

ST01. RELAZIONE SUI MATERIALI

Per la realizzazione dell'opera in oggetto è previsto l'utilizzo dei materiali con le caratteristiche meccaniche di seguito specificate.

1.1 CEMENTO ARMATO

CALCESTRUZZO

La norma NTC 17-01-2018 fa esplicito riferimento alle indicazioni contenute nei seguenti documenti normativi:

- UNI EN 206-1: "Calcestruzzo-parte 1: Specificazione, prestazione, produzione e conformità";
- UNI 11104: "Calcestruzzo-specificazione, prestazione, produzione e conformità-Istruzioni per l'applicazione della EN 206-1".

Per la realizzazione dei manufatti in cemento armato previsti per l'opera in oggetto si prescrive l'utilizzo di conglomerato cementizio con le caratteristiche di seguito specificate:

OPERE DI FONDAZIONE ED ELEVAZIONE

CLASSE DI RESISTENZA: C25/30

- CLASSE DI ESPOSIZIONE: XC2 (peggiore)
- DIAMETRO MAX. INERTE: 20mm
- CONSISTENZA: S4 (fluida, slump di 16-20cm da cono di Abram)
- RAPPORTO MAX. A/C:.....0.60/kg
- CONTENUTO MINIMO CEMENTO: 300kg/mc (cemento: tipo 425 ad alta resistenza (CEM II-A/L 42.5R), conforme alla norma UNI EN 197/1)

CLASSE DI CONSISTENZA

La classe di consistenza del calcestruzzo deve essere definita in funzione della tipologia di elemento da realizzare (travi, pilastri, solette, pareti,...), delle sue dimensioni e dalle difficoltà di posa in opera affinché sia evitata ogni possibile aggiunta di acqua in cantiere per migliorarne la lavorabilità. A tal fine potrà essere valutata la possibilità di aggiungere all'impasto del calcestruzzo, presso la centrale di betonaggio e sotto lo stretto controllo della Direzione dei lavori, sostanze fluidificanti che permettano di avere una maggiore lavorabilità dei getti senza modificarne apprezzabilmente il rapporto acqua/cemento e le proprietà meccaniche. Nel caso in oggetto si ritiene adatta allo scopo una classe di consistenza semifluida S3 (slump di 10-15cm da cono di Abram).

QUALITA' DEI COMPONENTI DELLE MISCELE

Acqua: deve essere limpida, generalmente potabile e priva di sali (cloruri e solfuri)

Inerti: la sabbia deve essere a spigoli vivi con grani assortiti di diametro compreso tra 0 e 3mm e non deve provenire da rocce in decomposizione. Deve inoltre essere pulita e priva di sostanze organiche, melmose, terrose e di salsedine. Il pietrisco deve provenire da frantumazione di rocce compatte non gessose, non gelive. Non sono ammessi elementi ghiaiosi e/o ciottoli con spigoli lisci ed arrotondati ricavati da misto di fiume. Il pietrisco deve essere pulito e privo di qualsiasi impurità, dovrà essere preventivamente lavato per poterlo utilizzare nell'impasto del calcestruzzo.

Assortimento granulometrico: dovrà essere definito sulla base delle pezzature disponibili presso la centrale di betonaggio e nel rispetto del massimo diametro degli inerti come sopra specificato utilizzando le metodologie ad hoc previste per il progetto delle miscele di conglomerato cementizio (mix design).

NORME DI ESECUZIONE PER IL CEMENTO ARMATO

TRASPORTO: gli impasti devono essere preparati e trasportati sul cantiere in modo da evitare la segregazione dei componenti o il prematuro inizio della presa al momento del getto.

GETTI: di regola sono da evitare getti con temperature ambientali prossime o inferiori ai 0°C, salvo procedere con adeguate cautele consistenti, ad esempio, nell'aggiunta di anticongelanti alle miscele in modo da evitare il congelamento dell'acqua di impasto. Sono parimenti sconsigliati i getti con temperature ambientali elevate poiché ciò potrebbe favorire un'evaporazione troppo rapida dell'acqua d'impasto. Normalmente il campo di intervallo di temperatura entro il quale eseguire i getti è tra +5 e +30°. I getti devono essere adeguatamente compattati e le superfici esposte devono essere mantenute umide per almeno 3-4 giorni. Durante il costipamento dei getti è ammesso l'uso di vibratori ad ago solo per solette e piastre in genere. In tutti gli altri casi (pilastri, travi, pareti) i vibratori si applicheranno agendo direttamente sulle superfici laterali delle casseforme.

DISARMO: deve sempre essere autorizzato dalla Direzione dei Lavori. I tempi necessari al disarmo possono variare in funzione di molteplici fattori quali le condizioni ambientali delle strutture appena gettate e lo stato di sollecitazione in esse presenti. In ogni caso il disarmo deve essere graduale e tale da non indurre sollecitazioni dinamiche nei manufatti interessati e nel rispetto dei tempi minimi previsti secondo le normative vigenti. A titolo esemplificativo si possono fornire le seguenti indicazioni:

sponde dei casseri di travi e pilastri: 3-4gg

solette di luce modesta: 10gg

puntelli e centine di travi: 24gg

solai e strutture a sbalzo: 28gg

PRELIEVO DEI CAMPIONI: in relazione al quantitativo di calcestruzzo da porre in opera, da normativa D.M. 17-01-2018, si prevede un controllo di tipo A (<1500mc di getto).

11.2.5. CONTROLLO DI ACCETTAZIONE

Il controllo di accettazione è eseguito dal Direttore dei Lavori su ciascuna miscela omogenea e si configura, in funzione del quantitativo di calcestruzzo in accettazione, nel:

- controllo di tipo A di cui al § 11.2.5.1;
- controllo di tipo B di cui al § 11.2.5.2.

Il controllo di accettazione è positivo ed il quantitativo di calcestruzzo accettato se risultano verificate le disuguaglianze di cui alla Tab. 11.2.I seguente:

Tab. 11.2.I

Controllo di tipo A	Controllo di tipo B
$R_{c,min} \geq R_k - 3,5$	
$R_{cm28} \geq R_k + 3,5$ (N° prelievi: 3)	$R_{cm28} \geq R_k + 1,48 s$ (N° prelievi ≥ 15)

Ove: R_{cm28} = resistenza media dei prelievi (N/mm²); $R_{c,min}$ = minore valore di resistenza dei prelievi (N/mm²);
 s = scarto quadratico medio

11.2.5.1 CONTROLLO DI TIPO A

Ogni controllo di tipo A è riferito ad un quantitativo di miscela omogenea non maggiore di 300 m³ ed è costituito da tre prelievi, ciascuno dei quali eseguito su un massimo di 100 m³ di getto di miscela omogenea. Risulta quindi un controllo di accettazione ogni 300 m³ massimo di getto. Per ogni giorno di getto va comunque effettuato almeno un prelievo.

Nelle costruzioni con meno di 100 m³ di getto di miscela omogenea, fermo restando l'obbligo di almeno 3 prelievi e del rispetto delle limitazioni di cui sopra, è consentito derogare dall'obbligo di prelievo giornaliero.

Dovrà risultare

$$R_1 \geq R_{ck} - 3.5$$
$$R_m \geq R_{ck} + 3.5 \quad (\text{resistenze a compressione espresse in Mpa})$$

Dove

R_1 è la resistenza a compressione minima tra i tre prelievi

R_m è la resistenza a compressione media dei tre prelievi

Classi di esposizione per calcestruzzo strutturale, in funzione delle condizioni ambientali secondo norma UNI 11104:2004 e UNI EN 206-1:2006

Classe esposizione norma UNI 9858	Classe esposizione norma UNI 11104 UNI EN 206 -1	Descrizione dell'ambiente	Esempio	Massimo rapporto a/c	Minima Classe di resistenza	Contenuto minimo in aria (%)
1 Assenza di rischio di corrosione o attacco						
1	X0	Per calcestruzzo privo di armatura o inserti metallici: tutte le esposizioni eccetto dove c'è gelo/disgelo, o attacco chimico. Calcestruzzi con armatura o inserti metallici in ambiente 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 ad abrasione, gelo o attacco chimico.	-	C 12/15	
2 Corrosione indotta da carbonatazione						
Nota - Le condizioni di umidità si riferiscono a quelle presenti nel copriferro o nel ricoprimento di inserti metallici, ma in molti casi si può considerare che tali condizioni riflettano quelle dell'ambiente circostante. In questi casi la classificazione dell'ambiente circostante può essere adeguata. Questo può non essere il caso se c'è una barriera fra il calcestruzzo e il suo ambiente.						
2 a	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, e immerse in acqua.	0,60	C 25/30	
2 a	XC2	Bagnato, raramente asciutto.	Parti di strutture di contenimento liquidi, fondazioni. Calcestruzzo armato ordinario o precompresso prevalentemente immerso in acqua o terreno non aggressivo.	0,60	C 25/30	
5 a	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.	0,55	C 28/35	
4 a 5 b	XC4	Ciclicamente asciutto e bagnato.	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.	0,50	C 32/40	

ARMATURE METALLICHE

Non si devono adottare armature eccessivamente ossidate, corrose o recanti difetti superficiali, affinché la resistenza meccanica dichiarata in origine non venga ad essere ridotta. Si useranno barre in acciaio tipo **B450C** ad aderenza migliorata, controllate in stabilimento con una tensione caratteristica di snervamento non minore di **4500 daN/cm²** (NTC 2018 p.to 11.3.2.1).

Il quantitativo e la disposizione delle barre di armatura è quella specificata nei disegni dei particolari costruttivi.

11.3.2.1 ACCIAIO PER CALCESTRUZZO ARMATO B450C

L'acciaio per calcestruzzo armato B450C è caratterizzato dai seguenti valori nominali della tensione di snervamento e della tensione a carico massimo da utilizzare nei calcoli:

Tab. 11.3.Ia

$f_{y\text{ nom}}$	450 N/mm ²
$f_{t\text{ nom}}$	540 N/mm ²

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

Tab. 11.3.Ib

Caratteristiche	Requisiti	Frattile (%)
Tensione caratteristica di snervamento f_{yk}	$\geq f_{y\text{ nom}}$	5.0
Tensione caratteristica a carico massimo f_{tk}	$\geq f_{t\text{ nom}}$	5.0
$(f_t/f_y)_k$	$\geq 1,15$	10.0
	$< 1,35$	
$(f_y/f_{y\text{ nom}})_k$	$\leq 1,25$	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	

R_{ck}	f_{ck}	f_{cd}	f_{ctm}	f_{ctd}	E_{cm}
30	24.90	14.11	2.56	1.19	31447.2

valori espressi in Mpa

TABELLA RIASSUNTIVA DELLE CARATTERISTICHE MECCANICHE PER IL CALCOLO DEI MANUFATTI IN C.A.

$$f_{ck} = 0.83 \cdot R_{ck}$$

$$f_{cd} = \alpha_{cc} \cdot f_{ck} / \gamma_c$$

$$f_{ctd} = f_{ctk} / \gamma_c$$

$$f_{ctk} = 0.7 \cdot f_{ctm}$$

$$f_{ctm} = 0.30 \cdot f_{ck}^{2/3}$$

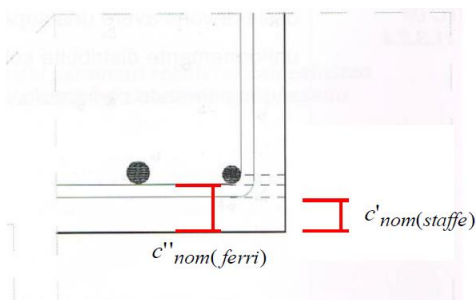
$$E_{cm} = 22000 \cdot [f_{cm} / 10]^{0.3}$$

$$f_{cm} = f_{ck} + 8$$

$$\alpha_{cc} = 0.85$$

$$\gamma_c = 1.50$$

COPRIFERRO: (da intendersi come minima distanza dal cassero delle armature e/o staffe)



C sarà la distanza tra il lembo esterno del calcestruzzo rispetto alla staffa o ai ferri longitudinali

Il copriferro dovrà essere garantito su tutte le superfici dei getti mediante l'applicazione di adeguati distanziatori. Il valore stabilito è conforme a quanto indicato dall'EC2 (EN 1992-1-1) per strutture con vita nominale $V_N = 50$ anni (prospetto 4.4), appartenenti alla classe S4.

Tab. 4.4 N - Copriferro minimo richiesto (mm)							
Classe Strutturale	Classi di esposizione ambientale in accordo con 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

Essendo $C_{min,dur} = 25\text{mm}$

$\Delta C_{dev} = 5\text{mm}$ (con verifiche e controlli in cantiere)

Ne deriva un copriferro minimo

$$C_{min} = C_{min,dur} + \Delta C_{dev} = 30\text{mm}$$

Nel caso specifico avendo adottato un copriferro di $35\text{mm} > C_{min} = 25\text{mm}$ è rispettata anche la dimensione massima degli inerti (20mm), poiché risulta inferiore a:

- $1.3 \cdot c = 1.3 \times 35 = 45.5\text{mm}$ (c = copriferro)
- $1/4 \cdot s_{p,min} = 150/4 = 37.5\text{mm}$ ($s_{p,min}$ = spessore minimo elementi realizzati)
- $i_F - 5\text{mm}$ (i_F = interferro minimo, sicuramente superiore almeno a 25mm)

1.2 COEFFICIENTI DI SICUREZZA SUI MATERIALI

CALCESTRUZZO

4.1.2.1.1.1 Resistenza di progetto a compressione del calcestruzzo

Per il calcestruzzo la resistenza di progetto a compressione, f_{cd} , è:

$$f_{cd} = \alpha_{cc} f_{ck} / \gamma_c \quad [4.1.3]$$

dove:

α_{cc} è il coefficiente riduttivo per le resistenze di lunga durata;

γ_c è il coefficiente parziale di sicurezza relativo al calcestruzzo;

f_{ck} è la resistenza caratteristica cilindrica a compressione del calcestruzzo a 28 giorni.

Il coefficiente γ_c è pari ad 1,5.

Il coefficiente α_{cc} è pari a 0,85.

Nel caso di elementi piani (solette, pareti, ...) gettati in opera con calcestruzzi ordinari e con spessori minori di 50 mm, la resistenza di progetto a compressione va ridotta a 0,80 f_{cd} .

Il coefficiente γ_c può essere ridotto da 1,5 a 1,4 per produzioni continuative di elementi o strutture, soggette a controllo continuativo del calcestruzzo dal quale risulti un coefficiente di variazione (rapporto tra scarto quadratico medio e valor medio) della resistenza non superiore al 10%. Le suddette produzioni devono essere inserite in un sistema di qualità di cui al § 11.8.3.

ACCIAIO (per c.a.)

Il coefficiente di sicurezza per l'acciaio, secondo normativa (p.to 4.1.2.1.1.3), è pari a

4.1.2.1.1.3 Resistenza di progetto dell'acciaio

La resistenza di progetto dell'acciaio f_{yd} è riferita alla tensione di snervamento ed il suo valore è dato da:

$$f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s \quad [4.1.5]$$

dove:

γ_s è il coefficiente parziale di sicurezza relativo all'acciaio;

f_{yk} per armatura ordinaria è la tensione caratteristica di snervamento dell'acciaio (§ 11.3.2), per armature da precompressione è la tensione convenzionale caratteristica di snervamento data, a seconda del tipo di prodotto, da f_{pyk} (barre), $f_{p(0,1)k}$ (fili), $f_{p(1)k}$ (tre-fole e trecce); si veda in proposito la Tab. 11.3.VIII.

Il coefficiente γ_s assume sempre, per tutti i tipi di acciaio, il valore 1,15.

R_k è il valore caratteristico della resistenza (trazione, compressione, flessione, taglio e torsione) della membratura, determinata dai valori caratteristici delle resistenze dei materiali f_{yk} e dalle caratteristiche geometriche degli elementi strutturali, dipendenti dalla classe della sezione.

γ_M è il fattore parziale globale relativo al modello di resistenza adottato.