

REGIONE LOMBARDIA

PROVINCIA DI MANTOVA

COMUNE DI PORTO MANTOVANO

PROGETTO DEFINITIVO

**DELLE OPERE DI MIGLIORAMENTO SISMICO SCUOLE MEDIE DI
PORTO MANTOVANO VIA C. MONTEVERDI IN LOCALITA'
BANCOLE – 1° STRALCIO BLOCCO A**



OGGETTO: RELAZIONE DI CALCOLO

Committente: **COMUNE DI PORTO MANTOVANO**

il Tecnico Incaricato:

Dott. Ing. TRIVINI BELLINI Massimo

via Libertà 132 – Porto Mantovano (MN)

tel: 0376 300983.

Collaborazione:

Dott. Ing. BONAZZI Marco

Dott. Arch. BELLADELLI Tiziana

1 - PREMESSA

Il presente progetto di miglioramento sismico è relativo al primo intervento presso la Scuola Media "Monteverdi" di Porto Mantovano (MN) da realizzare in corrispondenza del blocco (denominato A) evidenziato nella figura seguente.

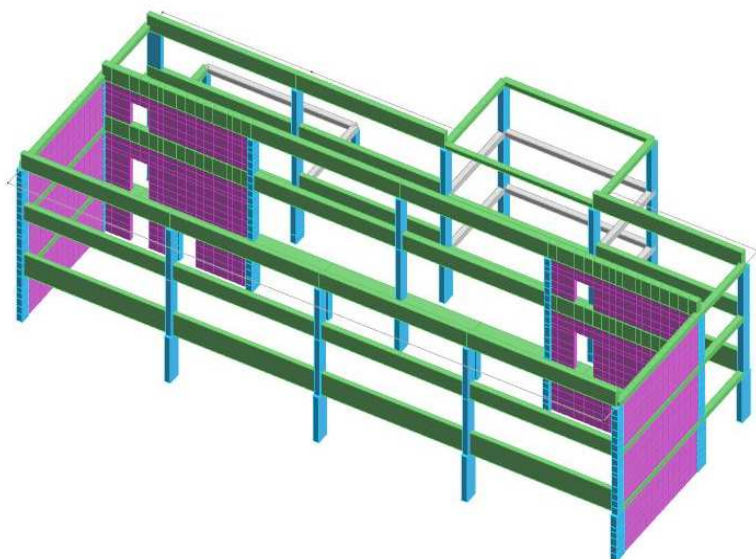


Planimetria con individuazione blocco A

Questo singolo corpo si verrà a creare a seguito della realizzazione di pilastri di bordo e di un giunto tecnico, che ne definirà il distacco strutturale dalla restante parte dell'edificio.

Per ottenere un miglioramento sismico, si è optato per l'inserimento di nuove pareti in c.a. che saranno localizzate in sostituzione di alcune delle pareti di laterizio oggi esistenti ed aventi funzione di tamponamento e/o di divisorie.

Le nuove strutture in c.a. (pareti, rappresentate a colore magenta nella successiva immagine) si svilupperanno per tutta altezza e saranno disposte in modo simmetrico in pianta ed ortogonali fra loro. Esse avranno la funzione di assorbire l'azione sismica, lasciando così ai pilastri e travi, il compito di sostenere i soli carichi gravitazionali verticali, come originariamente progettati secondo le regole e normative al momento della costruzione.



Nuove pareti in c.a. (evidenziate in magenta)

2 - PRINCIPALI NORMATIVE E DISPOSIZIONI CONSIDERATE

Nella determinazione dei carichi di progetto e nelle verifiche statiche e sismiche effettuate si sono considerate le seguenti leggi o Disposizioni:

- Legge 5/11/1971 n°1086;
- Legge 2 Febbraio 1974 n°64;
- Norme tecniche per le Costruzioni – D.M. 14 Gennaio 2008;
- Circolare 617/CSLLPP del 2 febbraio

3 - VALUTAZIONE DELLO STATO DI FATTO

I dati di partenza per l'elaborazione sono stati reperiti presso l'archivio della Amministrazione Comunale.

In realtà le informazioni progettuali strutturali rinvenute, ad esclusione del 1° lotto, sono risultate alquanto limitate, per cui come previsto in tali circostanze, per la definizione delle armature delle strutture in c.a. non presenti nel progetto originale si è ricorso al "progetto simulato" secondo l'epoca di costruzione.

La struttura portante dell'edificio è di tipo a telaio a pilastri e travi in c.a. gettati in opera. Localmente ed in alcune zone, come i blocchi bagni e la centrale termica la struttura portante è costituita da murature in mattoni forati tipo doppio UNI dello spessore di 25 cm.

La struttura portante sismo-resistente, è stata individuata nei telai a pilastri e travi in conglomerato cementizio armato.

4 - RELAZIONE SPECIALISTICA SULLA “PERICOLOSITA’ SISMICA DI BASE” NEI DIVERSI STATI LIMITE RICHIESTI

L'azione sismica è stata calcolata mediante un' **analisi DINAMICA MODALE** con spettro di risposta in conformità alle disposizioni delle Norme Tecniche per le Costruzioni (D.M. 14.01.2008).

DEFINIZIONI

- VITA NOMINALE**

2.4.1 VITA NOMINALE

La vita nominale di un'opera strutturale V_N è intesa come il numero di anni nel quale la struttura, purché soggetta alla manutenzione ordinaria, deve potere essere usata per lo scopo al quale è destinata. La vita nominale dei diversi tipi di opere è quella riportata nella Tab. 2.4.I e deve essere precisata nei documenti di progetto.

Tabella 2.4.I – Vita nominale V_N per diversi tipi di opere

TIPI DI COSTRUZIONE		Vita Nominale V_N (in anni)
1	Opere provvisorie – Opere provvisionali - Strutture in fase costruttiva ¹	≤ 10
2	Opere ordinarie, ponti, opere infrastrutturali e dighe di dimensioni contenute o di importanza normale	≥ 50
3	Grandi opere, ponti, opere infrastrutturali e dighe di grandi dimensioni o di importanza strategica	≥ 100

Ai sensi del punto 2.4.1 del DM 18.01.2008, per la struttura in oggetto è prevista una Vita Nominale di:

vita nominale **$V_N \geq 50$** anni

- CLASSE D'USO**

2.4.2 CLASSI D'USO

In presenza di azioni sismiche, con riferimento alle conseguenze di una interruzione di operatività o di un eventuale collasso, le costruzioni sono suddivise in classi d'uso così definite:

Classe I: Costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli.

Classe II: Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contemuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe d'uso III o in Classe d'uso IV, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti.

Classe III: Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe d'uso IV. Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso.

Classe IV: Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità. Industrie con attività particolarmente pericolose per l'ambiente. Reti viarie di tipo A o B, di cui al D.M. 5 novembre 2001, n. 6792, "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade", e di tipo C quando appartenenti ad itinerari di collegamento tra capoluoghi di provincia non altresì serviti da strade di tipo A o B. Ponti e reti ferroviarie di importanza critica per il mantenimento delle vie di comunicazione, particolarmente dopo un evento sismico. Dighe connesse al funzionamento di acquedotti e a impianti di produzione di energia elettrica.

Ai sensi del punto 2.4.2 del DM 18.01.2008, in presenza di azioni sismiche la classe d'uso della struttura risulta:

classe d'uso = **Classe III**

(Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi).

• PERIODO DI RIFERIMENTO

2.4.3 PERIODO DI RIFERIMENTO PER L'AZIONE SISMICA

Le azioni sismiche su ciascuna costruzione vengono valutate in relazione ad un periodo di riferimento V_R che si ricava, per ciascun tipo di costruzione, moltiplicandone la vita nominale V_N per il coefficiente d'uso C_U :

$$V_R = V_N \cdot C_U \quad (2.4.1)$$

Il valore del coefficiente d'uso C_U è definito, al variare della classe d'uso, come mostrato in Tab. 2.4.II.

Tab. 2.4.II – Valori del coefficiente d'uso C_U

CLASSE D'USO	I	II	III	IV
COEFFICIENTE C_U	0,7	1,0	1,5	2,0

Il periodo di riferimento V_R della costruzione valutato moltiplicando la vita nominale per il coefficiente d'uso $C_U=1,5$ risulta:

$$\text{periodo di riferimento} = V_R = 50 \times 1,5 = 75 \text{ anni}$$

associata, per lo Stato Limite di salvaguardia della Vita, ad una **probabilità di superamento del 10%** e a un **tempo di ritorno del sisma di 712 anni**.

- **TERRENO**

Si considera un terreno tipo C con categoria topografica T1

- **FATTORE DI STRUTTURA q**

La struttura viene progettata per rimanere in campo elastico lineare utilizzando un coefficiente di struttura pari a $q=1$, pertanto non si fa riferimento alle capacità duttili della struttura.

Il DM 14/01/2008 in maniera esplicita dichiara che in caso di fattore di struttura pari a $q=1$, non occorre soddisfare i requisiti di duttilità tramite specifici particolari costruttivi e regole di dettaglio (punto 7.3.1).

5- CRITERI DI CONCEZIONE E DI SCHEMATIZZAZIONE

STRUTTURALE

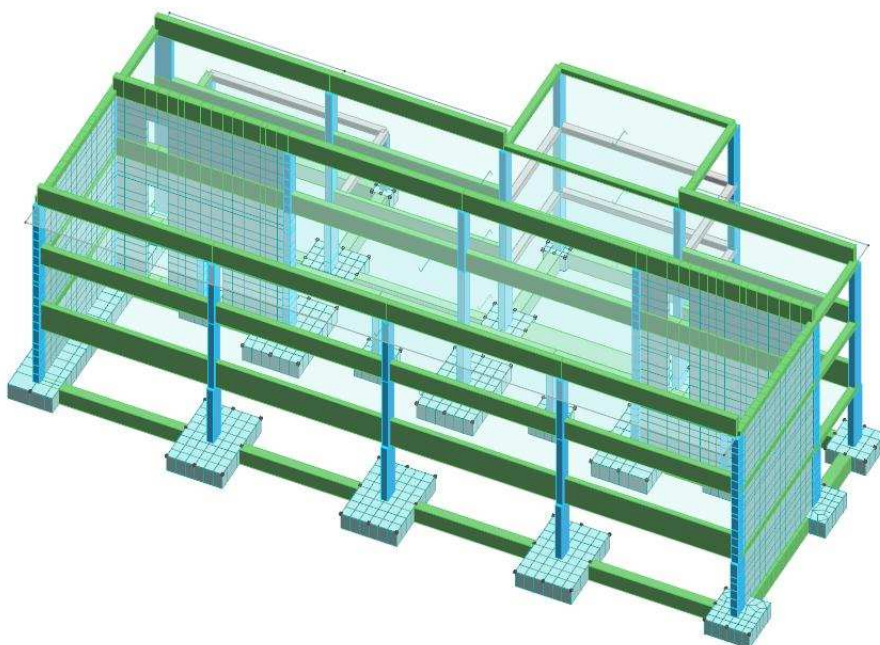
Il calcolo della struttura è stato effettuato con l'ausilio di un software di calcolo strutturale agli elementi finiti. Il comportamento della struttura in oggetto sotto le azioni statiche e dinamiche è stato adeguatamente valutato, interpretato e trasferito nel modello che si caratterizza per la sua impostazione completamente tridimensionale.

Gli elementi strutturali, travi e pilastri sono stati modellati come "beam" mentre i vincoli a terra sono stati schematizzati con suolo elastico alla "Winkler" con costante di sottofondo assunta pari a $5,00 \text{ kg/cm}^3$.

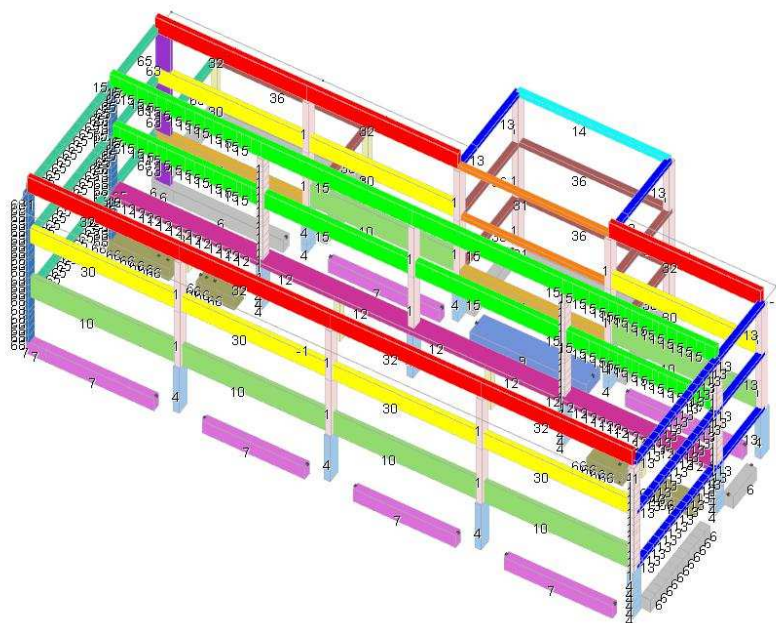
Inoltre è stato impostato la relazione di piano rigido per tutti gli impalcati e nel calcolo non si è tenuto conto della componente sismica verticale.

Per il calcestruzzo delle opere esistenti si è considerato nel calcolo f.e.m. un modulo elastico E pari a 240000 kg/cm^2 mentre per le nuove opere una E di 300000 kg/cm^2 .

Seguono varie rappresentazioni del modello di calcolo agli elementi finiti.

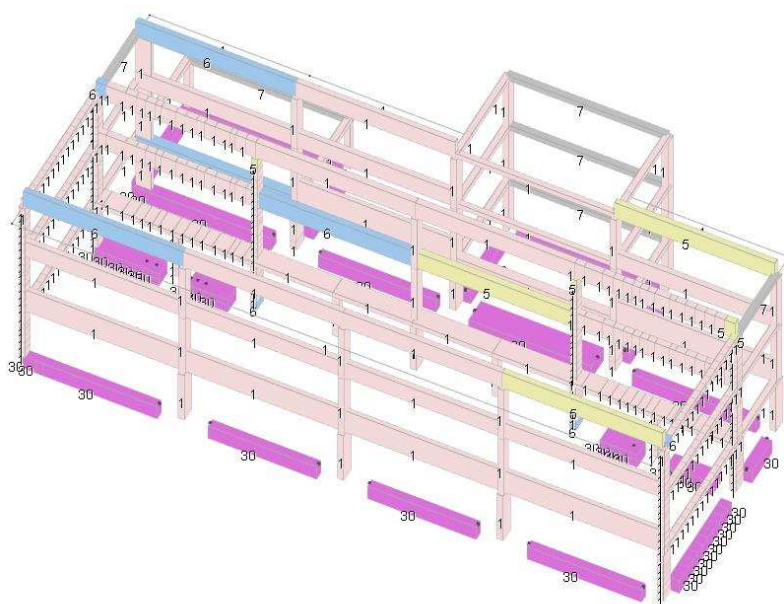


Modello agli elementi finiti



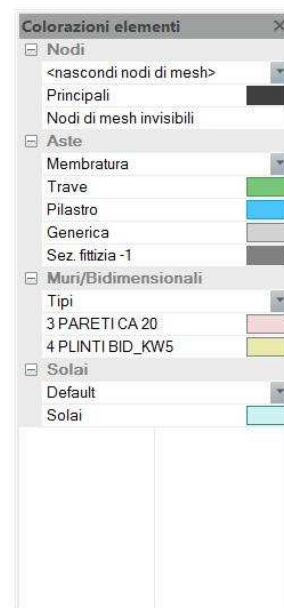
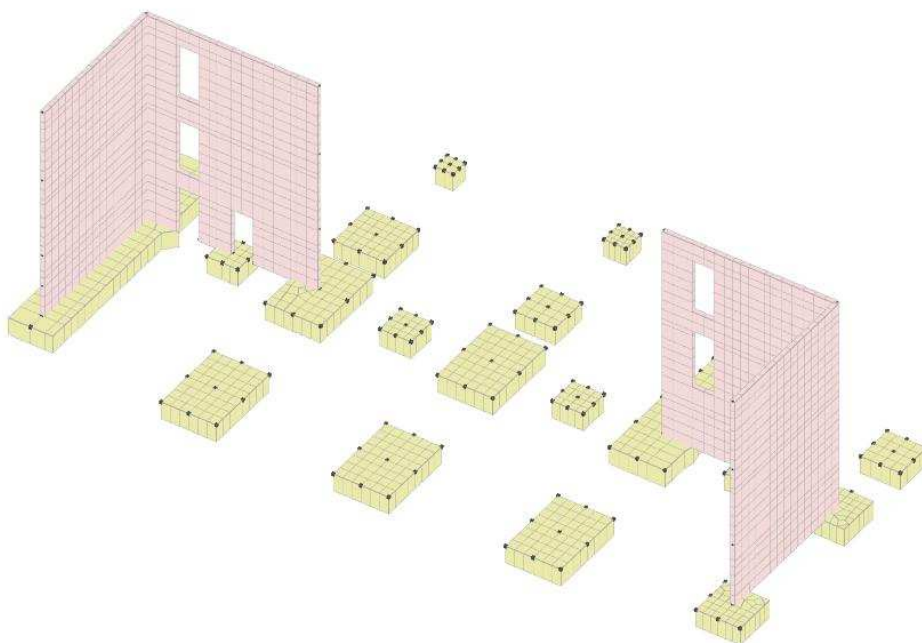
Colorazioni elementi	
Sezioni	
1 P_50x30	
3 P_30x30	
4 P_70x30	
6 TF_50x80	
7 TF_40x80	
9 TF_120x80	
10 TR_20x140	
11 TR_45x37	
12 TR_90x27	
13 HCOR_30x27	
14 HTR_30x30	
15 TR_30x100	
30 TR_25x98	
31 TR_25x27	
32 TR_25x100	
36 HNONP_30x30	
63 PIL_20x75_NUOVO	
65 TR_30x30_NUOVA	
66 80x80_FOND_NUO...	
68 PIL_50x30_NUOVO	
Sez. fittizia -1	
Muri/Bidimensionali	
Elemento	
Bidimensionali	

Sezioni aste

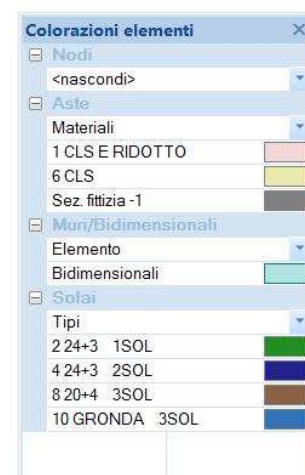
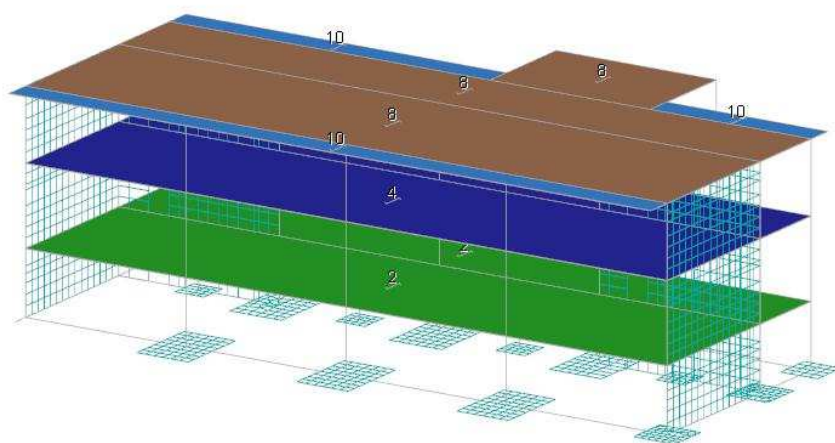


Colorazioni elementi	
Nodi	
<nascondi nodi di mesh>	
Principali	
Nodi di mesh invisibili	
Aste	
Vincoli	
1 Inc+Inc	
5 Inc+CerY	
6 CerY+Inc	
7 CerY+CerY	
30 KW 5	
Sez. fittizia -1	
Muri/Bidimensionali	
Elemento	
Bidimensionali	
Solai	
Default	
Solai	

Vincoli aste



Elementi bidimensionali



Tipologia solai

6- CARICHI, PARAMETRI SISMICI E COMBINAZIONI DI CARICO

I pesi propri degli elementi strutturali sono associati in automatico in funzione della sezione e del peso specifico del calcestruzzo armato considerato pari a 2500 kg/mc. Oltre ai pesi propri dei solai (variabile in funzione della tipologia ed altezza) si sono considerati 150 kg/mq di sovraccarico permanente per i solai di impalcato, mentre i variabili, in accordo al D.M. 14 Gennaio 2008 , pari a 300 kg/mq. Per la copertura i permanenti portati considerati sono pari a 180 kg/mq e 80 kg/mq di neve (non influenti nelle verifiche sismiche). Per i tamponamenti si è considerato un carico lineare di 450 kg/m nel caso di pareti con finestrature e 1100 kg/m nel caso di pareti cieche.

Di seguito si riporta lo schema dei carichi, per le varie tipologie di solai, utilizzato nel modello di calcolo.

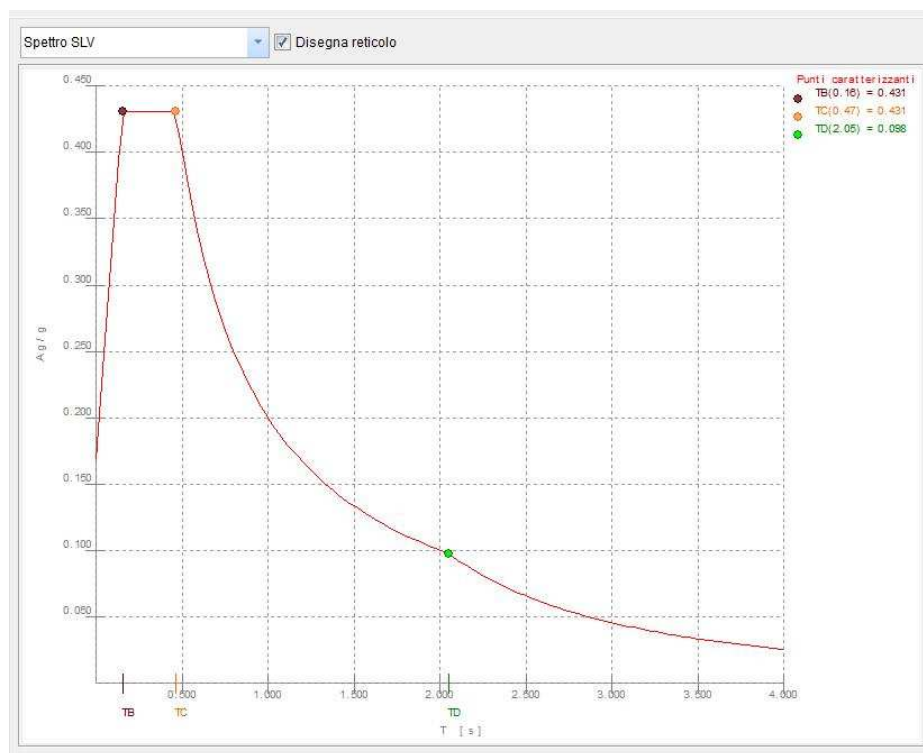
Tipo solaio	Commento	Qps <daN/mq>	Qpn <daN/mq>	Qa <daN/mq>
1	16+3 1SOL	360	0	300
2	24+3 1SOL	435	0	300
3	20+3 2SOL	420	0	80
4	24+3 2SOL	435	0	300
5	44+5 2SOL	735	0	300
6	SOLETTA 2SOL	550	0	80
7	SCALE 2SOL	600	0	400
8	20+4 3SOL	450	0	80
9	40+4 3SOL	700	0	80
10	GRONDA 3SOL	650	0	80

Carichi in funzione dei solai

I parametri sismici considerati risultano:

<input type="checkbox"/> Edificio esistente in c.a.			
<input checked="" type="checkbox"/> Spettri automatici			
Zona sismica	Zona 2		
Sito di costruzione:	PORTO MANTOVANO -MN- LON. 10.79100 LAT. 45.19100		
Contenuto tra ID reticolo:	13615 13837 13614 13836		
Tipo di opera	Opera ordinaria	Vita nominale V_N	50
Classe d'uso	Classe III		
<input type="checkbox"/> SLO-Pvr		Ag	FO TC*
<input type="checkbox"/> SLD-Pvr		Ag	FO TC*
<input checked="" type="checkbox"/> SLV-Pvr	10	Ag 1.12557	FO 2.5508 TC* 0.296625
<input type="checkbox"/> SLC-Pvr		Ag	FO TC*
Classe di duttilità	Classe B		
Quota di riferimento	<m> 0		
Altezza della struttura	<m> 9.9		
Numero piani edificio	3		
Coefficiente θ	0		

Categoria del suolo di fondazione	C	
<input type="checkbox"/> Tipologia diversa nelle due direzioni sismiche		
Tipologia edificio	Direzione X c.a. o prefabbric...	Direzione Y
<input checked="" type="checkbox"/> Valuta T1 in modo semplificato		
Coeff. C_1	0.075	0.075
Periodo T_1	0.418589	0.418589
Coeff. λ SLV	0.85	0.85
Rapporto di sovrarresistenza (α_u/α_1)	1.3	1.3
Valore di riferimento del fattore di struttura (q_0)	3.9	3.9
Fattore riduttivo (K_w)	1	1
Fattore di struttura (q)	1	1
Categoria topografica T1 - Sup...	Coeff. amplificazione topografica S_T	1



Spettro SLV

I casi di carico elementari considerati sono i seguenti:

CC	Commento	Peso	C. A.
1	PP+PERM	<input checked="" type="checkbox"/>	P+QP
2	TAMP	<input type="checkbox"/>	
3	VAR_CAT_C	<input type="checkbox"/>	QA
4	NEVE	<input type="checkbox"/>	QA

che unitamente alle azioni sismiche ($M_t, \pm S_X, \pm S_Y$) vengono combinati nel seguente modo :

CC	Commento	TCC	An.	Bk	1	2	3	4	M_t	$\pm S_X$	$\pm S_Y$
1	CC 1 - Amb. 1 (SLU S) S $M_t + X + 0.3Y$	SLV	L	<input type="checkbox"/>	1.00	1.00	0.60	0.00	1.00	1.00	0.30
2	CC 2 - Amb. 1 (SLU S) S $M_t + X - 0.3Y$	SLV	L	<input type="checkbox"/>	1.00	1.00	0.60	0.00	1.00	1.00	-0.30
3	CC 3 - Amb. 1 (SLU S) S $M_t + 0.3X + Y$	SLV	L	<input type="checkbox"/>	1.00	1.00	0.60	0.00	1.00	0.30	1.00
4	CC 4 - Amb. 1 (SLU S) S $M_t - 0.3X + Y$	SLV	L	<input type="checkbox"/>	1.00	1.00	0.60	0.00	1.00	-0.30	1.00
5	CC 5 - Amb. 1 (SLU S) S $-M_t + X + 0.3Y$	SLV	L	<input type="checkbox"/>	1.00	1.00	0.60	0.00	-1.00	1.00	0.30
6	CC 6 - Amb. 1 (SLU S) S $-M_t + X - 0.3Y$	SLV	L	<input type="checkbox"/>	1.00	1.00	0.60	0.00	-1.00	1.00	-0.30
7	CC 7 - Amb. 1 (SLU S) S $-M_t + 0.3X + Y$	SLV	L	<input type="checkbox"/>	1.00	1.00	0.60	0.00	-1.00	0.30	1.00
8	CC 8 - Amb. 1 (SLU S) S $-M_t - 0.3X + Y$	SLV	L	<input type="checkbox"/>	1.00	1.00	0.60	0.00	-1.00	-0.30	1.00
9	CC 9 - Amb. 2 (SLU)	SLU	L	<input type="checkbox"/>	1.30	1.30	1.50	1.50	0.00	0.00	0.00
10	CC 10 - Amb. 2 (SLE R)	SLE	L	<input type="checkbox"/>	1.00	1.00	1.00	1.00	0.00	0.00	0.00

Gli effetti del secondo ordine non sono stati considerati in quanto il fattore θ è risultato minore di 0,10 . Le verifiche sono state condotte con riferimento ai soli :

- Stato Limite di salvaguardia della Vita (SLV) in ambito sismico
- Stato Limite Ultimo (SLU) in ambito statico.

7- PRINCIPALI RISULTATI DELL'ANALISI-

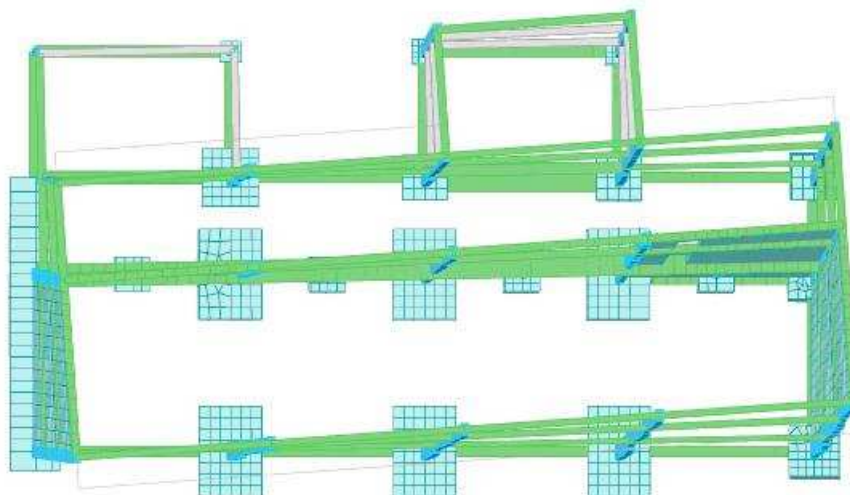
Come evidenziato nel report seguente, dall'analisi risulta che le azioni taglianti dovute al sisma vengono assorbite per il 98% dalla pareti.

Percentuale taglio assorbito dai pilastri per azioni in dir. X = 2.01% (glob. 1.93%)
 Percentuale taglio assorbito dai nuclei per azioni in dir. X = 97.99% (glob. 98.07%)
 Percentuale taglio assorbito dai pilastri per azioni in dir. Y = 2.61% (glob. 2.42%)
 Percentuale taglio assorbito dai nuclei per azioni in dir. Y = 97.39% (glob. 97.58%)

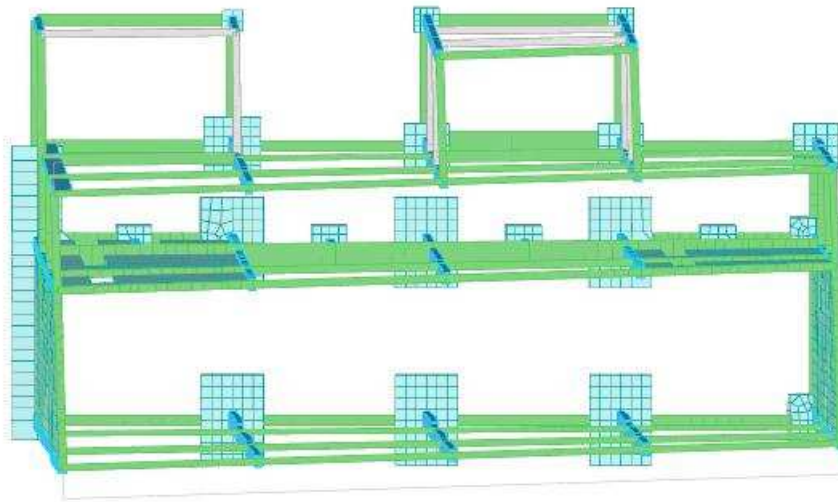
La normativa prevede in questo caso di considerare i pilastri e le travi come elementi secondari, quindi andranno verificati per resistere ai soli carichi verticali.

	Risultato	Cons.	Per.	%Diff.	%Mx	%My	%Jpz
Totali:					97.96	98.29	95.04
1	Modo n. 1	<input checked="" type="checkbox"/>	0.316	6.55	42.00	22.92	16.89
2	Modo n. 2	<input checked="" type="checkbox"/>	0.296	6.55	20.15	58.95	3.24
3	Modo n. 3	<input checked="" type="checkbox"/>	0.184	61.39	20.64	0.62	62.29
4	Modo n. 4	<input checked="" type="checkbox"/>	0.040	12.63	14.92	0.21	0.81
5	Modo n. 5	<input checked="" type="checkbox"/>	0.036	12.63	0.25	15.57	0.02
6	Modo n. 6	<input type="checkbox"/>	0.026	5.82	2.03	0.01	2.88
7	Modo n. 7	<input checked="" type="checkbox"/>	0.024	5.82	0.00	0.01	11.80
8	Modo n. 8	<input type="checkbox"/>	0.022	8.07	0.01	1.70	0.59
9	Modo n. 9	<input type="checkbox"/>	0.015	46.15	0.00	0.00	1.49

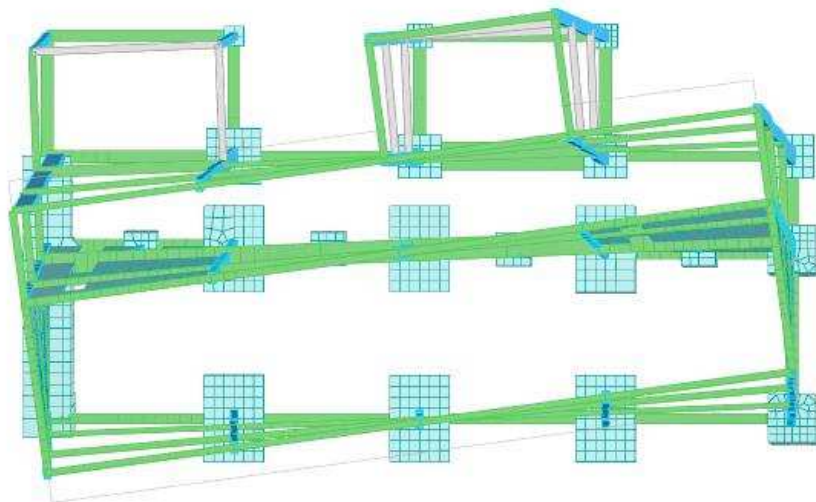
Modi calcolati



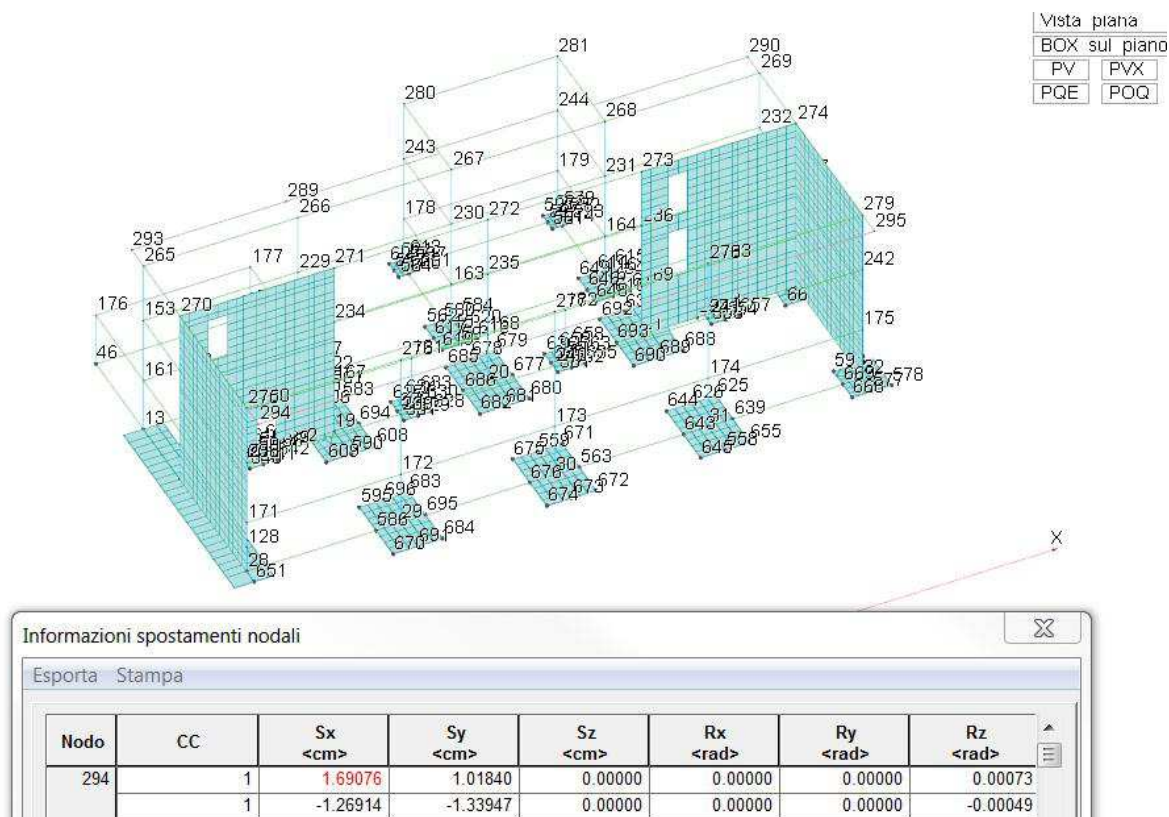
1° Modo



2• Modo



3• Modo



Massimo spostamento allo SLV lungo x pari a 1,69 cm

Il massimo spostamento lungo x per il blocco in oggetto in combinazione sismica SLV risulta di 1,69 cm.

Considerando per l' edificio adiacente un'altezza di 10 m dal piano delle fondazioni, lo spostamento massimo in condizioni sismiche può essere stimato secondo il §. 7.2.2 del DM 2008 in

$$1000/100 * 0,18/0.5 = 3,6 \text{ cm}$$

Pertanto per evitare fenomeni di martellamento tra le due costruzioni, il giunto tecnico dovrà essere maggiore di $1,69 + 3,60 = 5,29 \text{ cm}$.

Si prescrivere un giunto di 7 cm.

8- VERIFICHE STRUTTURALI -

Si riportano i report di verifica di alcuni elementi

Nucleo 101

Nodi

32 -1499 -1500 -1501 -1502 -1503 -1504 -1505 -1506 -1507 -1508 -1509 -1510 -1511 -1512 22

Simbologia

Liv. = Numero del livello
Pos. = Posizione (P=Piede, T=Testa)
CC = Numero della combinazione delle condizioni di carico elementari
TCC = Tipo di combinazione di carico
SLU = Stato limite ultimo
SLU S = Stato limite ultimo (azione sismica)
SLE R = Stato limite d'esercizio, combinazione rara
SLE F = Stato limite d'esercizio, combinazione frequente
SLE Q = Stato limite d'esercizio, combinazione quasi permanente
SLD = Stato limite di danno
SLV = Stato limite di salvaguardia della vita
SLC = Stato limite di prevenzione del collasso
SLO = Stato limite di operatività
SLU I = Stato limite di resistenza al fuoco
N = Sforzo normale
N ver. = Sforzo normale di verifica
Mz = Momento flettente intorno all'asse Z
Mz ver. = Momento flettente di verifica intorno all'asse Z
My = Momento flettente intorno all'asse Y
Nu = Sforzo normale ultimo
Myu = Momento ultimo intorno all'asse Y
Mzu = Momento ultimo intorno all'asse Z
Sic. = Sicurezza a rottura
 σ_c = Tensione nel calcestruzzo
 σ_f = Tensione nel ferro
c = Ricoprimento dell'armatura
s = Distanza minima tra le barre
K3 = Coefficiente di forma del diagramma delle tensioni prima della fessurazione
 s_{rm} = Distanza media tra le fessure
 Φ = Diametro della barra
 A_s = Area complessiva dei ferri nell'area di calcestruzzo efficace
 $A_{c\ eff}$ = Area di calcestruzzo efficace
 σ_s = Tensione nell'acciaio nella sezione fessurata
 σ_{sr} = Tensione nell'acciaio corrispondente al raggiungimento della resistenza a trazione nel calcestruzzo
 ϵ_{sm} = Deformazione unitaria media dell'armatura (*1000)
Wk = Apertura delle fessure
 T_l = Taglio parete in dir. longitudinale
Vsdu = Taglio agente nella direzione del momento ultimo
 $ctg\theta$ = Cotangente dell'angolo di inclinazione dei puntoni di calcestruzzo
VRsd = Taglio ultimo lato armatura
VRcd = Taglio ultimo lato calcestruzzo
 $V_{Rd,s}$ = Taglio ultimo per scorrimento lungo piani orizzontali
 V_{dd} = Contributo effetto spinotto
 V_{fd} = Contributo resistenza per attrito
Sic.T = Sicurezza a rottura per taglio
Spess. = Spessore
Cf = Copriferro
Cls = Tipo di calcestruzzo
Fck = Resistenza caratteristica cilindrica a compressione del calcestruzzo
Fctk = Resistenza caratteristica a trazione del calcestruzzo
Fcd = Resistenza di calcolo a compressione del calcestruzzo
Fctd = Resistenza di calcolo a trazione del calcestruzzo
Acc. = Tipo di acciaio
Fyk = Tensione caratteristica di snervamento dell'acciaio
Fyd = Resistenza di calcolo dell'acciaio

Caratteristiche delle sezioni e dei materiali utilizzati

Spess.	Cf	Cls	Fck	Fctk	Fcd	Fctd	Acc.	Fyk	Fyd
<cm>	<cm>		<daN/cm>	<daN/cm>	<daN/cm>	<daN/cm>		<daN/cm>	<daN/cm>
20.00	3.80	C25/30	249.00	17.91	141.10	11.94	B450C	4500.00	3913.04

Stato limite ultimo - Armatura a flessione

Liv.	Pos.	CC	TCC	N	N ver.	Mz	Mz ver.	My	Nu	Myu	Mzu	Sic.
				<daN>	<daN>	<daNm>	<daNm>	<daNm>	<daN>	<daNm>	<daNm>	
1	P	5	SLV	31776.30	31776.30	0.00	0.00	-18805.60	31776.30	-24357.40	-0.00	1.295
2	P	5	SLV	24120.60	24120.60	0.00	0.00	-12560.70	24120.60	-24875.80	-0.48	1.980
3	P	7	SLV	45941.20	45941.20	-370668.00	-370668.00	0.00	45941.20	0.01	-892085.00	2.407
4	P	7	SLV	41151.80	41151.80	-390107.00	-390107.00	0.00	41151.90	0.01	-905668.00	2.322
5	P	7	SLV	38085.20	38085.20	-392790.00	-392790.00	0.00	38085.20	0.01	-914339.00	2.328
6	P	7	SLV	35025.60	35025.60	-382052.00	-382052.00	0.00	35025.70	0.01	-922972.00	2.416
7	P	7	SLV	36883.60	36883.60	-375222.00	-375222.00	0.00	36883.70	0.00	-917733.00	2.446

Stato limite d'esercizio - Armatura a flessione

Liv.	Pos.	CC	TCC	N	Mz	My	σ_c	σ_f
				<daN>	<daNm>	<daNm>	<daN/cm>	<daN/cm>
1	P	10	SLE R	-59652.90	-31992.00	0.00	5.60	83.69
2	P	10	SLE R	-62849.90	0.00	-1002.72	5.99	78.88
2	P	10	SLE R	-62849.90	-28772.50	0.00	5.63	84.20
3	P	10	SLE R	-66398.40	0.00	-967.00	6.15	81.69
3	P	10	SLE R	-66398.40	-26173.00	0.00	5.72	85.55
4	P	10	SLE R	-68584.50	0.00	-867.33	6.10	82.03
4	P	10	SLE R	-68584.50	-24379.30	0.00	5.76	86.22
5	P	10	SLE R	-69577.20	0.00	-752.64	5.94	80.95
5	P	10	SLE R	-69577.20	-23162.90	0.00	5.76	86.21
6	P	10	SLE R	-69661.50	-20377.00	0.00	5.61	84.04
7	P	10	SLE R	-65113.90	0.00	1462.95	7.02	89.28

Stato limite ultimo - Armatura a taglio

Liv.	Pos.	CC	TCC	T ₁	Vsdu	ctg θ	VRsd	VRcd
				<daN>	<daN>		<daN>	<daN>
1	P	7	SLV	-140991.00	140991.00	1.48	416089.00	416089.00
2	P	7	SLV	-167577.00	167577.00	1.48	416089.00	416089.00
3	P	7	SLV	-183504.00	183504.00	1.48	416089.00	416089.00
4	P	7	SLV	-188905.00	188905.00	1.48	416089.00	416089.00
5	P	7	SLV	-189499.00	189499.00	1.48	416089.00	416089.00
6	T	7	SLV	-189288.00	189288.00	1.48	416089.00	416089.00

Pilastrata
n. 900

Simbologia

Xg	=	Coordinata progressiva (dal primo nodo) in cui viene effettuato il progetto/verifica
CC	=	Combinazione delle condizioni di carico elementari
	e	= eccentricità aggiuntiva in caso di compressione o pressoflessione
	α	= amplificazione per gerarchia delle resistenze
	TG	= taglio da gerarchia delle resistenze
TCC	=	Tipo di combinazione di carico
	SLU	= Stato limite ultimo
	SLU S	= Stato limite ultimo (azione sismica)
	SLE R	= Stato limite d'esercizio, combinazione rara
	SLE F	= Stato limite d'esercizio, combinazione frequente
	SLE Q	= Stato limite d'esercizio, combinazione quasi permanente
	SLD	= Stato limite di danno
	SLV	= Stato limite di salvaguardia della vita
	SLC	= Stato limite di prevenzione del collasso
	SLO	= Stato limite di operatività
	SLU I	= Stato limite di resistenza al fuoco
El	=	Elemento (asta) in cui viene effettuato il progetto/verifica (progressivo sul numero di aste)
Sez.	=	Numero della sezione
X	=	Coordinata progressiva rispetto al nodo iniziale
N	=	Sforzo normale
Mz	=	Momento flettente intorno all'asse Z
My	=	Momento flettente intorno all'asse Y
My ver.	=	Momento flettente di verifica intorno all'asse Y
Mz ver.	=	Momento flettente di verifica intorno all'asse Z
Nu	=	Sforzo normale ultimo
Myu	=	Momento ultimo intorno all'asse Y
Mzu	=	Momento ultimo intorno all'asse Z
α	=	Angolo asse neutro a rottura
ϵ_y	=	Deformazione nell'acciaio (*1000)
Sic.	=	Sicurezza a rottura
AfT	=	Area di ferro tesa

AfC = Area di ferro compressa
 σ_c = Tensione nel calcestruzzo
 σ_f = Tensione nel ferro
 X0 = Coordinata progressiva (dal nodo iniziale) dell'inizio del tratto
 X1 = Coordinata progressiva (dal nodo iniziale) della fine del tratto
 Staff. = Staffatura adottata
 Br_y = Numero bracci in direzione Y locale
 Br_z = Numero bracci in direzione Z locale
 bw_y = Larghezza membratura resistente al taglio in dir. Y
 Vsdu_y = Taglio agente in dir. Y
 ctg θ_y = Cotangente dell'angolo di inclinazione dei puntoni di calcestruzzo in dir. Y
 VRsd_y = Taglio ultimo lato armatura in dir. Y
 VRcd_y = Taglio ultimo lato calcestruzzo in dir. Y
 bw_z = Larghezza membratura resistente al taglio in dir. Z
 Vsdu_z = Taglio agente in dir. Z
 ctg θ_z = Cotangente dell'angolo di inclinazione dei puntoni di calcestruzzo in dir. Z
 VRsd_z = Taglio ultimo lato armatura in dir. Z
 VRcd_z = Taglio ultimo lato calcestruzzo in dir. Z
 Sic.T = Sicurezza a rottura per taglio
 Nodo = Numero del nodo
 Conf. = Nodo confinato
 S = Sì
 N = No
 F. = Identificativo faccia del nodo
 Y+ = Faccia sul lato positivo Y locale pilastro
 Z+ = Faccia sul lato positivo Z locale pilastro
 Y- = Faccia sul lato negativo Y locale pilastro
 Z- = Faccia sul lato negativo Z locale pilastro
 Mod. = Modalità di verifica faccia
 I = Interna
 E = Esterna
 Br. = Numero bracci
 As1 = Area di ferro superiore delle travi incidenti sulla faccia
 As2 = Area di ferro inferiore delle travi incidenti sulla faccia
 Bj = Larghezza effettiva utile del nodo
 Hjc = Distanza tra armature pilastro
 Hjw = Distanza tra armature trave
 Ash = Area totale della sezione della staffa
 Rgsn = Rapporto geometrico di staffatura nodo (7.4.29)
 Tipo = Tipologia
 2C = Doppia C lato labbri
 2Cdx = Doppia C lato costola
 2I = Doppia I
 2L = Doppia L lato labbri
 2Ldx = Doppia L lato costole
 C = C
 Cdx = C destra
 Cir. = Circolare
 Cir.c = Circolare cava
 I = I
 L = L
 Ldx = L destra
 Om. = Omega
 Pg = Pi greco
 Pr = Poligono regolare
 Prc = Poligono regolare cavo
 Pc = Per coordinate
 Ia = Inerzie assegnate
 R = Rettangolare
 Rc = Rettangolare cava
 T = T
 U = U
 Ur = U rovescia
 V = V
 Vr = V rovescia
 Z = Z
 Zdx = Z destra
 Ts = T stondata
 Ls = L stondata
 Cs = C stondata
 Is = I stondata
 Dis. = Disegnata
 B = Base
 H = Altezza
 Cf = Copriferro
 Cls = Tipo di calcestruzzo
 Fck = Resistenza caratteristica cilindrica a compressione del calcestruzzo
 Fctk = Resistenza caratteristica a trazione del calcestruzzo
 Fcd = Resistenza di calcolo a compressione del calcestruzzo
 Fctd = Resistenza di calcolo a trazione del calcestruzzo

Acc. = Tipo di acciaio
 Fyk = Tensione caratteristica di snervamento dell'acciaio
 Fyd = Resistenza di calcolo dell'acciaio

Caratteristiche delle sezioni e dei materiali utilizzati

Sez. Tipo	B <cm>	H <cm>	Cf <cm>	Cls	Fck <daN/cm²>	Fctk <daN/cm²>	Fcd <daN/cm²>	Fctd <daN/cm²>	Acc.	Fyk <daN/cm²>	Fyd <daN/cm²>
68 R	50.00	30.00	4.10	C25/30	249.00	17.91	141.10	11.94	B450C	4500.00	3913.04

Stato limite ultimo - Ferri longitudinali - Verifiche armatura

Xg	CC	TCC	El Sez.	X <cm>	N <daN>	My <daNm>	My ver. <daNm>	Mz <daNm>	Mz ver. <daNm>	Nu <daN>	Myu <daNm>	Mzu <daNm>	α <grad>	ε _y	Sic.
0.00 9(e) SLU	1	68	0.00	-20513.20	15.31	410.26	-879.79	-879.79	-20513.20	5689.57	-12489.50	326.25	4.82	8.701	
0.49 9(e) SLU	1	68	49.17	-20273.50	-177.52	-405.47	-193.22	-506.84	-20273.50	-7374.20	-9262.06	201.80	4.84	8.804	
0.49 9(e) SLU	2	68	0.00	-19175.10	-194.89	-383.50	-210.37	-479.38	-19175.10	-7323.79	-9203.69	201.80	4.90	9.308	
0.98 9(e) SLU	2	68	49.17	-18935.40	-399.39	-399.39	-11.99	-473.38	-18935.40	-7435.64	-8959.56	201.09	4.93	9.426	
0.98 9(e) SLU	3	68	0.00	-18251.60	-420.33	-420.33	-29.93	-456.29	-18251.60	-7577.77	-8499.19	199.69	5.02	9.779	
1.48 9(e) SLU	3	68	49.17	-18011.90	-632.54	-632.54	1.20	450.30	-18011.90	-8339.46	5835.72	168.05	5.73	9.909	
1.48 9(e) SLU	4	68	0.00	-17819.20	-654.18	-654.18	-1.57	-445.48	-17819.20	-8403.29	-5535.89	191.25	5.86	10.016	
1.88 9(e) SLU	4	68	40.00	-17624.20	-846.33	-846.33	-9.01	-440.61	-17624.20	-8627.97	-4559.71	189.14	6.20	10.127	
1.88 9(e) SLU	5	68	0.00	-17748.10	-863.11	-863.11	-13.45	-443.70	-17748.10	-8637.73	-4561.21	189.14	6.19	10.057	
2.20 9(e) SLU	5	68	32.50	-17589.70	-1062.16	-1062.16	-27.74	-439.74	-17601.10	-8888.77	-3520.89	187.03	6.61	8.317	
2.20 9(e) SLU	6	68	0.00	-18715.90	-1380.92	-1380.92	-38.37	-467.90	-18715.90	-9058.84	-3147.83	186.33	6.63	6.577	
2.95 9(e) SLU	6	68	75.00	-18350.30	-2301.78	-2301.78	-114.43	-458.76	-18350.30	-9265.15	-1805.12	183.52	7.56	4.022	
3.25 9(e) SLU	7	68	30.00	-5884.57	3042.03	3042.03	101.96	147.11	-5937.13	8026.39	511.03	0.70	11.34	2.641	
3.41 9(e) SLU	7	68	45.63	-5808.39	2596.95	2596.95	111.48	145.21	-5862.45	8018.70	511.28	0.70	11.36	3.089	
3.41 9(e) SLU	8	68	0.00	-7217.59	2271.75	2271.75	126.84	180.44	-7248.11	8161.44	506.68	0.70	11.08	3.588	
3.86 9(e) SLU	8	68	45.63	-6995.17	1416.17	1416.17	66.76	-174.88	-6995.17	8164.56	-892.85	358.59	10.64	5.756	
3.86 9(e) SLU	9	68	0.00	-8074.59	1259.75	1259.75	67.34	201.87	-8076.43	8268.94	1261.43	2.11	9.96	6.556	
4.32 9(e) SLU	9	68	45.63	-7852.17	549.70	549.70	24.53	196.30	-7852.17	8159.96	2824.13	5.63	8.12	14.793	
4.32 9(e) SLU	10	68	0.00	-8820.39	438.29	438.29	28.48	-220.51	-8822.24	8020.45	-4123.08	351.56	7.16	18.381	
4.78 9(e) SLU	10	68	45.63	-8597.97	-239.85	-239.85	5.95	214.95	-8597.97	-7348.10	6544.46	165.94	6.26	20.759	
4.78 9(e) SLU	11	68	0.00	-9812.87	-441.21	-441.21	9.29	245.32	-9812.88	-8006.18	4466.06	170.86	6.90	18.160	
5.45 9(e) SLU	11	68	67.63	-9483.20	-1336.25	-1336.25	-18.82	-237.08	-9483.20	-8390.77	-1518.50	182.81	9.23	6.283	
5.45 9(e) SLU	12	68	0.00	-10551.00	-1512.48	-1512.48	-11.23	-263.78	-10551.00	-8502.25	-1505.46	182.81	9.02	5.624	
5.69 9(e) SLU	12	68	23.63	-10435.80	-1955.64	-1955.64	-34.72	-260.90	-10435.90	-8511.86	-1239.91	182.11	9.51	4.360	
5.69 9(e) SLU	13	68	0.00	-11469.60	-2105.06	-2105.06	-30.80	-286.74	-11469.60	-8615.16	-1231.92	182.11	9.34	4.096	
6.14 9(e) SLU	13	68	45.63	-11247.20	-3067.66	-3067.66	-94.71	-281.18	-11247.60	-8597.40	-867.50	181.41	9.86	2.805	
6.14 9(e) SLU	14	68	0.00	-13081.70	-3508.32	-3508.32	-72.90	-327.04	-13081.70	-8783.75	-856.22	181.41	9.52	2.505	
6.60 9(e) SLU	14	68	45.63	-12859.30	-5097.39	-5097.39	-175.01	-321.48	-12859.30	-8739.92	-486.76	180.70	9.90	1.714	
6.90 9 SLU	15	68	30.00	-694.64	3218.15		77.34		-694.65	7461.18	139.31	0.35	12.93	2.318	
7.07 9 SLU	15	68	47.14	-611.07	2768.34		81.23		-611.07	7452.11	139.51	0.35	12.95	2.691	
7.07 9 SLU	16	68	0.00	-2435.58	2388.17		103.38		-2435.58	7626.47	197.62	0.53	12.12	3.192	
7.54 9(e) SLU	16	68	47.14	-2205.76	1791.54	1791.54	45.35	55.14	-2205.77	7625.02	135.65	0.35	12.50	4.255	
7.54 9(e) SLU	17	68	0.00	-3672.42	1648.72	1648.72	50.37	91.81	-3672.42	7789.96	519.24	0.70	11.83	4.728	
8.01 9(e) SLU	17	68	47.14	-3442.60	1249.00	1249.00	6.39	86.06	-3442.61	7765.16	520.29	0.70	11.89	6.216	
8.01 9(e) SLU	18	68	0.00	-4845.04	1177.27	1177.27	12.63	121.13	-4845.05	7934.99	909.76	1.41	11.15	6.749	
8.49 9(e) SLU	18	68	47.14	-4615.22	841.81	841.81	-22.17	-115.38	-4615.22	7888.29	-998.73	358.24	10.84	9.358	
8.49 9(e) SLU	19	68	0.00	-6412.07	788.01	788.01	-14.09	-160.30	-6412.11	8070.26	-1554.54	357.19	8.80	10.220	
9.10 9(e) SLU	19	68	61.14	-6114.00	438.37	438.37	-93.08	-152.85	-6114.00	7978.29	-2854.74	354.38	8.39	18.252	
9.10 9(e) SLU	20	68	0.00	-7957.44	413.14	413.14	-82.03	-198.94	-8020.73	8040.89	-3719.00	352.27	7.40	19.321	
9.43 9(e) SLU	20	68	33.14	-7795.87	197.28	197.28	171.07	-194.90	-7795.88	7143.25	-7012.33	344.53	6.17	22.895	
9.43 9(e) SLU	21	68	0.00	-10009.80	195.83	200.20	-142.24	-250.25	-10009.80	6831.80	-8639.79	338.91	5.56	17.831	
9.90 9(e) SLU	21	68	47.14	-9780.01	-84.52	-195.60	-281.16	-281.16	-9780.00	-6568.95	-9298.10	203.91	5.46	18.250	

Stato limite d'esercizio - Ferri longitudinali - Verifiche armatura

Xg	CC	TCC	El Sez.	X <cm>	N <daN>	Mz <daNm>	My <daNm>	AfT <cmq>	AfC <cmq>	σ _c <daN/cm²>	σ _f <daN/cm²>
0.00 10 SLE	R	1	68	0.00	-15448.60	-665.39	-8.35	0.00	16.09	13.21	187.37
0.49 10 SLE	R	1	68	49.17	-15264.20	-146.25	-145.60	0.00	16.09	11.33	160.97
0.49 10 SLE	R	2	68	0.00	-14429.30	-159.31	-157.03	0.00	16.09	11.06	156.21
0.98 10 SLE	R	2	68	49.17	-14244.90	-9.14	-303.32	0.00	16.09	11.63	160.45
0.98 10 SLE	R	3	68	0.00	-13720.80	-22.75	-317.64	0.00	16.09	11.58	158.78
1.48 10 SLE	R	3	68	49.17	-13536.40	1.01	-469.78	0.00	16.09	13.04	174.01
1.48 10 SLE	R	4	68	0.00	-13381.50	-1.19	-484.89	0.00	16.09	13.12	174.53
1.88 10 SLE	R	4	68	40.00	-13231.50	-6.37	-622.85	0.00	16.09	14.61	190.49
1.88 10 SLE	R	5	68	0.00	-13315.10	-9.73	-634.65	0.00	16.09	14.81	192.92
2.20 10 SLE	R	5	68	32.50	-13193.20	-19.96	-778.10	0.00	16.09	16.49	210.91
2.20 10 SLE	R	6	68	0.00	-14016.50	-27.97	-1010.46	6.03	10.05	20.14	251.40
2.95 10 SLE	R	6	68	75.00	-13735.20	-85.43	-1681.19	6.03	10.05	33.08	372.45
3.25 10 SLE	R	7	68	30.00	-4538.42	74.56	2234.76	10.05	6.03	45.10	1139.04
3.41 10 SLE	R	7	68	45.63	-4479.83	82.18	1908.04	10.05	6.03	38.78	937.15
3.41 10 SLE	R	8	68	0.00	-5512.33	93.40	1669.39	10.05	6.03	34.17	723.93
3.86 10 SLE	R	8	68	45.63	-5341.24	49.32	1040.74	10.05	6.03	20.98	337.79
3.86 10 SLE	R	9	68	0.00	-6133.08	49.69	925.82	10.05	6.03	18.49	228.46
4.32 10 SLE	R	9	68	45.63	-5961.99	18.09	403.83	6.03	10.05	8.23	103.55
4.32 10 SLE	R	10	68	0.00	-6673.30	20.97	321.91	0.00	16.09	7.57	98.44
4.78 10 SLE	R	10	68	45.63	-6502.21	4.33	-176.71	0.00	16.09	5.74	77.92
4.78 10 SLE	R	11	68	0.00	-7396.01	6.78	-324.86	0.00	16.09	7.93	103.89
5.45 10 SLE	R	11	68	67.63	-7142.41	-13.87	-983.06	8.04	8.04	19.11	208.74
5.45 10 SLE	R	12	68	0.00	-7928.65	-8.26	-1112.74	10.05	6.03	21.57	240.74
5.69 10 SLE	R	12	68	23.63	-7840.06	-25.52	-1438.65	10.05	6.03	28.43	435.35
5.69 10 SLE	R	13	68	0.00	-8602.07	-22.61	-1548.62	10.05	6.03	30.52	459.10
6.14 10 SLE	R	13	68	45.63	-8430.98	-69.65	-2256.59	10.05	6.03	45.39	909.56
6.14 10 SLE	R	14	68	0.00	-9783.94	-53.56	-2580.81	10.05	6.03	51.57	1027.49
6.60 10 SLE	R	14	68	45.63	-9612.85	-129.65	-3749.62	10.05	6.03	75.77	1784.89

6.90	10	SLE	R	15	68	30.00	-653.13	56.64	2367.77	10.05	6.03	47.03	1474.86
7.07	10	SLE	R	15	68	47.14	-588.85	59.75	2036.83	10.05	6.03	40.63	1269.01
7.07	10	SLE	R	16	68	0.00	-1936.75	76.14	1757.10	10.05	6.03	35.60	1004.70
7.54	10	SLE	R	16	68	47.14	-1759.97	33.29	1318.12	10.05	6.03	26.39	729.22
7.54	10	SLE	R	17	68	0.00	-2847.55	37.03	1213.02	10.05	6.03	24.44	593.16
8.01	10	SLE	R	17	68	47.14	-2670.77	4.42	918.92	10.05	6.03	18.20	413.05
8.01	10	SLE	R	18	68	0.00	-3714.56	9.01	866.14	10.05	6.03	17.16	317.89
8.49	10	SLE	R	18	68	47.14	-3537.78	-16.96	619.32	10.05	6.03	12.28	179.54
8.49	10	SLE	R	19	68	0.00	-4880.92	-10.94	579.75	6.03	10.05	11.20	126.80
9.10	10	SLE	R	19	68	61.14	-4651.63	-70.33	322.50	4.02	12.06	6.95	87.17
9.10	10	SLE	R	20	68	0.00	-6033.34	-62.07	303.94	0.00	16.09	7.27	94.07
9.43	10	SLE	R	20	68	33.14	-5909.05	-129.05	145.13	0.00	16.09	5.84	78.94
9.43	10	SLE	R	21	68	0.00	-7573.43	-107.49	144.07	0.00	16.09	6.65	91.42
9.90	10	SLE	R	21	68	47.14	-7396.64	-211.69	-62.19	0.00	16.09	6.30	88.25

Staffe - Verifiche armatura

X0	X1	Staff.	Br _y	Br _z	CC	TCC	bw _y	Vsdu _y	ctgθ _y	VRsd _y	VRcd _y	bw _z	Vsdu _z	ctgθ _z	VRsd _z	VRcd _z	Sic.T
<m>	<m>						<m>	<daN>		<daN>	<daN>	<m>	<daN>		<daN>	<daN>	
0.00	0.50	ø8/12	2	2	9	SLU	0.30	1396.42	2.47	33252.00	33252.00	0.50	415.93	2.50	18956.10	30861.70	23.81
0.50	2.45	ø8/18	2	2	9	SLU	0.30	403.48	2.50	22472.00	32736.80	0.50	1227.82	2.50	12637.40	30683.30	10.29
2.45	2.95	ø8/12	2	2	9	SLU	0.30	101.42	2.45	33091.60	33091.60	0.50	1227.82	2.50	18956.10	30606.60	15.44
3.25	3.81	ø8/12	2	2	9	SLU	0.30	131.67	2.38	32107.20	32107.20	0.50	2848.49	2.50	18956.10	29068.20	6.65
3.81	6.04	ø8/18	2	2	9	SLU	0.30	140.07	2.50	22472.00	31620.00	0.50	2109.81	2.50	12637.40	29636.60	5.99
6.04	6.60	ø8/12	2	2	9	SLU	0.30	223.80	2.42	32607.50	32607.50	0.50	3482.89	2.50	18956.10	29844.20	5.44
6.90	7.40	ø8/12	2	2	9	SLU	0.30	123.09	2.35	31694.70	31694.70	0.50	2623.87	2.50	18956.10	28437.30	7.22
7.40	9.40	ø8/18	2	2	9	SLU	0.30	268.64	2.50	22472.00	31125.50	0.50	1265.57	2.50	12637.40	29173.00	9.99
9.40	9.90	ø8/12	2	2	9	SLU	0.30	294.68	2.40	32344.60	32344.60	0.50	651.31	2.50	18956.10	29434.90	29.10

il tecnico incaricato

ing. Trivini Bellini Massimo