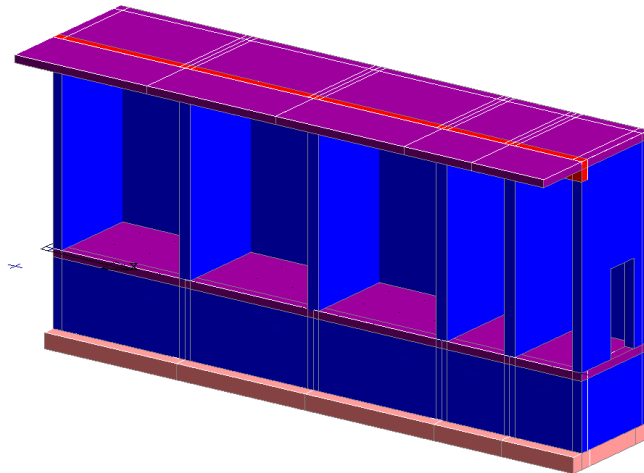


➤ **RELAZIONE SUI MATERIALI**

**OGGETTO:**

**LAVORI DI REALIZZAZIONI LOCULI,  
CELLETTE OSSARI PRESSO IL CIMITERO  
DEL CAPOLUOGO**



ORDINE DEGLI INGEGNERI  
DELLA PROVINCIA DI CUNEO

A788 Dott. Ing. Mauro Giovanni Parola

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Mauro Parola'.

**All.6.5**

**COMMITTENTE:**

**COMUNE DI DRONERO**

**Ing Parola Mauro**

Via Roma, 180 - 12023 Caraglio (CN)

tel./fax.: 0171.619832 cell: 3357221213 -- E-Mail: studio@ingparola.com PEC: maurogiovanni.parola@ingpec.eu

# SOMMARIO

0.1.1. ELENCO DEI MATERIALI IMPIEGATI E LORO MODALITÀ DI POSA IN OPERA .....	3
1. OPERE IN CEMENTO ARMATO.....	3
1.1.1. Normativa di Riferimento.....	3
1.1.2. Valori di calcolo calcestruzzi per c.a.....	4
1.1.3. Prescrizioni per c.a.....	6
1.1.4. Acciaio per cemento armato .....	14

Ai sensi delle NTC 18 §11.1 materiali ed i prodotti per uso strutturale utilizzati nelle opere di progetto 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.

## ELENCO DEI MATERIALI IMPIEGATI E LORO MODALITÀ DI POSA IN OPERA

Elenco dei materiali impiegati:

CALCESTRUZZI PER CEMENTI ARMATI

ACCIAIO D'ARMATURA PER CEMENTI ARMATI

### 1. OPERE IN CEMENTO ARMATO

#### 1.1.1. Normativa di Riferimento

NORME TECNICHE PER LE COSTRUZIONI 17/01/2018	
CIRCOLARE 21 gennaio 2019 , n. 7 C.S.LL.PP.	
<b>UNI EN 206-1</b>	<i>Calcestruzzo, Specificazione, prestazione, produzione e conformità</i>
<b>UNI 11104</b>	<i>Istruzioni complementari per l'applicazione della EN 206-1</i>
<b>UNI EN 197/1</b>	<i>Requisiti di accettazione dei cementi</i>
<b>ISO 9001:2000</b>	<i>Sistema qualità certificato</i>
<b>UNI 8520 P1.2; 13,14,15,16</b>	<i>Aggregati</i>
<b>UNI EN 12620</b>	<i>Verifica di conformità aggregati</i>
<b>UNI EN 1008:2003</b>	<i>Conformità acqua d'impasto</i>
<b>D.P.R.296/93</b>	<i>Marcatura CE aggregati utilizzati per i calcestruzzi</i>
<b>UNI EN 934/2</b>	<i>Additivi</i>
<b>UNI 7122</b>	<i>Misura acqua d'impasto essudata</i>
<b>UNI EN 12350-7</b>	<i>Misura del contenuto d'aria sul calcestruzzo fresco</i>

<b>UNI EN 45012</b>	<i>Controlli di produzione</i>
<b>UNI 9418</b>	<i>Prova di abbassamento al cono</i>
<b>prEN 13761</b>	Metodi di prova semidistruttivi sul calcestruzzo
<b>UNI 9156</b>	<i>Cementi resistenti ai solfati</i>
<b>UNI EN 450</b>	<i>Ceneri volanti per calcestruzzo</i>
<b>prEN 13263</b>	<i>Fumi di silice per calcestruzzo</i>
<b>UNI 8866</b>	<i>Disarmanti</i>
<b>UNI EN 10080</b>	<i>Acciaio per cemento armato</i>
<b>EUROCODICE 2- UNI ENV 1992</b>	<i>Progettazione delle strutture in c.a.</i>
<b>E16.12.660.0</b>	<i>proposta Italiana al Comitato ECISS TC19 SC1 per la norma prCEN/TS 10081</i>

### 1.1.2. Valori di calcolo calcestruzzi per c.a.

#### Caratteristiche, modalità di posa in opera e valori di calcolo

Elenco dei materiali impiegati:

<b>Parte d'opera:</b>	<b>MAGRONE SOTTOFONDAZIONE</b>
<b>Caratteristiche del calcestruzzo</b>	
Classe di resistenza:	<b>C12/15 (Rck minima 15 N/mm<sup>2</sup>)</b>
Classe di esposizione (UNI EN 206-1:2006 – prospetto 1):	X0 (Assenza di rischio di corrosione o attacco Per calcestruzzo privo di armatura o inserti metallici: tutte le esposizioni eccetto dove c'è gelo/disgelo, abrasione o attacco chimico. Per calcestruzzo con armatura o inserti metallici: molto asciutto. esempio: Calcestruzzo all'interno di edifici con umidità dell'aria molto bassa)
Tipo di cemento (legante):	CEM - IIA 32.5 R
Contenuto minimo cemento [kg/mc] :	
Dosaggio (Rapp. massimo acqua/cemento) :	0,65
Aggregati (inerti):	di diametro massimo 26 mm
Classe di consistenza (UNI EN 206-1:2006- prospetto 3):	S4 - fluida [abbassamento al cono (slump) da 160 a 210 mm]
<b>Caratteristiche armatura</b>	
classe di resistenza acciaio:	
copriferro minimo staffe/ferri long [cm]:	
tipo di armatura:	

<b>Parte d'opera:</b>	<b>TRAVI FONDAZIONE</b>
<b>Caratteristiche del calcestruzzo</b>	

Classe di resistenza:	<b>C25/30 (Rck minima 30 N/mm<sup>2</sup>)</b>
Classe di esposizione (UNI EN 206-1:2006 – prospetto 1):	XC2/XC3 (Corrosione indotta da carbonatazione Bagnato, raramente asciutto esempio: Superfici di calcestruzzo a contatto con acqua per lungo tempo. Molte fondazioni)
Tipo di cemento (legante):	CEM II/A - 42,5R
Contenuto minimo cemento [kg/mc] :	280
Dosaggio (Rapp. massimo acqua/cemento) :	0,60
Aggregati (inerti):	di diametro massimo 30 mm
Classe di consistenza (UNI EN 206-1:2006- prospetto 3):	S4 - fluida [abbassamento al cono (slump) da 160 a 210 mm]
Caratteristiche armatura	
classe di resistenza acciaio:	B450C
copriferro minimo staffe/ferri long [cm]:	4.0
tipo di armatura:	POCO SENS.

<b>Parte d'opera:</b>	<b>TRAVI ELEVAZIONE</b>
<b>Caratteristiche del calcestruzzo</b>	
Classe di resistenza:	<b>C25/30 (Rck minima 30 N/mm<sup>2</sup>)</b>
Classe di esposizione (UNI EN 206-1:2006 – prospetto 1):	ORDIN. XC1 (Corrosione indotta da carbonatazione Asciutto o permanentemente bagnato esempio: Calcestruzzo all'interno di edifici con bassa umidità relativa. Calcestruzzo costantemente immerso in acqua)
Tipo di cemento (legante):	CEM II/A - 42,5R
Contenuto minimo cemento [kg/mc] :	280
Dosaggio (Rapp. massimo acqua/cemento) :	0,65
Aggregati (inerti):	di diametro massimo 26 mm
Classe di consistenza (UNI EN 206-1:2006- prospetto 3):	S4 - fluida [abbassamento al cono (slump) da 160 a 210 mm]
Caratteristiche armatura	
classe di resistenza acciaio:	B450C
copriferro minimo staffe/ferri long [cm]:	2.0
tipo di armatura:	POCO SENS.

<b>Parte d'opera:</b>	<b>SETTI ELEVAZIONE</b>
<b>Caratteristiche del calcestruzzo</b>	
Classe di resistenza:	<b>C25/30 (Rck minima 30 N/mm<sup>2</sup>)</b>
Classe di esposizione (UNI EN 206-1:2006 – prospetto 1):	ORDIN. XC1 (Corrosione indotta da carbonatazione Asciutto o permanentemente bagnato esempio: Calcestruzzo all'interno di edifici con bassa umidità relativa. Calcestruzzo costantemente immerso in acqua)
Tipo di cemento (legante):	CEM II/A - 42,5R
Contenuto minimo cemento [kg/mc] :	280
Dosaggio (Rapp. massimo acqua/cemento) :	0,65
Aggregati (inerti):	di diametro massimo 30 mm
Classe di consistenza (UNI EN 206-1:2006- prospetto 3):	S4 - fluida [abbassamento al cono (slump) da 160 a 210 mm]
Caratteristiche armatura	

classe di resistenza acciaio:	B450C
copriferro minimo staffe/ferri long [cm]:	3.0
tipo di armatura:	POCO SENS.

<b>Parte d'opera:</b>	<b>PIASTRE ELEVAZIONE</b>
<b>Caratteristiche del calcestruzzo</b>	
Classe di resistenza:	<b>C25/30 (Rck minima 30 N/mm<sup>2</sup>)</b>
Classe di esposizione (UNI EN 206-1:2006 – prospetto 1):	ORDIN. XC1 (Corrosione indotta da carbonatazione Asciutto o permanentemente bagnato esempio: Calcestruzzo all'interno di edifici con bassa umidità relativa. Calcestruzzo costantemente immerso in acqua)
Tipo di cemento (legante):	CEM II/A - 42,5R
Contenuto minimo cemento [kg/mc] :	280
Dosaggio (Rapp. massimo acqua/cemento) :	0,65
Aggregati (inerti):	di diametro massimo 30 mm
Classe di consistenza (UNI EN 206-1:2006- prospetto 3):	S4 - fluida [abbassamento al cono (slump) da 160 a 210 mm]
<b>Caratteristiche armatura</b>	
classe di resistenza acciaio:	B450C
copriferro minimo staffe/ferri long [cm]:	4.0
tipo di armatura:	POCO SENS.

### 1.1.3. Prescrizioni per c.a.

L'acqua di impasto per il confezionamento dei calcestruzzi deve essere limpida, priva di sali (particolarmente solfati e cloruri) o in percentuali non dannose, non essere aggressiva. Le caratteristiche dell'acqua devono essere conformi alla norma UNI EN 1008: 2003.

Gli aggregati idonei alla produzione di calcestruzzo per uso strutturale sono ottenuti dalla lavorazione di materiali naturali o di frantumazione, costituiti da elementi non gelivi e non friabili, privi di sostanze organiche, limose ed argillose, di gesso, ecc., ovvero in proporzione non nocive all'indurimento del conglomerato ed alla conservazione delle armature metalliche. Sono ammessi anche aggregati provenienti da processi di riciclo conformi alla norma europea armonizzata UNI EN 12620.

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

Il calcestruzzo va prodotto in regime di controllo di qualità, con lo scopo di garantire che rispetti le prescrizioni definite in sede di progetto (NTC 18 § 11.2.2).

Il controllo si articola nelle seguenti fasi:

#### *Valutazione preliminare della resistenza*

Serve a determinare, prima dell'inizio della costruzione delle opere, la miscela per produrre il calcestruzzo con la resistenza caratteristica di progetto.

### *Controllo di produzione*

Riguarda il controllo da eseguire sul calcestruzzo durante la produzione del calcestruzzo stesso.

### *Controllo di accettazione*

Riguarda il controllo da eseguire sul calcestruzzo prodotto durante l'esecuzione dell'opera, con prelievo effettuato contestualmente al getto dei relativi elementi strutturali.

### *Prove complementari*

Sono prove che vengono eseguite, ove necessario, a complemento delle prove di accettazione.

Le prove di accettazione e le eventuali prove complementari, sono eseguite e certificate dai laboratori di cui all'art. 59 del DPR n. 380/2001.

## **Messa in opera del calcestruzzo**

La messa in opera del calcestruzzo comprende le operazioni di movimentazione e getto del materiale nelle apposite casseforme.

Per assicurare la migliore riuscita del getto, la messa in opera del calcestruzzo richiede una serie di verifiche preventive che riguardano, oltre che le casseforme e i ferri d'armatura, anche l'organizzazione e l'esecuzione delle operazioni di getto, di protezione e di stagionatura del calcestruzzo.

## **Movimentazione del calcestruzzo**

La movimentazione del calcestruzzo dal mezzo di trasporto al punto di messa in opera può essere effettuata mediante uno dei seguenti dispositivi: canaletta, benna, nastro trasportatore, pompa. Il mezzo deve essere scelto tenendo in considerazione le caratteristiche del calcestruzzo allo stato fresco, la distanza tra il punto d'arrivo del mezzo e quello di getto, le condizioni climatiche, la conformazione delle casseforme e del cantiere, le attrezzature di compattazione disponibili e la velocità d'avanzamento prevista.

## **Operazioni di getto**

E' necessario stabilire un programma di verifiche comprendenti:

- il coordinamento con la Direzione Lavori, con il progettista, con i laboratori esterni per ispezioni, verifiche, prelievi di campioni e prove a piè d'opera
- l'istruzione ed il coordinamento con i fornitori e subappaltatori, per la consegna del calcestruzzo con le caratteristiche prescritte

- per il calcestruzzo preconfezionato, le istruzioni circa le prestazioni, il programma della fornitura, l'eventuale necessità della pompa con relative caratteristiche

- l'istruzione agli operatori per organizzare la messa in opera, compattazione e stagionatura del calcestruzzo, in funzione dei volumi, delle sequenze e degli spessori dei getti, della movimentazione e vibrazione del materiale, della protezione e stagionatura della struttura, delle condizioni climatiche, nonché delle eventuali superfici di contatto.

L'impresa esecutrice è tenuta a comunicare con dovuto anticipo al Direttore dei Lavori il programma dei getti indicando:

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

I getti dovranno avere inizio solo dopo che il Direttore dei Lavori avrà verificato:

- la preparazione e rettifica dei piani di posa
- la pulizia delle casseforme
- la posizione e corrispondenza al progetto delle armature e del copriferro
- la posizione delle eventuali guaine dei cavi di precompressione
- la posizione degli inserti (giunti, water stop, ecc.)
- l'umidificazione a rifiuto delle superfici assorbenti o la stesura del disarmante.

Durante lo scarico del calcestruzzo dal mezzo di trasporto entro le casseforme è necessario applicare tutti gli accorgimenti atti ad evitare la segregazione. In particolare è necessario che l'altezza di caduta libera del calcestruzzo fresco non ecceda 50-80 cm e che lo spessore degli strati orizzontali di calcestruzzo, misurato dopo la vibrazione, non sia maggiore di 30 cm.

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

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

### **Riprese di getto**

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

Ove le riprese di getto siano inevitabili a giudizio della Direzione Lavori o siano previste da progetto è necessario che la superficie del getto su cui si prevede la ripresa sia lasciata quanto più possibile



corrugata. Alternativamente la superficie deve essere scalfita (e pulita dai detriti), in modo da migliorare l'adesione con il getto successivo. L'adesione può essere migliorata con specifici adesivi per ripresa di getto (resine), o con tecniche diverse che prevedono l'utilizzo d'additivi ritardanti o ritardanti superficiali da aggiungere al calcestruzzo o da applicare sulla superficie.

Anche se le soluzioni sopraindicate mirano ad ottenere il monolitismo tra i getti successivi, per assicurare la continuità strutturale, le riprese di getto devono essere orientate su piani quanto più possibili ortogonali alla direzione dei flussi di compressione che si destano poi nella struttura in servizio, in modo da garantire un'imposta efficace per tali compressioni.

Le armature metalliche (barre) attraversanti le superfici di ripresa, in grado per loro natura di resistere al taglio, funzionano come elementi tesi nei tralicci virtuali resistenti agli scorrimenti derivanti dagli sforzi di taglio, mentre gli elementi compressi sono costituiti da aste virtuali di calcestruzzo che però, come si è detto in precedenza, hanno bisogno di trovare una buona imposta ortogonale rispetto al loro asse .

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

### **Compattazione del calcestruzzo**

Quando il calcestruzzo fresco è versato nella cassaforma, contiene molti vuoti e tasche d'aria racchiusa tra gli aggregati grossolani rivestiti parzialmente da malta. Il volume di tale aria, che si aggira tra il 5 ed il 20 %, dipende dalla consistenza del calcestruzzo, dalla dimensione della cassaforma, dalla distribuzione e dall'addensamento delle barre d'armatura e dal modo con cui il calcestruzzo è stato versato nella cassaforma. Se il calcestruzzo indurisse in questa condizione risulterebbe disomogeneo, poroso, poco resistente e scarsamente aderente alle barre d'armatura. Per raggiungere le proprietà desiderate, il calcestruzzo fresco deve essere compattato in modo che le particelle solide del si serrano tra loro riducendo i vuoti.

La compattazione avverrà mediante vibratori interni.

La vibrazione è un processo che consiste nell'imporre al calcestruzzo fresco rapide vibrazioni che fluidificano la malta e drasticamente riducono l'attrito interno esistente tra gli aggregati. In questa condizione il calcestruzzo si assesta per effetto della forza di gravità, fluisce nelle casseforme, avvolge le armature ed espelle l'aria intrappolata. Al termine della vibrazione l'attrito interno ristabilisce lo stato di quiete e il calcestruzzo risulta denso e compatto.

I vibratori interni, detti anche ad immersione o ad ago sono costituiti da una sonda o ago, contenente un albero eccentrico azionato da un motore tramite una trasmissione flessibile. Il loro raggio d'azione, in relazione al diametro, varia tra 0,2 e 0,6 m mentre la frequenza di vibrazione, quando il vibratore è immerso nel calcestruzzo, è compresa tra 90 e 250 Hz.

Per effettuare la compattazione l'ago vibrante è introdotto verticalmente, è spostato da punto a punto nel calcestruzzo, con tempi di permanenza da 5 a 30 sec. L'effettivo completamento della compattazione può essere valutato dall'aspetto della superficie, che non deve essere né porosa né eccessivamente ricca di malta. L'estrazione dell'ago deve essere graduale ed effettuata in modo da permettere la 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 e si impedisce la formazione di un "giunto freddo" tra due strati di getti sovrapposti. I cumuli che inevitabilmente si formano quando il calcestruzzo è versato nei casseri devono essere livellati inserendo il vibratore entro la loro sommità. Per evitare la segregazione, il calcestruzzo non deve essere spostato lateralmente con i vibratori mantenuti in posizione orizzontale, operazione che comporterebbe un forte affioramento di pasta cementizia con contestuale sedimentazione degli aggregati grossi.

La vibrazione ottenuta affiancando il vibratore alle barre d'armatura è tollerata solo se l'addensamento tra le barre impedisce l'ingresso del vibratore ed a condizione che, non ci siano sottostanti strati di calcestruzzo in fase d'indurimento.

Qualora il getto comporti la messa in opera di più strati, si dovrà programmare la consegna del calcestruzzo in modo che ogni strato sia disposto sul precedente quando questo è ancora allo strato plastico così da evitare i "giunti freddi".

### **Stagionatura e protezione del calcestruzzo**

Dopo la messa in opera e la compattazione, il calcestruzzo deve essere stagionato e protetto dall'essiccamento in modo da:

- evitare l'interruzione dell'idratazione
- ridurre il ritiro in fase plastica e nella fase iniziale dell'indurimento (1 - 7gg)
- far raggiungere un'adeguata resistenza meccanica alla struttura
- ottenere un'adeguata compattezza e durabilità della superficie
- migliorare la protezione nei riguardi delle condizioni climatiche (temperatura, umidità, ventilazione)
- evitare vibrazioni, impatti, o danneggiamenti sia alla struttura che alla superficie, ancora in fase di indurimento.

La stagionatura comprende i processi durante i quali il calcestruzzo fresco sviluppa gradualmente le sue proprietà per effetto della progressiva idratazione del cemento. La velocità di idratazione dipende dalle condizioni climatiche d'esposizione e dalle modalità di scambio d'umidità e calore tra il calcestruzzo e l'ambiente.

Si definisce "ordinaria" la stagionatura del calcestruzzo che avviene a temperatura ambiente (5 - 35°C) con esclusione d'ogni intervento esterno di riscaldamento o raffreddamento.

La sensibilità del calcestruzzo nei riguardi della stagionatura dipende:

- dalla composizione: rapporto a/c, tipo e classe di cemento, qualità e quantità delle aggiunte e degli additivi; si ricordi che gli impasti preparati con cementi ad indurimento lento richiedono tempi di stagionatura umida più lunghi.
- dalla temperatura del calcestruzzo: la velocità d'indurimento a 35° C è doppia di quella che si sviluppa a 20° C che, a sua volta, è doppia di quella che si ha a 10° C.

- dalle condizioni ambientali esterne: umidità relativa, temperatura e velocità del vento.

### **Getti in clima freddo**

Si definisce “clima freddo” una condizione climatica in cui, per tre giorni consecutivi, si verifica almeno una delle seguenti condizioni:

- la temperatura media dell'aria è inferiore a 5 °C
- la temperatura dell'aria non supera 10°C per più di 12 ore.

Prima del getto si deve verificare che tutte le superfici a contatto con il calcestruzzo siano a temperatura  $> +5^{\circ}\text{C}$ . La neve ed il ghiaccio, se presenti, devono essere rimossi immediatamente prima del getto dalle casseforme, dalle armature e dal fondo.

I getti all'esterno devono essere sospesi se la temperatura dell'aria è  $\leq 0^{\circ}\text{C}$ ; tale limitazione non si applica nel caso di getti in ambiente protetto o qualora siano predisposti opportuni accorgimenti approvati dalla Direzione Lavori (es. riscaldamento dei costituenti il calcestruzzo, riscaldamento dell'ambiente, etc).

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

Si consiglia di coibentare la cassaforma fino al raggiungimento della resistenza prescritta; in fase di stagionatura, si consiglia di ricorrere all'uso di agenti anti-evaporanti nel caso di superfici piane, o alla copertura negli altri casi, e di evitare ogni apporto d'acqua sulla superficie.

Nel caso in cui le condizioni climatiche portino al congelamento dell'acqua prima che il calcestruzzo abbia raggiunto una sufficiente resistenza alla compressione (5 N/mm<sup>2</sup>), il conglomerato può danneggiarsi in modo irreversibile.

Il valore limite (5 N/mm<sup>2</sup>) corrisponde ad un grado d'idratazione sufficiente a ridurre il contenuto in acqua libera e a formare un volume d'idrati in grado di ridurre gli effetti negativi dovuti al gelo.

Durante le stagioni intermedie e/o in condizioni climatiche particolari nel corso delle quali c'è comunque possibilità di gelo, tutte le superfici del calcestruzzo vanno protette, dopo la messa in opera, per almeno 24 ore. La protezione nei riguardi del gelo durante le prime 24 ore non impedisce comunque un ritardo, anche sensibile, nell'acquisizione delle resistenze nel tempo.

Durante il periodo freddo è rilevante l'effetto protettivo delle casseforme: ad esempio, quelle metalliche offrono una protezione efficace solo se sono opportunamente coibentate.

Al termine del periodo di protezione, necessario alla maturazione, il calcestruzzo deve essere raffreddato gradatamente per evitare il rischio di fessure provocate dalla differenza di temperatura tra parte interna ed esterna, La diminuzione di temperatura sulla superficie del calcestruzzo, durante le prime 24 ore, non dovrebbe superare i valori riportati in tabella. Si consiglia di allontanare gradatamente le protezioni facendo in modo che il calcestruzzo raggiunga gradatamente l'equilibrio termico con l'ambiente.

## Getti in clima caldo

Il clima caldo influenza la qualità sia del calcestruzzo fresco, che di quello indurito. Infatti provoca una troppo rapida evaporazione dell'acqua di impasto ed una velocità di idratazione del cemento eccessivamente elevata. Le condizioni che caratterizzano il clima caldo sono:

- temperatura ambiente elevata
- bassa umidità relativa
- forte ventilazione (non necessariamente nella sola stagione calda)
- forte irraggiamento solare
- temperatura elevata del calcestruzzo.

I potenziali problemi per il calcestruzzo fresco riguardano:

- aumento del fabbisogno d'acqua
- veloce perdita di lavorabilità e conseguente tendenza a rapprendere nel corso della messa in opera
- riduzione del tempo di presa con connessi problemi di messa in opera, di compattazione, di finitura e rischio di formazione di giunti freddi
- tendenza alla formazione di fessure per ritiro plastico
- difficoltà nel controllo dell'aria inglobata.

I potenziali problemi per il calcestruzzo indurito riguardano:

- riduzione della resistenza a 28 giorni e penalizzazione nello sviluppo delle resistenze a scadenze più lunghe, sia per la maggior richiesta di acqua, sia per effetto del prematuro indurimento del calcestruzzo
- maggior ritiro per perdita di acqua
- probabili fessure per effetto dei gradienti termici (picco di temperatura interno e gradiente termico verso l'esterno)
- ridotta durabilità per effetto della diffusa micro-fessurazione
- forte variabilità nella qualità della superficie dovuta alle differenti velocità di idratazione
- maggior permeabilità.

Durante le operazioni di getto la temperatura dell'impasto non deve superare 35°C; tale limite dovrà essere convenientemente ridotto nel caso di getti di grandi dimensioni.

Esistono diversi metodi per raffreddare il calcestruzzo; il più semplice consiste nell'utilizzo d'acqua fredda. Per ritardare la presa del cemento e facilitare la posa e la finitura del calcestruzzo si possono aggiungere additivi ritardanti, o fluidificanti ritardanti di presa, preventivamente autorizzati

## **Disarmo**

Il disarmo comprende le fasi che riguardano la rimozione delle casseforme e delle strutture di supporto; queste non possono essere rimosse prima che il calcestruzzo abbia raggiunto la resistenza sufficiente a:

- sopportare le azioni applicate
- evitare che le deformazioni superino le tolleranze specificate
- resistere ai deterioramenti di superficie dovuti al disarmo.

Durante il disarmo è necessario evitare che la struttura subisca colpi, sovraccarichi e deterioramenti, adottando i provvedimenti necessari.

I carichi sopportati da ogni centina devono essere rilasciati gradatamente, in modo tale che gli elementi di supporto contigui non siano sottoposti a sollecitazioni brusche ed eccessive.

La stabilità degli elementi di supporto e delle casseforme deve essere assicurata e mantenuta durante l'annullamento delle reazioni in gioco e lo smontaggio.

Il disarmo non deve avvenire prima che la resistenza del conglomerato abbia raggiunto il valore necessario in relazione all'impiego della struttura all'atto del disarmo, tenendo anche conto delle altre esigenze progettuali e costruttive.

Si può procedere alla rimozione delle casseforme dai getti solo quando è stata raggiunta la resistenza di progetto e comunque non prima dei tempi prescritti nei decreti attuativi della Legge n° 1086/71; in ogni caso il disarmo deve essere autorizzato e concordato con la Direzione Lavori.

Si deve porre attenzione ai periodi freddi, quando le condizioni climatiche rallentano lo sviluppo delle resistenze del calcestruzzo, come pure al disarmo ed alla rimozione delle strutture di sostegno delle solette e delle travi.

In caso di dubbio, prima di procedere al disarmo è opportuno verificare la resistenza meccanica reale del calcestruzzo.

## **Casseforme**

Le casseforme e le relative strutture di supporto devono essere progettate e realizzate in modo da sopportare le azioni alle quali sono sottoposte nel corso della messa in opera del calcestruzzo e da essere abbastanza rigide per garantire il rispetto delle dimensioni geometriche e delle tolleranze previste.

Per rispettare le quote e le tolleranze geometriche progettuali, le casseforme devono essere indeformabili quando, nel corso della messa in opera, sono assoggettate alla pressione del calcestruzzo ed alla vibrazione.

La tenuta dei giunti degli elementi che compongono la cassaforma deve essere curata per evitare che la fase liquida del calcestruzzo, o boiaccia, fuoriesca provocando nidi di ghiaia oltre a difetti estetici sulla superficie del getto, eterogeneità nella tessitura e nella colorazione.

Le casseforme, prima del montaggio, richiedono il trattamento con un agente (prodotto) disarmante, che agevola il distacco dal calcestruzzo in fase di disarmo. Inoltre i prodotti disarmanti svolgono anche altre funzioni quali: la protezione della superficie delle casseforme metalliche dall'ossidazione e della corrosione, l'impermeabilizzazione dei pannelli di legno, il miglioramento della qualità della superficie del calcestruzzo.

Prima del getto, le casseforme assorbenti, costituite da tavole o pannelli di legno non trattato od altri materiali assorbenti, ed il calcestruzzo già in fase di stagionatura vanno abbondantemente irrorati con acqua fino alla saturazione, in modo da evitare che assorbano l'acqua d'impasto del calcestruzzo fresco.

Il copriferro minimo deve essere di cm 2, misurati dal lato interno della cassaforma fino alla parte esterna del ferro d'armatura più vicino, staffe comprese. Per rispettare lo spessore del copriferro rispetto al lato interno della cassaforma si dovranno predisporre opportune guide o riscontri che contrastano l'effetto della pressione esercitata dal calcestruzzo.

#### 1.1.4. Acciaio per cemento armato

Caratteristiche, modalità di posa in opera e valori di calcolo

Per la realizzazione del cemento armato di tutte le parti d'opera saranno utilizzati ferri d'armatura con le caratteristiche e con le modalità di posa in opera come di seguito descritto.

È ammesso esclusivamente l'impiego di acciai saldabili qualificati e controllati secondo le procedure di cui alle NTC 18 § 11.3.1.2 e § 11.3.2.11.

Il **ferro d'armatura** per il cemento armato sarà in barre in acciaio ad aderenza migliorata del tipo B450C (NTC 18 11.3.2), caratterizzato dai seguenti valori:

**Tabella 11.3.Ia** Valori nominali acciaio tipo B450C

Valore nominale tensione caratteristica di snervamento	$f_y$ nom	450 N/mm <sup>2</sup>
Valore nominale tensione caratteristica a rottura	$f_t$ nom	540 N/mm <sup>2</sup>

**Tabella 11.3.Ib** Requisiti acciaio tipo B450C

CARATTERISTICHE	REQUISITI	FRATTILE (%)
Tensione caratteristica di snervamento $f_{yk}$	$\geq f_y$ nom	5.0
Tensione caratteristica di rottura $f_{tk}$	$\geq f_t$ nom	5.0
$(f_t/f_y)_k$	$\geq 1,15$	10.0
$(f_y/f_{ynom})_k$	$< 1,35$	
Allungamento ( $A_{gt}$ ) <sub>k</sub>	$\geq 7,5\%$	10.0

Diametro del mandrino per prove di piegamento a 90 ° e successivo raddrizzamento senza cricche		
d < 12 mm	4d	
12 ≤ d ≤ 16 mm	5 d	
16 < d ≤ 25 mm	8 d	
25 < d ≤ 40 mm	10 d	

La deviazione ammissibile per le barre d'acciaio deve essere compresa nei valori riportati in tabella seguente:

**Tabella 11.3.III** Deviazione ammissibile per barre d'acciaio

Diametro nominale, (mm)	$5 \leq \Phi \leq 8$	$8 < \Phi \leq 40$
Tolleranza in % sulla sezione ammessa per l'impiego	± 6	± 4,5

Durante la realizzazione delle opere in cemento armato dovrà essere rispettata la misura minima di cm 2 per il copriferro.

Per gli acciai destinati ad utilizzo come armature per cemento armato ordinario sono previste tre forme di controllo obbligatorie:

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

A tale riguardo si definiscono:

*Lotti di produzione:* si riferiscono a produzione continua, ordinata cronologicamente mediante apposizione di contrassegni al prodotto finito (rotolo finito, bobina di trefolo, fascio di barre, ecc.).

Un lotto di produzione deve avere valori delle grandezze nominali omogenee (dimensionali, meccaniche, di formazione) e può essere compreso tra 30 e 120 tonnellate.

*Forniture:* sono lotti formati da massimo 90 t, costituiti da prodotti aventi valori delle grandezze nominali omogenee.

*Lotti di spedizione:* sono lotti formati da massimo 30 t, spediti in un'unica volta, costituiti da prodotti aventi valori delle grandezze nominali omogenee.

## Controllo in stabilimento

Gli acciai destinati ad utilizzo come armature per cemento armato ordinario devono essere prodotti con un sistema permanente di controllo interno della produzione in stabilimento che deve assicurare il mantenimento dello stesso livello di affidabilità nella conformità del prodotto finito, indipendentemente dal processo di produzione (NTC 18 § 11.3.1.2).

Il sistema di gestione della qualità del prodotto che sovrintende al processo di fabbricazione deve essere predisposto in coerenza con la norma UNI EN ISO 9001:2000 e certificato da parte di un organismo terzo indipendente, di adeguata competenza ed organizzazione, che opera in coerenza con le norme UNI CEI EN ISO/IEC 17021:2006.

Il controllo in stabilimento deve avvenire secondo una Procedura di Qualificazione del Prodotto, da qualificare a cura del Servizio Tecnico Centrale della Presidenza del Consiglio Superiore dei lavori pubblici che rilascia, dopo le necessarie verifiche, un Attestato di Qualificazione.

Il prodotto può essere immesso sul mercato solo dopo il rilascio dell'Attestato di Qualificazione, che ha validità 5 (cinque) anni.

### **Identificazione e rintracciabilità dei prodotti qualificati**

L'acciaio per armature per cemento armato ordinario, in quanto prodotto qualificato, deve costantemente essere riconoscibile per quanto concerne le caratteristiche qualitative 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.

Ogni prodotto deve essere marchiato con identificativi diversi da quelli di prodotti aventi differenti caratteristiche, ma fabbricati nello stesso stabilimento e con identificativi differenti da quelli di prodotti con uguali caratteristiche ma fabbricati in altri stabilimenti, siano essi o meno dello stesso produttore. La marchiatura deve essere inalterabile nel tempo e senza possibilità di manomissione.

Per quanto possibile il produttore è tenuto a marciare ogni singolo pezzo. Ove ciò non sia possibile, per la specifica tipologia del prodotto, la marchiatura 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.

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 armatura devono essere accompagnate dalla copia dell'attestato di qualificazione del Servizio Tecnico Centrale.

L'attestato può essere utilizzato senza limitazione di tempo.

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.



### Controlli di accettazione in cantiere (NTC 18 11.3.2.12)

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 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.

I valori di resistenza ed allungamento di ciascun campione, 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 seguente:

Tab. 11.3.VII a) – Valori di accettazione in cantiere – barre

Caratteristica	Valore limite	Note
$f_y$ minimo	425 N/mm <sup>2</sup>	per acciai B450A e B450C
$f_y$ massimo	572 N/mm <sup>2</sup>	per acciai B450A e B450C
$A_{gt}$ minimo	≥ 6,0%	per acciai B450C
$A_{gt}$ minimo	≥ 2,0%	per acciai B450A
$f_t / f_y$	$1,13 \leq f_t / f_y \leq 1,37$	per acciai B450C
$f_t / f_y$	$f_t / f_y \geq 1,03$	per acciai B450A
Piegamento/raddrizzamento	assenza di cricche	per acciai B450A e B450C

Tab. 11.3.VII b) – Valori di accettazione in cantiere – reti e tralicci

Caratteristica	Valore limite	Note
$f_y$ minimo	425 N/mm <sup>2</sup>	per acciai B450A e B450C
$f_y$ massimo	572 N/mm <sup>2</sup>	per acciai B450A e B450C
$A_{gt}$ minimo	≥ 6,0%	per acciai B450C
$A_{gt}$ minimo	≥ 2,0%	per acciai B450A
$f_t / f_y$	$1,13 \leq f_t / f_y \leq 1,37$	per acciai B450C
$f_t / f_y$	$f_t / f_y \geq 1,03$	per acciai B450A
Distacco del nodo	≥ Sez. nom. Ø maggiore × 450 × 25%	per acciai B450A e B450C

La superficie delle armature deve essere esente da ruggine e da sostanze che possono deteriorare le proprietà dell'acciaio o del calcestruzzo o l'aderenza fra loro.

Il taglio e la curvatura dei ferri d'armatura devono essere effettuati secondo le prescrizioni di progetto. E' sempre comunque opportuno che:

- la curvatura sia effettuata con progressione regolare;

- la curvatura a temperatura inferiore a 5°C sia autorizzata dalla Direzione Lavori, che fisserà le eventuali precauzioni;

-sia evitato il riscaldamento delle barre per facilitarne la curvatura.

### **Assemblaggio e messa in opera delle armature**

Le armature devono essere messe in opera secondo le posizioni, le prescrizioni e le indicazioni dei disegni e dei documenti di progetto.

Deve inoltre essere rispettato lo spessore del copriferro specificato. Allo scopo, come già accennato, è opportuno utilizzare adeguati distanziatori . Data la classe di esposizione del calcestruzzo XC1 e XC2 (vedi capitolo precedente) non sono ammessi distanziali in acciaio a contatto con la superficie esterna del calcestruzzo, a meno che non siano in acciaio inossidabile.

Il copriferro è la distanza tra le superfici dell'armatura metallica più esterna comprensiva di legature e la superficie esterna più prossima del calcestruzzo (per esempio: nelle travi distanza tra cassaforma e staffa o tra estradosso e staffa, nei setti in elevazione distanza tra cassaforma e ferro più vicino, ecc.). Esso costituisce uno strato di protezione per le armature dal contatto con aria o agenti corrosivi.

La misura del copriferro, indicata anche nei disegni di progetto, è definita da un valore minimo comprensivo della tolleranza sui diametri delle barre (vedi precedente tabella 11.3.III).

### **Giunzioni**

Le giunzioni sono indicate nel progetto e devono essere eseguite nel massimo rispetto delle stesse prescrizioni progettuali.

Le giunzioni saranno effettuate mediante legature con fil di ferro, sovrapponendo le barre come indicato nel progetto e prestando particolare attenzione alle giunzioni al centro delle campate ed in appoggio.

Non sono previste giunzioni per saldatura.

Il Progettista delle strutture