



COMUNE di SAN MANGO D'AQUINO

Provincia di Catanzaro

Progetto esecutivo

Sistemazione e messa in sicurezza viabilità interna e spazi pubblici attrezzati

| | | |
|-----------|-------------------------|--|
| | Elaborato | |
| Tav. R.02 | Relazione sui materiali | |

Committente

Comune di San Mango d'Aquino

Impresa Appaltatrice

Progettisti

Progettisti

Dott. Ing. Francesco COSTANZO

Dott. Ing. Basilio MAZZEI

Dott. Arch. Marcello MAZZA

Direttore dei lavori

Dott. Ing. Francesco COSTANZO

Dott. Ing. Basilio MAZZEI

Dott. Arch. Marcello MAZZA

Geom. Pasquale COSTANZO

Responsabile del Procedimento

Geom. Franco TORCHIA

Coordinatore della Sicurezza

Geom. Pasquale COSTANZO

Data

ottobre 2015

Aggiornamento

Aggiornamento

Relazione sui materiali

INDICE

1 Normative di riferimento 1

2 Materiali utilizzati per le strutture in calcestruzzo armato 2

2.1 Calcestruzzo..... 2

2.1.1 Classe di esposizione ambientale..... 2

2.1.2 Classe di resistenza..... 4

2.1.3 Classe di consistenza 6

2.1.4 Acqua d'impasto 7

2.1.5 Leganti..... 7

2.1.6 Aggiunte e additivi 7

2.1.7 Copriferro ed interferro 8

2.1.8 Tipo di aggregati e dimensioni..... 10

2.1.9 Modalità di messa in opera e disarmo 11

2.2 Acciaio da cemento armato 11

2.2.1 Ancoraggio delle barre e giunzioni..... 11

45 "Ngi pq" hco gmr t g (..... 36"

1 Normative di riferimento

Il presente documento è stato redatto in conformità e nel rispetto delle normative vigenti:

- UNI EN 1992 – 1 – 1 “ Progettazione delle strutture in c.a.”
- UNI EN 206 – 1 “Calcestruzzo, specificazione, prestazione, produzione e conformità”
- UNI 11104 “Istruzioni complementari per l'applicazione della EN 206 – 1”
- UNI 8520 Parti 1 e 2 “Aggregati per il calcestruzzo – Istruzioni complementari per l'applicazione in Italia della norma UNI – EN 12620 – requisiti”
- UNI 7122 “Calcestruzzo fresco. Determinazione della quantità d'acqua d'impasto essudata”
- EN 10080:2005 “Acciaio per cemento armato”
- UNI EN ISO 15630 – 1/2 “Acciai per cemento armato: Metodi di prova”
- EN 13670:2008 “ Execution of concrete structures”
- Consiglio Superiore Dei Lavori Pubblici – Servizio Tecnico Centrale “Linee guida per la messa in opera del calcestruzzo strutturale e per la valutazione delle caratteristiche meccaniche del calcestruzzo indurito mediante prove non distruttive”.
- D.M. 14 gennaio 2008 – “Nuove norme tecniche sulle costruzioni”.
- Circolare 2 febbraio 2009, n. 617 “Istruzioni per l'applicazione delle «Nuove norme tecniche per le costruzioni» di cui al decreto ministeriale 14 gennaio 2008. (GU n. 47 del 26-2-2009 - Suppl. Ordinario n.27)”.

2 Materiali utilizzati per le strutture in calcestruzzo armato

In fase progettuale è necessario garantire sia il raggiungimento dei livelli di sicurezza previsti dalle normative, sia la durabilità delle opere, pertanto è di fondamentale importanza definire i requisiti delle materie prime utilizzati e le modalità di esecuzione.

Secondo quanto riportato nelle NTC 2008, i materiali e i prodotti per utilizzo strutturale devono essere:

- identificati univocamente a cura del produttore, secondo le procedure applicabili
- qualificati sotto la responsabilità del produttore, secondo le procedure applicabili
- accettati dal DL mediante acquisizione e verifica della documentazione di qualificazione, nonché mediante eventuali prove sperimentali di accettazione

2.1 Calcestruzzo

Il calcestruzzo, secondo quanto previsto dalle Norme tecniche vigenti, deve essere prodotto da impianti dotati di un sistema di controllo permanente della produzione, certificato da un organismo terzo indipendente e riconosciuto.

È compito del DL accertarsi che i documenti di trasporto indichino gli estremi della certificazione. Nel caso in cui il calcestruzzo sia prodotto in cantiere occorre che, sotto la sorveglianza del DL, vengano prequalificate le miscele da parte di un laboratorio ufficiale (di cui all'art. 59 del DPR 380/2001). Sul calcestruzzo sarà effettuato un controllo di accettazione secondo quanto previsto nel capitolo 11 delle NTC 2008.

Al fine di garantire le prestazioni previste nel progetto è necessario individuare i seguenti dati fondamentali:

- classe di esposizione ambientale
- classe di resistenza
- classe di consistenza
- acqua d'impasto
- leganti
- aggiunte e additivi
- dimensione del copriferro ed interferro
- tipo di aggregati e dimensioni

2.1.1 Classe di esposizione ambientale

Le condizioni ambientali, ai fini della protezione contro la corrosione delle armature metalliche, possono essere suddivise in ordinarie, aggressive e molto aggressive in relazione a quanto indicato nella seguente tabella con riferimento alle classi di esposizione definite nelle Linee Guida per il calcestruzzo strutturale emesse dal Servizio Tecnico Centrale del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici e riproposte nelle NTC 2008 § 4.1.2.2.4.3.

Tabella I. Condizioni ambientali e classe di esposizione

| CONDIZIONI AMBIENTALI | CLASSE DI ESPOSIZIONE |
|------------------------------|-----------------------------------|
| Ordinarie | X0, XC1, XC2, XC3, XF1 |
| Aggressive | XC4, XD1, XS1, XA1, XA2, XF2, XF3 |
| Molto aggressive | XD2, XD3, XS2, XS3, XA3, XF4 |

L'individuazione della classe di esposizione ambientale può essere effettuata facendo riferimento quanto riportato nelle UNI EN 206-1:2006 e UNI 11104:2004. Nella Tabella II sono riportati i dati desunti dal prospetto 1 della UNI 11104:2004.

Le strutture in elevazione risultano protette dal cappotto, pertanto non risultano direttamente esposte per cui è possibile assumere una classe di esposizione XC3. Le strutture in fondazione, seppur interrato, si ritiene possano essere soggette a corrosione dovuta alla nebbia salina pertanto si assume una classe di esposizione XS1.

Con riferimento alle opere in esame la classe di esposizione individuata è XC3, pertanto le condizioni ambientali, ricavate dalla tabella riportata in precedenza, sono ordinarie.

Tabella II. Classi di esposizione

| CLASSI DI ESPOSIZIONE DEL CALCESTRUZZO | | | | |
|--|-----------------------------------|--|---|--|
| Classi di esposizione per calcestruzzo strutturale, in funzione delle condizioni ambientali secondo norma UNI 11104:2004 e UNI EN 206-1:2006 | | | | |
| Agenti Corrosivi | Classe esposizione norma UNI 9858 | Classe esposizione norma UNI 11104 UNI EN 206 -1 | Ambiente | Esempio |
| NESSUNO | 1 | X0 | 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. | Interno di edifici con umidità relativa molto bassa. Calcestruzzo non armato all'interno di edifici. Calcestruzzo non armato immerso in suolo non aggressivo o in acqua non aggressiva. Calcestruzzo non armato soggetto a cicli di bagnato asciutto ma non soggetto a cicli di bagnato asciutto ma non soggetto ad abrasione, gelo o attacco chimico. |
| CARBONATAZIONE DEL CALCESTRUZZO | 2a | XC1 | Asciutto o permanentemente bagnato. | Interni di edifici con umidità relativa bassa. Calcestruzzo armato ordinario o precompresso con le superfici all'interno di strutture con eccezione delle parti esposte a condensa, o immerse in acqua. |
| | 2a | XC2 | Bagnato, raramente asciutto. | Parti di strutture di contenimento liquidi, fondazioni. Calcestruzzo armato ordinario o precompresso prevalentemente immerso in acqua o terreno non aggressivo. |
| | 5a | XC3 | Umidità moderata. | Calcestruzzo armato ordinario o precompresso in esterni con superfici esterne riparate dalla pioggia, o in interni con umidità da moderata ad alta. |
| | 4a 5b | XC4 | Ciclicamente bagnato ed asciutto. | Calcestruzzo armato ordinario o precompresso in esterni con superfici soggette a alternanze di asciutto ed umido. Calcestruzzi a vista in ambienti urbani. Superfici a contatto con l'acqua non comprese nella classe XC2. |
| CLORURI | 5a | XD1 | Umidità moderata. | Calcestruzzo armato ordinario o precompresso in superfici o parti di ponti e viadotti esposti a spruzzi d'acqua contenenti cloruri. |
| | 4a 5b | XD2 | Bagnato, raramente asciutto. | Calcestruzzo armato ordinario o precompresso in elementi strutturali totalmente immersi in acqua anche industriale contenente cloruri (Piscine). |
| | 5 c | XD3 | Ciclicamente bagnato e asciutto. | Calcestruzzo armato ordinario o precompresso, di elementi strutturali direttamente soggetti agli agenti disgelanti o agli spruzzi contenenti agenti disgelanti. Calcestruzzo armato ordinario o precompresso, elementi con una superficie immersa in acqua contenente cloruri e l'altra esposta all'aria. Parti di ponti, pavimentazioni e parcheggi per auto. |
| CLORURI DELL'ACQUA DI MARE | | XS1 | Esposto a nebbia salina ma non in contatto diretto con acqua di mare. | Calcestruzzo armato ordinario o precompresso con elementi strutturali sulle coste o in prossimità. |
| | | XS2 | Permanentemente sommerso. | Calcestruzzo armato ordinario o precompresso di strutture marine completamente immersi in acqua. |
| | | XS3 | Zone esposte alle onde oppure alla marea. | Calcestruzzo armato ordinario o precompresso con elementi strutturali esposti alla battigia o alle zone soggette agli spruzzi ed onde del mare. |
| GELI / DISGELI CICLICI | | XF1 | Moderata saturazione d'acqua, senza impiego di agente antigelo. | Superfici verticali di calcestruzzo come facciate e colonne esposte alla pioggia ed al gelo. Superfici non verticali e non soggette alla completa saturazione ma esposte al gelo, alla pioggia o all'acqua. |

| | | | | |
|------------------|--|-----|--|--|
| | | XF2 | Moderata saturazione d'acqua, con uso di agente antigelo. | Elementi come parti di ponti che in altro modo sarebbero classificati come XF1 ma che sono esposti direttamente o indirettamente agli agenti disgelanti. |
| | | XF3 | Elevata saturazione d'acqua, senza agente antigelo. | Superfici orizzontali in edifici dove l'acqua può accumularsi e che possono essere soggetti ai fenomeni di gelo, elementi soggetti a frequenti bagnature ed esposti al gelo. |
| | | XF4 | Elevata saturazione d'acqua, con agente antigelo oppure acqua di mare. | Superfici orizzontali quali strade o pavimentazioni esposte al gelo ed ai Sali disgelanti in modo diretto o indiretto, elementi esposti al gelo e soggetti a frequenti bagnature in presenza di agenti disgelanti o di acqua di mare. |
| ATTACCHI CHIMICI | | XA1 | Ambiente chimico debolmente aggressivo. | Contentori di fanghi e vasche di decantazione. Contentori e vasche per acque reflue. |
| | | XA2 | Ambiente chimico moderatamente aggressivo. | Elementi strutturali o pareti a contatto di terreni aggressivi. |
| | | XA3 | Ambiente chimico fortemente aggressivo. | Elementi strutturali o pareti a contatto di acque industriali fortemente aggressive. Contentori di foraggi, mangimi e liquame provenienti dall'allevamento animale. Torri di raffreddamento di fumi di gas di scarico industriali. |

2.1.2 Classe di resistenza

La classe di resistenza è la prescrizione minima sul calcestruzzo all'atto del progetto ed è contraddistinta dai valori caratteristici delle resistenze cubica R_{ck} e cilindrica f_{ck} a compressione uniassiale, misurate su provini normalizzati e cioè rispettivamente su cilindri di diametro 150 mm e di altezza 300 mm e su cubi di spigolo 150 mm.

Convenzionalmente la classe di resistenza viene indicata con la sigla Cf_{ck} / R_{ck} , con f_{ck} e R_{ck} espressi in MPa.

Sulla base della denominazione normalizzata vengono definite le classi di resistenza della Tabella III. L'impiego delle diverse classi di resistenza è indicato nella Tabella IV.

La scelta della classe di resistenza in funzione della classe di esposizione ambientale può essere effettuata con riferimento al prospetto 4 della UNI 11104:2004 e riportato nelle parti di maggior interesse nella Tabella V.

Tabella III. Classi di resistenza

| CLASSE DI RESISTENZA |
|----------------------|
| C8/10 |
| C12/15 |
| C16/20 |
| C20/25 |
| C25/30 |
| C28/35 |
| C32/40 |
| C35/45 |
| C40/50 |
| C45/55 |
| C50/60 |
| C55/67 |
| C60/75 |
| C70/85 |
| C80/95 |
| C90/105 |

Tabella IV. Impiego delle diverse classi di resistenza

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

Tabella V. Valori limite per la composizione e la proprietà del calcestruzzo

| Classi di esposizione | Minima classe di resistenza | Massimo rapporto a /c | Minimo contenuto in cemento kg/m³ |
|------------------------------|------------------------------------|------------------------------|---|
| X0 | C12/15 | - | - |
| XC1 | C25/30 | 0,6 | 300 |
| XC2 | | | |
| XC3 | C28/35 | 0,55 | 320 |
| XC4 | C32/40 | 0,5 | 340 |
| XS1 | C32/40 | 0,5 | 340 |
| XS2 | C35/45 | 0,45 | 360 |
| XS3 | | | |
| XD1 | C28/35 | 0,55 | 320 |
| XD2 | C32/40 | 0,5 | 340 |
| XD3 | C35/45 | 0,45 | 360 |
| XF1 | 32/40 | 0,5 | 320 |
| XF2 | 25/30 | 0,5 | 340 |
| XF3 | | | |
| XF4 | 28/35 | 0,45 | 360 |
| XA1 | 28,35 | 0,55 | 320 |
| XA2 | 32/40 | 0,5 | 340 |
| XA3 | 35/45 | 0,45 | 360 |

In relazione alla classe di esposizione individuata si ha:

- classe di resistenza minima: C25/30 ;
- classe di resistenza adottata in fase di progetto: C25/30.

Dalla Tabella V è possibile ricavare, inoltre, il contenuto minimo di cemento, condizione essenziale per ottenere un calcestruzzo indurito a struttura chiusa e poco permeabile. Al fine di ridurre le fessurazioni da ritiro e valori elevati di porosità, è possibile ricavare il valore massimo del rapporto acqua/cemento. I valori prescritti sono:

- minimo contenuto in cemento: 300 kg/m³
- massimo rapporto a/c: 0.6

Per la corretta esecuzione in opera del conglomerato si provvederà mediante idonea costipazione e per quanto riguarda la stagionatura, allo scopo di evitare le conseguenze del ritiro, saranno assicurate successive annaffiature.

2.1.3 Classe di consistenza

La lavorabilità, indice delle proprietà e del comportamento del calcestruzzo nell'intervallo di tempo tra la produzione e la compattazione dell'impasto nella cassaforma, viene comunemente valutata attraverso la misura della consistenza.

La consistenza, come la lavorabilità, è il risultato di più proprietà reologiche: di conseguenza può essere valutata solo in modo relativo, sulla base del comportamento dell'impasto fresco a determinate modalità di prova.

Per la classificazione della consistenza del calcestruzzo si fa riferimento ai seguenti metodi:

- abbassamento del cono (UNI 9418);
- spandimento (UNI 8020 – metodo B).

I valori di riferimento per ciascun metodo di prova sono indicati nelle Tabelle VI e VII.

Tabella VI. Classe di consistenza – Misura dell'abbassamento del cono di Abrams

| <i>Classe di consistenza</i> | <i>Abbassamento[mm]</i> | <i>Denominazione</i> |
|------------------------------|-------------------------|----------------------|
| S3 | da 100 a 150 | semifluida |
| S4 | da 160 a 210 | fluida |
| S5 | maggiore di 210 | superfluida |

Tabella VII. Classe di consistenza – Misura dello spandimento

| <i>Classe di consistenza</i> | <i>Spandimento [mm]</i> |
|------------------------------|-------------------------|
| FB3 | da 420 a 480 |
| FB4 | da 490 a 550 |
| FB5 | da 560 a 620 |
| FB6 | maggiore di 630 |

Nella misura dell'abbassamento al cono si hanno tre principali forme di abbassamento (Figura 1). La prima forma, con abbassamento uniforme senza alcuna rottura della massa, indica comportamento regolare. La seconda forma, con abbassamento asimmetrico (a taglio), spesso indica mancanza di coesione; essa tende a manifestarsi con miscele facili alla segregazione. In caso di persistenza, a prova ripetuta, il calcestruzzo è da ritenere non idoneo al getto. La terza forma, con abbassamento generalizzato (collasso), indica miscele magre oppure molto umide o, nel caso di calcestruzzi autolivellanti, additivate con superfluidificanti. Per miscele magre tendenti alla rigidità un abbassamento regolare facilmente si può tramutare in uno di tipo a taglio o a collasso. In tal caso ci si dovrà accertare del fenomeno, onde evitare che si indichino valori diversi di abbassamento per campioni della stessa miscela.

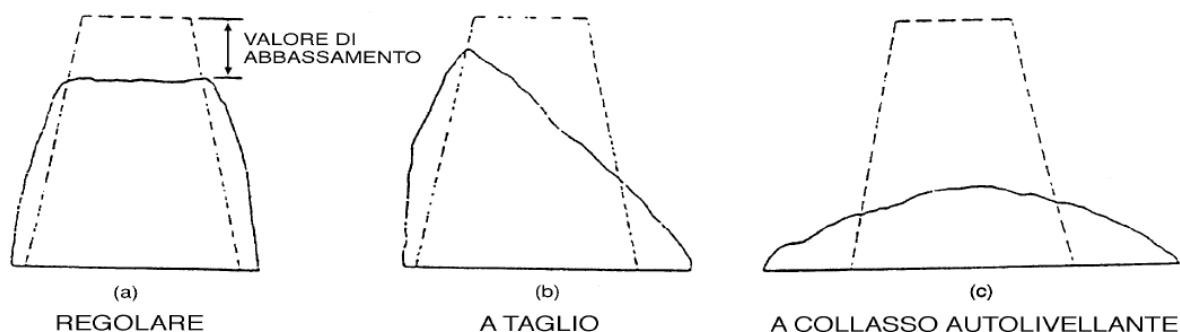


Figura 1. Forme di abbassamento del cono

Nel caso in esame si prescrive una classe di consistenza S5 per il getto con pompaggio del calcestruzzo. Per tale classe di consistenza, coerentemente a quanto indicato nella Tabella V, dev'essere accertato che gli abbassamenti del cono di Abrams siano superiori a 210 mm; per evitare calcestruzzi troppo fluidi, ad alto rischio di segregazione, si prescrive un limite superiore di 250 mm. Per getti effettuati direttamente dalla canale dell'autobetoniera si prescrive una classe di consistenza S4, pertanto gli abbassamenti del cono di Abrams dovranno essere compresi fra 160 e 210 mm. Nel caso in cui, per motivi legati all'operatività, venga richiesto di utilizzare una classe di consistenza diversa da quella prescritta, può venire autorizzata dalla DL e annotata sull'apposito registro di cantiere, adducendo le motivazioni della variazione.

Il mantenimento della classe di consistenza deve essere garantito per un tempo di almeno due ore alla fine del carico dell'autobetoniera e comunque non meno di un'ora dall'arrivo in cantiere, tempo, in cui l'impresa deve completare lo scarico. Il fornitore di calcestruzzo e l'impresa devono programmare il getto in modo che il produttore cadenzii le consegne per dare il tempo necessario all'impresa per poter mettere in opera il materiale.

2.1.4 Acqua d'impasto

L'acqua ha un ruolo fondamentale nella produzione del calcestruzzo, poiché una sua errata scelta o dosaggio può dare origine a fenomeni di ritardo o di accelerazione nel processo di presa e di indurimento, con un possibile conseguente degrado delle strutture. Al fine di evitare tali inconvenienti è necessario che l'acqua di impasto possenga i requisiti previsti dalla norma UNI EN 1008: 2003.

Tale norma impone un'analisi chimica delle acque usate al fine di accertare la presenza e l'eventuale contenuto di composti chimici aggressivi nei confronti del cemento o dell'acciaio. Nel caso in cui le analisi imposte dalla norma siano soddisfatte, può essere usata anche acqua di riciclo.

2.1.5 Leganti

Nelle opere oggetto impiegarsi esclusivamente i leganti idraulici previsti dalle disposizioni vigenti in materia, dotati di certificato di conformità - rilasciato da un organismo europeo notificato - ad una norma armonizzata della serie UNI EN 197 ovvero ad uno specifico Benestare Tecnico Europeo (ETA), purché idonei all'impiego previsto nonché, per quanto non in contrasto, conformi alle prescrizioni di cui alla Legge 26/05/1965 n. 595. È escluso l'impiego di cementi alluminosi.

2.1.6 Aggiunte e additivi

Nei calcestruzzi è ammesso l'impiego di aggiunte, in particolare di ceneri volanti, loppe granulate d'altoforno e fumi di silice, purché non ne vengano modificate negativamente le caratteristiche prestazionali.

Le ceneri volanti devono soddisfare i requisiti della norma europea armonizzata UNI EN 450-1. Per quanto riguarda l'impiego si potrà fare utile riferimento ai criteri stabiliti dalle norme UNI EN 206- 1:2006 ed UNI 11104:2004.

I fumi di silice devono soddisfare i requisiti della norma europea armonizzata UNI EN 13263-1.

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

2.1.7 Copriferro ed interferro

Al fine della protezione delle armature dalla corrosione il valore minimo dello strato di ricoprimento di calcestruzzo (copriferro c_{min}) deve rispettare quanto indicato in Tabella VIII in funzione delle condizioni ambientali di Tabella I. I valori sono espressi in mm e sono distinti in funzione dell'armatura, barre da c.a. o cavi aderenti da c.a.p. (fili, trecce e trefoli), e del tipo di elemento, a piastra (solette, pareti,...) o monodimensionale (travi, pilastri,...).

A tali valori di tabella vanno aggiunte le tolleranze di posa (Δh), pari a 10 mm o minore; con riferimento alla norma UNI EN 1992-1-1 tale valore viene assunto pari a:

- 5 mm nel caso di controllo molto accurato (elementi prefabbricati)
- 10 mm nel caso di controllo sicuro (elementi realizzati in opera)

I valori della Tabella VIII si riferiscono a costruzioni con vita nominale di 50 anni (Tipo 2 secondo la Tabella 2.4.I delle NTC). Per costruzioni con vita nominale di 100 anni (Tipo 3 secondo la citata Tabella 2.4.I) i valori della Tabella VIII vanno aumentati di 10 mm. Per classi di resistenza inferiori a C_{min} i valori della Tabella VIII sono da aumentare di 5 mm.

Tabella VIII. Copriferro al netto delle tolleranze di esecuzione

| C_{min} | | | <i>barre da c.a.</i> | | <i>barre da c.a.</i> | | <i>cavi da c.a.p.</i> | | <i>cavi da c.a.p.</i> | |
|------------------|-----------|--------|----------------------|------------------------|----------------------|------------------------|-----------------------|------------------------|-----------------------|------------------------|
| | | | el. a piastra | | altri elementi | | elementi a piastra | | altri elementi | |
| cond. amb. | C_{min} | C_o | $C \geq C_o$ | $C_{min} \leq C < C_o$ | $C \geq C_o$ | $C_{min} \leq C < C_o$ | $C \geq C_o$ | $C_{min} \leq C < C_o$ | $C \geq C_o$ | $C_{min} \leq C < C_o$ |
| ordinarie | C25/30 | C35/45 | 15 | 20 | 20 | 25 | 25 | 30 | 30 | 35 |
| aggressive | C28/35 | C40/50 | 25 | 30 | 30 | 35 | 35 | 40 | 40 | 45 |
| molto aggressive | C35/45 | C45/55 | 35 | 40 | 40 | 45 | 45 | 50 | 50 | 50 |

Il copriferro nominale (c_{nom}) viene, dunque calcolato come:

$$c_{nom} = c_{min} + \Delta h$$

Per le strutture in elevazione si ha:

- $C_o = C35/45$
- $C_{min} = C25/30$
- $C = C28/35$
- barre da c.a.
- sistema di controllo accurato

pertanto, conformemente a quanto sopra riportato, si assumono:

- per gli elementi monodimensionali

- $c_{\min} = 25 \text{ mm}$
- $\Delta h = 5 \text{ mm}$

da cui si ricava:

$$c_{\text{nom}} = 30 \text{ mm}$$

- per gli elementi bidimensionali

- $c_{\min} = 20 \text{ mm}$
- $\Delta h = 5 \text{ mm}$

da cui si ricava:

$$c_{\text{nom}} = 25 \text{ mm}$$

I valori di progetto assunti sono:

- elementi monodimensionali $c = 30 \text{ mm}$
- elementi bidimensionali $c = 25 \text{ mm}$

mentre per le strutture in fondazione si ha:

- $C_o = C40/50$
- $C_{\min} = C28/35$
- $C = C32/40$
- barre da c.a.
- sistema di controllo accurato

pertanto, conformemente a quanto sopra riportato, si assumono:

- per gli elementi monodimensionali

- $c_{\min} = 35 \text{ mm}$
- $\Delta h = 5 \text{ mm}$

da cui si ricava:

$$c_{\text{nom}} = 40 \text{ mm}$$

- per gli elementi bidimensionali

- $c_{\min} = 30 \text{ mm}$
- $\Delta h = 5 \text{ mm}$

da cui si ricava:

$$c_{\text{nom}} = 35 \text{ mm}$$

I valori di progetto assunti sono:

- elementi monodimensionali $c = 40 \text{ mm}$

- elementi bidimensionali $c = 35 \text{ mm}$

2.1.8 Tipo di aggregati e dimensioni

Sono idonei alla produzione di calcestruzzo per uso strutturale gli aggregati ottenuti dalla lavorazione di materiali naturali, artificiali, ovvero provenienti da processi di riciclo conformi alla norma europea armonizzata UNI EN 12620 e, per gli aggregati leggeri, alla norma europea armonizzata UNI EN 13055-1.

Il sistema di attestazione della conformità di tali aggregati, ai sensi del DPR n.246/93 è indicato nella Tabella IX.

È consentito l'uso di aggregati grossi provenienti da riciclo, secondo i limiti riportati in Tabella X, a condizione che la miscela di calcestruzzo 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 H1, H2 ed H3 dell'annesso ZA della norma europea armonizzata 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.

Al fine di individuare i requisiti chimico-fisici, aggiuntivi rispetto a quelli fissati per gli aggregati naturali, che gli aggregati riciclati devono rispettare, in funzione della destinazione finale del calcestruzzo e delle sue proprietà prestazionali (meccaniche, di durabilità e pericolosità ambientale, ecc.), nonché quantità percentuali massime di impiego per gli aggregati di riciclo, o classi di resistenza del calcestruzzo, ridotte rispetto a quanto previsto nella Tabella X..

Il diametro massimo degli aggregati viene scelto pari al minore fra i seguenti valori:

- $d_{a1} = \frac{1}{4}$ sezione minima dell'elemento = 75 mm
- $d_{a2} = \text{interfero minimo} - 5 \text{ mm} = 25 \text{ mm}$
- $d_{a3} = 1.3 \cdot c_{nom} = 32.5 \text{ mm}$

Poiché sono di difficile reperimento inerti con dimensione massima superiore ai 32 mm e vista la distanza molto piccola tra le barre d'armatura negli angoli, è consigliabile assumere la dimensione massima degli inerti nella miscela cementizia $< 25 \text{ mm}$

Il diametro massimo degli aggregati prescritto è pari a:

$$d_{a,max} = 25 \text{ mm}$$

Tabella IX. Attestazione della conformità

| Specifica Tecnica Europea armonizzata di riferimento | Uso Previsto | Sistema di Attestazione della Conformità |
|--|--------------------------|--|
| Aggregati per calcestruzzo UNI EN 12620 e UNI EN 13055-1 | Calcestruzzo strutturale | 2+ |

Tabella X. Utilizzo aggregati provenienti da riciclo

| Origine del materiale da riciclo | Classe del calcestruzzo | percentuale di impiego |
|--|---|------------------------|
| demolizioni di edifici (macerie) | =C8/10 | fino al 100 % |
| demolizioni di solo calcestruzzo e c.a. | $\leq C30/37$ | $\leq 30 \%$ |
| | $\leq C20/25$ | Fino al 60 % |
| Riutilizzo di calcestruzzo interno negli stabilimenti di prefabbricazione qualificati - da qualsiasi classe da calcestruzzi $> C45/55$ | $\leq C45/55$ | |
| | Stessa classe del calcestruzzo di origine | fino al 5% |

2.1.9 Modalità di messa in opera e disarmo

I getti saranno opportunamente stipati e vibrati e la loro superficie verrà tenuta umida per almeno tre giorni. Sarà comunque vietata l'esecuzione di getti quando la temperatura esterna è minore di zero gradi.

Il disarmo delle casseformi, nelle costruzioni in cemento armato normale, nelle migliori condizioni atmosferiche, dovrà avvenire:

- non prima di tre giorni per gli elementi verticali;
- non prima di dieci giorni per gli elementi orizzontali di luce modesta.

2.2 Acciaio da cemento armato

Per le armature delle strutture in c.a. è previsto l'impiego di acciaio B450C controllato in stabilimento, sotto forma di barre ad aderenza migliorata, aventi le caratteristiche meccaniche e tecnologiche richieste dalla normativa; i requisiti richiesti sono riportati nella Tabella XI.

Per la corretta esecuzione in opera del conglomerato cementizio si provvederà mediante idonea costipazione e per quanto riguarda la stagionatura, allo scopo di evitare le conseguenze del ritiro, saranno assicurate successive annaffiature.

Tabella XI. Caratteristiche e requisiti barre di acciaio B450C

| <i>Tensioni nominali di rottura e snervamento</i> | |
|---|-----------------------|
| $f_{y,nom}$ | 450 N/mm ² |
| $f_{t,nom}$ | 540 N/mm ² |

| CARATTERISTICHE | REQUISITI | FRATTILE (%) |
|---|---------------|--------------|
| Tensione caratteristica di snervamento f_{yk} | | 5 |
| Tensione caratteristica di rottura f_{tk} | | 5 |
| $(f_t/f_y)_k$ | ≥ 1.15 | 10 |
| | < 1.35 | |
| $(f_y/f_{ynom})_k$ | ≤ 1.25 | 10 |
| Allungamento $(A_{gt})_k$ | $\geq 7.5 \%$ | 10 |
| 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 | |
| $16 < \phi \leq 25 \text{ mm}$ | 8 ϕ | |
| $25 < \phi \leq 40 \text{ mm}$ | 10 ϕ | |

2.2.1 Ancoraggio delle barre e giunzioni

Le armature longitudinali devono essere interrotte ovvero sovrapposte preferibilmente nelle zone compresse o di minore sollecitazione.

La continuità fra le barre può effettuarsi mediante:

- sovrapposizione, calcolata in modo da assicurare l'ancoraggio di ciascuna barra. In ogni caso la lunghezza di sovrapposizione nel tratto rettilineo deve essere non minore di 20 volte il diametro della barra. La distanza mutua (interferro) nella sovrapposizione non deve superare 4 volte il diametro;
- saldature, eseguite in conformità alle norme in vigore sulle saldature. Devono essere accertate la saldabilità degli acciai che vengono impiegati, nonché la compatibilità fra metallo e metallo di apporto nelle posizioni o condizioni operative previste nel progetto esecutivo;
- giunzioni meccaniche per barre di armatura. Tali tipi di giunzioni devono essere preventivamente validati mediante prove sperimentali.

Per barre di diametro $\varnothing > 32$ mm occorrerà adottare particolari cautele negli ancoraggi e nelle sovrapposizioni.

Le indicazioni che riguardano le giunzioni dei ferri e le sovrapposizioni sono state determinate secondo quanto prescritto dalla vigente normativa e sono indicate negli elaborati grafici di progetto.

LEGNO STRUTTURALE Elementi in legno classe BS14 (GL28h) lamellare. Il legno avrà le certificazioni ed i trattamenti superficiali come prevede la normativa in merito. Il legno lamellare incollato è un prodotto composito costituito da lamelle solitamente di una sola specie legnosa e incollate parallelamente alla fibratura. I requisiti più importanti riguardanti il legno lamellare incollato si trovano nella Bozza di norma europea ON EN 14080:2001, nella quale si fa riferimento ad una serie di altre norme specifiche sul legno lamellare. Tra queste, le più importanti in assoluto sono le due norme UNI EN 386:2003 (UNI EN 386:2002) e UNI EN 1194:2000 (vedi tabelle riportate). Per la produzione del legno lamellare incollato si impiega principalmente il legno delle Conifere abete rosso, abete bianco, pino e larice. È tuttavia possibile utilizzare legno di latifoglie come il faggio, il frassino, la quercia, la robinia o il castagno. Le caratteristiche fisico-meccaniche del legno lamellare sono determinate principalmente dalla qualità delle lamelle, dalla corretta realizzazione del giunto a pettine e dalla posizione delle lamelle all'interno dell'elemento finito. Secondo la UNI EN 386:2003, per la produzione di legno lamellare devono essere utilizzati segati (lamelle) classificati secondo la resistenza con metodi visivi o meccanici. La classificazione delle lamelle avviene tenendo conto delle sollecitazioni cui saranno sottoposte. Questa classificazione dovrebbe mirare alla determinazione di quei parametri caratteristici delle lamelle che influenzano maggiormente le proprietà meccaniche del legno lamellare. In base allo stato attuale della conoscenza e della ricerca si tratta principalmente della resistenza a trazione e del modulo E a trazione. Le travi di legno lamellare sia interne che esterne devono essere trattate con impregnanti in due mani secondo quanto riportato nelle UNI.

Esempi di composizioni di travi conformi ai prospetti 1 e 2; proprietà richieste per le lamelle in conformità al 6.3.1

| Classe di resistenza del legno lamellare incollato | GL 24 | GL 28 | GL 32 | GL 36 |
|---|--------------|---------------|---------------|---------------|
| Legno lamellare incollato omogeneo: | | | | |
| Resistenza a trazione, in N/mm ² | 14,5 | 18 | 22 | 26 |
| Modulo di elasticità a trazione, in N/mm ² | 11 000 | 12 000 | 13 000 | 14 000 |
| Massa volumica, in kg/m ³) | 350 | 370 | 390 | 410 |
| Legno lamellare incollato combinato:**) | | | | |
| Resistenza a trazione, in N/mm ² | 14,5/11 | 18/14,5 | 22/18 | 26/22 |
| Modulo di elasticità a trazione, in N/mm ² | 11 000/9 000 | 12 000/11 000 | 13 000/12 000 | 14 000/13 000 |
| Massa volumica, in kg/m ³) | 350/320 | 370/350 | 390/370 | 410/390 |
| *) I valori di massa volumica sono indicativi. | | | | |
| **) Per il legno lamellare combinato, le proprietà richieste sono fornite per le lamelle esterne/interne. | | | | |

Valori caratteristici per le proprietà di resistenza e di rigidezza in N/mm² e di massa volumica in kg/m³ (per legno lamellare incollato omogeneo)

| Classe di resistenza del legno lamellare incollato | | GL 24h | GL 28h | GL 32h | GL 36h |
|--|-----------------|--------|--------|--------|--------|
| Resistenza a flessione | $f_{m,g,k}$ | 24 | 28 | 32 | 36 |
| Resistenza a trazione | $f_{t,0,g,k}$ | 16,5 | 19,5 | 22,5 | 26 |
| | $f_{t,90,g,k}$ | 0,4 | 0,45 | 0,5 | 0,6 |
| Resistenza a compressione | $f_{c,0,g,k}$ | 24 | 26,5 | 29 | 31 |
| | $f_{c,90,g,k}$ | 2,7 | 3,0 | 3,3 | 3,6 |
| Resistenza a taglio | $f_{v,g,k}$ | 2,7 | 3,2 | 3,8 | 4,3 |
| Modulo di elasticità | $E_{0,g,mean}$ | 11 600 | 12 600 | 13 700 | 14 700 |
| | $E_{0,g,05}$ | 9 400 | 10 200 | 11 100 | 11 900 |
| | $E_{90,g,mean}$ | 390 | 420 | 460 | 490 |
| Modulo di taglio | $G_{g,mean}$ | 720 | 780 | 850 | 910 |
| Massa volumica | $\rho_{g,k}$ | 380 | 410 | 430 | 450 |