

**COMUNE DI PETTINEO**  
**CITTÀ METROPOLITANA DI MESSINA**

LAVORI DI RIQUALIFICAZIONE DELL'EDILIZIA RESIDENZIALE PUBBLICA, CON  
MIGLIORAMENTO SISMICO ED EFFICIENTAMENTO ENERGETICO DEGLI EDIFICI,  
CON CONTESTUALE RIQUALIFICAZIONE DEGLI SPAZI PUBBLICI ADIACENTI DI  
CONTRADA CREDENZA

**PROGETTO ESECUTIVO**

**S.5**

Il Progettista Ingegnere  
Basilio Calantoni



VISTO

Il responsabile del Procedimento



**ALLEGATI STRUTTURALI**

RELAZIONE SUI MATERIALI

| CODICE PROGETTO | CODICE ELABORATO | REVISIONE |      |         |            |           |
|-----------------|------------------|-----------|------|---------|------------|-----------|
|                 |                  |           | DATA | REDATTO | VERIFICATO | APPROVATO |
|                 |                  |           |      |         |            |           |
|                 |                  |           |      |         |            |           |
|                 |                  |           |      |         |            |           |

# *Relazione sui Materiali*

La presente relazione riporta i dati necessari all'identificazione e alla qualificazione dei materiali strutturali adoperati nell'opera in oggetto, nonché le procedure di accettazione previste dalle vigenti Norme Tecniche.

L'opera, oggetto della presente progettazione strutturale, è realizzata interamente in muratura ma presenta elementi strutturali (cordoli) in Conglomerato Cementizio Armato; tale materiale (spesso definito impropriamente Cemento Armato) è ottenuto inglobando all'interno di un conglomerato di cemento ed inerti (definito Calcestruzzo) degli elementi in acciaio sotto forma di barre opportunamente modellate, che hanno l'importante compito di assorbire gli sforzi di trazione.

Per ottenere un calcestruzzo armato con buone caratteristiche meccaniche, è necessario che i materiali che lo costituiscono rispettino i criteri di conformità fissati dalla normativa.

In particolare, verranno dapprima riportati i requisiti che i componenti devono possedere per realizzare un calcestruzzo di buona qualità e, in seguito, analizzate le caratteristiche meccaniche del calcestruzzo armato adoperato, illustrando le prescrizioni relative al conglomerato cementizio e quelle relative all'acciaio. Tali prescrizioni conterranno anche le indicazioni atte a garantire la lavorabilità dell'impasto e la durabilità dell'opera, in relazione alle condizioni ambientali del sito di costruzione. Ciò comporta determinate scelte progettuali, come assegnare un valore adeguato di copriferro minimo (inteso come lo spessore minimo di calcestruzzo che ricopre le armature) ai fini della protezione del calcestruzzo armato contro la corrosione delle armature metalliche.

## **Componenti del calcestruzzo**

Come già accennato, il calcestruzzo è costituito da un aggregato di inerti (sabbia e ghiaia o pietrisco) legati da una pasta cementizia, composta da acqua e cemento. Oltre ai componenti normali, è consentito l'uso di aggiunte (ceneri volanti, loppe granulate d'altoforno e fumi di silice) e di additivi chimici (acceleranti, ritardanti, aeranti, ecc.), in conformità a quanto previsto dalle NTC/2018.

### **Cemento**

La fornitura del cemento sarà effettuata con l'osservanza delle condizioni e modalità di cui all'art.3 della legge 26/5/1965 n.595. Verrà impiegato cemento conforme alla norma armonizzata UNI EN 197.

### **Aggregati**

Sono idonei alla produzione del 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.

L'attestazione della conformità di tali aggregati deve essere effettuata ai sensi del DPR n. 246/93. Inoltre, gli aggregati riciclati devono rispettare, in funzione della destinazione finale del calcestruzzo e delle sue proprietà prestazionali, dei requisiti chimico-fisici aggiuntivi, rispetto a quelli fissati per gli aggregati naturali, secondo quanto prescritto dalle norme UNI 8520-1:2005 e UNI 8520-2:2005. Ad ogni modo, la dimensione massima dell'inerte sarà commisurata, per l'assestamento del getto, ai vuoti tra le armature e tra i casseri tenendo presente che il diametro massimo dell'inerte non dovrà superare: la distanza minima tra due ferri contigui ridotta di 5 mm, 1/4 della dimensione minima della struttura e 1/3 del copriferro.

### **Acqua di impasto**

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

### **Additivi**

Gli additivi chimici, utilizzati per migliorare una o più prestazioni del calcestruzzo, devono essere conformi alla norma europea armonizzata UNI EN 934-2.

### **Aggiunte**

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 UNI EN 450-1. Per quanto riguarda invece l'impiego bisogna fare riferimento alle norme UNI EN 206-1:2006 e UNI 11104:2004.

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

Per ulteriori approfondimenti sullo stoccaggio in cantiere e la messa in opera dei materiali utilizzati, si rimanda alla Relazione Esecutiva.

## Calcestruzzo

Per il calcestruzzo preconfezionato o confezionato in opera per strutture armate, così come stabilito successivamente nella relazione di calcolo e in conformità alle seguenti norme:

- D.M. gennaio 2018, Cap 4 e 11
- C.M. 2019
- Linee Guida per il calcestruzzo strutturale
- UNI-EN 206-1
- UNI-EN 12620
- UNI 197/1

si richiedono le seguenti caratteristiche:

| Descrizione   | Fondazione | Elevazione |
|---|------------|------------|
| Classe di calcestruzzo  | C25/30     | C25/30     |
| Resistenza a compressione sui cubetti $R_{ck}$ [daN/cm <sup>2</sup> ] | 300        | 300        |
| Classe di consistenza   | S1         | S1         |
| Classe di esposizione   | X0         | X0         |
| Copriferro minimo [mm]  | 25         | 25         |
| Massimo rapporto acqua/cemento  | ---        | ---        |
| Dosaggio di cemento minimo [kg/m <sup>3</sup> ]                       | ---        | ---        |
| Impiego di additivi   | No         | No         |
| Controllo di accettazione di tipo                                     | A          | A          |

Definita la classe di calcestruzzo adoperata, è possibile calcolare tutti i parametri di resistenza che ne caratterizzano il comportamento, sia a compressione che a trazione, come riportato nelle seguenti espressioni, in cui i parametri di resistenza vanno espressi in N/mm<sup>2</sup>:

$$\begin{aligned}
 R_{ck} &= \text{Resistenza cubica} \\
 f_{ck} &= 0.83 R_{ck} = \text{resistenza cilindrica} \\
 f_{cm} &= f_{ck} + 8 = \text{Valore medio della resistenza cilindrica} \\
 E_c &= 22000 [f_{cm} / 10]^{0.3} = \text{Modulo Elastico secante tra la tensione nulla e } 0.40 f_{cm} \\
 f_{cd} &= f_{ck} / \gamma_c = \text{Resistenza di calcolo a compressione, con } \gamma_c \text{ pari a } 1.6 \\
 \alpha f_{cd} &= 0.85 f_{cd} = \text{Resistenza di calcolo a compressione ridotta, per i carichi di lunga durata} \\
 f_{ctm} &= 0.30 f_{ck}^{2/3} = \text{Resistenza media a trazione} \\
 f_{ctk} &= 0.7 f_{ctm} = \text{Resistenza caratteristica a trazione} \\
 f_{ctk} &= 1.2 f_{ctm} = \text{Resistenza caratteristica a trazione per flessione} \\
 f_{ctk} &= f_{ctk} / \gamma_c = \text{Resistenza di calcolo a trazione} \\
 f_{ctd} &= f_{ctk} / \gamma_c = \text{Resistenza di calcolo a trazione per flessione}
 \end{aligned}$$

I valori così calcolati vengono riportati nella seguente tabella:

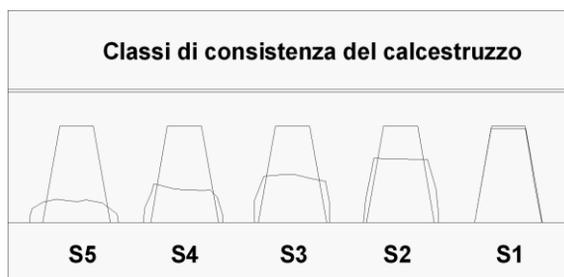
| Piano      | Classe<br>Cls | fck<br>daN/cm <sup>2</sup> | Rck<br>daN/cm <sup>2</sup> | fcm<br>daN/cm <sup>2</sup> | Ec<br>daN/cm <sup>2</sup> | fcd<br>daN/cm <sup>2</sup> | $\alpha$ fcd<br>daN/cm <sup>2</sup> | fctm<br>daN/cm <sup>2</sup> | fctk<br>daN/cm <sup>2</sup> | fck<br>daN/cm <sup>2</sup> | fctd<br>daN/cm <sup>2</sup> | fcd<br>daN/cm <sup>2</sup> |
|------------|---------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|---------------------------|----------------------------|-------------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|----------------------------|-----------------------------|----------------------------|
| Fondazione | C25/30        | 249.0                      | 300                        | 329.0                      | 314471                    | 155                        | 132                                 | 25.6                        | 17.9                        | 21.5                       | 11.2                        | 13.4                       |
| Elevazione | C25/30        | 249.0                      | 300                        | 329.0                      | 314471                    | 155                        | 132                                 | 25.6                        | 17.9                        | 21.5                       | 11.2                        | 13.4                       |

### Lavorabilità dell'impasto

La lavorabilità, ovvero la facilità con cui viene mescolato l'impasto, varia in funzione del tipo di calcestruzzo impiegato, dipende dalla granulometria degli inerti, dalla presenza o meno di additivi e aumenta in relazione al quantitativo di acqua aggiunta. Inoltre, la lavorabilità aumenta al diminuire della consistenza, che rappresenta il grado di compattezza dell'impasto fresco.

La classe di consistenza del calcestruzzo da utilizzare viene fissata in base all'esigenza che l'impasto rimanga fluido per il tempo necessario a raggiungere tutte le parti interessate dal getto, senza che perda di omogeneità ed in modo che, a compattazione avvenuta, non rimangano dei vuoti. Il calcestruzzo viene quindi classificato, a seconda della sua consistenza, sulla base dell'abbassamento al cono, definito **Slump** ed identificato da un codice (da S1 a S5), che corrisponde ad un determinato intervallo di lavorabilità, espresso mediante la misura dello Slump, in mm. La lavorabilità cresce all'aumentare del numero che indica la classe.

Considerare, ad esempio, un calcestruzzo con classe di consistenza S3, caratterizzato da uno slump compreso tra 100 e 150 mm, significa che, se sottoposto alla prova di abbassamento del cono (slump test), il provino troncoconico di calcestruzzo fresco, appena sformato, subisce un abbassamento compreso in quell'intervallo.



La scelta della classe di consistenza del calcestruzzo è legata alla lavorabilità che ci si aspetta dall'impasto per il tipo di opera che si deve andare a realizzare.

| Classe di Consistenza  | Slump (mm) | Applicazioni  |
|------------------------|------------|---|
| S1<br>(Terra umida)    | 10 - 40    | pavimenti messi in opera con vibro finiture                             |
| S2<br>(Terra plastica) | 50 - 90    | strutture circolari (silos, ciminiera)                                  |
| S3<br>(semi fluida)    | 100 - 150  | strutture non armate o poco armate                                      |
| S4<br>(fluida)         | 160 - 210  | strutture mediamente armate   |
| S5<br>(super fluida)   | oltre 210  | strutture fortemente armate con ridotta sezione e/o complessa geometria |

Per la quasi totalità delle opere in calcestruzzo armato gettato in casseforme, ci si aspetta una lavorabilità che ricada tra la classe di consistenza semi-fluida (S3) e quella super-fluida (S5).

Per l'opera in esame, in base ai criteri esposti, si è scelto di utilizzare un calcestruzzo appartenente alla Classe di consistenza **S4**.

### Durabilità

La durabilità di un'opera in calcestruzzo armato dipende fortemente dalle condizioni ambientali del sito, di edificazione dell'opera stessa. Inoltre, per resistere alle azioni ambientali, il calcestruzzo deve possedere dei requisiti che tengano conto della vita di esercizio prevista per l'opera da realizzare.

E' possibile suddividere le diverse parti di una struttura, a seconda della loro esposizione all'ambiente esterno, in modo da individuare le corrispondenti classi di esposizione.

A seconda delle situazioni esterne ambientali, più o meno aggressive, è possibile, definire più classi di esposizione, come prescritto dalle UNI-EN 206-1:2006 e come riportato nella seguente tabella:

| Classe | Ambiente                         |
|--------|----------------------------------|
| X0     | Assenza di corrosione            |
| XC     | Corrosione da carbonatazione     |
| XD     | Corrosione da cloruri non marini |
| XS     | Corrosione da cloruri marini     |
| XF     | Degrado per cicli gelo - disgelo |
| XA     | Attacchi chimici                 |

Le Norme Tecniche per le Costruzioni, invece, distinguono le condizioni ambientali in ordinarie, aggressive e molto aggressive, e definiscono, per ciascuna condizione, le corrispondenti classi di esposizione, come di seguito indicato in tabella:

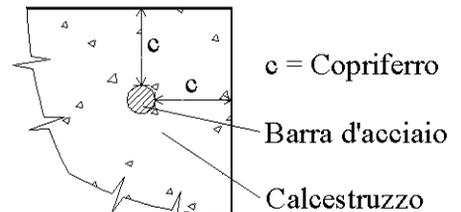
| Condizioni ambientali | Classi di esposizione |
|-----------------------|-----------------------|
| Ordinarie             | X0, XC1, XC2, XC3,    |
| Aggressive            | XC4, XD1, XS1         |
| Molto Aggressive      | XD2, XD3, XS2, XS3    |

Per ciascuna delle suddette classi di esposizione è richiesto il rispetto di alcuni vincoli, espressi sotto forma di rapporto acqua cemento (a/c), dosaggio di cemento e spessore minimo del copriferro.

Nel seguente prospetto, in funzione della classe di esposizione scelta, vengono riportati il valore massimo del rapporto acqua cemento, il dosaggio minimo del cemento e la classe di resistenza minima del calcestruzzo che occorre rispettare.

| Descrizione                                     | Fondazione | Elevazione |
|---|------------|------------|
| Classe Esposizione                              | X0         | X0         |
| a/c max   | ---        | ---        |
| Dosaggio di cemento minimo [kg/m <sup>3</sup> ] | ---        | ---        |
| Rck min [daN/cm <sup>2</sup> ]                  | 150        | 150        |

Come già detto, all'accentuarsi dell'intensità dell'attacco dell'ambiente esterno, oltre ad incrementare il quantitativo di cemento nell'impasto (riducendo quindi il rapporto acqua-cemento), è necessario aumentare lo spessore di calcestruzzo che ricopre le armature. Tale ricoprimento di calcestruzzo, generalmente definito Copriferro, è necessario per proteggere sia le barre di acciaio dai fenomeni di corrosione e dagli attacchi degli agenti esterni e, soprattutto, per assicurare una adeguata trasmissione delle forze di aderenza.



Lo spessore del copriferro viene dimensionato in funzione della aggressività dell'ambiente esterno, della classe di resistenza del calcestruzzo e della vita nominale della struttura.

Nella tabella seguente, vengono indicati, espressi in mm, i copriferri minimi da adottare prescritti dalle Norme Tecniche per le Costruzioni, sia per elementi a piastra che per altri elementi costruttivi:

| Descrizione            | Fondazione | Elevazione |
|------------------------|------------|------------|
| Classe di resistenza   | C25/30     | C25/30     |
| Ambiente               | X0         | X0         |
| Copriferro minimo [mm] | 25         | 25         |

### Controllo di accettazione del calcestruzzo

Le Norme tecniche per le Costruzioni fissano l'obbligo di eseguire controlli sistematici in corso d'opera per verificare la conformità delle caratteristiche del calcestruzzo messo in opera rispetto a quello stabilito dal progetto e sperimentalmente verificato in sede di valutazione preliminare.

Il prelievo dei campioni per il controllo di accettazione verrà eseguito secondo le modalità prescritte al punto 11.2.5.3 del D.M.14/01/2018.

Il controllo da eseguire, per l'opera in oggetto, in funzione del quantitativo di calcestruzzo in accettazione è quello di tipo A.

Il controllo di accettazione è positivo ed il quantitativo di calcestruzzo accettato se risultano verificate le disuguaglianze di cui alla tabella seguente:

| Controllo di tipo A  |
|----------------------|
| $R_1 > R_{ck} - 3.5$ |
| $R_m > R_{ck} + 3.5$ |
| Numero Prelievi = 3  |

dove:

$R_m$  = Resistenza media dei prelievi, espressa in N/mm<sup>2</sup>

$R_1$  = Minore valore di resistenza dei prelievi, espresso in N/mm<sup>2</sup>

## Acciaio

L'acciaio dolce da armatura utilizzato è del tipo B450C, per gli elementi in Fondazione, qualificato secondo le procedure D.M. 14/01/2018 par.11.3.1.2 e par.11.3.3.5.

In conformità alle seguenti norme:

- D.M. gennaio 2018 Cap. 11
- C.M. 2019
- UNI-EN 7438
- UNI 10080

si richiedono, per l'acciaio, le seguenti caratteristiche meccaniche:

| Descrizione  | Fondazione                    |
|--|-------------------------------|
| Tensione caratteristica di snervamento $f_{yk}$ [daN/cm <sup>2</sup> ] | ≥ 4500                        |
| Tensione caratteristica di rottura $f_{tk}$ [daN/cm <sup>2</sup> ]     | ≥ 5400                        |
| Allungamento (Agt) <sub>k</sub> [%]                                    | ≥ 7.5                         |
| Rapporto di sovraresistenza $f_{tk}/f_{yk}$ [%]                        | 1.15 ≤ $f_{tk}/f_{yk}$ < 1.35 |
| Rapporto tens. effettiva/nominale ( $f_y/f_{ynom}$ ) <sub>k</sub>      | ≤ 1.25                        |
| Tensione di calcolo di snervamento [daN/cm <sup>2</sup> ]              | 3913                          |
| Modulo Elastico Normale [daN/cm <sup>2</sup> ]                         | 2100000                       |

Si è scelto di utilizzare barre d'acciaio aventi i diametri, espressi in mm, riportati nel seguente prospetto:

| Descrizione   | Tondino<br>[cm]     |
|---------------|---------------------|
| travi e pilas | Staffe 8<br>Long.16 |

Il campionamento e le prove saranno condotte secondo quanto previsto al par.11.3.2 del D.M. 14/01/2018.

### Acciaio nastri CAM

| Nome     | Norm.             | Tipo | v    | ps<br>[daN/m <sup>3</sup> ] | αt [1/°C] | E<br>[daN/cm <sup>2</sup><br>] | FC   | γM0  | γM1  | γM2  | f <sub>y</sub><br>[daN/cm <sup>2</sup><br>] | f <sub>u</sub><br>[daN/cm <sup>2</sup><br>] |
|----------|-------------------|------|------|-----------------------------|-----------|--------------------------------|------|------|------|------|---|---|
| Acciaio1 | UNI EN<br>10025-2 | S235 | 0,30 | 7850                        | 1,2E-005  | 2100000,<br>0                  | 1,00 | 1,05 | 1,05 | 1,25 | 2350,0                                      | 3600,0                                      |

**Il Tecnico**