



Regione Lombardia

Direzione Generale Infrastrutture, Trasporti e Mobilità sostenibile



CODICE
COMMESSA

Q 0 3

LIVELLO
PROGETTAZIONE

D

D.P.R.
207/10

b

PROGRESSIVO
ELABORATO

0 2 9

CATEGORIA
OPERA

F B

NUMERO
OPERA

- -

REVISIONE

R 1

SCALA

-

AMMODERNAMENTO E POTENZIAMENTO DEL
NODO DI BOVISA - COMUNE DI MILANO
Progetto definitivo

RELAZIONE SUI MATERIALI
AMPLIAMENTO STAZIONE

Revisioni		Data	Descrizione	Redatto	Controllato
	3				
	2				
	1	Apr. 2022	NUOVO LAYOUT FABBRICATO VIAGGIATORI		
	0	Ott. 2020	PRIMA EMISSIONE		

NORD_ING

FERROVIENORD

Progettista



Collaborazione



Via Squero, 12 - 35042 Monselice (PD)

REDATTO	CONTROLLATO	APPROVATO	DATA
L.ANTIQUARIO	F.CAObianco	R.ZANON	04/22
CODICE ARCHIVIO COLLABORATORE			AGG.
1191D06			

INDICE

1. INTRODUZIONE	2
2. MATERIALI ESISTENTI	2
2.1. Livello di conoscenza	2
2.2. Calcestruzzo	2
2.3. Acciaio armatura	3
3. MATERIALI NUOVI	4
3.1. Calcestruzzo	4
3.1.1. <i>Durabilità</i>	5
3.1.2. <i>Resistenza al fuoco</i>	7
3.1.3. <i>Acqua di impasto</i>	8
3.1.4. <i>Leganti</i>	9
3.1.5. <i>Aggregati</i>	10
3.1.6. <i>Aggiunte</i>	14
3.1.7. <i>Additivi</i>	15
3.2. Acciaio armatura	20
3.2.1. <i>Identificazione e rintracciabilità dei prodotti qualificati</i>	22
3.2.2. <i>Controlli e documentazione di accompagnamento</i>	24
3.2.3. <i>Acciaio per cemento armato laminato a caldo</i>	25
3.2.4. <i>Accertamento delle proprietà meccaniche</i>	25
3.2.5. <i>Caratteristiche adimensionali</i>	25
3.2.6. <i>Barre e rotoli</i>	25
3.3. Acciaio carpenteria	26
3.4. Bulloneria	26

1. INTRODUZIONE

Il presente documento costituisce la relazione sui materiali esistenti e sui materiali impiegati per gli interventi di adeguamento sui tre corpi di fabbrica costituendo la stazione Bovisa di Milano.

2. MATERIALI ESISTENTI

2.1. Livello di conoscenza

Secondo le NTC in vigore sono tre livelli di conoscenza, come al seguito:

LC1, raggiunto quando sono effettuati rilievi geometrici, verifiche in situ limitate sui dettagli costruttivi ed indagini in situ limitate sulle proprietà dei materiali; il corrispondente fattore di confidenza, che riduce i valori medi di resistenza dei materiali della struttura esistente, è $FC=1.35$;

LC2, raggiunto quando sono effettuati rilievi geometrici, verifiche in situ estese ed esaustive sui dettagli costruttivi ed indagini in situ estese sulle proprietà dei materiali; il corrispondente fattore di confidenza è $FC=1.2$;

LC3, raggiunto quando sono effettuati rilievi geometrici, verifiche in situ estese ed esaustive sui dettagli costruttivi, indagini in situ esaustive sulle proprietà dei materiali; il corrispondente fattore di confidenza è $FC=1$.

Vista la disponibilità di un adeguato numero di elaborati di progetto originali e vista la previsione di realizzazione di una campagna indagine sui tre fabbricati composta indagini limitate sui dettagli costruttivi e prove estese sui materiali, si è scelto di adottare, cautelativamente, livello di conoscenza LC2. Di conseguenza si utilizzerà un fattore di confidenza pari a $FC=1.2$.

2.2. Calcestruzzo

Non essendo ancora disponibili prove sui materiali al momento della stesura di tale documento, per le resistenze medie dei calcestruzzi utilizzati nelle opere esistenti si è fatto riferimento a quanto indicato nella relazione di calcolo originale del progetto. Si riportano di seguito i calcestruzzi ritrovati nella relazione di calcolo.

- Calcestruzzo magro di sottofondazione	$R_{bk} \geq 150 \text{ kg/cm}^2$
- Calcestruzzo per strutture di fondazione in c.a., gettato e prefabbricato	$R_{bk} \geq 250 \text{ kg/cm}^2$
- Calcestruzzo per muri di contenimento in c.a. (banchine laterali)	$R_{bk} \geq 250 \text{ kg/cm}^2$
- Calcestruzzo per strutture in elevazione gettate in opera, escluse le travi	$R_{bk} \geq 300 \text{ kg/cm}^2$
- Idem come sopra, ma per le travi	$R_{bk} \geq 350 \text{ kg/cm}^2$
- Calcestruzzo per elementi prefabbricati in c.a.	$R_{bk} \geq 550 \text{ kg/cm}^2$
- Calcestruzzo per elementi prefabbricati in c.a.p.	$R_{bk} \geq 550 \text{ kg/cm}^2$

Figura 1 – Calcestruzzo esistente

Secondo quanto indicato al paragrafo 8.7.2 per i meccanismi duttili si è utilizzata la resistenza media divisa per FC mentre per i meccanismi fragili la resistenza media è stata divisa per FC e per il coefficiente parziale previsto dalla normativa ($\gamma_c=1.5$, $\gamma_a=1.15$). Nella tabella seguente sono riportate le resistenze dei materiali utilizzati.

CARATTERISTICHE CALCESTRUZZO ESISTENTE				
Classe	R_{cm} [MPa]	f_{cm} [MPa]	$f_{cd,duttile}$ [MPa]	$f_{cd,fragile}$ [MPa]
$R_{bk} 250$	25.00	20.75	17.29	11.53
$R_{bk} 300$	30.00	24.90	20.75	13.83
$R_{bk} 350$	35.00	29.05	24.21	16.14
$R_{bk} 550$	55.00	45.65	38.04	25.36

2.3. Acciaio armatura

Non essendo ancora disponibili prove sui materiali al momento della stesura di tale documento, per le resistenze medie degli acciai utilizzati nelle opere esistenti si è fatto riferimento a quanto indicato nella relazione di calcolo originale del progetto. Si riportano di seguito gli acciai ritrovati nella relazione di calcolo.

- Acciaio nervato, tipo Fe B 44K controllato per c.a. e c.a.p.

$$f_{tk} \geq 5500 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_{yk} \geq 4400 \text{ kg/cm}^2$$

Figura 2 – Acciaio esistente

Secondo quanto indicato al paragrafo 8.7.2 per i meccanismi duttili si è utilizzata la resistenza media divisa per FC mentre per i meccanismi fragili la resistenza media è stata divisa per FC e per il coefficiente parziale previsto dalla normativa ($\gamma_c=1.5$, $\gamma_a=1.15$). Nella tabella seguente sono riportate le resistenze dei materiali utilizzati.

CARATTERISTICHE CALCESTRUZZO ESISTENTE				
Classe	f_{tk} [MPa]	f_{ym} [MPa]	$f_{yd,duile}$ [MPa]	$f_{yd,fragile}$ [MPa]
Fe B 44K	550.00	440.00	366.67	318.84

3. MATERIALI NUOVI

3.1. Calcestruzzo

Il calcestruzzo utilizzato per la realizzazione delle opere (pareti, solette, muri contro terra e platea) deve provenire da impianto idoneo con apparecchiatura adeguate alla produzione onde garantire una elevata qualità del materiale.

Gli impianti devono essere dotati di un controllo interno della produzione come da Norme UNI certificato da Enti terzi indipendenti; i documenti di trasporto recheranno indicazione di detta certificazione. Il Direttore dei Lavori controllerà quanto sopra e procederà inoltre alle prove di controllo previste dalle Norme.

Per i leganti si utilizzeranno materiali previsti dalle Norme vigenti dotati di marchiatura CE e idonei all'uso previsto. Per gli aggregati si utilizzeranno materiali naturali o artificiali conformi alle Norme UNI ed in particolare non gelivi, senza cloruri e privi di impurità. Anche l'acqua di impasto dovrà essere conforme alle Norme Uni.

Si prevede di utilizzare:

- Cls per pareti, pilastri, scale interne ed esterne, solette e travi gettate in opera:
 - Classe C30/37
 - Classe di esposizione XC3
 - Classe di consistenza S4

- Aggregati max 30m
- Cls per fondazione e muri controterra:
 - Classe C25/30
 - Classe di esposizione XC2
 - Classe di consistenza S4
 - Aggregati max 30m
- Cls per travi prefabbricate:
 - Classe C45/55
 - Classe di esposizione XC3
 - Classe di consistenza S4
 - Aggregati max 30m

Di seguito sono riportati i valori di calcolo dei materiali utilizzati.

CARATTERISTICHE CALCESTRUZZO								
Classe	R _{ck} [MPa]	f _{ck} [MPa]	f _{cd} [MPa]	f _{ctm} [MPa]	f _{ctk} [MPa]	f _{ctd} [MPa]	f _{cm} [MPa]	E _{cm} [MPa]
C25/30	30.00	24.90	14.11	2.56	1.79	1.19	32.90	31447.16
C30/37	37.00	30.71	17.40	2.94	2.06	1.37	38.71	33019.43
C45/55	55.00	45.65	25.87	3.83	2.68	1.79	53.65	36416.11

3.1.1. Durabilità

La durabilità dell'opera è intesa come capacità di conservazione delle caratteristiche fisicomeccaniche delle strutture per tutta la vita di servizio prevista in progetto senza dover far ricorso ad interventi di manutenzione straordinaria per la sua vita utile.

In tale ottica si è stabilita una vita utile di 100 anni e con riferimento al EC2 si sono stabilite le seguenti classi di esposizione ambientale per il calcestruzzo armato:

1. Fondazioni e pareti controterra : classe di esposizione XC2 (riquadro verde);
2. Pilastri fuori terra, scale, setti e travi : classe di esposizione XC3 (riquadro blu);

prospetto 4.1 Classi di esposizione in relazione alle condizioni ambientali, in conformità alla EN 206-1

Denominazione della classe	Descrizione dell'ambiente	Esempi informativi di situazioni a cui possono applicarsi le classi di esposizione
1 Nessun rischio di corrosione o di attacco		
X0	Calcestruzzo privo di armatura o inserti metallici: tutte le esposizioni eccetto dove c'è gelo/disgelo, abrasione o attacco chimico. Calcestruzzo con armatura o inserti metallici: molto asciutto.	Calcestruzzo all'interno di edifici con umidità dell'aria molto bassa
2 Corrosione indotta da carbonatazione		
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 dell'aria moderata oppure elevata Calcestruzzo esposto all'esterno protetto dalla pioggia
XC4	Ciclicamente bagnato e asciutto	Superfici di calcestruzzo soggette al contatto con acqua, non nella classe di esposizione XC2

Tabella 1 – Classi di esposizione in relazione alle condizioni ambientali (EC2)

Nota La classificazione strutturale e i valori di $c_{min,dur}$ da adottare in uno Stato possono essere reperiti nella sua appendice nazionale. La Classe Strutturale raccomandata (vita utile di progetto di 50 anni) è S4 per le resistenze indicative del calcestruzzo date nell'appendice E e le modifiche raccomandate alle classi strutturali sono date nel prospetto 4.3N. La Classe Strutturale minima raccomandata è S1.

I valori raccomandati di $c_{min,dur}$ sono dati nel prospetto 4.4N (acciai da armatura ordinaria) e nel prospetto 4.5N (acciai da precompressione).

prospetto 4.3N Classificazione strutturale raccomandata

Classe Strutturale							
Criterio	Classe di esposizione secondo il prospetto 4.1						
	X0	XC1	XC2 / XC3	XC4	XD1	XD2 / XS1	XD3 / XS2 / XS3
Vita utile di progetto di 100 anni	aumentare di 2 classi	aumentare di 2 classi	aumentare di 2 classi	aumentare di 2 classi	aumentare di 2 classi	aumentare di 2 classi	aumentare di 2 classi
Classe di resistenza ^{1) 2)}	≥C30/37 ridurre di 1 classe	≥C30/37 ridurre di 1 classe	≥C35/45 ridurre di 1 classe	≥C40/50 ridurre di 1 classe	≥C40/50 ridurre di 1 classe	≥C40/50 ridurre di 1 classe	≥C45/55 ridurre di 1 classe
Elemento di forma simile ad una soletta (posizione delle armature non influenzata dal processo costruttivo)	ridurre di 1 classe	ridurre di 1 classe	ridurre di 1 classe	ridurre di 1 classe	ridurre di 1 classe	ridurre di 1 classe	ridurre di 1 classe
È assicurato un controllo di qualità speciale della produzione del calcestruzzo	ridurre di 1 classe	ridurre di 1 classe	ridurre di 1 classe	ridurre di 1 classe	ridurre di 1 classe	ridurre di 1 classe	ridurre di 1 classe

Tabella 2 – Classificazione strutturale raccomandata (EC2)

prospetto 4.4N Valori del copriferro minimo, $c_{min,dur}$, requisiti con riferimento alla durabilità per acciai da armatura ordinaria, in accordo alla EN 10080

Requisito ambientale per $c_{min,dur}$ (mm)							
Classe strutturale	Classe di esposizione secondo il prospetto 4.1						
	X0	XC1	XC2 / XC3	XC4	XD1 / XS1	XD2 / XS2	XD3 / XS3
S1	10	10	10	15	20	25	30
S2	10	10	15	20	25	30	35
S3	10	10	20	25	30	35	40
S4	10	15	25	30	35	40	45
S5	15	20	30	35	40	45	50
S6	20	25	35	40	45	50	55

Tabella 3 – Valori di copriferro minimo (EC2)

Nota Il valore delle classi indicative di resistenza da adottare in uno Stato può essere reperito nell'appendice nazionale. I valori raccomandati sono dati nel prospetto E.1N.

prospetto E.1N **Classi di resistenza indicativa**

Classi di esposizione secondo il prospetto 4.1										
Corrosione										
	Corrosione indotta da carbonatazione				Corrosione indotta da ioni cloro			Corrosione indotta da ioni cloro di origine marina		
	XC1	XC2	XC3	XC4	XD1	XD2	XD3	XS1	XS2	XS3
Classi di resistenza indicativa	C20/25	C25/30	C30/37		C30/37	C35/45		C30/37	C35/45	
Danni al calcestruzzo										
	Nessun rischio	Attacco gelo/disgelo					Attacco chimico			
	X0	XF1	XF2		XF3		XA1	XA2	XA3	
Classi indicative di resistenza	C12/15	C30/37		C25/30		C30/37		C30/37		C35/45

Tabella 4 – Classi di resistenza indicativa (EC2)

prospetto 4 **Valori limiti per la composizione e le proprietà del calcestruzzo**

	Classi di esposizione																		
	Nessun rischio di corrosione dell'armatura	Corrosione delle armature indotta dalla carbonatazione				Corrosione delle armature indotta da cloruri						Attacco da cicli di gelo/disgelo				Ambiente aggressivo per attacco chimico			
						Acqua di mare			Cloruri provenienti da altre fonti										
	X0	XC1	XC2	XC3	XC4	XS1	XS2	XS3	XD1	XD2	XD3	XF1	XF2	XF3	XF4	XA1	XA2	XA3	
Massimo rapporto <i>a/c</i>	-	0,60	0,55	0,50	0,50	0,45	0,55	0,50	0,45	0,50	0,50	0,45	0,55	0,50	0,45	0,55	0,50	0,45	
Minima classe di resistenza ^{*)}	C12/15	C25/30	C28/35	C32/40	C32/40	C35/45	C28/35	C32/40	C35/45	32/40	25/30	28/35	28,35	32/40	35/45				
Minimo contenuto in cemento (kg/m ³)	-	300	320	340	340	360	320	340	360	320	340	360	320	340	360	320	340	360	
Contenuto minimo in aria (%)													3,0 ^{b)}						
Altri requisiti													Aggregati conformi alla UNI EN 12620 di adeguata resistenza al gelo/disgelo				È richiesto l'impiego di cementi resistenti ai solfati ^{b)}		

*) Nel prospetto 7 della UNI EN 206-1 viene riportata la classe C8/10 che corrisponde a specifici calcestruzzi destinati a sottofondazioni e ricoprimenti. Per tale classe dovrebbero essere definite le prescrizioni di durabilità nei riguardi di acque o terreni aggressivi.

a) Quando il calcestruzzo non contiene aria aggiunta, le sue prestazioni devono essere verificate rispetto ad un calcestruzzo aerato per il quale è provata la resistenza al gelo/disgelo, da determinarsi secondo la UNI 7087, per la relativa classe di esposizione.

b) Qualora la presenza di solfati comporti le classi di esposizione XA2 e XA3 è essenziale utilizzare un cemento resistente ai solfati secondo UNI 9156.

^{a)} Nel prospetto 7 della UNI EN 206-1 viene riportata la classe C8/10 che corrisponde a specifici calcestruzzi destinati a sottofondazioni e ricoprimenti. Per tale classe dovrebbero essere definite le prescrizioni di durabilità nei riguardi di acque o terreni aggressivi.
^{b)} Quando il calcestruzzo non contiene aria aggiunta, le sue prestazioni devono essere verificate rispetto ad un calcestruzzo aerato per il quale è provata la resistenza al gelo/disgelo, da determinarsi secondo UNI 7087, per la relativa classe di esposizione.
Qualora la presenza di solfati comporti le classi di esposizione XA2 e XA3 è essenziale utilizzare un cemento resistente ai solfati secondo UNI 9156.

Tabella 5 – Valori limiti per la composizione e le proprietà del calcestruzzo (UNI 11104)

I valori del copriferro (ricoprimenti) sono da aumentare di 10mm, in modo da ottenere il ricoprimento che devono avere le armature, e si ottiene:

1. fondazioni e pareti controterra: classe di esposizione XC2 (riquadro verde), 3.5 cm;
2. pilastri fuori terra, setti, scale e solette: classe di esposizione XC3 (riquadro blu), 3.5 cm;

I valori minimi risultano tutti minori dei ricoprimenti utilizzati.

3.1.2. Resistenza al fuoco

Il copriferro ottenuto per la durabilità della struttura deve essere confrontato con quello minimo previsto per il rispetto dei requisiti REI, nello specifico la struttura deve garantire diverse prestazioni, vi sono alcune zone REI120.

Le prescrizioni sul copriferro (inteso come distanza dalla superficie esposta del cls e il baricentro delle armature) del DM 16/02/2007 al fine di svolgere le verifiche per via tabellare sono:

- Pilastrini = 5 cm (considerando un diametro maggiore di 45 cm esposto su più lati);
- Travi = 5 cm (considerando travi di larghezza maggiore di 50 cm)
- Pareti = copriferro 3.5 cm e spessore minimo parete 22 cm;

Acciaio per cemento armato: acciaio laminato a caldo denominato B450C avente le caratteristiche riportate nel DM 17/01/2018 (figura 6-7).

11.3.2 ACCIAIO PER CEMENTO ARMATO

È ammesso esclusivamente l'impiego di acciai saldabili qualificati secondo le procedure di cui al precedente § 11.3.1.2 e controllati con le modalità riportate nel § 11.3.2.11.

11.3.2.1 Acciaio per cemento armato B450C

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

Tabella 11.3.Ia

f_{yk}	450 N/mm ²
f_{tk}	540 N/mm ²

e deve rispettare i requisiti indicati nella seguente Tab. 11.3.Ib:

Tabella 6 – Valori tab. 11.3.Ia (NTC18)

Tabella 11.3.Ib

CARATTERISTICHE	REQUISITI	FRATTILE (%)
Tensione caratteristica di snervamento f_{yk}	$\geq f_{yk}$	5.0
Tensione caratteristica di rottura f_{tk}	$\geq f_{tk}$	5.0
$(f_t/f_y)_k$	$\geq 1,15$	10.0
$(f_y/f_{yk})_k$	$\leq 1,25$	10.0
Allungamento $(A_{gt})_k$	$\geq 7,5 \%$	10.0
Diametro del mandrino per prove di piegamento a 90 ° e successivo raddrizzamento senza cricche:		
$\phi < 12 \text{ mm}$	4 ϕ	
$12 \leq \phi \leq 16 \text{ mm}$	5 ϕ	
per $16 < \phi \leq 25 \text{ mm}$	8 ϕ	
per $25 < \phi \leq 40 \text{ mm}$	10 ϕ	

Per l'accertamento delle caratteristiche meccaniche vale quanto indicato al § 11.3.2.3.

Tabella 7 – Valori tab. 11.3.Ib (NTC18)

3.1.3. Acqua di impasto

L'acqua per gli impasti deve essere dolce, limpida, priva di sali (particolarmente solfati e cloruri) in percentuali dannose, priva di materie terrose e non aggressiva. L'acqua, a discrezione della direzione dei lavori, in base al tipo di intervento o uso, potrà essere trattata con speciali additivi per evitare

l'insorgere di reazioni chimico-fisiche al contatto con altri componenti l'impasto. È vietato l'impiego di acqua di mare.

L'acqua di impasto, ivi compresa l'acqua di riciclo, dovrà essere conforme alla norma **UNI EN 1008** come stabilito dalle Norme tecniche per le costruzioni emanate con D.M. 17 gennaio 2018.

Tabella 20.7 – Acqua di impasto

Caratteristica	Prova	Limiti di accettabilità
Ph	Analisi chimica	da 5,5 a 8,5
Contenuto solfati		SO ₄ ⁻ minore 800 mg/litro
Contenuto cloruri		Cl minore 300 mg/litro
Contenuto acido solfidrico		minore 50 mg/litro
Contenuto totale di sali minerali		minore 3.000 mg/litro
Contenuto di sostanze organiche		minore 100 mg/litro
Contenuto di sostanze solidese spese		minore 2.000 mg/litro

Tabella 8 – limiti accettabilità acqua di impasto

Non potranno essere impiegate:

- le acque eccessivamente dure o aventi alto tenore di solfati o di cloruri, gessose e salmastre;
- le acque di rifiuto, anche se limpide, provenienti da fabbriche chimiche in genere, da aziende di prodotti alimentari, da aziende agricole, da concerie o altre aziende industriali;
- le acque contenenti argille, humus e limi;
- le acque contenenti residui grassi, oleosi e zuccherini;
- le acque piovane prive di carbonati e bicarbonati che potrebbero favorire la solubilità della calce e quindi impoverire l'impasto.

3.1.3.1. Qualità acqua di impasto

Fermo restando quanto disposto con il D.M. 30 maggio 1974 e ritenuto che l'eccesso d'acqua costituisce causa fondamentale della riduzione di resistenza del conglomerato, nella determinazione della quantità d'acqua per l'impasto sarà tenuto conto anche di quella eventualmente contenuta negli inerti. La consistenza del conglomerato, nel caso gli elementi non superino i 30 mm ed il rapporto acqua-cemento sia superiore a 0,5, sarà determinata in cantiere con il metodo del cono di Abrams.

3.1.4. Leganti

Nelle opere strutturali oggetto delle Norme tecniche approvate dal D.M. 17 gennaio 2018 devono impiegarsi esclusivamente i leganti idraulici previsti dalle disposizioni vigenti in materia (legge 26

maggio 1965, n. 595 e norme armonizzate della serie **EN 197**, dotati di attestato di conformità ai sensi delle norme **EN 197-1** ed **EN 197-2**.

È escluso l'impiego di cementi alluminosi. L'impiego dei cementi di tipo C, richiamati nella legge n. 595/1965, è limitato ai calcestruzzi per sbarramenti di ritenuta.

In caso di ambienti chimicamente aggressivi si deve far riferimento ai cementi previsti dalle norme **UNI 9156** (cementi resistenti ai solfati) e **UNI 9606** (cementi resistenti al dilavamento della calce).

I sacchi per la fornitura dei cementi devono essere sigillati e in perfetto stato di conservazione. Se l'imballaggio fosse manomesso o il prodotto avariato, il cemento potrà essere rifiutato dalla direzione dei lavori e dovrà essere sostituito con altro idoneo. Se i leganti sono forniti sfusi, la provenienza e la qualità degli stessi dovranno essere dichiarate con documenti di accompagnamento della merce. La qualità del cemento potrà essere accertata mediante prelievo di campioni e la loro analisi presso laboratori ufficiali. L'impresa dovrà disporre in cantiere di silos per lo stoccaggio del cemento che ne consentano la conservazione in idonee condizioni termoigrometriche. L'attestato di conformità autorizza il produttore ad apporre il marchio di conformità sull'imballaggio e sulla documentazione di accompagnamento relativa al cemento certificato. Il marchio di conformità è costituito dal simbolo dell'organismo abilitato seguito da:

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

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

3.1.5. *Aggregati*

Sono idonei alla produzione di conglomerato cementizio gli aggregati ottenuti dalla lavorazione di materiali naturali, artificiali, ovvero provenienti da processi di riciclo conformi alla parte armonizzata della norma europea **UNI EN 12620**.

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

3.1.5.1. *Sabbia*

La sabbia sarà prelevata esclusivamente da fiumi e da fossi; sarà costituita da elementi prevalentemente silicei, di forma angolosa e di grossezza assortita; sarà aspra al tatto senza lasciare traccia di sporco; sarà esente da cloruri e scevra di materiali terrosi, argillosi, limacciosi o polverulenti; non conterrà fibre organiche, sostanze friabili o comunque eterogenee. Saranno soltanto tollerate materie finissime o argillose fino al 2% del peso dell'aggregato oltre a quanto stabilito dal D.M. 30 maggio 1974; la corrispondenza granulometrica della sabbia potrà essere quella eventualmente migliore che risulterà da dirette esperienze sui materiali impiegati.

3.1.5.2. Ghiaia

La ghiaia sarà formata da elementi resistenti, inalterabili all'aria, all'acqua e al gelo; gli elementi saranno pulitissimi, esenti da materiali polverulenti; saranno esclusi elementi a forma di ago o di piastrelle. Oltre a rispondere ai requisiti richiesti dal D.M. 30 maggio 1974, la composizione dell'aggregato ghiaia sabbia potrà essere anche quella eventualmente migliore che risulterà da esperienza diretta sui materiali impiegati.

Ad ogni modo la dimensione massima della ghiaia sarà commisurata, per l'asestamento del getto, ai vuoti tra le armature e tra i casseri e le armature, tenendo presente che il diametro massimo dell'inerte non supererà 0.6-0.7 cm della distanza minima tra due ferri contigui e sarà sempre inferiore ad $\frac{1}{4}$ della dimensione minima della struttura.

3.1.5.3. Pietrisco - graniglia

Il pietrisco e la graniglia proverranno dalla frantumazione di rocce silicee basaltiche, porfiriche, granitiche o calcaree rispondenti, in generale, ai requisiti prescritti per le pietre naturali nonché a quelli prescritti per la ghiaia. Sarà escluso il pietrisco proveniente dalla frantumazione di scaglie di residui di cave.

3.1.5.4. Attestazione di conformità

I sistemi di attestazione della conformità degli aggregati, infatti, prevedono due livelli:

- livello di conformità 4, che prevede lo svolgimento del Controllo di Produzione da parte del produttore;
- livello di conformità 2+, che comporta l'intervento di un Organismo notificato certificante il Controllo svolto dal produttore.

Il sistema di attestazione della conformità degli aggregati, ai sensi del D.P.R. n. 246/1993, è indicato nella tabella 1

Tabella 1 – Sistemi di attestazione della conformità

Specifica tecnica europea di riferimento	Uso previsto	Sistema di attestazione della conformità
Aggregati per calcestruzzo	Calcestruzzo strutturale	2+
UNI EN 12620-13055	Uso non strutturale	4

Tabella 9 – sistemi di attestazione della conformità

Il sistema 2+ (certificazione del controllo di produzione in fabbrica) è quello specificato all'art. 7, comma 1 lettera B, Procedura 1 del D.P.R. n. 246/1993, comprensivo della sorveglianza, giudizio ed approvazione permanenti del controllo di produzione in fabbrica. Il sistema 4 (autodichiarazione del produttore) è quello specificato all'art. 7, comma 1 lettera B, Procedura 3, del D.P.R. n. 246/1993. È consentito l'uso di aggregati grossi provenienti da riciclo, secondo i limiti di cui alla tabella 2 a condizione che la miscela di conglomerato cementizio confezionata con aggregati riciclati venga preliminarmente qualificata e documentata attraverso idonee prove di laboratorio. Per tali aggregati, le prove di controllo di produzione in fabbrica, di cui ai prospetti HI, H2 ed H3 dell'annesso ZA della norma europea **UNI EN 12620**, per le parti rilevanti, devono essere effettuate ogni 100 tonnellate di aggregato prodotto e, comunque, negli impianti di riciclo, per ogni giorno di produzione.

Tabella 2 – Limiti dell'utilizzo del materiale da riciclo

Origine del materiale da riciclo	R_{ck} del calcestruzzo [N/mm ²]	Percentuale di impiego
Demolizioni di edifici (macerie)	<15	fino al 100%
Demolizioni di solo calcestruzzo e c.a.	≤ 35	≤ 30 %
	≤ 25	fino al 60 %
Riutilizzo interno negli stabilimenti di prefabbricazione qualificati	≤ 55	fino al 5%

Tabella 10 – limiti di utilizzo del materiale di riciclo

Per quanto riguarda gli aggregati leggeri, questi devono essere conformi alla parte armonizzata della norma europea **UNI EN 13055**; il sistema di attestazione della conformità è quello riportato nella tabella 1.

3.1.5.5. Marchature CE

Gli aggregati che devono riportare obbligatoriamente la marcatura CE sono riportati nel seguente prospetto:

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

Tabella 11 – normative di riferimento

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

3.1.5.6. Controlli di accettazione

Gli eventuali controlli di accettazione degli aggregati da effettuarsi a cura del direttore dei lavori, come stabilito dalle norme tecniche di cui al D.M. 17 gennaio 2018, devono essere finalizzati alla determinazione delle caratteristiche tecniche riportate nella tabella 3, insieme ai relativi metodi di prova.

Tabella 3 - Controlli di accettazione per aggregati per calcestruzzo strutturale

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

Tabella 12 – controlli di accettazione

3.1.5.7. Verifiche sulla qualità

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

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

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

prelevamento non deve alterare le caratteristiche del materiale e in particolare la variazione della sua composizione granulometrica e perdita di materiale fine. I metodi prova possono riguardare l'analisi granulometrica e il peso specifico reale.

3.1.6. Aggiunte

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

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

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

3.1.6.1. Ceneri volanti

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

Particolare attenzione dovrà essere prestata alla costanza delle loro caratteristiche che devono soddisfare i requisiti delle **UNI EN 450** del settembre 1995.

Il dosaggio delle ceneri volanti non deve superare il 25% del peso del cemento. Detta aggiunta non sarà computata in alcun modo nel calcolo del rapporto A/C. Nella progettazione del mix design e nelle verifiche periodiche da eseguire, andrà comunque verificato che l'aggiunta di ceneri praticata non comporti un incremento della richiesta di additivo, per ottenere la stessa fluidità dell'impasto privo di ceneri maggiore dello 0,2%.

3.1.6.2. Microsilice

Silice attiva colloidale amorfa, costituita da particelle sferiche isolate di SiO₂ con diametro compreso tra 0,01 e 0,5 micron ottenuta da un processo di tipo metallurgico, durante la produzione di silice metallica o di leghe ferro-silicio, in un forno elettrico ad arco.

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

Si dovrà porre particolare attenzione al controllo in corso d'opera del mantenimento della costanza delle caratteristiche granulometriche e fisicochimiche. Il dosaggio della silice fume non deve comunque superare il 7% del peso del cemento. Detta aggiunta non sarà computata in alcun modo nel calcolo del rapporto a/c. Se si utilizzano cementi di tipo I potrà essere computata nel dosaggio di cemento e nel rapporto a/c una quantità massima di tale aggiunta pari all'11% del peso del cemento.

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

3.1.7. Additivi

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

Gli additivi per impasti cementizi si intendono classificati come segue:

- i. fluidificanti;
- ii. aeranti;
- iii. ritardanti;
- iv. acceleranti;
- v. fluidificanti-aeranti;
- vi. fluidificanti-ritardanti;
- vii. fluidificanti-acceleranti;
- viii. antigelo-superfluidificanti.

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

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

Gli additivi dovranno possedere le seguenti caratteristiche:

devono essere opportunamente dosati rispetto alla massa del cemento;

- non devono contenere componenti dannosi alla durabilità del calcestruzzo;
- non devono provocare la corrosione dei ferri d'armatura;
- non devono interagire sul ritiro o sull'espansione del calcestruzzo; in tal caso si dovrà procedere alla determinazione della stabilità dimensionale.

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

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

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

3.1.7.1. Additivi acceleranti

Gli additivi acceleranti, allo stato solido o liquido hanno la funzione di addensare la miscela umida fresca e portare a un rapido sviluppo delle resistenze meccaniche. Il dosaggio degli additivi acceleranti dovrà essere contenuto tra lo 0,5 e il 2% (ovvero come indicato dal fornitore) del peso del cemento; in caso di prodotti che non contengono cloruri tali valori possono essere incrementati fino al 4%. Per evitare concentrazioni del prodotto prima dell'uso esso dovrà essere opportunamente diluito.

La direzione dei lavori si riserva di verificare la loro azione prima dell'impiego, mediante: l'esecuzione di prove di resistenza meccanica del calcestruzzo secondo quanto previsto dal D.M. 17 gennaio 2018 e delle norme UNI vigenti; la determinazione dei tempi di inizio e fine presa del calcestruzzo additivato mediante la misura della resistenza alla penetrazione, da eseguire con riferimento alla norma **UNI 7123**. In generale per quanto non specificato si rimanda alla **UNI EN 934-2**.

3.1.7.2. Additivi ritardanti

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

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

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

- l'esecuzione di prove di resistenza meccanica del calcestruzzo previste dal paragrafo 11.2. del D.M. 17 gennaio 2018 e delle norme UNI vigenti;
- la determinazione dei tempi di inizio e fine presa del calcestruzzo additivato mediante la misura della resistenza alla penetrazione, da eseguire con riferimento alla norma **UNI 7123**.

Le prove di resistenza a compressione di regola devono essere eseguite dopo la stagionatura di 28 giorni; la presenza dell'additivo non deve comportare diminuzione della resistenza del calcestruzzo. In generale per quanto non specificato si rimanda alla **UNI EN 934-2**.

3.1.7.3. Additivi antigelo

Gli additivi antigelo sono da utilizzarsi nel caso di getto di calcestruzzo effettuato in periodo freddo, previa autorizzazione della direzione dei lavori. Il dosaggio degli additivi antigelo dovrà essere contenuto tra lo 0,5 e il 2% (ovvero come indicato dal fornitore) del peso del cemento, che dovrà essere del tipo ad alta resistenza e in dosaggio superiore rispetto alla norma. Per evitare concentrazioni del prodotto prima dell'uso esso dovrà essere opportunamente miscelato al fine di favorire la solubilità a basse temperature.

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

- l'esecuzione di prove di resistenza meccanica del calcestruzzo previste dal paragrafo 11.2. del D.M. 17 gennaio 2018 e delle norme UNI vigenti;
- la determinazione dei tempi d'inizio e fine presa del calcestruzzo additivato mediante la misura della resistenza alla penetrazione, da eseguire con riferimento alla norma **UNI 7123**.

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

3.1.7.4. Additivi fluidificanti e superfuidificanti

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

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

Dopo la seconda aggiunta di additivo sarà comunque necessario assicurare la miscelazione per almeno 10 minuti prima dello scarico del calcestruzzo; la direzione dei lavori potrà richiedere una miscelazione più prolungata in funzione dell'efficienza delle attrezzature e delle condizioni di miscelamento. Il dosaggio degli additivi fluidificanti dovrà essere contenuto tra lo 0,2 e lo 0,3% (ovvero come indicato dal fornitore) del peso del cemento. Gli additivi super-fluidificanti vengono

aggiunti in quantità superiori al 2% rispetto al peso del cemento. In generale per quanto non specificato si rimanda alla **UNI EN 934-2**.

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

- la determinazione della consistenza dell'impasto mediante l'impiego della tavola a scosse con riferimento alla **UNI 8020**;
- l'esecuzione di prove di resistenza meccanica del calcestruzzo previste dal paragrafo 11.2. del D.M. 17 gennaio 2018 e norme UNI vigenti;
- la prova di essudamento prevista dalla **UNI 7122**.

3.1.7.5. Additivi aeranti

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

- la determinazione del contenuto d'aria secondo la **UNI 6395**;
- l'esecuzione di prove di resistenza meccanica del calcestruzzo secondo previste dal paragrafo 11.2. del D.M. 17 gennaio 2018 e norme UNI vigenti;
- prova di resistenza al gelo secondo la **UNI 7087**;
- prova di essudamento secondo la **UNI 7122**;

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

3.1.7.6. Agenti espansivi

Gli agenti espansivi sono da utilizzarsi per aumentare il volume del calcestruzzo sia in fase plastica che quando è indurito, previa autorizzazione della direzione dei lavori. La quantità dell'aerante deve essere compresa tra il 7% e il 10% (ovvero come indicato dal fornitore) del peso del cemento. In generale per quanto non specificato si rimanda alle seguenti norme:

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

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

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

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

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

- l'esecuzione di prove di resistenza meccanica del calcestruzzo previste dal paragrafo 11.2. del D.M. 17 gennaio 2018 e norme UNI vigenti;
- determinazione dei tempi di inizio e fine presa del calcestruzzo additivato mediante la misura della resistenza alla penetrazione, da eseguire con riferimento alla norma **UNI 7123**.

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

3.1.7.7. Anti-evaporanti

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

3.1.7.8. Prodotti disarmanti

Come disarmanti è vietato usare lubrificanti di varia natura e oli esausti. Dovranno invece essere impiegati prodotti specifici, conformi alla norma **UNI 8866 parti 1 e 2** per i quali sia stato verificato che non macchino o danneggino la superficie del conglomerato cementizio indurito.

3.1.7.9. Dosaggio impasti

Per la confezione degli impasti presso la centrale di betonaggio o in cantiere, oltre al dosaggio di cemento necessario a garantire le resistenze richieste si impiegheranno:

- Cemento: tipo 425;
- Sabbia: (in ragione di circa 0.400 mc/mc) naturale o di frantoio pulita e priva di terre, di sostanze organiche, di limi, argille, gessi ed altre sostanze comunque dannose all'indurimento del conglomerato e alla conservazione delle armature;
- Ghiaia: (in ragione di circa 0.800 mc/mc) naturale o di frantoio, ben assortita granulometricamente e con dimensioni massime degli elementi (resistenti, non gelivi, non friabili) commisurate alle caratteristiche geometriche delle carpenterie ed all'ingombro delle armature. La ghiaia

deve essere pulita, priva di terre, di sostanze organiche, limi, argille, gessi ed altre sostanze comunque dannose all'indurimento del conglomerato e alla conservazione delle armature;

- Acqua: deve essere limpida, priva di sali in percentuali dannose e non aggressiva. Il quantitativo d'acqua deve essere in ogni caso il minimo necessario a consentire una buona lavorabilità del conglomerato, tenendo conto anche dell'acqua contenuta negli inerti.

Con l'impiego di tali inerti si presumono, per i conglomerati delle diverse strutture, resistenze caratteristiche a 28 giorni di maturazione (da controllare in fase esecutiva in uno dei laboratori ufficiali con le modalità del § 11.2.5 del D.M. 14.01.08) non inferiori a quelle indicate nelle tabelle delle diverse tavole di progetto.

Gli impasti saranno preparati e trasportati in modo da escludere pericoli di separazione degli ingredienti o di prematuro inizio della presa al momento del getto; il conglomerato verrà messo in opera a strati di spessore non maggiore di 15 cm. e sarà vibrato. Durante i giorni in cui la temperatura dovesse superare i 30°C si dovrà proteggere la superficie dei getti con provvedimenti adeguati (d esempio: annaffiature), almeno nei primi tre giorni dopo il getto.

Nel caso sia previsto il getto di cls con autopompa, si prescrive una classe di consistenza S4, che sarà testata in cantiere con il cono di Abrams. Il getto del conglomerato cementizio deve avvenire in modo da evitare la separazione degli aggregati, specificamente dovranno essere evitate cadute dall'alto: nel getto dei pilastri si deve utilizzare una tubazione che raggiunge il piede del pilastro e sarà sollevata con il procedere del getto.

Si dovrà procedere al disarmo dei diversi elementi strutturali nel rispetto dei seguenti tempi minimi di stagionatura (avendo particolare cura di procedere per gradi e in modo da evitare azioni dinamiche):

- sponde di casseri 3 gg.
- puntelli, centine di travi, ecc. 24 gg.
- strutture a sbalzo 28 gg.

Durante i giorni in cui la temperatura dovesse aggirarsi intorno a 0°C non si dovrà procedere al getto di alcun elemento strutturale, a meno che non si impieghino specifici additivi di efficacia certificata secondo le norme tecniche vigenti.

3.2. Acciaio armatura

Per quanto riguarda le barre di armatura, tutti gli acciai impiegati devono essere prodotti in stabilimenti con controllo della produzione che garantisca il livello di affidabilità del materiale. La gestione della qualità deve essere coerente con le Norme UNI e certificata da Ente terzo accreditato.

Per tutte le tipologie di calcestruzzo elencate in precedenza si prevede di utilizzare acciaio B450C.

Si riporta nel seguito i valori caratteristici e di calcolo dell'acciaio:

CARATTERISTICHE ACCIAIO		
Classe	f_{yk} [MPa]	f_{yd} [MPa]
B450C	450.00	391.30

Gli acciai per strutture in cemento armato devono rispettare le prescrizioni delle Norme tecniche per le costruzioni approvate con il D.M. 17 gennaio 2018. L'appaltatore non deve porre in opera armature ossidate, corrose, recanti difetti superficiali, che ne riducano la resistenza o che siano ricoperte da sostanze che riducono sensibilmente l'aderenza al conglomerato cementizio.

Particolare attenzione va posta alla lavorazione delle armature: il diametro del mandrino, su cui avviene la piegatura, deve essere maggiore di 6 volte il diametro della barra.

Occorre garantire un adeguato interferro tra le barre, con un minimo di 2,5 cm, qualora se ne ravvisi la necessità, il direttore dei lavori ordinerà il raggruppamento delle barre a coppie garantendo un interferro minimo di 4 cm, oppure si disporranno più registri.

Il copriferro minimo non deve essere inferiore a 2 cm per travi e pilastri e 0,8 cm per solette e setti.

Tutti gli acciai oggetto delle Norme tecniche per le costruzioni approvate con D.M. 17 gennaio 2018, siano essi destinati a utilizzo come armature per cemento armato ordinario o precompresso o a utilizzo diretto come carpenterie in strutture metalliche, devono essere prodotti con un sistema di controllo permanente della produzione in stabilimento che deve assicurare il mantenimento dello stesso livello di affidabilità nella conformità del prodotto finito, indipendentemente dal processo di produzione.

Il sistema di gestione della qualità del prodotto che sovrintende al processo di fabbricazione deve essere predisposto in coerenza con le norme **UNI EN 9001** e certificato da parte di un organismo terzo indipendente, di adeguata competenza e organizzazione, che opera in coerenza con le norme **UNI EN 45012**.

Ai fini della certificazione del sistema di gestione della qualità del processo produttivo il produttore e l'organismo di certificazione di processo potranno fare riferimento alle indicazioni contenute nelle relative norme europee disponibili **EN 10080**, **EN 10138**, **EN 10025**, **EN 10210**, **EN 10219**.

Quando non sia applicabile la marcatura CE, ai sensi del D.P.R. n. 246/1993 di recepimento della direttiva 89/106/CE, la valutazione della conformità del controllo di produzione in stabilimento e del prodotto finito è effettuata attraverso la procedura di qualificazione di seguito indicata.

Nel caso di prodotti coperti da marcatura CE, devono essere comunque rispettati, laddove applicabili, i punti del paragrafo 11.3 del D.M. 17 gennaio 2018 non in contrasto con le specifiche tecniche europee armonizzate.

Il Servizio tecnico centrale della Presidenza del Consiglio superiore dei lavori pubblici è organismo abilitato al rilascio dell'attestato di qualificazione per gli acciai di cui sopra.

La procedura di qualificazione del prodotto prevede:

- esecuzione delle prove di qualificazione a cura del laboratorio di cui all'art. 59 del D.P.R. n. 380/2001 incaricato dal Servizio tecnico centrale su proposta del produttore;
- invio dei risultati delle prove di qualificazione da sottoporre a giudizio di conformità al Servizio tecnico centrale da parte del laboratorio di cui all'art. 59 del D.P.R. n. 380/2001 incaricato;
- in caso di giudizio positivo il Servizio tecnico centrale provvede al rilascio dell'Attestato di qualificazione al produttore e inserisce il produttore nel Catalogo ufficiale dei prodotti qualificati che sarà reso disponibile sul sito internet;
- in caso di giudizio negativo, il produttore può individuare le cause delle non conformità, apportare le opportune azioni correttive, dandone comunicazione sia al Servizio tecnico centrale che al laboratorio incaricato e successivamente ripetere le prove di qualificazione.

Il prodotto può essere immesso sul mercato solo dopo il rilascio dell'Attestato di qualificazione.

La qualificazione ha validità cinque anni.

3.2.1. Identificazione e rintracciabilità dei prodotti qualificati

Ciascun prodotto qualificato deve costantemente essere riconoscibile per quanto concerne le caratteristiche qualitative e deve costantemente essere riconducibile allo stabilimento di produzione tramite la marcatura indelebile depositata presso il Servizio tecnico centrale, dalla quale risulti, in modo inequivocabile, il riferimento all'azienda produttrice, allo stabilimento, al tipo di acciaio e alla sua eventuale saldabilità. Ogni prodotto deve essere marcato con identificativi diversi da quelli di prodotti aventi differenti caratteristiche, ma fabbricati nello stesso stabilimento e con identificativi differenti da quelli di prodotti con uguali caratteristiche ma fabbricati in altri stabilimenti, siano essi o meno dello stesso produttore. La marcatura deve essere inalterabile nel tempo e senza possibilità di manomissione. Per stabilimento si intende una unità produttiva a se stante, con impianti propri e magazzini per il prodotto finito. Nel caso di unità produttive multiple appartenenti allo stesso produttore, la qualificazione deve essere ripetuta per ognuna di esse e per ogni tipo di prodotto in esse fabbricato.

Considerata la diversa natura, forma e dimensione dei prodotti, le caratteristiche degli impianti per la loro produzione, nonché la possibilità di fornitura sia in pezzi singoli sia in fasci, diversi possono essere i sistemi di marcatura adottati, anche in relazione all'uso, quali ad esempio l'impressione sui

cilindri di laminazione, la punzonatura a caldo e a freddo, la stampigliatura a vernice, la targhettatura, la sigillatura dei fasci e altri.

Comunque, per quanto possibile, anche in relazione all'uso del prodotto, il produttore è tenuto a marcare ogni singolo pezzo; ove ciò non sia possibile, per la specifica tipologia del prodotto, la marcatura deve essere tale che prima dell'apertura dell'eventuale ultima e più piccola confezione (fascio, bobina, rotolo, pacco, ecc.) il prodotto sia riconducibile al produttore, al tipo di acciaio nonché al lotto di produzione e alla data di produzione. Tenendo presente che l'elemento determinante della marcatura è costituito dalla sua inalterabilità nel tempo, dalla impossibilità di manomissione, il produttore deve rispettare le modalità di marcatura denunciate nella documentazione presentata al Servizio tecnico centrale e deve comunicare tempestivamente eventuali modifiche apportate. La mancata marcatura, la non corrispondenza a quanto depositato o la sua illeggibilità, anche parziale, rendono il prodotto non impiegabile.

Qualora, sia presso gli utilizzatori sia presso i commercianti, l'unità marcata (pezzo singolo o fascio) viene scorporata, per cui una parte, o il tutto, perde l'originale marcatura del prodotto, è responsabilità sia degli utilizzatori sia dei commercianti documentare la provenienza mediante i documenti di accompagnamento del materiale e gli estremi del deposito del marchio presso il Servizio tecnico centrale.

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

I produttori, i successivi intermediari e gli utilizzatori finali devono assicurare una corretta archiviazione della documentazione di accompagnamento dei materiali garantendone la disponibilità per almeno 10 anni e devono mantenere evidenti le marcature o le etichette di riconoscimento per la rintracciabilità del prodotto.

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

Tutti i certificati relativi alle prove meccaniche degli acciai, sia in stabilimento che in cantiere o nel luogo di lavorazione, devono riportare l'indicazione del marchio identificativo, rilevato a cura del laboratorio incaricato dei controlli, sui campioni da sottoporre a prove. Ove i campioni fossero sprovvisti di tale marchio, oppure il marchio non dovesse rientrare fra quelli depositati presso il Servizio tecnico centrale le certificazioni emesse dal laboratorio non possono assumere valenza ai sensi delle Norme tecniche di cui al D.M. 17 gennaio 2018 e di ciò ne deve essere fatta esplicita menzione sul certificato stesso.

In tal caso il materiale non può essere utilizzato e il laboratorio incaricato informa di ciò il Servizio tecnico centrale.

3.2.2. Controlli e documentazione di accompagnamento

La vigente normativa prevede le seguenti forme di controllo obbligatorie:

- controlli di produzione in stabilimento;
- controlli di accettazione nei centri di trasformazione e in cantiere.

I controlli eseguiti in stabilimento si riferiscono a lotti di produzione.

I controlli di accettazione eseguiti in cantiere, o nei centri di trasformazione, sono riferiti a lotti di spedizione.

A tale riguardo si definiscono:

- lotti di produzione: si riferiscono a produzione continua, ordinata cronologicamente mediante apposizione di contrassegni al prodotto finito (numero di rotolo finito o del fascio di barre). Un lotto di produzione è compreso tra 30 e 100 tonnellate;
- lotti di spedizione: sono lotti formati da un massimo di 30 t, spediti in cantiere o nei centri di trasformazione.

Tutti i lotti di spedizione di acciaio, anche se parte di un'unica fornitura, devono essere accompagnati dall'attestato di qualificazione del produttore rilasciato dal Servizio tecnico centrale. L'attestato può essere utilizzato senza limitazione di tempo. Su tale attestato deve essere riportato il riferimento al documento di trasporto del produttore.

Tutti i lotti di spedizione effettuati da un commerciante o da un trasformatore intermedio devono essere accompagnati dalla copia dell'attestato di qualificazione del produttore, sul quale deve essere riportato il riferimento al documento di trasporto fino al commerciante o al trasformatore intermedio. I controlli in cantiere, eseguiti su ciascun lotto di spedizione, possono essere omessi quando il prodotto utilizzato in cantiere proviene da un centro di trasformazione; in quest'ultimo caso la certificazione delle prove eseguite presso un laboratorio di cui all'art. 59 del D.P.R. n. 380/2001 deve riportare gli elementi identificativi del produttore, le caratteristiche commerciali, le quantità fornite, il cantiere di destinazione. Nel caso in cui il centro di trasformazione proceda a eseguire i controlli di cui sopra, ha l'obbligo di nominare un direttore tecnico che, in possesso dei requisiti definiti per norma per il direttore dei lavori, assume la responsabilità del controllo dei materiali.

Resta comunque nella discrezionalità del direttore dei lavori la facoltà di effettuare tutti gli eventuali controlli ritenuti opportuni.

I controlli sono effettuati secondo le modalità indicate al punto 11.3 del D.M. 17 gennaio 2018.

Il direttore dei lavori prima della messa in opera è tenuto a verificare quanto sopra indicato e a rifiutare le eventuali forniture non conformi.

3.2.3. Acciaio per cemento armato laminato a caldo

L'acciaio per cemento armato laminato a caldo, denominato B450C, deve essere caratterizzato dai valori nominali delle tensioni caratteristiche di snervamento e rottura riportate in tabella 11.3a e 11.3b.

3.2.4. Accertamento delle proprietà meccaniche

Per l'accertamento delle proprietà meccaniche vale quanto indicato nelle **UNI EN ISO 15630-1** e **UNI EN ISO 15630-2**.

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

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

3.2.5. Caratteristiche adimensionali

L'acciaio per cemento armato è generalmente prodotto in stabilimento sotto forma di barre o rotoli, reti o tralicci, per utilizzo diretto o come elementi di base per successive trasformazioni. Prima della fornitura in cantiere gli elementi di cui sopra possono essere saldati, pre-sagomati o preassemblati in appositi centri di trasformazione, a formare elementi composti direttamente utilizzabili in opera, quali:

- elementi pre-sagomati (staffe, ferri piegati, ecc);
- elementi preassemblati (gabbie di armatura, ecc.).

Tutti gli acciai per cemento armato devono essere ad aderenza migliorata, aventi cioè una superficie dotata di nervature trasversali, uniformemente distribuite sull'intera lunghezza, atte ad aumentarne l'aderenza al conglomerato cementizio. Per quanto riguarda la marcatura dei prodotti vale quanto indicato al punto 11.3. delle Norme tecniche di cui al D.M. 17 gennaio 2018.

Per la documentazione di accompagnamento delle forniture vale quanto indicato al punto 11.3. delle Norme tecniche di cui al D.M. 17 gennaio 2018.

3.2.6. Barre e rotoli

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

Il diametro \varnothing delle barre deve essere compreso tra 6 e 50 mm. Per barre con diametri superiori a 40 mm la struttura va considerata composta e valgono le regole delle strutture composte acciaio conglomerato cementizio.

L'uso di acciai forniti in rotoli è ammesso, senza limitazioni, per diametri fino a $\varnothing \leq 16$. Nel luogo di lavorazione, dove avviene il raddrizzamento, per tenere in conto del danneggiamento della superficie del tondo ai fini dell'aderenza opportune prove dovranno essere condotte così come indicato al punto 11.3 delle Norme tecniche di cui al D.M. 17 gennaio 2018. Quando il raddrizzamento avviene a caldo, bisogna verificare che siano mantenute le caratteristiche meccaniche dell'acciaio.

3.3. Acciaio carpenteria

Per quanto riguarda l'acciaio della carpenteria metallica utilizzato se ne riportano le caratteristiche di seguito:

- S 275 JR (Fe 430 grado B equivalente);
- $f_{yk} = 275$ Mpa
- $f_{tk} = 430$ MPa
- $\gamma_{m0} = 1.05$
- $f_{yd} = 261.90$ N/mm²

3.4. Bulloneria

Per quanto riguarda l'acciaio della bulloneria metallica utilizzata se ne riportano le caratteristiche di seguito:

- bulloni di classe 8.8, dadi classe 8, rosette e piastrine secondo le disposizioni normative
- $-f_{yk} = 640$ MPa
- $-f_{yd} = 512$ MPa
- $\gamma_{m0} = 1.25$
- $f_{yd} = 512$ MPa