

AREA GESTIONE EDILIZIA



SAPIENZA
UNIVERSITÀ DI ROMA

**REALIZZAZIONE DI ALLOGGI E RESIDENZE PER STUDENTI
UNIVERSITARI PRESSO L'EDIFICIO DI VIA PALESTRO, 63 -
ROMA**

(legge 14 novembre 2000, n. 338)



**PROGETTO DI ADEGUAMENTO FUNZIONALE
DELL'EDIFICIO IN VIA PALESTRO, PER LA
REALIZZAZIONE DI RESIDENZE PER STUDENTI
UNIVERSITARI (L. 338/2000)**

RELAZIONE SUI MATERIALI

Roma, Agosto 2013

Il Progettista
Ing. Stefano Tatarelli

Visto: Il Responsabile Unico del Procedimento
Ing. Armando Viscardi

RELAZIONE SUI MATERIALI

I materiali menzionati nella presente relazione di calcolo sono:

- Calcestruzzo per sottofondazioni : $R_{ck} = 15 \text{ N/mm}^2$
- Calcestruzzo per fondazione/elevazione (pilastri, travi): $R_{ck} = 30 \text{ N/mm}^2$
- Barre di armatura in acciaio : FeB 450C
- Acciaio da carpenteria metallica

I materiali, ai fini del calcolo delle sollecitazioni, sono considerati omogenei ed isotropi e sono definiti dalle seguenti caratteristiche: peso per unità di volume, modulo elastico, coefficiente di Poisson, coefficiente di dilatazione e tutte le caratteristiche meccaniche, riepilogate in seguito, utili alle verifiche strutturali dettate dalla normativa.

CALCESTRUZZO

La classe del calcestruzzo da utilizzare, viene definita sulla base della denominazione normalizzata,

prevista dalle recenti Norme Tecniche per le Costruzioni, che prevede l'utilizzo di una sigla, in cui i due valori numerici, corrispondono rispettivamente ai valori caratteristici della Resistenza cilindrica **f_{ck}** ed della Resistenza Cubica **R_{ck}**, entrambi espressi in N/mm², e legati dall'espressione **f_{ck} = 0.83 R_{ck}**. Sulla base di tali valori, è possibile calcolare tutti gli altri parametri di resistenza che caratterizzano il comportamento del calcestruzzo, sia a compressione che a trazione, come riportato nelle seguenti espressioni, in cui i parametri di resistenza devono essere espressi in N/mm²:

$$f_{cm} = f_{ck} + 8 = \text{Valore medio della resistenza cilindrica}$$

$$E_c = 22000 \cdot (f_{cm} / 10)^{0.3} = \text{Modulo Elastico secante tra la tensione nulla e } 0.40 f_{cm}$$

$$f_{cd} = f_{ck} / \gamma_c = \text{Resistenza di calcolo a compressione, con } \gamma_c \text{ pari a } 1.6$$

$$f_{ctm} = 0.30 f_{ck}^{2/3} = \text{Resistenza media a trazione}$$

$$f_{ctk} = 0.7 f_{ctm} = \text{Resistenza caratteristica a trazione}$$

$$f_{cfk} = 1.2 f_{ctk} = \text{Resistenza caratteristica a trazione per flessione}$$

$f_{ctd} = f_{ctk} / \gamma_c =$ Resistenza di calcolo a trazione

$f_{cfd} = f_{ck} / \gamma_c =$ Resistenza di calcolo a trazione per flessione

Classe	R _{ck} [daN/cm ²]	γ	p _s [daN/m ³]	γ _t [1/°C]	E _c [daN/cm ²]	FC	γ _{m,c}	E _{ct} / E _c	f _{ck} [daN/cm ²]
C25/30	300	0.15	2500.00	1.0E-005	314758.06	1.00	1.50	0.50	250.00
	f _{cd} SLU [daN/cm ²]	f _{ctd} SLU [daN/cm ²]	f _{cd} SLD [daN/cm ²]	f _{ctd} SLD [daN/cm ²]	f _{ctk,0.05} [daN/cm ²]	f _{ctm} [daN/cm ²]	ε _{c2} [‰]	ε _{cu2} [‰]	
	166.67	11.97	250.00	17.95	17.95	25.65	2.00	3.50	

ACCIAIO DA C.A.

Il tipo di acciaio utilizzato per le armature (travi di collegamento di fondazione in c.a. e tirafondi utilizzati per l'ancoraggio delle colonne alle stesse travi) viene definito tramite una sigla codificata, in cui il valore numerico, esprime la corrispondente tensione di snervamento in daN/mm², mentre le lettere "C" o "A" stanno ad indicare il tipo di laminazione adottata ("C" se laminati a caldo, "A" se a freddo). Si tratta di barre di acciaio ad adherenza migliorata, controllato in stabilimento, saldabile. Scelto il Tipo di acciaio, risultano definiti i parametri di resistenza, come di seguito riportato:

Es = Modulo Elastico Normale

f_{yk} = Resistenza caratteristica a snervamento

f_{yd} = f_{yk} / γ_s = Resistenza di calcolo a snervamento, con γ_s pari a 1.15

γ_{yd} = f_{yd} / Es = Deformazione in corrispondenza della tensione di snervamento f_{yd}

Tipo	γ _m	γ _E	FC	E _s [daN/cm ²]	f _{yk} [daN/cm ²]	f _{tk} [daN/cm ²]	f _d SLU [daN/cm ²]	f _d SLD [daN/cm ²]	f _d SLE [daN/cm ²]	k	ε _{ud} [‰]
B450C	1.15	-	1.00	20600000.00	4500.00	5400.00	3913.04	4500.00	3913.04	1.00	10.00

ACCIAIO DA CARPENTERIA

Tipo acciaio	Es [daN/cm²]	fyk [daN/cm²]	γ_m	fyd [daN/cm²]
S275JO	2100000	2750	1.05	2620

Viti e bulloni

Viti classe 8.8

Dadi 8

MALTA PER PLACCAGGIO MURATURE

Per il placcaggio della muratura si prevede di utilizzare una malta cementizia antiritiro dosata con 300 Kg di cemento 425 per metro cubo di sabbia (composizione da comprovare mediante sperimentazione preventiva).

Resistenza minima di progetto : circa 20 N/mm²

MURATURA ESISTENTE

Si tratta di un tipologia di muratura detta alla “romana” costituita da pezzame di tufo e ricorsi di mattoni avente le seguenti caratteristiche:

- Modulo elastico : $E = 2500 \text{ N/mm}^2$
- $G = 1000 \text{ N/mm}^2$
- Coeff. Di Poisson : $\nu = 0,2$
- Peso specifico tufo: $\gamma = 1800 \text{ Kg/cm}^3$
- Resistenza media a compressione dell'elemento: $f_{bk} < 7,5 \text{ N/mm}^2$

Resistenza caratteristica a compressione della muratura:

- Da Tabella 11.10.V (NT2008) risulta che la resistenza caratteristica a compressione della muratura f_k è pari a 2,5 N/mm²

Resistenza caratteristica a taglio della muratura:

- $f_{vk} = f_{vk0} + 0,4 \sigma_n$

dove:

f_{vk0} : resistenza caratteristica a taglio in assenza di carichi verticali;

σ_n : tensione normale media dovuta ai carichi verticali agenti nella sezione di verifica.

- Da Tabella 11.10.VII (NT2008) risulta che f_{vk0} della muratura è pari a 0,1 N/mm²

Resistenza di progetto a compressione della muratura:

- $f_d = f_k / \gamma_M$

dove:

f_k è la resistenza caratteristica a compressione della muratura;

γ_M è il coefficiente parziale di sicurezza sulla resistenza a compressione della muratura.

- da Tabella 4.5.II. (NT2008) γ_M corrisponde a 2,7.

Descrizione dei DATI MATERIALI

Tipologia materiale: sono previsti i seguenti tipi:

1) Conglomerato Cementizio Armato, 2) Acciaio, 3) Muratura, 4) Legno, 5) Materiale generico

Descrizione: denominazione del materiale. Nei dati seguenti, i parametri meccanici (moduli di elasticità e resistenze) sono espressi in N/mm² (Sistema Internazionale).

Parametri specifici per edifici in muratura:

Mur. nuova: Materiale murario di nuova realizzazione (-1), o muratura esistente (0)

Tipologia muratura:

Per muratura nuova: 1) Pietra Non Squadrata, 2) Listata, 3) Pietra Squadrata, 4) Laterizio Pieni, 5) Laterizio Semipieni, 6) Calcestruzzo Pieni, 7) Calcestruzzo Semipieni.

Per muratura esistente (§C8A.2): 1) Pietrame disordinata, 2) Conci sbozzati, 3) Pietre a spacco, buona tessitura, 4) Conci di pietra tenera, 5) Blocchi lapidei squadrate, 6) Mattoni pieni, malta di calce, 7) Mattoni semipieni, malta cementizia, 8) Blocchi laterizi semipieni ($f < 45\%$), 9) Blocchi laterizi semipieni, giunti vert.a secco ($f < 45\%$), 10) Blocchi di calcestruzzo o argilla espansa ($45\% < f < 65\%$), 11) Blocchi di calcestruzzo semipieni ($f < 45\%$)

Parametri validi per qualsiasi materiale:

Modulo di elasticità longitudinale (**E**) e tangenziale (**G**)

Ulteriori parametri specifici per edifici in muratura:

resistenze:

f_m, f_k (media e caratteristica, a compressione della muratura);

f_{vm0/tauo}, f_{vko} (media e caratteristica, a taglio della muratura in assenza di carichi verticali);

f_{tm} (media, a trazione della muratura);

f_{hm}, f_{hk} (media e caratteristica, a compressione della muratura in direzione orizzontale nel piano del muro);

f_{bk} (a compressione dell'elemento), **f'bk** (dell'elemento in direzione orizzontale e nel piano del muro)

Malta: f_m: resistenza a compressione della malta (§11.10.2.1). Sono previsti i seguenti valori (N/mm²): 2.5 (corrisponde a M4 del D.M.20.11.1987), 5 (M3), 10 (M2), 15 (M1)

Duttilità (du/de): moltiplicatore dello spostamento al limite elastico per la definizione del limite ultimo (parametro usato in analisi non lineare)

Coeff. attrito: coefficiente di attrito, normalmente pari a 0.4. E' presente in input per eventuali modifiche in caso di disponibilità di dati sperimentali

Altri parametri validi per tutti i materiali:

Coefficiente di dilatazione termica

Peso Specifico: peso per unità di volume

DATI MATERIALI

[N°]	Tipologia	Descrizione	[Mat.]	Tipologia	E	G	[f,m]	[f,k]			
	materiale	[[parametri meccanici:N/mm^2]	nuovo	muratura							

1	1) Conglomerato Cementizio Armato	C25/30				31000	13000	0.00	25.00		
2	2) Acciaio	Acciaio S235				210000	80769	0.00	0.00		
3	3) Muratura	Muratura esistente		1) Pietrame disordinata		870	290	1.40	0.98		
4	3) Muratura	Muratura nuova	X	4) Laterizio Pieni		5300	2120	7.57	5.30		
5	5) Materiale generico	Legno				10000	3500	0.00	0.00		
6	3) Muratura	Via Palestro		4) Conci di pietra tenera		4000	1600	4.00	2.80		

[N°]	f,vmo (mur.nuova)	/	[f,vko]	[f,td	muratura:[f,hm	[f,hk	[f,bk	[f',bk]	Malta:	Duttilità	Coeff.
	tau,o (mur.esistente)		malta	fessuraz.diag.				fm	(du/de)	attrito	termica (°^-1) (kN/m^3)

1	0.000 0.000 0.000		0.000 0.00	12.50	0.00	0.00	0.0	0.00	0.00	0.000010	25.00
2	0.000 0.000 0.000		0.000 0.00	0.00	0.00	0.00	0.0	0.00	0.00	0.000012	78.50
3	0.026 0.018 0.000		0.140 0.70	0.49	0.00	0.00	0.0	1.50	0.40	0.000010	19.00
4	0.286 0.200 0.000		0.000 3.79	2.65	10.00	2.00	10.0	2.00	0.40	0.000010	18.00
5	0.000 0.000 0.000		0.000 0.00	0.00	0.00	0.00	0.0	0.00	0.00	0.000004	8.00

6	0.035	0.024	0.000	0.190	0.95	0.67	0.00	0.00	0.0	1.50	0.40	0.000010	16.00
---	-------	-------	-------	-------	------	------	------	------	-----	------	------	----------	-------

N°	Coeff.corr.:	Giunti	Ricorsi o	Connessione	Nucleo	Iniezioni	Intonaco
----	--------------	--------	-----------	-------------	--------	-----------	----------

	Malta buona	sottili	listature	trasversale	scadente	di miscele	armato
--	-------------	---------	-----------	-------------	----------	------------	--------

1	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
---	------	------	------	------	------	------	------

2	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
---	------	------	------	------	------	------	------

3	1.50	1.00	1.30	1.50	0.90	2.00	2.50
---	------	------	------	------	------	------	------

4	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
---	------	------	------	------	------	------	------

5	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
---	------	------	------	------	------	------	------

6	1.50	1.50	1.00	1.50	0.90	1.70	2.00
---	------	------	------	------	------	------	------

3.1 Modalità Esecutive

CALCESTRUZZO

Il conglomerato cementizio da impiegarsi dovrà essere dosato rispettando i seguenti rapporti di miscelazione, con le quantità riferite ad un m³ di conglomerato. Nella formazione degli impasti, i vari componenti dovranno risultare intimamente mescolati ed uniformemente distribuiti nella massa e durante il getto si dovrà procedere ad idonea azione di vibratura. Per garantire la durabilità delle opere e prevenire il degrado dovuto all'aggressività dell'ambiente esterno, che può indurre danni a carico delle armature metalliche e della matrice cementizia, si definisce, per il calcestruzzo

delle opere in oggetto le seguenti classi di esposizione:

STRUTTURA	R_{ck} (N/mm ²)	CLASSE ESPOSIZ.	DIMENS. MAX AGGREG. (mm)	CLASSE CONSISTENZA	RAPPORTO A/C	MIN CEMENTO (kg/m ³)	COPRIF. cf (mm)
SOTTOFONDAZIONI	15	XC2	25	S3	0.60	300	–
FONDAZIONI	30	XC2	25	S4	0.60	300	40
SETTI/PILASTRI	30	XC1	20	S4	0.60	300	30
SOLAI-TRAVI	30	XC1	20	S4	0.60	300	25

Tabella – A

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. Deve essere impiegato cemento rispondente al R.D. 16/11/1939 n.2229. Il cemento dovrà essere conservato esclusivamente in locali coperti, asciutti e privi di correnti d'aria. Se fornito in sacchi, questi non vanno mai tenuti all'aperto, ma conservati in ambienti asciutti e chiusi, lasciando sempre delle intercapedini fra piano di appoggio e terreno.

E' escluso l'impiego di cementi alluminosi. Qualora il calcestruzzo risulti esposto a condizioni ambientali chimicamente aggressive si devono utilizzare cementi per i quali siano prescritte adeguate proprietà di resistenza ai solfati e/o al dilavamento o ad altre azioni aggressive.

SABBIA

La sabbia dovrà essere prelevata esclusivamente da fiumi e da fossi; dovrà essere costituita da elementi prevalentemente silicei, di forma angolosa e di grossezza assortita; dovrà essere aspra al tatto e senza lasciare traccia di sporco; dovrà essere esente da cloruri e scevra di materie terrose, argillose, limacciose e polvulorenti; non dovrà contenere fibre organiche, oltre a quanto stabilito dall'art.6 del citato R.D. 16/11/1939 n.2229, la corrispondenza granulometrica della sabbia potrà essere anche quella eventualmente migliore che risulti da diretta esperienza sui materiali impiegati.

GHIAIA E PIETRISCO

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. La ghiaia dovrà essere formata da materiali resistenti, inalterabili all'aria, all'acqua ed al gelo, gli elementi dovranno essere pulitissimi ed esenti da cloruri e da materiali polverulenti; dovranno essere esclusi elementi a forma di ago e di piastrelle. Oltre a rispondere ai requisiti richiesti dall'art.7 del R.D. 16/11/1939 n.2229, la composizione dell'aggregato ghiaia-sabbia dovrà essere quella eventualmente migliore che risulta da esperienza diretta sui materiali impiegati. Ad ogni modo la dimensione massima della ghiaia 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 deve superare 0,6-0,7 volte la distanza minima tra due ferri contigui e dovrà essere inferiore ad $\frac{1}{4}$ della dimensione minima della struttura.

Il pietrisco e la graniglia dovranno provenire dalla spezzatura di rocce silicee, basaltiche, porferee, granitiche e calcaree, rispondenti in genere ai requisiti prescritti per pietre naturali nonché a quelli prescritti per la ghiaia al precedente punto. Dovrà essere escluso il pietrisco proveniente dalla frantumazione di scaglie di residui di cave. E' consentito l'uso di aggregati grossi provenienti da riciclo, secondo i limiti previsti dalle Norme Tecniche per le Costruzioni, 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 agli allegati di pertinenza delle norme UNI EN 12620, devono essere effettuate ogni 100 tonnellate di aggregato prodotto e, comunque, negli impianti di riciclo, per ogni giorno di produzione.

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. Sempre con riferimento a queste norme, è possibile individuare le quantità percentuali minime di impiego per tali tipologie di aggregati.

ACQUA

L'acqua dovrà essere dolce, limpida non aggressiva e priva di terre. Non dovranno essere impiegate

acque eccessivamente dure o ricche di solfati o cloruri; acque di rifiuto, anche se limpide, se provenienti da fabbriche di qualsiasi genere; acque contenenti argilla, humus, limo; acque contenenti residui grassi, oleosi o zuccherini; acque piovane. Fermo restando quanto disposto dall'art.2 del predetto R.D. 16/11/1939 n.2229, e ritenuto che l'eccesso di acqua costituisce causa fondamentale della riduzione di resistenza del conglomerato, nella determinazione della qualità dell'acqua, per l'impasto si dovrà tenere conto anche di quella contenuta negli inerti. La consistenza del conglomerato - nel caso i componenti non superino i 30 mm ed il rapporto acqua-

cemento sia superiore a 0,5 - sarà determinata, in cantiere, dal cono di Abrams. Per la definizione delle classi di consistenza si faccia riferimento alle indicazioni della tabella A.

AGGIUNTE E ADDITIVI

Nei calcestruzzi è ammesso l'impiego di aggiunte, in particolare di ceneri volanti, loppe granulate d'altoforno e fumi di silice, purchè 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. Oltre ai componenti normali (cemento, acqua, sabbia e ghiaia) è ammesso l'utilizzo di prodotti chimici come additivi al calcestruzzo. Essi, aggiunti solitamente in piccole quantità, hanno lo scopo di migliorare una o più prestazioni. A seconda della loro specifica funzione, gli additivi possono essere classificati in varie tipologie: acceleranti, ritardanti, aeranti, inibitori di corrosione, battericidi, idrofobizzanti, anti-ritiro, fluidificanti e superfluidificanti. In particolare, i fluidificanti, ad esempio, migliorano la lavorabilità dell'impasto, evitando di dover aumentare la quantità d'acqua; gli acceleranti e i ritardanti, rispettivamente, accelerano e ritardano la presa del calcestruzzo in opera; gli aeranti introducono aria, migliorando la resistenza al gelo.

L'uso degli additivi deve essere fatto con attenzione, seguendo le indicazioni del fornitore. E' importante precisare che un uso scorretto, specie con riferimento alle quantità, può comportare effetti secondari negativi. Tutti gli additivi devono essere conformi alla norma europea UNI EN 13263-1.

CLASSE DI CONSISTENZA DEL CALCESTRUZZO

La consistenza del calcestruzzo rappresenta il grado di compattezza dell'impasto fresco: minore è il grado di consistenza e maggiore sarà la sua lavorabilità. 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.

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 (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 accompagna la classe.

Considerare, quindi, 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.

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).

Ad esempio, nella realizzazione di elementi verticali, come muri contro terra, plinti in fondazioni, vani ascensore e pilastri, si preferirà utilizzare un calcestruzzo di classe S4, abbastanza fluido da essere posto in opera per mezzo di un'autopompa. Per gli elementi orizzontali, invece, come i solai direttamente gettati in opera o le travi, a causa della difficoltà della loro messa in opera, sarà necessario l'impiego di un calcestruzzo con classe di consistenza maggiore, come la S5. Infine, quando si tratterà di realizzare strutture inclinate come le rampe di una scala o le falde di un tetto, per le quali l'eccessiva fluidità del materiale può risultare scomoda, si passa alla scelta della classe S3. Possiamo quindi concludere che maggiore è la densità dei ferri all'interno di un manufatto, maggiore deve essere la fluidità dell'impasto, di modo che quest'ultimo possa insinuarsi completamente all'interno di ogni intercapedine. Ad ogni modo una maggiore fluidità, indipendentemente dalla tipologia dell'opera, garantisce una esecuzione più rapida ed affidabile.

CLASSE DI ESPOSIZIONE DEL CALCESTRUZZO

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. Per ciascuna di queste classi è richiesto il rispetto di alcuni vincoli, espressi sotto forma di rapporto acqua cemento (a/c), dosaggio di cemento e spessore minimo del copriferro. Questo significa che, all'aumentare dell'intensità dell'attacco dell'ambiente esterno, deve aumentare il quantitativo di cemento nell'impasto, riducendo, quindi, il rapporto acqua-cemento e deve aumentare lo spessore del copriferro.

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

Tabella - B

Le Norme Tecniche, 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

Tabella - C

Facendo riferimento alle condizioni di esposizione XC, è possibile distinguere diverse sottoclassi a seconda di una maggiore o minore umidità degli ambienti interni e della possibilità o meno che le parti di edificio a contatto con l'esterno siano direttamente esposte agli agenti atmosferici oppure protette da questi.

Nel caso particolare di un edificio multipiano in c.a., facendo riferimento a classi di esposizione X0 e XC, possiamo individuare le seguenti condizioni: Tuttavia, si preferisce limitare la scelta a calcestruzzi che appartengono alle due classi principali XC1, per le strutture in elevazione, e XC2, per le strutture in fondazione.

ACCIAIO

L'Acciaio per strutture in c.a. deve essere prodotto con un sistema permanente di controllo interno della produzione in stabilimento. Le prove di qualifica dell'acciaio devono essere effettuate sia internamente all'impianto di produzione, sotto controllo di un laboratorio ufficiale, sia presso il laboratorio ufficiale stesso. Tali prove devono essere qualificate con revisione semestrale da parte del Servizio Tecnico Centrale, mediante emissione di attestato di qualificazione, in cui vengono dichiarati i valori caratteristici dei vari requisiti geometrici e prestazionali, richiesti dalle Norme. La documentazione di qualifica deve essere verificata ad ogni fornitura di materiale in cantiere. L'acciaio deve essere riconoscibile per quanto concerne le caratteristiche

qualitative e riconducibile allo stabilimento di produzione, tramite marchiatura indelebile, depositata presso il Servizio Tecnico Centrale. Dalla marchiatura deve risultare, in modo inequivocabile, il riferimento all'azienda produttrice, allo stabilimento, al tipo di acciaio e alla sua eventuale saldabilità. La mancata marchiatura, la non corrispondenza a quanto depositato o la sua illeggibilità, anche parziale, rendono il prodotto non impiegabile.

Inoltre, sono obbligatori i controlli di accettazione in cantiere, da eseguirsi sui lotti di spedizione e da effettuarsi entro trenta giorni dalla consegna del materiale, con riferimento ai criteri di scelta dei campioni prescritti dalle Norme. I valori limite di resistenza e allungamento dei campioni, per l'accettazione, sono quelli prescritti dalle attuali Norme Tecniche per le Costruzioni.

Le armature devono essere protette, durante la permanenza in deposito, contro tutte le azioni esterne che ne possano compromettere le caratteristiche geometriche o meccaniche. E' necessario, prima della messa in opera, controllare lo stato superficiale delle armature.

Tutte le barre di acciaio dovranno essere poste in opera prive di tracce di ruggine e praticando all'estremità gli opportuni ancoraggi ed, in ogni caso, dovranno rispondere a tutti i requisiti riportati nella Circolare del Ministero LL.PP. n.37406 del 24/06/1993, relativamente agli acciai ad aderenza migliorata.

Tutti gli acciai per cemento armato devono essere ad aderenza migliorata, aventi cioè una superficie dotata di nervature o indentature trasversali, uniformemente distribuite sull'intera lunghezza, atte ad aumentare l'aderenza al conglomerato cementizio.

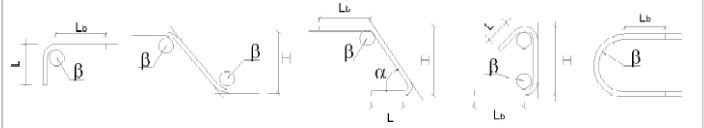
Le barre sono caratterizzate dal diametro della barra tonda liscia equipesante, calcolato nell'ipotesi che la densità dell'acciaio sia pari a $7,85 \text{ t/m}^3$.

Per il presente progetto si è scelto di usare l'acciaio tipo B450C che risulta più duttile e può essere impiegato in barre del diametro compreso tra 6 e 40 mm. Nel caso si utilizzino diametri fino a 16 mm, è ammesso l'uso di acciai forniti in rotoli.

La lunghezza di ancoraggio L_b delle barre deve essere almeno pari a 20 volte il diametro, mentre la piegatura del ferro deve essere almeno 5 volte il diametro.

Le dimensioni del mandrino, con cui effettuare la piegatura dei ferri, dipende dal diametro della barra e dal tipo di acciaio impiegato come prescritto dalle norme UNI-EN 206, e come di seguito riportato in tabella:

Tabella - D

Diametro della barra \varnothing	Diametro del mandrino β
$\varnothing < 12 \text{ mm}$	$4\varnothing$
$12 \text{ mm} \leq \varnothing \leq 16 \text{ mm}$	$5\varnothing$
$16 \text{ mm} \leq \varnothing \leq 25 \text{ mm}$	$8\varnothing$
$25 \text{ mm} \leq \varnothing \leq 40 \text{ mm}$	$10\varnothing$
	
Lunghezza di ancoraggio $L_b \geq 20 \varnothing$	Lunghezza della piega $L \geq 5 \varnothing$