


|   |   |                               |
|---|---|-------------------------------|
|  <b>CITTÀ<br/>METROPOLITANA<br/>DI BOLOGNA</b> | <b>PROGETTO DI MESSA IN SICUREZZA PER<br/>MOVIMENTI FRANOSI</b> | Rev: 00<br>Data: luglio 2021. |
| <b>AREA SERVIZI TERRITORIALI<br/>METROPOLITANI</b>  |   | Pag: 1 di 13                  |

***A043 – I.I.S. “L. Fantini”***

***Via Bologna, 240 - Vergato (BO)***

**Intervento di messa in sicurezza per movimenti franosi  
“I.T.C. Fantini” di Vergato (BO)**

## **R.10\_RELAZIONE SUI MATERIALI**

***Progettista e Dirigente :***

***Ing. Massimo Biagetti***

**R.U.P.**

***Ing. Marco Ferrarini***

Luglio 2021

## Sommario

|   |    |
|---|----|
| 1 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI.....                              | 2  |
| 1.1 CALCESTRUZZO PER USI STRUTTURALI.....                         | 2  |
| 1.1.1 LE CLASSI DI RESISTENZA.....                                | 2  |
| 1.2 COMPONENTI DEL CALCESTRUZZO.....                              | 3  |
| 1.2.1 CEMENTO.....  | 3  |
| 1.2.2 AGGREGATI.....  | 4  |
| 1.2.3 ACQUA.....  | 4  |
| 1.2.4 ADDITIVI.....   | 4  |
| 1.3 CONFEZIONAMENTO DEL CALCESTRUZZO.....                         | 5  |
| 1.3.1 REOLOGIA DEGLI IMPASTI E GRANULOMETRIA DEGLI AGGREGATI..... | 5  |
| 1.3.2 RAPPORTO ACQUA/CEMENTO.....                                 | 5  |
| 1.3.3 LAVORABILITA'.....  | 6  |
| 1.4 CONTROLLI SUL CALCESTRUZZO.....                               | 7  |
| 1.4.1 CONTROLLO DELLA DOCUMENTAZIONE.....                         | 7  |
| 1.4.2 CONTROLLO DI ACCETTAZIONE.....                              | 7  |
| 2 ACCIAIO PER GETTI.....  | 7  |
| 2.1 REQUISITI.....  | 8  |
| 2.1.1 Saldabilità e composizione chimica.....                     | 8  |
| 2.1.2 Proprietà meccaniche.....                                   | 8  |
| 2.1.3 Proprietà aggiuntive.....                                   | 9  |
| 2.1.4 Prova di piega e raddrizzamento.....                        | 9  |
| 2.1.5 Resistenza a fatica in campo elastico.....                  | 9  |
| 2.1.6 Aderenza e geometria superficiale.....                      | 10 |
| 2.2 CONTROLLI SULL'ACCIAIO.....                                   | 10 |
| 2.2.1 Controllo della documentazione.....                         | 10 |
| 2.2.2 Controllo di accettazione.....                              | 11 |
| 2.3 LAVORAZIONI IN CANTIERE – RAGGI MINIMI DI CURVATURA.....      | 12 |
| 2.4 DEPOSITO E CONSERVAZIONE IN CANTIERE.....                     | 12 |

# 1 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

## 1.1 CALCESTRUZZO PER USI STRUTTURALI

La prescrizione del calcestruzzo all'atto del progetto deve essere caratterizzata almeno mediante la classe di resistenza, la classe di consistenza e la dimensione massima dell'aggregato.

### 1.1.1 LE CLASSI DI RESISTENZA

Si fa riferimento alle NTC 2018. 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 ed Y è la resistenza caratteristica a compressione valutata su provini cubici di spigolo 150 mm ( $R_{ck}$ ). La resistenza caratteristica designa quella dedotta da prove su provini, come sopra descritti, eseguite a 28 gg di maturazione.

Le caratteristiche meccaniche di un calcestruzzo sono compiutamente riassunte dai seguenti parametri:

PER I MURI E I GETTI DELLE CORDOLATURE:

|                              |        |
|------------------------------|--------|
| Classe di resistenza         | C28/35 |
| Classe di esposizione        | XF2    |
| Classe di consistenza        | S4     |
| Dimensione massima aggregato | 24 mm  |

PER I PALI DELLA PARATIA E DI FONDAZIONE:

|                              |        |
|------------------------------|--------|
| Classe di resistenza         | C25/30 |
| Classe di esposizione        | XF2    |
| Classe di consistenza        | Scc    |
| Dimensione massima aggregato | 15 mm  |

Nelle tabelle di seguito sono riportati i valori delle rispettive classi.

Classi di resistenza del calcestruzzo normale

| Classe di resistenza | $f_{ck}$<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | $R_{ck}$<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | Categoria del calcestruzzo |
|----------------------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------|
| C8/10                | 8                                | 10                               | NON STRUTTURALE            |
| C12/15               | 12                               | 15                               |                            |
| C16/20               | 16                               | 20                               |                            |
| C20/25               | 20                               | 25                               | ORDINARIO                  |
| C25/30               | 25                               | 30                               |                            |
| C30/37               | 30                               | 37                               |                            |
| C35/45               | 35                               | 45                               |                            |
| C40/50               | 40                               | 50                               |                            |
| C45/55               | 45                               | 55                               | ALTE PRESTAZIONI           |
| C50/60               | 50                               | 60                               |                            |
| C55/67               | 55                               | 67                               |                            |
| C60/75               | 60                               | 75                               |                            |

|         |    |     |                 |
|---------|----|-----|-----------------|
| C70/85  | 70 | 85  | ALTA RESISTENZA |
| C80/95  | 80 | 95  |                 |
| C90/105 | 90 | 105 |                 |

Classi di esposizione in funzione delle condizioni ambientali

| Denominazione della classe  | Descrizione dell'ambiente di esposizione | Esempi di condizioni ambientali (a titolo informativo)  |
|---|--|---|
| 1- Nessun rischio di corrosione delle armature o di attacco chimico |  |   |
| X0  | Molto secco                              | Edifici con interni a umidità relativa molto bassa  |
| 2- Corrosione indotta da carbonatazione                             |  |   |
| XC1   | Secco                                    | Interni di edifici a bassa umidità relativa   |
| XC2   | Bagnato, raramente secco                 | Parti di strutture di contenimento liquidi; fondazioni  |
| XC3   | Umidità moderata                         | Edifici con interni a umidità relativa da moderata ad alta; calcestruzzo esterno riparato dalla pioggia |
| XC4   | Ciclicamente secco e bagnato             | Superfici soggette al contatto con acqua, non comprese nella classe XC2                                 |
| 3- Corrosione indotta dai cloruri                                   |  |   |
| XD1   | Umidità moderata                         | Superfici esposte a spruzzi diretti di acqua contenente cloruri   |
| XD2   | Bagnato, raramente secco                 | Piscine, calcestruzzo esposto ad acque industriali contenenti cloruri                                   |
| XD3   | Ciclicamente secco e bagnato             | Parti di ponti, pavimentazioni, parcheggi per auto  |

Classi di consistenza mediante la misura di abbassamento del cono

| Classe di consistenza | Abbassamento (mm) | Denominazione corrente |
|-----------------------|-------------------|------------------------|
| S1                    | da 10 a 40        | Umida                  |
| S2                    | da 50 a 90        | Plastica               |
| S3                    | da 100 a 150      | Semifluida             |
| S4                    | da 160 a 210      | Fluida                 |
| S5                    | >210              | Superfluida            |

## 1.2 COMPONENTI DEL CALCESTRUZZO

### 1.2.1 CEMENTO

Tutti i manufatti in cemento armato potranno essere eseguiti impiegando unicamente cementi provvisti di attestato di conformità CE in conformità alla norma europea armonizzata UNI EN 197-1 oppure ad uno specifico ETA, purché idonei all'impiego previsto nonché, per quanto non in contrasto, conformi alle prescrizioni di cui alla Legge 26 maggio 1965 n. 595..

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 197-1:2006.

Se è prevista una classe di esposizione XA, secondo le indicazioni della norma UNI EN 206 e UNI 11104, conseguente ad un'aggressione di tipo solfatico o di dilavamento della calce, sarà necessario utilizzare cementi resistenti ai solfati o alle acque dilavanti in accordo con la UNI 9156 o la UNI 9606.

Per getti di calcestruzzo in sbarramenti di ritenuta di grandi dimensioni si dovranno utilizzare cementi di cui all'art. 1 lettera C della legge 595 del 26 maggio 1965 o, al momento del recepimento nell'ordinamento italiano, cementi a bassissimo calore di idratazione VHL conformi alla norma UNI EN 14216.

Il campione di cemento prelevato sarà suddiviso in almeno tre parti di cui una verrà inviata ad un Laboratorio Ufficiale di cui all'art 59 del D.P.R. n° 380/2001 scelto dalla Direzione Lavori, un'altra è a disposizione dell'impresa e la terza rimarrà custodita, in un contenitore sigillato, per eventuali controprove.

Nel caso specifico viene prescritto l'uso di soli cementi CEM III o CEM IV

### **1.2.2 AGGREGATI**

Gli aggregati utilizzabili, ai fini del confezionamento del calcestruzzo, debbono possedere marcatura CE secondo D.P.R. 246/93 e successivi decreti attuativi.

Gli aggregati debbono essere conformi ai requisiti della normativa UNI EN 12620 e UNI 8520-2 con i relativi riferimenti alla destinazione d'uso del calcestruzzo.

La massa volumica media del granulo in condizioni s.s.a. (saturo a superficie asciutta) deve essere pari o superiore a  $2300 \text{ kg/m}^3$ . 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  $2300 \text{ Kg/mc}$ . Per i calcestruzzi con classe di resistenza caratteristica a compressione maggiore di C50/60 preferibilmente dovranno essere utilizzati aggregati di massa volumica maggiore di  $2600 \text{ Kg/mc}$ . Gli aggregati dovranno rispettare i requisiti minimi imposti dalla norma UNI 8520 parte 2, relativamente al contenuto di sostanze nocive. In particolare:

- il contenuto di solfati solubili in acido (espressi come  $\text{SO}_3$  da determinarsi con la procedura prevista dalla UNI-EN 1744-1 punto 12) dovrà risultare inferiore allo 0.2% sulla massa dell'aggregato indipendentemente se l'aggregato è grosso oppure fine (aggregati con classe di contenuto di solfati AS0,2);
- il contenuto totale di zolfo (da determinarsi con UNI-EN 1744-1 punto 11) dovrà risultare inferiore allo 0.1%;
- non dovranno contenere forme di silice amorfa alcali-reattiva o in alternativa dovranno evidenziare espansioni su prismi di malta, valutate con la prova accelerata e/o con la prova a lungo termine in accordo alla metodologia prevista dalla UNI 8520-22, inferiori ai valori massimi riportati nel prospetto 6 della UNI 8520 parte 2.

### **1.2.3 ACQUA**

Per la produzione del calcestruzzo dovranno essere impiegate le acque potabili e quelle di riciclo conformi alla UNI EN 1008:2003.

### **1.2.4 ADDITIVI**

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, ai requisiti imposti dai rispettivi prospetti della norma UNI EN 934 (parti 2, 3, 4, 5). Per gli altri additivi che non rientrano nelle classificazioni della norma si dovrà verificarne l'idoneità all'impiego in funzione dell'applicazione e delle proprietà richieste per il calcestruzzo. E' onere del produttore di calcestruzzo verificare preliminarmente i dosaggi ottimali di additivo per conseguire le prestazioni reologiche e meccaniche richieste oltre che per valutare eventuali effetti indesiderati. Per la produzione degli impasti, si consiglia l'impiego costante di additivi fluidificanti/riduttori di acqua o superfluidificanti/riduttori di acqua ad alta efficacia per limitare il contenuto di acqua d' impasto, migliorare la stabilità dimensionale del calcestruzzo e la durabilità dei getti. Nel

periodo estivo si consiglia di impiegare specifici additivi capaci di mantenere una prolungata lavorabilità del calcestruzzo in funzione dei tempi di trasporto e di getto.

Per le riprese di getto si potrà far ricorso all'utilizzo di ritardanti di presa e degli adesivi per riprese di getto.

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

Per i getti sottoposti all'azione del gelo e del disgelo, si farà ricorso all'impiego di additivi aeranti come prescritto dalle normative UNI EN 206 e UNI 11104.

Nel caso specifico l'Appaltatore dovrà garantire l'utilizzo degli additivi tecnicamente utili, in funzione delle condizioni ambientali, a garantire un getto privo di difetti.

## **1.3 CONFEZIONAMENTO DEL CALCESTRUZZO**

### **1.3.1 REOLOGIA DEGLI IMPASTI E GRANULOMETRIA DEGLI AGGREGATI**

Per il confezionamento del calcestruzzo dovranno essere impiegati aggregati appartenenti a non meno di due classi granulometriche diverse. La percentuale d'impiego di ogni singola classe granulometrica verrà stabilita dal produttore con l'obiettivo di conseguire i requisiti di lavorabilità e di resistenza alla segregazione. 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, pompabilità), e quelle di resistenza meccanica a compressione e di durabilità richieste per il conglomerato.

La dimensione massima dell'aggregato dovrà essere non maggiore di 1/4 della sezione minima dell'elemento da realizzare, dell'interferro ridotto di 5 mm, dello spessore del copriferro aumentato del 30% (in accordo anche con quanto stabilito dagli Eurocodici).

### **1.3.2 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:

( $a_{aggr}$ ) quantitativo di acqua ceduto o sottratto dall'aggregato se caratterizzato rispettivamente da un tenore di umidità maggiore o minore dell'assorbimento (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/mc) o le aggiunte minerali in forma di slurry;

( $a_m$ ) aliquota di acqua introdotta nel mescolatore/betoniera;

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

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

$$(c K \times cv K \times fs)$$

$$(a/c)_{eq} = a_{eff} / (c + K_{cv} \times c_v + K_{fs} \times f_s)$$

nella quale vengono considerate le eventuali aggiunte di ceneri volanti o fumi di silice all'impasto nell'impianto di betonaggio.

I termini utilizzati sono:

c dosaggio per mc di impasto di cemento;

c<sub>v</sub> dosaggio per mc di impasto di cenere volante;

f<sub>s</sub> dosaggio per mc di impasto di fumo di silice;

K<sub>cv</sub> , K<sub>fs</sub> coefficienti di equivalenza, rispettivamente, della cenere volante e del fumo di silice desunti dalla norma UNI-EN 206-1 ed UNI 11104 (vedi paragrafi 2.2.1 e 2.2.2).

### 1.3.3 LAVORABILITA'

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 del calcestruzzo in cantiere la lavorabilità prescritta e riportata per ogni specifico conglomerato descritto nel DM. 2008.

Salvo diverse specifiche e/o accordi con il produttore del conglomerato la lavorabilità al momento del getto verrà controllata all'atto del prelievo dei campioni per i controlli d'accettazione della resistenza caratteristica convenzionale a compressione secondo le indicazioni riportate sulle Norme Tecniche sulle Costruzioni. La misura della lavorabilità sarà condotta in accordo a UNI-EN 206-1 dopo aver proceduto a scaricare dalla betoniera almeno 0,3 mc di calcestruzzo. In accordo con le specifiche di capitolato la misura della lavorabilità potrà essere effettuata mediante differenti metodologie. In particolare la lavorabilità del calcestruzzo può essere definita mediante:

- Il valore dell'abbassamento al cono di Abrams (UNI-EN 12350-2) che definisce la classe di consistenza o uno slump di riferimento oggetto di specifica;
- la misura del diametro di spandimento alla tavola a scosse (UNI-EN 12350-5).

Salvo strutture da realizzarsi con particolari procedimenti di posa in opera (pavimentazioni a casseri scorrevoli, manufatti estrusi, etc.) o caratterizzate da geometrie particolari (ad esempio, travi di tetti a falde molto inclinate) non potranno essere utilizzati calcestruzzi con classe di consistenza inferiore ad S4/F4.

Sarà cura del fornitore garantire in ogni situazione la classe di consistenza prescritta per le diverse miscele tenendo conto che sono assolutamente proibite le aggiunte 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 20-30 minuti dall'arrivo della betoniera in cantiere.

Trascorso questo tempo sarà l'impresa esecutrice responsabile della eventuale minore lavorabilità rispetto a quella prescritta. Il calcestruzzo con la lavorabilità inferiore a quella prescritta potrà essere a discrezione della D.L. :

- respinto (l'onere della fornitura in tal caso spetta all'impresa esecutrice);
- 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.

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 dalla Centrale di betonaggio al cantiere dovessero risultare superiori ai 75 minuti. In questa evenienza si potrà utilizzare il conglomerato fino a 120 minuti dalla miscelazione dello stesso in impianto purché lo stesso possenga i requisiti di lavorabilità prescritti. Inoltre, in questa evenienza dovrà essere accertato preliminarmente dal produttore e valutato dalla D.L. che le resistenze iniziali del conglomerato cementizio non siano penalizzate a causa di dosaggi elevati di additivi ritardanti impiegati per la riduzione della perdita di lavorabilità.

## **1.4 CONTROLLI SUL CALCESTRUZZO**

### **1.4.1 CONTROLLO DELLA DOCUMENTAZIONE**

In cantiere o presso l'impianto di preconfezionamento del calcestruzzo è ammessa esclusivamente la fornitura di cementi di cui al punto 1.1.

Tutte le forniture di cemento devono essere accompagnate dall'attestato di conformità CE. 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 DDT dei lotti consegnati dallo stesso intermediario.

Il Direttore dei Lavori è tenuto a verificare periodicamente quanto sopra indicato, in particolare la corrispondenza del cemento consegnato, come rilevabile dalla documentazione anzidetta, con quello previsto nel Capitolato Speciale di Appalto e nella documentazione o elaborati tecnici specifici.

Nel caso di getti in calcestruzzo per sbarramenti di ritenuta, le disposizioni del presente articolo si applicano assumendo, in luogo dell'Attestato di Conformità CE, una attestazione di conformità all'art. 1 lett. c della legge 595 del 26 maggio 1965 rilasciata dal produttore di cemento.

### **1.4.2 CONTROLLO DI ACCETTAZIONE**

Il Direttore dei Lavori potrà richiedere controlli di accettazione sul cemento in arrivo in cantiere nel caso che il calcestruzzo sia prodotto da impianto di preconfezionamento installato nel cantiere stesso.

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; è obbligatorio che il campionamento sia 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 Ufficiale di cui all'art 59 del D.P.R. n° 380/2001 scelto dalla Direzione Lavori, un'altra è a disposizione dell'impresa e la terza rimarrà custodita, in un contenitore sigillato, per eventuali controprove.

## **2 ACCIAIO PER GETTI**

L'acciaio da cemento armato ordinario comprende:

- barre d'acciaio tipo B450C (6 mm £ Ø £ 40 mm), rotoli tipo B450C (6 mm £ Ø£ 16 mm);
- prodotti raddrizzati ottenuti da rotoli con diametri 16 mm per il tipo B450C;
- reti elettrosaldate (6 mm £ Ø £ 12 mm) tipo B450C;
- tralicci elettrosaldati (6 mm £ Ø £ 12 mm) tipo B450C;



Ognuno di questi prodotti deve rispondere alle caratteristiche richieste dalle Norme Tecniche per le Costruzioni, D.M.17/01/2018, che specifica le caratteristiche tecniche che devono essere verificate, i metodi di prova, le condizioni di prova e il sistema per l'attestazione di conformità per gli acciai destinati alle costruzioni in cemento armato che ricadono sotto la Direttiva Prodotti CPD (89/106/CE).

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.

## 2.1 REQUISITI

### 2.1.1 Saldabilità e composizione chimica

La composizione chimica deve essere in accordo con quanto specificato nella tabella seguente:

Massimo contenuto di elementi chimici in %. D.M. 17/01/2018.

| Tipo di Analisi     | Carbonio<br>C<br>(%) | Zolfo<br>S<br>(%) | Fosforo<br>P<br>(%) | Azoto<br>N<br>(%) | Rame<br>Cu<br>(%) | Carbonio<br>Equivalente<br>Ceq<br>(%) |
|---------------------|----------------------|-------------------|---------------------|-------------------|-------------------|---------------------------------------|
| Analisi su colata   | 0.22                 | 0.050             | 0.050               | 0.012             | 0.80              | 0.50                                  |
| Analisi su prodotto | 0.24                 | 0.055             | 0.055               | 0.014             | 0.85              | 0.52                                  |

Dove il calcolo del carbonio equivalente Ceq è effettuato secondo la seguente formula:

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

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

È permesso superare il valore massimo di carbonio C per massa nel caso in cui il valore equivalente del Ceq venga diminuito dello 0,02% per massa.

Sono permessi valori superiori di azoto se sono presenti quantità sufficienti di elementi che fissano l'azoto.

### 2.1.2 Proprietà meccaniche

Le proprietà meccaniche devono essere in accordo con quanto specificato nelle Norme Tecniche per le Costruzioni (D.M. 17/01/2018).

Proprietà meccaniche secondo il D.M. 17/01/2018

| Proprietà                  | Valore caratteristico |
|----------------------------|-----------------------|
| $f_y$ (N/mm <sup>2</sup> ) | <sup>3</sup> 450 a    |
| $f_t$ (N/mm <sup>2</sup> ) | <sup>3</sup> 540 a    |
| $f_t/f_y$                  | <sup>3</sup> 1.15 b   |
| $f_y/f_{y,nom}$            | £ 1.35 b              |
|                            | £ 1.25 b              |

a valore caratteristico con p = 0,95  
b valore caratteristico con p = 0,90

In aggiunta a quanto sopra riportato si possono richiedere le seguenti caratteristiche aggiuntive Tipo SISMIC.

### 2.1.3 Proprietà aggiuntive

| Proprietà                             | Requisito   |
|---------------------------------------|---|
| Resistenza a fatica assiale*          | 2 milioni di cicli                                      |
| Resistenza a carico ciclico**         | 3 cicli/sec (deformazione 1,5÷4 %)                      |
| Idoneità al raddrizzamento dopo piega | Mantenimento delle proprietà meccaniche                 |
| Controllo radiometrico                | superato, ai sensi del D.Lgs. 230/1995 D. Lgs. 241/2000 |
| *= in campo elastico                  |   |
| ** = in campo plastico                |   |

### 2.1.4 Prova di piega e raddrizzamento

In accordo con quanto specificato nel D.M. 17/01/2018, è richiesto il rispetto dei limiti seguenti.

Diametri del mandrino ammessi per la prova di piega e raddrizzamento

| Diametro nominale d (mm)      | Diametro massimo del mandrino |
|-------------------------------|-------------------------------|
| $\varnothing < 12$            | 4d                            |
| $12 \leq \varnothing \leq 16$ | 5d                            |
| $16 < \varnothing \leq 25$    | 8d                            |
| $25 < \varnothing \leq 40$    | 10d                           |

### 2.1.5 Resistenza a fatica in campo elastico

Le proprietà di resistenza a fatica garantiscono l'integrità dell'acciaio sottoposto a sollecitazioni ripetute nel tempo.

La proprietà di resistenza a fatica deve essere determinata secondo UNI EN 15630.

Il valore della tensione  $s_{\max}$  sarà  $270 \text{ N/mm}^2 (0,6 f_{y,\text{nom}})$ . L'intervallo delle tensioni,  $2s$  deve essere pari a  $150 \text{ N/mm}^2$

per le barre dritte o ottenute da rotolo e  $100 \text{ N/mm}^2$  per le reti elettrosaldate. Il campione deve sopportare un numero di cicli pari a  $2 \times 10^6$ . Resistenza a carico ciclico in campo plastico.

Le proprietà di resistenza a carico ciclico garantiscono l'integrità dell'acciaio sottoposto a sollecitazioni particolarmente gravose o eventi straordinari (es. urti, sisma etc..).

La proprietà di resistenza al carico ciclico deve essere determinata sottoponendo il campione a tre cicli completi di isteresi simmetrica con una frequenza da 1 a 3 Hz e con lunghezza libera entro gli afferraggi e con deformazione massima di trazione e compressione seguente:

Prova carico ciclico in relazione al diametro

| Diametro nominale (mm) | Lunghezza libera | Deformazione (%) |
|------------------------|------------------|------------------|
| $d \leq 16$            | 5                | $d \pm 4$        |
| $16 < 25$              | 10               | $d \pm 2,5$      |
| $25 \leq d$            | 15               | $d \pm 1,5$      |

La prova è superata se non avviene la rottura totale o parziale del campione causata da fessurazioni sulla sezione trasversale visibili ad occhio nudo.

Diametri e sezioni equivalenti

Il valore del diametro nominale deve essere concordato all'atto dell'ordine. Le tolleranze devono essere in accordo con il D.M. 17/01/2018.

Diametri nominali e tolleranze

|                               |                 |                          |
|-------------------------------|-----------------|--------------------------|
| Diametro nominale (mm)        | da 5 a $\leq 8$ | da $> 8$ a $\pm \leq 40$ |
| Tolleranza in % sulla sezione | $\pm 6$         | $\pm 4.5$                |

### 2.1.6 Aderenza e geometria superficiale

I prodotti devono avere una superficie nervata in accordo con il D.M. 17/01/2018. L'indice di aderenza  $I_r$  deve essere misurato in accordo a quanto riportato nel D.M. 17/01/2018. I prodotti devono aver superato le prove di Beam Test effettuate presso un Laboratorio Ufficiale (Legge 1086).

Valori dell'indice  $I_r$  in funzione del diametro

| Diametro nominale $d$ (mm) | $I_r$        |
|----------------------------|--------------|
| $5 \leq \emptyset \leq 6$  | $\geq 0.048$ |
| $6 < \emptyset \leq 8$     | $\geq 0.055$ |
| $8 < \emptyset \leq 12$    | $\geq 0.060$ |
| $\emptyset > 12$           | $\geq 0.065$ |

## 2.2 CONTROLLI SULL'ACCIAIO

### 2.2.1 Controllo della documentazione

In cantiere è ammessa esclusivamente la fornitura e l'impiego di acciai B450C saldabili e ad aderenza migliorata, qualificati secondo le procedure indicate nel D.M. 2018. Tutte le forniture di acciaio devono essere accompagnate dall'Attestato di Qualificazione rilasciato dal Consiglio Superiore dei LL.PP.- Servizio Tecnico Centrale.

Per i prodotti provenienti dai Centri di trasformazione è necessaria la documentazione che assicuri che le lavorazioni effettuate non hanno alterato le caratteristiche meccaniche e geometriche dei prodotti previste dal DM 2018.

Inoltre può essere richiesta 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 (può essere inserito nel certificato di collaudo tipo 3.1);
- polizza assicurativa per danni derivanti dal prodotto.

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 del Centro di Trasformazione. Tutti i prodotti forniti in cantiere dopo l'intervento di un trasformatore intermedio devono essere dotati di una

specificata marcatura che identifichi in modo inequivocabile il centro di trasformazione stesso, in aggiunta alla marcatura del prodotto di origine.

Il Direttore dei Lavori prima della messa in opera è tenuto a verificare quanto sopra indicato; in particolare dovrà provvedere a verificare 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 dovranno essere rifiutate.

## 2.2.2 Controllo di accettazione

Il Direttore dei Lavori è obbligato ad eseguire i controlli di accettazione sull'acciaio consegnato in cantiere, in conformità con le indicazioni contenute nel D.M. 2018 al punto 11.10.1.1.

Il campionamento ed il controllo di accettazione dovrà essere effettuato entro 30 giorni dalla data di consegna del materiale.

All'interno di ciascuna fornitura consegnata e per ogni diametro delle barre in essa contenuta, si dovrà procedere al campionamento di tre spezzoni di acciaio di lunghezza complessiva pari a 100 cm ciascuno, 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 diametri delle forniture presenti in cantiere.

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

Il prelievo dei campioni in cantiere e la consegna al Laboratorio Ufficiale incaricato dei controlli verrà effettuato dal Direttore dei Lavori o da un tecnico da lui delegato; la consegna delle barre di acciaio campionate, identificate mediante sigle o etichettature indelebili, dovrà essere accompagnata da una richiesta di prove sottoscritta dal Direttore dei Lavori. La domanda di prove al Laboratorio Ufficiale dovrà essere sottoscritta dal Direttore dei Lavori e dovrà inoltre contenere precise indicazioni sulla tipologia di opera da realizzare (pilastro, trave, muro di sostegno, fondazioni, strutture in elevazione ecc...).

Il controllo del materiale, eseguito in conformità alle prescrizioni del punto 11.2.2.3 di cui al precedente Decreto, riguarderà le proprietà meccaniche di resistenza e di allungamento.

Valori limite per prove acciaio

| Caratteristica            | Valore Limite           | Note                                |
|---------------------------|-------------------------|-------------------------------------|
| $f_y$ minimo              | 425 N/mm <sup>2</sup>   | (450 – 25) N/mm <sup>2</sup>        |
| $f_y$ massimo             | 572 N/mm <sup>2</sup>   | [450x(1.25+0.02)] N/mm <sup>2</sup> |
| $A_{gt}$ minimo           | 6.0%                    | Per acciai laminati a caldo         |
| Rottura/snervamento       | $1.13 < f_t/f_y < 1.37$ | Per acciai laminati a caldo         |
| Piegamento/raddrizzamento | assenza di cricche      | Per tutti                           |

Qualora la determinazione del valore di una quantità fissata in termini di valore caratteristico crei una controversia, il valore dovrà essere verificato prelevando e provando tre provini da prodotti diversi nel lotto consegnato.

Se un risultato è minore del valore caratteristico prescritto, sia il provino che il metodo di prova devono essere esaminati attentamente. Se nel provino è presente un difetto o si ha ragione di credere che si sia verificato un errore durante la prova, il risultato della prova stessa deve essere ignorato. In questo caso occorrerà prelevare un ulteriore (singolo) provino. Se i tre risultati validi della prova sono maggiori o uguali del prescritto valore caratteristico, il lotto consegnato deve essere considerato conforme.

Se i criteri sopra riportati non sono soddisfatti, dieci ulteriori provini devono essere prelevati da prodotti diversi del lotto in presenza del produttore o suo rappresentante che potrà anche assistere all'esecuzione delle prove presso un laboratorio di cui all'art.59 del D.P.R. n. 380/2001.

Il lotto deve essere considerato conforme se la media dei risultati sui 10 ulteriori provini è maggiore del valore caratteristico e i singoli valori sono compresi tra il valore minimo e il valore massimo secondo quanto sopra riportato. In caso contrario il lotto deve essere respinto.

Qualora all'interno della fornitura siano contenute anche reti elettrosaldate, il controllo di accettazione dovrà essere esteso anche a questi elementi. In particolare, a partire da tre differenti reti elettrosaldate verranno prelevati 3 campioni di dimensioni 100\*100 cm.

Il controllo di accettazione riguarderà la prova di trazione su uno spezzone di filo comprendente almeno un nodo saldato, per la determinazione della tensione di rottura, della tensione di snervamento e dell'allungamento; inoltre, dovrà essere effettuata la prova di resistenza al distacco offerta dalla saldatura del nodo.

I controlli in cantiere sono facoltativi quando il prodotto utilizzato proviene da un Centro di trasformazione o luogo di lavorazione delle barre, nel quale sono stati effettuati tutti i controlli descritti in precedenza. In quest'ultimo caso, la spedizione del materiale deve essere accompagnata dalla certificazione attestante l'esecuzione delle prove di cui sopra.

Resta nella discrezionalità del Direttore dei Lavori effettuare tutti gli eventuali ulteriori controlli ritenuti opportuni (es. indice di aderenza, saldabilità).

## **2.3 LAVORAZIONI IN CANTIERE – RAGGI MINIMI DI CURVATURA**

Il diametro minimo di piegatura deve essere tale da evitare fessure nella barra dovute alla piegatura e rottura del calcestruzzo nell'interno della piegatura.

Per definire i valori minimi da adottare ci si riferisce alle prescrizioni contenute nell'Eurocodice 2 paragrafo 8.3 "Diametri ammissibili dei mandrini per barre piegate"; in particolare si ha:

Diametri ammissibili dei mandrini per barre piegate

| <b>Caratteristica</b>            | <b>Valore Limite</b> |
|----------------------------------|----------------------|
| $\varnothing \leq 16 \text{ mm}$ | 4 $\varnothing$      |
| $\varnothing > 16 \text{ mm}$    | 7 $\varnothing$      |

## **2.4 DEPOSITO E CONSERVAZIONE IN CANTIERE**

Alla consegna in cantiere, l'Impresa appaltatrice 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.