all'acqua

La permeabilità all'acqua viene misurata secondo la UNI EN 12390-8, su provini stagionati in acqua per 28 giorni.

In accordo al §7.1 delle LL.GG. per il calcestruzzo strutturale, un calcestruzzo viene definito impermeabile quando la penetrazione massima dell'acqua è $\leq 50 \text{ mm}$ e quella media $\leq 20 \text{ mm}$.

13.3.11.8 Gradiente e ritiro termico

Nel caso di calcestruzzi massivi o, comunque, in tutti i casi si ipotizzino condizioni di elevato gradiente termico (ad esempio, nel caso di getto in clima molto freddo, anche per strutture non propriamente massive), dovrà essere eseguito un controllo termico in grado di rilevare i seguenti parametri:

- misura della temperatura di picco raggiunta nel nucleo del getto ($T_{\max \text{ cls}}$);
- misura della differenza tra la temperatura del calcestruzzo fresco al momento del getto e la temperatura massima di picco, misurata nel nucleo della struttura ($\delta T_{1\max}$);
- misura della differenza tra la massima temperatura registrata con la sonda posizionata all'estradosso della gabbia di armatura o, in assenza di armatura, a 3 cm dal cassero e la temperatura ambiente ($\delta T_{2\max}$);
- misura differenza tra la temperatura del nucleo e la massima temperatura all'estradosso della gabbia di armatura o, in assenza di armatura, a 3 cm dal cassero ($\delta T_{3\max}$).

L'Impresa dovrà definire, per ogni condizione di temperatura ambiente, modalità e tempi di casseratura in modo che, fino alla rimozione dei casseri, siano soddisfatte tutte le seguenti condizioni:

- $T_{\max} \leq 65^{\circ}\text{C}$
- $\delta T_{1\max} < 50^{\circ}\text{C}$
- $\delta T_{2\max} \leq 20^{\circ}\text{C}$
- $\delta T_{3\max} \leq 20^{\circ}\text{C}$

Eventuali deroghe ai valori di $\delta T_{2\max}$ e $\delta T_{3\max}$, fino ad un massimo di 30°C , potranno essere concesse, previa verifica dell'assenza di fessurazione mediante appositi getti di prova in scala reale.

La determinazione di T_{\max} e dei vari gradienti deve essere effettuata con i seguenti controlli:

- in fase di prequalifica in laboratorio mediante una prova adiabatica o semiadiabatica da concordare con la Direzione Lavori su un campione di calcestruzzo tale da poter essere ritenuto rappresentativo per la singola opera in oggetto;

- in sito, in condizioni ambientali più prossime a quelle di prevista fase di getto, mediante la realizzazione di un prototipo da concordare con la Direzione Lavori, opportunamente dimensionato e strumentato con termocoppie annegate nel calcestruzzo e posizionate nei punti sopradescritti.

Per la scelta del cemento più idoneo e l'ottimizzazione del suo dosaggio secondo quanto di seguito riportato nel succitato par.2.2.1, a parità di rapporto a/c, si dovrà procedere in fase di qualifica ad una prova di confronto in calcestruzzo, utilizzando diversi tipi di cementi ed eventuali aggiunte minerali di tipo II (es. cenere volante, loppa d'altoforno), con calore di idratazione trascurabile.

Per quanto riguarda le precauzioni relative ai tipi di cassature ed ai tempi di scasso da adottare per minimizzare i gradienti termici δT_{2max} e δT_{3max} , si rimanda al par.2.2.1.

13.4 Specificazione dei calcestruzzi proiettati

I calcestruzzi proiettati dovranno essere specificati come conglomerati a prestazione garantita, con riferimento alla classificazione riportata al precedente par. 2.2.1 ed ai requisiti indicati al § 5 della UNI EN 14487-1.

In ogni caso, dovranno essere prescritti i seguenti parametri:

- classe di consistenza (se si impiega il processo per via umida);
- classe di resistenza;
- classe di esposizione ambientale;
- dimensione massima dell'aggregato;
- classe di contenuto di cloruri;
- resistenza residua e/o capacità di assorbimento di energia (per calcestruzzi fibrorinforzati);
- categoria di ispezione (UNI EN 14487-1, §7.2).

La categoria di ispezione, in una scala da 1 a 3, definisce il tipo e la frequenza dei controlli che devono essere eseguiti in corso di applicazione del calcestruzzo proiettato.

La scelta della categoria di ispezione deve essere fatta dal progettista, in funzione del tipo e dell'importanza dell'opera, della vita di servizio richiesta e del grado di rischio connesso.

In ogni caso, dovranno essere specificate almeno le categorie di ispezione riportate nella seguente Tabella 14.

Tabella 14: Calcestruzzi proiettati: categorie minime di ispezione in funzione della tipologia e destinazione d'uso.

| Tipo di intervento | Categoria |
|---|-----------|
| Pre-rivestimenti di gallerie secondarie con funzione portante temporanea (se non esiste distinzione tra secondaria e principale, considerare tutto in categoria 3) | 2 |
| Pre-rivestimenti di gallerie principali anche con funzione portante temporanea o pre-rivestimenti aventi funzione portante in servizio | 3 |
| Stabilizzazione di scavi temporanei | 1 |
| Stabilizzazione permanente di pendii di medie dimensioni | 2 |
| Stabilizzazione di pendii di grandi dimensioni e/o in presenza di movimenti franosi | 3 |
| Consolidamento di elementi portanti e non portanti di ponti viadotti e rivestimenti definitivi di gallerie, ecc. | 3 |

13.5 Acciaio per c.a.: zincatura a caldo per immersione

Il trattamento preliminare comprende le operazioni di sgrassaggio decapaggio, risciacquo, flussaggio, essiccamento e preriscaldamento a 400 - 430 K.

Dovrà essere impiegato zinco vergine o di prima fusione in pani da fonderia, corrispondente alla designazione Zn 99,99 delle Norme UNI EN 1179/05, avente contenuto minimo di zinco del 99,99%. Il bagno di zinco fuso dovrà avere temperatura compresa tra 710-723°K; in nessun caso, dovrà essere superata la temperatura massima di 730°K.

Il tempo di immersione delle barre nel bagno di zinco sarà variabile in funzione del loro diametro e del peso del rivestimento in zinco, che non dovrà mai discostarsi di +10% dalla quantità di 610 g/m² di superficie effettivamente rivestita, corrispondente ad uno spessore di 85 gm ± 10%.

Seguirà il trattamento di cromatazione, se previsto in progetto, per impedire eventuali reazioni tra le barre e il calcestruzzo fresco.

NOTA Il rivestimento di zinco dovrà presentarsi regolare, uniformemente distribuito, privo di zone scoperte, di bolle, di macchie di flusso, di inclusioni, di scorie, di macchie acide o nere. Dovrà essere aderente alla barra, in modo da non poter venire rimosso da ogni usuale processo di movimentazione, lavorazione e posa in opera.

NOTA Barre eventualmente incollate assieme dopo la zincatura e barre che presentano gocce e/o punte aguzze saranno rifiutate.

14 ALLEGATI

14.1 ALLEGATO 1: CONTROLLI SUL CEMENTO

| | DESCRIZIONE CONTROLLO (norma) | NORMA | LIMITI DI ACCETTABILITA' VALORI CARATTERISTICI (tolleranze singoli valori) | CONTROLLI FASE PREQ. E QUALIFICA* | CONTROLLI FASE ACCETTAZ.** |
|---------|---|---------------------|--|-----------------------------------|----------------------------|
| A1 | Cemento | | | | |
| A 1.1 | Verifica documentazione: | | | | |
| A 1.1.1 | Verifica attestato conformità CE (compresi valori C3A, K ₂ O e Na ₂ O in caso richiesta cem SR o rischio ASR) | UNIEN 197-1/ 2011 | Attestazione sistema 1+ | SI | Ogni fornitura |
| A 1.1.2 | Verifica scheda tecnica produttore | | | SI | Inizio fornitura |
| A 1.2 | Verifica dei requisiti chimici: | | | | |
| A 1.2.1 | perdita al fuoco(UNI EN 196-2) | | per CEM I e CEM III ≤ 5,0% | R | X |
| A 1.2.2 | residuo insolubile (UNI EN 196-2) | | per CEM I e CEM III ≤ 5,0% | | |
| A 1.2.3 | solfati (UNI EN 196-2) | UNI EN 197/1 Tab4 | <div> <div>≤3% (+0,5)</div> <div>PerCEM I SR, CEM IV/ASReCEM IV/B SR classi 32.5N, 32.5Re42.5R</div> </div> <div> <div>≤ 3,5% (+0,5)</div> <div>per CEM I, CEM II (tranne B-T), CEM IV e CEM V, per le classi 32.5N-32.5R-42.5N PerCEM I SR, CEM IV/ASReCEM IV/B SR classi 42.5R, 52.5Ne52.5R</div> </div> <div> <div>≤ 4,0% (+0,5)</div> <div>per CEM I, CEM II (tranne B-T), CEM III (tranne III/C), CEM IV e CEM V, per le classi 42.5R-52.5N-52.5R;</div> </div> <div> <div>≤ 4,5% (+0,5)</div> <div>per CEM II/B-T e CEM III/C</div> </div> | R | X |
| A 1.2.4 | Cloruri (UNI EN 196-2) | | ≤ 0,10% il CEM III può contenere più del 0,10% dichiarando il contenuto effettivo | R | X |
| A 1.2.5 | Pozzolanicità (UNI EN 196-5) | | esito positivo prova per CEM IV tutte le classi (positiva a 8gg in caso di CEM IV SR) | | |
| A 1.2.6 | Determinazione del contenuto di C ₃ A(UNIEN 196-2) | UNIEN 197/1 Tab5 | verifica solo nel caso di cem resistenti ai solfati =0% CEMI-SR0, <3%0 CEMI-SR3, <5%0 CEMI-SR5 ≤9% per CEM IV/ASReCEM IV/B SR Per tutte le classi (+1%) | R solo per cem SR | Solo Inizio fornitura |
| A 1.3 | Verifica dei requisiti fisici e meccanici: | | | | |
| A 1.3.1 | resistenza a compressione iniziale a 2 gg (N/mm ²) | | <div>≥ 10 (-2)</div> <div>per classe 32.5R-42.5N-52.5L</div> <div>≥ 20 (-2)</div> <div>per classe 42.5R-52.5N</div> <div>≥ 30 (-2)</div> <div>per classe 52.5R</div> | R | X |
| A 1.3.2 | resistenza a compressione iniziale a 7 gg (N/mm ²) | | <div>≥ 12 (-2)</div> <div>per classe 32.5L</div> <div>≥ 16 (-2)</div> <div>per classe 32.5N</div> <div>≥ 16 (-2)</div> <div>per classe 42.5L</div> | R | X |
| A 1.3.3 | resistenza a compressione normalizzata a 28 gg (N/mm ²) | UNI EN 197/1 Tab 3 | <div>≥ 32,5 (-2,5) e ≤ 52,5</div> <div>per classe 32.5-32.5R</div> <div>≥ 42,5 (-2,5)e ≤ 62,5</div> <div>per classe 42.5-42.5R</div> <div>≥ 52,5 (-2,5)</div> <div>per classe 52.5-52.5R</div> | R | X |
| A 1.3.4 | tempo di inizio presa (minuti) | | <div>≥ 75 (-15)</div> <div>per classe 32.5L-32.5N-32.5R</div> <div>≥ 60 (-10)</div> <div>per classe 42.5L-42.5N-42.5R</div> <div>≥ 45 (-5)</div> <div>per classe 52.5L-52.5N-52.5R</div> | R | X |
| A 1.3.5 | Stabilità (espansione) (mm) | | ≤ 10 Per tutti i cementi | | |
| A 1.3.6 | Calore idrat. (41h UNI EN 196/8, 7gg UNI EN 196/9) | § 7.2.3 UNIEN 197/1 | ≤ 270J/g (+30) Per tutti i cementi | | |

*Salvo specifiche richieste del DL legate a particolari criticità dell'opera (vedi prove R raccomandabili), in caso di impianto di produzione del calcestruzzo con certificazione FPC, i controlli sulle materie prime in fase di qualifica possono essere limitati alla verifica documentale delle certificazioni CE.

**Frequenza delle prove: prove ogni 500 ton o ogni 1500mc cls in corso d'opera. Ogni 3000 ton o ogni 10.000mc cls nel caso di consegna mensile dell'attestato di conformità del cementificio riportante i risultati dei controlli di produzione del mese precedente ed i parametri statistici sugli ultimi 6 mesi di produzione. Rimane facoltà del DL richiedere ulteriori verifiche e diverse frequenze rispetto a quelle indicate in Tabella A.1 in caso di particolari criticità della fornitura e dell'opera.

| | DESCRIZIONE CONTROLLI O (norma) | NORMA | LIMITI DI ACCETTABILITA' | CONTROLLO | CONTROLLO |
|----------|---|--|--|-------------------------|------------------|
| | | | VALORE CARATTERISTICO (tolleranza su singolo valore) | FASE PREQ. E QUALIFICA* | FASE ACCETTAZ.** |
| A2 | Ceneri volanti | | | | |
| A 2.1 | Verifica documentazione: | UNI EN 450-1/ 2012 | | | |
| A 2.1.1 | Verifica attestato conformità CE | | Attestazione sistema 1+ | X | Ogni fornitura |
| A 2.1.2 | Verifica scheda tecnica produttore | | | X | Inizio fornitura |
| A 2.1.3 | Verifica dosaggio previsto nella ricetta qualificata | §5.2.5.2 UNI EN 206-1/ 2006 Fpr EN 206/1- 2013 +§4.2 UNI 11104 | con CEM I: $cv/c \leq 0,33$; $k=0,4$ con CEM II/A, $cv/c \leq 0,25$; $k=0,2$ con CEM III/A, CEM IV/A e CEM V/A $cv/c \leq 0,20$ (indicaz. CSA) $(c + k \times cv) \geq \text{cem min.}$ Classi esp. UNI 11104 $a/(c + k \times cv) \leq a/c \text{ max.}$ Classi esp. UNI 11104 | X | X |
| A 2.2 | Verifica dei requisiti chimici: | | | | |
| A 2.2.2 | perdita al fuoco (1 ora EN 196-2) | | Cat. A $\leq 5\%$ - tolleranza +2% Cat. B $\leq 7\%$ - tolleranza +2% Cat. C $\leq 9\%$ - | R | X |
| A 2.2.3 | Cl ⁻ (cloruri) (UNI EN 196/2) | | $\leq 0,1\%$ | R | X |
| A 2.2.4 | SO ₃ (anidride solforica) (UNI EN 196/2) | | $\leq 3\%$ - tolleranza +0,5% | R | X |
| A 2.2.5 | ossido di calcio libero (UNI EN 451-1) | | $\leq 1,5\%$ tolleranza +0,1% - sono ammessi contenuti > del 1,5% purché le ceneri siano conformi con il requisito di stabilità | R | X |
| A 2.2.6 | Ossido di calcio reattivo (UNI EN 196-2) | | $\leq 10\%$ - tolleranza +1% | | |
| A 2.2.7 | Ossido di silicio reattivo (UNI EN 197-1) | | $\geq 25\%$ | | |
| A 2.2.8 | SiO ₂ +Al ₂ O ₃ +Fe ₂ O ₃ (UNI EN 196-2) | | $\geq 70\%$ - tolleranza -5% | | |
| A 2.2.9 | Na ₂ O eq (UNI EN 196-2) | | $\leq 5\%$ - tolleranza +0,5% | R | X |
| A 2.2.10 | MgO (UNI EN 196-2) | | $\leq 4\%$... | | |
| A 2.2.11 | P ₂ O ₅ tot ISO 29581-2 e P ₂ O ₅ solubile (Annesso C EN 450-1) | § 5 e 8 EN 450-1 | $\leq 5\%$ - tolleranza +0,5% $\leq 100\text{mg/kg}$ | | |
| A 2.2.12 | stabilità volumetrica 30% cv+70%cem rif. (UNI EN 196-3) | | $\leq 10\text{ mm}$ - tolleranza +1 mm | R | X |
| A 2.3 | Verifica dei requisiti fisici e meccanici: | | | | |
| A 2.3.1 | finezza – trattenuto al vaglio 0,045 mm (EN 451-2 o EN 933-10) | | Cat. N $\leq 40\%$ - tolleranza +5% e valore dich. +10% Cat. S $\leq 12\%$ - tolleranza +1% | | |
| A 2.3.2 | massa volumica reale (UNI EN 1097-7) | | valore medio dichiarato $\pm 200\text{ kg/m}^3$, tolleranza +5% | R | X |
| A 2.3.3 | Tempo inizio presa 25% cv+75% cemrif. (UNI EN 196-3) | | ≤ 2 volte t.i.presa pasta 100% cem, tolleranza +0,25 | R | X |
| A 2.3.4 | Richiesta d'acqua (annesso B EN 450-1) | | < 95% malta 100% cem, toller.+2% solo per cv finezza S: | R | X |
| A 2.3.5 | indice di attività pozzolanica 25% cv+75%cem rif.(UNI EN 196/1) | | a 28gg $\geq 75\%$ - tolleranza -5% A 90gg $\geq 85\%$ - tolleranza -5% | R | X |

*Salvo specifiche richieste del DL legate a particolari criticità dell'opera (vedi prove raccomandate R), in caso di impianto di produzione del calcestruzzo con certificazione FPC, i controlli sulle materie prime in fase di qualifica possono essere limitati alla verifica documentale di cui in A.2.1.

**Frequenza delle prove: Ciascuna fornitura all'impianto in corso d'opera. Ogni 1000 ton ovvero ogni 10000mc cls qualora ciascuna fornitura all'impianto sia accompagnata dall'attestato di conformità secondo la norma UNI EN 450-1 corredato dai risultati completi delle prove eseguite dal produttore secondo le frequenze indicate nelle norme medesime. In tal caso si manterrà ad ogni fornitura la verifica documentale di tali risultati rispetto ai limiti riportati in tabella A2. Rimane facoltà del DL richiedere ulteriori verifiche e diverse frequenze rispetto a quelle indicate in Tabella A.2 in caso di particolari criticità della fornitura e dell'opera.

| | DESCRIZIONE CONTROLLO | LIMITI DI ACCETTABILITA' | | CONTROLLO FASE PREQ. E QUALIFICA* | CONTROLLO FASE ACCETTAZ** |
|--------|---|--|--|---|---------------------------------|
| | | NORMA | VALORE CARATTERISTICO (tolleranza su singolo valore) | | |
| A3 | Fumo di silice | UNI EN 13263-1/ 2009 | | | |
| A3.1 | Verifica documentazione: | | | | |
| A3.1.1 | Verifica attestato conformità CE | | Attestazione sistema 1+ | X | Ogni fornitura |
| A3.1.2 | Verifica scheda tecnica produttore | | | X | Inizio fornitura |
| A3.1.3 | Verifica dosaggio previsto nella ricetta qualificata | §5.2.5.2.3 UNI EN 206-1/ 2006 Fpr EN 206-1/ 2013 +§4.2 UNI 11104 | k = 2 con CEM I e CEM II (esclusi cem già contenenti fs) 42.5N o R (=1 per a/c > 0,45 in cl. esp. XC e XF) fs ≤ 0,11 cem conteggiabile in k × fs (c + k × fs) ≥ cem min. Classi esp. UNI 11104 a/(c + k × fs) ≤ a/c max. Classi esp. UNI 11104 riduzione cem min. cl. esp. posiz. ≤ 30 kg/mc | X | X |
| A3.2 | Verifica requisiti chimici | § 5.2 UNI EN 13263- 1 | | | |
| A3.2.1 | SiO ₂ (UNI EN 196-2) | | ≥ 85% per fs classe 1 (- 5%) ≥ 80% per fs classe 2 (-5%) | | |
| A3.2.2 | Si elementale (ISO 9286) | | ≥ 0,4% in massa (+ 0,1%) | | |
| A3.2.3 | CaO libero (UNI EN 451-1) | | ≤ 1% - | R | |
| A3.2.4 | Solfati, SO ₄ ⁻ (UNI EN 196-2) | | ≤ 2% | R | X |
| A3.2.5 | Alcali tot, Na ₂ O eq (UNI EN 196-2) | | Valore dich. | R | X |
| A3.2.6 | Cloruri, Cl ⁻ (UNI EN 196-2) | | se > 0,1 % , valore dichiarato ≤ 0,3% | R | X |
| A3.2.7 | Perdita al fuoco (1h UNI EN 196-2) | | ≤ 4,0% (+ 2,0%) | R | |
| A3.3 | Verifica requisiti fisici | § 5.3 UNI EN 13263- 1 | | | |
| A3.3.1 | superficie specifica (ISO 9277) | | Da 15 (-1,5) a 35 m ² /g | | |
| A3.3.2 | Contenuto sostanza secca in prodotto in sospensione acquosa | | Valore dich + 2% | R | X |
| A3.3.3 | indice di attività pozzolanica malta 10% fs + 90% cem rif. (UNI EN 196/1) | | A 28gg Rc = 100% Rc malta con solo cem. Rif. (-5%) | R | X |

*Salvo specifiche richieste del DL legate a particolari criticità dell'opera (vedi prove raccomandate R), in caso di impianto di produzione del calcestruzzo con certificazione FPC, i controlli sulle materie prime in fase di qualifica possono essere limitati alla verifica documentale di cui in A.3.1.

**Frequenza delle prove: Ciascuna fornitura all'impianto in corso d'opera. Ogni 1000 ton ovvero ogni 10000 mc di cls qualora ciascuna fornitura all'impianto sia accompagnata dall'attestato di conformità secondo la norma UNI EN 13263-1 corredato dai risultati completi delle prove eseguite dal produttore secondo le frequenze indicate nelle norme medesime. In tal caso si manterrà ad ogni fornitura la verifica documentale di tali risultati rispetto ai limiti riportati in tabella A2. Rimane facoltà del DL richiedere ulteriori verifiche e diverse frequenze rispetto a quelle indicate in Tabella A.3 in caso di particolari criticità della fornitura e dell'opera.

| | DESCRIZIONE CONTROLLO (norma) | LIMITI DI ACCETTABILITÀ* | | CONTROLLO FASE PREQ. E QUALIFICA* | CONTROLLO FASE ACCETTAZ.** |
|--------|--|-------------------------------------|--|---|----------------------------------|
| | | NORMA | VALORE CARATTERISTICO (tolleranza su singolo valore) | | |
| A4 | Loppa d'altoforno granulata macinata | | | | |
| A2.1 | Verifica documentazione: | UNI EN 15167-1/ 2006 | | | |
| A2.1.1 | Verifica attestato conformità CE | | Attestazione sistema 1+ | X | Ogni fornitura |
| A2.1.2 | Verifica scheda tecnica produttore | | | X | Inizio fornitura |
| A2.1.3 | Verifica dosaggio previsto nella ricetta qualificata | §5.2.5.2.4 Fpr EN 206/1- 2013 | con CEM I e CEM II/A: $ggbs/c \leq 1$; $k=0,60$ $(c + k \times ggbs) \geq \text{cem min.}$ Classi esp. UNI 11104 $a/(c + k \times ggbs) \leq a/c \text{ max.}$ Classi esp. UNI 11104 | X | X |
| A2.2 | Verifica dei requisiti chimici: | § 5 e 8 EN 450-1 | | | |
| A2.2.1 | perdita al fuoco (1 ora EN 196-2) | | $\leq 3\%$ - tolleranza +0,5% | R | X |
| A2.2.2 | Cl ⁻ (cloruri) (UNI EN 196/2) | | $\leq 0,1\%$; se superiore \leq valore dichiarato | R | X |
| A2.2.3 | SO ₃ (anidride solforica) (UNI EN 196/2) | | $\leq 2,5\%$ - tolleranza +0,5% | R | X |
| A2.2.4 | Solfiti, H ₂ S (UNI EN 196/2) | | $\leq 2,0\%$ - tolleranza +0,5% | R | X |
| A2.2.5 | MgO (UNI EN 196-2) | | $\leq 18\%$ tolleranza +1% | | |
| A2.2.6 | SiO ₂ +MgO+CaO (UNI EN 196-2) Al ₂ O ₃ + comp. minori (UNI EN 196-2) | | $\geq 2/3$ in massa Rimanente $\leq 1/3$ in massa | | |
| A2.2.7 | (CaO+MgO)/SiO ₂ (UNI EN 196-2) | | $\geq 1\%$ | R | X |
| A2.2.9 | Na ₂ O eq (UNI EN 196-2) | | \leq valore dich %- tolleranza +0,5% | R | X |
| A2.2.9 | Umidità (Annesso A UNI EN 15167) | | $\leq 1\%$ - tolleranza +0,5% | R | X |
| A2.3 | Verifica dei requisiti fisici e meccanici: | | | | |
| A2.3.1 | finezza blaine (UNI EN 196-6) | | $>275 \text{ m}^2/\text{kg}$, tolleranza -15 m ² /kg | | |
| A2.3.2 | massa volumica reale (UNI EN 1097-7) | | valore medio dichiarato | R | X |
| A2.3.3 | Tempo inizio presa 50% cv+50% cemrif. (UNI EN 196-3) | | ≤ 2 volte t.i.presa pasta 100% cem, tolleranza +0,25 | R | X |
| A2.3.4 | indice di attività pozzolanica 50% cv+50%cem rif.(UNI EN 196/1) | | a 7gg $\geq 45\%$ - tolleranza -5% A 28gg $\geq 70\%$ - tolleranza -5% | R | X |

*Salvo specifiche richieste del DL legate a particolari criticità dell'opera (vedi prove raccomandate R), in caso di impianto di produzione del calcestruzzo con certificazione FPC, i controlli sulle materie prime in fase di qualifica possono essere limitati alla verifica documentale di cui in A.2.1.

**Frequenza delle prove: Ciascuna fornitura all'impianto in corso d'opera. Ogni 1000 ton ovvero ogni 10000 mc cls qualora ciascuna fornitura all'impianto sia accompagnata dall'attestato di conformità secondo la norma UNI EN 450-1 corredato dai risultati completi delle prove eseguite dal produttore secondo le frequenze indicate nelle norme medesime. In tal caso si manterrà ad ogni fornitura la verifica documentale di tali risultati rispetto ai limiti riportati in tabella A2. Rimane facoltà del DL richiedere ulteriori verifiche e diverse frequenze rispetto a quelle indicate in Tabella A.2 in caso di particolari criticità della fornitura e dell'opera.

Esclusi gli aggregati leggeri marcati CE secondo norma UNI EN 13055 (in redazione ALLEGATO 5bis)

| | DESCRIZIONE CONTROLLO (norma) | LIMITI ACCETTABILITA' | | CONTROLLO FASE PREQUALIF. E QUALIFICA* | CONTROLLO FASE ACCETTAZ.** |
|---------|---|--|---|--|---|
| | | NORMA | VALORI CARATTERISTICI (tolleranze singoli valori) | | |
| A5 | Aggregati | UNI EN 12620/ 2013 + UNI 8520/2-2005 | | | |
| A 5.1 | Verifica documentazione | | | | |
| A 5.1.1 | Verifica attestato conformità CE | | Attestazione sistema 2+ | X | X |
| A 5.1.2 | Verifica documentazione tecnica produttore e classificazione eventuali aggregati riciclo | | Categorie Tab 22 EN 12620 e Tab.A.1 Annesso A*** | X | X |
| A 5.2 | Verifica requisiti chimici | | | | |
| A 5.2.1 | esame petrografico (UNI EN 932/3) | §4.3 e prosp. 1 UNI 8520-2 | assenza di gesso e anidride (vedi limiti p.ti A.5.2.2 e A 5.2.2 3) silice reattiva (se presente obbligo prova A.5.2.5), miche e scisti cristallini, silicati instabili o composti ferro per scorie metallurgiche. | R | X (solo alla prima fornitura) |
| A 5.2.2 | potenziale reattività in presenza di alcali (8520/22) | | espansione di prismi di malta: prova accelerata $\leq 0,10\%$; se $>0,10\%$ eseguire prova a lungo termine; prova a lungo termine $\leq 0,05$ a 3 mesi e $\leq 0,10\%$ a 6 mesi | R (in caso di rischi evidenziati da petrografia) | X (in caso di rischi evidenziati da petrografia) |
| A 5.2.3 | contenuti di solfati solubili in acqua (p.to UNI EN 1744/1) | § 6.4.3 EN 12620 | Solo per aggregati riciclati | | |
| A 5.2.4 | contenuti di solfati solubili in acido (p.to 12 UNI EN 1744/1) | prosp. 5 e 7 UNI 8520-2 | $SO_3 \leq 0,8\%$ per aggregati fini e filler $SO_3 \leq 0,2\%$ per aggregati grossi | R | X |
| A 5.2.5 | contenuto totale di zolfo (nel caso di presenza di solfuri ossidabili) (p.to 11 UNI EN 1744/1) | | $S \leq 1\%$ per aggregati naturali e filler $S \leq 2\%$ per loppe altoforno $\leq 0,1\%$ | | |
| A 5.2.6 | contenuto di cloruri solubili in acqua (p.to 7 UNI EN 1744/1) | | $\leq 0,03\%$ (valore raccomandato salvo diversa | | |
| A 5.2.7 | contenuto di parti leggere e vegetali (p.to 14.2 UNI EN 1744/1) | | verifica contenuto totale cloruri nel cls conforme a prosp. 10 UNI EN 206/1) Aggr. fini $\leq 0,5\%$ Aggr. grossi \leq | R | X |
| A 5.2.8 | Costituenti che alterano la presa e l'indurimento | prosp. 5 e 7 UNI 8520-2 | $0,1\%$ riduzione del 50% in caso di utilizzo per c a vista | R | X |
| a | contenuto di sostanze organiche (umica) (p.to 15.1 UNI EN 1744/1) | | Per aggregati e filler | | |
| | | | Colore della soluzione non più scuro dello standard di riferimento | R | X |
| b | contenuto acido fulvico (p.to 15.2 UNI EN 1744/1) | | Solo se prova a) non conforme: colore della soluzione non più scuro dello standard di riferimento Solo se prova b) non conforme: variazione tempo di presa rispetto malta | R (se prova a) non conforme) | X (se prova a) non conforme) |
| c | Prova in malta (p.to 15.3 UNI EN 1744/1) | + § 6.7.1 EN 12620 | riferimento $\leq 120'$ Riduzione Rc a 28gg rispetto a malta riferimento $\leq 20\%$ | | |
| A 5.2.9 | Disintegrazione del silicato di calcico e del ferro | § 6.7.2 | Solo per aggregati da loppa d'altoforno: | | |

| | | | |
|--------|----------|------------|---|
| (p.to | EN 12620 | | R |
| 14.2 | | disintegra | X |
| UNI | | zione | |
| EN | | assente | |
| 1744/1 | | | |
|) | | | |

| | DESCRIZIONE CONTROLLO (norma) | LIMITI ACCETTABILITA' | | CONTROLLO FASE PREQUALIF. E QUALIFICA* | CONTROLLO FASE ACCETTAZ.** |
|--|--|------------------------------|--|--|--|
| A 5.3 | Verifica requisiti fisici | | | | |
| A 5.3.1 | massa volumica media del granulo saturo a superficie asciutta (UNI EN 1097-6) | prosp. 4 e 7 UNI 8520-2 | $\geq 2300 \text{ kg/m}^3$ Per filler $\geq 2000 \text{ kg/m}^3$ | R | X |
| A 5.3.2 | assorbimento d'acqua (UNI EN 1097-6) | prosp. 4 UNI 8520-2 | $\leq 4\%$ (limite capitolato) Se $\geq 1\%$ con classi di esposizione XF deve essere verificata resist. gelo (p.to ...) | R | X |
| A 5.3.3 | Granulometria (UNI EN 933/2) | § 4 e prosp. 7 UNI 8520-2 | categorie prosp. 2,3,5,6 UNI EN 12620 (tolleranze prosp. 3,4,7) | R | X *** |
| A 5.3.4 | Contenuto in polveri: passante al vaglio 63 μm (UNI EN 933/2) | | Sabbia o misto non frantum. $\leq 3\%$ Sabbia frantum.da depositi alluvion. $\leq 10\%$ Sabbia frantum.da roccia $\leq 16\%$ Aggr. grossi non frantum. \leq | R | X *** |
| A 5.3.5 | Equivalente in sabbia, SE su fraz. $\leq 4\text{mm}$ (EN 933/8) | UNI 8520/2 UNI | Solo in caso di superamento dei limiti del passante a 63 μm ≥ 80 per aggregati non frantumati ≥ 70 per aggregati frantumati | R (se pass. 63 μm oltre i limiti) | X (se pass. 63 μm oltre i limiti) |
| A 5.3.6 | Valore di blu di metilene, MB su fraz. $\leq 2\text{mm}$ (EN 933/9, per i filler appendice A) | UNI 8520/2 UNI EN 933/9 | Solo in caso di non conformità ai limiti de SE, MB $\leq 1,2 \text{ g/kg}$, Per i filler $\leq 12 \text{ g/kg}$, | R (se SE oltre i limiti) | X (se SE oltre i limiti) |
| A 5.3.7 | Confronto in calcestruzzo con aggregati noti conformi (UNI 8520/21) | Prosp.6 8520/2 | Solo in caso di non conformità ai limiti de SE ed MB $R_c 28\text{gg} \geq 85\% R_c$ con aggregato noto $E_s 28\text{gg} \geq 90\% E_s$ con aggregato noto | | |
| Prove aggiuntive per particolari utilizzi | | | | | |
| A 5.3.8 | Resistenza alla frammentazione aggregati grossi (UNI EN 1097/2) | Prosp.6 8520/2 | dichiarata secondo le categorie del prospetto 16 della EN 12620 (per cls R_{ck} $\geq C50/60$, $LA \leq LA_{30}$) | R (per $R_{ck} \geq$ 50MPa) | X |
| A 5.3.9 | resistenza aggregati grossi ai cicli di gelo e disgelo senza (UNI EN 1367/1) e con sali disgelanti (UNI EN 1367/6) | | Classe dichiarata secondo le categorie dei prospetti 29 e 30 della EN 12620; Per cls in classe XF perdita massa $\leq 2\%$ ($\leq F2$ o F_{EC2}) | R (solo per uso in cls in classi XF) | X |
| A 5.3.10 | degradabilità aggregati grossi agli attacchi di soluzioni solfatiche (UNI EN 1367/2) | | Classe dichiarata secondo le categorie del prospetto 27 Della EN 12620 Richiesta per cls in classe XF: perdita di massa $\leq 25\%$ ($\leq MS$) | | |
| A 5.3.11 | indici di forma (SI) e di appiattimento (FI) per aggregati grossi (UNI EN 933/3-4) | § 4.8 8520/2 | valori da dichiarare secondo prospetti 11 e 12 EN 12620 (influenti su lavorabilità cls e resistenza a flessione) | | |
| A 5.3.12 | Percentuale particelle frantumate (UNI EN 933/5) | | valori da dichiarare secondo prospetti 13 e 14 EN 12620 per (influenti su lavorabilità cls) | | |
| A 5.3.13 | Resistenza alla levigabilità e abrasione senza (UNI EN 1097-8) e con pneum. chiodati (UNI EN 1097-9) | n.d. | Solo per aggregati destinati a cls soggetti ad usura superficiale Classe dichiarata secondo le categorie del prospetti 19,20 e 21 della EN 12620 | | |

| | | | | | |
|----------|--|------|---|--|--|
| A 5.3.14 | Resistenza all'usura Microdeval (UNI EN 1097-21) | n.d. | Solo per aggregati destinati a cls soggetti ad usura superficiale Classe dichiarata secondo le categorie del prospetti 18 della EN 12620 | | |
|----------|--|------|---|--|--|

** Salvo specifiche richieste del DL legate a particolari criticità dell'opera (vedi prove R raccomandabili), in caso di impianto di produzione del calcestruzzo con certificazione FPC, con esclusione degli aggregati riciclati, i controlli sugli aggregati in fase di prequalifica e qualifica possono essere limitati alla verifica documentale delle certificazioni CE.

** Frequenza delle prove accettazione: a ogni cambio di cava o del fronte di coltivazione della cava; ogni 10.000 mc di cls gettato; (***) ogni 4000 mc

*** Impiego Aggregati riciclati: Possono essere utilizzati solo aggregati presenti nella Tabella A.1 della EN 12620 con positiva esperienza di utilizzo("history of use YES) eventualmente anche con speciali requisiti già contenuti nella EN 12620 ("Special requirements in standards"=YES).

Per quelle tipologie che, ferma restando la positiva esperienza di utilizzo, sia stata rilevata la necessità di verifica di requisiti aggiuntivi rispetto a quelli indicati nella EN 12620 ("Additional requirements identified for inclusion" = YES) la norma è ancora applicabile in maniera provvisoria nell'attesa che vengano definiti metodi di valutazione aggiuntivi eventualmente già previsti dalle norme nel luogo di utilizzo.

Tutti gli aggregati rientranti nel campo di applicazione della EN 12620, andranno marcati CE per i requisiti dell'annesso ZA della EN 12620 e dovranno rientrare nei limiti nazionali della UNI 8520/2. In particolare, per quanto riguarda gli aggregati da demolizione (categorie Rc), valgono gli specifici limiti nazionali riportati nella Tab. 11.2.III delle NTC, DM 14-01-2008. In caso di utilizzo di aggregati riciclati sarà comunque obbligatorio procedere con prove di prequalifica e qualifica sia sugli aggregati che sui calcestruzzi (Allegato 9) anche in impianti dotati di certificazione FPC.

14.6 ALLEGATO 6: CONTROLLI SU ACQUA D'IMPASTO PER CALCESTRUZZO

| DESCRIZIONE CONTROLLO (norma) | | RIFERIMENTI | | CONTROLLIPR EQUAL. E QUALIFICA* | CONTROLLO FASE ACCETTAZ. ** |
|----------------------------------|--|---|--|---|---|
| | | NORMA | VALORI CARATTERISTICI (tolleranze singoli valori) | | |
| A 6 | Acqua d"impasto | UNI EN 1008-2003 | | | |
| A 6.1 | Verifica fonte di approvvigionamento e certificazione | §3 UNI EN 1008-2003 | Potabile, di recupero da produzione cls, sotterranea, naturale di superficie, da reflui industriali, salmastra (solo per cls non armato) | X | X |
| A 6.2 Valutazione preliminare: | | | | | |
| A 6.2.1 | Odore (§6.1.1 UNI EN 1008) | Prosp. 1 UNI EN 1008 | Come acqua potabile, leggero odore di cemento o di idrogeno solforato | X | X |
| A 6.2.2 | Colore (§ 6.1.1 UNI EN 1008) | | Da incolore a giallo pallido | X | X |
| A 6.2.3 | Presenza detersivi e schiuma (§6.1.1 UNI EN 1008) | | Rifiutare in caso di schiuma stabile per oltre 2min dopo agitazione 30sec | X | X |
| A 6.2.4 | osservazione visiva oli, grassi, (§6.1.1 UNI EN 1008) | | Solo tracce visibili | X | X |
| A 6.2.5 | Sostanza umica (§ 6.1.2 UNI EN 1008) | | Accettabile colore marrone giallastro o più pallido dopo aggiunta NaOH | X | X |
| A 6.2.6 | PH | | > 4 | X | X |
| A 6.2.7 | Sostanze in sospensione (§6.1.1 UNI EN 1008 o § A.4.4app. A4) | Prosp. 1 UNI EN 1008 + o § A.3 app. A4) | Acque di processo cls: per Mv>1,01 kg/l, materiale solido omogeneamente distribuito< 1% in peso massa totale aggregati; Acqua da altre:fonti sedimento ≤4ml | X | X |
| A 6.2.8 | Massa volumica (§ A.5 App. A4, procedura di misura da specificare in manuale FPC es.) | § A.4.3 app. A4) | Solo per acque di processo cls: determinata ogni giorno utilizzo su campioni omogeneizzati; per Mv>1,01kg/l vedi p.to A 6.2.7 | X | X |
| A 6.3 Prove chimiche: | | | | | X |
| A 6.3.1 | contenuti di solfati (estratti 196-2/2013) | § 4.3.2 UNI EN 1008 | SO ₄ ⁻ ≤ 2000 mg/litro | X | X |
| A 6.3.2 | contenuto di cloruri (estratti 196-2/2013) | Prosp. 2 UNI EN 1008 | c.a.pCl≤ 500mg/litro c.a. Cl ⁻ ≤ 1000 mg/litro non armato Cl ⁻ ≤ 4500 | X | X |
| A 6.3.3 | contenuto alcali (estratti 196-2/2013) | § 4.3.3 UNI EN 1008 | Na ₂ O eq.≤ 1500 mg/litro | X | X |
| A 6.3.4 | Zuccheri | Prosp. 3 UNI EN 1008 | ≤ 100 mg/litro | X | X |
| A 6.3.5 | Fosfati, P ₂ O ₅ | | ≤ 100 mg/litro | X | X |
| A 6.3.6 | Nitrati, NO ₃ (ISO 7890-1) | | ≤ 500 mg/litro | X | X |
| A 6.3.7 | Piombo, Pb ²⁺ | | ≤ 100 mg/litro | X | X |
| A 6.3.8 | Zinco, Zn ²⁺ | | ≤ 100 mg/litro | X | X |
| A 6.4 Prove fisico meccaniche | | | | | |
| A 6.4.1 | Confronto tempo di presa provini pasta con acqua produzione e acqua distillata (UNI EN 196/3) | § 4.4 e 6.1 UNI EN 1008 | 1h≤t.i.p≤ 25% t.i.p pasta con acqua distillata t.f.p≤ 25% t.f.p pasta con acqua distillata e ≤12h | Solo in presenza delle sostanze di cui ai punti A.6.3.4- A 6.3.8 | Solo in presenza delle sostanze di cui ai punti A.6.3.4- A 6.3.8 |
| A 6.4.2 | Confronto Rc 3 provini malta con acqua produzione e acqua distillata(UNI EN 196/1) | | Rc> 90% Rccls o malta con acqua distillata | | |
| A 6.4.3 | Confronto Rc 3 provini cls con acqua produzione e acqua | | | | |

| | | | | |
|--|-------------------------------|--|--|--|
| | distillata (UNI EN 12390-2,3) | | | |
|--|-------------------------------|--|--|--|

*Frequenza delle prove in prequalifica e qualifica: nessuna in caso di utilizzo di acqua potabile. In caso contrario, alla prequalifica e/o alla qualifica della miscela di calcestruzzo.

** Frequenza delle prove in fase di accettazione: nessuna in caso di utilizzo di acqua potabile; . In caso contrario, ogni mese.

14.7 ALLEGATO 7: CONTROLLI SU ADDITIVI ED AGENTI ESPANSIVI

| DESCRIZIONE CONTROLLO (norma) | | NORMA | RIFERIMENTI | CONTROLLI PR EQUAL. E QUALIFICA* | CONTROLLO FASE ACCETTAZ.** |
|--|--|--|--|--|--|
| | | | VALORI CARATTERISTICI (tolleranze singoli valori) | | |
| Additivi per calcestruzzo, malta e malta per iniezione: per calcestruzzi per malte iniezioni cavi precomp. Per cavi preadattati | | | UNI EN 934/1 -'08 requisiti comuni 934/2 '12 *** 934/4 '09 934/5 '08 | | |
| A 7a.1 Verifica documenti | | | | | |
| A 7a.1.1 | Verifica attestato conformità CE | Prosp. 1 UN EN 934/1 | Attestazione sistema 2+secondoapp. ZA norme riferimento con le frequenze indicate in: prospetto 13 UNI EN 934/2 prospetto 2 UNI EN 934/4 prospetto 5 UNI EN 934/5 | X | Ogni fornitura |
| A 7a.1.2 | Verifica scheda tecnica produttore | | Verifica limiti dosaggi e condizioni utilizzo | X | Inizio fornitura |
| A 7a.1.3 | Verifica dosaggi previsti in ricette | | Verifica corrispondenza a dosaggi raccomandati in scheda tecnica | X | Inizio fornitura |
| A 7a.2 | Verifica requisiti generali | | | | |
| A 7a.2.1 | Esame visivo omogeneità e colore | | Omogeneo, assenza separazioni, colore uniforme e simile alla descrizione del produttore | R | |
| A 7a.2.2 | Componente effettivo da spettro IR (UNI EN 480/6) | | Nessuna variazione significativa rispetto a spettro certificazione prodotto | R | |
| A 7a.2.3 | Massa volumica assoluta, solo per additivi liquidi (ISO 758 o alternativo) | | D+0,03 se D>1,1kg/l D+0,02 se D≤1,1 kg/l con D, valore dichiarato da produttore | R | Inizio fornitura e ogni 10000mc cls fornito |
| A 7a.2.4 | Contenuto di secco convenzionale (UNI EN 480/8) | 0,95T<X≤1,05T se T>20% 0,90T<X≤1,10T se T≤20% con T, valore dichiarato da produttore | R | | |
| A 7a.2.5 | PH,solo per additivi liquidi (ISO 4316) | valore entro intervallo dichiarato da produttore | | | |
| A 7a.2.6 | Cloruri solubili in acqua (UNI EN 480/8) | ≤ 0,1% in massa (prodotto "senza cloruri") o ≤ valore dichiarato produttore | | | |
| A 7a.2.7 | Alcali Na ₂ O eq. (UNI EN 480/8) | ≤% in massa dichiarata da produttore | | | |
| A 7b | Agenti espansivi non metallici: per malte e calcestruzzi | UNI 8146, UNI 8147 UNI 8148 | | | |
| A 7b.1 | Verifica documenti | | | X | X |
| A 7b.1.1 | Verifica eventuale certificazione volontaria secondo UNI 8148 | UNI 8146 § 2.7.NTC sez. 2 - CSA | Verifica limiti dosaggi e condizioni utilizzo | X | Inizio fornitura |
| A 7b.1.2 | Verifica scheda tecnica produttore | | Verifica limiti dosaggi e condizioni utilizzo | X | Inizio fornitura |
| A 7b.1.3 | Verifica dosaggi previsti in ricette | | Verifica corrispondenza a dosaggi indicati in scheda tecnica | X | Inizio fornitura |
| A 7b.2 | Verifica requisiti prestazionali | | | | |
| A 7b.2.1 | Tempi di inizio e fine presa (UNI 7123) | | t.p. cls con espansivo = t.p. cls senza espansivo +30' | X | |
| A 7b.2.2 | Resistenza a compressione a 28gg (UNI EN 12390/8) | | Rccls con espansivo ≥ Rccls senza espansivo pari consistenza | X | |
| A 7b.2.3 | Espansione contrastata (UNI 8148 metodo A, in acqua satura di calce) | | a 7gg ≥ 200μ m/m; a 28gg ≥ 200 μ | X | |
| | (UNI 8148 metodo B, UR>95% con pellicola plastica per 2gg, poi a UR 55±5%) | | Salvo diverse specifiche di progetto: a 1gg ≥ 400μ m/m; a 7gg ≥200μ m/m; a 28gg ≥100 μ m/m; a 90gg >0μ | X | Inizio fornitura e ogni 10000mc cls fornito |

| | DESCRIZIONE CONTROLLO (norma) | NORMA | RIFERIMENTI | CONTROLLI REQUAL. E QUALIFICA* | CONTROLLO FASE ACCETTAZ.** |
|----------|---|-------|---|--|--|
| | | | VALORI CARATTERISTICI (toleranze singoli valori) | | |
| A 7c | Agenti riduttori di ritiro SRA | n.d. | | X | X |
| A 7c1 | Verifica documenti | | | | |
| A 7c.1.2 | Verifica scheda tecnica produttore | | Verifica limiti dosaggi e condizioni utilizzo | X | Inizio fornitura |
| A 7c.2 | Verifica requisiti prestazionali | | | | |
| A 7c.2.1 | Tempi di inizio e fine presa (UNI 7123) | | Verifica variazioni t.p. rispetto a cls senza SRA | se rilevante per il tipo di applicazione | |
| A 7c.2.2 | Resistenza a compressione a 1 o 2g e 28gg (UNI EN 12390/8) | | Verifica variazioni R _c rispetto a cls senza SRA | X | |
| A 7c.2.3 | Ritiro idraulico libero (UNI) | | Verifica riduzioni rispetto a cls senza SRA Salvo diverse specifiche di progetto: a 60gg ≤400µ m/m; a 90gg ≤500µ m/m | X | Inizio fornitura e ogni 10000mc cls fornito |

*Salvo specifiche richieste del DL legate a particolari criticità dell'opera (vedi prove raccomandate R), in caso di impianto di produzione del calcestruzzo con certificazione FPC, i controlli sugli additivi con obbligo di marcatura CE in fase di prequalifica e qualifica possono essere limitati alla verifica documentale di cui in A.7a.1. Non sono previste verifiche sulle proprietà specifiche degli additivi (riduzione d'acqua, aumento e mantenimento consistenza, aria inglobata, acqua essudata, tempi di presa, resistenza a compressione, impermeabilità) per le quali si rimanda direttamente alle verifiche delle proprietà dei calcestruzzi additivati riportate in Allegato 9 o al §7.5 delle NTC del CSA per i calcestruzzi proiettati ovvero al § 9.9 per le malte da iniezione dei cavi da precompressione.

**Frequenza delle prove: come indicato in tabella nel caso ogni fornitura all'impianto sia accompagnata dall'attestato di conformità secondo la norma UNI EN 934/2,4,5 corredato dai risultati delle prove eseguite dal produttore secondo le frequenze indicate nelle norme medesime, le verifiche in cantiere segnalate in tabella saranno eseguite. Rimane facoltà del DL richiedere ulteriori verifiche e diverse frequenze rispetto a quelle indicate in Tabella A.7 in caso di particolari criticità della fornitura e dell'opera.

*** la UNI EN 934-2 regola la produzione di riduttori di acqua/fluidificanti (Prosp. 2), riduttori di acqua ad alta efficacia/superfluidificanti (prosp. 3.1-3.2), ritentori d'acqua (prosp. 4), aeranti (prosp. 5), acceleranti di presa (prosp. 6), acceleranti di indurimento (prosp. 7), ritardanti di presa (prosp. 8), resistenti all'acqua (prosp. 9), riduttori di acqua/fluidificanti +ritardanti di presa (Prosp. 10), riduttori di acqua/fluidificanti +acceleranti di presa (Prosp. 12), riduttori di acqua ad alta efficacia/superfluidificanti +ritardanti di presa (Prosp. 11.1 e 11.2),

| | DESCRIZIONE CONTROLLO | LIMITI DI ACCETTABILITA' | | CONTROLLO FASE PREQ. E QUALIFICA * | CONTROLLO FASE ACCETTAZ ** |
|---------|---|-----------------------------|--|---|-------------------------------------|
| | | NORMA | VALORE CARATTERISTICO (tolleranza su singolo valore) | | |
| A8a | Fibre metalliche per calcestruzzo | UNI EN 14889-1 (metalliche) | | | |
| A8a.1 | Verifica documentazione: | | | | |
| A8a.1.1 | Verifica attestato conformità CE | | Attestazione sistema 1 per malte e cls strutturali; 3 per altri impieghi | X | Ogni fornitura |
| A8a.1.2 | Verifica scheda tecnica produttore | | Verifica dosaggi raccomandati per raggiungere prestazione p.to A 8.3.2 | X | Inizio fornitura |
| A8a.1.3 | Verifica dosaggio previsto nella ricetta qualificata | (\$ 5.1. UNI EN 14889-1) | Verifica conformità ai dosaggi minimi raccomandati dal produttore | X | Inizio fornitura |
| A8a.2 | Verifica requisiti identificazione | | | | |
| A8a.2.1 | Classificazione gruppo in base tipologia produzione e forma | | Gruppi da I a V | | |
| A8a.2.2 | Lunghezza (\$ 5.2.2 UNI EN 14889-1) | Prosp. 1 UNI EN 14889-1 | Da norma :valore dichiarato. Raccomandato : 20 - 40 mm | R | |
| A8a.2.3 | Diametro eq. o spessore (\$ 5.2.3 UNI EN 14889-1) | | Da norma :valore dichiarato. | R | |
| A8a.2.4 | rapporto d'aspetto (l/D_{eq}) | | Da norma: valore dichiarato. Raccomandato: 50 - 80 | R | |
| A8a.2.5 | Massa volumica lineare | \$ 5.2.3.3 UNI EN 14889-1 | Nominale acciaio: 7850 kg/mc Nominale acciaio Inox 7950 kg/mc | | |
| A8a.2.6 | Resistenza a trazione (EN 10002-1 + \$ 5.3 EN 14889-1) | \$ 5.3 UNI EN 14889-1 | Valore dichiarato | | |
| A8a.2.7 | modulo elastico (EN 10002-1 + \$ 5.3 EN 14889-1) | \$ 5.4 UNI EN 14889-1 | Da norma: valore dichiarato Circa 200000 MPa per acciaio; Circa 170000 MPa per acciaio inox | | |
| A8a.3 | Verifica requisiti prestazionali in calcestruzzo | | | | |
| A8a.3.1 | Effetto sulla consistenza rispetto a cls riferimento senza fibre (UNI EN 12350-3 Vebè test) | \$ 5.7 UNI EN 14889-1 | Variazione dichiarata della lavorabilità rispetto a cls di riferimento EN 14845-1 con un dosaggio di fibre in grado di garantire la prestazione A8a.3.2 ed eventuali aggiunte di superfluidificanti | Vedi verifiche Allegato 9 | |
| A8a.3.2 | Effetto sulla resistenza a flessione residua su travi intagliate e caricate in mezzera (EN 14845-2, EN 14651) | \$ 5.8 UNI EN 14889-1 | Dosaggio di fibre dichiarato necessario a raggiungere $R_f = 1,5 \text{ MPa}$ con $\text{CMOD} = 0,5 \text{ mm}$ e $R_f = 1,0 \text{ MPa}$ per $\text{CMOD} = 3,5 \text{ mm}$ su cls di riferimento EN 14845-1 | Vedi verifiche Allegato 9 | |

*Salvo specifiche richieste del DL legate a particolari criticità dell'opera: in caso di impianto di produzione del calcestruzzo con certificazione FPC, i controlli sulle fibre in fase di prequalifica e qualifica possono essere limitate alla verifica documentale e alle sole prove R (raccomandate). Non sono richieste verifiche dei requisiti prestazionali rispetto al calcestruzzo di riferimento UNI EN 14845-1 rimandando direttamente al IE verifiche dei calcestruzzi fibrorinforzati da progetto definite in Allego 9 ai punti A.9.2.5 e A.9.4.3.

**Frequenza delle prove: Solo documentale ad inizio fornitura qualora ciascuna fornitura all'impianto sia accompagnata dall'attestato di conformità secondo la norma Uni EN 14889-1 corredato dai risultati completi delle prove eseguite dal produttore secondo le frequenze indicate nelle norme medesime. Rimane facoltà del DL richiedere ulteriori verifiche e diverse frequenze rispetto a quelle indicate in Tabella A.8a in caso di particolari criticità della fornitura e dell'opera.

| | DESCRIZIONE CONTROLLO | LIMITI DI ACCETTABILITA' | | CONTROLLO FASE PREQ. E QUALIFICA * | CONTROLLO FASE ACCETTAZ ** |
|----------|---|---------------------------|---|---|-------------------------------------|
| | | NORMA | VALORE CARATTERISTICO (tolleranza su singolo valore) | | |
| A8b | Fibre polimeriche per calcestruzzo | UNI EN 14889-2 (polimer.) | | | |
| A 8b.1 | Verifica documentazione: | | | | |
| A 8b.1.1 | Verifica attestato conformità CE | | Attestazione sistema 1 per malte e cls strutturali; 3 per altri impieghi | X | Ogni fornitura |
| A 8b.1.2 | Verifica scheda tecnica produttore | | Verifica dosaggi raccomandati per raggiungere prestazione p.to A 8.3.2 | X | Inizio fornitura |
| A 8b.1.3 | Verifica dosaggio previsto nella ricetta qualificata | | Verifica conformità ai dosaggi minimi raccomandati dal produttore | X | Inizio fornitura |
| A 8b.2 | Verifica requisiti identificazione | | | | |
| A 8a.2.1 | Classificazione e forma | §5.1 UNI EN 14889-2 | Classi Ia microfibre monofilamento Classi Ib microfibre fibrillate Classe II macrofibre per incremento della resistenza residua a flessione | | |
| A 8b.2.2 | Lunghezza | Prosp. 1 UNI EN 14889-2 | Da norma :valore dichiarato. Raccomandato in CSA: 20 - 40 mm per macrofibre Classe II per incremento resistenza a flessione residua | | |
| A 8b.2.3 | diametro o spessore | | Da norma :valore dichiarato. >0,30mm per macrofibre classe II per incremento resistenza a flessione residua ≤0,30mm per microfibre Classe I a monofilamento o fibrillate | | |
| A 8b.2.4 | rapporto d'aspetto (l/D_{eq}) | | Da norma: valore dichiarato. Raccomandato in CSA: 50 - 80 per macrofibre cls II | | |
| A 8a.2.5 | Massa volumica lineare (EN 13392) | | Valore dichiarato | | |
| A 8b.2.6 | Resistenza a trazione (ISO 2062 , EN 10002-1 | §5.4 UNI EN 14889-1 | Valore dichiarato | | |
| A 8a.2.7 | modulo elastico (EN 10002-1 + §5.3 EN 14889-1) | §5.5 UNI EN 14889-1 | Valore dichiarato | | |
| A 8b.2.8 | Punto di fusione e combustione (ISO 11357-3) | §5.6 UNI EN 14889-1 | Valore dichiarato | | |
| A 8b.3 | Verifica requisiti prestazionali in calcestruzzo | | | | |
| A 8b.3.1 | Effetto sulla consistenza rispetto a cls senza fibre (UNI EN 12350-3 Vebè test) | | Variazione dichiarata della lavorabilità rispetto a cls di riferimento EN 14845-1 con un dosaggio di fibre in grado di garantire la prestazione A 3.3.1 ed eventuali aggiunte di superfluidificanti | Vedi verifiche Allegato 9 | |
| A 8b.3.2 | Effetto sulla resistenza a flessione residua su travi intagliate e caricate in mezzera (EN 14845-2, EN 14651) | | Dosaggio di fibre dichiarato necessario a raggiungere $R_f = 1,5 \text{ MPa}$ con $\text{CMOD} = 0,47 \text{ mm}$ e $R_f = 1,0 \text{ MPa}$ per $\text{CMOD} = 3,5 \text{ mm}$ su cls di riferimento EN 14845-1 | Vedi verifiche Allegato 9 | |

*Salvo specifiche richieste del DL legate a particolari criticità dell'opera: in caso di impianto di produzione del calcestruzzo con certificazione FPC, i controlli sulle fibre in fase di prequalifica e qualifica possono essere limitate alla verifica documentale e alle sole prove R (raccomandate). Non sono richieste verifiche dei requisiti prestazionali rispetto al calcestruzzo di riferimento UNI EN 14845-1 rimandando direttamente alle verifiche dei calcestruzzi fibrorinforzati da progetto definite in Allego 9 ai punti A.9.2.5 e A.9.4.3.

**Frequenza delle prove: Solo documentale ad inizio fornitura qualora ciascuna fornitura all'impianto sia accompagnata dall'attestato di conformità secondo la norma Uni EN 14889-1 corredato dai risultati completi delle prove eseguite dal produttore secondo le frequenze indicate nelle norme medesime. Rimane facoltà del DL richiedere ulteriori verifiche e diverse frequenze rispetto a quelle indicate in Tabella A.8b in caso di particolari criticità della fornitura e dell'opera.

14.9 ALLEGATO 9: CONTROLLI SULLE MISCELE DI CONGLOMERATO CEMENTIZIO

| | DESCRIZIONE CONTROLLO (norma) | LIMITI DI ACCETTABILITA' | | CONTROLLO FASE PREQUALIF.* | CONTROLLO FASE QUALIFICA** | CONTROLLO FASE ACCETTAZIONE*** |
|---------|---|--|---|---------------------------------------|---|---|
| | | NORMA | VALORI CARATTERISTICI | | | |
| A9 | Calcestruzzo | MISCELE DI CONGLOMERATO CEMENTIZIO | | | | |
| A 9.1 | Verifica documenti | | | | | |
| A 9.1.1 | Certificazione impianto | | | X | X | Prima fornitura |
| A 9.1.2 | Disponibilità dossier prequalifica e/o qualifica | | | X | X | Prima fornitura |
| A 9.2 | Verifiche composizionali | | | | | |
| A.9.2.1 | Combinazione granulometria degli aggregati (UNI EN 932/1) | CSA; § 4.4. UNI 8520-2 | La miscela deve essere costituita da almeno tre classi granulometriche diverse o due classi in caso di $D_{max} \leq 10\text{mm}$ | X | X | |
| A.9.2.2 | D_{max} aggregato (UNI EN 932/1) | § 3.1 CSA; | Verifica rispetto limiti di progetto correlati a copriferro, interferro e sezione minima struttura | X | X | X |
| A.9.2.3 | Dosaggio cemento, acqua totale ed efficace, a/c, a/(c + k x aggiunta) | | | | | |
| a | Valori dichiarati in ricetta nominale (§ 5.3, § 5.2.5 UNI EN 206-1) | CSA; prosp 4. UNI 11104 | Verifica conformità a classe esposizione di progetto | X | X | Prima fornitura |
| b | Verifica con report pesate, misura umidità aggregati e rese impianti (§ 5.4.2 UNI EN 206-1) | CSA | Verifica conformità a classe esposizione di progetto e a valori nominali dichiarati | X (a/c = a/c nomin. $\pm 0,02\%$) | X (a/c = a/c prequal. $\pm 0,03\%$) | |
| c | Verifica con misura acqua totale per bruciatura cls (UNI 11201) | § 3.4 NTC sez. 2 -CSA | | X (a/c = a/c nomin. $\pm 0,02\%$) | X (a/c = a/c prequal. $\pm 0,03\%$) | Prima fornitura e ogni 1500 mc di cls fornito (a/c= a/c qualifica $\pm 0,03\%$) |
| A.9.2.4 | Contenuto di cloruri (§ 5.2.7 UNI EN 206-1: calcolo somma contributi dei vari componenti) | § 3.3 NTC sez. 2 – CSA § prosp. 10 UNI EN 206-1 | % rispetto a dosaggio cemento: $\leq 1\%$ per cls normale (non armato) $\leq 0,4\%$ per c.a. ($\leq 0,2\%$ se richiesto) $\leq 0,2\%$ per c.a.p. ($\leq 0,1\%$ se richiesto) | X | X | riverifica nel caso di rilevato aumento del contenuto di cloruri nei materiali componenti |

| | DESCRIZIONE CONTROLLO (norma) | LIMITI DI ACCETTABILITA' | | CONTROLLO FASE PREQUALIF.* | CONTROLLO FASE QUALIFICA** | CONTROLLO FASE ACCETTAZIONE*** |
|---------|---|---|--|---|--|--|
| | | NORMA | VALORI CARATTERISTICI | | | |
| A.9.3 | Verifiche prestazioni principali | | | | | |
| A.9.3.1 | Campionamento (UNI EN 12350/1) | | | | | X |
| A.9.3.2 | Temperatura aria e cls (§3.4 NTC sez. 2 – CSA, precisione $\geq 1^{\circ}\text{C}$) | § 8.4.1 e 8.4.2 NTC sez. 2 – CSA | Climi freddi: Aria e cls $\geq 5^{\circ}\text{C}$ Se aria 0-5°C, riscaldam. cls $\geq 10^{\circ}\text{C}$ se aria -4- 0°C, solo getti fondaz.e riscaldam. cls $\geq 10^{\circ}\text{C}$ se aria < -4°C sospensione getti Climi caldi: Aria e cassaforme $\leq 33^{\circ}\text{C}$ Se aria $> 33^{\circ}\text{C}$ ° raffreddamento cls $\leq 25^{\circ}\text{C}$ | | X | X |
| A.9.3.3 | Classe di consistenza per cls da asciutti a superfluidi (UNI EN 12350 /2 slump /3 tempo Vebè /5 spandimento) | § 4.2.1 UNI EN 206-1 (§ Tab 6-9 Fpr EN 206 lug 2013)§ 3.3 e Tab II NTC sez. 2 -CSA; (salvo specifiche indicazioni di progetto, previste classi consistenza \geq S4 con mantenimento per 60') | Prosp. 3 UNI EN 206-1: S1: 1-4 cm S2: 5-9 cm S3: 10-15 cm S4: 16-20 cm S5: 21-25 cm (oltre 25cm passare a misura spandimento) | Prosp. 6 UNI EN 206-1: FB1: ≤ 34 cm FB2: 35-41 cm FB3: 42-48 cm FB4:49-55 cm FB5: 56-62 cm | X (verifiche a fine miscelazione a 0'-30'-60', se previsto 90' e 120' | X (Ripetizione su 3 impasti: su un impasto verifiche a fine miscelazione a 0'-30'-60' , se previsto 90' e 120'; su altri due impasti solo a 0') |
| | | | Tolleranza di ± 20 mm tra un impasto e l'altro all'interno della classe di consistenza | | | |
| A.9.3.4 | Classe di consistenza e reologia SCC (EN 12350/8 Prova di spandimento e del tempo di spandimento) | UNI EN 206-9 (§ 4.2.1 e Tab 6-9 Fpr EN 206 lug 2013) | Slump-flow($D_{\max}\leq 40\text{mm}$): SF1: 550-650mm (+50mm) SF2: 660-750mm (+50mm) SF3: 750-850mm(+50mm) Tempo spandimento 500mm VS1: < 2 sec; VS2: ≥ 2 sec (+1sec) | | | |
| | (EN 12350/9 Prova del tempo di efflusso-V Funnel) | § 3.3 e Tab II NTC sez. 2 -CSA | Tempo svuotamento ($D_{\max}\leq 22,4\text{mm}$): VF1: $< 9(+3)$ sec; VF2: 9-25 (+5)sec | | se previsto in specifico progetto | se previsto in specifico progetto |
| | (EN 12350/10 Prova di scorrimento confinato mediante scatola ad L) | | $H_{\text{finale}}/H_{\text{iniziale}}$: PL1 $\geq 0,80$ con 2 barre; PL2 $> 0,80$ con 3 barre | | | |

| | | | | | | |
|--|--|--|--|--|--|--|
| | (EN 12350/12 Prova di scorrimento confinato mediante anello a J) | | Diff. abbassamento cls dentro e fuori J ring: ($D_{max} \leq 40\text{mm}$): PJ1 $\leq 10\text{mm}$ con 12 barre PJ2 $\leq 10\text{mm}$ con 16 barre | | | |
|--|--|--|--|--|--|--|

| | DESCRIZIONE CONTROLLO (norma) | LIMITI DI ACCETTABILITA' | | CONTROLLO FASE PREQUALIF.* | CONTROLLO FASE QUALIFICA** | CONTROLLO FASE ACCETTAZIONE*** |
|----------|--|--|--|----------------------------|--|---|
| | | NORMA | VALORI CARATTERISTICI | | | |
| A.9.3.5 | Omogeneità e segregabilità, (S5: UNI EN 12350/5) (SCC:UNI EN 12350/8) | § 3.3 NTC sez. 2 - CSA | confronto spandimento 0' e 60' (oltre se richiesto): valutazione visiva assenza segregazione (frazione grossa al centro e boiacca lungo perimetro) | X | X (solo su una miscela delle tre) | Alla prima e ogni 1500mc di cls fornito |
| | (UNI EN 12350/11) Non applicabile in presenza di fibre o aggregati leggeri | | Per cls S5, differenza trattenuti a setaccio 4 o 5mm a 0' (P_1) e 60' (P_2): $(P_1 + P_2) \leq 0,15 (P_1 + P_2)/2$ Per SCC passante a 5mm: SR1 < 20%; SR2 < 15%; | | X (solo su una miscela delle tre) | Alla prima fornitura e ogni 1500mc di cls fornito |
| A.9.3.6 | Acqua essudata (UNI EN 480/4) | § 3.7 NTC sez. 2 - CSA | $\leq 0,1\%$ rispetto al volume iniziale della miscela | X | X (solo su una miscela delle tre) | Alla prima fornitura e ogni 1500mc di cls fornito |
| A.9.3.6 | Tempi di presa (UNI 7123) | § 3.11 NTC sez. 2 - CSA | Conformità a limiti di progetto funzione tempi di scassero e lavorazioni | | Se richiesto (solo su una miscela delle tre) | Alla prima fornitura e ogni 1500mc di cls fornito |
| A.9.3.7 | Massa volumica a fresco (UNI EN 12350/6) | § 3.5 NTC sez. 2 - CSA | + 3% rispetto a valore nominale definito nel dossier di prequalifica | X | X | Alla prima fornitura e ogni 1500mc di cls prodotto; per cls aerati, stessa frequenza misura aria |
| A.9.3.8 | Aria inglobata (UNI EN 12350-7) | § 3.6 NTC sez. 2 - CSA | $\leq 2,5\%$ per cls ordinari Per cls resistenti ai cicli di gelo-disgelo: 8% \pm 1% per D_{max} fino a 10 mm 6% \pm 1% per D_{max} tra 10 e 20 mm 5% \pm 1% per D_{max} oltre 20 mm | X | X (solo su una miscela delle tre) | per cls aerati: al primo impasto o carico di ogni giorno di produzione |
| A.9.3.9 | Massa volumica su cls indurito (UNI EN 12390/6) | § 5.5.2 UNI EN 206-1 § 3.5 NTC sez. 2 - CSA | 2000 kg/mc $\leq M_v$ secco \leq 2600 kg/mc M_v provini stagionati UR > 95% o in acqua: +50kg/mc rispetto a valore a fresco | X | X | su tutti i provini delle prove meccaniche previste |
| A.9.3.10 | Resistenza a compressione (UNI EN 12390/3) su cubi lato 15cm (20cm per $D_{max} > 40\text{mm}$) | § 4.3.1, § 8.2.1, App. A UNI EN 206-1 § da 11.2.1 a 11.2.6 DM 14-01-2008 § 3.2, § 5, § 6 NTC sez. 2 - CSA | Variabile con la fase di controllo | | | |
| | R_{cm} 2-7-14gg o altre su specifica richiesta per curva resistenza nel tempo | | | X | $R_{cm} = R_{cm\text{prequalif.}} + 10\%$ (solo su una miscela delle tre) | Se previste, secondo frequenze specifico progetto |

| | | | | | | |
|--|-----------------|--|--|--|-------------------------------------|---|
| | R_{ck} a 28gg | | | $\frac{R_{min}}{R_{cm}} \geq \frac{R_{ck}}{R_{ck} + k}$ $(k = 2 \cdot \sqrt{s_{qm}} = 6-12, 12 \text{ se n.d.})$ | $R_{cm} = R_{cmprq} \cdot \pm 10\%$ | Prove e frequenze secondo DM 14/01/01 (vedi nota ***) Per cls non strutturale 1 prelievo (2 cubetti)/500 mc di getto |
|--|-----------------|--|--|--|-------------------------------------|---|

| | DESCRIZIONE CONTROLLO (norma) | LIMITI DI ACCETTABILITA' | | CONTROLLO FASE PREQUALIF.* | CONTROLLO FASE QUALIFICA** | CONTROLLO FASE ACCETTAZIONE*** |
|----------|---|--|---|----------------------------------|--|---|
| | | NORMA | VALORI CARATTERISTICI | | | |
| A 9.4 | Verifiche prestazioni aggiuntive § 3.12 NTC sez. 2 – CSA | Tab. III e cap. 7 NTC sez. 2 – CSA | Prove raccomandabili a seconda delle varie tipologie di cls indicate in Tab. III o al cap. 7 cls speciali delle NTC sez. 2 – CSA o per specifiche prescrizioni di progetto | | | |
| A 9.4.1 | Resistenza a trazione indiretta (UNI EN 12390/6) | § 3.12.1 NTC sez. 2 – CSA | Valori da verificare con quanto previsto dal progettista | | | Secondo prescrizioni specifico progetto |
| A 9.4.2 | Resistenza a flessione (UNI EN 12390/7) | § 3.12.2 NTC sez. 2 – CSA | Valori da verificare con quanto previsto dal progettista | | | Secondo prescrizioni specifico progetto |
| A 9.4.3 | Resistenza a flessione e duttilità clsfibrorinforzati (UNI EN 12390/7, UNI 111039, UNI EN 14641) | § 3.12.2 e § 7.3 NTC sez. 2 – CSA | Valori da verificare con quanto previsto dal progettista | | (sempre per clsfibrorinforzati § 7.3) | Secondo prescrizioni specifico progetto |
| A 9.4.4 | Modulo elastico dinamico e statico (UNI EN 12504/4, UNI 6556) | § 3.12.3 NTC sez. 2 – CSA | Valori da verificare con quanto previsto dal progettista | | | Secondo prescrizioni specifico progetto |
| A 9.4.5 | Deformazione viscosa (UNI EN 12390/6) | § 3.12.4 NTC sez. 2 – CSA | Valori da verificare con quanto previsto dal progettista | | | Secondo prescrizioni specifico progetto |
| A 9.4.6 | Ritiro idraulico libero (UNI 11307) | § 3.12.5 NTC sez. 2 – CSA | Valori da verificare con quanto previsto dal progettista | | (sempre per cls a ritiro ridotto con SRA) | Secondo prescrizioni specifico progetto |
| A 9.4.7 | Ritiro idraulico/espansione contrastata (UNI 8148 met. B) | § 3.12.6 NTC sez. 2 – CSA | A seconda del sistema espansivo utilizzato, dosaggi e valori a breve termine da verificare in modo da ottenere un'espansione residua a 90gg ≥ 0 μm/m | | (sempre per cls a ritiro compens. § 7.2) | Secondo prescrizioni specifico progetto |
| A 9.4.8 | Permeabilità all'acqua: (UNI EN 12390/8) | § 3.12.7 NTC sez. 2 – CSA § 7.1 LL.GG. cls strutturale | Per le varie classi esp.: valore max ≤ 50 mm valore medio ≤ 20 | | | Secondo prescrizioni specifico progetto |
| A 9.4.9 | Gradiente termico (§ 3.12.8 NTC sez. 2 – CSA) | § 3.12.8 e § 7.1 NTC sez. 2 – CSA | Per calcestruzzi destinati a getti massivi § 7.1 NTC sez. 2 CSA o in condizioni ambientali con elevato gradiente termico | | | Secondo prescrizioni specifico progetto con termocoppie posizionate su elementi strutturali critici |
| A 9.4.10 | Resistenza ai cicli di gelo disgelo (UNI CEN/TS 12390-9) | Nota a) prosp. F1 UNI EN 206-e prosp. 4 UNI 11104 | Per calcestruzzi in classi XF: prova non necessaria qualora vengano soddisfatti i requisiti di aria inglobata di cui al | | | |

| | | | | | | |
|--|--|--|---------------|--|--|--|
| | | | p.to A.9.3.8. | | | |
|--|--|--|---------------|--|--|--|

| | DESCRIZIONE CONTROLLO (norma) | LIMITI DI ACCETTABILITA' | | CONTROLLO FASE PREQUALIF.* | CONTROLLO FASE QUALIFICA** | CONTROLLO FASE ACCETTAZIONE*** |
|---------|---|---|---|----------------------------------|---|--|
| | | NORMA | VALORI CARATTERISTICI | | | |
| A.9.5 | Verifiche calcestruzzo in opera | § 6.3 NTC sez. 2 – CSA § 11.2.6 NTC DM 14-1-'08 e § C.11.2.6 Circ. esplic. n° 617 del 2/2/'09 | | | In casi specifici possono essere prescritte delle verifiche su getti di prova che simulino le reali condizioni di getto | Nel caso in cui uno o più controlli di accettazione non dovessero risultare soddisfatti, in caso di dubbio sulla efficacia della compattazione e stagionatura adottata o in generale in caso di dubbi sulla qualità e rispondenza del calcestruzzo messo in opera ai valori di resistenza prescritti |
| A.9.4.1 | Grado di compattazione cls in opera (UNI EN 12390/6) | § 3.10 NTC sez. 2 – CSA | valutato su media 2 di carote s.s.a. rispetto a media provini stagionati UR>95% o in acqua del corrispondente getto. Mv cls in opera/ Mv provini $\geq 0,97$ | | | Con frequenza previste da progetto o in caso di dubbio |
| A.9.4.2 | Misura Rc su carote (UNI EN 12504/1 UNI EN 12390/3) | § 11.2.6 NTC DM 14-1-'08 e § C.11.2.6 Circ. esplic. n° 617 del 2/2/'09 | Valutazione $R_{ckstrutt.} \geq 0,85 R_{ckprog.}$ | | | Almeno 3 carote ogni 300mq per piano e per tipo di calcestruzzo |
| A.9.4.3 | Indagini ultrasoniche (UNI EN 12504/4) | | Valutazione comparativa disomogeneità calcestruzzo; Valutazione $R_{ckstrutt.} \geq 0,85 R_{ckprog.}$ (solo previa taratura della prova su almeno 3 punti di carotaggio e preferibilmente in combinazione con misura ultrasoniche secondo metodo SON-REB) | | | Con N° carote ≥ 15 , $f_{ckstrutt} = \min \text{ tra } f_{cmstrutt}^{-4}$ $f_{cmstrutt} + 1,48 \text{ s.q.m.}$ Per N° carote < 15 , $f_{ckstrutt} = \min \text{ tra } f_{cmstrutt}^{-4}$ $f_{cmstrutt} + K$ con K=5 per 10-14 carote K=6 per 7-9 carote K=7 per 3-6 carote |
| A.9.4.4 | Indagini sclerometriche (UNI EN 12504/4) | | | | | Per passare dai valori cilindrici di f_{ck} ($h/2=2$) a quelli cubici di R_{ck} ($h/d=1$), i valori delle formule sopra riportati vanno divisi per 0,83. Per raggiungere il numero di minimo di risultati necessari per l'applicazione delle varie formule, possono essere sostituite al massimo la metà dei carotaggi con almeno |
| A.9.4.4 | Estrazione tasselli post- inseriti, Pull-out (UNI EN 12504/3) | LL. GG.STC per la messa in opera del calcestruzzo strutturale e per la valutazione delle caratteristiche meccaniche del calcestruzzo indurito mediante prove non distruttive UNI EN 13791 | Valutazione comparativa disomogeneità calcestruzzo; Valutazione $R_{ckstrutt.} \geq 0,85 R_{ckprog.}$ (solo previa taratura della prova su almeno 3 punti di carotaggio) | | | |

| | | | | | | |
|--|--|--|--|--|--|---|
| | | | | | | il triplo delle misure non distruttive tarate sulle rimanenti misure dirette (non meno di 3 in ogni caso) |
|--|--|--|--|--|--|---|

*Prove certificate da parte dei laboratori di cui all'art.59 del D.P.R. n.380/2001. Seguendo le indicazioni previste nell'appendice A dalla UNI EN 206/1 relativamente alle prove iniziali, la valutazione della classe di consistenza e della resistenza media a compressione alle varie stagionature previste (media di 3 provini su ogni stagionatura) dovrà essere ripetuta su tre diversi impasti.

Nel caso di impianti di calcestruzzo in possesso di certificazione FPC , le prove di autocontrollo della produzione sono sostitutive di quelle di prequalifica effettuate presso i laboratori di cui all'art. 59 del DPR n. 380/2001. La certificazione da parte di questi ultimi laboratori rimane comunque obbligatoria nel caso di utilizzo di aggregati riciclati o di produzione di calcestruzzi speciali di cui al §7 se non rientranti nell'ordinaria produzione dell'impianto. In ogni caso dovrà essere fornito un Dossier di prequalifica contenete le informazioni di cui al § 5.1.1 del CSA..

**Prove certificate da parte dei laboratori di cui all'art.59 del D.P.R. n.380/2001 sulla ripetizione di tre miscele consecutive. La verifica sarà completa su una miscela mentre sulle altre due ripetizioni sarà limitata solo alla verifica delle proprietà principali segnalate in tabella.

*** Prove certificate da parte dei laboratori di cui all'art.59 del D.P.R. n.380/2001. La verifica della classe di resistenza a compressione a 28gg sarà eseguita secondo il numero e la tipologia dei controlli conforme alle due tipologie previste al § 11.2.5 del DM 14-01-2008:

- tipo A (solo per getti di miscela omogenea inferiori ai 1500 m³) su serie di 3 prelievi di coppie di provini (6 provini): $R_{cm} \geq R_{ckprog} + 3.5 (N/mm^2)$; $R_{cmin} \geq R_{ckprog} - 3.5 (N/mm^2)$
- tipo B su serie di 15 prelievi di coppie di provini (30 provini): $R_{cm} \geq R_{ckprog} + 1,48 * s.q.m.$; $R_{cmin} \geq R_{ckprog} - 3.5 (N/mm^2)$

Per entrambi i tipi di controlli, oltre al numero minimo di prelievi, comunque un prelievo ogni 100mc e ogni giorno di getto della stessa ricetta di cls.

Nel caso di numero di prelievi superiori a 3 o 15 rispettivamente per il controllo di tipo A e di tipo B, il controllo di accettazione si intende eseguito sull'ultima serie consecutiva di 3 o 15 prelievi.

14.10 ALLEGATO 10

TABELLA A10.1: Sintesi requisiti prestazionali per prodotti di riparazione strutturali (Classi R3 ed R4 UNI EN 1504/3)

VEDI:

Capitolato Speciale d'Appalto

Norme Tecniche per l'esecuzione del contratto Parte 2

Ripristino Ponti e Viadotti

i

Tabella A10.2: Sintesi requisiti prestazionali per prodotti rivestimento superficiale (UNI EN 1504-2, tipo rivestimento con requisiti di protezione contro i rischi di penetrazione prosp. ZA.1d) (1/2)

VEDI:

Capitolato Speciale d'Appalto

Norme Tecniche per l'esecuzione del contratto Parte 2

Ripristino Ponti e Viadotti

Tabella A10.3: Sintesi requisiti prestazionali aggiuntivi rispetto a prospetto A9 per calcestruzzi da ripristino strutturale con prove qualifica certificate

(1/2)

| | DESCRIZIONE CONTROLLO (norma) | LIMITI DI ACCETTABILITA” | | CONTROLLO FASE PREQUALIF.* | CONTROLLO FASE QUALIFICA** | CONTROLLO FASE ACCETTAZIONE*** |
|----------|--|--|---|----------------------------------|---------------------------------------|---|
| | | NORMA | VALORI CARATTERISTICI | | | |
| A10.3 | Calcestruzzo per ripristini strutturali | | | | | |
| A 10.3.1 | Verifica documenti | | | | | |
| .1 | Certificazione impianto | | | X | X | Prima fornitura |
| .2 | Disponibilità dossier prequalifica e/o qualifica | | | X | X | Prima fornitura |
| A 10.3.2 | Verifiche composizionali | Uguale a serie A.9. 2 in Allegato 9 per cls ordinari | | | | |
| A 10.3.3 | Verifiche prestazioni principali | Uguale a serie A.9.3 in Allegato 9 per cls ordinari | | | | |
| A 10.3.4 | Verifiche prestazioni aggiuntive | cap. 8.2 NTC sez. 2 – | | | | |
| .1 | Resistenza a trazione indiretta (UNI EN 12390/6) | § 3.12.1 NTC sez. 2 – CSA | Valori da verificare con quanto previsto dal progettista | X | X | Secondo prescrizioni specifico progetto |
| .2 | Resistenza a flessione (UNI EN 12390/7) | § 3.12.2 NTC sez. 2 – CSA | Valori da verificare con quanto previsto dal progettista | | X | Secondo prescrizioni specifico progetto |
| .3 | Resistenza a flessione e duttilità cls fibrorinforzati (UNI EN 12390/7, UNI 111039, UNI EN 14641) | § 3.12.2 e §7.3 NTC sez. 2 – CSA | Valori da verificare con quanto previsto dal progettista | | X (percls fibrorinforzati §7.3) | Secondo prescrizioni specifico progetto |
| .4 | Modulo elastico dinamico e statico (UNI EN 12504/4,UNI 6556) | § 3.12.3 NTC sez. 2 – CSA | Valori da verificare con quanto previsto dal progettista | | X | Secondo prescrizioni specifico progetto |
| .5 | Ritiro idraulico libero (UNI 11307) | § 3.12.5 NTC sez. 2 – CSA | Valori da verificare con quanto previsto dal progettista | X | X | Secondo prescrizioni specifico progetto |
| .6 | Ritiro idraulico/espansione contrastata (UNI 8148 met. B) | § 3.12.6 NTC sez. 2 – CSA | A seconda del sistema espansivo utilizzato, dosaggi e valori a breve termine da verificare in modo da ottenere un'espansione residua a 90gg ≥ 0 µm/m | X | X | Secondo prescrizioni specifico progetto |

Tabella A10.3: Sintesi requisiti prestazionali aggiuntivi rispetto a prospetto A9 per calcestruzzi da ripristino strutturale con prove qualifica certificate

(2/2)

| | DESCRIZIONE CONTROLLO (norma) | LIMITI DI ACCETTABILITA'' | | CONTROLLO FASE PREQUALIF.* | CONTROLLO FASE QUALIFICA** | CONTROLLO FASE ACCETTAZIONE*** |
|----------|---|---|--|----------------------------------|-------------------------------|---|
| | | NORMA | VALORI CARATTERISTICI | | | |
| A 10.3.4 | Verifiche prestazioni aggiuntive | cap. 8.2 NTC sez. 2 – | | | | |
| .7 | Permeabilità all'acqua: (UNI EN 12390/8) | § 3.12.7 NTC sez. 2 – CSA §7.1 LL.GG. cls strutturale | Per classi esp. con $\alpha_{lc} \leq 0,55$: valore max ≤ 50 mm valore medio ≤ 20 mm | X | X | Secondo prescrizioni specifico progetto |
| .8 | Resistenza ai cicli di gelo disgelo (UNI CEN/TS 12390-9) | Nota a) prosp. F1 UNI EN 206-e prosp. 4 UNI 11104 | Per calcestruzzi in classi XF: Rc dopo cicli Rc resistenza cicli Prova non necessaria qualora vengano soddisfatti i requisiti di aria inglobata. 8% \pm 1% per D_{max} fino a 10 mm 6% \pm 1% per D_{max} tra 10 e 20 mm 5% \pm 1% per D_{max} oltre 20 mm | | | |
| .9 | Resistenza alla carbonatazione (UNI EN 13295) su provini 10x10x10cm di cls da certificare e di cls di riferimento tipo MC (0,45) EN 1766 | | $d_K \leq d_{cls}$ di controllo MC(0.45) | | | |
| .10 | Permeabilità ai cloruri: Coefficiente diffusione in regime non stazionario (Dss) su provini esposti 90gg in soluzione NaCl (UNICEN/TS12390-11) | | Solo per cls in classe esp XS o XD : Dss (m ² /s ⁻¹): limite raccomandato da definire in base alla vita utile di progetto (t) e al copriferro (x) previsto secondo l'equazione $x = \sqrt{Dss \cdot t}$ | | | |

* Prove certificate da parte dei laboratori di cui all'art.59 del D.P.R. n.380/2001. Seguendo le indicazioni previste nell'appendice A dalla UNI EN 206/1 relativamente alle prove iniziali, la valutazione della classe di consistenza e della resistenza media a compressione alle varie stagionature previste (media di 3 provini su ogni stagionatura) dovrà essere ripetuta su tre diversi impasti.

Nel caso di impianti di calcestruzzo in possesso di certificazione FPC , le prove di autocontrollo della produzione sono sostitutive di quelle di prequalifica effettuate presso i laboratori di cui all'art. 59 del DPR n. 380/2001. La certificazione da parte di questi ultimi laboratori rimane comunque obbligatoria nel caso di utilizzo di aggregati riciclati o di

produzione di calcestruzzi speciali di cui al corrispondente non compresi nella produzione ordinaria dell'impianto. In ogni caso dovrà essere fornito un Dossier di prequalifica contenente le informazioni di cui al § 5.1.1 del CSA..

** Prove certificate da parte dei laboratori di cui all'art.59 del D.P.R. n.380/2001 sulla ripetizione di tre miscele consecutive. La verifica sarà completa su una miscela mentre sulle altre due ripetizioni sarà limitata solo alla verifica delle proprietà principali segnalate in tabella.

Tabella A10.4: Sintesi delle prove e delle osservazioni per il controllo di qualità secondo UNI EN 1504-10 di malte e calcestruzzi per rivestimento (UNI EN 1504-2) o ripristino strutturale e non (UNI EN 1504-3) (1/4)

| Caratteristica | Metodo misura (descriz. in A9 EN 1504-§A9 EN 1504-10) | Norma riferimento | Frequenza prova o osservazione | Esecuzione controllo | Limiti §A9 EN 1504-10 |
|--|---|---|--|--|--|
| Verifica delle condizioni del supporto prima e /o dopo la preparazione | | | | | |
| Delaminazione superficie substrato | Sondaggio con martello | | Una volta prima dell'applicazione | SI | |
| Resistenza a trazione superficiale del supporto | Prova di trazione diretta (Pull-off) | EN 1542 | Prima dell'applicazione: esame dei risultati di precedenti indagini diagnostiche -conoscitive o definizione di un piano d'indagine da concordare con DLL con localizzazione della posizione e del numero dei punti di verifica | SI | |
| Profondità carbonatazione | Prova alla fenoltaleina su carota o carbotest | EN 14630 | | SI | |
| Profondità penetrazione cloruri | Campionamento a varie profondità ed analisi in laboratorio | EN 14629 | | In caso di ambiente XS, XS, XF2/4, XA | |
| Penetrazione di altri contaminanti | Campionamento a varie profondità ed analisi in laboratorio | Da definire in base al tipo di contaminante | | In caso di ambiente XA | |
| Pulizia substrato | Osservazione visiva di asciugamento | | Dopo la preparazione e immediatamente prima dell'applicazione | SI | |
| Irregolarità superficie | Ispezione visiva e misure con squadra acciaio | | Prima dell'applicazione | Solo per metodo rivestimento superf. | |
| Ruvidità | Ispezione visiva o metodo superf. Sabbia o profilometro | § 7.2 EN 1766 EN ISO 3274 EN ISO 4288 | Prima dell'applicazione | SI | |
| Tenore di umidità del supporto | Ispezione visiva | | Prima e durante l'applicazione | SI | |
| | campionamento in opera ed essiccazione in laboratorio o prove resistività o sonde umidità o igrometro a carburo | UNI 10329 §6.2 UNI 10329 §6.1 | | Solo rivestimenti superficiali che richiedano umidità inferiori ad un certo limite | |
| Temperatura supporto | Misura con termometro da superf. accuratezza 1°C | | Per tutta la durata dell'applicazione | SI | 5°C-30°C |
| Vibrazioni | Misura con accelerometro | | Prima e durante l'applicazione dell'applicazione | SI | Inferiori ai carichi dinamici accettati dai prodotti |

Tabella A10.4: Sintesi delle prove e delle osservazioni per il controllo di qualità secondo UNI EN 1504-10 di malte e calcestruzzi per rivestimento (UNI EN 1504-2) o ripristino strutturale e non (UNI EN 1504-3) (2/4)

| Caratteristica | Metodo misura (descriz. in A9 EN 1504-§A9 EN 1504-10) | Norma riferimento | Frequenza prova o osservazione | Esecuzione controllo | Limiti §A9 EN 1504-10 |
|---|--|---|---------------------------------------|---|---|
| Accettazione dei prodotti e dei sistemi | | | | | |
| Identità dei prodotti applicati | Verifica certificazione di prodotto o di prove qualifica, schede tecniche e DDT | EN 1504/8 per malte prem. § 5.1.2 e Tab. A10.2 per cls (acqua EN 1008) | A ogni fornitura prima dell'utilizzo | SI | |
| Condizioni e requisiti prima e/o durante l'applicazione | | | | | |
| Temperatura ambiente | Termometro accuratezza 1°C | | Per tutta la durata dell'applicazione | SI | |
| Umidità ambiente e punto di rugiada | Igrometro e termometro accuratezza 0,5°C (vedi tabella §A.92 EN 1504/10) | ISO 4677-1,2 | Per tutta la durata dell'applicazione | Solo per metodo rivestimento superf. se il tipo di prodotto lo richiede | Dipende da materiale ma preferibile evitare applicazioni a temperature minore di 3°C sopra punto di rugiada |
| Precipitazioni | Ispezione visiva | | Quotidiana | SI | Assenti |
| Resistenza al vento | Anemometro | | Prima dell'utilizzo | Solo per metodo rivestimento superf. | Minore 8 m/s |
| Spessore del rivestimento umido | ispezione visiva Calibro a pettine o a ruota (solo per rivestimenti superficiali ancora umidi) | ISO 2808 | Subito dopo l'applicazione | SI | |
| Contenuto d'aria nella miscela fresca | Metodo porosimetro a pressione | EN 1015-7 (malta) EN 12350/7 (cls) | Quotidiana o per ogni lotto | Solo per malte o cls in classe di esp. XF additivati con aeranti | |

Tabella A10.4: Sintesi delle prove e delle osservazioni per il controllo di qualità second UNI EN 1504-10 di malte e calcestruzzi per rivestimento (UNI EN 1504-2) o ripristino strutturale e non (UNI EN 1504-3) (3/4)

| Caratteristica | Metodo misura (descriz. in A9 EN 1504-§A9 EN 1504-10) | Norma riferimento | Frequenza prova o osservazione | Esecuzione controllo | Limiti §A9 EN 1504-10 |
|--|---|---|--------------------------------|---|-----------------------|
| Condizioni e requisiti prima e/o durante l'applicazione | | | | | |
| Consistenza della malta | Scorrimento (malte colabili) Spandimento tavola a scosse (malte tixotropiche) | EN 13395-3 EN 13395-2 | Quotidiana o per ogni lotto | Solo per ripristino o consolidamento strutturale con malte | |
| Consistenza del calcestruzzo | Tempo Vebè Abbassamento cono Abrams Spandimento tavola a scosse Diametro e tempo Spandimento SCC Eventuali altre prove SCC definite in qualifica | EN 12350/3 EN 12350/2 EN 12350/5 EN 12350/8 EN 12350/9-12 | Quotidiana o per ogni lotto | Solo per ripristino o consolidamento strutturale con calcestruzzo | |
| Condizioni e requisiti dopo l'indurimento | | | | | |
| Copertura del rivestimento e spessore del rivestimento asciutto o indurito | Ispezione visiva Intaglio a cuneo e misura con calibro (malta) carotaggio(per cls) | ISO 2808 EN 12504/1 | Una volta per tipo di elemento | SI | |
| Fessurazione da ritiro plastico ed igrometrico | Ispezione visiva con bagnatura superficie ed eventuale misura fessure con calibro | | Quotidiana o per ogni lotto | SI | < 0,1mm |
| Colore e tessitura delle superfici finite | Esame visivo | | Quotidiana o per ogni lotto | Solo per ripristino o consolidamento strutturale con malta o calcestruzzo | |

Tabella A10.4: Sintesi delle prove e delle osservazioni per il controllo di qualità secondo UNI EN 1504-10 di malte e calcestruzzi per rivestimento (UNI EN 1504-2) o ripristino strutturale e non (UNI EN 1504-3) (4/4)

| Caratteristica | Metodo misura (descriz. in A9 EN 1504-§A9 EN 1504-10) | Norma riferimento | Frequenza prova o osservazione | Esecuzione controllo | Limiti §A9 EN 1504-10 |
|---|--|--|--|---|--|
| Condizioni e requisiti dopo l'indurimento | | | | | |
| Presenza vuoti dentro e dietro il materiale | Misura con ultrasuoni o eventuale esame visivo dopo carotaggio | EN 12504-4 EN 12504/1 | Una volta per valutare l'efficienza e in caso di dubbio | SI | |
| Massa volumica s.s.a. conglomerato indurito | Misura su carote | EN 12504/1 EN 12390/7 | Una volta per tipo di elemento | Solo per ripristino o consolidamento strutturale con malta o calcestruzzo | $\geq 0,97$ massa volumica misurata su provini delle certificazioni in laboratorio dei corrispondenti getti |
| Resistenza a compressione a 28gg (altre stag. se da progetto) | Su prismi 4x4x16 per malte su cubi 15x15x15 per betoncini o cls | UNI EN 12190 EN 12390/3 | <i>frequenze controllo tipo A o B § 11.2.3 DM 14-01-02</i> | Solo per ripristino o consolidamento strutturale con malta o calcestruzzo | <i>Come da controllo tipo A o B § 11.2.3 DM 14-01-02</i> |
| Resistenza a compressione del materiale messo in opera | Prova di compressione su carote h/d=1 | EN 12504/1 EN 12390/3 | Una volta per tipo di elemento | Solo per ripristino o consolidamento strutturale con malta o calcestruzzo | <i>Come da § 11.2.6 DM 14-01-02: R_{ck} in sito $\geq 0,85 R_{ck, progetto}$</i> |
| Resistenza a flessione a 28gg | Su terna prismi 4x4x16cm per malte su terna travi 15x15x60cm per betoncini o cls | EN 12390/7 | Una volta per tipo di elemento | Solo per ripristino o consolidamento strutturale con malta o calcestruzzo | \geq valore caratteristico dichiarato |
| Aderenza in sito | Trazione diretta | EN 1542 | Una volta per tipo di superficie o di elemento | SI | \leq resist trazione supporto; per malte e cls ripristini strutturali: 1,2-1,5MPa; non strutturali $\geq 0,7$ MPa |
| Permeabilità all'acqua | Prova in sito di Karsten carotaggio e prova di penetrazione dell'acqua | NF P84-402 o NF T 30-801 EN 12390-8 | Una volta per valutare l'efficienza | SI | <i>Prova in sito da correlare con EN 12390/8 i cui limiti sono penetrazioni Max ≤ 50mm; Media ≤ 20mm</i> |

Tabella A10.5: Sintesi delle prove e delle osservazioni per il controllo di qualità secondo UNI EN 1504-10 di prodotti per iniezioni dei calcestruzzi (UNI EN 1504-5) (1/2)

| Caratteristica | Metodo misura (descriz. in A9 EN 1504-5/A9 EN 1504-10) | Norma riferimento | Frequenza prova o osservazione | Esecuzione controllo | Limiti §A9 EN 1504-10 |
|--|---|---|---|--|-------------------------|
| Verifica delle condizioni del supporto prima e /o dopo la preparazione | | | | | |
| Pulizia substrato | Osservazione visiva di asciugamento | | Dopo la preparazione e immediatamente prima dell'applicazione | SI | |
| Larghezza e profondità delle fessure | Misura con calibri o sonde ottiche da superficie, prova ultrasuoni o eventuale esame visivo dopo carotaggio | ISO 8047 EN 12504-4 EN 12504-1 | Prima dell'applicazione | SI | Accuratezza > 0,10mm |
| Movimento delle fessure | Calibri meccanici o elettrici o sonde ottiche da superficie o estensimetri o vetrini | | Prima dell'applicazione | SI. | Accuratezza > 0,10mm |
| Tenore di umidità del supporto | Ispezione visiva | | Prima e durante l'applicazione | SI | |
| | campionamento in opera ed essiccazione in laboratorio o prove resistività o sonde umidità o igrometro a carburo | UNI 10329 §6.2 UNI 10329 §6.1 | | Solo rivestimenti superficiali che richiedano umidità inferiori ad un certo limite | |
| Temperatura supporto | Misura con termometro da superf. accuratezza 1°C | | Per tutta la durata dell'applicazione | SI | 5°C-30°C |
| Contaminazione delle fessure | Campionamento con carotaggio o perforazione a varie profondità ed analisi in laboratorio | EN 12504-1 EN 14629 altre da definire in base al tipo di contaminante | Prima dell'applicazione: esame dei risultati di precedenti indagini diagnostiche- conoscitive o definizione di un piano d'indagine da concordare con ANAS con localizzazione della posizione e del numero dei punti di verifica | SI | |

Tabella A

2/2)

| Caratteristica | Metodo misura (descriz. in A9 EN 1504- | Norma | Frequenza prova o | Esecuzione controllo | Limiti |
|---|---|---|---------------------------------------|---|--|
| Accettazione dei prodotti e dei sistemi | | | | | |
| Identità dei prodotti applicati | Verifica certificazione di prodotto o di prove qualifica, schede tecniche e DDT | EN 1504/8 (acqua EN 1008) | A ogni fornitura prima dell'utilizzo | SI | |
| Condizioni e requisiti prima e/o durante l'applicazione | | | | | |
| Temperatura ambiente | Termometro accuratezza 1°C | | Per tutta la durata dell'applicazione | SI | |
| Umidità ambiente e punto di rugiada | Igrometro e termometro accuratezza 0,5°C (vedi tabella §A.92 EN 1504/10) | ISO 4677-1,2 | Per tutta la durata dell'applicazione | Solo per metodo rivestimento superf. se il tipo di prodotto lo richiede | Dipende da materiale ma preferibile evitare applicazioni a temperature minore di 3°C sopra punto di rugiada |
| Precipitazioni | Ispezione visiva | | Quotidiana | SI | Assenti |
| Condizioni e requisiti dopo l'indurimento | | | | | |
| Grado di riempimento delle fessure | sonde ottiche da superficie prova ultrasuoni o eventuale esame visivo dopo carotaggio | ISO 8047 EN 12504-4 EN 12504-1 | Una volta per valutare l'efficienza | SI | ≥80% |
| Permeabilità all'acqua | Prova in sito di Karsten carotaggio e prova di penetrazione dell'acqua | NF P84-402 o NF T 30-801 EN 12390-8 | Una volta per valutare l'efficienza | SI | <i>Prova in sito da correlare con EN 12390/8 i cui limiti sono penetrazioni</i> <i>Max ≤ 50mm;</i> <i>Media ≤ 20mm</i> |

PARTE 2 – RIPRISTINO PONTI E VIADOTTI

SOMMARIO

| | | |
|----------|--|-----------|
| 1 | PREMESSA | 7 |
| 2 | RISANAMENTO DELL'INTRADOSSO TRAVI | 8 |
| 2.1 | GENERALITÀ | 8 |
| 2.2 | MATERIALI | 8 |
| 2.2.1 | Malte tissotropiche da ripristino | 8 |
| 2.2.2 | Acciaio in barre da c.a. | 11 |
| 2.3 | FASI ESECUTIVE E PRESCRIZIONI | 11 |
| 2.3.1 | Generalità | 11 |
| 2.3.2 | Scalpellatura meccanica o idrodemolizione dell'intradosso travi | 11 |
| 2.3.3 | Trattamento ferri d'armatura | 12 |
| 2.3.4 | Posizionamento di armature aggiuntive e trattamento delle barre di armatura esistente | 13 |
| 2.3.5 | Preparazione delle superfici da ripristinare | 13 |
| 2.3.6 | Messa in opera delle miscele di ripristino | 13 |
| 2.3.7 | Finitura superficiale | 14 |
| 2.3.8 | Stagionatura | 14 |
| 3 | RISANAMENTO DELL'INTRADOSSO TRAVI IN PRESENZA DI CAVITÀ E RELATIVA INIEZIONE DELLE STESSE | 14 |
| 3.1 | GENERALITÀ | 14 |
| 3.2 | MATERIALI | 15 |
| 3.2.1 | Malte tissotropiche da ripristino | 15 |
| 3.2.2 | Resine epossidiche e boiacche cementizie a bassa viscosità per iniezione di cavità | 16 |
| 3.2.3 | Adesivo epossidico | 17 |
| 3.2.4 | Acciaio in barre da CA | 18 |
| 3.3 | FASI ESECUTIVE E PRESCRIZIONI | 18 |
| 3.3.1 | Generalità | 18 |
| 3.3.2 | Scalpellatura meccanica o idrodemolizione dell'intradosso travi | 19 |
| 3.3.3 | Trattamento ferri d'armatura, guaine e trefoli | 19 |
| 3.3.4 | Predisposizione dei fori per la successiva iniezione delle cavità | 19 |
| 3.3.5 | Posizionamento di armature aggiuntive | 19 |

| | | |
|----------|---|-----------|
| 3.3.6 | Preparazione delle superfici da ripristinare (<i>NP 05 – Idrolavaggio</i>) | 20 |
| 3.3.7 | Messa in opera delle miscele di ripristino | 20 |
| 3.3.8 | Finitura superficiale | 20 |
| 3.3.9 | Stagionatura | 20 |
| 3.3.10 | Iniezione delle cavità | 21 |
| 4 | INIEZIONE DELLE GUAINE DEI CAVI ESISTENTI | 21 |
| 4.1 | GENERALITÀ | 21 |
| 4.2 | MATERIALI | 22 |
| 4.2.1 | Resina epossidica a bassissima viscosità per iniezioni | 22 |
| 4.2.2 | Betoncino cementizio premiscelato colabile | 23 |
| 4.3 | FASI ESECUTIVE E PRESCRIZIONI | 24 |
| 4.3.1 | Generalità | 24 |
| 4.3.2 | Individuazione del tracciato dei cavi | 25 |
| 4.3.3 | Localizzazione delle guaine | 25 |
| 4.3.4 | Rimozione della sigillatura delle testate | 25 |
| 4.3.5 | Istallazione dei tubetti di iniezione ed operazioni propedeutiche all'iniezione | 25 |
| 4.3.6 | Iniezione delle guaine | 26 |
| 4.3.7 | Sigillature delle testate e ripristini | 26 |
| 5 | TRATTAMENTO PROTETTIVO DELLE SUPERFICI IN CALCESTRUZZO | 27 |
| 5.1 | GENERALITÀ | 27 |
| 5.2 | MATERIALI | 27 |
| 5.2.1 | Trattamento protettivo | 27 |
| 5.3 | FASI ESECUTIVE E PRESCRIZIONI | 28 |
| 5.3.1 | Preparazione del supporto | 28 |
| 5.3.2 | Applicazione del trattamento protettivo | 28 |
| 6 | RINFORZO STRUTTURALE DELLE TRAVI DI IMPALCATO MEDIANTE L'UTILIZZO DI PLACCAGGI METALLICI | 28 |
| 6.1 | GENERALITÀ | 29 |
| 6.2 | MATERIALI | 29 |
| 6.2.1 | Resina per fissaggi di barre filettate | 29 |
| 6.2.2 | Barre filettate dadi e rosette | 30 |
| 6.2.3 | Adesivo epossidico per incollaggi strutturali | 30 |
| 6.2.4 | Resina epossidica a bassissima viscosità per intasamenti | 30 |

| | | |
|----------------|---|-----------|
| 6.2.5 | Carpenterie metalliche | 30 |
| 6.3 | FASI ESECUTIVE E PRESCRIZIONI | 30 |
| 6.3.1 | Generalità | 30 |
| 6.3.2 | Inghisaggio delle barre di prima fase | 31 |
| 6.3.3 | Montaggio delle lamiere di rinforzo | 31 |
| 6.3.4 | Esecuzione delle giunzioni saldate | 31 |
| 6.3.5 | Intasamento dei giochi costruttivi di montaggio | 32 |
| 6.3.6 | Completamento dell'inghisaggio delle restanti barre | 32 |
| 7 | RINFORZO STRUTTURALE DELLE TRAVI DI IMPALCATO MEDIANTE PRECOMPRESSIONE | |
| ESTERNA | | 32 |
| 7.1 | GENERALITÀ | 32 |
| 7.2 | MATERIALI | 33 |
| 7.2.1 | Guaina in HDPE per viplatura dei trefoli | 33 |
| 7.2.2 | Cera di petrolio o grasso | 33 |
| 7.2.3 | Guaina di protezione esterna | 33 |
| 7.2.4 | Carpenterie metalliche | 34 |
| 7.3 | FASI ESECUTIVE E PRESCRIZIONI | 34 |
| 7.3.1 | Generalità | 34 |
| 7.3.2 | Montaggio delle carpenterie metalliche | 34 |
| 7.3.3 | Messa in tensione dei cavi | 35 |
| 7.3.4 | Controllo degli allungamenti | 36 |
| 7.3.5 | Iniezioni | 36 |
| 7.3.6 | Sigillatura delle testate | 36 |
| 8 | RINFORZO STRUTTURALE DEI TRASVERSI DI IMPALCATO MEDIANTE PRECOMPRESSIONE | |
| ESTERNA | | 37 |
| 8.1 | GENERALITÀ | 37 |
| 8.2 | MATERIALI | 37 |
| 8.2.1 | Guaina di protezione esterna | 37 |
| 8.2.2 | Carpenterie metalliche | 37 |
| 8.3 | FASI ESECUTIVE E PRESCRIZIONI | 38 |
| 8.3.1 | Montaggio delle carpenterie metalliche | 38 |
| 8.3.2 | Messa in tensione delle barre. | 38 |

| | | |
|-------------|---|-----------|
| 8.3.3 | Controllo degli allungamenti | 39 |
| 8.3.4 | Iniezioni | 40 |
| 8.3.5 | Sigillatura delle testate | 40 |
| 9 | INTERVENTI CON MATERIALI FIBRORINFORZATI | 40 |
| 9.1 | GENERALITÀ | 40 |
| 9.2 | MATERIALI | 40 |
| 9.2.1 | Betoncini fibrorinforzati | 40 |
| 9.3 | FASI ESECUTIVE E PRESCRIZIONI | 42 |
| 9.3.1 | Stagionatura | 42 |
| 9.3.2 | Accettazione in corso d'opera | 42 |
| 10 | MISURAZIONE E CONTABILIZZAZIONE | 42 |
| 10.1 | NORME GENERALI | 42 |
| 10.2 | CRITERI DI MISURA | 43 |
| 10.2.1 | Conglomerati cementizi | 43 |
| 10.2.2 | Casseforme | 44 |
| 10.2.3 | Acciaio per c.a. | 45 |

1 PREMESSA

Il presente Capitolato Speciale d'Appalto, relativo al ripristino di ponti e viadotti in c.a. ed in c.a.p., si compone di due parti principali: la prima relativa alle tecniche di precompressione esterna per la riparazione delle travi precomprese a cavi scorrevoli post tesi e la seconda relativa al rinforzo strutturale mediante l'utilizzo di materiali compositi fibrosi.

Per eventuali ulteriori lavorazioni, non espressamente richiamate nel presente capitolato, si rimanda al contenuto delle norme tecniche costituenti i Capitolati Speciali d'Appalto vigenti in ANAS.

Per quanto riguarda il ripristino delle travi in c.a.p. a cavi scorrevoli post tesi, il presente capitolato descrive gli interventi previsti classificando le possibili difettosità come segue:

1. Copriferro insufficiente o carbonatato o degradato, con riferimento in generale alle armature ordinarie ed in particolar modo per le guaine dei cavi di precompressione, in corrispondenza della parete delle anime, ciò a causa di un originario non corretto rapporto tra lo spessore delle stesse ed il diametro delle guaine;
2. L'intradosso del martello inferiore delle travi si presenta al più con degrado superficiale tipico del calcestruzzo in opera da diversi decenni, eventualmente con armature lente scoperte, corrose o con le barre longitudinali di armatura disposte erroneamente all'esterno delle staffe trasversali e quindi tendenti all'espulsione del copriferro;
3. Il martello inferiore si trova in condizioni analoghe al precedente caso 1) ma, specificamente nelle zone comprese tra i quarti della trave e la sezione di mezzzeria (ovvero dove i cavi sono nella loro posizione più bassa e tra loro raggruppati) sono presenti delle cavità intorno ai cavi di precompressione le cui guaine, prive del copriferro e dell'aderenza alla trave, risultano però correttamente essere state iniettate;
4. Il martello inferiore si trova in condizioni analoghe al precedente caso 3), le guaine dei cavi, in questo caso, risultano prive di iniezione o iniettate solo parzialmente, ma i trefoli o i fili che compongono il cavo sono in buono stato;
5. Il martello inferiore si trova in condizioni analoghe al precedente caso 4) ma con fili o trefoli che presentano segni evidenti di corrosione.

Le difettosità descritte vengono risanate mediante i seguenti interventi, applicabili tra loro separatamente o in combinazione:

- Risanamento dell'intradosso delle travi;
- Risanamento dell'intradosso delle travi in presenza di cavità aperte oppure occulte e relativa iniezione delle stesse;
- Iniezione delle guaine dei cavi di precompressione esistenti;
- Applicazione di sistemi protettivi sulla superficie del calcestruzzo;

- Rinforzo strutturale delle travi di impalcato mediante l'utilizzo di placcaggi metallici applicati all'intradosso delle travi;
- Rinforzo strutturale delle travi mediante l'uso di tecniche di precompressione esterna.

2 RISANAMENTO DELL'INTRADOSSO TRAVI

2.1 GENERALITÀ

Nel presente articolo vengono trattati i materiali ed i magisteri inerenti il ripristino di elementi strutturali in c.a. e c.a.p. con particolare riferimento all'intradosso delle travi da ponte.

Si terrà presente, in linea generale, che scopo del ripristino dei conglomerati cementizi è ricreare la sagoma di progetto del manufatto in corrispondenza dei punti degradati.

Il ripristino di tali strutture degradate o l'adeguamento degli elementi in conglomerato cementizio dovrà garantire comunque, sia la monoliticità tra il vecchio calcestruzzo ed il materiale con cui viene eseguito il ripristino, sia la resistenza agli agenti aggressivi dell'ambiente d'esercizio.

Si specifica che, qualora nelle fasi di risanamento del martello descritte nella presente sezione dovessero palesarsi delle cavità non individuate nella fase di indagine preliminare al progetto queste saranno in ogni caso trattate e risanate secondo le procedure previste nella specifica sezione "RISANAMENTO DELL'INTRADOSSO TRAVI IN PRESENZA DI CAVITÀ E RELATIVA INIEZIONE DELLE STESSE".

Nei paragrafi seguenti vengono definiti i materiali, con i loro requisiti e prestazioni, da applicare secondo le tecniche indicate.

2.2 MATERIALI

2.2.1 MALTE TISSOTROPICHE DA RIPRISTINO

Voce di elenco prezzi:

B.09.220.2 – Tixotropica fibrorinforzata con fibre inorganiche

Per il ripristino si utilizzerà una malta tissotropica, a ritiro compensato e a presa normale, per elevate prevalenze o lunghe distanze, a base cementizia, composta da leganti idraulici resistente ai solfati, aggregati selezionati, fibre sintetiche in poliacrilonitrile, inibitore di corrosione organico, speciali additivi espansivi e ritentori d'acqua per la ricostruzione di strutture degradate in calcestruzzo. La malta dovrà essere addizionata con opportuno additivo anti ritiro (SRA) per consentire la corretta espansione all'aria del materiale. L'applicazione della malta dovrà essere effettuata previa adeguata preparazione del supporto asportando il calcestruzzo ammalorato fino ad ottenere un sottofondo solido, esente da parti in distacco e sufficientemente ruvido. Il prodotto dovrà essere applicato su sottofondo pulito e saturo di acqua, a spruzzo con pompa intonacatrice, in

uno spessore compreso tra 1 e 5 cm per strato. Spessori superiori a 3 cm devono essere eseguiti solo dopo aver posizionato dei ferri di contrasto avendo cura di applicare un copriferro di almeno 2 cm.

Il prodotto dovrà rispondere ai requisiti prestazionali essenziali ed aggiuntivi previsti dalla norma armonizzata UNI EN 1504 parte 3 per le malte strutturali di classe R4. In particolare:

| Caratteristiche prestazionali essenziali | Metodo di prova | Valori di riferimento per la malta di classe R4 |
|--|-----------------|---|
| Resistenza a compressione | EN 12190 | ≥ 45 MPa |
| Contenuto di ioni cloruro | EN 1015-17 | $\leq 0,05\%$ |
| Legame di aderenza | EN 1542 | ≥ 2 MPa |
| Durabilità – resistenza alla carbonatazione | EN 13295 | $dk \leq cl_s$ di controllo |
| Durabilità, compatibilità termale, gelo-disgelo. | EN 13687-1 | Forza di legame ≥ 2 MPa dopo 50 cicli |
| Modulo elastico | EN 13412 | ≥ 20 MPa |
| Assorbimento capillare (permeabilità all'acqua) | EN 13057 | $\leq 0,5$ kg/m ² h-0,5 |

In aggiunta alle caratteristiche prestazionali essenziali sopra elencate, la malta R4 deve rispettare le ulteriori prescrizioni progettuali:

| Prestazioni aggiuntive | Metodo di prova | Valori di riferimento |
|---|---------------------------|--------------------------------------|
| Resistenza alla flessione | EN 196-1 | ≥ 7 MPa |
| Resistenza allo sfilamento delle barre in acciaio | RILEM – CEB – FIB RC6 -78 | ≥ 25 MPa |
| Risultato all'O-ring test | - | Nessuna fessurazione dopo 180 giorni |
| Espansione contrastata all'aria | UNI 8147 mod | ≥ 400 μ m/m |
| Resistenza al fuoco | EN 13501-1 | Classe A1 |

note:

- Si definiscono a ritiro compensato malte, betoncini e calcestruzzi che compensano il ritiro igrometrico con una opportuna reazione espansiva nella fase iniziale dell'indurimento. Le azioni di espansione per il controllo del ritiro dovranno avvenire in fase di indurimento del materiale e non quando esso ha consistenza plastica.
- Le fibre sintetiche poliacriliche contribuiscono a contrastare la fessurazione dei materiali cementizi conseguente al ritiro plastico.

Controlli di accettazione in cantiere:

| Caratteristica | | Norma riferimento | Frequenza prova o osservazione | Esecuzione controllo | Limiti EN 1504 - 3 Valore di atteso Frequenza di prelievo |
|--|--|-------------------|--|---------------------------------------|--|
| <i>Accettazione della malta da riparazione in cantiere</i> | | | | | |
| Identità dei prodotti applicati | Verifica della certificazione e delle prove qualifica. Schede tecniche e DOP | EN 1504 -3 | Al momento della qualifica del fornitore | SI | Nessun valore prescritto , salvo la dichiarazione del produttore |
| <i>Verifica delle condizioni ambientali e requisiti prima e/o durante l'applicazione</i> | | | | | |
| Temperatura ambiente | Termometro accuratezza 1°C | | Per tutta la durata dell'applicazione | A discrezione Da indicarsi nei PCQ | Assenti |
| Precipitazioni | Ispezione visiva | | Quotidiana | A discrezione Da indicarsi nei PCQ | Assenti |

| Verifica delle condizioni del sottofondo , requisiti della malta prima e dopo l'applicazione | | | | | |
|--|---|--------------|--|--|--|
| Saturazione del sottofondo | Visiva | | Quotidiana prima di Iniziare l'intervento di risanamento | SI | Assente |
| Massa volumica dell'impasto fresco | In laboratorio ed in sito | | A discrezione della Direzione Lavori | SI | Assente In laboratorio con frequenza decisa dal direttore lavori |
| Resistenza a compressione a 7 e 28gg | In laboratorio su prismi 4x4x16 | UNI EN 12190 | A discrezione del Direttore lavori | SI | Secondo quanto previsto dalla EN 1504-3 per le malte di classe IV. Comunque valori \geq a quanto definito nel progetto |
| Resistenza a flessione a 28gg | In laboratorio su trina Prismi 4x4x16cm per malte | EN 196/1 | Sugli stessi prismi che verranno testati a compressione | Solo per ripristino o consolidamento strutturale con malta | Assente Non previsto dalla EN 1504 - 3 e quindi a discrezione della |

| | | | | | |
|------------------|------------------|---------|--|----|--|
| | | | | | Direzione lavori |
| Aderenza in sito | Trazione diretta | EN 1542 | Ogni 500m2 o con frequenza decisa dal direttore lavori | SI | $\geq 1,2\text{MPa}$ in sito ; In laboratorio secondo la 1766 (supporto MC 0,40) $\geq 2\text{ MPa}$ previsto per la classe IV |

2.2.2 ACCIAIO IN BARRE DA C.A.

Si utilizzerà acciaio in barre da Cemento Armato del tipo B450C secondo quanto specificato in "Capitolato Speciale d'Appalto Parte 2ª Norme Tecniche - Calcestruzzi E Acciai Per CA e CAP".

2.3 FASI ESECUTIVE E PRESCRIZIONI

2.3.1 GENERALITÀ

La tecnica di intervento per il ripristino dell'intradosso delle travi può essere sintetizzata nelle seguenti fasi:

- scalpellatura meccanica, idroscarifica o scarifica meccanica dell'intradosso travi;
- rimozione di eventuali ferri di armatura disposti erroneamente all'esterno delle staffe trasversali;
- risagomatura e pulizia delle armature esistenti se necessaria;
- posa di nuove barre di armatura longitudinale, in quantitativo e diametro equivalente a quelle rimosse, da disporre all'interno delle armature trasversali;
- preparazione delle superfici da ripristinare;
- applicazione del materiale di ripristino;
- finitura superficiale
- stagionatura.
-

2.3.2 SCALPELLATURA MECCANICA O IDRODEMOLIZIONE DELL'INTRADOSSO TRAVI

L'asportazione del calcestruzzo all'intradosso delle travi fino a rinvenimento totale delle armature longitudinali e trasversali e comunque per uno spessore di almeno 5 cm, necessario ad asportare tutto il calcestruzzo ammalorato, avverrà preferibilmente mediante idroscaridica o in alternativa con scalpellatura o scarifica meccanica, adottando tutte le precauzioni necessarie ad evitare il danneggiamento delle strutture superstiti.

Nel caso di idroscarifica dovranno usarsi pressioni del getto d'acqua maggiori a 400 Bar e portata compresa tra 100 e 300 l/min.

Tali macchine dovranno essere sottoposte alla preventiva approvazione della Direzione Lavori ed essere corredate di sistemi di preregolazione con comando a distanza e di sistemi sicurezza e protezione, che consentano il corretto funzionamento anche in presenza di traffico, nonché il controllo delle acque di scarico, la qualità delle quali dovrà essere conforme ai limiti della tabella "A" della legge 319/76.

La superficie del calcestruzzo di supporto dovrà risultare macroscopicamente ruvida (asperità non inferiore a 5 mm di profondità) allo scopo di ottenere la massima aderenza tra il nuovo ed il vecchio materiale.

Tale macro ruvidità è indispensabile affinché si realizzi il meccanismo dell'espansione contrastata che è alla base del funzionamento dei materiali a ritiro compensato.

Se i conglomerati a ritiro compensato venissero applicati in assenza di contrasto (ruvidità del supporto, confinamento e armatura per gli spessori > 30 mm), sarebbero destinati inevitabilmente a perdere aderenza con il supporto durante l'espansione iniziale ed ad avere fessure da ritiro igrometrico. E' necessario quindi prevedere un'armatura di contrasto per spessori > ai 30 mm.

2.3.3 TRATTAMENTO FERRI D'ARMATURA

I ferri di armatura ordinaria del calcestruzzo armato messi a nudo in fase di esportazione del conglomerato cementizio ammalorato dovranno essere eventualmente risagomati e accuratamente puliti, mediante sabbiatura, rimuovendo qualsiasi traccia di ruggine.

Nel caso in cui gli interventi di ripristino siano locali e non generalizzati è opportuno applicare sulle barre di armatura esistenti, opportunamente pulite, una malta cementizia anticorrosiva rispondente alla 1504-7. Il prodotto passivante dovrà possedere un pH superiore a 12 per garantire la passivazione dell'armatura e dovrà essere applicato a pennello in due mani per uno spessore minimo di 2 mm. Lo stesso trattamento può essere evitato nel caso in cui trattamento di ripristino sia generalizzato e purché sulla superficie ripristinata sia poi applicato un protettivo superficiale elastomerico cementizio.

Il prodotto passivante dovrà rispondere ai requisiti prestazionali essenziali previsti dalla norma armonizzata UNI EN 1504 parte 7. In particolare:

| Caratteristiche prestazionali essenziali | Metodo di prova | Valori di riferimento per il passivante |
|---|-----------------|--|
| Adesione al supporto | EN 1542 | ≥ 2 MPa |
| Resistenza allo sfilamento delle barre di acciaio | EN 15184 | Carico pari almeno all'80% del carico determinato su armatura non rivestita |
| Resistenza alla corrosione | EN 15183 | Dopo la serie dei cicli le barre d'acciaio rivestite devono essere esenti da corrosione. La penetra- |

| | | |
|--|--|--|
| | | zione della ruggine all'estremità della piastra d'acciaio priva di rivestimento deve essere < 1 mm |
|--|--|--|

2.3.4 POSIZIONAMENTO DI ARMATURE AGGIUNTIVE E TRATTAMENTO DELLE BARRE DI ARMATURA ESISTENTE

Elenco Prezzi: B.09.020.2 – Passivazione dei ferri di armatura

Qualora sia necessario aggiungere delle armature a ripristino di quelle esistenti in avanzato stato di degrado o posizionate erroneamente all'esterno delle staffe trasversali, queste verranno poste in opera prima della pulizia della superficie di supporto.

Si utilizzeranno barre di acciaio tipo B450C.

Le barre longitudinali da reintegrare all'intradosso delle travi saranno riposizionate correttamente all'interno delle staffe trasversali.

Dovrà essere comunque garantito un copriferro netto di almeno 20 mm, ottenibile o mediante corretta risagomatura/riposizionamento delle armature o con sovrasspessori rispetto all'originale.

2.3.5 PREPARAZIONE DELLE SUPERFICI DA RIPRISTINARE

Elenco Prezzi: Idrolavaggio

Per avere la certezza che il supporto sia pulito al momento dell'applicazione della malta tixotropica è necessario effettuare la pulizia immediatamente prima dell'applicazione del materiale e dopo che tutte le altre operazioni di preparazione siano state ultimate.

Si dovranno pertanto asportare mediante idrolavaggio (circa 100 atm) le polveri e le parti incoerenti eventualmente ancora presenti, le tracce di grassi, oli ottenendo così una superficie composta da un conglomerato cementizio sano, pulito e compatto.

L'operazione di pulizia con acqua in pressione, se eseguita immediatamente prima dell'applicazione del materiale, consente anche la saturazione del calcestruzzo (condizione S.S.A.), comunque necessaria per una corretta applicazione dei materiali a ritiro compensato.

2.3.6 MESSA IN OPERA DELLE MISCELE DI RIPRISTINO

La messa in opera della malta tixotropica monocomponente, a ritiro compensato e a presa normale, per elevate prevalenze o lunghe distanze, a base cementizia, composta da leganti idraulici resistente ai solfati, aggregati selezionati, fibre sintetiche in poliacrilonitrile, inibitore di corrosione organico, speciali additivi espansivi e ritentori d'acqua sarà eseguita a spruzzo, a mezzo di pompa intonacatrice, in uno spessore compreso tra 1 e 5 cm per strato.

Qualora gli spessori superino i 3 cm è necessario prevedere una rete metallica o di altro materiale per garantire il contrasto all'espansione della malta e la corretta aderenza di questa al supporto.

2.3.7 FINITURA SUPERFICIALE

Dopo l'applicazione delle miscele di ripristino la superficie di intradosso del martello ed i risvolti dovranno essere regolarizzati al fine di ottenerne la planarità mediante tirata staggia.

Si procederà quindi a successiva fratazzatura dell'intradosso da eseguirsi dopo un certo tempo dall'applicazione in funzione delle condizioni climatiche.

2.3.8 STAGIONATURA

Una corretta stagionatura è fondamentale per evitare la formazione di fessure dovute all'immediata evaporazione di parte dell'acqua di impasto sotto l'azione del sole e del vento.

Ultimate le operazioni di finitura superficiale si procederà quindi ad accurata stagionatura della malta mediante applicazione di acqua nebulizzata per almeno 24 ore dopo l'applicazione.

3 RISANAMENTO DELL'INTRADOSSO TRAVI IN PRESENZA DI CAVITÀ E RELATIVA INIEZIONE DELLE STESSE

3.1 GENERALITÀ

Nel presente articolo vengono trattati i materiali ed i magisteri inerenti il ripristino di elementi strutturali in c.a. e c.a.p., con particolare riferimento all'intradosso delle travi da ponte, in presenza di cavità nel calcestruzzo che siano aperte e visibili, oppure occulte o che si manifestino successivamente durante le fasi di lavorazione.

Si terrà presente, in linea generale, che scopo del ripristino dei conglomerati cementizi con fenomeni di degrado superficiale e/o in presenza di cavità nella massa di calcestruzzo è di:

- ricreare la sagoma di progetto del manufatto in corrispondenza dei punti degradati;
- riempire le cavità;

ciò garantendo sia la monoliticità tra il vecchio calcestruzzo ed il materiale con cui viene eseguito il ripristino, sia la resistenza agli agenti aggressivi dell'ambiente d'esercizio.

Le indagini preliminari al progetto di ripristino hanno individuato le zone in cui si sono evidenziate delle cavità da risanare secondo le tecniche successivamente descritte.

Nel caso specifico le cavità si presentano generalmente nella parte inferiore del martello delle travi, tra i quarti della trave e la sezione di mezzeria, dove i cavi di precompressione si trovano nella posizione più bassa e tra loro raggruppati.

Con molta probabilità è stata proprio l'eccessiva mutua vicinanza delle guaine ad impedire che il calcestruzzo penetrasse tra le stesse; inoltre, l'effetto tappo prodotto dal gruppo di guaine posizionate in corrispondenza del raccordo anima-martello, unito probabilmente ad una non efficace vibrazione, ha impedito il regolare getto del calcestruzzo e conseguentemente la formazione di vuoti anche al disotto delle guaine.

In tal caso l'intradosso della trave si presenta apparentemente integro (salvo fenomeni di degrado superficiale riconducibili agli agenti atmosferici) ma in realtà è costituito da una sottile "crosta" di malta, ovvero della sola parte di fino del getto che è riuscita in tali condizioni a raggiungere il fondo del cassero.

Nella fase di indagine precedente il progetto le cavità sono state individuate ed aperte mediante martellamento a mano dell'intradosso delle travi.

Nei paragrafi seguenti vengono definiti i materiali, con i loro requisiti e prestazioni, da applicare secondo le tecniche indicate.

3.2 MATERIALI

3.2.1 MALTE TISSOTROPICHE DA RIPRISTINO

Elenco Prezzi: B.09.220.2 – Tixotropica fibrorinforzata con fibre inorganiche

Per il ripristino si utilizzerà una malta tissotropica, a ritiro compensato e a presa normale, per elevate prevalenze o lunghe distanze, a base cementizia, composta da leganti idraulici resistente ai solfati, aggregati selezionati, fibre sintetiche in poliacrilonitrile, inibitore di corrosione organico, speciali additivi espansivi e ritentori d'acqua per la ricostruzione di strutture degradate in calcestruzzo. La malta dovrà essere addizionata con opportuno additivo anti ritiro (SRA) per consentire la corretta espansione all'aria del materiale. L'applicazione della malta dovrà essere effettuata previa adeguata preparazione del supporto asportando il calcestruzzo ammalorato fino ad ottenere un sottofondo solido, esente da parti in distacco e sufficientemente ruvido. Il prodotto dovrà essere applicato su sottofondo pulito e saturo di acqua, a spruzzo con pompa intonacatrice, in uno spessore compreso tra 1 e 5 cm per strato. Spessori superiori a 3 cm devono essere eseguiti solo dopo aver posizionato dei ferri di contrasto avendo cura di applicare un copriferro di almeno 2 cm.

Il prodotto dovrà rispondere ai requisiti prestazionali essenziali ed aggiuntivi previsti dalla norma armonizzata UNI EN 1504 parte 3 per le malte strutturali di classe R4. In particolare:

| Caratteristiche prestazionali essenziali | Metodo di prova | Valori di riferimento per la malta di classe R4 |
|--|-----------------|---|
| Resistenza a compressione | EN 12190 | ≥ 45 MPa |
| Contenuto di ioni cloruro | EN 1015-17 | $\leq 0,05\%$ |
| Legame di aderenza | EN 1542 | ≥ 2 MPa |
| Durabilità – resistenza alla carbonatazione | EN 13295 | $dk \leq$ cls di controllo |
| Durabilità, compatibilità termale, gelo-disgelo. | EN 13687-1 | Forza di legame ≥ 2 MPa dopo 50 cicli |
| Modulo elastico | EN 13412 | ≥ 20 MPa |
| Assorbimento capillare (permeabilità all'acqua) | EN 13057 | $\leq 0,5$ kgm ² h ^{-0,5} |

In aggiunta alle caratteristiche prestazionali essenziali sopra elencate, la malta R4 deve rispettare le ulteriori prescrizioni progettuali:

| Prestazioni aggiuntive | Metodo di prova | Valori di riferimento |
|---|---------------------------|--------------------------------------|
| Resistenza alla flessione | EN 196-1 | ≥ 8 MPa |
| Resistenza allo sfilamento delle barre in acciaio | RILEM – CEB – FIB RC6 -78 | ≥ 25 MPa |
| Risultato all'O-ring test | - | Nessuna fessurazione dopo 180 giorni |
| Espansione contrastata all'aria | UNI 8147 mod. | ≥ 400 $\mu\text{m/m}$ |
| Resistenza al fuoco | EN 13501-1 | Classe A1 |

note:

- Si definiscono a ritiro compensato malte, betoncini e calcestruzzi che compensano il ritiro igrometrico con una opportuna reazione espansiva nella fase iniziale dell'indurimento. Le azioni di espansione per il controllo del ritiro dovranno avvenire in fase di indurimento del materiale e non quando esso ha consistenza plastica.
- Le fibre sintetiche poliacriliche contribuiscono a contrastare la fessurazione dei materiali cementizi conseguente al ritiro plastico.

3.2.2 RESINE EPOSSIDICHE E BOIACCHE CEMENTIZIE A BASSA VISCOSITÀ PER INIEZIONE DI CAVITÀ

Elenco Prezzi B.09.220.2 – Tixotropica fibrorinforzata con fibre inorganiche

Per il riempimento delle cavità del calcestruzzo o di vespai si eseguiranno iniezioni a bassa pressione di boiaccia cementizia. La boiaccia dovrà essere realizzata usando un legante ad alta resistenza ai solfati.

In alternativa, in funzione delle dimensioni delle cavità, o a completamento delle iniezioni con sistemi cementizi possono essere usate resine epossidiche superfluide esenti da solventi. La resina dovrà rispondere ai seguenti requisiti prestazionali essenziali ed aggiuntivi richiesti dalla norma armonizzata UNI EN 1504-5.

In particolare:

| | Metodo di prova | Valori di riferimento per le resine da iniezione |
|--|-----------------|--|
| Adesione mediante forza di aderenza per trazione | EN 12618-2 | Rottura coesiva del substrato |
| Ritiro volumetrico | EN 12617-2 | ≤ 3 % |
| Temperatura di transizione vetrosa | EN 12614 | ≥ 40 ° C |

| | | |
|---|------------|--|
| Tempo di iniettabilità in mezzo asciutto | EN 1771 | < 4 min per fessure da 0,1 mm < 8 min per fessure da 0,2 mm Trazione indiretta > 7 MPa |
| Tempo di iniettabilità in mezzo non asciutto | EN 1771 | < 4 min per fessure da 0,1 mm < 8 min per fessure da 0,2 mm Trazione indiretta > 7 MPa |
| Sviluppo della resistenza a trazione a 10° dopo 72h | EN 1543 | >3 MPa |
| Durabilità, cicli termici e di bagnato asciutto | EN 12618-2 | Rottura coesiva del substrato |
| Adesione mediante resistenza al taglio inclinato | EN 12618-3 | Rottura monolitica |

In aggiunta alle caratteristiche prestazionali essenziali sopra elencate, la resina di iniezione è opportuno rispetti le ulteriori prescrizioni progettuali:

| Prestazioni aggiuntive | Metodo di prova | Valori di riferimento |
|----------------------------|-----------------|----------------------------------|
| Resistenza a trazione | EN ISO 527 | $\geq 35 \text{ N/mm}^2$ |
| Viscosità Brookfield | - | Valore consigliato 300-400 mPa s |
| Modulo elastico a trazione | EN ISO 527 | $\geq 2000 \text{ N/mm}^2$ |

3.2.3 ADESIVO EPOSSIDICO

Elenco Prezzi: Adesivo epossidico)

Adesivo epossidico tissotropico per l'incollaggio di piastre esterne in acciaio per il rinforzo del calcestruzzo, mediante applicazione a spatola.. L'applicazione dell'adesivo dovrà essere effettuata previa adeguata preparazione del supporto asportando le parti friabili o in fase di distacco, sporco o vernici.

Il prodotto dovrà rispondere ai requisiti prestazionali essenziali ed aggiuntivi previsti dalla norma armonizzata UNI EN 1504 parte 4 per gli incollaggi strutturali, in particolare:

| Caratteristiche prestazionali essenziali | Metodo di prova | Valori di riferimento per l'adesivo epossidico |
|--|-----------------|---|
| Aderenza -pull out | EN 12188 | La sollecitazione alla trazione creata dal giunto incollato in una prova a trazione diretta deve essere $\geq 14 \text{ N/mm}^2$. |
| Aderenza - resistenza al taglio inclinato | EN 12188 | La resistenza al taglio in compressione di prismi incollati obliquamente a varie angolatura θ deve essere > dei valori σ_0 sotto riportati in N/mm^2 : 50° 50 |

| | | |
|--|--------------------------------------|---|
| | | 60° 60 70° 70 |
| Durabilità del sistema composito: cicli di umidità | EN 13733 | Il carico di taglio-compressione alla rottura dei provini di calcestruzzo indurito dopo i cicli di umidità non deve essere inferiore alla resistenza a trazione del calcestruzzo. |
| Modulo di elasticità a compressione | EN 13412 | $\geq 2000 \text{ N/mm}^2$ |
| Resistenza al taglio | EN 12188 | $\geq 12 \text{ MPa}$ |
| Temperatura di transizione vetrosa | EN 12614 | $\geq 40 \text{ }^\circ\text{C}$ |
| Coefficiente di espansione termica | EN 1770 (compreso fra -25°C e +60°C) | $\leq 100 \times 10^{-6}$ per K |
| Ritiro lineare | EN 12617-1 | $\leq 0,1\%$ |
| Adesione del calcestruzzo | EN 12636 | Rottura nel calcestruzzo |
| Adesione del calcestruzzo a superficie saturata asciutta | EN 12636 | Rottura nel calcestruzzo |

3.2.4 ACCIAIO IN BARRE DA CA

Si utilizzerà acciaio in barre da Cemento Armato del tipo B450C secondo quanto specificato in "Capitolato Speciale d'Appalto Parte 2ª Norme Tecniche - Calcestruzzi E Acciai Per CA e CAP".

3.3 FASI ESECUTIVE E PRESCRIZIONI

3.3.1 GENERALITÀ

La tecnica di intervento per il ripristino dell'intradosso delle travi in presenza di cavità aperte può essere sintetizzata nelle seguenti fasi:

- scalpellatura meccanica o idrodemolizione dell'intradosso travi;
- rimozione manuale o con demolitore leggero delle porzioni ammalorate di calcestruzzo all'interno delle cavità;
- rimozione di eventuali ferri di armatura disposti erroneamente all'esterno delle staffe trasversali;
- risagomatura e spazzolatura delle armature esistenti e delle guaine dei cavi o trefoli;
- predisposizione dei fori per la successiva iniezione delle cavità;
- posa di nuove barre di armatura longitudinale, in quantitativo e diametro equivalente a quelle rimosse, da disporre all'interno delle armature trasversali;
- preparazione delle superfici da ripristinare;
- applicazione del materiale di ripristino per la ricostruzione dell'intradosso;
- finitura superficiale e stagionatura;
- iniezione delle cavità.
-

3.3.2 SCALPELLATURA MECCANICA O IDRODEMOLIZIONE DELL'INTRADOSSO TRAVI

L'asportazione del calcestruzzo all'intradosso delle travi fino a rinvenimento totale delle armature longitudinali e trasversali e comunque per uno spessore necessario a rimuovere tutto il calcestruzzo ammalorato, avverrà preferibilmente mediante idroscarifica o in alternativa con scalpella-tura o scarifica meccanica, adottando tutte le precauzioni necessarie ad evitare il danneggiamen-to delle strutture superstiti.

Nel caso di idroscarifica dovranno usarsi pressioni del getto d'acqua maggiori a 400 Bar e portata compresa tra 100 e 300 l/min.

Tali macchine dovranno essere sottoposte alla preventiva approvazione della Direzione Lavori ed essere corredate di sistemi di preregolazione con comando a distanza e di sistemi sicurezza e protezione, che consentano il corretto funzionamento anche in presenza di traffico, nonché il controllo delle acque di scarico, la qualità delle quali dovrà essere conforme ai limiti della tabella "A" della legge 319/76.

La superficie del calcestruzzo di supporto dovrà risultare macroscopicamente ruvida (asperità non inferiore a 5 mm di profondità) allo scopo di ottenere la massima aderenza tra il nuovo ed il vecchio materiale.

Tale macro ruvidità è indispensabile affinché si realizzi il meccanismo dell'espansione contrastata che è alla base del funzionamento dei materiali a ritiro compensato.

Se i conglomerati a ritiro compensato venissero applicati in assenza di contrasto (ruvidità del sup-porto, confinamento e armatura per gli spessori > 30 mm), sarebbero destinati inevitabilmente a perdere aderenza con il supporto durante l'espansione iniziale ed ad avere fessure da ritiro igro-metrico. E' necessario quindi prevedere un'armatura di contrasto per spessori > ai 30 mm.

3.3.3 TRATTAMENTO FERRI D'ARMATURA, GUAINA E TREFOLI

I ferri di armatura ordinaria del cemento armato messi a nudo in fase di esportazione del con-glomerato cementizio dovranno essere eventualmente risagomati ed accuratamente spazzolati rimuovendo qualsiasi traccia di corrosione.

Le guaine dei cavi di precompressione o trefoli che dovessero risultare eventualmente scoperti saranno anch'essi accuratamente spazzolati rimuovendo qualsiasi traccia di corrosione.

3.3.4 PREDISPOSIZIONE DEI FORI PER LA SUCCESSIVA INIEZIONE DELLE CAVITÀ

In corrispondenza di ciascuna cavità saranno predisposti almeno due fori di iniezione di cui alme-no uno da disporre nella parte superiore della cavità e da utilizzare come foro di sfiato in fase di iniezione e di fuoriuscita del materiale a controllo dell'avvenuto riempimento.

3.3.5 POSIZIONAMENTO DI ARMATURE AGGIUNTIVE

Qualora sia necessario aggiungere delle armature a ripristino di quelle esistenti in avanzato stato di degrado o posizionate erroneamente all'esterno delle staffe trasversali, queste verranno poste in opera prima della pulizia della superficie di supporto.

Si utilizzeranno barre di acciaio tipo B450C.

Le barre longitudinali da reintegrare all'intradosso delle travi saranno riposizionate correttamente all'interno delle staffe trasversali.

Dovrà essere comunque garantito un copriferro netto di almeno 20 mm, ottenibile o mediante corretta risagomatura/riposizionamento delle armature o con sovrasspessori rispetto all'originale.

3.3.6 PREPARAZIONE DELLE SUPERFICI DA RIPRISTINARE (NP 05 – IDROLAVAGGIO)

Per avere la certezza che il supporto sia pulito al momento dell'applicazione della malta tixotropica è necessario effettuare la pulizia immediatamente prima dell'applicazione del materiale e dopo che tutte le altre operazioni di preparazione siano state ultimate.

Si dovranno pertanto asportare mediante idrolavaggio (circa 100 atm) le polveri e le parti incoerenti eventualmente ancora presenti, le tracce di grassi, oli ottenendo così una superficie composta da un conglomerato cementizio sano, pulito e compatto, condizione S.S.A.

L'operazione di pulizia con acqua in pressione, se eseguita immediatamente prima dell'applicazione del materiale, consente anche la saturazione del calcestruzzo, comunque necessaria per una corretta applicazione dei materiali a ritiro compensato.

3.3.7 MESSA IN OPERA DELLE MISCELE DI RIPRISTINO

La messa in opera della malta tixotropica monocomponente, a ritiro compensato e a presa normale, per elevate prevalenze o lunghe distanze, a base cementizia, composta da leganti idraulici resistente ai solfati, aggregati selezionati, fibre sintetiche in poliacrilonitrile, inibitore di corrosione organico, speciali additivi espansivi e ritentori d'acqua sarà eseguita a spruzzo, a mezzo di pompa intonacatrice, in uno spessore compreso tra 1 e 5 cm per strato.

Qualora gli spessori superino i 3 cm è necessario prevedere una rete metallica o di altro materiale per garantire il contrasto all'espansione della malta e la corretta aderenza di questa al supporto.

3.3.8 FINITURA SUPERFICIALE

Dopo l'applicazione delle miscele di ripristino la superficie di intradosso del martello ed i risvolti dovranno essere regolarizzati al fine di ottenerne la planarità mediante tirata staggia.

Si procederà quindi a successiva fratazzatura dell'intradosso da eseguirsi dopo un certo tempo dall'applicazione in funzione delle condizioni climatiche.

3.3.9 STAGIONATURA

Una corretta stagionatura è fondamentale per evitare la formazione di fessure dovute all'immediata evaporazione di parte dell'acqua di impasto sotto l'azione del sole e del vento.

Ultimate le operazioni di finitura superficiale si procederà quindi ad accurata stagionatura della malta mediante applicazione di acqua nebulizzata per almeno 24 ore dopo l'applicazione.

3.3.10 INIEZIONE DELLE CAVITÀ

Per ciascuna cavità si attrezzeranno tutti i fori, preventivamente eseguiti, con tubetti d'iniezione provvisti di apposita cuffia, da sigillare con paste collanti epossidiche, previa accurata pulizia del supporto.

A stagionatura ultimata della malta di rifacimento del fondello trave e dopo almeno 48 ore dall'ultimazione delle operazioni di sigillatura dei tubetti, si procederà alla soffiatura all'interno delle cavità, per eliminare eventuali sacche d'acqua, polveri e per valutare la consistenza dei vuoti da iniettare.

Le operazioni di iniezione della cavità, da realizzarsi con tecnica tradizionale (non sottovuoto), prevedono l'iniezione di resina epossidica a bassissima viscosità.

In linea di massima sarà conveniente partire iniettando le cavità in prossimità della mezzeria della trave per poi procedere in direzione delle estremità della trave.

Per ciascuna cavità si procederà iniettando dal foro/i situati più in basso sino alla fuoriuscita della miscela dai tubetti posti più in alto.

I tubi già iniettati dovranno essere man mano sigillati.

La pressione d'iniezione dovrà essere la più bassa possibile, compatibilmente con l'esigenza di ottenere un buon riempimento delle cavità e, comunque, in nessun caso si dovranno superare i 5 bar.

4 INIEZIONE DELLE GUAINA DEI CAVI ESISTENTI

4.1 GENERALITÀ

Nel presente articolo vengono trattati i materiali ed i magisteri inerenti il riempimento delle guaine per i cavi di precompressione di tipo post-teso nei quali questa sia stata eseguita originariamente in modo parziale o sia completamente assente. Siamo nel caso in cui le indagini preliminari al progetto di ripristino hanno consentito di appurare che una parte dei cavi di precompressione non risulta essere iniettata o presenta iniezioni parziali.

Sulla base delle risultanze di dette indagini il progetto specifica quali sono le travi in cui si è certamente riscontrata la presenza di guaine non iniettate o iniettate in modo parziale.

Per ciascuna di queste travi il progetto indica il numero di guaine per il quale occorre prevedere l'iniezione.

Si precisa che l'assenza di iniezione su determinati cavi è stata accertata in quanto la presenza di alcune cavità nell'intorno delle guaine all'intradosso del martello ha consentito la diretta ispezione delle guaine inferiori denominate 1, 2 e 3 secondo lo schema di figura seguente.

Sigla attribuita alla guaine (cavi) rinvenuti

Si precisa inoltre che le guaine 4 e 5 non risultano essere mai state direttamente accessibili e quindi non ispezionabili se non a mezzo di una specifica campagna di indagine endoscopica o con altri mezzi idonei allo scopo.

E' ipotizzabile che, con buona probabilità, le guaine siano effettivamente state tutte quante iniettate ma che la presenza di cavità nella trave, unita alla non tenuta delle guaine, abbia impedito il loro corretto riempimento. In molti casi si è infatti rilevata la presenza di malta da iniezione nelle cavità del calcestruzzo.

Dietro tali premesse/precisazioni il criterio con cui in progetto sono state quantificate le guaine da iniettare è il seguente:

- In presenza di almeno una delle guaine inferiori non iniettata (rilevabile direttamente) si è ipotizzato in ogni caso che anche le guaine superiori (N° 4 e 5 non accessibili ed ispezionabili direttamente) siano sprovviste di iniezione; in tal caso il numero di guaine da iniettare varia da un minimo di 3 (1 inferiore e 2 superiori) ad un massimo di 5.
- In presenza di tutte e tre le guaine inferiori iniettate (rilevabili direttamente) si è ipotizzato che anche quelle superiori lo siano; in tal caso non sono stati previsti interventi di iniezione sulle guaine.
- In presenza di travi senza cavità si ipotizza che tutte e 5 le guaine siano provviste di iniezione.

Si specifica che:

- qualora nelle fasi di lavorazione dovessero individuarsi ulteriori guaine sprovviste di iniezione saranno ripristinate secondo quanto specificato nella presente sezione;
- qualora nelle fasi di ripristino delle guaine dovessero palesarsi delle cavità occulte nell'intorno delle guaine queste saranno preventivamente risanate mediante iniezione secondo le procedure previste nella specifica sezione "RISANAMENTO DELL'INTRADOSSO TRAVI IN PRESENZA DI CAVITA' E RELATIVA INIEZIONE DELLE STESSE".

4.2 MATERIALI

4.2.1 RESINA EPOSSIDICA A BASSISSIMA VISCOSITÀ PER INIEZIONI

Resina epossidica a bassissima viscosità per iniezioni)

Per il riempimento delle guaine devono essere usate resine epossidiche superfluide esenti da solventi. La resina dovrà rispondere ai seguenti requisiti prestazionali essenziali ed aggiuntivi richiesti dalla norma armonizzata UNI EN 1504-5. In particolare:

| | Metodo di prova | Valori di riferimento per le resine da iniezione |
|--|-----------------|--|
|--|-----------------|--|

| | | |
|---|------------|--|
| Adesione mediante forza di aderenza per trazione | EN 12618-2 | Rottura coesiva del substrato |
| Ritiro volumetrico | EN 12617-2 | $\leq + 3 \%$ |
| Temperatura di transizione vetrosa | EN 12614 | $\geq 40^{\circ} \text{C}$ |
| Tempo di iniettabilità in mezzo asciutto | EN 1771 | < 4 min per fessure da 0,1 mm < 8 min per fessure da 0,2 mm Trazione indiretta > 7 MPa |
| Tempo di iniettabilità in mezzo non asciutto | EN 1771 | < 4 min per fessure da 0,1 mm < 8 min per fessure da 0,2 mm Trazione indiretta > 7 MPa |
| Sviluppo della resistenza a trazione a 10° dopo 72h | EN 1543 | >3 MPa |
| Durabilità, cicli termici e di bagnato asciutto | EN 12618-2 | Rottura coesiva del substrato |
| Adesione mediante resistenza al taglio inclinato | EN 12618-3 | Rottura monolitica |

In aggiunta alle caratteristiche prestazionali essenziali sopra elencate, la resina di iniezione è opportuno rispetti le ulteriori prescrizioni progettuali:

| Prestazioni aggiuntive | Metodo di prova | Valori di riferimento |
|----------------------------|-----------------|----------------------------------|
| Resistenza a trazione | EN ISO 527 | $\geq 35 \text{ N/mm}^2$ |
| Viscosità Brookfield | EN ISO 3219 | Valore consigliato 300-400 mPa s |
| Modulo elastico a trazione | EN ISO 527 | $\geq 2000 \text{ N/mm}^2$ |

4.2.2 BETONCINO CEMENTIZIO PREMISCELATO COLABILE

Elenco Prezzi:B.09.230.a – Colabile espansivo pre miscelato

Betoncino cementizio premiscelato colabile, a ritiro compensato e a presa normale, ad elevata duttilità, composto da cementi ad alta resistenza, aggregati selezionati, fibre sintetiche in poliacrilonitrile, fibre inorganiche e speciali additivi per la ricostruzione di strutture in calcestruzzo. Il betoncino dovrà essere miscelato con opportuno additivo anti ritiro (SRA).

Il prodotto dovrà essere applicato su sottofondo pulito e saturo di acqua, mediante pompa per calcestruzzo, in casseri a tenuta, in uno spessore compreso tra 50 e 100 mm. Dopo lo scasso il getto dovrà essere protetto dall'evaporazione rapida dell'acqua d'impasto mediante stagionatura umida o con una mano di agente antievaporante a solvente.

Il prodotto dovrà rispondere ai requisiti prestazionali essenziali ed aggiuntivi previsti dalla norma armonizzata UNI EN 1504 parte 3 per le malte strutturali di classe R4. In particolare:

| Caratteristiche prestazionali essenziali | Metodo di prova | Valori di riferimento per la malta di classe R4 |
|--|-----------------|---|
| Resistenza a compressione | EN 12190 | ≥ 45 MPa |
| Contenuto di ioni cloruro | EN 1015-17 | $\leq 0,05\%$ |
| Legame di aderenza | EN 1542 | ≥ 2 MPa |
| Durabilità – resistenza alla carbonatazione | EN 13295 | $dk \leq$ cls di controllo |
| Durabilità, compatibilità termale, gelo-disgelo. | EN 13687-1 | Forza di legame ≥ 2 MPa dopo 50 cicli |
| Modulo elastico | EN 13412 | ≥ 20 MPa |
| Assorbimento capillare (permeabilità all'acqua) | EN 13057 | $\leq 0,5$ kg/m ² h-0,5 |

In aggiunta alle caratteristiche prestazionali essenziali sopra elencate, la malta R4 deve rispettare le ulteriori prescrizioni progettuali:

| Prestazioni aggiuntive | Metodo di prova | Valori di riferimento |
|---|---------------------------|--|
| Resistenza alla flessione | EN 1015-11 | ≥ 7 MPa |
| Resistenza allo sfilamento delle barre in acciaio | RILEM – CEB – FIB RC6 -78 | ≥ 25 MPa |
| Risultato all'O-ring test | - | Nessuna fessurazione dopo 180 giorni |
| Espansione contrastata all'aria | UNI 8147 (metodo A) | ≥ 400 μ m/m |
| Prova di inarcamento | | Campione convesso |
| Assorbimento capillare | EN 13057 | $< 0,1$ kg/m ² h ^{0,5} |
| Resistenza al fuoco | EN 13501-1 | Classe A1 |

4.3 FASI ESECUTIVE E PRESCRIZIONI

4.3.1 GENERALITÀ

La tecnica di intervento per il ripristino dell'iniezione delle guaine dei cavi esistenti può essere sintetizzata nelle seguenti fasi:

- individuazione del tracciato dei cavi;
- localizzazione delle guaine;
- rimozione della sigillatura delle testate;
- installazione dei tubetti di iniezione ed operazioni propedeutiche all'iniezione;
- iniezione delle guaine;
- sigillature delle testate e ripristini;

Le operazioni di iniezione delle guaine potranno essere iniziate solo dopo l'esecuzione degli interventi relativi al rifacimento del fondello trave e all'eventuale riempimento delle cavità come descritti precedentemente.

4.3.2 INDIVIDUAZIONE DEL TRACCIATO DEI CAVI

L'individuazione del presumibile tracciato dei cavi di precompressione sarà preliminarmente eseguita mediante misure geometriche, effettuate con riferimento ai disegni di progetto disponibili e con l'ausilio di sondaggi eseguiti con apposita apparecchiatura elettromagnetica e/o ad ultrasuoni.

4.3.3 LOCALIZZAZIONE DELLE GUAINA

Si procederà quindi alla materiale localizzazione delle guaine mediante tasselli effettuati con micro-demolitori, con un passo di 3-4 m su ogni cavo, partendo dal centro della trave e procedendo verso le testate.

4.3.4 RIMOZIONE DELLA SIGILLATURA DELLE TESTATE

In corrispondenza delle testate di ancoraggio dei cavi da iniettare si eseguirà la rimozione della sigillatura delle stesse mediante idonei mezzi di demolizione atti a non danneggiare i dispositivi di ancoraggio.

Le testate saranno accuratamente pulite rimuovendo eventuali tracce di incrostazioni o corrosione.

Si procederà quindi all'individuazione del foro di iniezione originario, liberandolo da ostruzioni eventualmente mediante riperforatura con trapano.

Nel caso di testate di ancoraggio poste all'estradosso delle travi si procederà alla demolizione localizzata di una sufficiente porzione di soletta, con idonei mezzi demolitori, per la profondità necessaria al raggiungimento della testata.

4.3.5 INSTALLAZIONE DEI TUBETTI DI INIEZIONE ED OPERAZIONI PROPEDEUTICHE ALL'INIEZIONE

Non tutti i tasselli serviti per localizzare e valutare lo stato delle guaine saranno attrezzati per l'iniezione, ma soltanto quelli ritenuti più idonei; su di essi si applicheranno i tubetti d'iniezione provvisti di apposita cuffia, da sigillare con paste collanti epossidiche, previa accurata pulizia del supporto.

Qualora la profondità del tassello sia rilevante, la pasta collante sarà stesa in più strati successivi.

Tubetti di iniezione verranno introdotti anche nei fori degli ancoraggi dei cavi, preliminarmente scoperti e puliti, eventualmente riperforati con trapano, quindi stuccati con pasta collante epossidica.

I tasselli non utilizzati per l'iniezione delle guaine saranno chiusi mediante malta, tissotropica da ripristino.

Si procederà, inoltre, a stuccature e riparazioni di zone di conglomerato cementizio poroso, vespai ecc., in modo da chiudere possibili vie di uscita dei materiali di iniezione secondo le modalità descritte nelle specifiche sezioni.

Dopo almeno 48 ore dall'ultimazione delle operazioni di sigillatura dei tubetti e stuccatura, si procederà alla soffiatura all'interno delle guaine, per eliminare eventuali sacche d'acqua e per valutare la consistenza dei vuoti nei vari tratti.

4.3.6 INIEZIONE DELLE GUAINES

Le operazioni di iniezione delle guaine, da realizzarsi con tecnica tradizionale (non sottovuoto), prevedono l'iniezione di resina epossidica a bassissima viscosità scegliendo il punto iniziale in base alle risultanze della soffiatura.

In linea di massima sarà conveniente partire dai fori di iniezione in mezzera della trave e procedere sino alla fuoriuscita (se possibile) della miscela dai primi tubetti posti ai lati del punto di iniezione.

Si inietteranno poi questi ultimi e, successivamente, quelli adiacenti, in successione, fino ad ottenere la fuoriuscita della miscela dalle testate dei cavi.

I tubi già iniettati dovranno essere man mano sigillati.

La pressione d'iniezione dovrà essere la più bassa possibile, compatibilmente con l'esigenza di ottenere un buon riempimento dei cavi e, comunque, in nessun caso si dovranno superare i 5 bar.

4.3.7 SIGILLATURE DELLE TESTATE E RIPRISTINI

Ad indurimento della resina avvenuto si procederà innanzitutto alla rimozione dei tubetti di iniezione.

Si eseguirà quindi il ripristino della sigillatura delle testate mediante betoncino cementizio premiscelato colabile su supporto pulito e saturo d'acqua.

Nel caso di ancoraggi all'estradosso travi si procederà al ripristino della porzione di soletta precedentemente demolita

Si eseguirà in tal caso la preventiva risagomatura o ripristino di armature esistenti che dovessero essere state danneggiate durante le fasi di demolizione, con barre di armatura tipo B450 C.

Per avere la certezza che il supporto sia pulito al momento del ripristino è consigliabile effettuare la pulizia immediatamente prima dell'applicazione del materiale, dopo che tutte le altre operazioni di preparazione siano state ultimate.

Si dovranno pertanto asportare con i mezzi più opportuni le polveri e le parti incoerenti in fase di distacco eventualmente ancora presenti dopo la demolizione del calcestruzzo, l'ossido eventualmente presente sui ferri di armatura, le impurità, le tracce di grassi, oli e sali aggressivi, ottenendo così una superficie composta da un conglomerato cementizio sano, pulito e compatto.

Per l'applicazione di materiali cementizi a ritiro compensato è consigliabile effettuare la pulizia della superficie di supporto mediante lavaggio con acqua in pressione (80-100 Bar e acqua calda nel periodo invernale).

L'operazione di pulizia con acqua in pressione, se eseguita immediatamente prima dell'applicazione del materiale, consente anche la saturazione del calcestruzzo, comunque necessaria per una corretta applicazione dei materiali a ritiro compensato.

Si eseguirà in fine il pretrattamento promotore di adesione fra vecchi e nuovi getti con particolare soluzione acquosa di resine acrilico-viniliche stese a pennello, rullo o spruzzo.

Il ripristino sarà eseguito mediante betoncino cementizio fibrorinforzato premiscelato colabile.

5 TRATTAMENTO PROTETTIVO DELLE SUPERFICI IN CALCESTRUZZO

5.1 GENERALITA'

Si richiede l'applicazione di un trattamento di protezione della superficie in calcestruzzo delle travi e dei trasversi al fine di aumentare la durabilità dell'intervento eseguito. Il trattamento protettivo sarà applicato una volta terminato tutte le operazioni preliminari sopra descritte.

5.2 MATERIALI

5.2.1 TRATTAMENTO PROTETTIVO

Elenco Prezzi:B.09.215.a – Malte preconfezionate additivate con polimeri spessore minimo 2 mm

Applicazione di un rivestimento protettivo superficiale in polimero-cemento, flessibile e con proprietà di crack bridging, dato a spatola o spruzzo avente spessore compreso fra i 2 e 3 mm. Il sistema deve essere impermeabile al cloro e ai cloruri. Il coefficiente di diffusione dell'anidride carbonica (K) deve essere compreso fra 0,25 e 0,30.

Il protettivo elastoplastico non va applicato con temperature inferiori ai 5° C e su superfici contestualmente esposte all'irraggiamento del sole battente.

Nel caso di applicazione su malte da ripristino aspettare che queste siano maturate almeno 20 giorni.

Il prodotto dovrà rispondere ai requisiti prestazionali essenziali ed aggiuntivi previsti dalla norma armonizzata UNI EN 1504 parte 2 (secondo i principi PI, MC e IR) per i rivestimenti superficiali. In particolare:

| Caratteristiche prestazionali essenziali | Metodo di prova | Valori di riferimento per il rivestimento secondo UNI EN 1504-2 |
|--|----------------------|--|
| Permeabilità alla CO ₂ | EN 1062-6 (Metodo B) | S _D > 50 m |
| Permeabilità al vapore acqueo | EN ISO 7783-1 | S _D < 5 m |

| | | |
|---|------------|--|
| Assorbimento capillare e permeabilità all'acqua libera | EN 1062-3 | $W < 0,1 \text{ kg/m}^2\text{h}^{0,5}$ |
| Adesione al calcestruzzo per trazione diretta (per sistemi flessibili senza traffico) | EN 1542 | $\geq 0,8 \text{ N/mm}^2$ |
| Compatibilità termica ai cicli di gelo – disgelo misurata come aderenza (per sistemi flessibili senza traffico) | EN 13687-1 | $\geq 0,8 \text{ N/mm}^2$ |
| Crack bridging statico a -20°C | EN 1062-7 | Classe A3 (>0,5 mm) |

Il prodotto dovrà avere una consistenza e un tempo di inizio presa tali da consentire una agevole applicazione a spruzzo o a spatola.

5.3 FASI ESECUTIVE E PRESCRIZIONI

5.3.1 PREPARAZIONE DEL SUPPORTO

Il trattamento potrà essere applicato sia su superficie preliminarmente ricostruite con malte tisso-tropiche e/o colabili che su superficie alle quali non sia stato fatto alcun intervento di ricostruzione precedentemente.

Il supporto, sia ricostruito che originario, sarà preparato mediante idrolavaggio da eseguirsi con idropulitore a pressione al fine di eliminare eventuale polvere di smog, incrostazioni, polveri ecc.. La superficie deve essere pulita e pronta a ricevere il trattamento protettivo.

Nel caso l'operazione di idrolavaggio eseguita sulle strutture originarie provochi distacchi di materiale, prima della applicazione del trattamento protettivo, dovranno essere risarciti con malte tisso-tropiche da ripristino.

5.3.2 APPLICAZIONE DEL TRATTAMENTO PROTETTIVO

Il protettivo elastoplastico non va applicato con temperature inferiori ai 5° C e su superfici contestualmente esposte all'irraggiamento del sole battente.

Il primer va applicato sulla superficie pulita, priva di muschi ed altri contaminanti.

Nel caso di applicazione su malte da ripristino aspettare che queste siano maturate almeno 20 giorni.

Il prodotto dovrà avere una consistenza e un tempo di inizio presa tali da consentire una agevole applicazione a spruzzo o a spatola.

6 RINFORZO STRUTTURALE DELLE TRAVI DI IMPALCATO MEDIANTE L'UTILIZZO DI PLAC-CAGGI METALLICI

6.1 GENERALITÀ

Nel presente articolo vengono trattati i materiali ed i magisteri inerenti il rinforzo di travi in CAP mediante l'introduzione di elementi passivi resistenti a trazione. Detti elementi saranno disposti all'intradosso della trave e costituiti da lamiera metalliche ad essa collegate mediante l'inghisaggio chimico di connettori costituiti da barre metalliche filettate.

Il rinforzo si rende necessario nei casi in cui, a causa delle difettosità di getto originarie delle travi, da risanare come precedentemente specificato nel presente capitolato, non si è ottenuta l'aderenza tra la trave in calcestruzzo ed i cavi di precompressione.

Le indagini preliminari al progetto di riparazione hanno individuato le zone in cui si sono manifestate dette cavità e, conseguentemente, le travi in cui detti rinforzi si rendono necessari.

Nella fase di indagine precedente il progetto le cavità sono state individuate ed aperte mediante martellamento a mano dell'intradosso delle travi.

Si specifica che, qualora nella fase di risanamento del martello dovessero palesarsi una o più cavità non individuate nelle indagini preliminari al progetto, in particolare su travi per le quali non si prevede in progetto di eseguire interventi di rinforzo, se ne darà immediata comunicazione alla DL.

La DL, sentito anche il parere del Progettista, valuterà l'opportunità di prevedere, anche per detta trave, la messa in opera di interventi di rinforzo da definire in base al grado degli ammaloramenti rilevati.

6.2 MATERIALI

6.2.1 RESINA PER FISSAGGI DI BARRE FILETTATE

Fissaggio di elementi in acciaio (quali piastre o elementi di carpenteria metallica in genere) su elementi strutturali in calcestruzzo mediante ancoraggio chimico ad iniezione di barre filettate di diametro compreso tra 8 e 40 mm.

L'ancoraggio avverrà mediante utilizzo di un adesivo composto da resina a base epossidica. Il prodotto dovrà rispondere ai requisiti prestazionali essenziali previsti dalla norma armonizzata UNI EN 1504 parte 6 per i sistemi di ancoraggio delle barre di armatura nel calcestruzzo. In particolare:

| | Metodo di prova | Valori di riferimento per le resine da iniezione |
|--|-----------------|--|
| Resistenza allo sfilamento delle barre di acciaio (spostamento relativo ad un carico di 75 kN) | EN 1881 | $\leq 0,6$ mm |
| Scorrimento viscoso | EN 1544 | $\leq 0,6$ mm |
| Temperatura di transizione vetrosa | EN 12614 | >45 ° C |

| | | |
|---------------------------|----------|---|
| Resistenza a compressione | EN 12190 | >80 % del valore dichiarato dal produttore (dopo 7 gg in MPa) |
|---------------------------|----------|---|

6.2.2 BARRE FILETTATE DADI E ROSETTE

Barre a filettatura metrica continua di classe 5.6 o 5.8 le cui caratteristiche sono di seguito specificate:

- Tensione di snervamento $f_{yb} \geq 300 \text{ N/mm}^2$
- Tensione di rottura $f_{tb} \geq 500 \text{ N/mm}^2$
- Acciaio galvanizzato $\geq 5\mu\text{m}$
- Acciaio zincato a caldo $\geq 45\mu\text{m}$

Rosette ISO 7089 in acciaio galvanizzato zincato a caldo

Dado classe 8

- Acciaio galvanizzato $\geq 5\mu\text{m}$
- Acciaio zincato a caldo $\geq 45\mu\text{m}$

6.2.3 ADESIVO EPOSSIDICO PER INCOLLAGGI STRUTTURALI

Si veda paragrafo 3.1.3

6.2.4 RESINA EPOSSIDICA A BASSISSIMA VISCOSITÀ PER INTASAMENTI

Si veda paragrafo...3.1.2

6.2.5 CARPENTERIE METALLICHE

Le carpenterie metalliche degli elementi di rinforzo, in acciaio S355J2G1W di tipo autoprotetto, saranno realizzate secondo le specifiche costruttive e di tolleranza previste nella sezione del "Capitolato Speciale d'Appalto Parte 2ª Norme Tecniche - Ponti E Viadotti In Acciaio"

6.3 FASI ESECUTIVE E PRESCRIZIONI

6.3.1 GENERALITÀ

La tecnica di intervento per il rinforzo mediante placcaggi metallici può essere sintetizzata nelle seguenti fasi:

- inghisaggio delle barre di prima fase;
- montaggio delle lamiere di rinforzo;
- esecuzione delle giunzioni saldate;
- intasamento dei giochi costruttivi di montaggio;
- completamento dell'inghisaggio delle restanti barre;

6.3.2 INGHISAGGIO DELLE BARRE DI PRIMA FASE

Per ciascuno dei segmenti di lamiera da montare si predisporrà l'inghisaggio di un numero di barre filettate di connessione strettamente necessario al sostegno in posizione del rinforzo (minimo 4 barre per segmento da disporre nella posizione ritenuta più congrua).

Il posizionamento dei fori pilota sarà eseguito mediante apposita dima.

La foratura del supporto in calcestruzzo, con diametro e profondità indicata sugli elaborati di progetto, sarà eseguita a roto-percussione.

In presenza di ferri di armatura ordinaria che dovessero interferire con l'esecuzione del foro si procederà al taglio degli stessi mediante carotatore per poi proseguire l'esecuzione della restante parte del foro mediante roto-percussione.

Per garantire la tenuta del fissaggio occorre pulire accuratamente il foro con getto d'aria e con scovolino ed eventualmente asciugare il foro se bagnato.

Si procederà quindi all'iniezione della resina all'interno del foro per poi inserire manualmente la barra in acciaio con movimento rotatorio al fine di distribuire la resina uniformemente su tutta la superficie.

Per profondità del foro maggiori di 15/20 cm, affinché l'iniezione della resina raggiunga la profondità desiderata, è opportuno servirsi di apposito tubo miscelatore da collegare all'estremità dell'ugello.

Una volta erogata la resina all'interno del foro occorre che le barre siano posizionate entro un determinato tempo di lavoro quindi mantenute in posizione, senza intervenire, fino a completo indurimento, secondo quanto riportato nelle indicazioni presenti nella scheda tecnica del prodotto impiegato.

6.3.3 MONTAGGIO DELLE LAMIERE DI RINFORZO

Sarà cura dell'impresa l'esecuzione di un rilievo preliminare per la definizione della geometria effettiva della trave e verificarne la rispondenza con quanto indicato nei disegni di progetto nonché la compatibilità con la geometria degli elementi di rinforzo; ciò tenuto debitamente in conto che il martello della trave sarà oggetto di interventi di ripristino/ricostruzione.

Le lamiere di rinforzo saranno messe in opera mediante adesivo epossidico per incollaggio da applicare a spatola, con rasatura a zero sul supporto in calcestruzzo (relativamente alla superficie di intradosso della trave) e con spessore di 1-2 mm da applicare sul fondo della lamiera di acciaio.

Si procederà quindi all'incollaggio delle lamiere e serraggio dei bulloni delle barre di prima fase, previa posa in opera delle rosette e piastrame, così come specificato negli elaborati di progetto e sigillatura del gioco tra piastra e barra utilizzando il medesimo prodotto adottato per l'esecuzione degli ancoraggi o, in alternativa, mediante adesivo epossidico per incollaggi.

6.3.4 ESECUZIONE DELLE GIUNZIONI SALDATE

Si procederà quindi alla posa in opera dei coprigiunti di collegamento tra i vari segmenti ed all'esecuzione in opera delle saldature di collegamento come da elaborati di progetto e secondo

quanto prescritto nella sezione del "Capitolato Speciale d'Appalto Parte 2ª Norme Tecniche - Ponti E Viadotti In Acciaio".

6.3.5 INTASAMENTO DEI GIOCHI COSTRUTTIVI DI MONTAGGIO

Si procederà quindi all'intasamento dei giochi costruttivi (6 mm nominali) tra i risvolti della lamiera ed il martello della trave, mediante colatura o iniezione di resine epossidiche a bassissima viscosità, previa sigillatura, con i mezzi ritenuti più idonei, delle fughe laterali e delle forature delle lamiere.

6.3.6 COMPLETAMENTO DELL'INGHISAGGIO DELLE RESTANTI BARRE

Si procederà in fine all'installazione delle restanti barre filettate, con le medesime modalità specificate al precedente paragrafo "Inghisaggio delle barre di prima fase" eseguendo le forature del supporto attraverso i prefori della lamiera di rinforzo, dotati di diametro opportunamente maggiorato e tale da consentire il passaggio della punta di perforazione.

7 RINFORZO STRUTTURALE DELLE TRAVI DI IMPALCATO MEDIANTE PRECOMPRESSIONE ESTERNA

7.1 GENERALITÀ

Nel presente articolo vengono trattati i materiali ed i magisteri inerenti il rinforzo di travi in CAP mediante l'introduzione di cavi di precompressione esterna. Per queste lavorazioni si rimanda, per quanto non specificamente indicato nel seguito, a quanto indicato in "Capitolato Speciale d'Appalto Parte 2ª Norme Tecniche - Opere d'arte maggiori Ponti e Viadotti".

Il rinforzo si rende necessario nei casi in cui, a causa delle difettosità originarie delle travi, da risanare come precedentemente specificato nel presente capitolato, l'assenza di protezione delle armature di precompressione ha causato fenomeni corrosivi delle stesse con conseguente riduzione della sezione resistente.

Le indagini preliminari al progetto di riparazione individuano le travi in cui detti rinforzi si rendono necessari.

Si specifica che, qualora nella fase di risanamento del martello dovessero palesarsi ulteriori casi di trefoli in avanzato stato di corrosione non individuati nelle indagini preliminari al progetto, in particolare su travi per le quali non si prevede in progetto di eseguire interventi di rinforzo, se ne darà immediata comunicazione alla DL.

La DL, sentito anche il parere del Progettista, valuterà l'opportunità di prevedere, anche per detta trave, la messa in opera di interventi di rinforzo da definire in base al grado degli ammaloramenti rilevati.

7.2 MATERIALI

7.2.1 GUAINA IN HDPE PER VIPLATURA DEI TREFOLI

La guaina in Polietilene ad Alta Densità dovrà essere tassativamente estrusa a caldo intorno al trefolo impregnato di grasso o cera di petrolio in accordo alle NF T 54-072 o altra normativa approvata dalla DL.

In assenza di indicazioni riportate nello ETA del fornitore, ci si dovrà attenere ai seguenti requisiti:

- Spessore minimo della guaina: 1,5 mm (-0, +0,25)
- Tensione minima di trazione allo snervamento 19 MPa
- Allungamento minimo a rottura: 350 %
- Percentuale di carbonio: 2,3% +/- 0,3%
- Resistenza agli agenti esterni:

la guaina, esposta per 1000 ore in atmosfera salina secondo le ASTM B 117T, deve garantire la protezione dell'acciaio contro la corrosione e non deve presentare un aumento della durezza Shore superiore al 20 %;

la guaina, esposta per 1200 ore alla prova di invecchiamento secondo le ASTM E 4260 type E, deve mantenere inalterate le sue caratteristiche meccaniche.

7.2.2 CERA DI PETROLIO O GRASSO

In assenza di indicazioni riportate nello ETA del fornitore, ci si dovrà attenere ai seguenti requisiti.

Il materiale prescelto e approvato dalla Direzione Lavori, dovrà avere consistenza solida a temperatura ambiente e liquida alla temperatura di iniezione; dovrà riempire completamente i vuoti tra i fili costituenti il trefolo e tra questo e la guaina per viplatura, rimanere flessibile e non ridursi di volume per 30 anni.

Le sue prestazioni dovranno rimanere inalterate in un campo di temperature comprese tra -30 C° e +60 C° e di umidità relativa 20%-100%, anche in ambiente salino, e dovrà impedire all'acqua di scorrere sui trefoli anche nel caso di rottura accidentale della guaina.

7.2.3 GUAINA DI PROTEZIONE ESTERNA

Le guaine saranno lisce, in Polietilene ad Alta Densità (HDPE) stabilizzato ai raggi U.V. le cui caratteristiche dovranno soddisfare le EN 12201, quando non diversamente autorizzato dalla D.L.

Esse, in assenza di indicazioni riportate nello ETA del fornitore, ci si dovrà attenere ai seguenti requisiti: avranno diametro interno sufficiente al contenimento del numero dei trefoli costituente il cavo, precisamente il rapporto tra la sezione trasversale totale dei trefoli e la sezione interna della guaina non dovrà essere superiore a 0,5; lo spessore tale da garantire la necessaria resistenza sia alle pressioni radiali che all'usura nelle zone di deviazione dei trefoli; il rapporto tra il diametro e lo spessore della guaina non dovrà essere superiore a 18 e comunque dovrà essere in grado di

soportare tutte le sollecitazioni che si hanno nella fase di montaggio, di eventuale iniezione ed in esercizio.

Qualora siano richieste saldature tra segmenti di guaina, queste dovranno essere fatte preferibilmente prima dell'infilaggio dei trefoli o, comunque, garantendo che i trefoli stessi non vengano danneggiati o dal surriscaldamento o dalle correnti di saldatura. L'appaltatore dovrà sottoporre all'approvazione della DL il metodo che intende seguire per assemblare i segmenti di guaina onde ottenere la lunghezza richiesta per ciascuno cavo.

Le guaine dovranno essere posate secondo il tracciato previsto a progetto e tenute in posizione prima dell'inizio dell'infilaggio dei trefoli. Esse saranno collegate ai dispositivi d'ancoraggio tramite elementi di transizione che garantiscano la perfetta tenuta.

7.2.4 CARPENTERIE METALLICHE

Le carpenterie metalliche degli elementi di rinforzo, in acciaio S355J2G1W di tipo autoprotetto, saranno realizzate secondo le specifiche costruttive e di tolleranza previste nella sezione del "Capitolato Speciale d'Appalto Parte 2ª Norme Tecniche - Opere d'arte maggiori Ponti e Viadotti".

7.3 FASI ESECUTIVE E PRESCRIZIONI

7.3.1 GENERALITÀ

La tecnica di intervento per il rinforzo mediante precompressione esterna può essere sintetizzata nelle seguenti fasi:

- Montaggio delle carpenterie metalliche;
- Messa in opera del sistema di precompressione;
- Tesatura dei cavi;
- Iniezioni;
- Sigillatura delle testate.

In aggiunta a quanto indicato in "Capitolato Speciale d'Appalto Parte 2ª Norme Tecniche - Opere d'arte maggiori Ponti e Viadotti", si precisa quanto riportato nei paragrafi successivi.

7.3.2 MONTAGGIO DELLE CARPENTERIE METALLICHE

La messa in opera del sistema di precompressione prevede il montaggio di elementi di carpenteria metallica quali blocchi di deviazione, blocchi di ancoraggio in testata e piastre di rinforzo la cui installazione sarà eseguita mediante le stesse tecniche, fasi e con i materiali già descritti nella precedente sezione "RINFORZO STRUTTURALE DELLE TRAVI DI IMPALCATO MEDIANTE L'UTILIZZO DI PLACCAGGI METALLICI" alla quale si rimanda integralmente, con le seguenti precisazioni:

I punti di deviazione dei cavi saranno realizzati tramite i dispositivi strutturali definiti in progetto previo controllo di compatibilità dei raggi di curvatura con i limiti indicati dal produttore del sistema di ancoraggio.

I blocchi di ancoraggio dei cavi in testata saranno realizzati tramite i dispositivi strutturali definiti in progetto previo controllo di compatibilità geometrica con le testate di ancoraggio del sistema di precompressione che si intende impiegare.

I blocchi di ancoraggio in testata saranno messi in opera mediante adesivo epossidico per incolaggio da applicare a spatola, con rasatura a zero sul supporto in calcestruzzo (relativamente alla superficie di testata della trave) e con spessore di 1-2 mm da applicare sulla parte in lamiera di acciaio, escludendo i risvolti.

Si procederà quindi all'intasamento dei giochi costruttivi tra i risvolti della lamiera e la testata della trave, mediante colatura o iniezione di resine epossidiche a bassissima viscosità, previa sigillatura, con mezzi ritenuti più idonei, delle fughe laterali e delle forature delle lamiere.

Si procederà in fine all'installazione delle barre filettate di ancoraggio, eseguendo le forature del supporto attraverso i preforni della lamiera di rinforzo in base alla procedura già precedentemente definita.

7.3.3 MESSA IN TENSIONE DEI CAVI

L'appaltatore, sulla base del tipo di ancoraggio prescelto, dovrà fornire preliminarmente le caratteristiche delle pompe e dei martinetti che utilizzerà; dovrà inoltre indicare, sulla base del piano di tesatura approvato dalla D.L., la pressione da applicare ad essi per ottenere la tensione dei trefoli specificata in progetto tenuto conto delle perdite di carico che si hanno nel complesso ancoraggio-martinetto per attriti interni, rientro dei cunei, deviazioni dei cavi, etc.

Si procederà inoltre ad una verifica preliminare di compatibilità geometrica del sistema di tesatura con martinetto da impiegarsi, relativamente agli spazi disponibili.

Prima della tesatura verrà effettuata la taratura dei manometri con un manometro campione e verrà acquisita tutta la certificazione relativa alle attrezzature impiegate.

Verranno inoltre accuratamente puliti i trefoli secondo le procedure che dovranno essere indicate dalla ditta fornitrice.

La messa in tensione è subordinata all'ottenimento della resistenza minima del calcestruzzo, richiesta dagli elaborati di progetto, e dalla raggiunta funzionalità degli ancoranti.

Ottenuto il benessere da parte della D.L. per l'inizio delle operazioni di tesatura e, dopo aver completato le operazioni di posizionamento delle piastre di contrasto con le relative morsetterie, si procederà alle operazioni di tiro.

I cavi potranno essere tesati da una o da entrambe le estremità a mezzo di martinetti multitrefolo, capaci cioè di tendere contemporaneamente tutti i trefoli costituenti il cavo.

Solo in particolari esigenze costruttive, laddove non si possa utilizzare un martinetto multiplo, sarà ammesso, dietro approvazione della D.L., l'utilizzo di martinetti di tipo monotrefolo.

Le pressioni massime e di conseguenza le tensioni finali che andranno ad agire sui singoli cavi verranno raggiunte per gradini intermedi secondo quanto specificato sugli elaborati di progetto. Per ogni singolo gradino di tesatura si dovrà riportare su apposite tabelle i relativi allungamenti dei cavi.

Tale operazione verrà ripetuta sino ad arrivare alle pressioni ed alle tensioni massime richieste dai programmi di tesatura con lettura finale degli allungamenti.

Durante tutte le operazioni di tiro sarà buona norma delimitare e proteggere le zone retrostanti le testate di ancoraggio per evitare il passaggio di personale non addetto alle operazioni stesse.

7.3.4 CONTROLLO DEGLI ALLUNGAMENTI

Per un corretto controllo degli allungamenti si procederà come segue:

Effettuare un primo gradino di messa in tensione ad una pressione di allineamento pari ad valore incluso fra $0,05 \div 0,10$ della pressione finale P_o .

L'allungamento corrispondente a questo gradino non deve essere preso in conto in quanto accumula un insieme di allungamenti di assestamento, di tipo non elastico, quali presa del martinetto, corda molle dei trefoli, allineamento martinetti ecc.

Ogni gradino di allungamento è ricavato per misura della corsa del pistone del martinetto (da misurare con asta millimetrata).

L'allungamento totale misurato in sito A_r , somma degli allungamenti parziali misurati in ciascuno step di carico, escludendo lo step iniziale di messa in tensione i cui allungamenti saranno computati con opportuna estrapolazione, dovrà situarsi nella forchetta compresa tra 0,95 e 1,10 dell'allungamento teorico calcolato A_o .

Si possono riscontrare le seguenti due anomalie:

- l'allungamento A_r è troppo elevato: si limiterà quindi la messa in tensione al valore di allungamento massimo ($1,10 \times A_o$), annotando il valore di pressione raggiunto per ottenere detto allungamento; si sottoporrà quindi il risultato ottenuto all'attenzione della DL per la risoluzione dell'anomalia.
- L'allungamento A_r è inferiore a $0,95 \times A_o$: si terminerà quindi la messa in tensione alla pressione finale P_o ; si sottoporrà quindi il risultato ottenuto all'attenzione della DL per la risoluzione dell'anomalia.

Secondo la lunghezza dei cavi e la corsa dei martinetti può essere necessario effettuare più riprese di tesatura per ottenere la tensione finale.

7.3.5 INIEZIONI

Non è prevista l'iniezione della guaine a protezione dei trefoli in quanto si prevede l'utilizzo di trefoli zincati, singolarmente ingrassati e viplati.

7.3.6 SIGILLATURA DELLE TESTATE

Le testate di ancoraggio dei cavi saranno sigillate mediante apposita cuffia amovibile in polietilene ad alta densità HDPE, stabilizzata ai raggi U.V., successivamente iniettata con cera di petrolio o grasso.

8 RINFORZO STRUTTURALE DEI TRASVERSI DI IMPALCATO MEDIANTE PRECOMPRESSIONE ESTERNA

8.1 GENERALITÀ

Nel presente articolo vengono trattati i materiali ed i magisteri inerenti il rinforzo dei trasversi (in c.a. o c.a.p) di impalcato mediante l'introduzione di barre di precompressione esterna. Per queste lavorazioni si rimanda, per quanto non specificamente indicato nel seguito, a quanto indicato in "Capitolato Speciale d'Appalto Parte 2ª Norme Tecniche - Opere d'arte maggiori Ponti e Viadotti". Il rinforzo si rende necessario quando sussistono fenomeni di corrosione avanzata della precompressione esistente ovvero quando, applicando interventi di rinforzo ad alcune delle travi costituenti l'impalcato mediante precompressione aggiuntiva, si verificano sui trasversi esistenti stati tensionali dovuti a sollecitazioni aggiuntive non congruenti con la capacità resistente del trasverso stesso.

8.2 MATERIALI

8.2.1 GUAINA DI PROTEZIONE ESTERNA

Le guaine saranno lisce, in Polietilene ad Alta Densità (HDPE) stabilizzato ai raggi U.V. le cui caratteristiche dovranno soddisfare le EN 12201, quando non diversamente autorizzato dalla D.L. Esse avranno diametro interno specificato in progetto.

Qualora siano richieste saldature tra segmenti di guaina, queste dovranno essere fatte preferibilmente prima dell'infilaggio delle barre o, comunque, garantendo che esse non vengano danneggiate o dal surriscaldamento o dalle correnti di saldatura. L'appaltatore dovrà sottoporre all'approvazione della DL il metodo che intende seguire per assemblare i segmenti di guaina onde ottenere la lunghezza richiesta.

Le guaine dovranno essere posate secondo il tracciato previsto a progetto e tenute in posizione prima dell'inizio dell'infilaggio delle barre. Esse saranno collegate ai dispositivi d'ancoraggio tramite elementi di transizione che garantiscano la perfetta tenuta.

8.2.2 CARPENTERIE METALLICHE

Le carpenterie metalliche degli elementi di rinforzo, in acciaio S355J2G1W di tipo autoprotetto, saranno realizzate secondo le specifiche costruttive e di tolleranza previste nella sezione del “Capitolato Speciale d’Appalto Parte 2ª Norme Tecniche - Opere d’arte maggiori Ponti e Viadotti”.

8.3 FASI ESECUTIVE E PRESCRIZIONI

La tecnica di intervento per il rinforzo mediante precompressione esterna può essere sintetizzata nelle seguenti fasi:

- Montaggio delle carpenterie metalliche;
- Messa in opera del sistema di precompressione;
- Tesatura delle barre;
- Iniezioni;
- Sigillatura delle testate.

In aggiunta a quanto indicato in “Capitolato Speciale d’Appalto Parte 2ª Norme Tecniche - Opere d’arte maggiori Ponti e Viadotti”, si precisa quanto riportato nei paragrafi successivi.

8.3.1 MONTAGGIO DELLE CARPENTERIE METALLICHE

La messa in opera del sistema di precompressione prevede il montaggio di elementi di carpenteria metallica quali blocchi di ancoraggio e piastre di rinforzo la cui installazione sarà eseguita mediante le stesse tecniche, fasi e con i materiali già descritti nella precedente sezione “RINFORZO STRUTTURALE DELLE TRAVI DI IMPALCATO MEDIANTE L’UTILIZZO DI PLACCAGGI METALLICI” alla quale si rimanda integralmente, con le seguenti precisazioni:

I blocchi di ancoraggio in testata saranno realizzati tramite i dispositivi strutturali definiti in progetto previo controllo di compatibilità geometrica con le testate di ancoraggio del sistema di precompressione che si intende impiegare.

I blocchi di ancoraggio in testata saranno messi in opera mediante adesivo epossidico per incollaggio da applicare a spatola, con rasatura a zero sul supporto in calcestruzzo (relativamente alla superficie di testata della trave) e con spessore di 1-2 mm da applicare sulla parte in lamiera di acciaio, escludendo i risvolti.

Si procederà quindi all’intasamento dei giochi costruttivi tra i risvolti della lamiera e la testata del trasverso, mediante colatura o iniezione di resine epossidiche a bassissima viscosità, previa sigillatura, con mezzi ritenuti più idonei, delle fughe laterali e delle forature delle lamiere.

Si procederà in fine all’installazione delle barre filettate di ancoraggio, eseguendo le forature del supporto attraverso i prefori della lamiera di rinforzo in base alla procedura già precedentemente definita.

8.3.2 MESSA IN TENSIONE DELLE BARRE.

L'appaltatore, sulla base del tipo di ancoraggio prescelto, dovrà fornire preliminarmente le caratteristiche delle pompe e dei martinetti che utilizzerà; dovrà inoltre indicare, sulla base del piano di tesatura approvato dalla D.L., la pressione da applicare ad essi per ottenere la tensione delle barre specificata in progetto tenuto conto delle perdite di carico che si hanno nel complesso ancoraggio-martinetto per attriti interni, assestamenti etc.

Si procederà inoltre ad una verifica preliminare di compatibilità geometrica del sistema di tesatura con martinetto da impiegarsi, relativamente agli spazi disponibili.

Prima della tesatura verrà effettuata la taratura dei manometri con un manometro campione e verrà acquisita tutta la certificazione relativa alle attrezzature impiegate.

La messa in tensione è subordinata all'ottenimento della resistenza minima del calcestruzzo, richiesta dagli elaborati di progetto, e dalla raggiunta funzionalità degli ancoranti.

Ottenuto il benessere da parte della D.L. per l'inizio delle operazioni di tesatura e, dopo aver completato le operazioni di posizionamento delle piastre di contrasto, si procederà alle operazioni di tiro.

Le barre saranno tesate secondo il piano di tesatura specificato in progetto: le pressioni massime e di conseguenza le tensioni finali che andranno ad agire sulle barre verranno raggiunte per gradini intermedi secondo quanto specificato sugli elaborati di progetto.

Per ogni singolo gradino di tesatura si dovrà riportare su apposite tabelle i relativi allungamenti delle barre.

Tale operazione verrà ripetuta sino ad arrivare alle pressioni ed alle tensioni massime richieste dai programmi di tesatura con lettura finale degli allungamenti.

Durante tutte le operazioni di tiro sarà buona norma delimitare e proteggere le zone retrostanti le testate di ancoraggio per evitare il passaggio di personale non addetto alle operazioni stesse.

8.3.3 CONTROLLO DEGLI ALLUNGAMENTI

Per un corretto controllo degli allungamenti si procederà come segue:

Effettuare un primo gradino di messa in tensione ad una pressione di allineamento pari ad valore incluso fra $0,05 \div 0,10$ della pressione finale P_o .

L'allungamento corrispondente a questo gradino non deve essere preso in conto in quanto accumula un insieme di allungamenti di assestamento, di tipo non elastico, quali presa del martinetto, assestamenti, allineamento martinetti ecc.

Ogni gradino di allungamento è ricavato per misura della corsa del pistone del martinetto (da misurare con asta millimetrata).

L'allungamento totale misurato in sito A_r , somma degli allungamenti parziali misurati in ciascuno step di carico, escludendo lo step iniziale di messa in tensione i cui allungamenti saranno computati con opportuna estrapolazione, dovrà situarsi nella forchetta compresa tra 0,95 e 1,10 dell'allungamento teorico calcolato A_o .

Si possono riscontrare le seguenti due anomalie:

- l'allungamento A_r è troppo elevato: si limiterà quindi la messa in tensione al valore di allungamento massimo ($1,10 \times A_o$), annotando il valore di pressione raggiunto per ottenere detto allungamento; si sottoporrà quindi il risultato ottenuto all'attenzione della DL per la risoluzione dell'anomalia.
- L'allungamento A_r è inferiore a $0,95 \times A_o$: si terminerà quindi la messa in tensione alla pressione finale P_o ; si sottoporrà quindi il risultato ottenuto all'attenzione della DL per la risoluzione dell'anomalia.

Secondo la lunghezza delle barre e la corsa dei martinetti può essere necessario effettuare più riprese di tesatura per ottenere la tensione finale.

8.3.4 INIEZIONI

Le guaine vengono iniettate con metodologia tradizionale utilizzando boiacca di cemento; si rimanda alle prescrizioni relative riportate in "Capitolato Speciale d'Appalto Parte 2ª Norme Tecniche - Calcestruzzi E Acciai Per CA e CAP".

8.3.5 SIGILLATURA DELLE TESTATE

Le testate di ancoraggio delle barre saranno sigillate mediante apposita cuffia amovibile in polietilene ad alta densità HDPE, stabilizzata ai raggi U.V., successivamente iniettata con cera di petrolio o grasso.

9 **INTERVENTI CON MATERIALI FIBRORINFORZATI**

9.1 **GENERALITÀ**

Nel presente articolo vengono trattati i materiali ed i magisteri inerenti il ripristino di elementi strutturali in c.a. e c.a.p. con malte e betoncini fibrorinforzati a comportamento incrudente. Le malte ed i betoncini fibrorinforzati devono essere marcati secondo la 1504-3.

9.2 **MATERIALI**

9.2.1 BETONCINI FIBRORINFORZATI

Per il ripristino si utilizzerà una betoncino premiscelato colabile ad alta resistenza ($R_{cm} > 85$ MPa) e fibre di acciaio o di diversa natura disperse nella matrice. La malta dovrà essere addizionata con opportuno additivo anti ritiro (SRA) per consentire la corretta espansione all'aria del materiale. L'applicazione della malta dovrà essere effettuata previa adeguata preparazione del supporto asportando il calcestruzzo ammalorato fino ad ottenere un sottofondo solido, esente da parti in distacco e sufficientemente ruvido. Il prodotto dovrà essere applicato su sottofondo pulito e saturo di acqua in uno spessore compreso tra 1 e 5 cm per strato.

Il prodotto per la ricostruzione delle sezioni di solette e trave dovrà rispondere ai requisiti prestazionali essenziali ed aggiuntivi previsti dalla norma armonizzata UNI EN 1504 parte 3 per le malte strutturali di classe R4. In particolare:

| Caratteristiche prestazionali essenziali | Metodo di prova | Valori di riferimento per la malta di classe R4 |
|--|-----------------|---|
| Resistenza a compressione | EN 12190 | ≥ 45 MPa |
| Contenuto di ioni cloruro | EN 1015-17 | $\leq 0,05\%$ |
| Legame di aderenza | EN 1542 | ≥ 2 MPa |
| Durabilità – resistenza alla carbonatazione | EN 13295 | $dk \leq$ cls di controllo |
| Durabilità, compatibilità termale, gelo-disgelo. | EN 13687-1 | Forza di legame ≥ 2 MPa dopo 50 cicli |
| Modulo elastico | EN 13412 | ≥ 20 MPa |

In aggiunta alle caratteristiche prestazionali essenziali sopra elencate, la malta R4 deve rispettare le ulteriori prescrizioni progettuali:

| Prestazioni aggiuntive | Metodo di prova | Valori di riferimento |
|------------------------------------|-----------------|---|
| Resistenza alla flessione | EN 196/1 | ≥ 30 MPa |
| Resistenza alla flessione-trazione | UNI EN 14651 | $f_{rm1} \geq 11$ MPa e $f_{rm3} \geq 11$ MPa |
| Ritiro contrastato | - | < 200 $\mu\text{m/m}$ |
| Diametro massimo dell'aggregato | | ≤ 6 mm |
| Resistenza al fuoco | EN 13501-1 | Classe A1 |

Il prodotto per la ricostruzione di cordoli, pulvini e pile dovrà rispondere ai requisiti prestazionali essenziali ed aggiuntivi previsti dalla norma armonizzata UNI EN 1504 parte 3 per le malte strutturali di classe R4. In particolare:

| Caratteristiche prestazionali essenziali | Metodo di prova | Valori di riferimento per la malta di classe R4 |
|--|-----------------|---|
| Resistenza a compressione | EN 12190 | ≥ 45 MPa |
| Contenuto di ioni cloruro | EN 1015-17 | $\leq 0,05\%$ |
| Legame di aderenza | EN 1542 | ≥ 2 MPa |
| Durabilità – resistenza alla carbonatazione | EN 13295 | $dk \leq$ cls di controllo |
| Durabilità, compatibilità termale, gelo-disgelo. | EN 13687-1 | Forza di legame ≥ 2 MPa dopo 50 cicli |
| Modulo elastico | EN 13412 | ≥ 20 MPa |

In aggiunta alle caratteristiche prestazionali essenziali sopra elencate, la malta R4 deve rispettare le ulteriori prescrizioni progettuali:

| Prestazioni aggiuntive | Metodo di prova | Valori di riferimento |
|------------------------------------|-----------------|---|
| Resistenza alla flessione-trazione | UNI EN 14651 | $f_{rm1} \geq 6,5$ MPa e $f_{rm3} \geq 7$ MPa |
| Diametro massimo dell'aggregato | | ≤ 10 mm |
| Resistenza al fuoco | EN 13501-1 | Classe A1 |

9.3 FASI ESECUTIVE E PRESCRIZIONI

9.3.1 STAGIONATURA

Una corretta stagionatura è fondamentale per evitare la formazione di fessure dovute all'immediata evaporazione di parte dell'acqua di impasto sotto l'azione del sole e del vento.

Ultimate le operazioni di finitura superficiale si procederà quindi ad accurata stagionatura dei betonici mediante applicazione di acqua nebulizzata per almeno 48 ore dopo l'applicazione e la successiva immediata protezione della stessa superficie.

9.3.2 ACCETTAZIONE IN CORSO D'OPERA

Ai fini della valutazione della qualità del materiale fornito, i possibili controlli che la Direzione Lavori potrà richiedere sono riportati nella tabella sottostante.

Le prove dovranno essere ripetute con la frequenza ritenuta necessaria dalla Direzione Lavori.

| Tipo FRC | Tipo controllo | Metodo |
|--------------|---|--|
| FRC fresco | Corretta miscelazione | Ispezione visiva secondo UNI EN 206-1 (compreso il controllo della uniforme distribuzione delle fibre) e rispetto dei tempi di miscelazione dichiarati dal fornitore |
| FRC fresco | Classe di consistenza | Abbassamento al cono secondo UNI EN 12350-2 o prova di spandimento secondo UNI EN 12350-8 |
| FRC indurito | Resistenza a compressione a 1gg su due campioni | Verifica secondo UNI EN 12390-3 |
| FRC indurito | Resistenza a compressione a 3gg su due campioni | Verifica secondo UNI EN 12390-3 |
| FRC indurito | Resistenza a compressione a 7gg su due campioni | Verifica secondo UNI EN 12390-3 |
| FRC indurito | Resistenza a compressione a 28gg su due campioni | Verifica secondo UNI EN 12390-3 |
| FRC indurito | Resistenze a flessione residue f_{R3m} e f_{R1m} a 28gg | Verifica secondo UNI EN 14651 |
| FRC indurito | Distribuzione omogenea fibre | Microcarotaggi su opere realizzate per eseguire ispezione visiva |

* valida solo per fibre metalliche

10 MISURAZIONE E CONTABILIZZAZIONE

10.1 NORME GENERALI

Sia per i lavori compensati a corpo che per quelli compensati a misura, l'Appaltatore ha l'onere contrattuale di predisporre in dettaglio tutti i disegni contabili delle opere realizzate e delle lavorazioni eseguite con l'indicazione (quote, prospetti e quant'altro necessario) delle quantità, parziali e totali, nonché con l'indicazione delle relative operazioni aritmetiche e degli sviluppi algebrici necessari alla individuazione delle quantità medesime, di ogni singola categoria di lavoro attinente l'opera o la lavorazione interessata.

Detti disegni contabili, da predisporre su supporto informatico e - in almeno duplice copia - su supporto cartaceo, saranno obbligatoriamente consegnati tempestivamente alla Direzione Lavori per il necessario e preventivo controllo e verifica, da effettuare sulla base delle misurazioni eseguite in contraddittorio con l'Appaltatore, durante l'esecuzione dei lavori.

Tale documentazione contabile è indispensabile per la predisposizione degli Stati di Avanzamento Lavori e per l'emissione delle relative rate di acconto, secondo quanto stabilito in merito per i pagamenti.

La suddetta documentazione contabile resterà di proprietà dell'Amministrazione committente.

Tutto ciò premesso e stabilito, si precisa che:

- i lavori compensati "a misura" saranno liquidati secondo le misure geometriche, o a numero, o a peso, così come rilevate dalla Direzione dei Lavori, in contraddittorio con l'Appaltatore, durante l'esecuzione dei lavori;
- i lavori da compensare "a corpo" saranno controllati in corso d'opera attraverso le misure geometriche, o a peso, o a numero, rilevate dalla Direzione dei Lavori in contraddittorio con l'Appaltatore e, quindi, confrontate con le quantità rilevabili dagli elaborati grafici facenti parte integrante ed allegati al Contratto di Appalto. Per la predisposizione degli Stati di Avanzamento Lavori e per l'emissione delle relative rate d'acconto, il corrispettivo da accreditare nei S.A.L. è la parte percentuale del totale del prezzo a corpo risultante da tale preventivo controllo, effettuato a misura, oltre le prescritte trattenute di Legge e le eventuali risultanze negative (deduzioni) scaturite a seguito del Collaudo in corso d'opera. A completamento avvenuto di tutte le opere a corpo, risultante da apposito Verbale di constatazione redatto in contraddittorio con l'Appaltatore, la Direzione dei Lavori provvederà, con le modalità suddette, al pagamento del residuo, deducendo le prescritte trattenute di Legge e le eventuali risultanze negative scaturite dalle operazioni e dalle verifiche effettuate dalla Commissione di Collaudo in corso d'opera.

10.2 CRITERI DI MISURA

10.2.1 CONGLOMERATI CEMENTIZI

I conglomerati cementizi (malte e betoncini) saranno computati a volume, con metodi geometrici. Non saranno dedotti dai volumi:
i volumi del ferro di armatura;
i volumi dei cavi per la precompressione;

Si specifica, inoltre, che gli articoli di Elenco Prezzi comprendono tutti gli oneri descritti nelle presenti Norme Tecniche, con particolare riferimento a:
la fornitura a piè d'opera di tutti i materiali occorrenti (aggregati, acqua, aggiunte minerali, additivi, acceleranti, ritardanti, leganti, ecc.);
la mano d'opera;
i ponteggi e le impalcature;
le attrezzature ed i macchinari per la confezione;
la sistemazione delle carpenterie e delle armature metalliche;
l'esecuzione dei getti da realizzare senza soluzione di continuità, in modo da evitare ogni ripresa, impiegando anche manodopera su più turni ed in giornate festive (ove necessario);
l'eventuale esaurimento dell'acqua nei casseri;
la vibrazione;
la predisposizione di fori, tracce, cavità, ammorsature, ecc.;
il taglio di filo, chiodi, reggette con funzione di legatura di collegamento dei casseri con la sigillatura degli incavi e la regolarizzazione delle superfici nel getto;
la necessità di coordinare le attività, qualora l'Appaltatore dovesse affidare i lavori di protezione superficiale dei conglomerati cementizi a ditte specializzate;
le prove ed i controlli, con la frequenza indicata nelle presenti Norme Tecniche, ovvero prescritta dalla Direzione Lavori e, infine, quant'altro occorra per dare il lavoro finito a perfetta regola d'arte

Non sono compresi negli articoli di cui sopra gli oneri per:
le casseforme, salvo quanto diversamente specificato nelle voci di elenco Prezzi;
le centinature e le armature di sostegno delle casseforme, salvo quelle per getti di luce retta inferiore a quanto indicato nei relativi articoli di elenco Prezzi.
I suddetti articoli verranno contabilizzati con i relativi articoli di Elenco Prezzi.
Si prevede, inoltre, che nel caso di sospensione dei getti per effetto di un abbassamento della temperatura atmosferica ordinata dalla Direzione Lavori, l'Impresa non avrà diritto ad alcun risarcimento, come pure non potrà richiedere alcun compenso per particolari accorgimenti da adottarsi nel caso di esecuzione dei getti a basse temperature.

10.2.2 CASSEFORME

Le casseforme saranno contabilizzate a parte, solo per quanto sia esplicitamente indicato negli articoli di Elenco Prezzi; i suddetti articoli comprendono tutti gli oneri, le forniture e le prestazioni relative a materiali, mano d'opera, noli, armo, disarmo, sfrido, trasporti, disarmanti, ecc.

In particolare, le casseforme saranno computate in base allo sviluppo delle facce interne a contatto del conglomerato cementizio, ad opera finita.

Le armature di sostegno verranno contabilizzate a parte, solo per quanto sia esplicitamente indicato negli articoli di Elenco Prezzi, che comprendono tutti gli oneri, le forniture e le prestazioni relative a materiali, mano d'opera, noli, armo, disarmo, sfrido, trasporti, disarmanti, ecc., necessari per la loro esecuzione.

10.2.3 ACCIAIO PER C.A.

L'acciaio in barre per armatura sarà computato in base al peso teorico dei vari diametri nominali indicati nei progetti esecutivi, trascurando le quantità superiori alle indicazioni di progetto, le legature, gli eventuali distanziatori e le sovrapposizioni per le giunte non previste o non necessarie, intendendosi come tali anche quelle che collegano barre di lunghezza inferiore a quella commerciale.

Il peso degli acciai sarà determinato con metodo analitico, misurando lo sviluppo teorico di progetto di ogni barra e moltiplicando per la corrispondente massa lineare nominale di progetto.

Relativamente al peso di trefoli o trecce di acciaio per le strutture in conglomerato cementizio precompresso, questo sarà determinato moltiplicando il loro sviluppo teorico (compreso tra le facce esterne degli apparecchi di appoggio) per il peso dell'unità di misura determinato mediante pesatura.

Il peso dell'acciaio in barre per calcestruzzi precompressi sarà determinato moltiplicando lo sviluppo teorico di progetto delle barre (compreso tra le facce esterne degli apparecchi di ancoraggio) per il peso unitario della barra, calcolato in funzione del diametro nominale e della massa volumica dell'acciaio, pari a 7,85 kg/dm³.

Per quanto concerne, infine, il peso dell'acciaio per le strutture in conglomerato cementizio armato precompresso sia con il sistema a fili aderenti che con il sistema a cavi scorrevoli, questo sarà determinato moltiplicando lo sviluppo teorico di progetto dei cavi (compreso tra le facce esterne degli apparecchi di bloccaggio) per il numero dei fili ovvero dei fili componenti il cavo per il peso unitario dei fili stessi, calcolato in funzione del diametro nominale e della massa volumica dell'acciaio, pari a 7,85 kg/dm³.

Si evidenzia, inoltre, come l'articolo di Elenco Prezzi dell'acciaio per strutture in conglomerato cementizio armato precompresso comprenda la fornitura dell'acciaio, nonché la fornitura e la posa in opera dei materiali e dispositivi necessari alla realizzazione dei diversi tipi di sistemi di precompressione sopra citati, nonché tutti gli oneri necessari per dare l'acciaio in opera in perfetta regola d'arte.

PARTE 3 – PONTI E VIADOTTI

Sommario

| | | |
|----------|---|-----------|
| 1 | OPERE IN CARPENTERIA METALLICA | 7 |
| 1.1 | CARATTERISTICHE DEI MATERIALI | 7 |
| 1.1.1 | Resilienza dei componenti saldati | 8 |
| 1.1.2 | Protezioni superficiali | 9 |
| 1.2 | MODALITÀ DI ESECUZIONE | 9 |
| 1.2.1 | Progetto d'officina | 9 |
| 1.2.2 | Montaggio di prova | 11 |
| 1.2.3 | Identificazione e rintracciabilità dei materiali | 11 |
| 1.2.4 | Prescrizioni integrative per i collegamenti bullonati | 12 |
| 1.3 | PROVE E CONTROLLI | 13 |
| 1.3.1 | Controlli documentali | 13 |
| 1.3.2 | Controlli sui prodotti e sui materiali | 13 |
| 1.3.3 | Controlli sulla esecuzione | 13 |
| 1.3.4 | Controlli geometrici e dimensionali sui manufatti | 13 |
| 1.3.5 | Controlli sulle saldature | 14 |
| 1.3.6 | Controlli sulle unioni bullonate | 15 |
| 1.4 | PROVE DI CARICO E COLLAUDO | 16 |
| 1.5 | MANUTENZIONE | 16 |
| 1.6 | NORMATIVA DI RIFERIMENTO | 18 |
| 1.7 | MISURAZIONE E CONTABILIZZAZIONE | 18 |
| 1.7.1 | Norme generali | 18 |
| 1.7.2 | Criteri di misura | 19 |
| 2 | ELEMENTI PREFABBRICATI | 20 |
| 2.1 | CARATTERISTICHE DEI MATERIALI | 20 |
| 2.1.1 | Caratteristiche superficiali dei manufatti | 20 |
| 2.2 | MODALITÀ DI ESECUZIONE | 21 |
| 2.2.1 | Documenti di accompagnamento | 21 |
| 2.3 | PROVE E CONTROLLI | 22 |
| 2.3.1 | Controlli documentali | 22 |
| 2.3.2 | Controlli sui prodotti e sui materiali | 22 |
| 2.3.3 | Controlli sulla produzione e sul montaggio | 22 |

| | | |
|-------|---|----|
| 2.3.4 | Controlli geometrici e dimensionali sui manufatti | 22 |
| 2.4 | PROVE DI CARICO E COLLAUDO | 23 |
| 2.5 | MANUTENZIONE | 23 |
| 2.6 | NORMATIVA DI RIFERIMENTO | 24 |
| 2.7 | MISURAZIONE E CONTABILIZZAZIONE | 24 |
| 3 | OPERE IN C.A.P. A CAVI O BARRE POST TESI | 25 |
| 3.1 | CARATTERISTICHE DEI MATERIALI | 25 |
| 3.2 | MODALITÀ DI ESECUZIONE | 26 |
| 3.2.1 | Progetto costruttivo | 26 |
| 3.2.2 | Identificazione e rintracciabilità dei materiali | 29 |
| 3.2.3 | Prescrizioni particolari per l'esecuzione | 29 |
| 3.3 | PROVE E CONTROLLI | 30 |
| 3.4 | PROVE DI CARICO E COLLAUDO | 31 |
| 3.5 | MANUTENZIONE | 31 |
| 3.6 | NORMATIVA DI RIFERIMENTO | 32 |
| 3.7 | MISURAZIONE E CONTABILIZZAZIONE | 32 |
| 4 | APPOGGI E DISPOSITIVI ANTISISMICI | 34 |
| 4.1 | CARATTERISTICHE | 34 |
| 4.1.1 | Temperature di esercizio | 34 |
| 4.1.2 | Protezioni anti polvere e anti corrosiva | 34 |
| 4.1.3 | Preregolazione | 35 |
| 4.1.4 | Collegamento alle strutture | 35 |
| 4.1.5 | Sostituzione | 36 |
| 4.2 | MODALITÀ DI INSTALLAZIONE | 36 |
| 4.2.1 | Progetto costruttivo | 37 |
| 4.3 | PROVE E CONTROLLI | 37 |
| 4.3.1 | Controlli documentali | 38 |
| 4.3.2 | Prove di accettazione | 38 |
| 4.3.3 | Controlli sulla esecuzione | 38 |
| 4.4 | PROVE DI CARICO E COLLAUDO | 38 |
| 4.5 | MANUTENZIONE | 39 |
| 4.6 | NORMATIVA DI RIFERIMENTO | 39 |
| 4.7 | MISURAZIONE E CONTABILIZZAZIONE | 39 |
| 5 | GIUNTI DI ESPANSIONE | 40 |

| | | |
|------------|--|-----------|
| 5.1 | CARATTERISTICHE | 40 |
| 5.1.1 | Temperature di esercizio | 40 |
| 5.1.2 | Vita Utile | 40 |
| 5.1.3 | Preregolazione | 40 |
| 5.1.4 | Sollevamento differenziale delle testate del varco | 41 |
| 5.1.5 | Aggressività ambientale | 41 |
| 5.1.6 | Dimensione dei varchi | 41 |
| 5.1.7 | Scossalina | 42 |
| 5.1.8 | Giunti sui cordoli e sui marciapiedi di servizio | 42 |
| 5.2 | MODALITÀ DI INSTALLAZIONE | 42 |
| 5.2.1 | Progetto costruttivo | 42 |
| 5.3 | PROVE E CONTROLLI | 43 |
| 5.3.1 | Controlli documentali | 43 |
| 5.3.2 | Prove dopo l'installazione | 43 |
| 5.4 | MANUTENZIONE | 43 |
| 5.5 | NORMATIVA DI RIFERIMENTO | 44 |
| 5.6 | MISURAZIONE E CONTABILIZZAZIONE | 44 |
| 6 | IMPERMEABILIZZAZIONI DELLA SOLETTA | 45 |
| 6.1 | CAPPA DI ASFALTO SINTETICO | 45 |
| 6.1.1 | Caratteristiche dei materiali | 45 |
| 6.1.2 | Modalità di applicazione | 46 |
| 6.1.3 | Prove e Controlli | 47 |
| 6.2 | MANTO DI IMPERMEABILIZZAZIONE CONTINUO REALIZZATO IN OPERA CON BITUME MODIFICATO CON ELASTOMERI ED ARMATO CON TESSUTO NON TESSUTO | 48 |
| 6.2.1 | Caratteristiche dei materiali | 48 |
| 6.2.2 | Modalità di applicazione | 49 |
| 6.2.3 | Prove e Controlli | 50 |
| 6.3 | MANTO DI IMPERMEABILIZZAZIONE REALIZZATO CON GUAINA BITUMINOSE PREFORMATE ED ARMATE | 50 |
| 6.3.1 | Caratteristiche dei materiali | 51 |
| 6.3.2 | Modalità di applicazione | 52 |
| 6.3.3 | Prove e Controlli | 55 |
| 6.4 | NORMATIVA DI RIFERIMENTO | 56 |

| | | |
|-----|---|----|
| 6.5 | MISURAZIONE E CONTABILIZZAZIONE | 56 |
| 7 | SISTEMI DI RACCOLTA ACQUA DI PIATTAFORMA | 57 |
| 7.1 | CARATTERISTICHE | 57 |
| 7.2 | PROVE E CONTROLLI | 59 |
| 7.3 | MANUTENZIONE | 59 |
| 7.4 | MISURAZIONE E CONTABILIZZAZIONE | 60 |
| 8 | APPENDICE A – TEMPERATURE MASSIME E MINIME PER LA PROGETTAZIONE DEI PONTI | 61 |

1 OPERE IN CARPENTERIA METALLICA

Il presente capitolato si applica a tutte le strutture in acciaio, comprese le carpenterie metalliche delle sezioni miste acciaio-calcestruzzo- destinate alla realizzazione di ponti, viadotti, cavalcavia. Per l'acciaio impiegato in galleria si rimanda la capitolato specifico.

Il presente capitolato è di riferimento inoltre, alle opere minori realizzate in carpenteria metallica quali, ad esempio, passerelle, portali, coperture, ecc.. Diversamente, non si applica alle lamiere grecate e ai profilati a freddo.

L'Appaltatore dovrà fornire ad ANAS il nominativo del costruttore delle carpenterie metalliche, ovvero il nominativo del centro di trasformazione ed il nominativo dell'officina di produzione della carpenteria metallica, unitamente alla documentazione richiesta per essi dalle vigenti Norme Tecniche per le costruzioni (di seguito semplicemente chiamate NTC).

Il costruttore o l'officina di produzione della carpenteria metallica dovranno essere in possesso di tutti i requisiti richiesti dalle NTC per i centri di trasformazione delle carpenterie metalliche.

L'ANAS si riserva la facoltà di procedere alla verifica di quanto sopra riportato anche mediante ispezione di personale qualificato.

L'Appaltatore dovrà eseguire le opere nel rispetto delle indicazioni contenute nel progetto esecutivo, nelle NTC, nel presente capitolato e nella norma UNI EN 1090-2 (laddove questa non sia in contrasto con le NTC o con le indicazioni riportate nel presente capitolato) e nelle norme da queste richiamate, tenendo conto delle seguenti indicazioni:

- Ai sensi del par. 11.3.4.5 e della tabella 11.3.XI delle NTC le opere in parola sono strutture soggette a fatica corrispondenti al livello D della citata tabella.
- Ai sensi del paragrafo 4 della UNI EN 1090-2 la classe di esecuzione sarà la EXC3.
- Ai sensi del paragrafo 4 della UNI EN 1090-2 il grado di preparazione delle superfici sarà, salvo diversa disposizione della Direzione Lavori, P2.
- Ai sensi del paragrafo 4 della UNI EN 1090-2 la classe delle tolleranze geometriche funzionali sarà la "classe 1".

1.1 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

I materiali impiegati nella costruzione di strutture in acciaio dovranno essere conformi al par. 11.3.4.1 (marcatura CE) delle NTC. Si potranno utilizzare anche materiali innovativi per i quali il produttore e/o il Centro di Trasformazione potrà pervenire alla Marcatura CE in conformità a Benestare Tecnici Europei (ETA), ovvero, in alternativa, dovrà essere in possesso di un Certificato di

Idoneità Tecnica all'Impiego rilasciato dal Servizio Tecnico Centrale (rif. caso "C") del par. 11.1 delle NTC).

I materiali impiegati saranno conformi alle vigenti NTC e a quanto indicato nel progetto esecutivo, integrato dalle prescrizioni del c.a.p. 5 della UNI EN 1090-2 e da quanto segue.

Per i piatti non sono richieste condizioni più rigorose di quanto indicato al primo capoverso del par. 5.3.3 della UNI EN 1090-2 e la tolleranza sullo spessore dovrà essere, con rif. al par. 5.3.3 della UNI EN 1090-2, di classe A.

Tutti i bulloni dovranno essere forniti da un unico produttore per l'intero appalto e avere coefficiente K-class pari a 2 (per bulloneria ad attrito).

I pioli tipo Nelson l'acciaio sarà di qualità S235J2G3 + C450 secondo EN 10025, norma di riferimento UNI-EN-ISO 13918 ed avrà le seguenti caratteristiche:

- $f_y \geq 350 \text{ N/mm}^2$;
- $f_u \geq 450 \text{ N/mm}^2$;
- Strizione 50%
- Altre caratteristiche secondo NTC.

1.1.1 RESILIENZA DEI COMPONENTI SALDATI

Le tipologie di acciaio da impiegare nelle strutture saldate dovrà corrispondere al seguente schema (rif. norma UNI-EN-10025) tipologico:

- S275 JO/J2G1;
- S355 JO/J2G1/K2G1/K2G1.

Dove i primi 4 codici alfanumerici indicano la destinazione d'uso dell'acciaio (S=strutturale) e la resistenza caratteristica allo snervamento ($275/355 \text{ N/mm}^2$), calcolata per spessori fino a 16mm), mentre i rimanenti codici rappresentano la qualità degli acciai in relazione alla saldabilità e ai valori di resilienza secondo quanto riportato nelle NTC e nella UNI EN 10025.

La scelta della qualità degli acciai in relazione alla saldabilità e ai valori di resilienza è indicata nel progetto esecutivo o, laddove mancante, verrà determinata sulla base della temperatura di minima impiego della opera $T_i = T_{min} - 5^\circ\text{C}$. La temperatura T_i andrà chiaramente indicata nelle relazioni del progetto d'officina.

La temperatura T_{min} è definita come temperatura minima invernale dell'aria nel sito della costruzione con riferimento ad un periodo di ritorno di 50 anni.

In mancanza di adeguate indagini statistiche basate su dati specifici relativi al sito in esame, T_{min} dovrà essere calcolata in base alle espressioni riportate nell'Appendice A del presente Capitolato.

Sulla base del valore T_i ottenuto, verrà determinata la resilienza secondo quanto riportato in UNI EN 10025.

In mancanza delle suddette valutazioni sul valore di T_i , le qualità degli acciai non dovranno essere inferiori alla seguente tabella, valida per profili composti saldati:

| | $sp \leq 20$ [mm] | 20 [mm] $< sp \leq 40$ [mm] | $sp > 40$ [mm] |
|-------------|-------------------|-------------------------------|----------------|
| S275 | JO | J2 | K2 |
| S355 | JO | J2 | K2 |

Per profili laminati e per piastrame non saldato, si potranno utilizzare materiali di grado JO.

In alternativa agli acciai sopra citati, è ammesso l'impiego di materiale autoprotetto, in funzione dello spessore, del tipo S355JOW, S355J2G1W, S355K2G1W, aventi caratteristiche meccaniche equivalenti a quelle dell'acciaio S355JO, S355J2G1 e S355K2G1 UNI-EN 10025.

1.1.2 PROTEZIONI SUPERFICIALI

Tutte le strutture in acciaio non autopatinabile dovranno essere protette contro la corrosione in accordo alle prescrizioni del progetto esecutivo e alle specifiche di cui alla sezione "Verniciature" delle presenti Norme Tecniche e, laddove non in contrasto con i precedenti documenti, al c.a.p. 10 e all'appendice F della UNI EN 1090-2.

Il colore di finitura sarà definito dai documenti di progetto esecutivo o, in mancanza di indicazioni specifiche, l'Appaltatore dovrà chiedere istruzioni alla Direzione Lavori.

1.2 MODALITÀ DI ESECUZIONE

Per l'esecuzione dell'opera l'Appaltatore si atterrà ai capitoli da 6 a 9 della norma UNI EN 1090-2.

1.2.1 PROGETTO D'OFFICINA

L'Appaltatore sarà tenuto a presentare in tempo utile, prima dell'approvvigionamento dei materiali e degli appoggi, all'esame ed all'approvazione della D.L. il progetto d'officina delle opere, ovvero:

- elaborati costruttivi;
- una relazione recante evidenza delle modifiche tecniche eventualmente apportate rispetto al progetto esecutivo.

In particolare gli elaborati costruttivi saranno composti da:

- specifiche di esecuzione, che saranno redatte sensi del paragrafo 4 della UNI EN 1090-2 e conterranno solo le informazioni di cui ai punti da “a)” ad “e)” del par. 4.1.1.
- specifiche di saldatura basate su qualifiche di procedimento in conformità alle UNI-EN ISO 15614, UNI-EN ISO 15614, UNI-EN ISO 15609 e UNI-EN ISO 17635;
- i disegni di officina con evidenza di tipi e qualità degli acciai impiegati; tipi e qualità dei bulloni impiegati; i diametri e la disposizione dei bulloni, nonché dei fori relativi; pre-carico dei bulloni ad alta resistenza e relative coppie di serraggio; tolleranze; le modalità di trattamento protettivo (laddove previsto) e le finiture superficiali degli elementi metallici nel sito di montaggio; gli schemi di montaggio; le controfrecce di officina;
- la relazione tecnica e di calcolo della struttura durante il montaggio;
- relazioni di calcolo dei manufatti provvisori necessari alla movimentazione e al sostegno dei componenti costruttivi;
- relazione di calcolo delle opere, qualora modificate rispetto al progetto esecutivo;
- quanto richiesto nei par. 9.3.1, 9.3.2 e 9.6.1 della UNI EN 1090-2.

La relazione tecnica e di calcolo della struttura durante il montaggio conterrà la descrizione del funzionamento statico della struttura nelle diverse fasi, riportando, per ogni fase quanto segue: calcoli statici; i parametri geometrici da controllare, riportando, per ognuno di essi, un range di valori entro il quale i dati rilevati siano da ritenersi coerenti con le previsioni progettuali. La suddetta relazione, dovrà inoltre contenere le procedure correttive da adottare qualora i risultati ottenuti non fossero coerenti con le previsioni progettuali. La suddetta relazione, dovrà infine contenere una procedura di posa in opera e controllo del sistema apparecchi di appoggio, cunei di compenso e strutture metalliche, da condividere con il fornitore degli apparecchi di appoggio.

Per quanto concerne le specifiche di saldatura, è fatto obbligo all'Appaltatore di avvalersi, a sua cura e spese, della consulenza dell'Istituto Italiano della Saldatura o altro Ente terzo equivalente, il quale dovrà tenere in conto anche delle indicazioni contenute nel presente capitolato. Le specifiche di saldatura dovranno contenere almeno indicazioni e prescrizioni su:

- materiali.
- caratteristiche e dimensioni del materiale d'apporto.
- geometrie e le tolleranze ammesse.
- finiture e preparazioni superficiali.
- sostegni temporanei.
- assemblaggi temporanei

- protezione dalle intemperie.
- procedimento e sequenza di saldatura.
- posizione della saldatura.
- tecnica della saldatura.
- parametri elettrici.
- paramenti termici e caratteristiche e modalità di esecuzione dell'eventuale trattamento termico.
- specifiche delle prove e dei controlli (estensione, quantità, tipologia, normativa di riferimento, criteri di ammissibilità dei difetti) da effettuare prima, durante e dopo la saldatura.
- modalità di riparazione delle saldature non ammissibili.
- specifiche delle prove e dei controlli delle saldature riparate.

Nella progettazione e nell'impiego delle attrezzature di montaggio, l'Appaltatore è tenuto a rispettare le norme, le prescrizioni ed i vincoli che eventualmente venissero imposti da Enti, Uffici e persone responsabili riguardo la zona interessata ed in particolare:

- per l'ingombro degli alvei dei corsi d'acqua;
- per le sagome da lasciare libere nei sovrappassi o sottopassi di strade, autostrade, ferrovie, tramvie, ecc.;
- per le interferenze con servizi di soprasuolo e di sottosuolo

L'esame e la verifica da parte della Direzione dei Lavori, dei progetti e dei certificati ricevuti non esonerano in alcun modo l'Appaltatore dalle responsabilità derivanti per legge e per pattuizione di contratto.

Le operazioni di montaggio potranno iniziare soltanto dopo il benestare della D.L.

1.2.2 MONTAGGIO DI PROVA

È facoltà della Direzione Lavori disporre montaggi di prova di parti della struttura o dell'intera costruzione senza che l'Appaltatore possa opporsi o chiedere compensi di sorta.

1.2.3 IDENTIFICAZIONE E RINTRACCIABILITÀ DEI MATERIALI

L'Appaltatore sarà tenuto a garantire l'identificazione e rintracciabilità dei materiali ai sensi dei par. 11.3.1.4, 11.3.1.5, 11.3.1.7, 11.3.4.11.2 delle NTC.

All'atto della ricezione delle lamiere presso lo stabilimento e comunque prima dell'inizio della fabbricazione delle strutture metalliche, le stesse verranno marchiate mediante punzonatura o vernici indelebili che associano la lamiera ad un codice alfanumerico identificante univocamente la placca e la colata madre dalle quali è stata ricavata.

A corredo dei disegni d'officina, dopo l'approvvigionamento dei materiali, saranno quindi fornite alla Direzione Lavori le distinte dei materiali, contenenti almeno i seguenti dati:

- posizioni e marche d'officina;
- Numero della commessa
- Dimensioni dei pezzi da ricavare
- Quantità
- Tolleranze di lavorazione
- Qualità del materiale richiesto
- Dimensione del materiale da lavorare
- Estremi di identificazione dei relativi documenti di collaudo.
- Note

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.

1.2.4 PRESCRIZIONI INTEGRATIVE PER I COLLEGAMENTI BULLONATI

Vengono di seguito riportate le prescrizioni integrative alla norma UNI EN 1090-2.

1.2.4.1 Criteri generali

Per i giunti ad attrito saranno impiegati bulloni precaricati a serraggio controllato.

Nelle unioni non ad attrito che potranno essere soggette a vibrazioni o ad inversioni di sforzo, dovranno essere sempre impiegati controdadi.

1.2.4.2 Forature

I fori per i bulloni devono essere eseguiti col trapano con assoluto divieto dell'uso della fiamma.

Nei collegamenti bullonati si dovrà procedere alla alesatura di quei fori che non risultino entro i limiti di tolleranza foro-bullone.

Se il diametro del foro alesato risulta superiore al diametro nominale del bullone oltre la tolleranza prevista, si dovrà procedere alla sostituzione del bullone con uno di diametro superiore o, in alternativa, l'Appaltatore dell'opera dovrà presentare una propria proposta di modifica del giunto da sottoporre alla verifica ed alla successiva approvazione della Direzione Lavori.

1.2.4.3 Montaggio

Per il serraggio dei bulloni, si dovranno usare chiavi equipaggiate con un meccanismo limitatore della coppia applicata.

È ammesso il serraggio dei bulloni anche con chiave pneumatica purché questa venga controllata con chiave dinamometrica, la cui taratura eseguita con l'eventuale moltiplicatore dovrà risultare da certificato rilasciato da Laboratorio ufficiale.

L'utilizzo effettivo della chiave dinamometrica dovrà essere registrato in un apposito libretto; ne sarà consentito un uso massimo di 180 giorni dalla data di taratura.

Tutti i meccanismi di serraggio dovranno garantire una precisione non minore del $\pm 4\%$.

I bulloni di classe 10.9 dovranno essere montati in opera almeno con una rosetta posta sotto la testa della vite (smusso verso testa) e una rosetta posta sotto il dado (smusso verso il dado). I bulloni di classe 8.8 dovranno essere montati in opera almeno con una rosetta sotto il dado.

I giunti da serrare dovranno essere montati nella posizione definitiva mediante un numero opportuno di "spine" in grado di irrigidire convenientemente il giunto e consentire la perfetta corrispondenza dei fori. L'uso delle spine d'acciaio è ammesso, in corso di montaggio, esclusivamente per richiamare i pezzi nella giusta posizione.

Si procederà quindi a serrare i bulloni di un estremo dell'elemento da collegare, con una coppia pari a circa il 60% di quella prescritta, il serraggio dovrà iniziare dal centro del giunto procedendo gradualmente verso l'esterno.

1.3 PROVE E CONTROLLI

Laddove possibile le prove ed i controlli saranno effettuati prima del montaggio finale dell'opera.

Tutte le prove ed i controlli saranno eseguiti a cura dell'Appaltatore concordandone le modalità con la Direzione Lavori. In questo senso, la Direzione Lavori stabilirà a propria discrezione il tipo e l'estensione dei controlli da eseguire.

1.3.1 CONTROLLI DOCUMENTALI

Controlli previsti nei par. 11.3.1.4, 11.3.1.5, 11.3.1.7, 11.3.4.11.2 delle NTC e a quanto indicato nel presente capitolato.

1.3.2 CONTROLLI SUI PRODOTTI E SUI MATERIALI

Controlli previsti nei par. 11.3.1.4, 11.3.1.5, 11.3.1.7, 11.3.4.11.2 e 11.3.4.11.3 delle NTC e a quanto indicato nel presente capitolato.

1.3.3 CONTROLLI SULLA ESECUZIONE

La Direzione Lavori verificherà che l'esecuzione dell'opera avvenga secondo le indicazioni e le previsioni del progetto d'officina, integrato dalle prescrizioni contenute nel presente capitolato e dai capitoli da 6 a 10 della norma UNI EN 1090-2.

1.3.4 CONTROLLI GEOMETRICI E DIMENSIONALI SUI MANUFATTI

La Direzione Lavori potrà effettuare controlli geometrici e dimensionali ai sensi del capitolo 11 e del par. 12.3 della norma UNI EN 1090-2. A tal riguardo si specifica che la classe di tolleranza ammessa è pari alla classe 1.

1.3.5 CONTROLLI SULLE SALDATURE

La Direzione Lavori stabilirà il tipo e l'estensione dei controlli da eseguire sulle saldature, sia in corso d'opera che ad opera finita, in conformità a quanto stabilito dalle NTC e tenendo conto delle specifiche di saldatura. Consulenza e controlli saranno eseguiti dagli Istituti indicati dalla Direzione Lavori.

Per i controlli e le ispezioni delle saldature l'Appaltatore metterà a disposizione personale in possesso di idoneo certificato rilasciato dall'I.I.S. o da altro Ente terzo equivalente. Il personale dovrà avere esperienza documentata nello specifico campo della realizzazione di strutture metalliche per ponti e viadotti. Detto personale dovrà inoltre essere in possesso di certificato di livello 2 secondo UNI EN 473 ed opererà in accordo alle specifiche tecniche del progetto specifico.

I controlli radiografici, laddove previsti, devono essere contromarcati con punzonature sui pezzi, in modo da consentire la loro successiva identificazione.

La distribuzione dei controlli non distruttivi da effettuare su ogni tipologia di saldatura sarà non meno di quanto di seguito indicato.

1.3.5.1 Giunti a T con cordoni d'angolo e giunti a parziale penetrazione

Esame visivo: 100% delle saldature;

Esame magnetoscopico: 20% delle saldature anima-piattabanda delle travi;

Esame ultrasonoro: 10% delle saldature rimanenti.

1.3.5.2 Giunti testa a testa a piena penetrazione

Esame visivo: 100% delle saldature;

Esame magnetoscopico :20% delle saldature;

Esame ultrasonoro: 100% dei giunti tesi;

50% dei giunti compressi;

25% dei giunti longitudinali di anima e fondo.

1.3.5.3 Giunti testa a testa di lamiere non previsti a disegno

I giunti testa a testa di lamiere non previsti a disegno verranno controllati al 100% con esame visivo, magnetoscopico e ultrasonoro e verranno riportati sui disegni "as built". Come criterio di accettabilità, tali giunti dovranno soddisfare i requisiti della norma UNI EN 25817 classe di qualità B.

1.3.5.4 Pioli connettori

Esame visivo:100% delle saldature;

Prova di piegamento a 30°:5% dei pioli (a colpi di mazza)

Eventuali discontinuità risultanti dall'esame visivo saranno ripristinate con elettrodi rivestiti. Non è ammessa la presenza di cricche nelle saldature dei pioli.

In caso di rottura di almeno il 5% dei pioli testati tutti i pioli della stessa membratura saranno sottoposti alla medesima prova.

1.3.5.5 Criteri di ammissibilità dei difetti

I criteri di ammissibilità dei difetti sono indicati nel par. 7.6 della norma UNI EN 1090-2.

Nel caso di esito negativo, i controlli sulle saldature saranno estesi per 1 m da ogni lato del difetto o, nel caso di giunti corti (inferiori a 1 m) a due giunti adiacenti. Nel caso di ulteriori difetti i controlli saranno estesi al 100% del giunto difettoso. Il ritorno alle percentuali di controllo stabilite dalla specifica sarà deciso dalla Direzione Lavori in funzione dell'esito dei successivi controlli.

1.3.6 CONTROLLI SULLE UNIONI BULLONATE

La Direzione Lavori stabilirà il tipo e l'estensione dei controlli da eseguire.

I controlli sulle unioni bullonate dovranno interessare sia le superfici (controllo del trattamento superficiale finalizzato all'attrito) e sia il serraggio dei bulloni.

Per tali controlli si farà riferimento ai par. 12.5 della norma UNI EN 1090-2 o, in alternativa, a quanto di seguito specificato (da attuare per ogni unione).

Per ogni unione sarà effettuato un controllo di serraggio su un numero di bulloni pari al 10% del totale ed in ogni caso non meno di quattro.

Il controllo avverrà con le seguenti modalità:

- si marcherà dado e vite del bullone serrato per identificare la loro posizione rispetto al coprigiunto;
- si allenterà il dado con una rotazione di almeno 60°;
- si rinserrerà il dado verificando che l'applicazione della coppia prescritta lo riporti nella posizione originaria;
- si verificherà con la procedura sopra descritta che la coppia di serraggio di almeno il 5% dei bulloni del giunto sia corretta (con un minimo di quattro bulloni per unione bullonata), scegliendo i bulloni da verificare in modo da interessare in maniera regolare tutta l'estensione del giunto stesso.

Nel caso in cui anche un solo bullone testato risulti mal serrato si dovrà procedere a ricontrollare tutti i bulloni del giunto interessato.

1.4 PROVE DI CARICO E COLLAUDO

Prima di sottoporre le strutture in acciaio alle prove di carico verrà eseguita da parte della Direzione Lavori un'accurata visita preliminare di tutte le membrature per constatare che le strutture siano state eseguite in conformità ai relativi disegni di progetto, alle buone regole d'arte ed a tutte le prescrizioni di contratto.

La Direzione Lavori dovrà redigere apposito verbale da consegnare all'Appaltatore ed al collaudatore che riporti l'esito dell'ispezione.

Prima delle prove di carico la Direzione Lavori potrà ordinare la ripresa delle coppie di serraggio per tutti i bulloni della struttura.

Ove nulla osti, si procederà quindi alle prove di carico, se previste, ed al collaudo statico delle strutture, operazioni che verranno condotte secondo le prescrizioni di legge.

1.5 MANUTENZIONE

Laddove non previsti in progetto, si dovranno eseguire dei fori per lo scarico delle acque di eventuale infiltrazione.

Nella redazione del "Piano di manutenzione dell'opera e delle sue parti" si dovrà dare particolare attenzione ai seguenti aspetti, considerati peculiari per le strutture in parola.

- I percorsi e le modalità di accesso alle parti oggetto di ispezione.
- Ispezione e pulizia delle cosiddette trappole di corrosione, ovvero zone dove si possono formare accumuli di acqua, di guano, di terriccio, ecc. In tali zone la velocità di corrosione delle strutture (sia quelle autoprotette e sia quelle protette da idonea vernice) aumenta sensibilmente.
- Ispezione delle asolature dotate di griglie o reti antipassero.
- Ispezione e controlli dei giunti bullonati.
- Ispezione e controlli delle saldature.
- Le modalità di sollevamento degli impalcati per la sostituzione degli appoggi. In tal senso si dovranno fornire le seguenti informazioni: ubicazione dei martinetti; portata dei martinetti; entità del sollevamento (attenzione si dovrà porre al valore massimo consentito nelle strutture iperstatiche senza superare gli Stati Limite di Esercizio previsti in progetto); eventuali limitazioni all'esercizio stradale; eventuali conseguenze sui giunti; azioni caratteristiche, sia orizzontali (vento, eventuale frenatura) e sia verticali, agenti sui vincoli provvisori o sui martinetti durante le operazioni in parola. Per travate continue andrà indicata la possibilità di effettuare il sollevamento su una o più pile contemporaneamente e fornita l'entità del sollevamento per ogni pila interessata.

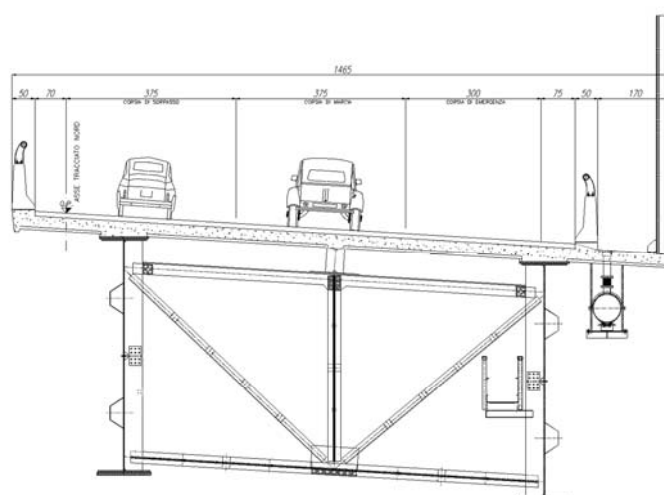
Come previsto dalla normativa vigente il Manuale di manutenzione deve prevedere anche la collocazione nell'intervento delle parti menzionate e la loro rappresentazione grafica.

Con particolare riferimento alle saldature non si dovranno indicare riferimenti generici, ma si dovranno individuare in maniera univoca sulla struttura, sulla base degli elaborati progettuali, le saldature maggiormente sollecitate sia a fatica e sia per carichi statici. In particolare si richiede che per le unioni saldate:

- le cui conseguenze della possibile crisi a fatica siano significative (ovvero travi principali, saldature trasversali delle piastre ortotrope) e per i quali si sia adottato un coefficiente di sicurezza compreso tra 1.35 e 1.15;
- le cui conseguenze della possibile crisi a fatica siano moderate (ovvero sistemi di controvento, sistemi di irrigidimento, traversi, saldature degli irrigidimenti delle piastre ortotrope) e per i quali si sia adottato un coefficiente di sicurezza compreso tra 1.15 e 1.00;

sarà necessario indicare nel Piano di Manutenzione dell'Opera la circostanza di effettuare un controllo dopo un periodo di tempo dall'avvio dell'esercizio stradale pari a $0.5 \times V_n$ (V_n è la vita nominale). I controlli saranno descritti nel Piano di Manutenzione dell'Opera e dovranno essere uguali a quelli effettuati durante la costruzione per i dettagli in parola.

Laddove previsti i percorsi di ispezione, questi saranno preferibilmente collocati in prossimità della corsia lenta/emergenza e costituiti da idonee passerelle collegate alla struttura principale, come rappresentato nella immagine seguente.



Per le zone di saldatura considerate critiche è necessario che il dettaglio stesso sia studiato in maniera tale da poter essere ispezionato. In particolare si riporta, a titolo esemplificativo, il dettaglio relativo alla giunzione bullonata tra le travi principali: i coprigiunti devono avere una geometria tale da permettere la visibilità della saldatura di composizione anima/piattabanda e permettere il relativo eventuale intervento di riparazione.

N.B.: al fine di poter ispezionare il cordone di saldatura la distanza "d" dovrà comunque essere almeno di 20 mm.

1.6 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

- Norme Tecniche per le costruzioni
- UNI EN 1090-2

1.7 MISURAZIONE E CONTABILIZZAZIONE

1.7.1 NORME GENERALI

Resta stabilito che, sia per i lavori compensati a corpo che per quelli compensati a misura, l'Appaltatore ha l'onere contrattuale di predisporre in dettaglio tutti i disegni contabili delle opere realizzate e delle lavorazioni eseguite con l'indicazione (quote, prospetti e quant'altro necessario) delle quantità, parziali e totali, nonché con l'indicazione delle relative operazioni aritmetiche e degli sviluppi algebrici necessari alla individuazione delle quantità medesime, di ogni singola categoria di lavoro attinente l'opera o la lavorazione interessata.

Detti disegni contabili, da predisporre su supporto informatico e da predisporre, in almeno duplice copia su idoneo supporto cartaceo, saranno obbligatoriamente consegnati tempestivamente alla Direzione Lavori per il necessario e preventivo controllo e verifica da effettuare sulla base delle misurazioni, eseguite in contraddittorio con l'Appaltatore, durante l'esecuzione dei lavori.

Tale documentazione contabile è indispensabile per la predisposizione degli Stati di Avanzamento Lavori e per l'emissione delle relative rate di acconto, secondo quanto stabilito in merito per i pagamenti.

La suddetta documentazione contabile resterà di proprietà dell'Amministrazione committente.

Tutto ciò premesso e stabilito, si precisa che:

- I lavori compensati "a misura" saranno liquidati secondo le misure geometriche, o a numero, o a peso, così come rilevate dalla Direzione dei Lavori in contraddittorio con l'Appaltatore durante l'esecuzione dei lavori

- I lavori da compensare "a corpo" saranno controllati in corso d'opera attraverso le misure geometriche, o a peso, o a numero, rilevate dalla Direzione dei Lavori in contraddittorio con l'Appaltatore, e confrontate con le quantità rilevabili dagli elaborati grafici

Per la predisposizione degli Stati di Avanzamento Lavori e per l'emissione delle relative rate d'acconto il corrispettivo da accreditare nei S.A.L. è la parte percentuale del totale del prezzo a corpo risultante da tale preventivo controllo, oltre le prescritte trattenute di Legge e le eventuali risultanze negative (detrazioni) scaturite a seguito del Collaudo in corso d'opera.

A completamento avvenuto di tutte le opere a corpo, risultante da apposito Verbale di constatazione redatto in contraddittorio con l'Appaltatore, la Direzione dei Lavori provvederà, con le modalità suddette, al pagamento del residuo, deducendo le prescritte trattenute di Legge e le eventuali risultanze negative scaturite dalle operazioni e dalle verifiche effettuate dalla Commissione di Collaudo in corso d'opera.

Si precisa che il prezzo dedicato alla modalità di varo "di punta" deve essere applicato nel caso in cui il varo sia realizzato anche con l'ausilio di attrezzatura metallica costituita da derrik, ovvero avambecco e retrobecco, ovvero macchine per la spinta/trazione longitudinale dell'impalcato.

1.7.2 CRITERI DI MISURA

Per la misurazione di quanto realizzato, oltre a fare riferimento a quanto descritto nelle relative voci di Elenco Prezzi, si fa presente che i manufatti d'acciaio, di qualsiasi genere e per ogni utilizzo, composti da lamiere, lamiere ondulate, profilati, tubi, barre, getti di fusione, ecc., saranno contabilizzati a corpo secondo i relativi articoli d'Elenco Prezzi e misurati in base al loro peso. Potranno essere effettuate delle verifiche a campione, mediante pesature in contraddittorio tra Direzione Lavori ed Impresa, con stesura d'apposito verbale controfirmato dalle parti.

Ogni operazione di pesatura dovrà riferirsi a parti di uno stesso manufatto. E' pertanto esclusa la pesatura cumulativa d'elementi appartenenti a manufatti diversi, anche quando si tratta di controventi, piastre, bullonerie, rosette, ecc..

I relativi articoli d'Elenco Prezzi comprendono: la fornitura di tutti i materiali; la lavorazione secondo i disegni costruttivi; la posa ed il fissaggio in opera.

Si intendono comunque compresi nei relativi articoli di Elenco Prezzi gli oneri per le lavorazioni quali, le forature, le saldature, le bullonerie, le piastre, i relativi sfridi.

Infine potrà essere valutata la quantità attraverso lo sviluppo geometrico dei vari elementi che compongono la struttura, suddivisi per tipologia di profilato, dimensione, spessore nel caso di lamiere, moltiplicati per il peso unitario determinato in base alle dimensioni ed al peso specifico di 7,85 Kg/dmc indicato nel D.M. 14 gennaio 2008.

2 ELEMENTI PREFABBRICATI

Il presente Capitolato si applica a tutte le strutture in c.a. e c.a.p. prefabbricate destinate alla realizzazione di ponti, viadotti, cavalcavia e sottovia. Le indicazioni riportate nei paragrafi seguenti possono costituire utile riferimento per altri elementi prefabbricati quali: gallerie artificiali; manufatti idraulici; ecc.

Gli elementi prefabbricati tipicamente utilizzati nella costruzione dei ponti sono: travi; pre dalles (o lastre secondo la norma UNI EN 15050), pulvini, elementi delle pile, elevazioni delle spalle o dei muri d'ala o dei muri andatori.

Il presente capitolato si applica agli elementi di cui al cap. 11.8 dalle vigenti Norme Tecniche per le costruzioni (di seguito semplicemente chiamate NTC).

Ai sensi delle suddetta normativa gli elementi prefabbricati da ponte e i muri dovranno recare la marcatura CE.

L'Appaltatore dovrà comunicare ad ANAS il nominativo del produttore dei manufatti, unitamente alla documentazione richiesta per essi dalle vigenti Norme Tecniche per le costruzioni (di seguito semplicemente chiamate NTC).

È richiesto che il produttore dei manufatti abbia un sistema di controllo della produzione ai sensi del par. 11.8.3 delle NTC e che lo stabilimento di produzione sia qualificato ai sensi del par. 11.8.4.1 delle NTC.

L'ANAS si riserva la facoltà di procedere alla verifica di quanto sopra riportato.

L'Appaltatore dovrà eseguire le opere nel rispetto delle indicazioni contenute nel progetto esecutivo, nelle NTC, nel presente capitolato e nelle norme seguenti:(laddove queste non sia in contrasto con le NTC o con le indicazioni riportate nel presente capitolato):

- UNI EN 13369 (regole comuni per prodotti prefabbricati in calcestruzzo).
- UNI EN 15050 (prodotti prefabbricati in calcestruzzo – elementi da ponte).
- UNI EN 15258 (prodotti prefabbricati in calcestruzzo - elementi per muri di sostegno).

Si rappresenta che i manufatti in parola costituiscono, usualmente, una produzione occasionale.

2.1 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

Per le parti inerenti i materiali costituenti gli elementi prefabbricati in cls (cls, acciai, malte, resine) si rimanda al capitolato dedicato ai calcestruzzi e acciai per c.a. e c.a.p.

2.1.1 CARATTERISTICHE SUPERFICIALI DEI MANUFATTI

In sede di costruzione si dovrà fornire particolare attenzione a realizzare il livello di rugosità (o scabrezza) previsto dal Progettista nelle zone di interfaccia tra il manufatto ed il getto in opera.

2.2 MODALITÀ DI ESECUZIONE

Per la costruzione, trasporto e posa in opera l'Appaltatore si atterrà alle norme UNI EN 13369, UNI EN 15258 e UNI EN 15050 (laddove queste non sia in contrasto con le NTC o con le indicazioni riportate nel presente capitolato) e nelle norme da queste richiamate.

2.2.1 DOCUMENTI DI ACCOMPAGNAMENTO

L'Appaltatore sarà tenuto a presentare in tempo utile, prima dell'approvvigionamento dei materiali e degli appoggi, all'esame ed all'approvazione della D.L. la documentazione prevista nei par. 11.1 e 11.8.5 delle NTC. Tale documentazione sarà integrata da:

- una relazione recante evidenza delle modifiche tecniche eventualmente apportate rispetto al progetto esecutivo;
- relazione di calcolo e disegni delle opere, qualora le opere diano state modificate rispetto al progetto esecutivo;
- il Certificato di Origine, di cui al punto e) del par. 11.8.5 delle NTC, completo delle parti non interessate al deposito presso il Servizio Tecnico Centrale del MIT.

I materiali richiesti per le unioni (malte, resine, betoncini, ecc.) dovranno essere debitamente specificati nella relazione di cui al punto b) del par. 11.8.5 delle NTC, tenendo conto delle seguenti indicazioni:

1. per le resine o malte di incollaggio tra elementi prefabbricati si dovrà porre particolare attenzione alle temperature previste in cantiere e alla loro compatibilità con i prodotti previsti.
2. particolare attenzione sarà data alla protezione delle estremità dei trefoli in testata, che sarà effettuata mediante stuccatura e rasatura con malte cementizie fibrorinforzate a ritiro compensato.
3. Particolare attenzione sarà data nel riempire le asolature resesi eventualmente necessarie per le operazioni di sollevamento o di deviazione dei trefoli; il riempimento sarà effettuato con malte cementizie fibrorinforzate o con betoncini fibrorinforzati a ritiro compensato. Nessun inserto metallico dovrà comunque avere un copriferro inferiore di quello minimo previsto per l'armatura lenta.

Le istruzioni e le specifiche di montaggio (previste al par. 11.8.5 delle NTC) dovranno contenere una procedura di posa in opera e controllo del sistema apparecchi di appoggio, cunei di compenso e sottostrutture, da condividere con il fornitore degli apparecchi di appoggio.

Nella progettazione e nell'impiego delle attrezzature di montaggio, l'Appaltatore è tenuto a rispettare le norme, le prescrizioni ed i vincoli che eventualmente venissero imposti da Enti, Uffici e persone responsabili riguardo la zona interessata ed in particolare:

- per l'ingombro degli alvei dei corsi d'acqua;
- per le sagome da lasciare libere nei sovrappassi o sottopassi di strade, autostrade, ferrovie, tramvie, ecc.;
- per le interferenze con servizi di soprasuolo e di sottosuolo

L'esame e la verifica da parte della Direzione dei Lavori, dei progetti e dei certificati ricevuti non esonerano in alcun modo l'Appaltatore dalle responsabilità derivanti per legge e per pattuizione di contratto.

Le operazioni di montaggio potranno iniziare soltanto dopo il benestare della D.L.

2.3 PROVE E CONTROLLI

Laddove possibile le prove ed i controlli sui manufatti saranno effettuati in stabilimento.

La Direzione Lavori stabilirà a propria discrezione il tipo e l'estensione dei controlli da eseguire.

2.3.1 CONTROLLI DOCUMENTALI

Controlli previsti nei par. 11.1, 11.8.2 e 11.8.4 delle NTC e a quanto indicato nel presente capitolato.

2.3.2 CONTROLLI SUI PRODOTTI E SUI MATERIALI

Si rimanda al capitolato dedicato ai calcestruzzi e acciai per c.a. e c.a.p.

2.3.3 CONTROLLI SULLA PRODUZIONE E SUL MONTAGGIO

Controlli previsti nei par. 11.8.3 delle NTC e a quanto indicato nel presente capitolato.

La Direzione Lavori potrà altresì verificare che la costruzione ed il montaggio dell'opera avvengano secondo le indicazioni di progetto, integrato dalle prescrizioni contenute nel presente capitolato e nelle norme UNI EN 13369, UNI EN 15258 e UNI EN 15050 (laddove queste non sia in contrasto con le NTC o con le indicazioni riportate nel presente capitolato) e nelle norme da queste richiamate.

2.3.4 CONTROLLI GEOMETRICI E DIMENSIONALI SUI MANUFATTI

La Direzione Lavori potrà effettuare controlli geometrici e dimensionali secondo quanto previsto nelle norme UNI EN 13369 , UNI EN 15258 e UNI EN 15050.

Particolare attenzione deve essere posta alla "monta" delle travi presollecitate in stabilimento: tale deformazione, misurata prima del montaggio in opera, deve essere compatibile con la geometria della struttura stessa in relazione alle esigenze di montaggio (compatibilità con il requisito di planarità delle superfici orizzontali degli appoggi; monta differenziale tra travi della stessa campata, che può portare uno scorretto posizionamento delle dalles o dei trasversi; ecc.)e alle esigenze

dell'esercizio stradale (eccessiva ondulazione del piano carrabile; scorretto deflusso longitudinale dell'acqua di piattaforma).

2.4 PROVE DI CARICO E COLLAUDO

Prima di sottoporre le strutture in acciaio alle prove di carico verrà eseguita da parte della Direzione Lavori un'accurata visita preliminare di tutte le strutture per constatare che le strutture siano state eseguite in conformità ai relativi disegni di progetto, alle buone regole d'arte ed a tutte le prescrizioni di contratto.

La Direzione Lavori dovrà redigere apposito verbale da consegnare all'Appaltatore ed al collaudatore che riporti l'esito dell'ispezione.

Ove nulla osti, si procederà quindi alle prove di carico, se previste, ed al collaudo statico delle strutture, operazioni che verranno condotte secondo le prescrizioni di legge.

2.5 MANUTENZIONE

Laddove non previsti in progetto, si dovranno eseguire dei fori per lo scarico delle acque di eventuale infiltrazione.

Nella redazione del "Piano di manutenzione dell'opera e delle sue parti" si dovrà dare particolare attenzione ai seguenti aspetti, considerati peculiari per le strutture in parola.

- I percorsi e le modalità di accesso alle parti oggetto di ispezione. Gli elementi chiusi e privi di idoneo "passo d'uomo" (quali, ad esempio, le travi con sezione ad U o ad Omega) dovranno essere dotati di apposite aperture che consentano l'introduzione e la movimentazione di telecamere, secondo modalità e procedure descritte "Piano di manutenzione dell'opera e delle sue parti".
- Ispezione delle asolature dotate di griglie o reti antipassero.
- Le modalità di sollevamento degli impalcati per la sostituzione degli appoggi. In tal senso si dovranno fornire le seguenti informazioni: ubicazione dei martinetti; portata dei martinetti; entità del sollevamento (attenzione si dovrà porre al valore massimo consentito nelle strutture iperstatiche senza superare gli Stati Limite di Esercizio previsti in progetto); eventuali limitazioni all'esercizio stradale; eventuali conseguenze sui giunti; azioni caratteristiche, sia orizzontali (vento, eventuale frenatura) e sia verticali, agenti sui vincoli provvisori o sui martinetti durante le operazioni in parola. Per travate continue andrà indicata la possibilità di effettuare il sollevamento su una o più pile contemporaneamente e fornita l'entità del sollevamento per ogni pila interessata.

Come previsto dalla normativa vigente il Manuale di manutenzione deve prevedere anche la collocazione nell'intervento delle parti menzionate e la loro rappresentazione grafica.

2.6 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

- Norme Tecniche per le costruzioni
- UNI EN 13369
- UNI EN 15050
- UNI EN 15258

2.7 MISURAZIONE E CONTABILIZZAZIONE

Le travi di impalcato saranno computate a metro lineare e contabilizzate con gli articoli previsti dall'Elenco Prezzi ANAS.

I manufatti prefabbricati in conglomerato cementizio armato, normale o precompresso saranno contabilizzate secondo la relativa voce dell'Elenco Prezzi.

Quando, nell'esecuzione di impalcati, sono impiegate travi costruite fuori opera in c.a. o in c.a.p., di luce superiore a 2 m, il loro sollevamento, trasporto e collegamento in opera a qualsiasi altezza, sarà contabilizzato con i relativi articoli dell'Elenco Prezzi.

Se, in una stessa opera d'arte, sono impiegate travi di luci diverse, gli aumenti o le detrazioni per variazioni del numero delle travi, saranno applicate separatamente per gruppi di travi rientranti nella stessa classe di luci.

Per luci inferiori a 2 m, l'onere di sollevamento, trasporto e collocamento in opera è compreso negli articoli dell'Elenco prezzi relativi ai conglomerati cementizi.

L'armatura di sostegno di casseforme per getti in opera, a qualsiasi altezza, di solette su travi varate in c.a., c.a.p. o acciaio, anche per le parti a sbalzo, sarà computata in base alla superficie determinata misurando in larghezza, normalmente all'asse delle travi, la distanza tra i bordi delle travi o tra il bordo della trave ed il filo esterno dello sbalzo ed in lunghezza la distanza fra le teste della soletta misurata parallelamente all'asse delle travi. L'articolo di cui sopra comprende anche l'onere per la fornitura e messa in opera dell'armatura di sostegno delle casseforme per il getto dei traversi.

L'armatura di sostegno per le dalle impiegate come casseforme a perdere sarà contabilizzata con l'articolo dell'Elenco prezzi relativo alle armature di sostegno di casseforme per getto in opera di solette e traversi su travi varate.

3 OPERE IN C.A.P. A CAVI O BARRE POST TESI

Il presente Capitolato si applica a tutte le strutture in c.a.p. (sia prefabbricate e sia gettate in opera) post tese destinate alla realizzazione di ponti, viadotti, cavalcavia e sottovia. Per le strutture prefabbricate e post tese si applicano anche le disposizioni contenute nel capitolo dedicato agli elementi prefabbricati. Per i materiali di cui al Capitolato dedicato ai calcestruzzi e acciai per c.a. e c.a.p. si rimanda alle indicazioni ivi contenute. Per l'esecuzione ed i controlli delle parti gettate in opera si applicano le norme UNI EN 13670, con riferimento ad una Classe di esecuzione pari a 3 e una Classe di tolleranza pari a 1.

Il sistema di precompressione è l'insieme dei componenti (ancoraggi, deviatori, armature di frettaggio, guaine con relativi sistemi di unione e collegamento, pasta di iniezione delle guaine, sistemi di sfiato e di iniezione delle guaine, accoppiatori ed accessori speciali) e delle attrezzature (pompe, martinetti, spingitrefoli, ecc.) che consentono l'installazione, tesatura e protezione di cavi scorrevoli composti da trefoli, fili o barre di acciaio per la presollecitazione di elementi strutturali.

L'Appaltatore dovrà impiegare sistemi di precompressione conformi al par. 11.5.1 delle Norme Tecniche per le costruzioni (di seguito semplicemente chiamate NTC), **forniti da un unico produttore per l'intero appalto**. Nel caso di sistemi di precompressione a barre la fornitura del sistema di precompressione includerà anche le barre. L'installazione (posa in opera, messa in tensione e iniezione delle guaine) di tali sistemi dovrà essere effettuata da personale specializzato e dotato di una specifica esperienza e capacità per l'installazione di sistemi di post tensione. Detto personale dovrà avere i requisiti indicati nello ETA (European Technical Approval) del sistema di precompressione prescelto.

L'ANAS si riserva la facoltà di procedere alla verifica di quanto sopra riportato anche mediante ispezione di personale qualificato.

L'Appaltatore dovrà eseguire le opere nel rispetto delle indicazioni contenute nel progetto esecutivo, nelle NTC e nel presente capitolato.

3.1 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

I materiali impiegati nella costruzione di strutture post tese (boiacche o paste di iniezione delle guaine, acciai da precompressione, malte e calcestruzzo) dovranno essere conformi ai requisiti richiesti dalle NTC e dal progetto esecutivo.

Per le caratteristiche delle boiacche o paste e per le relative procedure di iniezione delle guaine e di prova si farà riferimento alla norma UNI EN 445, UNI EN 446, UNI EN 447.

Per le caratteristiche delle guaine e per le relative procedure di prova si farà riferimento alle norme UNI EN 523 e UNI EN 524.

Per il calcestruzzo, in aggiunta a quanto indicato nella relativa sezione del presente capitolato dedicata ai calcestruzzi, saranno anche effettuate prove preliminari finalizzate alla determinazione del mix design adatto a soddisfare i requisiti previsti dal progetto esecutivo in termini di:

- evoluzione temporale della resistenza;
- evoluzione temporale della deformabilità;
- evoluzione temporale della creep;
- evoluzione temporale della ritiro.

3.2 MODALITÀ DI ESECUZIONE

Le operazioni di montaggio/varo potranno iniziare soltanto dopo il benestare della D.L.

Nella progettazione e nell'impiego delle attrezzature di montaggio, l'Appaltatore è tenuto a rispettare le norme, le prescrizioni ed i vincoli che eventualmente venissero imposti da Enti, Uffici e persone responsabili riguardo la zona interessata ed in particolare:

- per l'ingombro degli alvei dei corsi d'acqua;
- per le sagome da lasciare libere nei sovrappassi o sottopassi di strade, autostrade, ferrovie, tramvie, ecc.;
- per le interferenze con servizi di soprasuolo e di sottosuolo

3.2.1 PROGETTO COSTRUTTIVO

L'Appaltatore sarà tenuto a presentare in tempo utile, prima dell'approvvigionamento dei materiali e dei prodotti, all'esame ed all'approvazione della D.L. il progetto costruttivo delle opere, ovvero:

- c) elaborati costruttivi;
- d) una relazione recante evidenza delle modifiche tecniche eventualmente apportate rispetto al progetto esecutivo.

In particolare gli elaborati costruttivi saranno composti da:

- specifiche di esecuzione;
- disegni costruttivi;
- relazione tecnica e di calcolo della struttura durante il montaggio/varo;
- piano di monitoraggio topografico (laddove richiesto dalla Direzione Lavori);
- relazioni di calcolo dei manufatti provvisori necessari alla movimentazione e al sostegno dei componenti costruttivi;

- relazione di calcolo delle opere, qualora modificate rispetto al progetto esecutivo.

L'esame e la verifica da parte della Direzione dei Lavori dei progetti e dei certificati ricevuti non esonerano in alcun modo l'Appaltatore dalle responsabilità derivanti per legge e per pattuizione di contratto.

3.2.1.1 Specifiche di esecuzione

Le specifiche di esecuzione saranno redatte nel rispetto di quanto previsto nel progetto esecutivo e delle istruzioni fornite dal fornitore del sistema di precompressione. Le specifiche di esecuzione conterranno le eventuali prove, i criteri di valutazione delle non conformità e gli interventi necessari alla loro risoluzione.

Le specifiche richieste sono:

- La specifica sui materiali e prodotti impiegati, finalizzata alla definizione delle caratteristiche individuate per il progetto in parola e alle procedure di imballo, trasporto, magazzino, manipolazione e protezione temporanea.
- La specifica per il getto e la maturazione dei cls, tenendo in conto una Classe di maturazione pari a 4 (ai sensi della citata norma UNI EN 13670).
- La specifica di identificazione e rintracciabilità dei materiali e dei componenti.
- La specifica di montaggio del sistema di precompressione (che comprende: guaine, manicotti per guaine, attacchi per l'iniezione, sfiati, collegamenti per gli sfiati, drenaggi, raccordi agli ancoraggi e cappucci degli ancoraggi, sistema di sostegno della guaina durante il getto, ecc.).
- La specifica di controllo delle guaine, da effettuare prima dell'installazione dei trefoli.
- La specifica di tesatura dei cavi e controllo degli allungamenti, con relativa scheda di tesatura, con le tolleranze ammesse e la risoluzione delle eventuali non conformità attese in sito.
- La specifica di pulizia ed iniezione delle guaine, con relativa scheda di iniezione e disegni di posizionamento dei punti di iniezione e di sfiato.
- La specifica di protezione dei trefoli dopo la messa in tensione e prima dell'iniezione delle guaine.
- La specifica di sigillatura e protezione delle testate di ancoraggio dalla corrosione.
- La specifica di trasferimento di carico dai vincoli provvisori ai vincoli definitivi.
- La specifica per la messa in sicurezza delle strutture in condizioni speciali (es. venti eccezionali o cadute accidentali di alcuni elementi costruttivi) occorrenti durante il montaggio/varo.

3.2.1.2 Disegni costruttivi

I disegni costruttivi (carpenterie, armature, posizione e tracciato delle armature di precompressione, ecc.) costituiscono l'adattamento del progetto esecutivo al sistema di precompressione prescelto, alle modalità di montaggio/varo da impiegare e alla geometria dei vari elementi costruttivi, così come modificata dalle eventuali "contro frecce" costruttive. I disegni costruttivi includono anche i disegni dei manufatti provvisori necessari alla movimentazione e al sostegno dei componenti costruttivi (derrick, carrivaro, ecc.) durante il montaggio/varo.

3.2.1.3 Relazione tecnica e di calcolo della struttura durante il montaggio

La relazione tecnica e di calcolo della struttura durante il montaggio conterrà la descrizione del funzionamento statico della struttura nelle diverse fasi, riportando, per ogni fase quanto segue:

- sequenza e tempistica di attuazione delle operazioni;
- posizionamento dei manufatti provvisori necessari alla movimentazione e al sostegno dei componenti costruttivi in relazione alle fasi di avanzamento della costruzione;
- sequenza delle tesature dei cavi di precompressione e calcoli degli allungamenti teorici;
- calcoli statici;
- resistenze dei cls attese per le diverse fasi della costruzione;
- attuazione delle eventuali distorsioni da indurre nella struttura;

3.2.1.4 Piano di monitoraggio topografico

Il piano di monitoraggio topografico è finalizzato al controllo topografico della struttura in corso di costruzione. Il piano di monitoraggio topografico sarà basato sulle deformazioni calcolate in sede di progettazione e dovrà riportare:

- la geometria attesa della deformata della struttura, con indicazione di un range di valori entro il quale i dati rilevati siano da ritenersi coerenti con le previsioni progettuali;
- le specifiche di controllo topografico della struttura e di controllo della temperatura nei punti significativi della struttura;
- le procedure correttive da adottare qualora i risultati ottenuti non fossero coerenti con le previsioni progettuali.

3.2.1.5 Relazione di calcolo delle opere modificate rispetto al progetto esecutivo

Tale relazione si rende necessaria qualora l'adattamento del progetto esecutivo al sistema di precompressione prescelto (es: attrito delle guaine, tracciato dei cavi, rientro dei cunei di bloccaggio, ecc.) e alle modalità di montaggio/varo da impiegare (es: sequenza e tempistica di costruzione, geometria degli elementi costruttivi, ecc.) e ai materiali (essenzialmente al cls) effettivamente previsti per la costruzione comporti una variazione dei parametri assunti alla base della progettazione

3.2.2 IDENTIFICAZIONE E RINTRACCIABILITÀ DEI MATERIALI

Per le strutture prefabbricate e post tese si applicano anche le disposizioni contenute nel capitolo dedicato agli elementi prefabbricati. Per i materiali di cui al Capitolato dedicato ai calcestruzzi e acciai per c.a. e c.a.p. si rimanda alle indicazioni ivi contenute. Per gli altri materiali si rimanda alla "Specifica di identificazione e rintracciabilità dei materiali e dei componenti" contenuta nel progetto costruttivo.

3.2.3 PRESCRIZIONI PARTICOLARI PER L'ESECUZIONE

3.2.3.1 Attrezzatura per la messa in tensione

Il sistema di misura dei martinetti dev'essere tarato. Il certificato di taratura (non anteriore di 6 mesi) deve comprendere una curva di taratura che stabilisca la correlazione fra i valori dati dal sistema di misura (manometro, trasduttore di forza o altro) ed il carico applicato dai martinetti. La tolleranza dei valori misurati dev'essere stabilita per tutta la gamma di taratura e non deve essere maggiore del 2% dei corrispondenti carichi applicati.

La taratura deve essere fornita da un laboratorio qualificato in conformità alle normative di legge vigenti (DPR 6 giugno 2001 n. 380 Art. 59).

Tutte le attrezzature devono subire la manutenzione ad intervalli regolari.

Solo in particolari esigenze costruttive, laddove non si possa utilizzare un martinetto multiplo, sarà ammesso, dietro preventiva approvazione della Direzione Lavori, l'utilizzo di martinetti di tipo monotrefolo.

3.2.3.2 Installazione dei cavi

Il tipo, la classe e le informazioni di rintracciabilità degli elementi di tensione dovranno essere registrati per ogni cavo.

I cavi di postensione dovranno essere messi in opera e legati all'armatura lenta e ai supporti in maniera tale che mantengano la loro posizione entro le tolleranze permesse (vedi 7.2.6 (1) e 10.6 EN 13670-1). I loro supporti dovranno essere progettati e posizionati in modo da evitare qualsiasi danno alle guaine e per limitare l'effetto di ondeggiamento seguendo le indicazioni fornite dal titolare dello ETA del sistema di precompressione; in assenza di tali indicazioni il posizionamento del cavo sarà assicurato ogni 50cm.

Durante la costruzione, i cavi dovranno essere adeguatamente sigillati contro la penetrazione di umidità.

3.2.3.3 Tesatura

La tesatura dovrà essere conforme ad un programma predisposto sulla base del progetto costruttivo. Il programma dovrà includere almeno:

- l'identificazione delle fasi di costruzione in cui si deve effettuare la tesatura del cavo;
- all'interno di ogni fase interessata, l'ordine in cui i cavi successivi devono essere tesati e, se necessario, i requisiti per le prove di attrito e le fasi di tesatura di ogni singolo cavo;
- per ogni cavo, la forza iniziale e l'allungamento corrispondente previsto;
- le tolleranze sulle forze iniziali e sugli allungamenti, in accordo alle norme vigenti o alle specifiche del progetto.

L'applicazione e/o il trasferimento della postensione ad una struttura dovrà essere fatto progressivamente ed è ammesso soltanto quando la resistenza del calcestruzzo è uguale o maggiore della resistenza minima a compressione specificata in relazione al sistema di postensione prescelto.

L'allungamento totale di ciascun cavo misurato in sito dovrà situarsi all'interno delle tolleranze indicate nello ETA del sistema di precompressione. In assenza di indicazioni è ammessa una tolleranza compresa tra $\pm 15\%$ dell'allungamento teorico calcolato. Scostamenti che eccedono i limiti indicati saranno tempestivamente sottoposti all'attenzione del Progettista. Nel caso di deviazione dalle prestazioni specificate durante la tesatura, non sono permessi il taglio delle estremità del cavo o l'iniezione. Non dovranno essere effettuate altre lavorazioni che possano ostacolare la ritesatura; queste saranno posticipate sino all'approvazione del rapporto con la revisione dei dati di tesatura.

Salvo diversamente indicato nelle specifiche di esecuzione, si raccomanda di non effettuare la tesatura con temperature ambiente inferiori a -10°C . La tesatura non dovrà comunque essere mai effettuata quando la temperatura della struttura è al disotto di $+5^{\circ}\text{C}$. Questa restrizione è legata alle difficoltà che si potrebbero incontrare in queste condizioni con il riempimento delle guaine, operazione che deve essere effettuata entro un breve tempo dalla tesatura.

Entro 7 giorni dalla tesatura i cavi dovranno essere iniettati, salvo diversamente indicato nelle specifiche di esecuzione.

3.3 PROVE E CONTROLLI

Tutte le ispezioni e le prove saranno eseguite a cura dell'Appaltatore concordandone le modalità con la Direzione Lavori. In questo senso, la Direzione Lavori stabilirà a propria discrezione il tipo e l'estensione dei controlli da eseguire.

La Direzione Lavori dovrà almeno effettuare i controlli previsti:

- nel Capitolato dedicato ai calcestruzzi e acciai per c.a. e c.a.p. per i materiali ivi trattati.
- nella sezione del presente Capitolato dedicata alle strutture prefabbricate.
- nel cap. 11.5.1 delle NTC per i sistemi di precompressione.
- nel progetto costruttivo.

- Nella norma UNI EN 13670 per gli elementi gettati in opera.

Le operazioni di tesatura e di iniezione non potranno effettuarsi in assenza della Direzione Lavori.

3.4 PROVE DI CARICO E COLLAUDO

Prima di sottoporre le strutture alle prove di carico verrà eseguita da parte della Direzione Lavori un'accurata visita preliminare di tutte le membrature per constatare che le strutture siano state eseguite in conformità ai relativi disegni di progetto, alle buone regole d'arte ed a tutte le prescrizioni di contratto.

La Direzione Lavori dovrà redigere apposito verbale da consegnare all'Appaltatore ed al collaudatore che riporti l'esito dell'ispezione.

Ove nulla osti, si procederà quindi alle prove di carico, se previste, ed al collaudo statico delle strutture, operazioni che verranno condotte secondo le prescrizioni di legge.

3.5 MANUTENZIONE

Laddove non previsti in progetto, si dovranno eseguire dei fori per lo scarico delle acque di eventuale infiltrazione.

Nella redazione del "Piano di manutenzione dell'opera e delle sue parti" si dovrà dare particolare attenzione ai seguenti aspetti, considerati peculiari per le strutture in parola.

- Ispezione delle asolature dotate di griglie o reti antipassero.
- Le modalità di sollevamento degli impalcati per la sostituzione degli appoggi. In tal senso si dovranno fornire le seguenti informazioni: ubicazione dei martinetti; portata dei martinetti; entità del sollevamento (attenzione si dovrà porre al valore massimo consentito nelle strutture iperstatiche senza superare gli Stati Limite di Esercizio previsti in progetto); eventuali limitazioni all'esercizio stradale; eventuali conseguenze sui giunti; azioni caratteristiche, sia orizzontali (vento, eventuale frenatura) e sia verticali, agenti sui vincoli provvisori o sui martinetti durante le operazioni in parola. Per travate continue andrà indicata la possibilità di effettuare il sollevamento su una o più pile contemporaneamente e fornita l'entità del sollevamento per ogni pila interessata.
- Il richiamo alle parti del progetto costruttivo qualora sia stata eventualmente prevista la possibilità di installare precompressione aggiuntiva esterna successivamente all'entrata in esercizio dell'opera.

Come previsto dalla normativa vigente il Manuale di manutenzione deve prevedere anche la collocazione nell'intervento delle parti menzionate e la loro rappresentazione grafica.

3.6 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

- Norme Tecniche per le costruzioni
- UNI EN 13670
- UNI EN 445
- UNI EN 446
- UNI EN 447
- UNI EN 523
- UNI EN 524
- ETAG 013 – Linee Guida di Benestare Tecnico Europeo per i componenti di sistemi di postensione

3.7 MISURAZIONE E CONTABILIZZAZIONE

Il peso dell'acciaio per strutture in conglomerato cementizio armato precompresso con il sistema a cavi scorrevoli sarà determinato moltiplicando lo sviluppo teorico di progetto dei cavi, compreso tra le facce esterne degli apparecchi di bloccaggio, per il numero dei fili componenti il cavo e per il peso unitario dei fili stessi, calcolato in funzione del diametro nominale e della massa volumica dell'acciaio di $7,85 \text{ kg/dm}^3$.

Il peso dell'acciaio in barre per calcestruzzi precompressi sarà determinato moltiplicando lo sviluppo teorico di progetto delle barre, compreso tra le facce esterne degli apparecchi di ancoraggio, per il peso unitario della barra, calcolato in funzione del diametro nominale e della massa volumica dell'acciaio di $7,85 \text{ kg/dm}^3$.

L'articolo di Elenco prezzi dell'acciaio per strutture in conglomerato cementizio armato precompresso comprende la fornitura dell'acciaio, tutti gli oneri necessari per dare l'acciaio in opera a perfetta regola d'arte ed inoltre:

a) per il sistema a cavi scorrevoli e per il sistema a barre:

la fornitura e posa in opera delle guaine, comprese le relative giunzioni; la fornitura e posa in opera dei ferri distanziatori dei cavi e dei sistemi di stabilizzazione delle guaine durante il getto; le legature delle guaine costituenti ciascun cavo ad intervalli di 50 cm; le iniezioni delle guaine dei cavi; le teste e le piastre di ancoraggio; la mano d'opera, i mezzi ed i materiali per la messa in tensione di cavi e per il bloccaggio dei dispositivi; gli accoppiatori;

b) per il sistema a fili aderenti:

la fornitura e posa in opera dei dispositivi di posizionamento dei fili all'interno della struttura, degli annessi metallici ed accessori di ogni tipo; la mano d'opera, i mezzi ed i materiali neces-

sari per la messa in tensione dei fili, per il bloccaggio degli stessi e per il taglio a stagionatura avvenuta della struttura, delle estremità dei fili non annegate nel conglomerato cementizio; la perfetta sigillatura delle sbrecciature nell'intorno dei fili tagliati sulla superficie delle testate della struttura;

4 APPOGGI E DISPOSITIVI ANTISISMICI

Il presente capitolato si applica agli appoggi strutturali (in seguito definiti semplicemente appoggi) di cui al cap. 11.6 dalle vigenti Norme Tecniche per le costruzioni (di seguito semplicemente chiamate NTC) e ai dispositivi antisismici (in seguito definiti semplicemente dispositivi) di cui al cap. 11.9 delle NTC.

Ai sensi della suddetta normativa gli appoggi strutturali e i dispositivi antisismici dovranno recare la marcatura CE.

Per le malte o le resine necessarie al collegamento dei suddetti elementi alle strutture dell'opera si rimanda al capitolato dedicato ai calcestruzzi e acciai per c.a. e c.a.p.

L'Appaltatore dovrà fornire ad ANAS il nominativo del fornitore degli appoggi e dei dispositivi, unitamente alla documentazione richiesta per essi NTC.

L'Appaltatore dovrà eseguire le opere nel rispetto delle indicazioni contenute nel progetto esecutivo, nelle NTC, nel presente capitolato, nella norma UNI EN 1337 per gli appoggi, nella norma UNI EN 15129 per i dispositivi e nelle norme da queste richiamate.

Per gli appoggi e per i dispositivi antisismici di opere sovrappassanti linee ferroviarie si farà riferimento anche alla specifica RFI "Specifiche per il progetto, la produzione, il controllo della produzione e la posa in opera dei dispositivi di vincolo e dei coprigiunti degli impalcati ferroviari e dei cavalcavia".

L'ANAS si riserva la facoltà di procedere alla verifica di quanto sopra riportato anche mediante ispezione di personale qualificato.

4.1 CARATTERISTICHE

4.1.1 TEMPERATURE DI ESERCIZIO

Gli appoggi e i dispositivi in parola dovranno essere progettati e costruiti per lavorare nel campo delle temperature comprese tra T_{min} e T_{max} .

Il valore T_{max} o T_{min} , definite rispettivamente come temperatura massima estiva e minima invernale dell'aria nel sito della costruzione, con riferimento ad un periodo di ritorno di 50 anni è riportato nell'Appendice A.

Il valore della temperatura di esercizio influenza particolarmente sul comportamento dei dispositivi antisismici contenenti fluidi viscosi.

Il valore di T_{min} e T_{max} dei dispositivi e degli appoggi forniti in cantiere sarà chiaramente indicato tra le caratteristiche prestazionali elencate nelle specifiche tecniche.

4.1.2 PROTEZIONI ANTI POLVERE E ANTI CORROSIVA

Per la protezione anticorrosiva si farà riferimento ad una classe di esposizione ambientale pari a C5-I o C5-M secondo la normativa EN ISO 12944-2. Per la durabilità della protezione si farà riferimento al livello “alto” (High) secondo la normativa EN ISO 12944-5.

Gli appoggi saranno dotati di completa protezione antipolvere realizzata con raschia polvere e soffietti neoprene che si estenderanno per tutta l'escursione dell'apparecchio. I fermi e i contrasti degli appoggi dovranno essere visibili o ubicati all'esterno della protezione.

Il valore della Vita Utile dei dispositivi e degli appoggi forniti in cantiere sarà chiaramente indicato tra le caratteristiche prestazionali elencate nelle specifiche tecniche.

4.1.3 PREREGOLAZIONE

La pre-regolazione è talvolta necessaria per far fronte ai movimenti differiti nel tempo degli impalcati in cls e ai movimenti giornalieri e stagionali dovuti alla variazione termica.

In sede di progetto si dovrà tenere in conto di entrambi i suddetti fenomeni e, laddove ritenuto necessario, contrastarli con idonea prerregolazione di apparecchi e dispositivi.

Laddove possibile la prerregolazione dovrà essere effettuata in officina; interventi di prerregolazione in cantiere potranno essere eseguiti soltanto dal personale del produttore degli appoggi e dei dispositivi.

Per la misura della temperatura della struttura si potrà fare riferimento a misure dirette o a correlazioni tra la temperatura dell'aria e quella della struttura stessa. A tal fine si farà riferimento ai seguenti documenti:

- Appendice C della UNI EN 1337-1;
- Appendice B della UNI EN 1337-10;
- Figura 6.1 dell'Eurocodice 1 parte 1.5 (EN 1991-1.5).

Gli apparecchi e i dispositivi saranno dotati, laddove non palesemente impossibile, di scala graduata e di indice di misura per lo scorrimento.

I valori e le modalità della prerregolazione saranno indicati nelle specifiche tecniche di posa in opera.

La prerregolazione dei dispositivi e degli appoggi sarà chiaramente indicata tra le caratteristiche prestazionali elencate nelle specifiche tecniche e nel “Rapporto di ispezione iniziale”.

4.1.4 COLLEGAMENTO ALLE STRUTTURE

Le piastre di base degli apparecchi d'appoggio non muniti di contropiastra inferiore dovranno essere arretrate di almeno 10cm dal bordo libero più vicino del baggiolo, se muniti di contropiastre, le stesse dovranno essere arretrate di almeno 5 cm dal bordo libero più vicino del baggiolo.

La contropiastra superiore collegata ad una travata in c.a. o c.a.p. dovrà essere posta ad una distanza di almeno 10cm dalla testata e dai lati della trave stessa.

4.1.4.1 Verifica delle zanche di collegamento ai baggioli in c.a.

Per limitare le pressioni di contatto sul calcestruzzo il diametro delle zanche deve essere determinato attraverso modellazioni agli elementi finiti considerando un vincolo superiore a cerniera. In assenza del suddetto calcolo rigoroso il diametro minimo "Dmin" delle zanche non deve, risultare inferiore a:

$$D_{min} = \text{radq}(3.5 \cdot V / 2.5 \cdot \text{radq}(R_{ck} \cdot f_{yk}))$$

dove:

- V = forza di taglio (SLU o SLC) agente sulla zanca;
- Rck= resistenza caratteristica cubica del calcestruzzo;
- f_{yk}= tensione caratteristica di snervamento dell'acciaio della zanca

,prevedendo una lunghezza della zanca almeno pari al valore massimo tra 25cm e 3*Dmin.

La forza orizzontale trasmessa dalla zanca al cls dovrà poi essere equilibrata da armatura metallica idoneamente disposta intorno ad essa.

4.1.5 SOSTITUZIONE

Tutti gli appoggi e i dispositivi dovranno essere sostituibili secondo i seguenti criteri:

- senza effettuare alcuna traslazione orizzontale dell'impalcato;
- con sollevamento massimo non eccedente 20mm.

Le modalità di sostituzione ed in particolare l'entità del sollevamento massimo necessario saranno chiaramente indicate nelle specifiche tecniche dei dispositivi e degli appoggi forniti in cantiere.

4.2 MODALITÀ DI INSTALLAZIONE

Per l'installazione degli appoggi l'Appaltatore si atterrà alla UNI EN 1337-11. Tale norma sarà di riferimento anche per i dispositivi.

L'installazione avverrà come indicato nel "Manuale contenente le specifiche tecniche per la posa in opera".

Le operazioni di montaggio potranno iniziare soltanto dopo il benestare della D.L.

Dopo la posa in opera, l'Appaltatore redigerà il "Rapporto di ispezione iniziale" ai sensi dei par. 5 e 7 della UNI EN 1337-11. Tale documento farà parte del "Piano di manutenzione dell'opera".

4.2.1 PROGETTO COSTRUTTIVO

L'Appaltatore sarà tenuto a presentare in tempo utile, prima dell'approvvigionamento dei materiali e degli appoggi, all'esame ed all'approvazione della D.L. il progetto d'officina di appoggi e dispositivi, ovvero:

- a) elaborati costruttivi;
- b) una relazione recante evidenza delle modifiche tecniche eventualmente apportate rispetto al progetto esecutivo.

In particolare gli elaborati costruttivi saranno composti da:

- i disegni di officina;
- i disegni di installazione (per i quali si farà sempre riferimento al par. 4 della Uni EN 1337-11);
- le specifiche tecniche;
- il manuale contenente le specifiche tecniche per la posa in opera;
- la relazione di calcolo.

Nei suddetti documenti dovranno essere evidenziati:

- il calcolo delle escursioni e delle rotazioni previste per gli apparecchi nelle singole fasi di funzionamento; dovranno essere esposti separatamente i contributi dovuti alle variazioni termiche e alle deformazioni viscosi ed al ritiro del calcestruzzo;
- l'indicazione della tolleranza ammessa per l'orizzontalità ed il parallelismo dei piani di posa degli apparecchi;
- le modalità di collegamento alle strutture;
- le modalità e i materiali per la rettifica e correzione di eventuali non conformità riscontrabili in sito rispetto alle geometrie attese per il collegamento.

L'esame e la verifica da parte della Direzione dei Lavori, dei progetti e dei certificati ricevuti non esonerano in alcun modo l'Appaltatore dalle responsabilità derivanti per legge e per pattuizione di contratto.

4.3 PROVE E CONTROLLI

Laddove possibile le prove ed i controlli saranno effettuati prima del montaggio finale in opera.

Tutte le ispezioni e le prove saranno eseguite a cura dell'Appaltatore concordandone le modalità con la Direzione Lavori. In questo senso, la Direzione Lavori stabilirà a propria discrezione il tipo e l'estensione dei controlli da eseguire.

4.3.1 CONTROLLI DOCUMENTALI

Controlli previsti nei par. 11.1 (marcatura CE) 11.6 e 11.9 delle NTC e a quanto indicato nel presente capitolato.

Il Direttore Lavori dovrà verificare, in fase di accettazione, la presenza del manuale contenente le specifiche tecniche di posa in opera, nonché, in fase di esecuzione, curare che l'installazione avvenga in coerenza con dette specifiche.

4.3.2 PROVE DI ACCETTAZIONE

Controlli previsti nei par. 11.6 e 11.9 delle NTC delle NTC e a quanto altro indicato nel presente capitolato.

Per gli appoggi le prove di cui par. 11.6 delle NTC saranno eseguite secondo le stesse modalità delle prove di qualificazione.

Per i dispositivi le prove di cui par. 11.9 delle NTC saranno eseguite secondo quanto più restrittivo tra le NTC e la UNI EN 15129.

4.3.3 CONTROLLI SULLA ESECUZIONE

La Direzione Lavori verificherà che l'esecuzione dell'opera avvenga secondo le indicazioni e le previsioni del progetto d'officina, integrato dalle prescrizioni contenute nel presente capitolato e nella norma UNI EN 1337-11.

4.4 PROVE DI CARICO E COLLAUDO

Prima di sottoporre le strutture in acciaio alle prove di carico verrà eseguita da parte della Direzione Lavori un'accurata visita preliminare di tutte le membrature per constatare che le strutture siano state eseguite in conformità ai relativi disegni di progetto, alle buone regole d'arte ed a tutte le prescrizioni di contratto.

La Direzione Lavori dovrà redigere apposito verbale da consegnare all'Appaltatore ed al collaudatore che riporti l'esito dell'ispezione.

Ove nulla osti, si procederà quindi alle prove di carico, se previste, ed al collaudo statico delle strutture, operazioni che verranno condotte secondo le prescrizioni di legge.

4.5 MANUTENZIONE

Per la redazione del "Piano di manutenzione dell'opera e delle sue parti" si farà riferimento, sia per gli appoggi e sia per i dispositivi, alla UNI EN 1337-10. Tale documento sarà di riferimento sia per le modalità di ispezione e sia per la documentazione (schede tipologiche) ivi suggerita.

Il "Piano di manutenzione dell'opera e delle sue parti" conterrà anche:

- Il Rapporto di ispezione iniziale;
- I percorsi e le modalità di accesso alle parti oggetto di ispezione.
- La frequenza delle ispezioni periodiche e principali;
- Le schede per l'ispezione, adattate agli apparecchi e dispositivi del progetto;
- La Vita Utile;
- L'evoluzione temporale attesa della cinematica dei vincoli in conseguenza delle variazioni volumetriche differite del cls.
- Le specifiche per la sostituzione;

Come previsto dalla normativa vigente il Manuale di manutenzione deve prevedere anche la collocazione nell'intervento delle parti menzionate e la loro rappresentazione grafica.

4.6 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

- Norme Tecniche per le costruzioni
- UNI EN 1337
- UNI EN 15129

4.7 MISURAZIONE E CONTABILIZZAZIONE

Saranno contabilizzati con i relativi articoli di Elenco prezzi, che comprendono oltre alle forniture e lavorazioni ivi richiamate, tutti gli oneri e le prescrizioni delle presenti Norme.

L'unità di misura delle lavorazioni sarà riferita al numero di elementi posti in opera o in alternativa al volume degli elementi stessi misurato in dm³

5 GIUNTI DI ESPANSIONE

Il presente capitolato si applica ai coprigiunti di espansione/contrazione (in seguito definiti semplicemente appoggi).

Per le malte o le resine necessarie al collegamento dei suddetti elementi alle strutture dell'opera si rimanda al capitolato dedicato ai calcestruzzi e acciai per c.a. e c.a.p.

L'Appaltatore dovrà fornire ad ANAS il nominativo del fornitore dei giunti.

L'Appaltatore dovrà eseguire le opere nel rispetto delle indicazioni contenute nel progetto esecutivo, nelle NTC e nel presente capitolato. La norma ETAG costituisce altresì un utile riferimento.

Per i giunti di opere sovrappassanti linee ferroviarie si farà riferimento anche alla specifica RFI "Specifica per il progetto, la produzione, il controllo della produzione e la posa in opera dei dispositivi di vincolo e dei coprigiunti degli impalcati ferroviari e dei cavalcavia".

L'ANAS si riserva la facoltà di procedere alla verifica di quanto sopra riportato anche mediante ispezione di personale qualificato.

5.1 CARATTERISTICHE

5.1.1 TEMPERATURE DI ESERCIZIO

I dispositivi in parola dovranno essere progettati e costruiti per lavorare nel campo delle temperature comprese tra T_{min} e T_{max} .

Il valore T_{max} o T_{min} , definite rispettivamente come temperatura massima estiva e minima invernale dell'aria nel sito della costruzione, con riferimento ad un periodo di ritorno di 50 anni è riportato nell'Appendice A.

Il valore di T_{min} e T_{max} dei dispositivi e degli appoggi forniti in cantiere sarà chiaramente indicato tra le caratteristiche prestazionali elencate nelle specifiche tecniche.

5.1.2 VITA UTILE

Il valore della Vita Utile, di cui al par. 2.3.4 della ETAG 032-1 dei dispositivi forniti in cantiere sarà chiaramente indicato tra le caratteristiche prestazionali elencate nelle specifiche tecniche.

Non sono ammessi valori di Vita Utile inferiori a 15 anni.

5.1.3 PREREGOLAZIONE

La pre-regolazione è talvolta necessaria per far fronte ai movimenti differiti nel tempo degli impalcati in cls e ai movimenti giornalieri e stagionali dovuti alla variazione termica.

In sede di progetto si dovrà tenere in conto di entrambi i suddetti fenomeni e, laddove ritenuto necessario, contrastarli con idonea preregolazione di apparecchi e dispositivi.

Laddove possibile la preregolazione dovrà essere effettuata in officina; interventi di preregolazione in cantiere potranno essere eseguiti soltanto dal personale del produttore dei giunti.

Per la misura della temperatura della struttura si potrà fare riferimento a misure dirette o a correlazioni tra la temperatura dell'aria e quella della struttura stessa. A tal fine si farà riferimento ai seguenti documenti:

- Appendice C della UNI EN 1337-1;
- Appendice B della UNI EN 1337-10;
- Figura 6.1 dell'Eurocodice 1 parte 1.5 (EN 1991-1.5).

I valori e le modalità della preregolazione saranno indicati nelle specifiche tecniche di posa in opera.

La preregolazione sarà chiaramente indicata tra le caratteristiche prestazionali elencate nelle specifiche tecniche e nel "Rapporto di ispezione iniziale".

5.1.4 SOLLEVAMENTO DIFFERENZIALE DELLE TESTATE DEL VARCO

I giunti devono essere progettati per permettere, senza alcun danno e per qualsiasi ampiezza di funzionamento del varco ed in soggiacenza dell'esercizio stradale, un sollevamento differenziale dovuto agli interventi di manutenzione sugli appoggi non inferiore a 3cm.

L'entità del sollevamento differenziale massimo necessario sarà chiaramente indicata nelle specifiche tecniche dei giunti forniti in cantiere.

5.1.5 AGGRESSIVITÀ AMBIENTALE

I giunti, le malte e i collegamenti metallici devono essere progettati per essere sempre ubicati su strade con frequente uso di sali disgelanti.

Tale caratteristica sarà chiaramente indicata nelle specifiche tecniche dei giunti forniti in cantiere.

5.1.6 DIMENSIONE DEI VARCHI

Il varco, cioè la distanza da lasciare tra le testate delle solette dell'impalcato a temperatura media ambiente, dovrà essere pari a quanto definito nelle schede tecniche del giunto fornite dal produttore.

5.1.7 SCOSSALINA

Mediante l'impiego di un'opportuna scossalina, il giunto dovrà drenare l'acqua dalla testata degli impalcati evitando possibili danneggiamenti alle travi, agli apparecchi di appoggio nonché ai pulvini. La scossalina dovrà essere disposta su tutta la larghezza dell'impalcato. Laddove le acque raccolte dalla scossalina creino uno stillicidio sulle sottostanti strutture, queste verranno raccolte e allontanate mediante un apposito sistema di collettamento.

5.1.8 GIUNTI SUI CORDOLI E SUI MARCIAPIEDI DI SERVIZIO

Sui cordoli e sui marciapiedi di servizio si dovranno prevedere dei copri varchi metallici solidali ad un impalcato e scorrevoli sull'altro. Tali elementi, in lamiera striata, saranno installati prima della posa del binder. La protezione contro la corrosione sarà garantita da zincatura a caldo per una classe di esposizione ambientale pari a C5-I o C5-M secondo la normativa EN ISO 12944-2. Per la durabilità della protezione si farà riferimento al livello "alto" (High) secondo la normativa EN ISO 12944-5.

5.2 MODALITÀ DI INSTALLAZIONE

L'installazione avverrà come indicato nelle specifiche tecniche per la posa in opera, fornite dal produttore del giunto.

Nella fase di posa in opera dei dispositivi si dovrà, in particolare, verificare la complanarità dei piani di appoggio dei coprigiunti stessi. Qualora tali piani non fossero complanari gli stessi dovranno essere ripristinati soltanto con malte antiritiro premiscelate.

5.2.1 PROGETTO COSTRUTTIVO

L'Appaltatore sarà tenuto a presentare in tempo utile, prima dell'approvvigionamento dei materiali e dei giunti, all'esame ed all'approvazione della D.L. il progetto d'officina, ovvero:

- a) elaborati costruttivi;
- b) una relazione recante evidenza delle modifiche tecniche eventualmente apportate rispetto al progetto esecutivo.

In particolare gli elaborati costruttivi saranno composti da:

- i disegni di officina;
- le specifiche tecniche;

L'esame e la verifica da parte della Direzione dei Lavori, dei progetti e dei certificati ricevuti non esonerano in alcun modo l'Appaltatore dalle responsabilità derivanti per legge e per pattuizione di contratto.

5.3 PROVE E CONTROLLI

Tutte le ispezioni e le prove saranno eseguite a cura dell'Appaltatore concordandone le modalità con la Direzione Lavori. In questo senso, la Direzione Lavori stabilirà a propria discrezione il tipo e l'estensione dei controlli da eseguire.

5.3.1 CONTROLLI DOCUMENTALI

Controlli previsti nel presente capitolato.

Il Direttore Lavori dovrà verificare, in fase di accettazione, la presenza di specifiche tecniche di posa in opera, nonché, in fase di esecuzione, curare che l'installazione avvenga in coerenza con dette specifiche.

5.3.2 PROVE DOPO L'INSTALLAZIONE

Per verificare la funzionalità del giunto dopo l'installazione potranno essere effettuate delle prove di tenuta all'acqua.

Per quanto riguarda le modalità di esecuzione della prova, su ogni giunto dovranno essere irrorati 1000 litri di acqua nel tempo di 15 - 20 minuti avendo cura che questa venga distribuita uniformemente sull'intera lunghezza del coprigiunto.

La prova verrà considerata superata se al termine dell'irrorazione tutta l'acqua sarà defluita attraverso la scossalina e se nessuna perdita sarà stata rilevata sulle testate dell'impalcato.

Ogni prova, sia positiva che negativa, dovrà essere verbalizzata in contraddittorio indicando, per le eventuali prove negative, sia i difetti riscontrati che i loro punti di ubicazione.

5.4 MANUTENZIONE

Nella redazione del "Piano di manutenzione dell'opera e delle sue parti" si dovrà dare particolare attenzione ai seguenti aspetti, considerati peculiari per le strutture in parola.

- La Vita Utile;
- L'evoluzione temporale attesa della cinematica del giunto in conseguenza delle variazioni volumetriche differite del cls.

- Le specifiche per la sostituzione;
- L'entità del sollevamento differenziale ammissibile delle testate del varco per la sostituzione degli appoggi e la circostanza che tale sollevamento differenziale possa avvenire senza alcun danno e per qualsiasi ampiezza di funzionamento del varco ed in soggiacenza dell'esercizio stradale.

Come previsto dalla normativa vigente il Manuale di manutenzione deve prevedere anche la collocazione nell'intervento delle parti menzionate e la loro rappresentazione grafica.

5.5 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

- Norme Tecniche per le costruzioni
- ETAG 032

5.6 MISURAZIONE E CONTABILIZZAZIONE

Saranno contabilizzati con i relativi articoli di Elenco prezzi, che comprendono oltre alle forniture e lavorazioni ivi richiamate, tutti gli oneri e le prescrizioni delle presenti Norme.

L'unità di misura delle lavorazioni sarà riferita al ml di elementi posti in opera.

6 IMPERMEABILIZZAZIONI DELLA SOLETTA

6.1 CAPPA DI ASFALTO SINTETICO

Le superfici di conglomerato cementizio da impermeabilizzare dovranno essere stagionate e presentarsi sane e asciutte, esenti da oli, grassi e polvere, prive di residui di boiacca (o di malta cementizia); prima dell'applicazione del mastice, si dovrà procedere pertanto ad una accurata pulizia dell'impalcato, mediante spazzolatura e successiva energica soffiatura con aria compressa.

L'impermeabilizzazione degli impalcati delle opere d'arte sarà realizzata mediante applicazione per colata di cappa di mastice di asfalto sintetico di spessore finito non inferiore a 10 mm.

6.1.1 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

6.1.1.1 Legante

Dovrà essere costituito da una miscela di bitume 40/50 Trinidad Epureè in rapporto di 5 a 1 in peso. In alternativa potranno essere usati, previa approvazione della Direzione Lavori, altri bitumi naturali (quali il Selenitza) o gomme termoplastiche, del tipo approvato dalla Direzione Lavori. I dosaggi di questi materiali saranno definiti da uno studio preliminare da presentare alla Direzione Lavori per la necessaria approvazione.

Il legante sarà dosato in ragione del 15% - 19% in peso sulla miscela degli inerti (corrispondenti al 13% - 16% in peso sulla miscela finale), compreso il bitume contenuto nel filler asphaltico.

Il bitume 40/50 dovrà avere un indice di penetrazione (IP) compreso tra $-0,5 < IP < +0,5$ calcolato secondo la formula:

$$IP = \frac{20u - 500v}{u + 50v}$$

in cui:

- $v = \log 800 - \log \text{penetrazione a } 25 \text{ C}$
- $u = \text{temperatura di P. e A. in C detratti } 25 \text{ c}$

6.1.1.2 Filler

Dovrà essere passante totalmente al setaccio 0,18 UNI e per il 90% al setaccio UNI 0,075.

Il suo potere stabilizzante dovrà essere tale che la miscela di bitume 40/50 e filler, nel rapporto in peso di 1 a 2, dovrà avere un punto di rammollimento P. e A. di almeno 15 C superiore a quello del bitume puro.

6.1.1.3 Sabbia

Dovrà essere totalmente passante al setaccio 2,5 mm UNI, pulita ed esente da materiali estranei, naturale e/o di frantumazione, di granulometria ben graduata da 0, 075 a 2, 5 mm (sarà tollerato al massimo un 5% in peso passante al setaccio 0, 075 mm UNI) , contenuta per il 65-70% in peso sulla miscela degli inerti.

6.1.1.4 Miscela finale

La parte lapidea della miscela (sabbia + filler) dovrà avere una percentuale di vuoti (V) compresa tra 18 e 23%.

Il legante totale dovrà saturare tutti gli spazi vuoti, garantendo inoltre un'eccedenza compresa tra il 7% ed il 10% ($V_b - V = 7 - 10$ in cui V_b è la percentuale in volume del legante sulla miscela finale).

Il mastice completo, confezionato nel rispetto delle indicazioni sopra esposte, dovrà avere nelle prove di laboratorio un punto di rammollimento alla prova WILHELM (Norma DIN 1966) compreso tra 100 e 115 C.

Alla stessa prova il mastice prelevato al confezionamento o alla stesa dovrà presentare valori tra 100 e 130 C.

L'Impresa dovrà presentare alla Direzione Lavori, prima dell'inizio dei lavori, per la necessaria approvazione, la composizione prevista per il mastice e la curva granulometrica delle sabbie nonché campioni del rapporto finito e dei materiali componenti compresi i primer di attacco, in modo che su di essi possano essere effettuate preventivamente tutte le prove eventualmente richieste dalla Direzione lavori.

Nelle lavorazioni si dovranno riscontrare gli stessi materiali e le stesse composizioni di cui ai campioni di prova, con le sole variazioni prevedibili con l'uso di un adeguato processo di produzione su scala reale e comunque rientranti in tutti i limiti espressi in precedenza.

6.1.2 MODALITÀ DI APPLICAZIONE

La confezione del mastice di asfalto colato verrà eseguita con idonei impianti di mescolamento fissi o mobili, approvati dalla Direzione Lavori, di potenzialità adeguata all'entità del lavoro da eseguire.

Tassativamente, si prescrive che il dosaggio del legante, del filler e delle sabbie deve essere fatto a peso.

La scelta delle procedure di messa in opera sarà sottoposta alla preventiva autorizzazione della Direzione Lavori; in ogni caso, occorre che le apparecchiature di riscaldamento siano tali da evitare il contatto diretto di fiamme o gas caldi con i bitumi ed il filler, per non dar luogo ad eccessivi indurimenti o bruciature dei medesimi.

La miscela posta in opera dovrà essere costituita da uno strato continuo e uniforme su tutta la superficie, con spessore minimo di 10 mm e max di 14 mm, da verificare mediante prelievo di campioni.

Il manto finale dovrà avere una resistenza meccanica tale che, se sottoposta al transito temporaneo degli automezzi gommati di cantiere, non si verifichino schiacciamenti, fessurazioni o abrasioni sul manto.

Dopo la pulizia dell'estradosso di soletta seguirà la stesa di un idoneo primer costituito da idonee miscele bituminose spruzzate a caldo. Tali miscele dovranno avere elevato potere adesivo rispetto ai normali bitumi ed un ritardo dell'evaporazione del solvente, ciò al fine di avere una buona facilità di stesa del primer ed una sua elevata penetrazione nella soletta.

Le quantità da stendere saranno di norma di 0,5-0,7 Kg/m².

Sul primer verrà posto in opera, dopo evaporizzazione dell'acqua o del solvente, il mastice di asfalto, mediante colamento del materiale a temperatura di 200 C (± 10 C); la sua distribuzione ed il livellamento saranno eseguiti con frattazzi di legno.

Per stese di una certa estensione l'applicazione può essere eseguita a macchina con finitrici particolarmente studiate ed attrezzate, sottoposte a preventiva approvazione della Direzione Lavori.

La posa in opera del mastice non verrà effettuata quando, a giudizio insindacabile della Direzione Lavori, le condizioni meteorologiche siano tali da non garantire la perfetta riuscita del lavoro e comunque quando la temperatura esterna sia inferiore a 8 C.

Il mastice di asfalto deve essere steso, per quanto possibile, in uno strato regolare di spessore costante, in modo che tutte le irregolarità della soletta che si riproducono sulla cappa impermeabilizzante, siano portate a livello.

Sulla parete interna dei cordoli (per tutta l'altezza) dovrà essere estesa a caldo, previa mano di primer di ancoraggio, una porzione di ridotto spessore del mastice.

I bocchettoni in corrispondenza dei fori di scarico per i pluviali dovranno essere fissati a livello della soletta in calcestruzzo con stucchi epossidici ed il mastice di asfalto dovrà giungere fino al bordo del foro, coprendo così i risvolti del bocchettone stesso.

Qualora le condizioni dell'impalcato da impermeabilizzare siano tali da determinare irregolarità o soffiature del manto (umidità eccessiva dei calcestruzzi di soletta), dovranno essere adottati tutti quei provvedimenti che la Direzione Lavori prescriverà di volta in volta in relazione allo stato dell'impalcato stesso.

Si dovrà avere cura che la temperatura dello strato bituminoso, a contatto del manto impermeabile, all'atto della stesa, non sia inferiore a 140 C.

6.1.3 PROVE E CONTROLLI

Tutte le ispezioni e le prove saranno eseguite a cura dell'Appaltatore concordandone le modalità con la Direzione Lavori. In questo senso, la Direzione Lavori stabilirà a propria discrezione il tipo e l'estensione dei controlli da eseguire.

6.1.3.1 Controlli documentali

Controlli previsti nel presente capitolato.

Il Direttore Lavori dovrà verificare, in fase di accettazione, la presenza di specifiche tecniche approvate di posa in opera. Dovrà altresì verificare le certificazioni per i materiali impiegati.

6.1.3.2 Prove in sito

Il Direttore Lavori dovrà, in fase di esecuzione, verificare che l'installazione avvenga in coerenza con le specifiche tecniche approvate di posa in opera.

Prove di verifica degli spessori mediante carotaggi, di verifica della composizione delle miscele e della qualità dei materiali potranno essere richieste.

6.2 MANTO DI IMPERMEABILIZZAZIONE CONTINUO REALIZZATO IN OPERA CON BITUME MODIFICATO CON ELASTOMERI ED ARMATO CON TESSUTO NON TESSUTO

Le superfici di conglomerato cementizio da impermeabilizzare dovranno essere stagionate e presentarsi sane e asciutte, esenti da oli, grassi e polvere, prive di residui di boiacca (o di malta cementizia); prima dell'applicazione del mastice, si dovrà procedere pertanto ad una accurata pulizia dell'impalcato, mediante spazzolatura e successiva energica soffiatura con aria compressa. Le superfici da impermeabilizzare dovranno essere lisce, coerenti, esenti da asperità o avvallamenti. Dovranno essere garantiti valori di planarità a $2\text{ m} \leq 10\text{ mm}$, a $0,2\text{ m} \leq 3\text{ mm}$ e di rugosità e dislivello $\leq 3\text{ mm}$.

6.2.1 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

6.2.1.1 Primer

Sarà del tipo indicato come "Bitumi modificati per mani d'attacco - soft" nel Capitolato dedicato alle Pavimentazioni stradali/autostradali

6.2.1.2 Legante

Sarà del tipo indicato come "Bitumi modificati con aggiunta di polimeri" nel Capitolato dedicato alle Pavimentazioni stradali/autostradali

6.2.1.3 Armatura

Sarà costituita da tessuto non tessuto in poliestere o polipropilene coesionato mediante agugliatura meccanica, calandrato e stabilizzato ai raggi UV. Le caratteristiche del tessuto dovranno essere:

- peso del tessuto non tessuto: 150-200 gr/m²;
- resistenza alla rottura per trazione e allungamento a rottura, a 20°C non inferiore a: 400N (ASTM-D1682);
- allungamento a rottura : 5,5% (ASTM-D 1682),
- perfetta adesione ed impregnabilità con le masse bituminose

6.2.2 MODALITÀ DI APPLICAZIONE

Si provvederà, al fine di garantire una perfetta adesione tra manto impermeabile e supporto in cls, alla stesa del primer applicato mediante spruzzo "airless".

Sulla superficie così pretrattata verrà steso il primo strato di legante per uno spessore non inferiore a 2mm.

L'armatura sarà immediatamente disposta sopra il legante curando la perfetta adesione con il legante in ogni punto ponendo particolare attenzione alla adesione nelle zone di sormonto.

Verrà quindi il secondo strato di legante per uno spessore non inferiore a 2mm.

La posa in opera del primer o del legante non verrà effettuata quando, a giudizio insindacabile della Direzione Lavori, le condizioni meteorologiche siano tali da non garantire la perfetta riuscita del lavoro e comunque quando la temperatura esterna sia inferiore a 8 C.

Il legante deve essere steso, per quanto possibile, in uno strato regolare di spessore costante, in modo che tutte le irregolarità della soletta che si riproducono sulla cappa impermeabilizzante, siano portate a livello.

Sulla parete interna dei cordoli (per tutta l'altezza) dovrà essere esteso, previa mano di primer di ancoraggio, il primo strato di legante.

I bocchettoni in corrispondenza dei fori di scarico per i pluviali dovranno essere fissati a livello della soletta in calcestruzzo con stucchi epossidici ed il legante dovrà giungere fino al bordo del foro, coprendo così i risvolti del bocchettone stesso.

Qualora le condizioni dell'impalcato da impermeabilizzare siano tali da determinare irregolarità o soffiature del manto (umidità eccessiva dei calcestruzzi di soletta), dovranno essere adottati tutti quei provvedimenti che la Direzione Lavori prescriverà di volta in volta in relazione allo stato dell'impalcato stesso.

L'impermeabilizzazione dovrà avere una resistenza meccanica tale che, se sottoposta al transito temporaneo degli automezzi gommati di cantiere, non si verifichino schiacciamenti, fessurazioni o abrasioni sul manto.

Si dovrà avere cura che la temperatura dello strato bituminoso, a contatto del manto impermeabile, all'atto della stesa, non sia inferiore a 140 C.

6.2.3 PROVE E CONTROLLI

Tutte le ispezioni e le prove saranno eseguite a cura dell'Appaltatore concordandone le modalità con la Direzione Lavori. In questo senso, la Direzione Lavori stabilirà a propria discrezione il tipo e l'estensione dei controlli da eseguire.

6.2.3.1 Controlli documentali

Controlli previsti nel presente capitolato.

Il Direttore Lavori dovrà verificare, in fase di accettazione, la presenza di specifiche tecniche approvate di posa in opera. Dovrà altresì verificare le certificazioni per i materiali impiegati.

6.2.3.2 Prove in sito

Il Direttore Lavori dovrà, in fase di esecuzione, verificare che l'installazione avvenga in coerenza con le specifiche tecniche approvate di posa in opera.

Prove di verifica degli spessori mediante carotaggi, di verifica della composizione delle miscele e della qualità dei materiali potranno essere altresì richieste.

Potranno essere eseguite prove le prove di adesione descritte nella sezione dedicata alle guaine bituminose preformate ed armate.

6.3 MANTO DI IMPERMEABILIZZAZIONE REALIZZATO CON GUAINA BITUMINOSA PREFORMATA ED ARMATA

Le superfici di conglomerato cementizio da impermeabilizzare dovranno essere stagionate e presentarsi sane e asciutte, esenti da oli, grassi e polvere, prive di residui di boiacca (o di malta cementizia); prima dell'applicazione del mastice, si dovrà procedere pertanto ad una accurata pulizia dell'impalcato, mediante spazzolatura e successiva energica soffiatura con aria compressa. Le superfici da impermeabilizzare dovranno essere lisce, coerenti, esenti da asperità o avvallamenti. Dovranno essere garantiti valori di planarità a $2\text{ m} \leq 10\text{ mm}$, a $0,2\text{ m} \leq 3\text{ mm}$ e di rugosità e dislivello $\leq 3\text{ mm}$.

La superficie da impermeabilizzare avrà minimo 2 settimane di stagionatura e si presenterà asciutto al tatto. In ogni caso, prima di procedere alla posa del manto impermeabile, l'Appaltatore sarà tenuto a verificare l'effettiva asciugatura del supporto mediante il seguente metodo:

- Posare a secco un pezzo di membrana bituminosa (dim. min. 50x50 cm) sul supporto per un'intera notte (in assenza di precipitazioni).
- Il mattino successivo verificare che la faccia inferiore della membrana bituminosa sia asciutta; in tal caso si potrà procedere con le opere di impermeabilizzazione. La presenza di umidità sulla faccia inferiore della membrana, a fronte di tale verifica, è sintomatica di una non totale asciugatura del supporto e comporta un'ulteriore attesa in vista di una nuova verifica.

6.3.1 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

6.3.1.1 Primer bituminoso

Vernice di impregnazione bituminosa a freddo, costituita da bitume di petrolio in solventi idrocarburi.

Questa vernice di impregnazione è concepita per migliorare l'aderenza delle membrane e dei prodotti di impermeabilizzazione a base di bitume su supporti porosi o assorbenti.

SCHEDA TECNICA CON CARATTERISTICHE MINIME DA GARANTIRE:

| | |
|--|-----------|
| Massa volumica | 0,90 kg/l |
| Residuo secco | 55 % |
| Punto di infiammabilità Pensky Martens | 35 °C |

6.3.1.2 Membrana impermeabile bituminosa per strutture carrabili, con doppia armatura in velo di vetro e TNT di poliestere

Membrana impermeabile, spessore 5 mm, ottenuta da impregnazione di un non-tessuto di poliestere e di un velo di vetro, per mezzo di una miscela di bitume specifico, di poliolefine atattiche termoplastiche nobili (TPO) e di un sistema di ignifugazione senza alogeni.

All'interno della membrana, le armature sono decentrate verso la metà superiore rispetto al piano mediano. Il velo di vetro è diviso dal non-tessuto di poliestere e la sua presenza è visibile sulla faccia superiore della membrana.

Il sistema di gestione della produzione e del controllo della membrana sarà certificato ISO 9001.

SCHEDA TECNICA CON CARATTERISTICHE MINIME DA GARANTIRE:

| | |
|--|---------|
| Spessore EN 1849-1 | 5 mm |
| Stabilità di forma a caldo EN 1110 | ≥ 140°C |
| Flessibilità alla produzione EN 1109 | -20 °C |

| | |
|---|-------------|
| Resistenza a trazione longitudinale EN 12311-1 | 1200 N/5 cm |
| Resistenza a trazione trasversale EN 12311-1 | 1200 N/5 cm |
| Allungamento a rottura longitudinale EN 12311-1 | 50 % |
| Allungamento a rottura trasversale EN 12311-1 | 50 % |
| Stabilità dimensionale EN 1107-1 | ≤ 0,20 % |
| Resistenza alla lacerazione EN 12310-1 | 250 N |
| Resistenza all'urto EN 12691 (B) | ≥ 2000 mm |
| Resistenza al punzonamento statico EN 12730 (A) | ≥ 25 Kg |
| Reazione al fuoco EN 13501-1 | Classe E |

6.3.1.3 Resina liquida impermeabilizzante per risvolti verticali sui cordoli

Resina impermeabilizzante bicomponente, pigmentata, a base di polimetilmetacrilato (PMMA) armata con tessuto non tessuto speciale da 110 g/m², flessibile alle basse temperature, permeabile al vapore, resistente agli agenti atmosferici (UV, IR, ecc.), elastica e resistente alle sollecitazioni meccaniche e all'usura.

Il prodotto garantisce una ottima aderenza su supporti di varia natura e sarà utilizzato per i risvolti verticali del sistema impermeabile.

Durante l'esecuzione la temperatura superficiale deve essere almeno di 3 °C superiore al punto di rugiada e sempre compresa fra -5°C e +40°C; la temperatura del supporto deve essere compresa fra -5°C e +50°C.

I dosaggi di miscelazione saranno indicati nella scheda del produttore in funzione delle temperatura dell'aria.

SCHEDA TECNICA CON CARATTERISTICHE MINIME DA GARANTIRE:

| | |
|----------------------------|---------------------------------|
| Densità | 1,30 – 1,35 g / cm ³ |
| Viscosità | 38 – 42 dPa * s |
| Resistenza al calore | 250 C° |

6.3.2 MODALITÀ DI APPLICAZIONE

I fori destinati ad accogliere i bocchettoni di scarico dovranno presentare un incavo profondo $1,5 \div 2$ cm per evitare che lo spessore della flangia del bocchettone e degli strati impermeabilizzanti determinino un rialzo attorno al foro con conseguente ristagno d'acqua.

Qualora le condizioni dell'impalcato da impermeabilizzare siano tali da determinare irregolarità o soffiature del manto (umidità eccessiva dei calcestruzzi di soletta), dovranno essere adottati tutti quei provvedimenti che la Direzione Lavori prescriverà di volta in volta in relazione allo stato dell'impalcato stesso.

L'impermeabilizzazione dovrà avere una resistenza meccanica tale che, se sottoposta al transito temporaneo degli automezzi gommati di cantiere, non si verifichino schiacciamenti, fessurazioni o abrasioni sul manto.

Si dovrà avere cura che la temperatura dello strato bituminoso, a contatto del manto impermeabile, all'atto della stesa, sia compresa tra 160 C e 180 C.

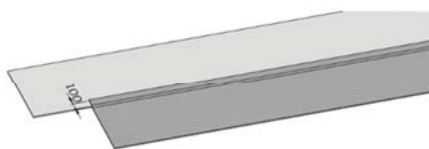
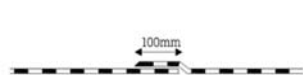
6.3.2.1 Disposizione dei teli

Prima della posa i rotoli vanno svolti e allineati per predisporre le sovrapposizioni. Successivamente i fogli vanno riavvolti per procedere con la messa in opera a fiamma. Le sormonte di testa dei fogli impermeabili non dovranno essere disposte lungo un'unica linea, ma sempre alternate. I teli dovranno prevedere le sormonte a "favore d'acqua" o a "tegola", cioè sovrapponendoli partendo sempre dagli scarichi o dagli impluvi.

6.3.2.2 Sormonte laterali e di testa

Laterali: sono le giunzioni che corrono nel senso della lunghezza dei fogli. Devono sempre essere saldati con bruciatore di sicurezza, su tutta la loro larghezza di 10 cm, ed essere pressati con un rullo di ± 15 kg che garantisca la continuità della saldatura. Una piccola quantità di bitume deve uscire dal giunto di sormonto. Il cordolo di bitume può essere smussato con la punta della cazzuola scaldata.

Di testa: si riferiscono alla giunzione del lato più corto del telo. Anche questo è un punto da curare con attenzione. Devono sempre essere saldati con bruciatore di sicurezza, su tutta la loro lar-



ghezza di 15 cm, ed essere pressati con un rullo di ± 15 kg che garantisca la continuità della saldatura. Una piccola quantità di bitume deve uscire dal

giunto di sormonto. Il cordolo di bitume può essere smussato con la punta della cazzuola scaldata.

6.3.2.3 Applicazione

Prima di procedere alla posa del manto impermeabile si provvederà a stendere sul supporto un primer di impregnazione bituminoso in ragione di 150-200 gr/m², per mezzo di pistola airless o rullo. Le mancanze saranno riprese e gli accumuli in eccesso scartati. Il lavoro sarà interrotto in caso di pioggia. Tempo di asciugatura: dalle 3 alle 24 ore (per permettere l'evaporazione dei solventi contenuti nella vernice) in funzione delle condizioni climatiche e del supporto. La membrana sarà applicata solo dopo la completa essiccazione del primer.

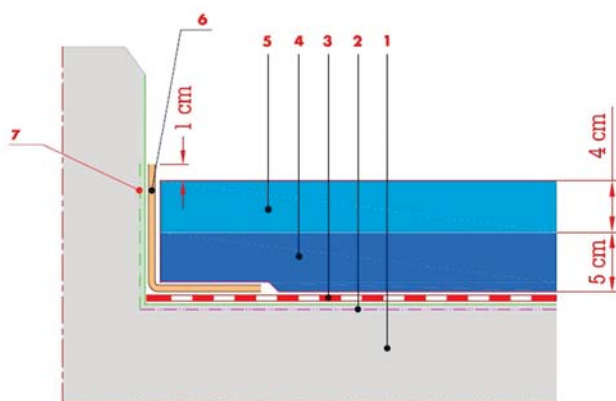
Il collegamento della membrana al piano di posa è eseguito a fiamma; la sfiammatura della miscela dei rotoli, con fiamma di un bruciatore a gas propano, dovrà interessare contemporaneamente sia la membrana che il supporto di posa, con prevalenza sul rotolo. Man mano che si procede con il riscaldamento, si annerisce la faccia talcata/sabbiata fino ad assumere un aspetto lucido, a questo punto la membrana sarà pronta per essere svolta e fatta aderire al supporto. In ogni caso dovranno essere rispettati i valori di resistenza ad estrazione di progetto, fra piano di posa e membrana.

La messa in opera dei teli impermeabili potrà anche essere di tipo meccanico, ovvero utilizzando un sistema di posa semi-automatico costituito da macchinari in grado di garantire i valori di resistenza ad estrazione di progetto. In ogni caso i dettagli di raccordo con i risvolti verticali dei cordoli dovranno essere realizzati manualmente.

6.3.2.4 Risvolti verticali

I risvolti verticali del sistema impermeabile saranno realizzati con materiali a freddo di tipo liquido quali resine bi-componenti in polimetilmetacrilato (PMMA).

La posa della resina prevede l'applicazione preventiva di idoneo primer sulle superfici da trattare. Successivamente applicare una mano abbondante di prodotto sull'area da trattare, posare l'armatura in tessuto non tessuto sulla resina fresca assicurandosi che non rimangano bolle d'aria e che il tessuto sia completamente saturo, in seguito ricoprire il tessuto con una seconda mano di resina.



1. *Supporto*
2. *Vernice di impregnazione bituminosa*
3. *Elemento di tenuta impermeabile ad elevata resistenza meccanica, spessore 5 mm, per applicazioni sotto pavimentazioni carrabili*
4. *Conglomerato bituminoso*

5. *Tappeto di usura*
6. *Impermeabilizzazione con resina bi-componente a base di PMMA, con interposta armatura in Tessuto Non Tessuto, spessore totale 3 mm*
7. *Vernice di impregnazione per risvolto verticale in resina PMMA, da apporre prima dell'applicazione dell'elemento 6*

6.3.3 PROVE E CONTROLLI

Tutte le ispezioni e le prove saranno eseguite a cura dell'Appaltatore concordandone le modalità con la Direzione Lavori. In questo senso, la Direzione Lavori stabilirà a propria discrezione il tipo e l'estensione dei controlli da eseguire.

6.3.3.1 Controlli documentali

Controlli previsti nel presente capitolato.

Il Direttore Lavori dovrà verificare, in fase di accettazione, la presenza di specifiche tecniche approvate di posa in opera. Dovrà altresì verificare le certificazioni per i materiali impiegati.

6.3.3.2 Prove in sito

Il Direttore Lavori dovrà, in fase di esecuzione, verificare che l'installazione avvenga in coerenza con le specifiche tecniche approvate di posa in opera.

Prove di verifica degli spessori mediante carotaggi, di verifica della composizione delle miscele e della qualità dei materiali potranno essere altresì richieste.

Al fine di verificare la corretta adesione della guaina al cls, la Direzione Lavori dovrà ordinare prove di adesione eseguite sul manto impermeabile prima della stesa del binder. Le prove saranno effettuate in presenza della DL.

Le prove saranno eseguite in ragione di almeno una ogni 4 campate a scelta della Direzione Lavori (con un minimo di una prova per opere con meno di 4 campate).

La prova consiste nello strappo di 6 piastrine metalliche di diametro compreso tra 5,00 e 10,00cm. Le piastrine saranno incollate in punti scelti dalla Direzione Lavori e ubicati su un reticolo cartesiano di lato non inferiore a 200cm. L'adesione delle piastrine al manto sarà ottenuta a mezzo di resine epossidiche, previa accurata pulizia del manto e sabbiatura della piastrina. Il manto sarà tagliato lungo la circonferenza delle piastrine dopo la presa del collante e prima dell'esecuzione della prova.

La prova avrà esito positivo se:

- ogni punto di prova avrà adesioni superiori a 0,80 kg/cm².
- il valor medio di tutte le prove dovrà essere superiore a 1,00 kg/cm².

In caso di fallimento della prova sarà richiesto di ripetere una seconda prova. Se anche la seconda prova risultasse non superata, si procederà alla demolizione e rifacimento dell'impermeabilizzazione per la campata in esame e si ripeteranno le prove per le campate adiacenti non investigate con le stesse modalità di accettazione.

Al termine della prova le aree distaccate dovranno essere ripristinate con colata di asfalto fino all'estradosso della guaina e successivamente con un rappezzo di guaina 40x40cm applicata a caldo.

6.4 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Normative di prodotto elencate all'interno del capitolato.

6.5 MISURAZIONE E CONTABILIZZAZIONE

Le impermeabilizzazioni di impalcati saranno computate per la loro superficie effettiva, che dovrà essere conforme alle previsioni di progetto.

7 SISTEMI DI RACCOLTA ACQUA DI PIATTAFORMA

7.1 CARATTERISTICHE

Il sistema di smaltimento delle acque consiste in una serie di caditoie (o pluviali), dove si definisce come caditoia l'insieme del bocchettone di collegamento all'opera, del tubo di allontanamento acque e della griglia di protezione.

La Direzione Lavori, a suo insindacabile giudizio potrà richiedere caditoie in integrazione al numero indicato in progetto.

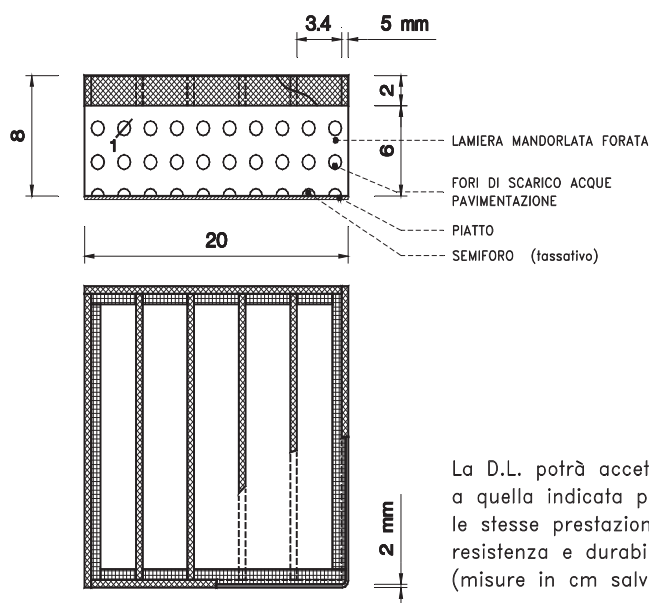
Ogni bocchettone dovrà essere costituito da una parte tubolare eduttiva, saldata in pezzo unico ad una piastra direttamente poggiata in un incavo predisposto dell'estradosso della soletta, regolarmente stuccata con stucchi epossidici, al di sopra della quale è distesa la impermeabilizzazione e, successivamente, la pavimentazione stradale contenuta da griglie in acciaio zincato (si vedano alcuni dettagli tipologici nelle seguenti figure).

Le caditoie dovranno essere, salvo diversa indicazione prevista nel progetto esecutivo, posizionate fuori della piattaforma stradale, all'interno di riseghe appositamente praticate nel codolo o nel marciapiede di servizio (vedi figura successiva).

La sezione libera di deflusso dei bocchettoni dovrà essere dimensionata sulla base delle verifiche idrauliche e comunque mai inferiore a 78cm².

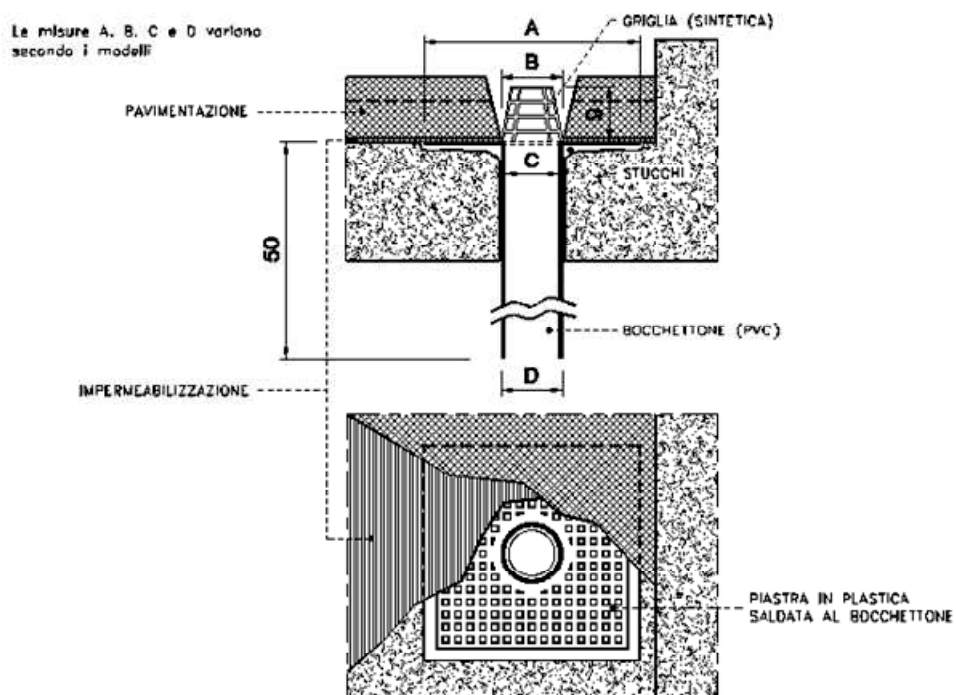
In corrispondenza dei giunti di sezioni contigue di impalcato o tra l'impalcato e la spalla mobile le tubazioni dovranno permettere, senza danneggiarsi, il movimento delle strutture per tutte le azioni permanenti e variabili e per il sisma SLO.

Le tubazioni non potranno essere alloggiate all'interno di cassoncini o in generale all'interno di strutture chiuse in cui sia impedito l'ingresso di personale addetto alle eventuali riparazioni delle stesse.



La D.L. potrà accettare griglie simili a quella indicata purchè realizzino le stesse prestazioni idrauliche di resistenza e durabilità (misure in cm salvo indicazione)

Griglia di scarico dei pluviali in acciaio zincato



Griglia di scarico dei pluviali in materiale sintetico

Le caditoie dovranno essere, salvo diversa indicazione prevista nel progetto esecutivo, posizionate fuori della piattaforma stradale, all'interno di riseghe appositamente praticate nel codolo o nel marciapiede di servizio (vedi figura successiva).

La sezione libera di deflusso dei discendenti verticali dovrà essere dimensionata sulla base delle verifiche idrauliche e comunque mai inferiore a 78cm² (DN100).

In corrispondenza dei giunti di sezioni contigue di impalcato o tra l'impalcato e la spalla mobile le tubazioni dovranno permettere, senza danneggiarsi, il movimento delle strutture per tutte le azioni permanenti e variabili e per il sisma SLO.

Le tubazioni non potranno essere alloggiate all'interno di cassoncini o in generale all'interno di strutture chiuse in cui sia impedito l'ingresso di personale addetto alle eventuali riparazioni delle stesse.

Il tubo di eduazione dovrà sporgere dall'intradosso della soletta di almeno 15 cm e ad esso dovrà essere infilato ed incollato un tubo verticale in PVC tipo 302 di almeno 3.0 mm di spessore (o di acciaio zincato, secondo le indicazioni progettuali), discendente in ogni caso almeno per 30 cm al di sotto del bordo del bulbo inferiore delle travi longitudinali, sempre facendo in modo che non si abbia stillicidio su eventuali strutture sottostanti (pulvini, pile, ecc.).

Nel caso di attraversamento di zone urbane, oltre che in tutti quei casi indicati nel progetto esecutivo, è prescritto che i tubi di cui sopra proseguano fino a terra attraverso una linea di collettamento orizzontale e discendenti ubicati sulle pile/spalle e siano eventualmente immessi in un sistema di trattamento acque.

Detti tubi saranno collegati all'opera con collari e zanche di acciaio inossidabile; il tubo non dovrà scorrere dentro al collare, ciò si otterrà con guarnizioni in neoprene o altri accorgimenti.

7.2 PROVE E CONTROLLI

Tutte le ispezioni e le prove saranno eseguite a cura dell'Appaltatore concordandone le modalità con la Direzione Lavori. In questo senso, la Direzione Lavori stabilirà a propria discrezione il tipo e l'estensione dei controlli da eseguire.

7.3 MANUTENZIONE

Si dovrà prevedere l'ispezione periodica del sistema idraulico e la pulizia delle caditoie intasate, laddove individuate intasate.

7.4 MISURAZIONE E CONTABILIZZAZIONE

Saranno contabilizzati con i relativi articoli di Elenco prezzi, che comprendono oltre alle forniture e lavorazioni ivi richiamate, tutti gli oneri e le prescrizioni delle presenti Norme.

8 APPENDICE A – TEMPERATURE MASSIME E MINIME PER LA PROGETTAZIONE DEI PONTI

Le temperature di riferimento per la progettazione dei ponti e viadotti in Italia può essere ricavata con maggiore precisione rispetto ai dati forniti dall'Eurocodice.

A tale scopo, in mancanza di adeguate indagini statistiche basate su dati specifici relativi al sito in esame, si dovrà fare riferimento al lavoro: "Mappe delle temperature estreme dell'aria in Italia per la stima delle azioni termiche nei ponti secondo l'Eurocodice 1"; estratto dal Giornale del Genio Civile, fascicoli 4-5-6, aprile-maggio-giugno 1994; autori Maurizio Froli, Riccardo Barsotti, Angelo Libertà, Luigi Perini.

Di seguito viene riportata una sintesi di tale lavoro, finalizzata agli scopi del presente documento.

La temperatura dell'aria esterna, T_{ext} , può assumere il valore T_{max} o T_{min} , definite rispettivamente come temperatura massima estiva e minima invernale dell'aria nel sito della costruzione, con riferimento ad un periodo di ritorno di 50 anni.

In mancanza di adeguate indagini statistiche basate su dati specifici relativi al sito in esame, T_{max} o T_{min} saranno calcolate in base alle espressioni riportate nel seguito, per le varie zone indicate nella figura seguente. Tale zonazione non tiene conto di aspetti specifici e locali che, se necessario, dovranno essere definiti singolarmente.

o

Nelle espressioni seguenti, T_{max} o T_{min} sono espressi in °C; l'altitudine di riferimento " a_s " (espressa in m) è la quota dell'impalcato sul livello del mare nel sito dove è realizzata l'opera.

Zona I

Valle d'Aosta, Piemonte, Lombardia, Trentino-Alto Adige, Veneto, Friuli-Venezia Giulia, Emilia Romagna:

- $T_{min} = -15 - 4 \cdot a_s / 1000$
- $T_{max} = 42 - 6 \cdot a_s / 1000$

Zona II

Liguria, Toscana, Umbria, Lazio, Sardegna, Campania, Basilicata:

- $T_{min} = -8 - 6 \cdot a_s / 1000$
- $T_{max} = 42 - 2 \cdot a_s / 1000$

Zona III

Marche, Abruzzo, Molise, Puglia:

- $T_{min} = -8 - 7 \cdot a_s / 1000$
- $T_{max} = 42 - 0.3 \cdot a_s / 1000$