



Bando per l'assegnazione di contributi regionali per interventi di rigenerazione urbana a favore dei comuni ricadenti in aree interne della Toscana - Annualità 2019-2021 (DD n. 4439 del 21/03/2019)

Rigenerazione urbana dell'ex area ferroviaria denominata "Borgo Verde" di Pontassieve

Progettista architettonico:
Ufficio Progettazione e DL

Progettista strutture
Ing. Claudio Pesci

RUP:
Arch. Stefania Sassolini

PROGETTO ESECUTIVO

TITOLO:

RELAZIONE SPECIALISTICA DELLE OPERE STRUTTURALI:
RELAZIONE MATERIALI IMPIEGATI

Elaborato

ST_01b

Revisione

-

Data

LUGLIO 2020

Archivio informatico

RELAZIONE MATERIALI IMPIEGATI

1 INTRODUZIONE

La presente relazione ha lo scopo di fornire tutte le indicazioni per la scelta e la posa in opera dei materiali che verranno utilizzati nella realizzazione delle strutture in progetto. L'obiettivo, pertanto, è stato quello di garantire che la struttura sia progettata così che il degrado, nel corso della sua vita nominale, non pregiudichi le sue prestazioni in termini di resistenza, stabilità e funzionalità, portandole al di sotto del livello di sicurezza richiesto.

2 IDENTIFICAZIONE, QUALIFICAZIONE E ACCETTAZIONE

I materiali ed i prodotti per uso strutturale (§11.1 del DM/2018), devono essere:

- Identificati: univocamente a cura del produttore, secondo le procedure applicabili;
- Qualificati: sotto la responsabilità del produttore, secondo le procedure applicabili;
- Accettati: dal Direttore dei Lavori mediante acquisizione e verifica della documentazione di qualificazione, nonché mediante eventuali prove sperimentali di accettazione.

2.1 Identificazione e Qualificazione

Per quanto attiene l'identificazione e la qualificazione, possono configurarsi i seguenti casi:

- A) materiali e prodotti per uso strutturale per i quali sia disponibile una norma europea armonizzata il cui riferimento sia pubblicato su GUUE. Al termine del periodo di coesistenza il loro impiego nelle opere è possibile soltanto se in possesso della Marcatura CE, prevista dalla Direttiva 89/106/CEE "Prodotti da costruzione" (CPD), recepita in Italia dal DPR 21/04/1993, n.246, così come modificato dal DPR 10/12/1997, n. 499;
- B) materiali e prodotti per uso strutturale per i quali non sia disponibile una norma armonizzata ovvero la stessa ricada nel periodo di coesistenza, per i quali sia invece prevista la qualificazione con le modalità e le procedure indicate nel DM/2018. È fatto salvo il caso in cui, nel periodo di coesistenza della specifica norma armonizzata, il produttore abbia volontariamente optato per la Marcatura CE;
- C) materiali e prodotti per uso strutturale innovativi o comunque non citati nel capitolo 11 del DM/2018 e non ricadenti in una delle tipologie A) o B). In tali casi il produttore 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 sulla base di Linee Guida approvate dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici.

2.2 Accettazione

L'accettazione dei materiali e dei prodotti è di responsabilità del Direttore dei Lavori, questa deve avvenire mediante l'acquisizione e la verifica della documentazione di accompagnamento, nonché mediante le prove di accettazione.

Acquisizione e la verifica della documentazione di accompagnamento: il Direttore dei Lavori deve acquisire la documentazione di accompagnamento nonché la documentazione che attesti la qualificazione del prodotto (differente a seconda dei casi A), B) o C)), verificando anche l'idoneità di tale documentazione. È necessario ad esempio verificare la titolarità di chi ha emesso le certificazioni e/o attestazioni, la validità ed il campo di applicazione di queste ultime (in relazione ai prodotti effettivamente consegnati ed al loro uso previsto), la conformità delle caratteristiche dichiarate alle prescrizioni progettuali o capitolari, etc. Le forniture effettuate da un commerciante intermedio devono essere accompagnate da copia dei documenti rilasciati dal Produttore e completati con il riferimento al documento di trasporto del commerciante stesso. Il Direttore dei Lavori prima della messa in opera, è tenuto a verificare quanto sopra indicato ed a rifiutare le eventuali forniture non conformi, ferme restando le responsabilità del Produttore. Oltre i casi previsti (A), B) o C)), il Direttore dei Lavori può in ogni caso richiedere le prove di accettazione che ritenga opportune o necessarie ai fini dell'accettazione del materiale.

Prove di accettazione: le prove su materiali e prodotti, a seconda delle specifiche procedure applicabili, devono generalmente essere effettuate da:

- a) laboratori di prova notificati ai sensi dell'art.18 della Direttiva n.89/106/CEE;
- b) laboratori di cui all'art.59 del DPR n.380/2001;
- c) altri laboratori, dotati di adeguata competenza ed idonee attrezzature, appositamente abilitati dal Servizio Tecnico Centrale.

1. CALCESTRUZZO

Al fine di garantire una struttura di adeguata durabilità, è stata realizzata una combinazione di progetto di miscela, materiali ed esecuzione. Pertanto, definita la classe di esposizione, i requisiti che deve possedere il calcestruzzo per resistere alle azioni ambientali sono stati specificati in termini di tipi e di classi permessi di materiali componenti, massimo rapporto acqua/cemento (a/c), dosaggio minimo di cemento, minima classe di resistenza a compressione del calcestruzzo, etc., di seguito esposti.

1.1 Individuazione delle azioni ambientali

Considerando le indicazioni riportate nella UNI 11104: 2004 e UNI EN 206-1: 2006, sono state considerate sei classi di esposizione ambientale:

1. X0 assenza di rischio di corrosione delle armature o di attacco del calcestruzzo;
2. XC corrosione delle armature indotta da carbonatazione;
3. XD corrosione delle armature indotta da cloruri esclusi quelli provenienti dall'acqua di mare;
4. XS corrosione da cloruri presenti nell'acqua di mare;
5. XF degrado del calcestruzzo provocato da cicli di gelo/disgelo con o senza sali disgelanti;
6. XA attacco chimico del calcestruzzo.

Le relative sottoclassi, riportate nel prospetto 1 (Classi di esposizione) della UNI 11104: 2004 e UNI EN 206-1: 2006, permettono di differenziare l'intensità delle azioni di degrado.

Con riferimento alle condizioni ambientali del sito ove sorgerà la nostra costruzione si ritiene che le cause di possibile degrado del calcestruzzo siano imputabili a fenomeni di carbonatazione. Si individua pertanto la **classe di esposizione XC2 per le fondazioni** di seguito sintetizzata:

CORROSIONE INDOTTA DA CARBONATAZIONE		
Nel caso in cui il calcestruzzo contenente armature o inserti metallici sia esposto all'aria e all'umidità, l'esposizione sarà classificata nel modo seguente:		
XC1	Asciutto o permanentemente bagnato	Calcestruzzo all'interno di edifici con bassa umidità relativa. Calcestruzzo costantemente immerso in acqua.
XC2	Bagnato, raramente asciutto	Superfici di calcestruzzo a contatto con acqua per lungo tempo. Molte fondazioni.
XC3	Umidità moderata	Calcestruzzo all'interno di edifici con umidità relativa dell'aria moderata oppure elevata.

		Calcestruzzo esposto all'esterno protetto dalla pioggia.
XC4	Ciclicamente bagnato ed asciutto	Superfici di calcestruzzo soggette al contatto con acqua, non nella classe di esposizione XC2.

La classe di resistenza del calcestruzzo, ed alcuni valori limiti per la composizione della miscela di calcestruzzo, sono stati individuati considerando il prospetto F.1 della UNI EN 206-1: 2006 (Valori limite raccomandati per la composizione e le proprietà del calcestruzzo), in funzione della Classe di Esposizione XC2.

CORROSIONE INDOTTA DA CARBONATAZIONE				
	XC1	XC2	XC3	XC4
Rapporto massimo a/c	0.65	0.60	0.55	0.50
Classe di resistenza minima	C20/25	C25/30	C30/37	C30/37
Contenuto minimo di cemento (kg/m ³)	260	280	280	300
Contenuto minimo di aria (%)	---	---	---	---

1.2 Classe di resistenza del calcestruzzo

Dal prospetto F.1 della UNI EN 206-1: 2006, riportato al paragrafo precedente, è stato determinato, in funzione della classe di esposizione, un calcestruzzo con una **Classe di Resistenza C25/30 per le fondazioni**. Determinata la classe di resistenza del calcestruzzo, in base al prospetto 7 (Classi di resistenza a compressione per calcestruzzo normale e pesante) della UNI EN 206-1: 2006, si prescrive che il calcestruzzo usato in cantiere deve essere caratterizzato da una resistenza caratteristica cubica a compressione, $R_{ck} = 35 \text{ N/mm}^2$ per le fondazioni e $R_{ck} = 40 \text{ N/mm}^2$ per le strutture in elevazione:

CARATTERISTICHE DEI CALCESTRUZZI PRESCRITTI			
	Classe di resistenza a compressione	Resistenza caratteristica cilindrica minima f_{ck} [N/mm ²]	Resistenza caratteristica cubica minima R_{ck} [N/mm ²]
Magroni	C12/15	12	15
Strutture di fondazioni	C25/30	25	30

1.3 Leganti

Nelle opere in oggetto dovranno essere impiegati esclusivamente i leganti idraulici definiti come cementi dalle disposizioni vigenti in materia. Tutte le forniture di cemento dovranno avere adeguate certificazioni attestanti qualità, provenienza e dovranno essere in perfetto stato di conservazione; si dovranno eseguire prove e controlli periodici ed i materiali andranno stoccati in luoghi idonei.

Tutte le caratteristiche dei materiali dovranno essere conformi alla normativa vigente ed alle eventuali prescrizioni aggiuntive fornite dal progetto o dal direttore dei lavori.

Il dosaggio minimo di cemento di 280 Kg/m³ è stato dedotto dal prospetto F.1 della UNI EN 206-1: 2006, riportato al § 2.2.1 del presente lavoro, in funzione della classe di esposizione.

1.4 Acqua d'impasto e Rapporto a/c

L'acqua di impasto, ivi compresa l'acqua di riciclo, dovrà essere conforme alla norma UNI EN 1008: 2003.

L'idoneità dell'acqua per la produzione del calcestruzzo dipende generalmente dalla sua origine. Pertanto, in fase di esecuzione dei lavori, in base al tipo di acqua utilizzata bisogna seguire le seguenti indicazioni.

Acqua potabile

Questo tipo di acqua è considerato idoneo per la produzione del calcestruzzo.

Questa acqua non necessita di essere sottoposta a prova.

Acqua di ricupero dei processi dell'industria del calcestruzzo

L'acqua di ricupero dei processi dell'industria del calcestruzzo comprende:

- acqua che faceva parte di eventuale calcestruzzo in eccedenza;
- acqua utilizzata per pulire la parte interna di betoniere fisse, benne di miscelazione di autobetoniere o agitatori e pompe per calcestruzzo;
- acqua di processo derivante da taglio, molatura e irrorazione del calcestruzzo indurito;
- acqua estratta dal calcestruzzo fresco durante la produzione del calcestruzzo.

Questa acqua semplice o combinata con acqua proveniente da altre fonti, può essere utilizzata come acqua d'impasto per calcestruzzo (con o senza armatura o elementi metallici conglobati e anche per il calcestruzzo precompresso), purché siano osservati i requisiti previsti nella UNI EN 1008: 2003 di seguito sintetizzati:

1. Il volume supplementare di materiale solido nel calcestruzzo risultante dall'impiego di

acqua di ricupero dei processi dell'industria del calcestruzzo deve essere minore dell'1% (m/m) della massa totale degli aggregati presenti nel calcestruzzo.

2. Si deve tenere in considerazione la possibile influenza data dall'impiego di questa acqua nel caso esistano requisiti speciali per la produzione del calcestruzzo, per esempio calcestruzzo architettonico, calcestruzzo precompresso, calcestruzzo aerato, calcestruzzo esposto a situazioni ambientali aggressive, ecc.
3. La quantità di acqua di ricupero deve essere distribuita nel modo più omogeneo possibile sulla produzione giornaliera.
4. Nessun odore tranne quello ammesso per l'acqua potabile e un leggero odore di cemento e, laddove nell'acqua siano presenti scorie di altoforno, un leggero odore di idrogeno solforato.

Acqua di origine sotterranea, Acqua naturale di superficie e Acque reflue industriali

Questi tipi di acqua possono essere idonei per la produzione del calcestruzzo, ma deve essere sottoposta a prova secondo quanto previsto nella UNI EN 1008: 2003.

Inoltre, sempre secondo le modalità indicate nella UNI EN 1008: 2003, devono essere sottoposte ad una valutazione preliminare di alcuni requisiti di seguito riportati.

1. Oli e grassi: solo tracce visibili.
2. Detergenti: qualsiasi formazione di schiuma dovrebbe sparire entro 2 min.
3. Colore :il colore deve essere valutato qualitativamente come giallo pallido o più pallido.
4. Sostanza in sospensione: sedimento massimo, 4 ml.
5. Odore: nessun odore, tranne quello consentito per l'acqua potabile. Nessun odore di idrogeno solforato dopo l'aggiunta di acido cloridrico.
6. Acidi: $\text{pH} \geq 4$.
7. Sostanza umica: il colore deve essere valutato qualitativamente come marrone giallastro o più pallido dopo l'aggiunta di NaOH.

Se i requisiti preliminare di ispezione dell'acqua d'impasto, sopra indicati, non vengono rispettati bisogna rifiutare l'acqua d'impasto. Se i requisiti preliminare di ispezione dell'acqua d'impasto, sono rispettati, bisogna sottoporre l'acqua alle prove indicate nella UNI EN 1008: 2003. Si può accettare l'acqua solo se i risultati delle prove specifiche sono congrui.

Acqua marina o salmastra

Questa acqua non è utilizzabile per la produzione del calcestruzzo con armatura di acciaio, o elementi metallici inglobati.

Acque nere

Questa acqua non è utilizzabile per la produzione del calcestruzzo.

Il rapporto a/c, dedotto in funzione della classe di esposizione (prospetto F.1 della UNI EN 206- 1: 2006, riportato nei paragrafi precedenti della presente relazione), deve essere di **0,60 per le strutture di fondazione**.

Il quantitativo di acqua efficace 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/m³) o le aggiunte minerali in forma di slurry;

a_{gh} = aliquota di acqua introdotta tramite l'utilizzo di chips di ghiaccio;

a_m = aliquota di acqua introdotta nel mescolatore/betoniera;

ottenendo la formula:

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

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

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

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 m³ di impasto di cemento;

c_v = dosaggio per m³ di impasto di cenere volante;

f_s = dosaggio per m³ di impasto di fumo di silice;

K_{cv} ; K_{fs} = coefficienti di equivalenza rispettivamente della cenere volante e del fumo di silice desunti dalla norma UNI-EN 206-1:2006 ed UNI 11104:2004.

1.5 Aggregati e Diametro massimo aggregati D_{max}

Valgono le seguenti definizioni:

aggregato: Materiale granulare utilizzato in edilizia. L'aggregato può essere naturale, industriale o riciclato.

aggregato naturale: Aggregato di origine minerale che è stato sottoposto unicamente a lavorazione meccanica.

aggregato misto: Aggregato consistente in una miscela di aggregati grossi e fini.

aggregato industriale: Aggregato di origine minerale derivante da un processo industriale che implica una modificazione termica o di altro tipo.

aggregato riciclato: Aggregato risultante dalla lavorazione di materiale inorganico precedentemente utilizzato in edilizia.

filler: Aggregato, la maggior parte del quale passa allo staccio di 0,063 mm, che può essere aggiunto ai materiali da costruzione per conferirne determinate proprietà.

dimensione dell'aggregato: Descrizione dell'aggregato in termini di dimensione inferiore (d) e superiore (D) dello staccio espressa come d/D.

aggregato fine: Designazione attribuita all'aggregato più fine la cui dimensione superiore D è minore o uguale a 4 mm.

aggregato grosso: Designazione attribuita all'aggregato più grosso la cui dimensione superiore D è maggiore o uguale a 4 mm e la cui dimensione inferiore d è maggiore o uguale a 2 mm.

Per il confezionamento del calcestruzzo dovranno essere impiegati aggregati appartenenti a non meno di due classi granulometriche diverse.

La percentuale di impiego di ogni singola classe granulometrica verrà stabilita dal produttore con l'obiettivo di conseguire i requisiti di lavorabilità e di resistenza alla segregazione di cui ai paragrafi che seguono.

La curva granulometrica ottenuta dalla combinazione degli aggregati disponibili, inoltre, dovrà essere 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 nominale dell'aggregato (D_{max}) è stata scelta secondo le indicazioni fornite dalle UNI 9858 che fissa il D_{max} nel rispetto della più restrittiva delle seguenti limitazioni:

- $\frac{1}{4}$ della dimensione minima della struttura;
- interfero ridotto di 5 mm;
- 1,3 volte il copriferro.

$D_{max} = 30 \text{ mm}$, soddisfa tale requisito.

Si conclude il paragrafo affermando che, secondo quanto indicato al § 11.2.9.2 del DM/2018 è consentito l'uso di aggregati grossi provenienti da riciclo, nel rispetto dei limiti della seguente tabella:

Tabella 11.2.III

Origine del materiale da riciclo	Classe del calcestruzzo	percentuale di impiego
demolizioni di edifici (macerie)	=C 8/10	fino al 100 %
demolizioni di solo calcestruzzo e c.a.	≤C30/37	≤ 30 %
	≤C20/25	Fino al 60 %
Riutilizzo di calcestruzzo interno negli stabilimenti di prefabbricazione qualificati - da qualsiasi classe		
da calcestruzzi >C45/55	≤C45/55	fino al 15%
	Stessa classe del calcestruzzo di origine	fino al 5%

In tal caso la miscela deve essere preliminarmente qualificata e documentata attraverso idonee prove di laboratorio. Per quanto riguarda gli eventuali controlli di accettazione, questi saranno finalizzati almeno alla determinazione delle caratteristiche tecniche riportate nella Tab. 11.2.IV del DM/2018, di seguito mostrata.

Tabella 11.2.IV – Controlli di accettazione per aggregati per calcestruzzo strutturale

Caratteristiche tecniche
Descrizione petrografica semplificata
Dimensione dell'aggregato (analisi granulometrica e contenuto dei fini)
Indice di appiattimento
Dimensione per il filler
Forma dell'aggregato grosso (per aggregato proveniente da riciclo)
Resistenza alla frammentazione/frantumazione (per calcestruzzo $R_{ck} \geq C50/60$)

I metodi di prova da utilizzarsi sono quelli indicati nelle Norme Europee Armonizzate citate, in relazione a ciascuna caratteristica (UNI 8520-1:2005, UNI 8520-2:2005 e UNI EN 12620).

1.6 Additivi

Per la produzione degli impasti, si consiglia l'impiego di additivi fluidificanti per migliorare la stabilità dimensionale del calcestruzzo e la durabilità dei getti.

Se il getto del calcestruzzo avverrà 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. Viceversa se il getto avverrà nel periodo invernale al fine di evitare i danni derivanti dalla 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.

Se sarà necessario eseguire riprese di getto si potrà far ricorso all'utilizzo di ritardanti di presa e degli adesivi per riprese di getto.

La quantità totale di additivi, se utilizzati, non deve superare il dosaggio massimo raccomandato dal produttore e non deve superare 50 g (nello stato di fornitura dell'additivo) per kg di cemento, a meno che non sia stabilita l'influenza di un più alto dosaggio sulle prestazioni e sulla durabilità del calcestruzzo.

L'uso di additivi in quantità minori di 2 g/kg di cemento è consentito solo se vengono dispersi in una parte dell'acqua d'impasto.

Qualora la quantità totale di additivi liquidi superi 3 l/m³ di calcestruzzo, il suo contenuto d'acqua deve essere considerato nel calcolo del rapporto acqua/cemento.

Se vengono impiegati più additivi, la loro compatibilità deve essere controllata nelle prove iniziali.

1.7 Contenuto in cloruri

Il contenuto in cloruri di un calcestruzzo, espresso come percentuale di ioni cloruro rispetto alla massa del cemento, non deve superare il valore per la Classe prescelta di cui al prospetto 10 (Contenuto massimo di cloruri nel calcestruzzo) UNI EN 206-1: 2006, di seguito sintetizzata:

Impiego del calcestruzzo	Classe di contenuto in cloruri	Massimo contenuto di Cl⁻ rispetto alla massa del cemento
In assenza di armatura di acciaio o di altri inserti metallici (ad eccezione dei dispositivi di sollevamento resistenti alla corrosione)	Cl 1,0	1,0 %
In presenza di armatura d'acciaio o di altri inserti metallici	Cl 0,20	0,20 %
	Cl 0,40	0,40%
In presenza di armatura d'acciaio da precompressione	Cl 0,10	0,10 %
	Cl 0,20	0,20%

Nel presente lavoro si prescrive una classe di **contenuto in cloruri Cl 0,20**.

Il cloruro di calcio e gli additivi a base di cloruri non devono essere utilizzati nella miscela di calcestruzzo progettata in quanto essa contiene armatura di acciaio.

1.8 Temperatura del calcestruzzo

La temperatura del calcestruzzo fresco al momento della consegna non deve essere minore di 5°C.

Qualora sia necessario applicare un requisito per una temperatura minima differente oppure per una temperatura massima del calcestruzzo fresco, detto requisito deve essere specificato con la relativa

tolleranza.

Qualunque requisito di raffreddamento o di riscaldamento artificiale del calcestruzzo prima della consegna deve essere concordato fra il produttore e l'utilizzatore.

Nel presente lavoro si prescrive una **temperatura di getto di 20°C**.

1.9 Copriferro nominale

Il calcestruzzo deve rispettare il copriferro minimo richiesto per le specifiche condizioni ambientali, in accordo con le NTC D.M.2018 e la successiva circolare esplicativa n. 7 del 21/1/2019 oppure in accordo all'EC2.

Le valutazioni devono tener conto anche delle tolleranze di posa.

Nel presente progetto sono stati considerati i seguenti valori del copriferro c :

- $c=35$ mm per la platea di fondazione;
- $c=25$ mm per le solette di elevazione;

1.10 Classe di consistenza del calcestruzzo

Il produttore del calcestruzzo dovrà adottare tutti gli accorgimenti in termini di ingredienti e di composizione dell'impasto per garantire che il calcestruzzo posseda al momento della consegna del calcestruzzo in cantiere la lavorabilità prescritta nel presente paragrafo.

In accordo con le specifiche previste nella UNI EN 206-1: 2006 la misura della lavorabilità potrà essere effettuata mediante differenti metodologie. Nel caso in esame, la lavorabilità, espressa in termini di consistenza del calcestruzzo, è stata definita in funzione della classe di abbassamento al cono (slump test).

Nella tabella riportata nella pagina che segue viene riportato unitamente al prospetto 3 (Classi di abbassamento al cono (slump)) della UNI EN 206-1: 2006, anche i relativi campi di applicazione.






Nel presente lavoro si prescrive una **classe di consistenza S4 (160-210) per fondazioni e muri**.

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.

Qualora si debba determinare la consistenza del calcestruzzo, tale requisito specificato si applica al momento dell'uso del calcestruzzo ovvero, nel caso di calcestruzzo confezionato, al momento della consegna.

Se il calcestruzzo viene consegnato con autobetoniera o con un mezzo agitatore, la consistenza può essere misurata su un campione unico prelevato all'inizio dello scarico.

Detto campione unico dovrà essere prelevato dopo avere scaricato circa $0,3 \text{ m}^3$ di calcestruzzo in

	Classe	Abbassamento al cono [mm]	Campo di applicazione consigliato
S1	 <p data-bbox="715 524 799 595">Terra umida</p>	da 10 a 40	Pavimenti messi in opera con vibro-finitrice
S2	 <p data-bbox="715 844 799 880">Plastica</p>	da 50 a 90	Strutture circolari (silos-ciminiere) messe in opera con casseri rampanti, cordoli fognature.
S3	 <p data-bbox="715 1146 869 1182">Semi-fluida</p>	da 100 a 150	Strutture non armate o poco armate o con pendenza (rampe, coperture inclinate).
S4	 <p data-bbox="715 1449 799 1485">Fluida</p>	da 160 a 210	Strutture mediamente armate (fondazioni, pareti, pilastri, travi, solai)
S5	 <p data-bbox="715 1729 799 1800">Super-fluida</p>	≥ 210	Strutture fortemente armate, di ridotta sezione e/o complessa geometria (solette molto armate, pavimentazioni)

1.11 Consegna del calcestruzzo fresco

Nelle indicazioni fornite nel presente paragrafo, se il calcestruzzo è prodotto in cantiere produttore ed utilizzatore del calcestruzzo possono coincidere.

Informazioni che devono essere fornite dall'utilizzatore del calcestruzzo al produttore

L'utilizzatore deve concordare con il produttore:

- la data;
- l'ora
- frequenza di consegna;

e, ove appropriato, deve informare il produttore in merito a:

- sistemi di movimentazioni particolari presenti sul cantiere;
- metodi particolari di posa in opera;
- limitazioni per il veicolo di consegna, per esempio tipo (mescolatore/non mescolatore), dimensione, altezza o massa totale

Informazioni che devono essere fornite dal produttore di calcestruzzo all'utilizzatore

L'utilizzatore può richiedere informazioni in merito alla composizione di calcestruzzo rilevanti per la corretta posa in opera e stagionatura del calcestruzzo fresco e per la stima dello sviluppo della sua resistenza.

Tali informazioni devono essere fornite, a richiesta dal produttore prima della consegna secondo necessità.

Essendo nel caso in esame, il calcestruzzo a prestazione garantita devono essere fornite, se richieste, le informazioni seguenti:

- a) tipo e classe di resistenza del cemento e tipo di aggregato;
- b) tipo di additivi, tipo e contenuto approssimativo delle aggiunte, se utilizzate;
- c) rapporto acqua/cemento di riferimento;
- d) risultati di precedenti prove significative sul calcestruzzo, per esempio ottenuti dal controllo di produzione o da prove iniziali
- e) sviluppo della resistenza;
- f) origine dei materiali componenti.

In accordo a eventuali disposizioni valide nel luogo di impiego, il produttore deve informare l'utilizzatore circa i potenziali rischi per la salute connessi alla manipolazione del calcestruzzo fresco.

Documento di consegna del calcestruzzo preconfezionato

Alla consegna del calcestruzzo, il produttore dovrà fornire all'utilizzatore un documento di consegna su cui siano riportate, a stampa o mediante timbratura o per iscritto, almeno le informazioni seguenti:

- nome dell'impianto di preconfezionamento;
- numero progressivo del documento;
- giorno e ora del carico, ovvero ora del primo contatto tra acqua e cemento;
- numero dell'autobetoniera o identificativo del veicolo di trasporto;
- nome dell'acquirente;
- nome e ubicazione del cantiere;
- dettagli o riferimenti alle specifiche d'ordine, per esempio codice, numero d'ordine;
- quantità di calcestruzzo in metro cubo;
- dichiarazione di conformità alle specifiche e alla EN 206-1;
- nome o marchio dell'ente di certificazione, se previsto;
- ora di arrivo del calcestruzzo in cantiere;
- ora di inizio scarico;
- ora di fine scarico.

Inoltre, essendo nel seguente progetto prescritto un calcestruzzo a prestazione garantita, il documento di consegna deve fornire informazioni in merito a:

- classe di resistenza;
- classi di esposizione ambientale;
- classe di contenuto in cloruri;
- classe di consistenza o valore di riferimento;
- tipo di additivo e aggiunte, se impiegati;
- dimensione massima nominale dell'aggregato;

Informazioni di consegna per il calcestruzzo prodotto in cantiere

Per il calcestruzzo prodotto in cantiere risulta importante che venga fornito il documento di consegna, se il soggetto che produce il calcestruzzo è diverso dal soggetto responsabile della sua posa in opera.

Consistenza del calcestruzzo alla consegna

In generale, è proibita qualsiasi aggiunta d'acqua o di additivo alla consegna. In casi speciali, è

possibile aggiungere acqua o additivi, sotto la responsabilità del produttore, se ciò serve a riportare la consistenza al valore di specifica e purché non vengano superati i valori di specifica e l'aggiunta di additivo sia prevista nel progetto della miscela di calcestruzzo.

La quantità d'acqua aggiunta o di additivo immesse nell'autobetoniera devono sempre essere registrate sul documento di consegna.

In generale, 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 possieda i requisiti di lavorabilità prescritti. Inoltre, in questa evenienza dovrà essere accertato preliminarmente dal produttore e valutato dalla Direzione dei Lavori 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.

1.12 Posa in opera

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 e di un responsabile tecnico dell'Impresa appaltatrice.

Prima di procedere alla messa in opera del calcestruzzo, sarà necessario adottare tutti quegli accorgimenti atti ad evitare qualsiasi sottrazione di acqua dall'impasto. In particolare, in caso di casseforme in legno, andrà eseguita un'accurata bagnatura delle superfici.

È proibito eseguire il getto del conglomerato quando la temperatura esterna scende al di sotto dei +5°C se non si prendono particolari sistemi di protezione del manufatto concordati e autorizzati dalla Direzione dei Lavori anche qualora la temperatura ambientale superi i 33°C.

Si sottolinea infine che il trasporto del calcestruzzo, dal sito di confezione al luogo d'impiego, deve essere effettuato con mezzi adeguati ad evitare la segregazione o il danneggiamento del conglomerato.

Scarico del calcestruzzo

Lo scarico del calcestruzzo dal mezzo di trasporto nelle casseforme deve essere eseguito adottando tutti gli accorgimenti atti ad evitare la segregazione del calcestruzzo.

E' opportuno che l'altezza di caduta libera del calcestruzzo fresco, indipendentemente dai sistemi di

movimentazione e getto, non ecceda 50 – 80 cm e che lo spessore degli strati orizzontali di calcestruzzo, misurato dopo la vibrazione, non sia maggiore di 30 cm. È preferibile utilizzare 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.

Si deve evitare di scaricare il calcestruzzo in cumuli da stendere poi successivamente con l'impiego dei vibratori, in quanto questo procedimento può provocare l'affioramento della pasta cementizia e la segregazione.

Riprese di getto

Per quanto possibile, i getti devono essere eseguiti in modo da evitare le riprese e conseguire la necessaria continuità strutturale.

Per ottenere ciò è opportuno ridurre al minimo il tempo di ricopertura tra gli strati successivi, in modo che, mediante vibrazione, si ottenga la monoliticità del calcestruzzo.

Qualora siano inevitabili le riprese di getto, è necessario che la superficie del getto su cui si prevede la ripresa, sia lasciata quanto più possibile corrugata, alternativamente la superficie deve essere scalfita (asperità di circa 5 mm) e successivamente deve essere opportunamente pulita da detriti e bagnata per circa due ore prima del getto del nuovo strato di calcestruzzo, in modo da migliorare l'adesione con il getto successivo.

Compattazione del calcestruzzo

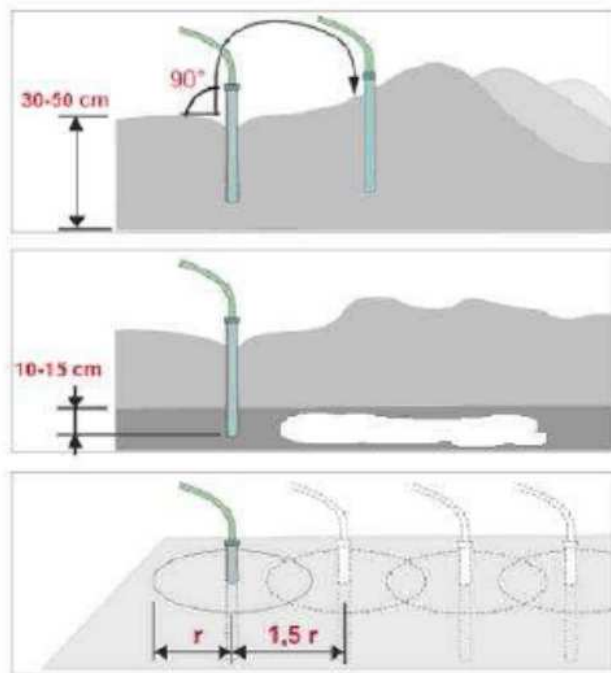
Quando il calcestruzzo fresco è versato nella casseforma, contiene molti vuoti e tasche d'aria racchiusa tra gli aggregati grossolani rivestiti parzialmente di malta, pertanto per raggiungere ottime proprietà di omogeneità, porosità e buona aderenza con le barre di armatura il calcestruzzo deve essere compattato. La compattazione potrà essere eseguita con vibratori a parete o con vibratori di tipo interno detti anche ad immersione o ad ago. Per effettuare la compattazione l'ago vibrante deve essere introdotto verticalmente e spostato da punto a punto nel calcestruzzo con tempi di permanenza in funzione della classe di consistenza del calcestruzzo come mostrato nella seguente tabella:

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

L'intervallo tra due punti adiacenti di inserimento del vibratore devono essere uguali a 1.5 volte il raggio d'azione r del vibratore che in generale è compreso tra 20 e 60 cm.

L'effettivo completamento della compattazione può essere valutato dall'aspetto della superficie, che non deve essere né porosa né eccessivamente ricca di malta. L'estrazione dell'ago deve avvenire verticalmente, graduale ed effettuata in modo da permettere la richiusura del foro da esso lasciato.

L'ago deve essere introdotto per l'intero spessore del getto fresco, e per 5-10 cm in quello sottostante, se questo è ancora lavorabile. In tal modo si ottiene un adeguato legame tra gli strati (vedi figura).



Caratteristiche d'impiego dei vibratori ad ago.

1.13 Casseforme

Per tali opere provvisorie l'appaltatore comunicherà preventivamente alla Direzione dei Lavori il sistema e le modalità esecutive che intende adottare, ferma restando l'esclusiva responsabilità dell'appaltatore stesso 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.

Per quanto riguarda le casseforme viene prescritto l'uso di casseforme metalliche o di materiali fibrocompresi 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.

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

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

1.14 Stagionatura

Il calcestruzzo, al termine della messa in opera e successiva compattazione, deve essere stagionato e protetto 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'appaltatore è responsabile della corretta esecuzione della stagionatura che potrà essere condotta mediante:

- la permanenza entro casseri del conglomerato;
- l'applicazione, sulle superfici libere, di specifici film di protezione mediante la distribuzione nebulizzata di additivi stagionanti (agenti di curing);
- l'irrorazione continua del getto con acqua nebulizzata;
- 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 ricoperta da un costante velo d'acqua.

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 con altri materiali.

Al fine di assicurare alla struttura un corretto sistema di stagionatura in funzione delle condizioni ambientali, della geometria dell'elemento e dei tempi di scasseratura previsti, l'appaltatore, previa informazione alla direzione dei lavori, eseguirà verifiche di cantiere che assicurino l'efficacia delle misure di protezione adottate.

Sarà obbligatorio procedere alla maturazione dei getti per almeno 7 giorni consecutivi. Qualora dovessero insorgere esigenze particolari per sospendere la maturazione esse dovranno essere espressamente autorizzate dalla direzione dei lavori.

Per i getti confinati entro casseforme l'operazione di bagnatura verrà avviata al momento della

rimozione dei casseri, se questa avverrà prima di 7 giorni.

1.15 Controllo di accettazione del calcestruzzo in cantiere

È necessario eseguire controlli sistematici in corso d'opera per verificare la conformità delle caratteristiche del calcestruzzo messo in opera rispetto a quello stabilito dal progetto.

Il controllo di accettazione va eseguito su miscele omogenee e si configura, in funzione del quantitativo di calcestruzzo in accettazione.

Nel caso in esame essendo in presenza di una costruzione con meno di 100 m³ di getto di miscela omogenea, deve essere eseguito un controllo di tipo A di cui al § 11.2.5.1 del DM/2018 che prevede almeno 3 prelievi di conglomerato.

Il controllo di accettazione si potrà ritenere positivo ed il quantitativo di calcestruzzo potrà essere accettato se risulteranno verificate le condizioni di cui al § 11.2.5 del DM/2018.

Il prelievo dei provini per il controllo di accettazione va eseguito alla presenza del Direttore dei Lavori o di un tecnico di sua fiducia che provvede alla redazione di apposito verbale di prelievo e dispone l'identificazione dei provini mediante sigle, etichettature indelebili, ecc.; la certificazione effettuata dal laboratorio prove materiali deve riportare riferimento a tale verbale.

La domanda di prove al laboratorio deve essere sottoscritta dal Direttore dei Lavori e deve contenere precise indicazioni sulla posizione delle strutture interessate da ciascun prelievo. Le prove non richieste dal Direttore dei Lavori non possono fare parte dell'insieme statistico che serve per la determinazione della resistenza caratteristica del materiale.

Le prove a compressione vanno eseguite conformemente alle norme UNI EN 12390-3:2003. 24 L'opera o la parte di opera non conforme ai controlli di accettazione non può essere accettata finché la non conformità non è stata definitivamente rimossa dal costruttore, il quale deve procedere ad una verifica delle caratteristiche del calcestruzzo messo in opera mediante l'impiego di altri mezzi d'indagine, secondo quanto prescritto dal Direttore dei Lavori e conformemente a quanto indicato nel § 11.2.6 del DM/2018.

I "controlli di accettazione" sono obbligatori ed il collaudatore è tenuto a controllarne la validità, qualitativa e quantitativa; ove ciò non fosse, il collaudatore è tenuto a far eseguire delle prove che attestino le caratteristiche del calcestruzzo, seguendo la medesima procedura che si applica quando non risultino rispettati i limiti fissati dai "controlli di accettazione".

4 ACCIAIO PER CEMENTO ARMATO

L'acciaio per c.a. sarà del tipo ad aderenza migliorata laminato a caldo B450C qualificato di tipo saldabile.

4.1 Caratteristiche d'impiego

L'acciaio sarà prodotto in stabilimento sotto forma di barre o rotoli, per utilizzo diretto. Gli acciai B450C, possono essere impiegati in barre di diametro \varnothing compreso tra 6 e 40 mm.

Sagomatura e/o l'assemblaggio

La sagomatura e/o l'assemblaggio potranno avvenire:

- in cantiere, sotto la vigilanza della Direzione Lavori;
- in centri di trasformazione, solo se provvisti dei requisiti di cui al § 11.3.1.7 del DM/2018.

Identificazione e rintracciabilità dei prodotti qualificati

Il prodotto deve essere qualificato, pertanto, deve costantemente essere riconoscibile e riconducibile allo stabilimento di produzione tramite marchiatura indelebile depositata presso il Servizio Tecnico Centrale, dalla quale risulti, in modo inequivocabile, il riferimento all'Azienda produttrice, allo Stabilimento, al tipo di acciaio ed alla sua eventuale saldabilità.

La marchiatura deve essere inalterabile nel tempo e senza possibilità di manomissione.

La mancata marchiatura, la non corrispondenza a quanto depositato o la sua illeggibilità, anche parziale, rendono il prodotto non impiegabile.

Forniture e documentazione di accompagnamento

Tutte le forniture di acciaio, per le quali non sussista l'obbligo della Marcatura CE, devono essere accompagnate dalla copia dell'attestato di qualificazione del Servizio Tecnico Centrale. L'attestato può essere utilizzato senza limitazione di tempo. Il riferimento a tale attestato deve essere riportato sul documento di trasporto.

Le forniture effettuate da un commerciante intermedio devono essere accompagnate da copia dei documenti rilasciati dal Produttore e completati con il riferimento al documento di trasporto del commerciante stesso.

Prima della messa in opera, è necessario verificare quanto sopra indicato (tutte le forniture devono essere corredate da copia dei Certificati Ufficiali) ed a rifiutare le eventuali forniture non conformi, ferme restando le responsabilità del produttore.

4.2 Caratteristiche meccaniche dell'acciaio per cemento armato

Resistenza di calcolo

In sede di progetto si è fatto riferimento ai seguenti valori nominali:

$f_{y\text{ nom}} = 450 \text{ N/mm}^2$ valore nominale delle tensioni caratteristiche di snervamento

$f_{t\text{ nom}} = 540 \text{ N/mm}^2$ valore nominale delle tensioni caratteristiche di rottura

rispettando i requisiti indicati nella Tabella 11.3.Ib del DM/2018:

Tabella 11.3.Ib

CARATTERISTICHE	REQUISITI	FRATTILE (%)
Tensione caratteristica di snervamento f_{yk}	$\geq f_{y\text{ nom}}$	5.0
Tensione caratteristica di rottura f_{tk}	$\geq f_{t\text{ nom}}$	5.0
$(f_t/f_y)_k$	$\geq 1,15$	10.0
$(f_y/f_{y\text{ nom}})_k$	$< 1,35$	10.0
Allungamento $(A_{gt})_k$:	$\leq 1,25$	10.0
Diametro del mandrino per prove di piegamento a 90° e successivo raddrizzamento senza cricche:		
$\phi < 12 \text{ mm}$	4ϕ	
$12 \leq \phi \leq 16 \text{ mm}$	5ϕ	
per $16 < \phi \leq 25 \text{ mm}$	8ϕ	
per $25 < \phi \leq 40 \text{ mm}$	10ϕ	

4.3 Lavorazioni e Deposito dell'acciaio 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:

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

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, se il cantiere è posto ad una distanza inferiore a 2 Km dal mare, le barre di armatura dovranno essere protette con appositi teli dall'azione dell'aerosol marino.

4.4 Controllo di accettazione dell'acciaio in cantiere

I controlli di accettazione in cantiere sono obbligatori, devono essere effettuati entro 30 giorni dalla data di consegna del materiale e devono essere campionati, nell'ambito di ciascun lotto di spedizione, con le medesime modalità contemplate nelle prove a carattere statistico di cui al punto 11.3.2.10.1.2 del DM/2018, in ragione di 3 spezzoni, marchiati, di uno stesso diametro, scelto entro ciascun lotto, sempre che il marchio e la documentazione di accompagnamento dimostrino la provenienza del materiale da uno stesso stabilimento. In caso contrario i controlli devono essere estesi ai lotti provenienti da altri stabilimenti.

Il prelievo dei campioni va effettuato a cura del Direttore dei Lavori o di tecnico di sua fiducia che deve assicurare, mediante sigle, etichettature indelebili, ecc., che i campioni inviati per le prove al laboratorio incaricato siano effettivamente quelli da lui prelevati.

I valori di resistenza ed allungamento di ciascun campione, accertati in accordo con il punto 11.3.2.3 del DM/2018, da eseguirsi comunque prima della messa in opera del prodotto riferiti ad uno stesso diametro, devono essere compresi fra i valori massimi e minimi riportati nella Tabella 11.3.VI del DM/2018:

Tabella 11.3.VI – Valori di accettazione

Caratteristica	Valore limite	NOTE
f_y minimo	425 N/mm ²	(450 – 25) N/mm ²
f_y massimo	572 N/mm ²	[450 x (1,25+0,02)] N/mm ²
A_{gt} minimo	≥ 6,0%	per acciai B450C
A_{gt} minimo	≥ 2,0%	per acciai B450A
Rottura/snervamento	$1,13 \leq f_t / f_y \leq 1,37$	per acciai B450C
Rottura/snervamento	$f_t / f_y \geq 1,03$	per acciai B450A
Piegamento/raddrizzamento	assenza di cricche	per tutti

Nel caso in cui i risultati sperimentali dei campioni di armatura forniscano valori non conformi ai valori di accettazione riportati nella Tabella 11.3.VI, i valore dovranno essere riverificati secondo quanto prescritto dal Direttore dei Lavori e conformemente a quanto indicato al punto 11.3.2.10.4 del DM/2018.

Qualora la fornitura, di elementi sagomati o assemblati, provenga da un Centro di Trasformazione, il Direttore dei Lavori, dopo essersi accertato preliminarmente che il suddetto Centro di Trasformazione sia in possesso di tutti i requisiti previsti al § 11.3.1.7 DM/2018, può recarsi presso il medesimo Centro di Trasformazione ed effettuare in stabilimento tutti i controlli di cui sopra.

In tal caso il prelievo dei campioni viene effettuato dal Direttore tecnico del centro di

trasformazione secondo le disposizioni del Direttore dei Lavori; quest'ultimo deve assicurare, mediante sigle, etichettature indelebili, ecc., che i campioni inviati per le prove al laboratorio incaricato siano effettivamente quelli da lui prelevati, nonché sottoscrivere la relativa richiesta di prove.

La domanda di prove al Laboratorio autorizzato deve essere sottoscritta dal Direttore dei Lavori e deve contenere indicazioni sulle strutture interessate da ciascun prelievo. In caso di mancata sottoscrizione della richiesta di prove da parte del Direttore dei Lavori, le certificazioni emesse dal laboratorio non possono assumere valenza ai sensi del presente decreto e di ciò ne deve essere fatta esplicita menzione sul certificato stesso.

5 ACCIAIO DA CARPENTERIA

Per la realizzazione di strutture metalliche e di strutture composte si dovranno utilizzare acciai conformi alle norme armonizzate della serie UNI EN 10025 (per i laminati), UNI EN 10210 (per i tubi senza saldatura) e UNI EN 10219-1 (per i tubi saldati), recanti la Marcatura CE, cui si applica il sistema di attestazione della conformità 2+.

Per le opere di carpenteria in oggetto è prescritto l'acciaio **tipo S275**.

Tutta la struttura metallica deve essere marcata CE secondo EN 1090 con **classe di esecuzione EXC3**. Vista la natura e la complessità della struttura metallica, il produttore dovrà essere in possesso di licenza tecnica in corso di validità rilasciata da un organo imparziale competente in materia. Il produttore dovrà inoltre essere in possesso di adeguato procedimento interno di qualità.

5.1 Caratteristiche meccaniche

L'acciaio dovrà essere non ossidato, non corrosivo, senza difetti superficiali, saldabile, rispondente ai requisiti indicati nella seguente tabella:

NORME E QUALITA' DEGLI ACCIAI	SPESSORE NOMINALE DELL'ELEMENTO			
	t ≤ 40mm		40mm < t ≤ 80mm	
	f _{yk} [N/mm ²]	f _{tk} [N/mm ²]	f _{yk} [N/mm ²]	f _{tk} [N/mm ²]
UNI EN 10025-2 S275	275	430	255	410

Modulo elastico $E = 210.000 \text{ N/mm}^2$;

Coefficiente di Poisson $\nu = 0,30$;

Modulo elasticità trasversale $G = E / (2 (1 + \nu)) = 80.769 \text{ N/mm}^2$

5.2 Controlli sui prodotti laminati

Per l'accertamento delle caratteristiche meccaniche indicate nel seguito, il prelievo dei saggi, la posizione nel pezzo da cui essi devono essere prelevati, la preparazione delle provette e le modalità di prova devono rispondere alle prescrizioni delle norme UNI EN ISO 377:1999, UNI 552:1986, EN 10002-1:2004, UNI EN 10045- 1:1992 e alle prescrizioni di cui al punto 11.3.4.11 del D.M. 14.01.08.

5.3 Fornitura dei prodotti laminati

Per la documentazione di accompagnamento delle forniture val quanto indicato al punto 11.3.1.5 del D.M. 14.01.08 in particolare:

- Tutte le forniture di acciaio, per le quali non sussista l'obbligo della Marcatura CE, devono essere accompagnate dalla copia dell'attestato di qualificazione del Servizio Tecnico Centrale;
- Il riferimento a tale attestato deve essere riportato sul documento di trasporto;
- Le forniture effettuate da un commerciante intermedio devono essere accompagnate da copia dei documenti rilasciati dal Produttore e completati con il riferimento al documento di trasporto del commerciante stesso;
- Il Direttore dei Lavori prima della messa in opera, è tenuto a verificare quanto sopra indicato ed a rifiutare le eventuali forniture non conformi, ferme restando le responsabilità del produttore.

5.4 Prescrizioni per le saldature tra gli elementi metallici

Le saldature dovranno essere eseguite secondo NTC 2018 punto 4.2.1.3 e punto 11.3.4.5, in particolare:

- La saldatura degli acciai deve avvenire con uno dei procedimenti all'arco elettrico codificati secondo la norma UNI EN ISO 4063:2001;
- I saldatori nei procedimenti semiautomatici e manuali dovranno essere autorizzati secondo la norma UNI EN 287-1:2004 da parte di un Ente terzo;
- I saldatori che eseguono i giunti a T con cordoni d'angolo dovranno essere specificatamente qualificati e non potranno essere qualificati soltanto mediante l'esecuzione di giunti testa-testa;
- Le saldature saranno sottoposte a controlli non distruttivi finali per accertare la corrispondenza ai livelli di qualità stabiliti dal progettista sulla base delle norme applicate per la progettazione;
- L'entità ed il tipo di tali controlli, distruttivi e non distruttivi, in aggiunta a quello visivo al 100%, saranno definiti dal Collaudatore e dal Direttore dei Lavori; per i cordoni ad angolo o giunti a Relazione sui Materiali 17 Progettazione esecutiva per la messa in sicurezza del Ponte "Margherita" sulla SP n. 330 in Dragoni (CE) parziale penetrazione si useranno metodi di superficie (ad es. liquidi penetranti o polveri magnetiche);
- Tutti gli operatori che eseguiranno i controlli dovranno essere qualificati secondo la norma UNI EN 473:2001 almeno di secondo livello;
- Il costruttore deve essere certificato secondo la norma UNI EN ISO 3834:2006 parti 2 e 4; il livello di conoscenza tecnica del personale di coordinamento delle operazioni di saldatura deve corrispondere ai requisiti della normativa di comprovata validità.

5.5 Bulloni e chiodi

Le caratteristiche dei bulloni dovranno essere conformi alle norme UNI EN ISO 4016:2002 e UNI 5592:1968 e dovrà essere dotata di marchiatura CE, inoltre debbono appartenere alle sotto indicate classi della norma UNI EN ISO 898-1:2001

	Normali			Ad alta resistenza	
VITE	4.6	5.6	6.8	8.8	10.9
DADO	4	5	6	8	10

Le tensioni di snervamento f_{yb} e di rottura f_{tb} delle viti appartenenti alle classi indicate nella tabella soprastante sono riportate nella tabella che segue:

Classe	4.6	5.6	6.8	8.8	10.9
f_{yb} (N/mm ²)	240	300	480	649	900
F_{tb} (N/mm ²)	400	500	600	800	1000

Nel progetto in oggetto si sono utilizzati bulloni ad alta resistenza di **classe 8.8**.

5.6 Protezione dei profilati con zincatura

Dove specificato i componenti strutturali saranno opportunamente protetti dalla corrosione mediante zincatura a caldo, effettuata secondo la norma UNI EN ISO 1461. Prima di procedere alla zincatura si procederà alla preparazione della superficie dei manufatti di acciaio (pre-trattamento), che consiste nell'asportazione di impurità, sporco e strati di ossido, mediante due fasi successive che sfruttano l'azione chimica dei bagni di sgrassaggio, prima e di decapaggio acido, poi.

Tale fase è necessaria a garantire che la superficie dell'acciaio da zincare sia perfettamente pulita, in modo che nessuna presenza di ossido ed altri contaminanti possa frapporsi nel contatto del ferro nella sua forma metallica con lo zinco fuso del bagno al momento dell'immersione.

Diffatti, che la superficie dell'acciaio si presenti perfettamente ridotta e metallica è una condizione indispensabile perché la reazione metallurgica di formazione del rivestimento di zincatura abbia luogo.

La formazione del rivestimento protettivo avviene durante l'immersione nello zinco fuso. In questa fase, si sviluppa sulla superficie di acciaio uno strato di rivestimento per reazione intermetallica tra la fase solida e la fase liquida (tra zinco e ferro dell'acciaio). In effetti lo zinco diffonde all'interno della superficie dell'acciaio, formando una serie di leghe zinco/ferro a tenore di zinco crescente

verso l'esterno.

Le fasi di pretrattamento, il processo di zincatura e la qualità delle materie impiegate utilizzate garantiranno, in base alla preparazione del materiale grezzo, una ottima resistenza alla corrosione ed uno spessore minimo dello strato di zinco come previsto nel prospetto II par. 6 della norma UNI EN ISO 1461/2009.

Circa le altre prescrizioni esecutive si richiamano le disposizioni di cui alle Norme Tecniche Vigenti emanate dal Ministero dei Lavori Pubblici.

6 QUADRO RIEPILOGATIVO

I materiali ed i prodotti per uso strutturale (§11.1 del DM/2018), devono essere:

Calcestruzzo per fondazioni e muri	
Classe del calcestruzzo	C25/30
Resistenza caratteristica cubica R_{ck}	30 N/mm ²
Classe di esposizione ambientale	XC2
Massimo rapporto acqua/cemento	0.60
Contenuto minimo di cemento	280
Classe di consistenza	S4
Copriferro minimo: elementi bidimensionali	35
Dimensione massima degli aggregati	30 mm

Acciaio da cemento armato	
Tipo di Acciaio	B 450C
tensione nominale di snervamento $f_{y,nom}$	450 N/mm ²
tensione nominale di rottura $f_{t,nom}$	540 N/mm ²
modulo di elasticità normale E	210000 N/mm ²
modulo di elasticità tangenziale G	85000 N/mm ²
coefficiente di dilatazione termica α	$1,2 \cdot 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$

Acciaio da carpenteria	
Tipo di Acciaio	S275
tensione caratteristica di snervamento f_{yk}	275 N/mm ²
tensione caratteristica di rottura f_{tk}	430 N/mm ²
modulo di elasticità normale E	210000 N/mm ²
Coefficiente di Poisson ν	0.30
modulo di elasticità tangenziale G	80769 N/mm ²
Classe di esecuzione	EXC3
Classe bulloni	8.8
Classe dadi	8

Circa le altre prescrizioni esecutive si richiamano le disposizioni di cui alle Norme Tecniche Vigenti emanate dal Ministero dei Lavori Pubblici.

Firenze, 03/08/2020

Ing. Claudio Pesci

