



COMUNE DI PISA  
PIANO ATTUATIVO "LA PORTA NUOVA" - LOC. CAMPALDO - UMI 1.2 - 1.6

## PROGETTO ESECUTIVO DI UN FABBRICATO RESIDENZIALE PER 12 ALLOGGI CON ANNESSA LUDOTECA

COMMITTENTE:



**A.P.E.S. - AZIENDA PISANA EDILIZIA SOCIALE**

VIA FERMI 4 - 56126 PISA  
Tel. 050.505.711 - Fax. 050.45.040  
apespisa@apespisa.it

GRUPPO DI PROGETTAZIONE

PROGETTO ARCHITETTONICO:



caponi & arrighi architetti associati

C+A  
CAPONI & ARRIGHI ARCHITETTI ASSOCIATI  
Sede Legale: P.za Gereschi 37  
56017 San Giuliano Terme (PI)  
tel. 328 1786034 - e-mail: g.arrighi@awn.it

PROGETTO ARCHITETTONICO:  
Arch. Gianluca Arrighi  
Arch. Alessandro Caponi

PROGETTO STRUTTURALE, IMPIANTI  
MECCANICI E IMPIANTI ELETTRICI



Omega Engineering Ingegneri Associati  
Ing. Riccardo Simi  
Ing. Emanuele Ciantelli

Via Giuseppe Ravizza, 22B Pisa  
Tel : 050 983525  
Email: info@omega.pisa.it

ACUSTICA:

Ing. Nicola Falorni  
Via Montanara 54/A  
57023 Cecina (LI)

GEOLOGIA:

Dr. Geol. Fabrizio Alvares  
Piazzale Donatello 27,  
56017 San Giuliano Terme (PI)

SICUREZZA:

C.S.P.  
Arch. Alessandro Caponi

**OPERE STRUTTURALI**

**RELAZIONE GENERALE**

Rev	Data	Motivazione	Scala	Tav
	Ottobre 2020	Prima Emissione		ST-REL-1

Questo documento è di proprietà esclusiva. E' proibita la  
riproduzione anche parziale e la cessione a terzi senza autorizzazione.

## • DESCRIZIONE GENERALE DELL'OPERA

I lavori consistono nella costruzione di un edificio per residenza in c.a. costituito da tre piani fuori terra: piano rialzato, primo, secondo, terzo oltre copertura piana praticabile e seminterrato. Il seminterrato sarà realizzato con platea in c.a. e muri in c.a. estesi a tutto il perimetro dell'edificio. Il solaio del primo impalcato è a lastre tipo predalles con soletta armata di spessore 5 cm.

La rigidità scatolare del seminterrato costituisce un *box foundation system* e realizza la "fondazione" dell'elevazione.

I solai " ai piani superiori sono a pannelli in laterizio.

La struttura è a telai in c.a. La fondazione a platea a circa -1,80 m dal piano di campagna.

La costruzione ha dimensioni in pianta di m 26,20 x 17,00 di altezza all'estradosso del piano di copertura di circa m 14,60. Il vano ascensore, a setti in c.a., è separato da giunto sismico dalla struttura a telai.

Le scale saranno in c.a in aggetto dai setti del vano ascensore.

### NORMATIVA DI RIFERIMENTO

1. D.M 17/01/2018 - Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni;  
Circ. Ministero Infrastrutture e Trasporti 21 gennaio 2019, n. 7 Istruzioni per l'applicazione delle "Nuove norme tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. 17 gennaio 2018;

### REFERENZE TECNICHE (Cap. 12 D.M. 17.01.2018)

2. UNI ENV 1992-1-1 - Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici.  
UNI EN 206-1/2001 - Calcestruzzo. Specificazioni, prestazioni, produzione e conformità.  
UNI EN 1993-1-1 - Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici.  
UNI EN 1995-1 – Costruzioni in legno  
UNI EN 1998-1 – Azioni sismiche e regole sulle costruzioni  
UNI EN 1998-5 – Fondazioni ed opere di sostegno

## RIEPILOGO PARAMETRI SISMICI

Vita Nominale	50
Classe d'Uso	2
Categoria del Suolo	D
Categoria Topografica	1
Latitudine del sito oggetto di edificazione	43.73098
Longitudine del sito oggetto di edificazione	10.38771

### • DESCRIZIONE DELLE CARATTERISTICHE GEOLOGICHE DEL SITO

L'opera oggetto di progettazione strutturale ricade nel territorio comunale di Pisa; l'area analizzata è ubicata ad una quota di circa 6 metri s.l.m.

Il sito si trova nella piana del fiume Arno, in prossimità della Via Aurelia.

Per la caratterizzazione geotecnica si è fatto riferimento alla relazione geologica redatta dal Geologo Dott. Fabrizio Alvares.

L'esatta individuazione del sito è riportata nei grafici di progetto.

### MISURA DELLA SICUREZZA

Il metodo di verifica della sicurezza adottato è quello degli Stati Limite (SL) che prevede due insiemi di verifiche rispettivamente per gli stati limite ultimi S.L.U. e gli stati limite di esercizio S.L.E..

La sicurezza viene quindi garantita progettando i vari elementi resistenti in modo da assicurare che la loro resistenza di calcolo sia sempre maggiore delle corrispondente domanda in termini di azioni di calcolo.

La sicurezza e le prestazioni saranno garantite verificando gli opportuni stati limite definiti di concerto al Committente in funzione dell'utilizzo della struttura, della sua vita nominale e di quanto stabilito dalle norme di cui al D.M. 17/01/2018 e successive modifiche ed integrazioni. In particolare si è verificata:

- la sicurezza nei riguardi degli stati limite ultimi (S.L.U.) che possono provocare eccessive deformazioni permanenti, crolli parziali o globali, dissesti, che possono compromettere l'incolumità delle persone e/o la perdita di beni, provocare danni ambientali e sociali, mettere fuori servizio l'opera. Per le verifiche sono stati utilizzati i coefficienti parziali relativi alle azioni ed alle resistenze dei materiali in accordo a quanto previsto dal D.M. 17/01/2018 per i vari tipi di materiali;
- la sicurezza nei riguardi degli stati limite di esercizio (S.L.E.) che possono limitare nell'uso e nella durata l'utilizzo della struttura per le azioni di esercizio;
- la sicurezza nei riguardi dello stato limite del danno (S.L.D.) causato da azioni sismiche con

opportuni periodi di ritorno definiti di concerto al committente ed alle norme vigenti per le costruzioni in zona sismica;

Per quanto riguarda le fasi costruttive intermedie la struttura non risulta cimentata in maniera più gravosa della fase finale.

### MODELLI DI CALCOLO

Si sono utilizzati come modelli di calcolo quelli esplicitamente richiamati nel D.M. 17/01/2018.

Per quanto riguarda le azioni sismiche ed in particolare per la determinazione del fattore di struttura, dei dettagli costruttivi e le prestazioni sia agli S.L.U. che allo S.L.D. si fa riferimento al D.M. 17/01/18 e alla Circolare del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti del 21 gennaio 2019, n. 7 la quale è stata utilizzata come norma di dettaglio.

#### • AZIONI SULLA COSTRUZIONE

##### AZIONI AMBIENTALI E NATURALI

Si è concordato con il committente che le prestazioni attese nei confronti delle azioni sismiche siano verificate agli stati limite, sia di esercizio che ultimi individuati riferendosi alle prestazioni della costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali e gli impianti.

Gli stati limite di esercizio sono:

- Stato Limite di Operatività (S.L.O.)
- Stato Limite di Danno (S.L.D.)

Gli stati limite ultimi sono:

- Stato Limite di salvaguardia della Vita (S.L.V.)
- Stato Limite di prevenzione del Collasso (S.L.C.)

Le probabilità di superamento nel periodo di riferimento  $P_{VR}$ , cui riferirsi per individuare l'azione sismica agente in ciascuno degli stati limite considerati, sono riportate nella successiva tabella:

Stati Limite $P_{VR}$ :		Probabilità di superamento nel periodo di riferimento $V_R$	
Stati limite di esercizio	SLO	81%	
	SLD	63%	
Stati limite ultimi	SLV	10%	
	SLC	5%	

Per la definizione delle forme spettrali (spettri elastici e spettri di progetto), in conformità ai dettami del D.M. 17/01/2018 § 3.2.3. sono stati definiti i seguenti termini:

- Vita Nominale del fabbricato;
- Classe d'Uso del fabbricato;
- Categoria del Suolo;
- Coefficiente Topografico;
- Latitudine e Longitudine del sito oggetto di edificazione.

Si è inoltre concordato che le verifiche delle prestazioni saranno effettuate per le azioni derivanti dalla neve, dal vento e dalla temperatura secondo quanto previsto dal cap. 3 del D.M. 17/01/18 e dlla Circolare del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti del 21 gennaio n.7 per un periodo di ritorno coerente alla classe della struttura ed alla sua vita utile.

### DESTINAZIONE D'USO E SOVRACCARICHI PER LE AZIONI ANTROPICHE

Per la determinazione dell'entità e della distribuzione spaziale e temporale dei sovraccarichi variabili si farà riferimento alla tabella del D.M. 17/01/2018 in funzione della destinazione d'uso.

I carichi variabili comprendono i carichi legati alla destinazione d'uso dell'opera; i modelli di tali azioni possono essere costituiti da:

- carichi verticali uniformemente distribuiti  $q_k$  [kN/m<sup>2</sup>]
- carichi verticali concentrati  $Q_k$  [kN]
- carichi orizzontali lineari  $H_k$  [kN/m]

**Tabella 3.1.II – Valori dei carichi d'esercizio per le diverse categorie di edifici**

Categ.	Ambienti	$q_k$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$Q_k$ [kN]	$H_k$ [kN/m]
A	<b>Ambienti ad uso residenziale.</b> Sono compresi in questa categoria i locali di abitazione e relativi servizi, gli alberghi (ad esclusione delle aree suscettibili di affollamento)	2,00	2,00	1,00
F – G	<b>Rimesse e parcheggi.</b> Cat. F – Rimesse e parcheggi per il transito di automezzi di peso a pieno carico fino a 30 kN Cat. G – Rimesse e parcheggi per il transito di automezzi di peso a pieno carico superiore a 30 kN, da valutarsi caso per caso	2,50	2 x 10,00	1,00**
H	<b>Coperture e sottotetti.</b> Cat. H1 – Coperture e sottotetti accessibili per sola manutenzione Cat. H2 – Coperture praticabili Cat. H3 – Coperture speciali (impianti, eliporti, altri) da valutarsi caso per caso	0,50	1,20 Secondo categoria di appartenenza	1,00

I valori nominali e/o caratteristici  $q_k$ ,  $Q_k$  ed  $H_k$  di riferimento sono riportati nella Tab. 3.1.II. delle N.T.C. 2018. In presenza di carichi verticali concentrati  $Q_k$  essi sono stati applicati su impronte di carico appropriate all'utilizzo ed alla forma dello orizzontamento.

In particolare si considera una forma dell'impronta di carico quadrata pari a 50 x 50 mm, salvo che per le rimesse ed i parcheggi, per i quali i carichi si sono applicano su due impronte di 200 x 200 mm, distanti assialmente di 1,80 m.

### AZIONE SISMICA

Ai fini delle N.T.C. 2018 l'azione sismica è caratterizzata da 3 componenti traslazionali, due orizzontali contrassegnate da X ed Y ed una verticale contrassegnata da Z, da considerare tra di

loro indipendenti.

Le componenti possono essere descritte, in funzione del tipo di analisi adottata, mediante una delle seguenti rappresentazioni:

- accelerazione massima attesa in superficie;
- accelerazione massima e relativo spettro di risposta attesi in superficie;
- accelerogramma.

l'azione in superficie è stata assunta come agente su tali piani.

Le due componenti ortogonali che descrivono il moto orizzontale sono caratterizzate dallo stesso spettro di risposta. L'accelerazione massima e lo spettro di risposta della componente verticale attesa in superficie sono determinati sulla base dell'accelerazione massima e dello spettro di risposta delle due componenti orizzontali.

In allegato alle N.T.C. 2018, per tutti i siti considerati, sono forniti i valori dei precedenti parametri di pericolosità sismica necessari per la determinazione delle azioni sismiche.

#### AZIONI DOVUTE AL VENTO

Le azioni del vento sono state determinate in conformità al §3.3 del D.M. 74/01/2018 e della Circolare del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti del 21 gennaio 2019 n.7

#### NEVE

Il carico provocato dalla neve sulle coperture, ove presente, è stato valutato mediante la seguente espressione di normativa:

$$q_s = \mu_i \cdot q_{sk} \cdot C_E \cdot C_t \quad (\text{Cfr. §3.3.7})$$

in cui si ha:

$q_s$  = carico neve sulla copertura;

$\mu_i$  = coefficiente di forma della copertura, fornito al (Cfr.§ 3.4.5);

$q_{sk}$  = valore caratteristico di riferimento del carico neve al suolo [ $\text{kN/m}^2$ ], fornito al (Cfr.§ 3.4.2) delle N.T.C. 2018

per un periodo di ritorno di 50 anni;

$C_E$  = coefficiente di esposizione di cui al (Cfr.§ 3.4.3);

$C_t$  = coefficiente termico di cui al (Cfr.§ 3.4.4).

#### AZIONI DOVUTE ALLA TEMPERATURA

E' stato tenuto conto delle variazioni giornaliere e stagionali della temperatura esterna, irraggiamento solare e convezione comportano variazioni della distribuzione di temperatura nei singoli elementi strutturali, con un delta di temperatura di 15° C.

Nel calcolo delle azioni termiche, si è tenuto conto di più fattori, quali le condizioni climatiche del sito, l'esposizione, la massa complessiva della struttura, la eventuale presenza di elementi non strutturali isolanti, le temperature dell'aria esterne (Cfr. § 3.5.2), dell'aria interna (Cfr.§ 3.5.3) e la distribuzione della temperatura negli elementi strutturali (Cfr § 3.5.4) viene assunta in conformità ai dettami delle N.T.C. 2018.

## AZIONI ANTROPICHE E PESI PROPRI

Nel caso delle spinte del terrapieno sulle pareti di cantinato, in sede di valutazione di tali carichi, (a condizione che non ci sia grossa variabilità dei parametri geotecnici dei vari strati così come individuati nella relazione geologica), è stata adottata una sola tipologia di terreno ai soli fini della definizione dei lati di spinta e/o di eventuali sovraccarichi.

## COMBINAZIONI DI CALCOLO

Le combinazioni di calcolo considerate sono quelle previste dal D.M. 17/01/2018 per i vari stati limite e per le varie azioni e tipologie costruttive.

In particolare, ai fini delle verifiche degli stati limite si definiscono le seguenti combinazioni delle azioni per cui si rimanda al § 2.5.3 delle N.T.C. 2018. Queste sono:

- Combinazione fondamentale, generalmente impiegata per gli stati limite ultimi (S.L.U.) (2.5.1);
- Combinazione caratteristica (rara), generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (S.L.E.) irreversibili, da utilizzarsi nelle verifiche alle tensioni ammissibili di cui al § 2.7 (2.5.2);
- Combinazione frequente, generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (S.L.E.) reversibili (2.5.3);
- Combinazione quasi permanente (S.L.E.), generalmente impiegata per gli effetti a lungo termine (2.5.4);
- Combinazione sismica, impiegata per gli stati limite ultimi e di esercizio connessi all'azione sismica E (v. § 3.2 form. 2.5.5);
- Combinazione eccezionale, impiegata per gli stati limite ultimi connessi alle azioni eccezionali di progetto Ad (v. § 3.6 form. 2.5.6).

Nelle combinazioni per S.L.E., si intende che vengono omessi i carichi  $Q_{kj}$  che danno un contributo favorevole ai fini delle verifiche e, se del caso, i carichi  $G_2$ .

Altre combinazioni sono da considerare in funzione di specifici aspetti (p. es. fatica, ecc.). Nelle formule sopra riportate il simbolo + vuol dire "combinato con".

I valori dei coefficienti parziali di sicurezza  $\gamma_{Gi}$  e  $\gamma_{Qj}$  sono dati in § 2.6.1, Tab. 2.6.I.

Nel caso delle costruzioni civili e industriali le verifiche agli stati limite ultimi o di esercizio devono essere effettuate per la combinazione dell'azione sismica con le altre azioni già fornita in § 2.5.3 form. 3.2.16 delle N.T.C. 2018.

Gli effetti dell'azione sismica saranno valutati tenendo conto delle masse associate ai carichi gravitazionali (form. 3.2.17).

I valori dei coefficienti  $\psi_2 j$  sono riportati nella Tabella 2.5.I.

La struttura deve essere progettata così che il degrado nel corso della sua vita nominale, purché si adotti la normale manutenzione ordinaria, non pregiudichi le sue prestazioni in termini di resistenza, stabilità e funzionalità, portandole al di sotto del livello richiesto dalle presenti norme.

Le misure di protezione contro l'eccessivo degrado devono essere stabilite con riferimento alle previste condizioni ambientali.

La protezione contro l'eccessivo degrado deve essere ottenuta attraverso un'opportuna scelta dei dettagli, dei materiali e delle dimensioni strutturali, con l'eventuale applicazione di sostanze o ricoprimenti protettivi, nonché con l'adozione di altre misure di protezione attiva o passiva.

La definizione quantitativa delle prestazioni e le verifiche sono riportati nel fascicolo delle

elaborazioni numeriche allegate.

### COMBINAZIONI DELLE AZIONI SULLA COSTRUZIONE

Le azioni definite come al § 2.5.1 delle N.T.C. 2018 sono state combinate in accordo a quanto definito al § 2.5.3. applicando i coefficienti di combinazione come di seguito definiti:

<b>Categoria/Azione variabile</b>	<b><math>\psi_{0i}</math></b>	<b><math>\psi_{1i}</math></b>	<b><math>\psi_{2i}</math></b>
Categoria A Ambienti ad uso residenziale	0,7	0,5	0,3
Categoria F Rimesse e parcheggi (per autoveicoli di peso $\leq 30$ kN)	0,7	0,7	0,6
Categoria G Rimesse e parcheggi (per autoveicoli di peso $> 30$ kN)	0,7	0,5	0,3
Categoria H Coperture	0,0	0,0	0,0
Vento	0,6	0,2	0,0
Neve (a quota $\leq 1000$ m s.l.m.)	0,5	0,2	0,0
Variazioni termiche	0,6	0,5	0,0

*Tabella 2.5.I – Valori dei coefficienti di combinazione*

I valori dei coefficienti parziali di sicurezza  $\gamma_{Gi}$  e  $\gamma_{Qj}$  utilizzati nelle calcolazioni sono dati nelle N.T.C. in § 2.6.1, Tab. 2.6.I.

#### • **TOLLERANZE**

Nelle calcolazioni si è fatto riferimento ai valori nominali delle grandezze geometriche ipotizzando che le tolleranze ammesse in fase di realizzazione siano conformi alle euronorme EN 1992-1991- EN206 - EN 1992-2005:

Per dimensioni  $\leq 150$  mm  $\pm 5$  mm

Per dimensioni  $\approx 400$  mm  $\pm 15$  mm

Per dimensioni  $\geq 2500$  mm  $\pm 30$  mm

Per i valori intermedi si interpola linearmente.

#### • **DURABILITÀ**

Per garantire la durabilità della struttura sono state prese in considerazione opportuni stati limite di esercizio (S.L.E.) in funzione dell'uso e dell'ambiente in cui la struttura dovrà vivere limitando sia gli stati tensionali che nel caso delle opere in calcestruzzo anche l'ampiezza delle fessure. La definizione quantitativa delle prestazioni, la classe di esposizione e le verifiche sono riportati nel fascicolo delle elaborazioni numeriche allegate.

Inoltre per garantire la durabilità, così come tutte le prestazioni attese, è necessario che si ponga adeguata cura sia nell'esecuzione che nella manutenzione e gestione della struttura e si utilizzino tutti gli accorgimenti utili alla conservazione delle caratteristiche fisiche e dinamiche dei materiali e delle strutture. La qualità dei materiali e le dimensioni degli elementi sono coerenti con tali obiettivi.

Durante le fasi di costruzione il direttore dei lavori implementerà severe procedure di controllo sulla qualità dei materiali, sulle metodologie di lavorazione e sulla conformità delle opere eseguite al progetto esecutivo nonché alle prescrizioni contenute nelle "Norme Tecniche per le



Costruzioni” D.M. 17/01/2018 e relative Istruzioni.

---

*R E L A Z I O N E   S U I   M A T E R I A L I*

## RELAZIONE SUI MATERIALI IMPIEGATI

### CALCESTRUZZO

Per l'esecuzione delle opere strutturali sono richiesti calcestruzzi a prestazione garantita, come definiti e prescritti dalla norma UNI EN 206-1:2006 e s.m.i.

La classificazione dei calcestruzzi prescritti per la realizzazione delle opere di cui alla presente Relazione segue le prescrizioni di cui alla UNI EN 206-1 citata e le istruzioni complementari per l'applicazione in Italia della UNI EN 206-1 di cui alla UNI 11104, e in particolare quanto relativo a:

Classi di esposizione riferite alle azioni dell'ambiente (par. 4.1, Prospetti 1 e 2 della UNI EN 206-1 e par. 3.1 della UNI 11104), per quanto riguarda i rischi di corrosione del cls, indicati come segue:

- assenza di rischio di corrosione (sigla **X0**)
- corrosione indotta da carbonatazione (sigla **XC** seguita da un numero)
- corrosione indotta da cloruri, esclusi quelli provenienti dall'acqua di mare (sigla **XD** seguita da un numero)
- corrosione indotta da cloruri provenienti dall'acqua di mare (sigla **XS** seguita da un numero) - corrosione indotta da cicli di gelo/disgelo (sigla **XF** seguita da un numero)
- corrosione indotta da attacco chimico da parte del suolo e dell'acqua del terreno (sigla **XA** seguita da un numero).

Classi di consistenza riferite al calcestruzzo fresco indicate come segue:

- classi di abbassamento al cono (slump): **S1÷S5**
- classi Vébé: **V0÷V4**
- classi di compattabilità: **C0÷C4**
- classi di spandimento: **F1÷F6**

Classi riferite alla dimensione massima dell'aggregato:  $D_{max}$

Classi di resistenza a compressione riferite al calcestruzzo indurito, indicate come segue:

- classi di resistenza a compressione per calcestruzzo normale e pesante, indicate con **C** seguito dai valori di resistenza caratteristica cilindrica e cubica minima (es. C25/30)
- classi di resistenza a compressione per calcestruzzo leggero, indicate con **LC** seguito dai valori di resistenza caratteristica cilindrica e cubica minima (es. LC25/28)
  
- Classi di massa volumica del calcestruzzo leggero (par. 4.3.2, Prospetto 9 della UNI EN 206-1), indicate come segue:
  - classificazione del cls leggero in base alla massa volumica: **D** seguita da

2 numeri. *Modulo elastico*

In accordo al par. 11.2.10.3 delle NTC 2018, si assume per il modulo elastico il risultato della seguente espressione:

$$E_{cm} = 22.000 \times (f_{cm}/10)^{0,3}$$

dove:

$$f_{cm} = f_{ck} + 8 \quad \text{[par. 11.2.10.1 - NTC]}$$

Nei successivi paragrafi viene specificato il rispettivo valore di ogni calcestruzzo utilizzato.

*Calcestruzzo per getti di pulizia*

Per i getti di pulizia nell'edificio, quali le piastre di soletto, verrà utilizzato un calcestruzzo non armato (magrone) di classe di esposizione X0, definita come "per calcestruzzo privo di armatura o inserti metallici: tutte le esposizioni eccetto dove c'è gelo/disgelo, abrasione o attacco chimico".

La norma UNI 11104 (Prospetto 4) prescrive per tale classe di esposizione una resistenza a compressione minima C12/15.

Classe di Resistenza	<b>C12/15</b>
la resistenza di calcolo a compressione $f_{cd} = a_{cc} f_{ck} / \gamma_c$	
$f_{cd} = 0,85 \times 12 / 1,5 =$	<b>6,8 N/mm<sup>2</sup></b>

Classe di Esposizione X0

### *Calcestruzzo per fondazione*

Classe di Resistenza **C30/37**

la resistenza di calcolo a compressione  $f_{cd} = a_{cc} f_{ck} / \gamma_c$

$$f_{cd} = 0,85 \times 30 / 1,5 = 17,00 \text{ N/mm}^2$$

Classe di Esposizione XC2

Classe di Consistenza S5

Dimensione max aggregati 25 mm

Copriferro minimo 30 mm

Rapporto massimo acqua/cemento 0,55

Dosaggio minimo cemento 2800 N/m<sup>3</sup>

Tempo di vibrazione 10-15 secondi

Modulo elastico  $f_{ck} = 30,71 \text{ N/mm}^2$   $E_{cm} = 22.000 \times [(30,71+8)/10]^{0,3} = 33.019 \text{ N/mm}^2$

### *Calcestruzzo per travi, pilastri e solai*

Classe di Resistenza **C35/45**

la resistenza di calcolo a compressione  $f_{cd} = a_{cc} f_{ck} / \gamma_c$

$$f_{cd} = 0,85 \times 37 / 1,5 = 20,96 \text{ N/mm}^2$$

Classe di Esposizione X0

Classe di Consistenza S5

Dimensione max aggregati 15 mm

Copriferro minimo 20 mm

Rapporto massimo acqua/cemento 0,55

Dosaggio minimo cemento 2800 N/m<sup>3</sup>

Tempo di vibrazione 15-20 secondi

Modulo elastico  $f_{ck} = 37,35 \text{ N/mm}^2$   $E_{cm} = 22.000 \times [(37,35+8)/10]^{0,3} = 34.625 \text{ N/mm}^2$

## Calcolo del copriferro per la struttura in esame

Si esplicita di seguito il calcolo del copriferro effettuato per ciascuna tipologia di calcestruzzo indicata. Nella struttura in esame, si sono utilizzate sia le direttive delle NTC 2018 che l'Eurocodice 2 (UNI EN 1992-1-1) ed è stata scelta la soluzione più cautelativa.

### Calcestruzzo travi, pilastri

- Classe di resistenza C 35/45
- Classe di esposizione X0 (ambiente ordinario)
- Classe di consistenza S5
- Vita nominale  $V_n$  50 anni

In base alle indicazioni delle NTC 2018 e circolare applicativa 21 gennaio 2019, n. 7 C.S.LL.PP. paragrafo C4.1.6.1.3

In base all'Eurocodice 2:

Tabella C4.1.IV - Copriferri minimi in mm

$C_{min}$	$C_0$	ambiente	barre da ca. elementi a piastra		barre da ca. altri elementi	
			$C \geq C_0$	$C_{min} < C < C_0$	$C \geq C_0$	$C_{min} < C < C_0$
C25/30	C35/45	ordinario	15	20	20	25

Poiché abbiamo  $C_{35/40} = C_0$

Il copriferro minimo è 20mm

Cautelativamente  $\Delta c_{dev}$  pari a 10 mm

$$C_{nom} = C_{min} + \Delta c_{dev} = 10 + 10 = 20 \text{ mm}$$

### **Copriferro barre longitudinali**

- Dimensione massima dell'aggregato 25 mm
- Diametro barre  $\varnothing 20$

Pertanto:

$$C_{min,b} = \text{diametro barra (inerte < 32mm)} = 20 \text{ mm}$$

$$C_{min,dur} = 10 \text{ mm}$$

$$C_{min} = \text{Max} (20; 10; 10) = 20 \text{ mm}$$

Cautelativamente  $\Delta c_{dev}$  pari a 10 mm

$$C_{nom} = C_{min} + \Delta c_{dev} = 20 + 10 = 30 \text{ mm}$$

### **Copriferro staffe**

- Dimensione massima dell'aggregato 25 mm
- Diametro staffe  $\varnothing 10$

Pertanto:

$$C_{min,b} = \text{diametro staffa (inerte < 32mm)} =$$

	<p>10 mm</p> <p><math>C_{min,dur} = 10 \text{ mm}</math></p> <p><math>C_{min} = \text{Max} (10 ; 10 ; 10) = 10 \text{ mm}</math></p> <p>Cautelativamente <math>\Delta c_{dev}</math> pari a 10 mm</p> <p><math>C_{nom} = C_{min} + \Delta c_{dev} = 10 + 10 = 20 \text{ mm}</math></p> <p><i>Pertanto, poiché il copriferro di 20mm per le staffature corrisponde geometricamente ad un copriferro di 30 mm per le barre longitudinali, il copriferro a protezione di tutte le armature resistenti è di 20mm</i></p>
--	--

Per il calcestruzzo di travi e pilastri, si è assunto un copriferro pari a 30 mm.

Calcestruzzo per fondazione

- Classe di resistenza C 30/35
- Classe di esposizione XC2
- Classe di consistenza S5
- Vita nominale Vn 50 anni

<p>In base alle indicazioni delle NTC 2018 e circolare applicativa 21 gennaio 2019, n. 7 C.S.LL.PP. al paragrafo C4.1.6.1.3</p>	<p>In base all'Eurocodice 2:</p>																		
<p>Tabella C4.1.IV - Copriferri minimi in mm</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">C<sub>min</sub></th> <th rowspan="2">C<sub>0</sub></th> <th rowspan="2">ambiente</th> <th colspan="2">barre da c.a. elementi a piastra</th> <th colspan="2">barre da c.a. altri elementi</th> </tr> <tr> <th>C &lt; C<sub>0</sub></th> <th>C<sub>min</sub> &lt; C &lt; C<sub>0</sub></th> <th>C &lt; C<sub>0</sub></th> <th>C<sub>min</sub> &lt; C &lt; C<sub>0</sub></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>C25/30</td> <td>C35/45</td> <td>ordinario</td> <td>15</td> <td>20</td> <td>20</td> <td>25</td> </tr> </tbody> </table> <p>Poiché abbiamo C35/40=C<sub>0</sub></p> <p>Il copriferro minimo è 20mm</p> <p>Cautelativamente <math>\Delta c_{dev}</math> pari a 10 mm</p> <p><math>C_{nom} = C_{min} + \Delta c_{dev} = 10 + 10 = 20 \text{ mm}</math></p>	C <sub>min</sub>	C <sub>0</sub>	ambiente	barre da c.a. elementi a piastra		barre da c.a. altri elementi		C < C <sub>0</sub>	C <sub>min</sub> < C < C <sub>0</sub>	C < C <sub>0</sub>	C <sub>min</sub> < C < C <sub>0</sub>	C25/30	C35/45	ordinario	15	20	20	25	<p>- Dimensione massima dell'aggregato 25 mm – Diametro barre longitudinali staffe Ø14</p> <p>Pertanto:</p> <p><math>C_{min,b} = \text{diametro barra (inerte &lt; 32mm)} = 14 \text{ mm}</math></p> <p><math>C_{min,dur} = 20 \text{ mm}</math></p> <p><math>C_{min} = \text{Max} (14 ; 20 ; 10) = 20 \text{ mm}</math></p> <p>Cautelativamente <math>\Delta c_{dev}</math> pari a 10 mm</p> <p><math>C_{nom} = C_{min} + \Delta c_{dev} = 20 + 10 = 30 \text{ mm}</math></p>
C <sub>min</sub>				C <sub>0</sub>	ambiente	barre da c.a. elementi a piastra		barre da c.a. altri elementi											
	C < C <sub>0</sub>	C <sub>min</sub> < C < C <sub>0</sub>	C < C <sub>0</sub>			C <sub>min</sub> < C < C <sub>0</sub>													
C25/30	C35/45	ordinario	15	20	20	25													

Per il calcestruzzo di platea e setti in c.a., si è assunto un copriferro pari a 30 mm.

## ACCIAIO

### *Acciaio per armatura ordinaria*

Tipo di acciaio in barre ad aderenza migliorata	<b>B450C</b>		
Tensione caratteristica di snervamento	$f_{yk} \geq$	$f_{y,nom} =$	450 N/mm <sup>2</sup>
Tensione caratteristica di rottura	$f_{tk} \geq$	$f_{t,nom} =$	540 N/mm <sup>2</sup>

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

$$f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s = 391.3 \text{ N/mm}^2$$

dove:  $\gamma_s = 1.15$  coefficiente parziale di sicurezza per l'acciaio

$f_{yk} = 450 \text{ MPa}$  tensione caratteristica di snervamento dell'acciaio

Allungamento  $(A_{gt})_k \geq 7.5\%$

Diametro del mandrino per prove di piegamento a 90° e successivo raddrizzamento senza cricche:

per barre aventi:  $0 < 12 \text{ mm}$   $D = 4 \Phi$

$12 \text{ mm} \leq 0 \leq 16 \text{ mm}$   $D = 5 \Phi$

$16 \text{ mm} < 0 \leq 25 \text{ mm}$   $D = 8 \Phi$

$25 \text{ mm} < 0 \leq 40 \text{ mm}$   $D = 10 \Phi$

(\*) Il diametro  $\Phi$  è quello della barra tonda liscia equipesante.

**TERRENO DI FONDAZIONE** Il terreno di fondazione è stato descritto nella relazione geologico-geotecnica cui si rimanda integralmente.