

Relazione tecnica strutture



INDICE

1. INTRODUZIONE	3
2. NORMATIVA TECNICA DI RIFERIMENTO	9
3. MATERIALI	10
4. GEOLOGIA	12
5. CARICHI DI PROGETTO.....	13
5.1 Pesi propri strutturali.....	13
5.2 Carichi permanenti	13
5.3 Sovraccarichi.....	13
5.4 Carico da neve.....	13
5.5 Azione del vento	13
5.6 Azione sismica	14
6. MODELLI DI CALCOLO	16
7. VERIFICHE ELEMENTI STRUTTURALI PRINCIPALI	22
7.1 Verifica della parete di controvento tipica	22
7.2 Verifica della trave intradossata di piano primo.....	24
7.3 Verifica del solaio tipico di copertura	25
7.4 Verifica del pilastro tipico	28
7.5 Verifica della trave di fondazione tipica	30
8. SPESA SOMMARIA	

Oggetto del presente documento è la relazione illustrativa e i calcoli preliminari delle strutture dei nuovi edifici del “Polo scolastico omnicomprensivo innovativo Area Sud” oggetto del Concorso.

Le strutture degli edifici sono previste in calcestruzzo armato gettato in opera.

È previsto l'utilizzo di elementi in calcestruzzo armato prefabbricato e precompresso solo per la struttura di copertura della palestra a causa delle importanti luci di calcolo.

Il calcestruzzo sarà realizzato faccia a vista con “mix design” speciale studiato per valorizzare gli aggregati locali e offrire un'immagine e una colorazione particolari sempre nel rispetto della norma **UNI EN 206** al fine di garantire resistenza e durabilità richiesti dal progetto strutturale in zona ad alta sismicità.

La struttura in calcestruzzo fornisce sensibili benefici dal punto di vista della “capacità termica” per massività superiore rispetto ad altri materiali.

Riteniamo inoltre che per edifici bassi la struttura monolitica gettata in opera ben realizzata nel dettaglio costruttivo fornisca maggiori garanzie in zone ad alta sismicità rispetto alle soluzioni strutturali composte da elementi prefabbricati giuntati in opera quali legno, acciaio o calcestruzzo prefabbricato ove i nodi strutturali costituiscono punto debole del sistema.

Altri benefici sono forniti dalla ottima resistenza al fuoco e dall'isolamento acustico noto per materiali ad alta densità.

La scuola media, elementare e la palestra sono ospitate in 3 corpi comunicanti tra di loro ma strutturalmente disgiunti mediante giunti strutturali realizzati con raddoppio degli elementi verticali.

I valori aggiunti offerti dall'uso del calcestruzzo gettato in opera che hanno condizionato la nostra scelta si possono riassumere così:

- MONOLITICITA' (MIGLIORE RISPOSTA E DUTTILITA' IN CASO DI SISMA)
- ESTETICA (USO DI AGGREGATI LOCALI E TRATTAMENTO FACCIA A VISTA)
- CAPACITA' TERMICA (OTTIMA MASSIVITA')
- PROTEZIONE AL FUOCO (OTTIMO COMPORTAMENTO IN CASO DI INCENDIO)
- ACUSTICA (ISOLAMENTO ACUSTICO BUONO)

Gli elementi principali delle strutture analizzate sono:

- SOLAI gettati in opera con schema di calcolo a piastra mono o bi-direzionale
- TRAVI gettate in opera e intradossate, necessarie in corrispondenza degli sbalzi
- PILASTRI sezione 30x50/30x60 gettati in opera con sola funzione pendolare
- PARETI aventi funzione di controvento sismico e gettate faccia a vista

- **FONDAZIONI** a trave rovescia con larghezza variabile 150-250 cm

I volumi tipici risultano costituiti da un corpo singolo sostenuto da due linee di pilastri e aggettante alle estremità per realizzare a piano terra le aree protette dal sole. A causa di questi forti sbalzi sono state introdotte travi alte intradossate in aiuto alle solette gettate.

SCHEMI STRUTTURALI

Gli schemi strutturali proposti per i quattro corpi disgiunti sono a pendolo rovescio, l'intera azione sismica sarà affidata alle numerose pareti in calcestruzzo distribuite in pianta mentre i pilastri avranno solo funzione portante per le azioni statiche verticali.

Le solette in calcestruzzo avranno il compito di sopportare le azioni verticali permanenti e variabili e di ripartire le azioni sismiche distribuendole ai controventi.

Sono stati implementati i modelli di calcolo fem che hanno fornito risultati soddisfacenti in termini di deformazione e verifica degli elementi principali e secondari.

Nel seguito, si descrivono in dettaglio le strutture dei 4 edifici che costituiranno il nuovo Polo Scolastico.

Asilo

L'edificio monopiano adibito ad asilo presenta una struttura portante costituita da:

- estese pareti in calcestruzzo armato che garantiscono la resistenza alla azioni orizzontali (vento e sisma) e costituiscono anche gli elementi di sostegno per i carichi gravitazionali della copertura
- copertura della piazza centrale realizzata con travi a T di altezza totale 90 cm su luce massima di 16 m e con solai in getto pieno di spessore 25 cm sulle rimanenti zone (luce massima 6 m)
- fondazioni di tipo diretto a trave rovescia collegate fra loro mediante cordoli

Scuola media

La struttura portante dell'edificio è costituita da:

- pareti in calcestruzzo armato che garantiscono la resistenza alla azioni orizzontali (vento e sisma)
- pilastri di dimensione 30x50 cm posti su una maglia di dimensioni massime 4 m x 8.7 m al piano terra e 8 m x 8.7 m al piano primo
- solaio del piano primo sostenuto da travi principali intradossate 50x50 cm disposte su luce massima 4 m e soletta monodirezionale in getto pieno in calcestruzzo armato di spessore 50 cm su luce massima 8.7 m. Le porzioni a sbalzo della soletta saranno realizzate con travi intradossate conformate a T e orientate obliquamente rispetto alla maglia strutturale
- solaio di copertura sostenuto da travi principali intradossate 50x50 cm disposte su luce massima 8 m e soletta monodirezionale in getto pieno in calcestruzzo armato di spessore 35 cm su luce massima 8.7 m
- fondazioni di tipo diretto a trave rovescia collegate fra loro mediante cordoli

Scuola elementare

La struttura portante dell'edificio è costituita da:

- pareti in calcestruzzo armato che garantiscono la resistenza alla azioni orizzontali (vento e sisma)

- pilastri di dimensione 30x50 cm posti su una maglia di dimensioni massime 4 m x 10.85 m al piano terra e 8 m x 10.85 m al piano primo
- solaio del piano primo sostenuto da travi principali intradossate 50x50 cm disposte su luce massima 4 m e soletta monodirezionale in getto pieno in calcestruzzo armato di spessore 50 cm su luce massima 10.85 m. Le porzioni a sbalzo della soletta saranno realizzate con travi intradossate conformate a T e orientate obliquamente rispetto alla maglia strutturale
- solaio di copertura sostenuto da travi principali intradossate 50x50 cm disposte su luce massima 8 m e soletta monodirezionale in getto pieno in calcestruzzo armato di spessore 35 cm su luce massima 10.85 m
- fondazioni di tipo diretto a trave rovescia collegate fra loro mediante cordoli

Palestra

La struttura portante dell'edificio Palestra è costituita da:

- estese pareti in calcestruzzo armato che garantiscono la resistenza alla azioni orizzontali (vento e sisma), una delle quali è realizzata dall'accostamento di pareti di dimensioni 25x100 cm orientate a 45° con direzione alternata
- il solaio intermedio dei blocchi servizi è previsto in getto pieno di spessore 25 cm (luce massima 6 m)
- copertura della zona di gioco su luce massima 30 m con tegoli prefabbricati di altezza complessa 1.2 m, mentre la copertura delle scale e dei blocchi servizi è prevista con solai in getto pieno di spessore 25 cm (luce massima 6 m)
- fondazioni di tipo diretto a trave rovescia collegate fra loro mediante cordoli

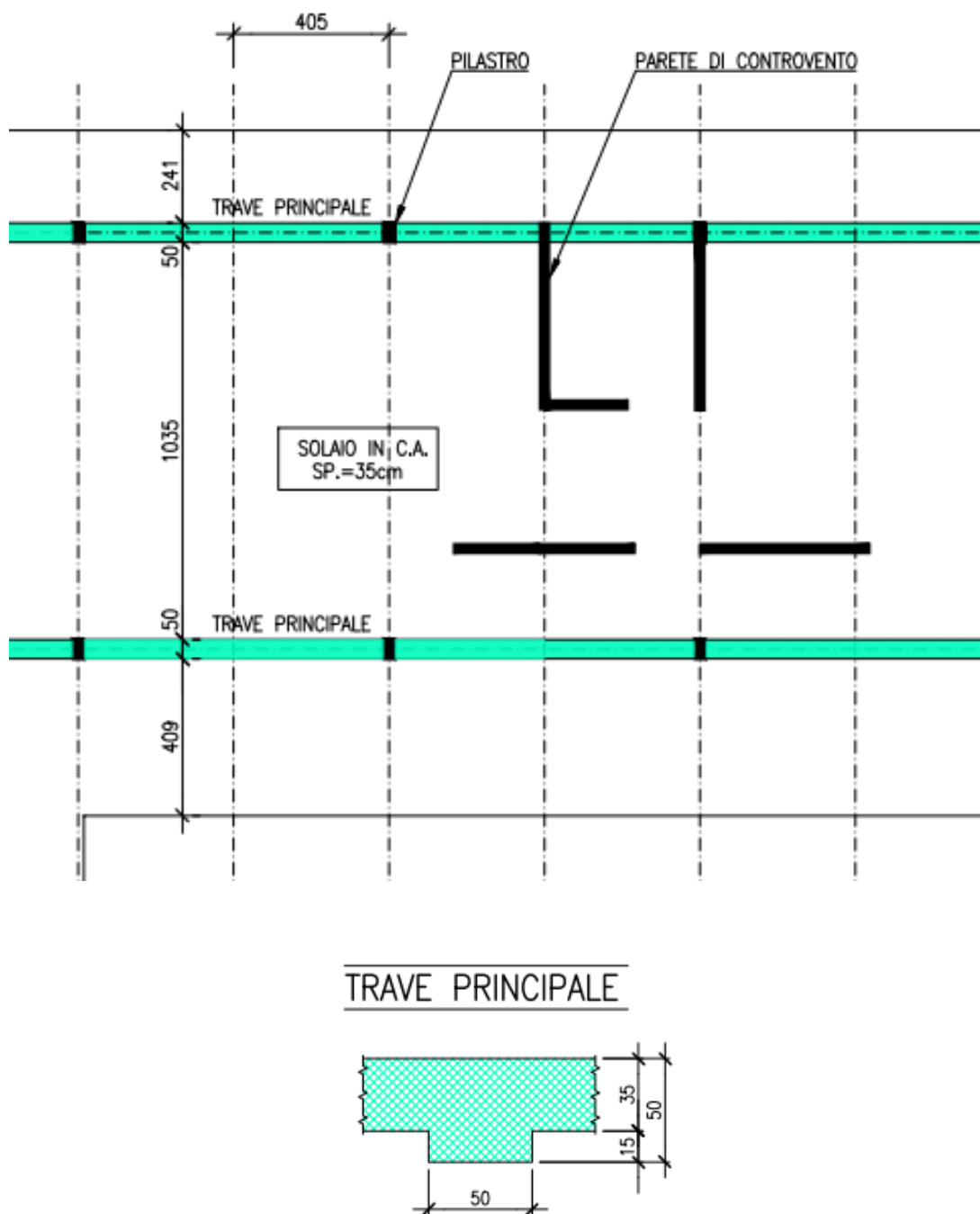


Figura 1.1 – Scuola elementare – Schema solaio tipico copertura

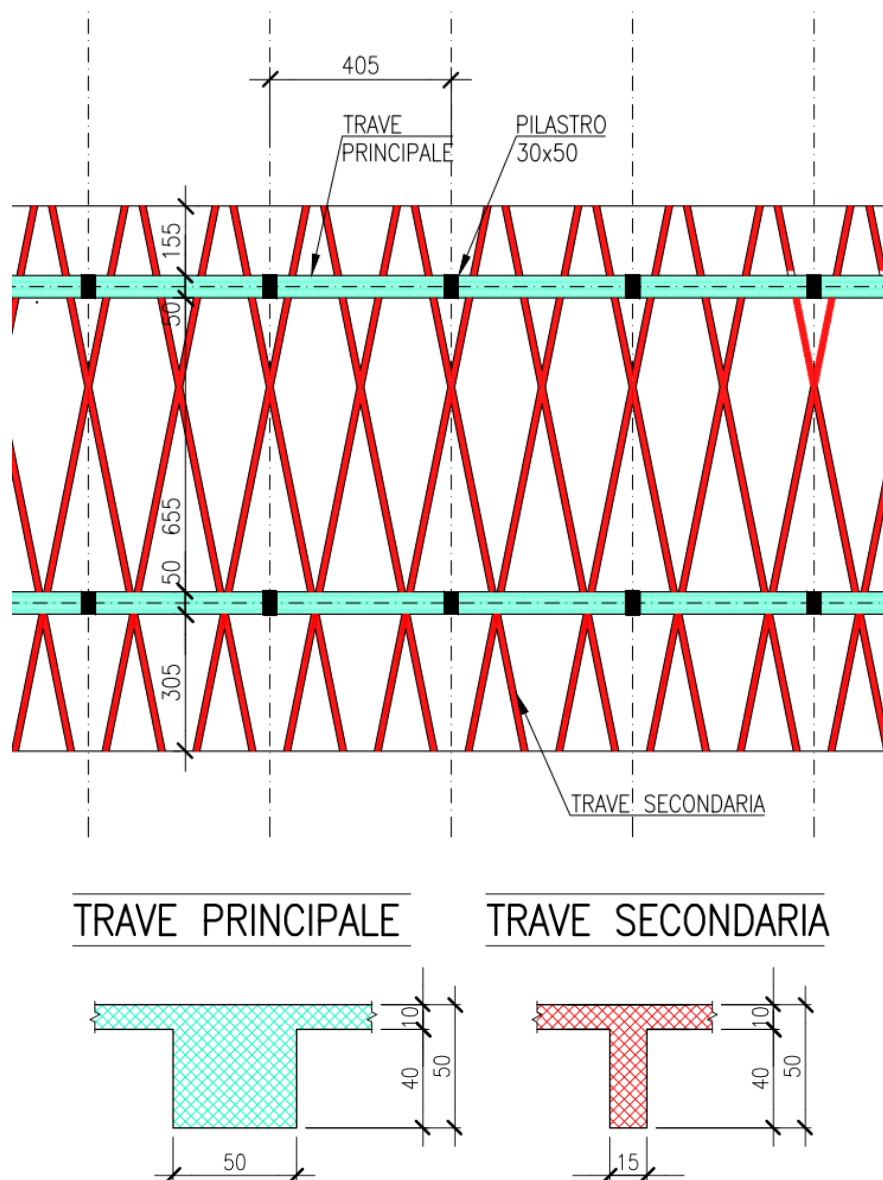
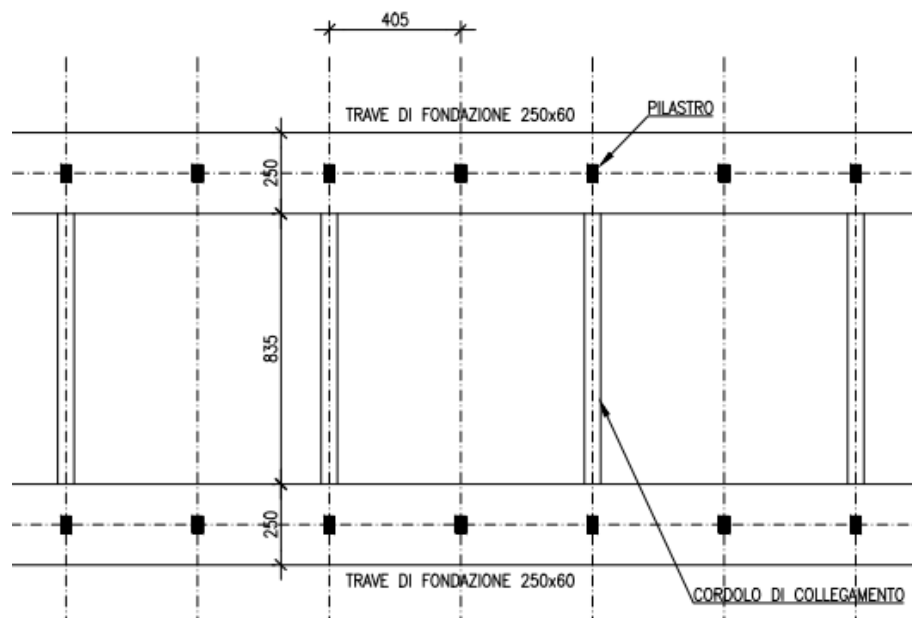


Figura 1.2 – Scuola elementare zona mensa – Schema solaio piano primo con travi alte ribassate



TRAVE TIPICA FONDAZIONE

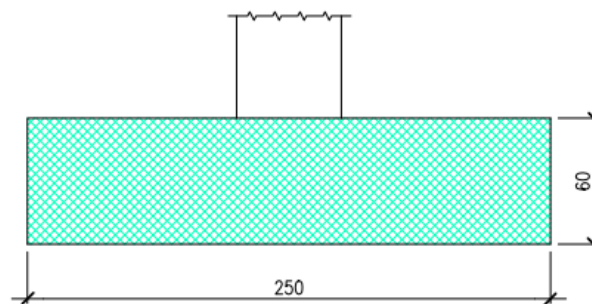


Figura 1.3 – Scuola elementare – Schema fondazioni tipiche

TECNICA DI RIFERIMENTO

Legge 05/11/1971 n. 1086	Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio armato, normale, precompresso e per le strutture metalliche.
D.P.R. 6 giugno 2001, n. 380	Testo unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia edilizia
D.M. 17/01/2018	Norme tecniche per le costruzioni
UNI EN 206	Calcestruzzo - Specificazione, prestazione, produzione e conformità
Regolamento Europeo dei Prodotti da Costruzione n. 305/2011	REGULATION (EU) No 305/2011 OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 9 March 2011 laying down harmonised conditions for the marketing of construction products and repealing Council Directive 89/106/EEC
Circolare 02/02/2009	Circolare n.617 del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici - Istruzioni per l'applicazione delle "Nuove norme tecniche per le costruzioni" di cui al decreto ministeriale 14 gennaio 2008.

N.B. Alla data di redazione del presente documento non è ancora stata pubblicata la Circolare contenente le Istruzioni per l'applicazione del D.M. 17/01/2018 pertanto, ove necessario e non apertamente in contrasto, si utilizza quanto indicato nella Circolare 2 febbraio 2009 relativa al pre-vigente D.M. 14/01/2008 in qualità di riferimento di comprovata validità come anche autorizzato dalla Nota n. 3187 del 21/03/2018 del Servizio Tecnico Centrale Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici "Prima applicazione del DM 17.01.2018, riportante l'aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni, alle procedure autorizzative e di qualificazione del Servizio Tecnico Centrale"

Opere in calcestruzzo armato**Calcestruzzo per fondazione****C25/30**

DM 17/01/2018

Resistenza caratteristica cubica:

 $R_{ck} = 30 \text{ N/mm}^2$

Resistenza caratteristica cilindrica:

 $f_{ck} = 25 \text{ N/mm}^2$

Classe di esposizione

XC2

UNI EN 206, UNI 11104

Dimensione massima degli inerti

32 mm

Calcestruzzo per elevazioni**C30/37**

DM 17/01/2018

Resistenza caratteristica cubica:

 $R_{ck} = 37 \text{ N/mm}^2$

Resistenza caratteristica cilindrica:

 $f_{ck} = 30 \text{ N/mm}^2$

Classe di esposizione

XC1

UNI EN 206, UNI 11104

Dimensione massima degli inerti

22 mm

Acciaio per barre di armatura**B450C**

DM 17/01/2018

Tensione caratteristica di snervamento:

 $f_{yk} \geq 450 \text{ N/mm}^2$

Tensione caratteristica di rottura:

 $f_{tk} \geq 540 \text{ MPa}$

Analisi chimica di colata in accordo con § 11.3.2.6 del DM 17/01/2018 per acciaio saldabile.

Acciaio per reti elettrosaldate**B450C**

DM 17/01/2018

Tensione caratteristica di snervamento:

 $f_{yk} \geq 450 \text{ N/mm}^2$

Tensione caratteristica di rottura:

 $f_{tk} \geq 540 \text{ MPa}$

Analisi chimica di colata in accordo con § 11.3.2.6 del DM 17/01/2018 per acciaio saldabile.

Opere in calcestruzzo armato precompresso**Calcestruzzo per elementi precompressi****C30/37**

DM 17/01/2018

Resistenza caratteristica cubica:

 $R_{ck} = 37 \text{ N/mm}^2$

Resistenza caratteristica cilindrica:

 $f_{ck} = 30 \text{ N/mm}^2$

Classe di esposizione

XC1

UNI EN 206, UNI 11104

Dimensione massima degli inerti

22 mm

Acciaio per armature da precompressione

DM 17/01/2018, UNI 7675, UNI 7676

Tensione caratteristica al carico massimo:

 $f_{ptk} \geq 1570 \text{ N/mm}^2$ Tensione caratteristica allo 0.1% di deformazione residua: $f_{p(0.1)k} \geq 1420 \text{ MPa}$

Composizione chimica in accordo a UNI EN ISO 16120-2 e UNI EN ISO 16120-4.

Acciaio per barre di armatura ordinaria**B450C**

DM 17/01/2018

Tensione caratteristica di snervamento:

 $f_{yk} \geq 450 \text{ N/mm}^2$

Tensione caratteristica di rottura:

$$f_{tk} \geq 540 \text{ MPa}$$

Analisi chimica di colata in accordo con § 11.3.2.6 del DM 17/01/2018 per acciaio saldabile.

Acciaio per reti elettrosaldate

B450C

DM 17/01/2018

Tensione caratteristica di snervamento:

$$f_{yk} \geq 450 \text{ N/mm}^2$$

Tensione caratteristica di rottura:

$$f_{tk} \geq 540 \text{ MPa}$$

Analisi chimica di colata in accordo con § 11.3.2.6 del DM 17/01/2018 per acciaio saldabile.

4. GEOLOGIA

Si riporta uno stralcio della Relazione Geologica allegata alla Documentazione del Concorso di Progettazione:

“Dagli studi eseguiti si evidenzia che l’area oggetto dell’intervento fa parte di una porzione calcarenitica posta nella piana di Palermo.

Nel P.A.I. (Piano Stralcio di Bacino per l’Assetto Idrogeologico) non sono indicate pericolosità di natura geologica.

La zona non risulta essere interessata da elementi morfogenici attivi.

Lo strato interessato dagli eventuali scavi è litologicamente costituito da un sottile strato di terreno vegetale, al di sotto cominciano le calcareniti (spessore 3 metri) ed il flysch numidico. Vista la stratigrafia, le eventuali fondazioni dirette da prevedere non presentano difficoltà particolari.

Per quanto riguarda le caratteristiche geomeccaniche, saranno utilizzati i seguenti parametri fisico-tecnici:

$$C = 0 \text{ t/m}^2$$

$$\gamma = 17.5 \text{ kN/m}^3$$

$$\phi = 28^\circ$$

dati i precedenti lavori su litologie simili e in assenza di indagini più approfondite che potranno essere svolte nelle fasi progettuali successive.”

Di seguito vengono riportati i carichi di progetto considerati nei calcoli.

5.1 Pesì propri strutturali

- Calcestruzzo armato **25.0 kN/m³**

5.2 Carichi permanenti

- Piano primo **3.00 kN/m²**
- Piano copertura **3.00 kN/m²**
- Facciate **3.00 kN/m²**

5.3 Sovraccarichi

- Piano tipico – scuola (cat. C1) **3.00 kN/m²**
- Piano copertura **1.00 kN/m²**

5.4 Carico da neve

I nuovi edifici sono ubicati a Palermo (zona 3), pertanto si considerano i seguenti parametri per il calcolo del carico da neve:

$$q_{sk} = 0.60 \text{ kN/m}^2$$

$$\mu_1 = 0.8$$

$$q_s(\mu_1) = \mathbf{0.48 \text{ kN/m}^2}$$

5.5 Azione del vento

Il complesso edilizio è ubicato a Palermo (zona 4, classe di rugosità C, categoria II, periodo di ritorno 150 anni), pertanto si considerano i seguenti parametri per il calcolo dell'azione del vento:

$$v_{b,0} = 28 \text{ m/s}$$

$$z_{min} = 4.0 \text{ m}$$

$$k_r = 0.19$$

$$z_0 = 0.05 \text{ m}$$

$$c_a = 1$$

$$c_r = 1.061$$

$$c_t = 1$$

$$c_e(z) = c_e(z) = k_r^2 c_i \ln(z/z_0) [7 + c_i \ln(z/z_0)]$$

$$q_b = 0.39 \text{ kN/m}^2$$

$$p(z = 10 \text{ m}) = 1.30 \text{ kN/m}^2 \cdot c_p$$

I coefficienti di pressione utilizzati per il calcolo dell'azione sulle facciate e sulle coperture dell'edificio sono:

Coefficiente di pressione sulle pareti: $c_p = +0.8$ (sopravento) -0.4 (sottovento)

Coefficienti di pressione sulla copertura: $c_p = -0.4 / +0.2$

5.6 Azione sismica

L'opera rientra nella categoria delle opere ordinarie, caratterizzate da una vita nominale (V_N) pari a 100 anni, e nella classe d'uso *III*, per la quale viene definito un coefficiente d'uso (C_U) pari 1.5.

Queste classificazioni portano a determinare una vita di riferimento (V_R), da utilizzare per la determinazione dei parametri di progetto pari a:

$$V_R = V_N \cdot C_U = 100 \cdot 1.5 = 150 \text{ anni}$$

In accordo con la relazione geologica i fattori di amplificazione relativi alle caratteristiche del terreno sono calcolati in base alle seguenti caratteristiche del terreno:

Categoria sottosuolo: **C**

Categoria topografica: **T1**

La risposta della struttura al sisma è stata determinata mediante analisi dinamica lineare a spettro di risposta con fattore di struttura q , secondo quanto previsto dalla Normativa vigente.

- **Spettro di progetto per la verifica degli elementi/meccanismi duttili** (flessione nelle pareti di controvento):

Tipo: SLV (Stato limite di salvaguardia della vita)

$$q = 2.4$$

Il fattore di struttura scelto per le analisi rispetta le limitazioni imposte dalla Normativa vigente

- **Spettri di progetto per la verifica degli spostamenti di interpiano:**

Tipo: SLO (Stato limite di operatività)

Tipo: SLD (Stato limite di danno)

L'azione sismica è stata applicata nelle due direzioni ortogonali X e Y. Le componenti delle sollecitazioni ottenute nelle due direzioni sono poi state combinate sommando ai massimi ottenuti in una direzione il 30% dei massimi ottenuti per l'azione applicata nell'altra direzione.

Sono stati implementati i modelli di calcolo fem delle strutture in oggetto.

A titolo illustrativo nel seguito sarà descritto il modello realizzato per uno dei quattro corpi indipendenti.

Il modello di calcolo ad elementi finiti è stato implementato allo scopo di verificare la risposta dinamica dell'edificio in presenza di sisma. Il modello è stato realizzato con il programma di calcolo ad elementi finiti SAP2000 v20.0. Il software permette di effettuare un'analisi dinamica modale con spettro di risposta, il quale viene definito seguendo le prescrizioni della normativa vigente. L'azione sismica viene applicata nelle due direzioni ortogonali X e Y. Le componenti delle sollecitazioni ottenute nelle due direzioni vengono poi combinate sommando ai massimi ottenuti in una direzione il 30% dei massimi ottenuti per l'azione applicata nell'altra direzione.

In particolare le analisi permettono di:

- definire i periodi e i modi propri di vibrare della struttura
- definire l'entità degli spostamenti orizzontali ai piani e degli spostamenti di interpiano (*drift*)
- determinare le sollecitazioni delle pareti di controvento

6.1.1 Descrizione del modello

La geometria del modello è mostrata in *Figura 6.1* dove in rosso sono indicati gli elementi *shell* che rappresentano le pareti e i nuclei di controvento, in giallo gli elementi *shell* che rappresentano i solai e in blu gli elementi *beam* che rappresentano i pilastri.

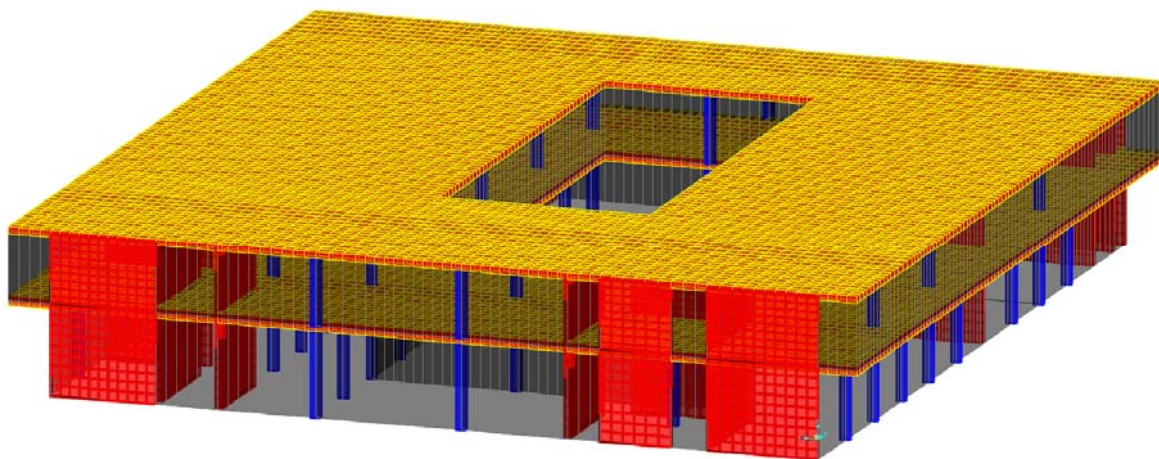


Figura 6.1 – Vista tridimensionale del modello di calcolo FEM

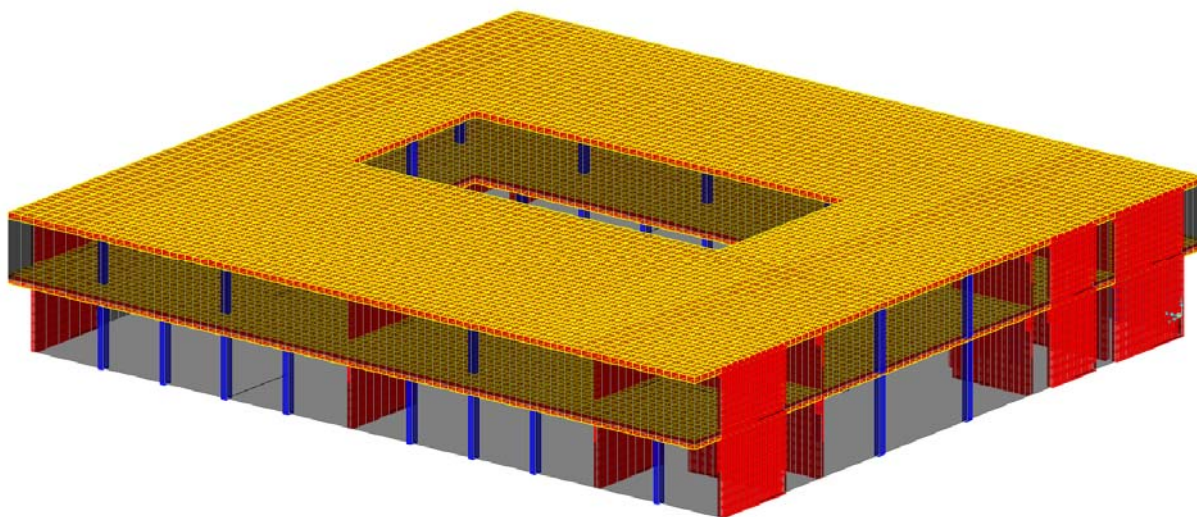


Figura 6.2 – Vista tridimensionale del modello di calcolo FEM

Le principali caratteristiche del modello sono:

- La modellazione dei controventi in c.a. tramite elementi tipo *shell* di peso specifico opportuno dotati di rigidità membranale e flessionale, e vincolati a terra mediante cerniere;
- La modellazione dei pilastri come elementi *frame* con materiale di peso specifico opportuno; i pilastri sono vincolati in modo che abbiano un comportamento pendolare;
- La modellazione delle solette tramite elementi *shell*, con rigidità membranale e flessionale, con materiale di peso specifico opportuno; la *mesh* utilizzata permette di trasmettere il carico verticale direttamente ai controventi in c.a. e ai pilastri in modo comparabile alla realtà;
- L'applicazione di carichi di superficie uniformemente distribuiti sugli elementi *shell* di solaio. Questi carichi comprendono i sovraccarichi permanenti e variabili.
- La modellazione dell'azione sismica con gli spettri di risposta e la massa sismica che comprende i carichi applicati in combinazione sismica definiti secondo le prescrizioni del DM 17/01/2008.

6.1.2 Modi propri di vibrare della struttura

La struttura è stata sottoposta ad analisi dinamica prevedendo un numero di modi di vibrare pari a 20.

La percentuale di massa partecipante è superiore all'85%.

Si riportano nella seguente tabella i dati relativi ai modi di vibrare.

Modo	Periodo	UX	UY	RZ	SumUX	SumUY	SumRZ
1	0.246	0.002	0.000	0.000	0.002	0.000	0.000
2	0.228	0.866	0.000	0.005	0.867	0.001	0.005
3	0.213	0.000	0.001	0.000	0.868	0.002	0.005
4	0.177	0.000	0.418	0.017	0.868	0.419	0.022
5	0.175	0.002	0.257	0.079	0.869	0.677	0.101
6	0.171	0.002	0.105	0.615	0.872	0.782	0.716
7	0.166	0.003	0.021	0.070	0.874	0.802	0.786
8	0.163	0.005	0.001	0.001	0.879	0.803	0.787
9	0.152	0.000	0.005	0.019	0.879	0.809	0.806
10	0.146	0.000	0.018	0.002	0.879	0.827	0.807
11	0.143	0.002	0.007	0.005	0.881	0.834	0.813
12	0.119	0.000	0.014	0.011	0.882	0.848	0.823
13	0.110	0.001	0.002	0.017	0.882	0.850	0.840
14	0.106	0.004	0.003	0.000	0.886	0.853	0.840
15	0.088	0.073	0.001	0.016	0.959	0.854	0.857
16	0.078	0.017	0.000	0.049	0.976	0.854	0.906
17	0.069	0.000	0.097	0.004	0.976	0.951	0.910
18	0.050	0.000	0.008	0.058	0.976	0.959	0.967
19	0.039	0.000	0.020	0.005	0.976	0.979	0.973
20	0.036	0.011	0.000	0.000	0.988	0.979	0.973

Tabella 6.1 – Modi di vibrare della struttura

Si riportano le immagini dei modi di vibrare più significativi nelle tre direzioni

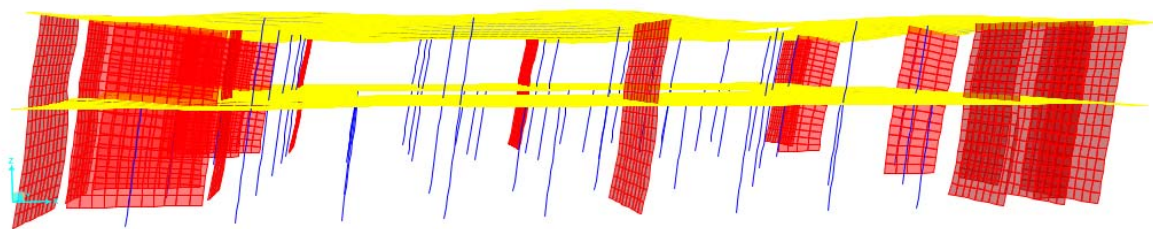


Figura 6.3 - Modo 2, $T = 0.228$ sec – Traslazione direzione x

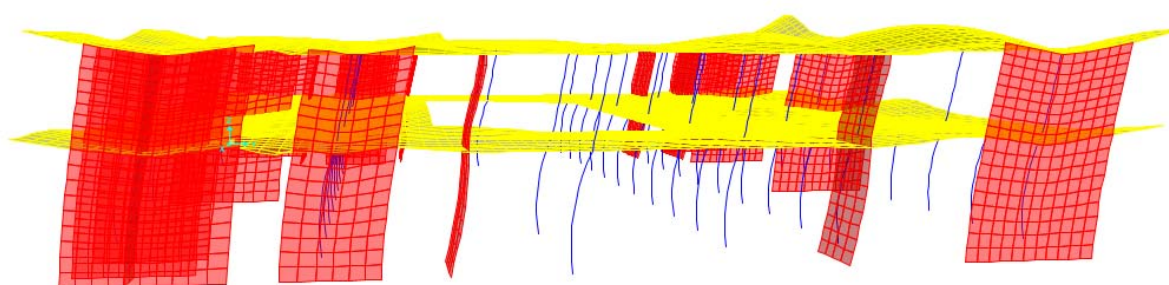


Figura 6.4 – Modo 4, $T = 0.177$ sec – Traslazione direzione y

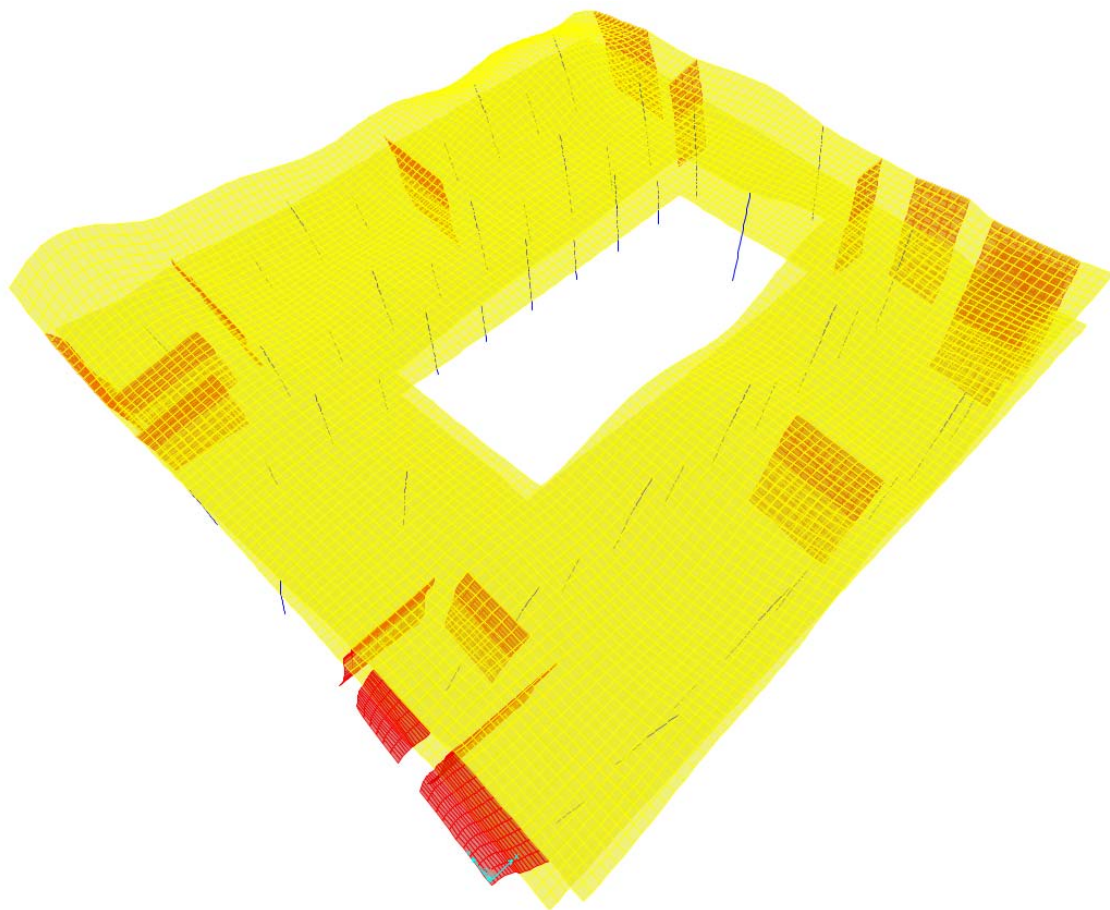


Figura 6.5 – Modo 6, $T = 0.171$ sec – Rotazione intorno asse z

6.1.3 Spostamenti globali dell'edificio in presenza di sisma

Spostamenti SLD

Si verifica che lo spostamento di interpiano allo stato limite di danno (SLD) sia entro i limiti prescritti dalla normativa.

Lo spostamento massimo allo stato limite di danno, registrato in sommità, risulta pari a 7,2 mm.

Lo spostamento relativo di interpiano massimo risulta circa pari a 3 mm.

Lo spostamento relativo di interpiano ammissibile è $0,005h$. Considerando il minimo interpiano (3,5 m) si ottiene 17 mm, pertanto la verifica risulta soddisfatta.

Spostamenti SLO

Si verifica che lo spostamento di interpiano allo stato limite di danno (SLD) sia entro i limiti prescritti dalla normativa.

Lo spostamento massimo allo stato limite di danno, registrato in sommità, risulta pari a 5,5 mm.

Lo spostamento relativo di interpiano massimo risulta circa pari a 2,2 mm.

Lo spostamento relativo di interpiano ammissibile è $0,005h \times 2/3$. Considerando il minimo interpiano (3,5 m) si ottiene 11 mm, pertanto la verifica risulta soddisfatta.

Spostamenti SLV

Per quanto riguarda gli spostamenti dell'edificio in corrispondenza dei giunti bisogna considerare la combinazione SLV con fattore di struttura pari a 1.

Gli spostamenti massimi ottenuti in sommità risultano:

16 mm in direzione x,

8 mm in direzione y.

Gli edifici del nuovo Polo Scolastico presentano la stessa tipologia strutturale e sono caratterizzati da elementi strutturali tipologicamente simili, pertanto nei paragrafi seguenti si riportano le verifiche degli elementi strutturali ritenuti più esemplificativi.

7.1 Verifica della parete di controvento tipica

Si riporta la verifica del controvento più rappresentativo degli edifici “Scuola media” e “Scuola elementare”, costituita da una parete in calcestruzzo armato lunga 410 cm, spessa 35 cm che si sviluppa da piano fondazione a copertura per 2 interpiani.

Caratteristiche della parete

La parete in esame ha le seguenti caratteristiche:

lunghezza	410 cm
spessore	35 cm
armatura orizzontale	staffe 1 ϕ 12/10
armatura verticale zona critica ($l_c = 0.82$ m)	7+7 ϕ 24
armatura verticale zona non critica	1 ϕ 12/20

Sollecitazioni

Si riportano le sollecitazioni più gravose sulla parete in esame (Combinazione SLV):

$$N_{Ed} = 2098 \text{ kN}$$

$$V_{Ed} = 3487 \text{ kN}$$

$$M_{Ed} = 9190 \text{ kNm}$$

Verifiche di resistenza

Verifica a taglio:

Data la geometria e le armature del controvento si ottengono i seguenti valori di resistenza:

$$V_{Rdc} = 4507 \text{ kN}$$

$$V_{Rds} = 4354 \text{ kN}$$

$$V_{Rd} = \min (V_{Rdc} ; V_{Rds}) = 4354 \text{ kN}$$

$$V_{Ed} = 3487 \text{ kN}$$

$$V_{Ed} / V_{Rd} = \mathbf{0.60} \leq \mathbf{1}$$

La verifica è soddisfatta.

Verifica a presso-flessione:

Combinando le azioni di azione assiale e momento flettente si ottengono i seguenti valori di compressione e trazione nella zona critica:

$$N_{Ed,max} = 3851 \text{ kN}$$

$$N_{Ed,min} = -1753 \text{ kN}$$

Data la geometria e le armature del controvento si ottengono i seguenti valori di resistenza:

$$N_{Rd,c} = 7357 \text{ kN}$$

$$N_{Rd,s} = -2478 \text{ kN}$$

$$N_{Ed,max} / N_{Rd,c} = \mathbf{0.52} \leq \mathbf{1}$$

$$N_{Ed,min} / N_{Rd,s} = \mathbf{0.71} \leq \mathbf{1}$$

Le verifiche sono soddisfatte.

7.2 Verifica della trave intradossata di piano primo

Si riporta la verifica delle travi intradossate presenti nel solaio di piano primo della “Scuola elementare” al di sopra della zona mensa. Le travi sono disposte a interasse tipico di 2 m e sono orientate in modo da intersecarsi in corrispondenza della campata centrale. Tale tipologia si ripete anche in corrispondenza degli sbalzi dei solai di piano primo degli edifici “Scuola media” e “Scuola elementare”.

È stato necessario prevedere questa tipologia strutturale sia per adeguarsi al progetto architettonico, che prevede elementi intradossati orientati obliquamente rispetto alla maglia strutturale, sia per ridurre il peso della struttura e poter ottimizzare l'utilizzo del materiale in vista delle luci impegnative degli sbalzi.

Caratteristiche della sezione

Si considera la sezione di trave a T riportata nella figura seguente:

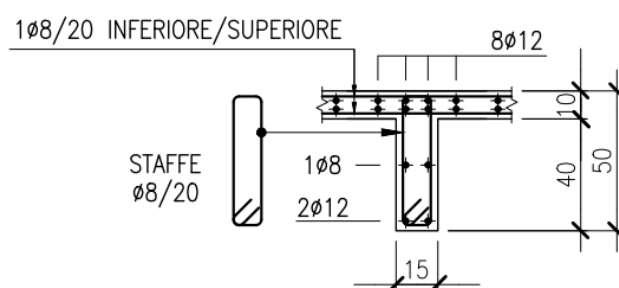


Figura 7.1 – Sezione trave a T

Azioni

La trave, lunga 12.4 m, è appoggiata in corrispondenza delle travi principali dell'edificio e presenta due sbalzi di 1.8 m e 3.35 m. Si considera una larghezza di influenza di 1 m.

Come si può vedere dalle figure seguenti, la trave, oltre al peso proprio, è caricata con un carico permanente distribuito di 3 kN/m, un carico concentrato agli estremi pari a 10 kN che rappresenta la facciata e un carico variabile distribuito pari a 3 kN/m.



Figura 7.2 – Peso proprio + carico permanente



Figura 7.3 – Carico facciata

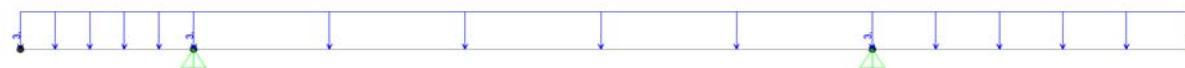


Figura 7.4 – Carico variabile

Sollecitazioni SLU

Il momento massimo sollecitante vale:

$$M_{Ed} = -116 \text{ kNm}$$



Figura 7.5 – Momento SLU

Il taglio massimo sollecitante vale:

$$V_{Ed} = 58 \text{ kN}$$

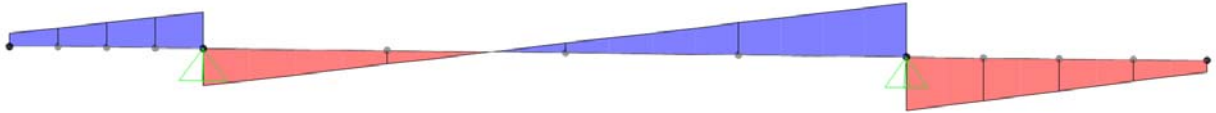


Figura 7.6 – Taglio SLU

Verifiche di resistenza

Verifica a flessione:

La trave è armata longitudinalmente con 8 $\phi 12$ al lembo superiore.

$$M_{Rd} = -129 \text{ kNm}$$

$$M_{Ed} = -116 \text{ kNm}$$

$$M_{Ed} / M_{Rd} = \mathbf{0.90} \leq \mathbf{1}$$

Verifica a taglio:

La trave è armata trasversalmente con staffe $\phi 8/20$.

$$V_{Rd} = \min (V_{Rsd}, V_{Rcd}) = \min (80 \text{ kN}, 214 \text{ kN}) = 80 \text{ kN} \quad (\theta = 45^\circ)$$

$$V_{Ed} = 58 \text{ kN}$$

$$V_{Ed} / V_{Rd} = \mathbf{0.73} \leq \mathbf{1}$$

Le verifiche sono soddisfatte.

7.3 Verifica del solaio tipico di copertura

Si riporta la verifica del solaio tipico di copertura degli edifici “Scuola media” e “Scuola elementare”.

La soletta di copertura è prevista in getto pieno di spessore 35 cm e calcolata con schema di trave semplicemente appoggiata sulle travi intradossate situate lungo gli allineamenti principali dei pilastri. Le luci della campata principale e degli sbalzi sono differenti per i due edifici, pertanto di seguito si riportano le verifiche relative alla situazione più gravosa rappresentata dalla copertura delle “Scuola elementare”.

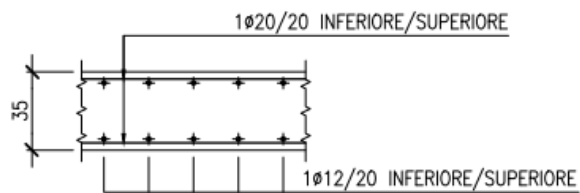


Figura 7.7 – Sezione tipica del solaio

Azioni

Il solaio è calcolato con schema di trave semplicemente appoggiata con campata centrale di 10.85 m e sbalzi laterali di 2.65 m e 4.35 m. Si considera la larghezza di influenza di 1 m.

Come si può vedere dalle figure seguenti, la soletta, oltre al peso proprio, è caricata con un carico permanente distribuito di 3 kN/m e un sovraccarico variabile distribuito pari a 1 kN/m.

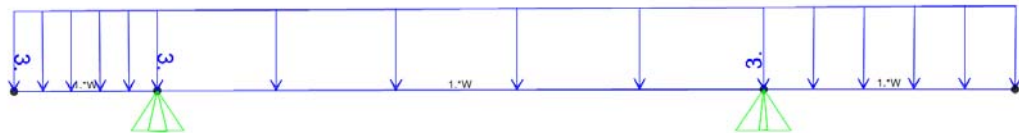


Figura 7.8 – Peso proprio + carico permanente

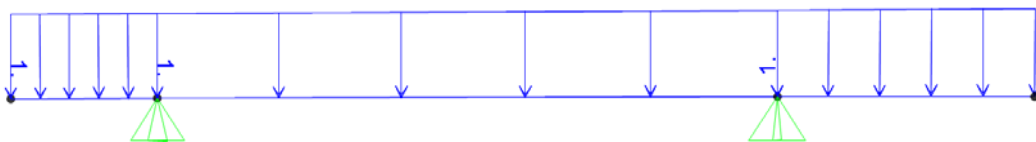


Figura 7.9 – Carico variabile

Sollecitazioni SLU

Il momento massimo sollecitante vale:

$$M_{Ed\ sup} = -157\text{ kNm}$$

$$M_{Ed\ inf} = 140\text{ kNm}$$

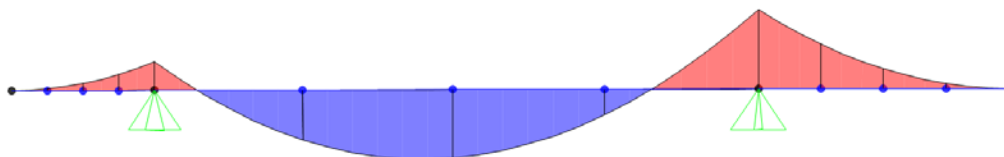


Figura 7.10 – Momento SLU

Il taglio massimo sollecitante vale:

$$V_{Ed} = 100\text{ kN}$$

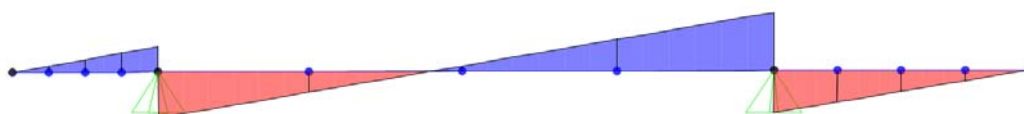


Figura 7.11 – Taglio SLU

Verifiche di resistenza

Verifica a flessione:

La soletta è armata superiormente ed inferiormente con 1 $\phi 20/20$.

$$M_{Rd\ sup} = -170\text{ kNm}$$

$$M_{Ed\ sup} = -157\text{ kNm}$$

$$M_{Ed\ sup} / M_{Rd\ sup} = \mathbf{0.92} \leq \mathbf{1}$$

$$M_{Rd\ inf} = 170\text{ kNm}$$

$$M_{Ed\ inf} = 140\text{ kNm}$$

$$M_{Ed\ inf} / M_{Rd\ inf} = \mathbf{0.82} \leq \mathbf{1}$$

Verifica a taglio:

Si calcola la resistenza a taglio per elementi non armati appositamente a taglio:

$$V_{Rd} = 241\text{ kN}$$

$$V_{Ed} = 100\text{ kN}$$

$$V_{Ed} / V_{Rd} = \mathbf{0.42} \leq \mathbf{1}$$

Le verifiche sono soddisfatte.

7.4 Verifica del pilastro tipico

Si riporta la verifica del pilastro tipico degli edifici “Scuola media” e “Scuola elementare”.

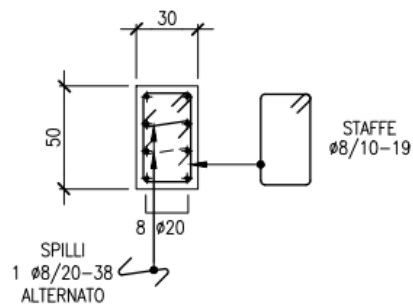


Figura 7.12 – Sezione del pilastro tipico

I pilastri degli edifici in progetto sono considerati elementi secondari nei confronti dell'azione sismica e sono dimensionati con schema statico di biella solo per sostenere i carichi gravitazionali.

Il pilastro tipico dei due edifici ha sezione 30x50 cm e sostiene il solaio del piano primo con area di influenza massima di 4 m x 9.8 m e il solaio di copertura con area di influenza massima di 8 m x 9.8 m. L'altezza di interpiano è 3.7 m.

Sollecitazioni SLU

L'azione assiale massima sul pilastro è:

$$N_{Ed} = 2180 \text{ kN}$$

Considerando le eccentricità di Normativa si ottengono i momenti flettenti sollecitanti:

$$M_{Ed \text{ asse forte}} = 55 \text{ kNm}$$

$$M_{Ed \text{ asse debole}} = 44 \text{ kNm}$$

Verifiche di resistenza e instabilità

Si prevede un'armatura longitudinale di 8 Ø20.

La massima azione assiale resistente del pilastro armato con 8 Ø20 è:

$$N_{Rd} = 2684 \text{ kN} > N_{Ed}$$

Si verifica il pilastro ad instabilità con il metodo della colonna modello.

I momenti resistenti disponibili per i momenti flettenti del primo ordine sono:

$$M_{Rd \text{ asse forte}} = 152 \text{ kNm} > M_{Ed \text{ asse forte}}$$

$$M_{Rd \text{ asse debole}} = 63 \text{ kNm} > M_{Ed \text{ asse debole}}$$

La verifica è soddisfatta.

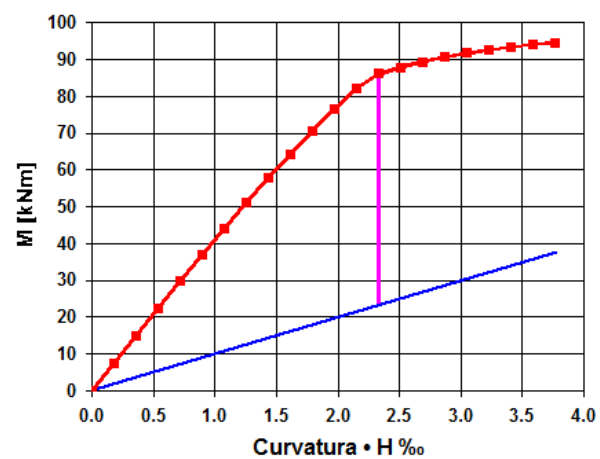


Figura 7.13 – Colonna modello – Asse debole – Diagramma momento–curvatura

7.5 Verifica della trave di fondazione tipica

Si riporta la verifica della trave di fondazione tipica degli edifici “Scuola media” e “Scuola elementare”, che riporta sul terreno i carichi dell’edificio trasmessi dai pilastri tipici di cui al paragrafo 7.4.

In particolare, si riportano le verifiche relative alla trave di fondazione più sollecitata, avente sezione 250 x 60 cm, ossia quella dell’allineamento interno dell’edificio “Scuola elementare” che presenta l’area di influenza più estesa.

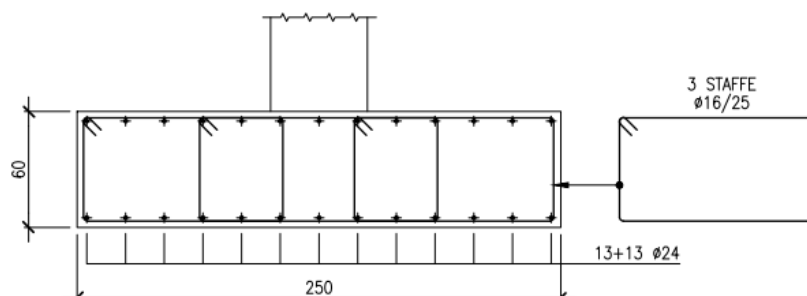


Figura 7.14 – Trave tipica fondazione

Sollecitazioni SLU

Il momento massimo sollecitante è:

$$M_{Ed} = \pm 930 \text{ kNm}$$

Il taglio massimo sollecitante è:

$$V_{Ed} = 1135 \text{ kN}$$

Verifiche di resistenza

Verifica a flessione:

La resistenza della trave armata con 13+13 Ø24 è:

$$M_{Rd} = \pm 1166 \text{ kNm}$$

$$M_{Ed} = \pm 930 \text{ kNm}$$

$$M_{Ed} / M_{Rd} = \mathbf{0.80} \leq \mathbf{1}$$

Verifica a taglio:

La resistenza della trave armata con 3 staffe Ø16/25 è:

$$V_{Rd} = \min (V_{Rsd}, V_{Rcd}) = \min (1402 \text{ kN}, 4046 \text{ kN}) = 1402 \text{ kN}$$

$$V_{Ed} = 1135 \text{ kNm}$$

$$V_{Ed} / V_{Rd} = \mathbf{0.81} \leq \mathbf{1}$$

Le verifiche sono soddisfatte.

I COSTI STRUTTURALI NECESSARI PER LA STRUTTURA EVITANO INCIDENZE SU ALTRE VOCI DI SPESA. LA QUASI TOTALITA' DEI MURI INTERNI E PERIMETRALI E' COMPRESA NEL COSTO STRUTTURALE, COSI' COME COMPORTERA' UNA RIDUZIONE CONSISTENTE DEL CAPITOLO DI SPESA RELATIVO A ISOLAMENTI E FINITURE, IN QUANTO I SETTI A VISTA E L'UTILIZZO DI PANNELLI DI LEGNO MINERALIZZATO COME CASSERI A PERDERE SOSTITUISCE ALTRE SPESE RELATIVE AI RIVESTIMENTI MURARI E/O ACUSTICI.

RIEPILOGO - STRUTTURE			SUPERFICI		INCIDENZE
ASILO	€	323.296	area impronta [m2]	750	431 €/m2
SCAVI E FONDAZIONE, VESPAI	€	188.930		750	251€/m2
PARETI E PILASTRI IN C.A.	€	62.077		750	83€/m2
SOLAIO COPERTURA	€	72.289		750	96 €/m2
SCUOLE MEDIE	€	1.050.581	area impronta [m2]	1702	617 €/m2
			Area sup. calpestabile [n]	3404	309 €/m2
SCAVI E FONDAZIONE, VESPAI	€	404.286		1702	238 €/m2
PARETI E PILASTRI IN C.A.	€	161.806		3404	48 €/m2
SOLAIO PIANO PRIMO SOLAIO	€	254.637		1702	150 €/m2
COPERTURA	€	229.852		1702	135 €/m2
SCUOLE ELEMENTARI	€	864.834	area impronta [m2]	1401,08	617 €/m2
			Area sup. calpestabile [n]	2802,16	309 €/m2
SCAVI E FONDAZIONE, VESPAI	€	332.807		1401,08	238 €/m2
PARETI E PILASTRI IN C.A.	€	133.198		2802,16	48 €/m2
SOLAIO PIANO PRIMO	€	209.616		1401,08	150 €/m2
SOLAIO COPERTURA	€	189.213		1401,08	135 €/m2
PALESTRA	€	857.578	area impronta [m2]	1360	631 €/m2
			Area sup. calpestabile [n]	1770	485 €/m2
SCAVI E FONDAZIONE, VESPAI	€	320.091		1360	235 €/m2
PARETI E PILASTRI IN C.A.	€	206.629		1770	117 €/m2
SOLAIO PIANO PRIMO SOLAIO	€	62.976		410	154 €/m2
COPERTURA	€	267.882		1360	197 €/m2
MURI					
C S.R.E. E S.I.R.E.	€	494.920		---	---
TOTALE STRUTTURE	€	3.591.209	area impronta [m2]	5169,08	695 €/m2
			Area sup. calpestabile [n]	7976,16	450 €/m2