



COMUNE DI NAPOLI  
 DIREZIONE CENTRALE PIANIFICAZIONE E GESTIONE DEL TERRITORIO - SITO UNESCO  
 SERVIZIO PROGRAMMA UNESCO E VALORIZZAZIONE DELLA CITTÀ STORICA

**Programma Operativo Regionale FESR Campania 2007-2013**  
 Asse 6 Sviluppo urbano e qualità della vita  
 Obiettivo operativo 6.2 - Napoli e area metropolitana  
 Grande Progetto *Centro storico di Napoli valorizzazione del sito UNESCO*

---

**COMPLESSO MONUMENTALE DI SAN PAOLO MAGGIORE**

		I Progettisti:  <b>CFC GROUP S.R.L.</b> CFC GROUP S.R.L. ing. Salvatore Mascolo Viale Kennedy 5 - 80124 Napoli cell. 3341207887 P.IVA 06720040630 e-mail: Salvatore.Mascolo@pec.it
--	--	---

COMUNE DI NAPOLI  
 Città Metropolitana di Napoli



**RESTAURO E RIFUNZIONALIZZAZIONE DEL COMPLESSO MONUMENTALE DI SAN PAOLO MAGGIORE**

Interventi locali e/o di riparazione del piano terra, area Biblioteca, Sala Conferenze, Sagrestia, Museo del Tesoro, Bar

<b>R<sub>1</sub></b>	Relazione generale di calcolo
----------------------	-------------------------------

Il committente	Il direttore dei lavori	L'impresa esecutrice	Il Collaudatore	REV.01
				10/2021

---

## 1 - DESCRIZIONE GENERALE DELL'OPERA

Il sottoscritto ing. Mascolo Salvatore, residente in Castellammare di Stabia alla via Supportico, 63, iscritto all'Ordine degli Ingegneri della Provincia di Napoli al n° 17159, con studio in Gragnano alla via Lamma 7, a seguito dell'incarico ricevuto dalla CFC Group srl quale aggiudicatrice dell' Appalto integrato per i lavori di Restauro e rifunzionalizzazione del Complesso Monumentale San Paolo Maggiore sito in via S. Paolo, Napoli, redige la presente relazione generale di calcolo e tutti gli elaborati costituenti il progetto strutturale inerente gli interventi locali e/o di riparazione da eseguirsi al piano terra del suddetto complesso e nello specifico degli ambienti Biblioteca, Sala conferenze, Sagrestia, Museo del tesoro, Bar e locali annessi.

Tale complesso, di remota costruzione, ha struttura portante è in muratura di tufo.

Di seguito vengono individuati e descritti gli interventi da eseguirsi ed oggetto del presente progetto strutturale:

Sostituzione e/o realizzazione di n° 10 architravi da realizzarsi con coppia di profilati metallici del tipo HEA 140 di acciaio S275JR accoppiati con calastrelli in barre filettate d' acciaio Fi 18/40.

Realizzazione di un soppalco di 8.4 mq con struttura in profilati metallici IPE 100 ad interasse pari a 50 cm ancorati alla muratura del piano terra sovrastati da tavolato in legno di 5 cm di spessore. Detto soppalco rientra tra gli interventi privi di rilevanza per la pubblica incolumità e rientra tra gli interventi di cui all' All. C dell D.G.R.C. di Settembre 2020. Detto soppalco ha un carico permanente ed un peso proprio inferiore a 1.0 KN/mq.

Sarcitura di lesioni all' interno di paramenti murari con cuci e scuci in pietra di tufo e mattoni pieni laterizi o mediante apposizione di malta a ritiro compensato.

Chiusura di foro al calpestio della sala museo del tesoro mediante realizzazione di piccolo solaioetto con profilati metallici HEA 140 , tavelloni e sovrastati da caldana in cls armato.

Rinforzo locale di paramento murario lesionato con applicazione di rete in acciaio inossidabile e malta a ritiro compensato.

Per una migliore interpretazione sull'allocazione dei diversi interventi si rimanda all'elaborato in cui gli stessi vengono individuati.

---

## 2 - NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Le fasi di analisi e verifica della struttura sono state condotte in accordo alle seguenti disposizioni normative, per quanto applicabili in relazione al criterio di calcolo adottato dal progettista, evidenziato nel prosieguo della presente relazione:

**Legge 5 novembre 1971 n. 1086** (G. U. 21 dicembre 1971 n. 321)

”Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica”

**Legge 2 febbraio 1974 n. 64** (G. U. 21 marzo 1974 n. 76)

”Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche”

Indicazioni progettive per le nuove costruzioni in zone sismiche a cura del Ministero per la Ricerca scientifica - Roma 1981.

**D. M. Infrastrutture Trasporti 14 gennaio 2008** (G.U. 4 febbraio 2008 n. 29 - Suppl. Ord.)

”Norme tecniche per le Costruzioni”

**Circolare 2 febbraio 2009 n. 617 del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti** (G.U. 26 febbraio 2009 n. 27 – Suppl. Ord.)

“Istruzioni per l'applicazione delle 'Norme Tecniche delle Costruzioni' di cui al D.M. 14 gennaio 2008”.

**D. M. Infrastrutture Trasporti 17/01/2018** (G.U. 20/02/2018 n. 42 - Suppl. Ord.)

“Aggiornamento delle *Norme tecniche per le Costruzioni*”.

**Circolare 21 gennaio 2019 n. 7 del C.S.LL.PP.**

“Istruzioni per l'applicazione delle 'Norme Tecniche delle Costruzioni' di cui al D.M. 17 gennaio 2018”.

## 3 - MATERIALI IMPIEGATI E RESISTENZE DI CALCOLO

Tutti i materiali strutturali impiegati devono essere muniti di marcatura "CE", ed essere conformi alle prescrizioni del "REGOLAMENTO (UE) N. 305/2011 DEL PARLAMENTO EUROPEO E DEL CONSIGLIO del 9 marzo 2011", in merito ai prodotti da costruzione.

Per la realizzazione dell'opera in oggetto saranno impiegati i seguenti materiali:

## CALCESTRUZZO ARMATO

Caratteristiche Calcestruzzo Armato

N	$\gamma$	CdT	E	G	Stz	R <sub>ck</sub>	R <sub>cm</sub>	%R <sub>ck</sub>	$\gamma$	f <sub>cd</sub>	f <sub>ctd</sub>	f <sub>ctm</sub>	n	n Ac
	[N/m <sup>3</sup> ]	[1/°C]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]		[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]							
<b>ClS C25/30_B450C - (C25/30)</b>														
002	25,000	0.000010	31,447	13,103	P	30.00	-	0.85	1.50	14.11	1.19	3.07	15	003

### LEGENDA Caratteristiche Calcestruzzo Armato

- N Numero identificativo del materiale.
- $\gamma$  Peso specifico.
- CdT Coefficiente di Dilatazione Termica.
- E Modulo elastico normale.
- G Modulo elastico tangenziale.
- Stz Indica il 'Tipo Situazione': [F] = materiale 'di Fatto' (Esistente)(tiene conto del LC/FC); [P] = materiale 'di Progetto' (Nuovo);
- R<sub>ck</sub> Resistenza caratteristica cubica.
- R<sub>cm</sub> Resistenza media cubica.
- %R<sub>ck</sub> Percentuale di riduzione della R<sub>ck</sub>
- $\gamma$  Coefficiente di sicurezza allo SLV del materiale.
- f<sub>cd</sub> Resistenza di calcolo a compressione.
- f<sub>ctd</sub> Resistenza di calcolo a trazione.
- f<sub>ctm</sub> Resistenza media a trazione per flessione.
- n Coefficiente di omogeneizzazione.
- n Ac Identificativo, nella relativa tabella materiali, dell'acciaio utilizzato: [-] = parametro NON significativo per il materiale.

## ACCIAIO

Caratteristiche Acciaio

N	$\gamma$	CdT	E	G	Stz	f <sub>yk,1</sub> / f <sub>yk,2</sub>	f <sub>tk</sub>	f <sub>yd,1</sub> / f <sub>yd,2</sub>	f <sub>cd</sub>	$\gamma$	$\gamma$ <sub>M1</sub>	$\gamma$ <sub>M2</sub>	$\gamma$ <sub>M3,SLV</sub>	$\gamma$ <sub>M3,SLE</sub>	$\gamma$ <sub>M7</sub>
	[N/m <sup>3</sup> ]	[1/°C]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]						
<b>Acciaio B450C - (B450C)</b>															
003	78,500	0.000010	210,000	80,769	P	450.00	-	391.30	-	1.15	-	-	-	-	-
<b>S275 - (S275)</b>															
004	78,500	0.000012	210,000	80,769	P	275.00	-	261.90	-	1.05	1.05	1.25	-	-	-

### LEGENDA Caratteristiche Acciaio

- N Numero identificativo del materiale.
- $\gamma$  Peso specifico.
- CdT Coefficiente di Dilatazione Termica.
- E Modulo elastico normale.
- G Modulo elastico tangenziale.
- Stz Indica il 'Tipo Situazione' : [F] = materiale 'di Fatto' (Esistente) (tiene conto del FC); [-/P] = materiale 'di Progetto' (Nuovo); [-] = resistenze medie /caratteristiche del materiale.
- f<sub>yk,1</sub> Resistenza caratteristica allo snervamento (per profili con t ≤ 40 mm).

N	$\alpha$	CdT	E	G	Stz	$f_{yk,1}/$ $f_{yk,2}$	$f_{tk}$	$f_{yd,1}/$ $f_{yd,2}$	$f_{td}$	$\gamma$	$\gamma_{M1}$	$\gamma_{M2}$	$\gamma_{M3,SLV}$	$\gamma_{M3,SLE}$	$\gamma_{M7}$
	[N/m <sup>2</sup> ]	[1/°C]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/ mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]						

$f_{yk,2}$  Resistenza caratteristica allo snervamento (per profili con 40 mm < t ≤ 80 mm).

$f_{tk}$  Resistenza a Rottura (Bulloni).

$f_{yd,1}$  Resistenza di calcolo (per profili con t ≤ 40 mm).

$f_{yd,2}$  Resistenza di calcolo (per profili con 40 mm < t ≤ 80 mm).

$f_{td}$  Resistenza di calcolo a Rottura (Bulloni).

$\gamma$  Coefficiente di sicurezza allo SLV del materiale.

$\gamma_{M1}$  Coefficiente di sicurezza per instabilità.

$\gamma_{M2}$  Coefficiente di sicurezza per sezioni tese indebolite.

$\gamma_{M3,SLV}$  Coefficiente di sicurezza a scorrimento alla SLV (Bulloni).

$\gamma_{M3,SLE}$  Coefficiente di sicurezza a scorrimento alla SLE (Bulloni).

$\gamma_{M7}$  Coefficiente di sicurezza precarico bulloni ad alta resistenza (Bulloni): [-] = parametro NON significativo per il materiale.

## TENSIONI AMMISSIBILI ALLO SLE DEI VARI MATERIALI

Tensioni ammissibili allo SLE dei vari materiali

Materiale	SL	Tensione di verifica	$\sigma_{d,amm}$ [N/mm <sup>2</sup> ]
Cls C25/30_B450C	Caratteristica(RARA)	Compressione Calcestruzzo	14,94
	Quasi permanente	Compressione Calcestruzzo	11,21
Acciaio B450C	Caratteristica(RARA)	Trazione Acciaio	360,00

### LEGENDA:

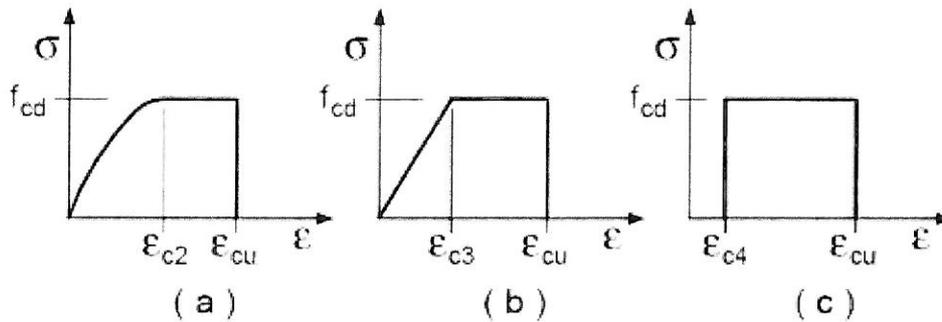
SL Stato limite di esercizio per cui si esegue la verifica.

$\sigma_{d,amm}$  Tensione ammissibile per la verifica.

I valori dei parametri caratteristici dei suddetti materiali sono riportati anche nei **tabulati di calcolo**, nella relativa sezione.

Tutti i materiali impiegati dovranno essere comunque verificati con opportune prove di laboratorio secondo le prescrizioni della vigente Normativa.

I diagrammi costitutivi del calcestruzzo sono stati adottati in conformità alle indicazioni riportate al punto 4.1.2.1.2.1 del D.M. 17 gennaio 2018; in particolare per le verifiche effettuate a pressoflessione retta e pressoflessione deviata è adottato il modello riportato in fig. (a).



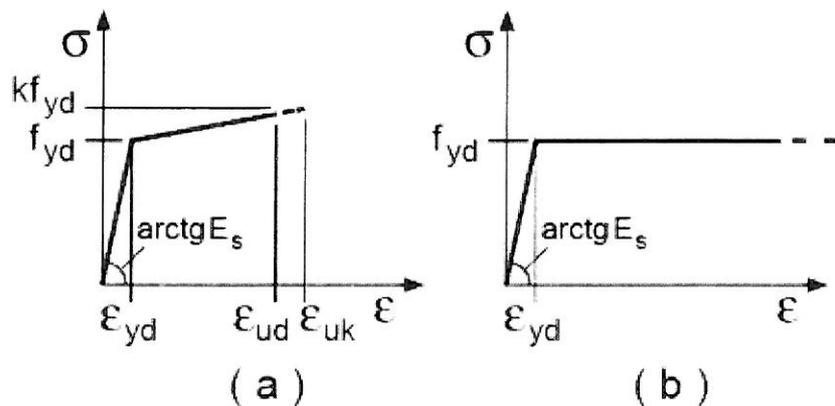
Diagrammi di calcolo tensione/deformazione del calcestruzzo.

I valori di deformazione assunti sono:

$$\epsilon_{c2} = 0,0020;$$

$$\epsilon_{cu2} = 0,0035.$$

I diagrammi costitutivi dell'acciaio sono stati adottati in conformità alle indicazioni riportate al punto 4.1.2.1.2.2 del D.M. 17 gennaio 2018; in particolare è adottato il modello elastico perfettamente plastico rappresentato in fig. (b).



La resistenza di calcolo è data da  $f_{yk}/\gamma$ . Il coefficiente di sicurezza  $\gamma$  si assume pari a 1.15.

#### 4 - ANALISI DEI CARICHI

Un'accurata valutazione dei carichi è un requisito imprescindibile di una corretta progettazione, in particolare per le costruzioni realizzate in zona sismica.

Essa, infatti, è fondamentale ai fini della determinazione delle forze sismiche, in quanto incide sulla valutazione delle masse e dei periodi propri della struttura dai quali dipendono i valori delle accelerazioni (ordinate degli spettri di progetto).

La valutazione dei carichi e dei sovraccarichi è stata effettuata in accordo con le disposizioni del punto 3.1 del **Decreto Ministero Infrastrutture Trasporti 17 gennaio 2018**.

In particolare, è stato fatto utile riferimento alle Tabelle 3.1.I e 3.1.II del D.M. 2018, per i

---

pesi propri dei materiali e per la quantificazione e classificazione dei sovraccarichi, rispettivamente.

La valutazione dei carichi permanenti è effettuata sulle dimensioni definitive.

Le analisi effettuate, corredate da dettagliate descrizioni, sono riportate nei tabulati di calcolo nella relativa sezione.

## 5 - METODO DI ANALISI

Vista la natura degli interventi sarà utilizzata un'analisi statica lineare che ci permette di determinare le massime sollecitazioni a cui sono soggette le strutture interessate dai lavori.

## 6 - AZIONI SULLA STRUTTURA

I calcoli e le verifiche sono condotti con il metodo semiprobabilistico degli stati limite secondo le indicazioni del D.M. 17 gennaio 2018.

I carichi agenti sui solai, derivanti dall'analisi dei carichi, vengono ripartiti sulle travi.

I carichi dovuti ai tamponamenti sono schematizzati come carichi lineari agenti esclusivamente sulle aste.

Su tutti gli elementi strutturali è inoltre possibile applicare direttamente ulteriori azioni concentrate e/o distribuite (variabili con legge lineare ed agenti lungo tutta l'asta o su tratti limitati di essa).

Le azioni introdotte direttamente sono combinate con le altre (carichi permanenti, accidentali e sisma) mediante le combinazioni di carico di seguito descritte; da esse si ottengono i valori probabilistici da impiegare successivamente nelle verifiche.

### *6.1 Stato Limite Ultimo*

Le azioni sulla costruzione sono state cumulate in modo da determinare condizioni di carico tali da risultare più sfavorevoli ai fini delle singole verifiche, tenendo conto della probabilità ridotta di intervento simultaneo di tutte le azioni con i rispettivi valori più sfavorevoli, come consentito dalle norme vigenti.

Per gli stati limite ultimi sono state adottate le combinazioni del tipo:

---

$$\gamma_{G1} \cdot G_1 + \gamma_{G2} \cdot G_2 + \gamma_P \cdot P + \gamma_{Q1} \cdot Q_{k1} + \gamma_{Q2} \cdot \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \gamma_{Q3} \cdot \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots \quad (1)$$

dove:

$G_1$  rappresenta il peso proprio di tutti gli elementi strutturali; peso proprio del terreno, quando pertinente; forze indotte dal terreno (esclusi gli effetti di carichi variabili applicati al terreno); forze risultanti dalla pressione dell'acqua (quando si configurino costanti nel tempo);

$G_2$  rappresenta il peso proprio di tutti gli elementi non strutturali;

$P$  rappresenta l'azione di pretensione e/o precompressione;

$Q$  azioni sulla struttura o sull'elemento strutturale con valori istantanei che possono risultare sensibilmente diversi fra loro nel tempo:

- di lunga durata: agiscono con un'intensità significativa, anche non continuativamente, per un tempo non trascurabile rispetto alla vita nominale della struttura;

- di breve durata: azioni che agiscono per un periodo di tempo breve rispetto alla vita nominale della struttura;

$Q_{ki}$  rappresenta il valore caratteristico della  $i$ -esima azione variabile;

$\gamma_g, \gamma_q, \gamma_p$  coefficienti parziali come definiti nella tabella 2.6.I del DM 17 gennaio 2018;

$\psi_{0i}$  sono i coefficienti di combinazione per tenere conto della ridotta probabilità di concomitanza delle azioni variabili con i rispettivi valori caratteristici.

Le combinazioni risultanti sono state costruite a partire dalle sollecitazioni caratteristiche calcolate per ogni condizione di carico elementare: ciascuna condizione di carico accidentale, a rotazione, è stata considerata sollecitazione di base ( $Q_{k1}$  nella formula precedente).

I coefficienti relativi a tali combinazioni di carico sono riportati negli allegati tabulati di calcolo.

## **6.2 Stati Limite di Esercizio**

Allo Stato Limite di Esercizio le sollecitazioni con cui sono state semiprogettate le aste in c.a. sono state ricavate applicando le formule riportate nel D.M. 17 gennaio 2018 - Aggiornamento Norme tecniche per le costruzioni - al punto 2.5.3. Per le verifiche agli stati limite di esercizio, a seconda dei casi, si fa riferimento alle seguenti combinazioni di carico:

combinazione rara 
$$F_d = \sum_{j=1}^m (G_{Kj}) + Q_{k1} + \sum_{i=2}^n (\psi_{0i} \cdot Q_{ki}) + \sum_{h=1}^l (P_{kh})$$

combinazione frequente 
$$F_d = \sum_{j=1}^m (G_{Kj}) + \psi_{11} \cdot Q_{k1} + \sum_{i=2}^n (\psi_{2i} \cdot Q_{ki}) + \sum_{h=1}^l (P_{kh})$$

combinazione quasi permanente 
$$F_d = \sum_{j=1}^m (G_{Kj}) + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \sum_{i=2}^n (\psi_{2i} \cdot Q_{ki}) + \sum_{h=1}^l (P_{kh})$$

dove:

$G_{kj}$  valore caratteristico della j-esima azione permanente;

$P_{kh}$  valore caratteristico della h-esima deformazione impressa;

$Q_{kl}$  valore caratteristico dell'azione variabile di base di ogni combinazione;

$Q_{ki}$  valore caratteristico della i-esima azione variabile;

$\psi_{0i}$  coefficiente atto a definire i valori delle azioni ammissibili di durata breve ma ancora significativi nei riguardi della possibile concomitanza con altre azioni variabili;

$\psi_{1i}$  coefficiente atto a definire i valori delle azioni ammissibili ai frattili di ordine 0,95 delle distribuzioni dei valori istantanei;

$\psi_{2i}$  coefficiente atto a definire i valori quasi permanenti delle azioni ammissibili ai valori medi delle distribuzioni dei valori istantanei.

Ai coefficienti  $\psi_{0i}$ ,  $\psi_{1i}$ ,  $\psi_{2i}$  sono attribuiti i seguenti valori:

Azione	$\psi_{0i}$	$\psi_{1i}$	$\psi_{2i}$
Categoria A - Ambienti ad uso residenziale	0,7	0,5	0,3
Categoria B - Uffici	0,7	0,5	0,3
Categoria C - Ambienti suscettibili di affollamento	0,7	0,7	0,6

Categoria D - Ambienti ad uso commerciale	0,7	0,7	0,6
Categoria E - Biblioteche, archivi, magazzini e ambienti ad uso industriale	1,0	0,9	0,8
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
Neve (a quota $> 1000$ m s.l.m.)	0,7	0,5	0,2
Variazioni termiche	0,6	0,5	0,0

In maniera analoga a quanto illustrato nel caso dello SLU le combinazioni risultanti sono state costruite a partire dalle sollecitazioni caratteristiche calcolate per ogni condizione di carico; a turno ogni condizione di carico accidentale è stata considerata sollecitazione di base ( $Q_{ki}$  nella formula (1)), con ciò dando origine a tanti valori combinati. Per ognuna delle combinazioni ottenute, in funzione dell'elemento (trave, pilastro, etc...) sono state effettuate le verifiche allo SLE (tensioni, deformazioni e fessurazione).

Negli allegati tabulati di calcolo sono riportanti i coefficienti relativi alle combinazioni di calcolo generate relativamente alle combinazioni di azioni "Quasi Permanente" (1), "Frequente" (2) e "Rara" (2).

Nelle sezioni relative alle verifiche allo SLE dei citati tabulati, inoltre, sono riportati i valori delle sollecitazioni relativi alle combinazioni che hanno originato i risultati più gravosi.

## 7 - MODELLO DI CALCOLO

Vista la natura degli interventi si può ricondurre il tutto ad un Intervento di tipo Locale (Capitolo 8) giacché non si modifica in maniera sostanziale né la rigidità orizzontale della struttura, né i carichi verticali agenti. L'intervento, tuttavia, comporta un miglioramento delle condizioni di sicurezza dell'edificio nel suo complesso.

Nel calcolo, quindi, si possono considerare i soli elementi interessati dalle modifiche e si può eseguire una verifica di tipo locale.

Ogni elemento viene trattato singolarmente seguendo la successione solaio - trave -

---

muratura esistente.

## **8 - PROGETTAZIONE DEI SOLAI IN CALCESTRUZZO E DEGLI ARCHITAVI IN ACCIAIO**

Il solaio è un elemento strutturale fondamentale la cui principale funzione è quella di trasferire i carichi e i sovraccarichi verticali alla struttura portante. In zona sismica il solaio assume anche la funzione di trasferire le forze inerziali di piano alla struttura principale, nell'ipotesi che esso sia dotato di sufficiente rigidità nel proprio piano.

La vigente normativa per le costruzioni in cemento armato individua le seguenti tipologie di solaio:

- Solai in getto pieno (Tipo I)
- Solai misti in c.a. e c.a.p. con elementi di alleggerimento (Tipo II)
- Solai con elementi prefabbricati in c.a. e c.a.p. (Tipo III)

Nella struttura oggetto della presente relazione, in considerazione delle caratteristiche geometriche e dei sovraccarichi, si è deciso di adottare solai di tipo:

### **Solai latero-cementizi gettati in opera**

I solai latero-cementizi gettati in opera sono costituiti da blocchi di laterizio, muniti di alette laterali o accompagnati da fondelli sempre in laterizio, che vengono posizionati su un impalcato di sostegno provvisorio. Quest'ultimo viene smontato non appena il conglomerato ha raggiunto una resistenza meccanica sufficiente. Dopo aver sistemato tutti i blocchi e prima di procedere con il getto dei travetti e della soletta in calcestruzzo, si posizionano i ferri di armatura ricorrendo all'uso di distanziatori o di sistemi equivalenti in modo da assicurare che, nella fase di getto, i ferri mantengano una corretta disposizione.

### **Modello di calcolo**

Il solaio è composto da un'alternanza di travetti in cemento armato (precompresso o non) con elementi di alleggerimento in laterizio e da una soletta di completamento in cemento armato che, coprendone tutta la superficie ed inglobando una opportuna armatura di ripartizione, rende i vari elementi tra loro solidali.

La presenza della soletta fa sì che il solaio sia per certi versi assimilabile ad una piastra

---

caricata in direzione perpendicolare al piano stesso (ricordiamo che una piastra è in grado di trasferire i carichi alle strutture portanti perimetrali diffondendoli lungo la propria superficie).

Questa marcata eterogeneità consente, nel calcolo, di approssimare il comportamento del solaio con quello di una trave, quindi con una *struttura monodimensionale* trascurando le sollecitazioni che si sviluppano in direzione ortogonale ai travetti.

Grazie a quest'assunzione, un solaio su una o più campate può essere modellato, in linea generale, come una *trave continua su appoggi (o incastri cedevoli)*.

Le luci delle singole campate sono assunte pari alla distanza tra gli interassi degli appoggi. I carichi distribuiti linearmente sulla trave sono ottenuti moltiplicando i carichi per unità di superficie determinati nell'analisi dei carichi per l'ampiezza della fascia di solaio considerata. Le caratteristiche dei vincoli adottati sono riportate in dettaglio, per ciascun appoggio, negli allegati tabulati di calcolo.

Per quanto non espressamente riportato in questo paragrafo, ed in particolare per le analisi dei carichi, la determinazione delle azioni agenti sulla struttura, la definizione del modello strutturale agli elementi finiti e le verifiche, può farsi riferimento a quanto illustrato nella restante parte della presente relazione e negli allegati "Tabulati di Calcolo".

Discorso analogo vale per il dimensionamento e la verifica degli architravi in quanto sono schematizzati anch'essi come travi.

## 9 - PROGETTO E VERIFICA DEI CORDOLI E DEGLI ARCHITRAVI

I solai scaricano direttamente sui cordoli, per cui si ritiene necessaria il progetto e la verifica degli stessi.

La verifica degli elementi allo SLU avviene col seguente procedimento:

- si costruiscono le combinazioni non sismiche in base al D.M. 2018, ottenendo un insieme di sollecitazioni;
- per sollecitazioni semplici (flessione retta, taglio, etc.) si individuano i valori minimo e massimo con cui progettare o verificare l'elemento considerato; per sollecitazioni composte (pressoflessione retta/deviata) vengono eseguite le verifiche per tutte le

---

possibili combinazioni e solo a seguito di ciò si individua quella che ha originato il minimo coefficiente di sicurezza.

Tali verifiche andranno eseguite anche per gli architravi in acciaio da porre in opera.

## 9.1 DETTAGLI STRUTTURALI

Il progetto delle strutture è stato condotto rispettando i dettagli strutturali previsti dal D.M. 2018, nel seguito illustrati. Il rispetto dei dettagli può essere evinto, oltreché dagli elaborati grafici, anche dalle verifiche riportate nei tabulati allegati alla presente relazione.

### 9.1.1 Travi in c.a.

Le armature degli elementi trave sono state dimensionati seguendo i dettagli strutturali previsti al punto 4.1.6.1.1 del D.M. 2018:

$$A_s \geq A_{s,\min} = \max \left\{ 0,26 \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} b_t d; 0,0013 b_t d \right\} \quad [\text{TR-C4-A}]$$

$$\max \{ A_s; A'_s \} \leq A_{s,\max} = 0,04 A_c \quad [\text{TR-C4-B}]$$

$$A_{st} \geq A_{st,\min} = 1,5 b \text{ mm}^2 / m \quad [\text{TR-C4-C}]$$

$$p_{st} \geq p_{st,\min} = \min \{ 33,3 \text{ cm}; 0,8 d \} \quad [\text{TR-C4-D}]$$

$$A_{st} \geq 0,5 A_{sw} \quad [\text{TR-C4-E}]$$

$$p_{st} \geq 15 \Phi \quad [\text{TR-C4-F}]$$

dove:

- $A_s$  e  $A'_s$  sono le aree di armature tese e compresse;
- $f_{ctm}$  è la resistenza a trazione media del cls;
- $f_{yk}$  è la resistenza caratteristica allo snervamento;
- $b_t$  è la larghezza media della zona tesa della trave (pari alla larghezza della trave o dell'anima nel caso di sezioni a T);
- $d$  è l'altezza utile della trave;
- $b$  è lo spessore minimo dell'anima in mm;
- $p_{st}$  è il passo delle staffe;
- $A_c$  è l'area della sezione di cls;
- $A_{st}$  è l'area delle staffe;
- $A_{sw}$  è l'area totale delle armature a taglio (area delle staffe più area dei ferri piegati);
- dove  $\Phi$  è il diametro delle armature longitudinali compresse.

Ai fini di un buon comportamento sismico, sono rispettate le seguenti limitazioni geometriche, ai sensi del § 7.4.6.1.1 del D.M. 2018:

$$b_t \geq b_{t,\min} = 20 \text{ cm} \quad [\text{TR-LG-A}]$$

$$b_t \leq b_{t,\max} = \min\{b_c + h_t; b_c\} \quad [\text{TR-LG-B}]$$

$$b_t/h_t \geq (b_t/h_t)_{\min} = 0,25 \quad [\text{TR-LG-C}]$$

$$L_{zc} = 1,5 h_t \text{ (CD-A); } L_{zc} = 1,0 h_t \text{ (CD-B)} \quad [\text{TR-LG-D}]$$

dove:

- $b_t$  e  $h_t$  sono la base e l'altezza delle travi, rispettivamente;
- $b_c$  è la larghezza della colonna;
- $L_{zc}$  è la larghezza della zona dissipativa.

Inoltre, per il dimensionamento delle armature, vengono rispettate le prescrizioni del § 7.4.6.2.1 del D.M. 2018, illustrate nel seguito.

#### Armature longitudinali

$$n_{\phi l} > n_{\phi l,\min} = 2 \quad [\text{TR-AL-A}]$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_{yk}} < \rho = \frac{A_s}{bh} < \rho_{\max} = \rho_{\text{comp}} + \frac{3,5}{f_{yk}} \quad [\text{TR-AL-B}]$$

$$\rho_{\text{comp}} \geq \rho_{\text{comp},\min} \quad [\text{TR-AL-C}]$$

dove:

- $n_{\phi l}$  è il numero di barre al lembo inferiore o superiore, di diametro almeno pari a 14 mm;
- $n_{\phi l,\min}$  è il minimo numero possibile di barre al lembo inferiore o superiore, di diametro almeno pari a 14 mm;
- $\rho$  è il rapporto geometrico relativo all'armatura tesa (rapporto tra le aree delle armature,  $A_s$ , e l'area della sezione rettangolare,  $b \times h$ );
- $\rho_{\text{comp}}$  è il rapporto geometrico relativo all'armatura compressa;
- $\rho_{\text{comp},\min} = 0,25 \rho$  per zone non dissipative, oppure  $\frac{1}{2} \rho$  per zone dissipative.
- $f_{yk}$  è la resistenza di snervamento caratteristica dell'acciaio in MPa.

#### Armature trasversali

$$p_{st} \leq p_{st,max} = \min \left\{ \begin{array}{l} \left[ \frac{d}{4}; 175 \text{ mm}; 6\Phi_l; 24\Phi_{st} \right] \quad (CD-A) \\ \left[ \frac{d}{4}; 225 \text{ mm}; 8\Phi_l; 24\Phi_{st} \right] \quad (CD-B) \end{array} \right. \quad [\text{TR-AT-A}]$$

$$\Phi_{st} \geq \Phi_{st,min} = 6 \text{ mm} \quad [\text{TR-AT-B}]$$

dove:

- $d$  è l'altezza utile della sezione;
- $\Phi_l$  è il diametro più piccolo delle barre longitudinali utilizzate;
- $\Phi_{st}$  è il diametro più piccolo delle armature trasversali utilizzate;
- $\Phi_{st,min}$  è il minimo diametro delle staffe da normativa.

## 10 - VERIFICA SCARICO SULLA MURATURA

I cordoli assorbono le azioni che gli sono state trasferite dai solai e le trasmettono a loro volto alla muratura sottostante. Pertanto risulta necessaria una verifica di quest'ultime al fine di accertarne l'idoneità a svolgere il proprio compito. Tale verifica viene eseguita valutando l'incremento di carico dovuto allo scarico dei cordoli.

## 11 - TABULATI DI CALCOLO

*Per quanto non espressamente sopra riportato, ed in particolar modo per ciò che concerne i dati numerici di calcolo, si rimanda all'allegato "Tabulati di calcolo" costituente parte integrante della presente relazione.*

Gragnano, il 05/2021

Il progettista Strutturale

