



POLITECNICO DI MILANO

Area Tecnico Edilizia

P.zza Leonardo da Vinci, 32 - 20133 M I L A N O

PHONE: +39 02 2399.1 www.polimi.it

Campus:
Via La Masa

Edificio N°: 22
Via La Masa 20 - Milano

Struttura:
Dipartimento di Meccanica

Codice Lavoro:
1023_10

Oggetto:
Ristrutturazione e Riqualificazione impiantistica edificio 22 (ex PPG)
Lotto funzionale n.2

Progetto ESECUTIVO

Progettazione: **arch. Dario Poli - A.T.E. - Politecnico di Milano**

Responsabile Unico del Procedimento: **arch. Riccardo Licari - A.T.E. - Politecnico di Milano**

Consulenza progettazione architettonica: **Ardea s.r.l. - Ing. Arturo Montanelli**

Consulenza opere strutturali: **Ing. Christian Amigoni**

Consulenza impianti: **Studiogamma s.r.l.**

Titolo Tavola
**CALCOLI E DIMENSIONAMENTO
OPERE STRUTTURALI 1 di 2**

Categoria Tavola
**OPERE
STRUTTURALI**

Codice Tavola

SCALA: - PLOTTAGGIO: - FORMATO: **A4/A3**

NOME FILE: **PEGR - 0101A00 - 020 - 00 - Calcoli1_2.doc**

NOTE:

REVISIONE
PEGR 0101A00 020 00

3					
2					
1					
0	EMISSIONE E STAMPA	23.03.2012	CA	CA	DP
REV.	DESCRIZIONE	DATA	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO

COMUNE DI MILANO**Ristrutturazione e Riqualificazione impiantistica edificio 22 (ex PPG)****Lotto funzionale n. 2****CALCOLI E DIMENSIONAMENTO OPERE STRUTTURALI****INDICE**

INDICE	0
1.1 Oggetto	2
1.2 Descrizione interventi	2
2. Interventi Strutturali: Progetto e Verifica	3
2.1 Intervento 1: Rimozione di porzioni di solaio laterocementizio	3
2.1.1 Descrizione dell'intervento	3
2.1.2 Riferimenti normativi – ipotesi di progetto	3
2.1.3 Materiali	5
2.1.3.1 Caratteristiche meccaniche elementi esistenti	5
2.1.3.2 Caratteristiche meccaniche nuovi elementi	8
2.1.4.1 Analisi dei carichi – Stato di fatto	8
2.1.4.2 Analisi dei carichi – Stato di progetto	10
2.1.5 Premessa	11
2.1.6 Modello ad elementi finiti – Risultati	12
2.1.6.1.1 Confronto SDF e SDP senza interventi di rinforzo – Analisi azioni agenti	12
2.1.6.1.2 Confronto SDF e SDP senza interventi di rinforzo – Analisi Deformate Modali	15
2.1.6.1.3 Confronto SDF e SDP senza interventi di rinforzo – Analisi dei risultati	20
2.1.6.2.1 Confronto SDF e SDP con cerchiatura – Analisi azioni agenti	21
2.1.6.2.2 Confronto SDF e SDP senza interventi di rinforzo – Analisi Deformate Modali	24
2.1.6.2.3 Confronto SDF e SDP con interventi di rinforzo – Analisi dei risultati	35
2.1.6.2.4 Verifica elementi strutturali cerchiatura	47
2.2 Intervento 2: Rinforzo di nodi di solaio con fibre di acciaio	50
2.2.2 Riferimenti normativi – ipotesi di progetto	50
2.2.3 Materiali	51
2.2.3.1 Caratteristiche meccaniche elementi esistenti	51
2.2.3.2 Caratteristiche meccaniche nuovi elementi	51
2.2.4 Intervento di consolidamento	52
2.3 Intervento 3: Rinforzo solai con fibre di carbonio	53

2.3.2	Riferimenti normativi – ipotesi di progetto	53
2.3.3	Materiali	53
2.3.3.1	Caratteristiche meccaniche elementi esistenti	53
2.3.3.2	Caratteristiche meccaniche nuovi elementi	54
2.3.4.1	Analisi dei carichi – Stato di fatto	54
2.3.4.2	Analisi dei carichi – Stato di progetto	55
2.3.5	Calcolo degli elementi strutturali	56
2.4	Intervento 4: Rinforzo travi di bordo con tubi in acciaio	59
2.4.2	Riferimenti normativi – ipotesi di progetto	59
2.4.3	Materiali	59
2.4.3.1	Caratteristiche meccaniche elementi esistenti	59
2.4.3.2	Caratteristiche meccaniche nuovi elementi	59
2.4.4.1	Analisi dei carichi – Stato di fatto	60
2.4.4.2	Analisi dei carichi – Stato di progetto	60
2.4.5	Calcolo degli elementi strutturali	61
2.4.5.1	Verifica torsionale nuovi elementi portati	63
2.5	Intervento 5: Realizzazione cordolo di fondazione	66
2.5.2	Riferimenti normativi – ipotesi di progetto	66
2.5.3	Materiali	66
2.5.3.1	Caratteristiche meccaniche elementi esistenti	66
2.5.3.2	Caratteristiche meccaniche nuovi elementi	66
2.5.4.1	Analisi dei carichi – Stato di progetto	67
2.5.5	Calcolo degli elementi strutturali	67
2.6	Intervento 6: Realizzazione di scale in acciaio	69
2.6.2	Riferimenti normativi – ipotesi di progetto	69
2.6.3	Materiali	69
2.6.3.1	Caratteristiche meccaniche nuovi elementi	69
2.6.4.1	Analisi dei carichi – Stato di progetto	70
2.6.5	Calcolo degli elementi strutturali	71
3.1	Riassunto delle verifiche svolte	74
4.1	Elaborati di calcolo allegati	74

COMUNE DI MILANO

Ristrutturazione e Riqualificazione impiantistica edificio 22 (ex PPG)

Lotto funzionale n. 2

CALCOLI E DIMENSIONAMENTO OPERE STRUTTURALI

1.1 Oggetto

La presente relazione è relativa al progetto di ristrutturazione di un immobile con struttura in calcestruzzo armato facente parte del Campus di Ingegneria del Politecnico in via la Masa a Milano.

1.2 Descrizione interventi

L'intervento in oggetto prevede le seguenti problematiche strutturali da analizzare:

1. Rimozione di alcune porzioni di solaio laterocementizio per la creazione di una hall di accesso;
2. Rinforzo di alcuni nodi di solaio con fibre di carbonio;
3. Consolidamento dei campi di solaio opposti alla zona di rimozione dei solai prevista al punto 1;
4. Consolidamento delle travi di bordo tramite apposizione di tubi verticali in acciaio. L'intervento è dovuto all'aumento del carico gravante sulle travi di bordo a causa dell'apposizione di nuovi elementi di facciata. L'intervento sarà eseguito lungo tutta l'estensione dell'edificio sui lati est, ovest e sud.
5. Realizzazione di un nuovo cordolo di fondazione per l'appoggio della struttura della facciata continua.
6. Demolizione delle rampe di accesso esistenti e sostituzione con scale in acciaio.

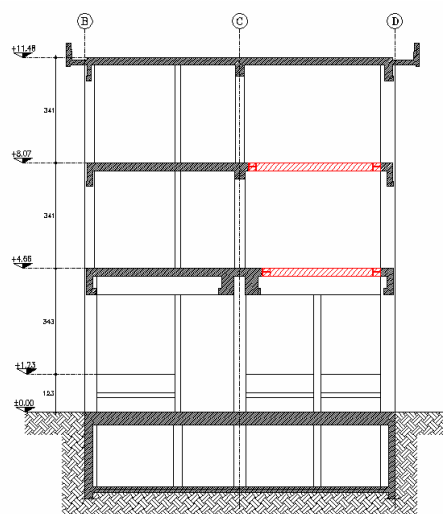
2. Interventi Strutturali: Progetto e Verifica

Nei seguenti capitoli vengono illustrate le modalità di progetto e verifica degli interventi sopra citati.

2.1 Intervento 1: Rimozione di porzioni di solaio laterocementizio

2.1.1 Descrizione dell'intervento

L'intervento prevede la rimozione di due campi di solaio laterocementizio per i solai di copertura del piano terra e del piano primo.



Una volta rimosso il solaio verrà realizzata una cerchiatura con profili in acciaio per rinforzare la zona oggetto d'intervento.

2.1.2 Riferimenti normativi – ipotesi di progetto

Come descritto nella relazione descrittiva degli interventi, verrà analizzato il comportamento globale dell'edificio per verificare che non peggiorino gli indici di vulnerabilità sismica. L'intervento in oggetto prevede la rimozione di solai nella parte centrale dell'edificio. Il modello ha compreso pertanto solo la porzione centrale di edificio, ipotizzando che i giunti (che distanziano e separano le diverse parti di circa 5 cm) riescano a scindere completamente il comportamento dei vari corpi di fabbrica. Non sono state analizzate eventuali variazioni di carico dovute ad interventi secondari: la modellazione ha avuto infatti lo scopo di evidenziare l'eventuale modifica del modo di comportarsi della struttura in relazione alla sola rimozione del solaio in laterocemento. Le condizioni al contorno sono state quindi mantenute costanti. Questa scelta è dovuta anche al fatto che dette condizioni non risultano variare in modo significativo.

E' stato scelto di modellare solo la parte fuori terra dell'edificio, ipotizzando che il terreno possa creare un vincolo perfetto per la traslazione alla base grazie al confinamento fornito dal terreno e dalla strada adiacente.

Il modello è stato realizzato riportando la dimensione delle travi e dei pilastri seguendo i rilievi degli elementi svolti in cantiere. La circolare 617 del 2 febbraio 2009 al punto C8A.1.B.3 riporta che, per un livello di conoscenza LC1, *“i dettagli non sono disponibili da disegni costruttivi e sono ricavati sulla base di un progetto simulato eseguito secondo la pratica dell'epoca della costruzione”*. Le armature sono state pertanto individuate tramite un'analisi statica svolta alle tensioni ammissibili, utilizzando un acciaio di classe FeB32k e un calcestruzzo Rck250. Il fattore di confidenza è posto pari a 1,35 (livello di conoscenza LC1). Si riporta di seguito la tabella C8A.1.2 della circolare 617/2009 che riporta lo schema per l'individuazione dei livelli di conoscenza e delle verifiche in situ da svolgere.

Livello di Conoscenza	Geometria (carpenterie)	Dettagli strutturali	Proprietà dei materiali	Metodi di analisi	FC
LC1	Da disegni di carpenteria originali con rilievo visivo a campione oppure rilievo ex-novo completo	Progetto simulato in accordo alle norme dell'epoca <i>limitate verifiche in situ</i>	Valori usuali per la pratica costruttiva dell'epoca <i>limitate prove in-situ</i>	Analisi lineare statica o dinamica	1.35
LC2		Disegni costruttivi incompleti con limitate verifiche in situ oppure estese verifiche in situ	Dalle specifiche originali di progetto o dai certificati di prova originali con limitate prove in-situ oppure estese prove in-situ	Tutti	1.20
LC3		Disegni costruttivi completi con limitate verifiche in situ oppure esaustive verifiche in situ	Dai certificati di prova originali o dalle specifiche originali di progetto con estese prove in situ oppure esaustive prove in-situ	Tutti	1.00

La verifica sismica è stata realizzata attraverso un'analisi modale (cap. 7.3.3.1 NTC2008), svolta sul modello precedentemente verificato alle tensioni ammissibili (statico). Il fattore di struttura è stato posto pari a 1,5, utilizzando il valore minimo così come indicato dalle NTC2008 al punto 7.4.3.2 e dalla circolare 617/2009 al punto C8.7.2.4.

La stessa circolare, al punto C8.7.2.5, classifica gli elementi ed i meccanismi resistenti dividendoli in *“duttili: travi, pilastri e pareti inflesse con e senza sforzo normale; fragili: meccanismi di taglio in travi, pilastri, pareti e nodi”*. Il punto C8.7.2.4 della circolare evidenzia le verifiche da svolgere per questi due diversi tipi di elementi, nel caso si svolga un'analisi dinamica modale con l'utilizzo del fattore q, sono le stesse previste per l'analisi statica lineare con l'utilizzo del fattore q. Le verifiche per gli elementi duttili sono svolte come specificato dalla circolare: *“tutti gli elementi strutturali duttili devono soddisfare la condizione che la sollecitazione indotta dall'azione sismica ridotta [dal fattore di struttura $q=1,5$] sia inferiore o uguale alla corrispondente resistenza.”* La verifica di questi elementi sarà pertanto svolta a livello di sollecitazione, confrontando i valori agenti e di resistenza del momento flettente. Lo stesso punto della circolare afferma che *“Tutti gli elementi strutturali fragili devono, invece, soddisfare la condizione che la sollecitazione indotta dall'azione sismica ridotta per $q=1,5$ sia inferiore o uguale alla corrispondente resistenza.”* In questo caso, le verifiche saranno condotte confrontando i valori delle azioni agenti e resistenti di taglio.

Riassumendo, la vulnerabilità dell'edificio sarà valutata attraverso cinque valori, ognuno ottenuto dal valore minimo degli elementi considerati:

Pilastri – Meccanismo duttile:	$\alpha = M_R - M_G / M_E$
Travi – Meccanismo duttile:	$\alpha = M_R - M_G / M_E$
Pilastri – Meccanismo fragile:	$\alpha = V_R - V_G / V_E$
Travi – Meccanismo fragile:	$\alpha = V_R - V_G / V_E$
Nodi trave-pilastro:	$\alpha = (A \cdot h^* [(f_l - \sigma/2)^2 - (\sigma/2)^2]^{0.5} - M_G) / M_E$

Dove: A = Area trave

h = altezza utile trave

$f_l = \sigma_{amm, trave} = 0,3 \sqrt{(f_{cm} / (FC \cdot \gamma_m))^2}$

$\sigma = N/A$

M_R = Momento resistente

M_E = Momento agente per carichi sismici

M_G = Momento agente per carichi gravitazionali

V_R = Taglio resistente

V_E = Taglio agente per carichi sismici

V_G = Taglio agente per carichi gravitazionali

In assenza di una fonte normativa a livello nazionale, il calcolo del fattore di sicurezza dei nodi viene svolto attraverso la formula fornita dal punto 7.2 del DGR 532/06 Regione Lazio, allegato 2.

In caso di adeguamento sismico, tutti i valori di α dovrebbero essere maggiori di 1. L'intervento in oggetto prevede solo il miglioramento sismico: la verifica condotta controllerà che i valori di α in stato di progetto siano superiori ai valori di α in stato di fatto.

2.1.3 Materiali

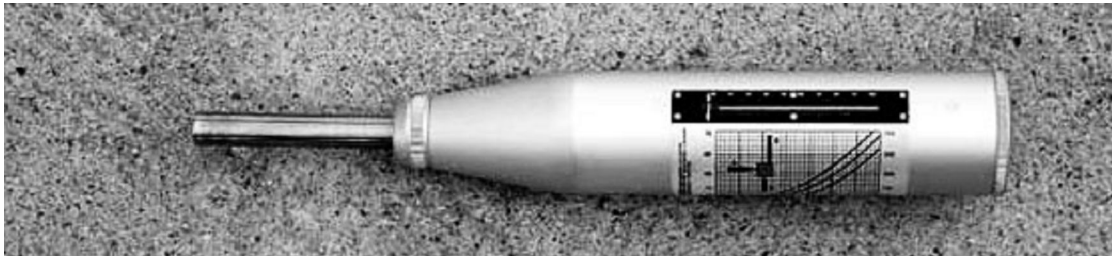
2.1.3.1 Caratteristiche meccaniche elementi esistenti

Per la caratterizzazione meccanica dei materiali dell'edificio esistente ci si è basati in parte sulle indagini in sito e in parte sullo studio della regola d'arte e delle normative vigenti nel periodo della realizzazione del manufatto.

Sono state svolte in sito numerose indagini sclerometriche che hanno portato alla definizione della classe di resistenza del c.a. Nelle tavole allegate vengono localizzate le prove eseguite.

La prova sclerometria viene svolta mediante una massa battente di acciaio azionata da una molla che contrasta un'asta di percussione a contatto sulla superficie di prova del calcestruzzo.

Il valore di rimbalzo della massa battente è misurata mediante un indice di lettura trascinato su una scala lineare alloggiata nella cassa dello sclerometro. Di seguito si riporta un'immagine dello strumento utilizzato:



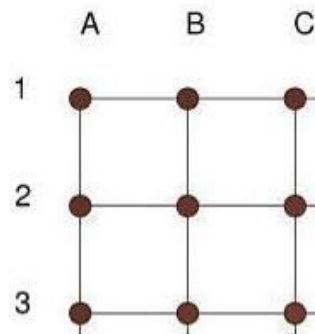
Durante le prove sono state rispettate le seguenti regole di buona esecuzione:

- Indagini su elementi di spessore > 150 mm;
- L'asse dello strumento è stato posto perfettamente ortogonale alla superficie da indagare;
- Utilizzo di sclerometro tracciante la battuta;

Prove eseguite con almeno nove letture su una griglia i cui punti sono stati posti ad un interasse compreso tra 25 e 50 mm e distanti possibilmente 25 mm dal bordo.



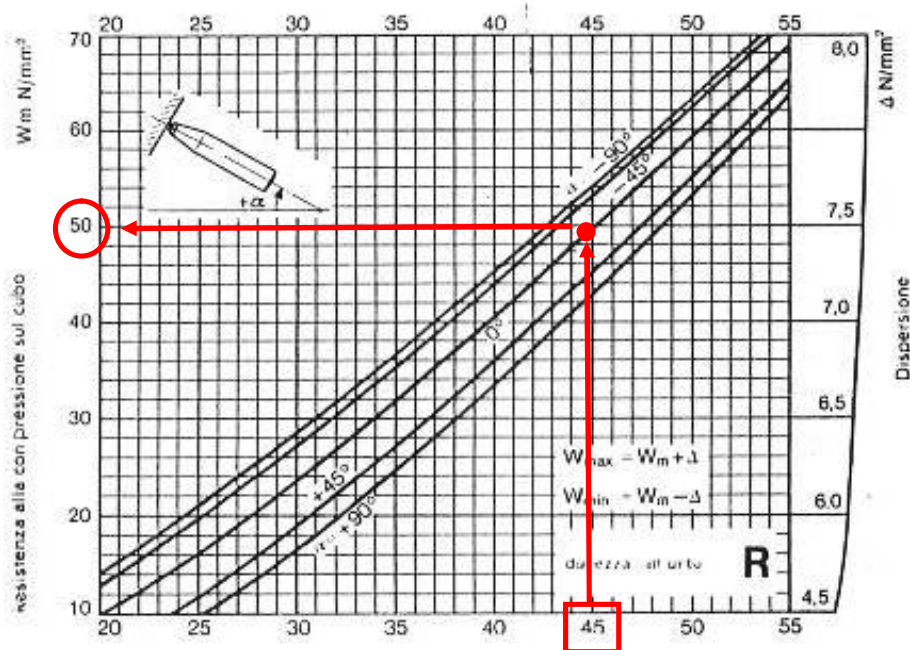
Reticolo di misurazione sul pilastro



Schema del reticolo di misurazione

L'indice di rimbalzo viene trasformato in resistenza cubica attraverso le curve di correlazione legate alla direzione d'uso dello sclerometro.

Fig. 3 Resistenza alla compressione sul cubo in funzione della durezza all'urto.
Mc dello sclerometro.



I risultati, oltre che a fornire indicazioni sull'uniformità delle caratteristiche del calcestruzzo all'interno della struttura, sono stati utilizzati nelle correlazioni finalizzate alla stima in situ della resistenza.

Elemento	Indici di rimbalzo									Media	$R_{\text{cub.}} [\text{N/mm}^2]$
S1	38	40	34	34	42	34	32	40	34	36	34
S2	38	36	38	30	28	30	28	30	38	33	28
S3	50	38	38	50	32	42	48	36	30	40	40
S4	36	34	28	30	30	38	34	34	30	32	27
S5	30	32	44	26	34	34	40	30	34	34	30

In seguito al confronto con le tabelle di conversione dello strumento, viene assegnato al calcestruzzo una classe di resistenza Rck250.

Per quanto riguarda l'acciaio d'armatura, sono state rinvenute delle barre di forma quadrata ad aderenza migliorata, delle barre tonde ad aderenza migliorata e numerose barre lisce. Nei calcoli verrà utilizzato un acciaio di classe FeB32k con tensione caratteristica pari a 1.600 kg/cm² per le armature a barre lisce e acciai di tipo FeB38k per le armature con barre ad aderenza migliorata.

Classe	Rottura f_{tk}	Snervamento f_{yk}	Tensione ammissibile σ_a
Acciaio FeB32k	490 N/mm ²	315 N/mm ²	160 N/mm ²
Acciaio FeB38k	450 N/mm ²	375 N/mm ²	215 N/mm ²

Le caratteristiche meccaniche dei citati materiali vengono assunte come riferimento nelle seguenti verifiche degli elementi strutturali.

In tutta la presente relazione di calcolo verranno considerati i seguenti moduli elastici e pesi degli elementi:

$$\begin{aligned} E_{cls} &= 300.000 \text{ kg/cm}^2 & \gamma &= 2.500 \text{ kg/m}^3 \\ E_s &= 2.100.000 \text{ kg/m}^2 & \gamma &= 7.850 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

2.1.3.2 Caratteristiche meccaniche nuovi elementi

Vengono utilizzati i seguenti tipi di acciaio da carpenteria:

Classe	f_{tk}	f_{yk}	σ_a
S235	360 N/mm ²	235 N/mm ²	160 N/mm ²

Vengono utilizzati i seguenti tipi di acciaio d'armatura:

Classe	f_{tk}	f_{yk}	σ_a
B450C	540 N/mm ²	450 N/mm ²	260 N/mm ²

Vengono utilizzati i seguenti tipi di calcestruzzo:

Classe	R_{ck}	f_{ck}	σ_a
C25/30	30 N/mm ²	25 N/mm ²	9,7 N/mm ²

2.1.4.1 Analisi dei carichi – Stato di fatto

- CARICHI DA NEVE

In accordo con le NTC2008 viene calcolato il carico da neve:

$$q_s = \mu_i q_{sk} C_e C_t$$

Il comune di Milano è posto in zona I ad altezza 120-140 m s.l.m., minore di 200 m s.l.m.; si ottiene pertanto:

$$q_{sk} = 150 \text{ kg/m}^2$$

In osservanza del punto 3.4.5.3 delle NTC2008 viene definito il coefficiente di forma uguale a 0,8 in quanto alla neve non viene consentito di scivolare a causa della geometria della copertura.

Viene calcolato il carico da neve complessivo:

$$q_s = \mu_i q_{sk} C_e C_t = 0,8 \times 150 \times 1,0 \times 1,0 = 120 \text{ kg/m}^2$$

- CARICHI VARIABILI

I carichi variabili applicati al solaio in acciaio saranno, in conformità con quanto indicato dalle NTC2008, capitolo 3.1.4, categoria B1 "Uffici non aperti al pubblico", pari a:

- Categoria B1: 200 kg/m²

- STATO DI FATTO - CARICHI TOTALI SU SOLAI

Vengono di seguito riportati i carichi agenti sui vari solai:

SOLAIO 01 – Solaio in c.a. (calpestabile)

Solaio in c.a. 20+4	300 Kg/mq

Permanenti	170 Kg/mq
Tramezzi (gesso e cartongesso, 45 kg/m ²)	80 kg/mq
Accidentali	200 Kg/mq

Totali	750 Kg/mq

SOLAIO 02 – Solaio in c.a. (calpestabile)

Solaio in c.a. 20+4	300 Kg/mq

Permanenti	170 Kg/mq
Tramezzi (gesso e cartongesso, 45 kg/m ²)	80 kg/mq
Accidentali	200 Kg/mq

Totali	750 Kg/mq

SOLAIO 03 – Solaio in c.a. (copertura)

Solaio in c.a. 20+4	300 Kg/mq

Permanenti	250 Kg/mq
Accidentali (neve)	120 Kg/mq

Totali	670 Kg/mq

- STATO DI FATTO - CARICHI LINEARI SU TRAVI BORDO

Le travi di bordo risultano gravate dal peso delle chiusure esterne. Si riporta di seguito la stratigrafia delle pareti esistenti:

- Controparete cartongesso (h = 120 + 60 cm)	25 kg/m ² x 1,80 =	45 kg/m
- Pannello rigido e struttura (h = 120 cm)	75 kg/m ² x 1,20 =	90 kg/m
- Pannello amianto (h = 120 cm)	50 kg/m ² x 1,20 =	60 kg/m
- Piastrelle finitura (h = 120 + 60 cm)	60 kg/m ² x 1,80 =	108 kg/m

- Serramento	30 kg/m ² x 1,70 =	51 kg/m
--------------	-------------------------------	---------

354 kg/m

2.1.4.2 Analisi dei carichi – Stato di progetto

Non è prevista una variazione dei carichi agenti sui vari solai. Non è infatti prevista una modifica della destinazione d'uso dell'edificio e nemmeno una modifica delle stratigrafie di solaio. E' prevista invece la rimozione degli elementi di facciata e la loro sostituzione con una facciata continua e con dei frangisole. Si riportano di seguito i nuovi carichi e le nuove stratigrafie.

- CARICHI LINEARI SU TRAVI BORDO (NUOVA STRATIGRAFIA – LATO STRADA)

Si riporta di seguito la nuova stratigrafia relativa ai carichi previsti nello stato di progetto.

- Facciata continua	90 kg/m ² x 3,45 =	310 kg/m
- Frangisole	45 kg/m ² x 3,45 =	155 kg/m

465 kg/m

- CARICHI LINEARI SU TRAVI BORDO (NUOVA STRATIGRAFIA – LATO INTERNO)

Si riporta di seguito la nuova stratigrafia relativa ai carichi previsti nello stato di progetto.

- Facciata continua	90 kg/m ² x 3,45 =	310 kg/m
---------------------	-------------------------------	----------

310 kg/m

2.1.5 Premessa

Qui di seguito è riportato il calcolo e la verifica dell'edificio allo stato di fatto e di tutti gli elementi strutturali che compongono le strutture.

La geometria, gli elementi usati per il modello strutturale, i carichi statici e l'azione sismica applicata sono riportati nei tabulati di calcolo allegati alla presente relazione.

Il metodo di verifica adottato per gli elementi strutturali è quello degli stati limite per gli elementi calcolati con schemi semplificati. La modellazione sismica dell'edificio è realizzata mediante il programma di calcolo WinStrand della EnExSys.

Si riportano gli estremi delle licenze dei programmi utilizzati:

- Programmi di disegno e grafica Autodesk:

N°3 licenze AUTOCAD LT 2010: N°1=351-68640198; N°2=351-68639705; N°3=352-40586088;

N°1 AUTOCAD LT 2008: 345-76789750

- N°2 licenze programma per calcoli strutturali WINSTRAND ENEXSYS 2010:

N°1=0445 MGNCH1, N°2=0445 MGNCHR,

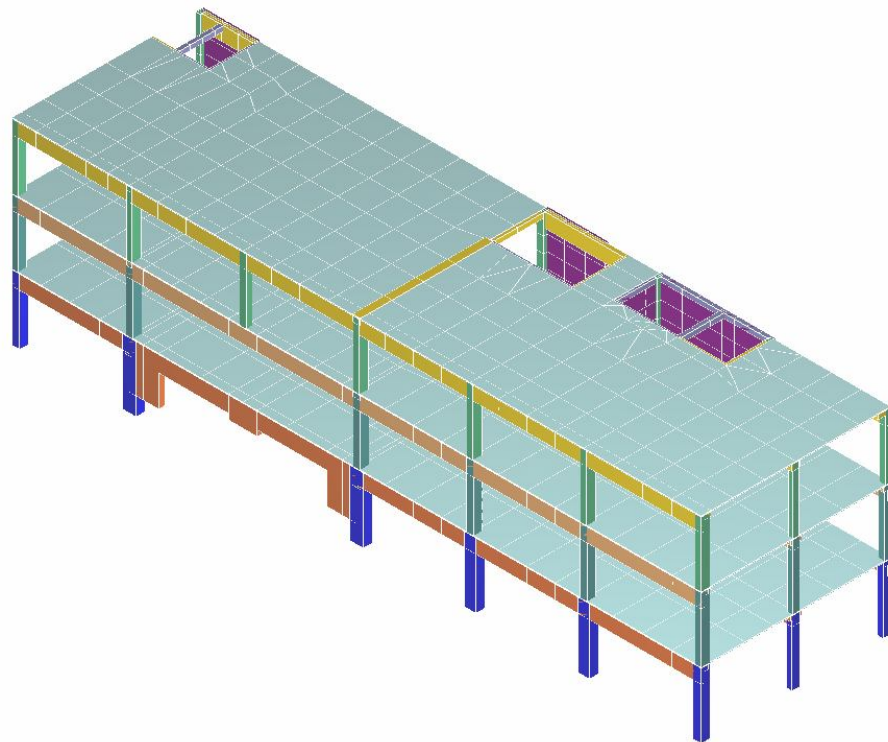
- N°1 licenze programma di editing di testo Microsoft Office XP Standard 2003: 021-04791

- N°3 licenze programma di editing di testo Microsoft Office Small Business 2007: X13-906594

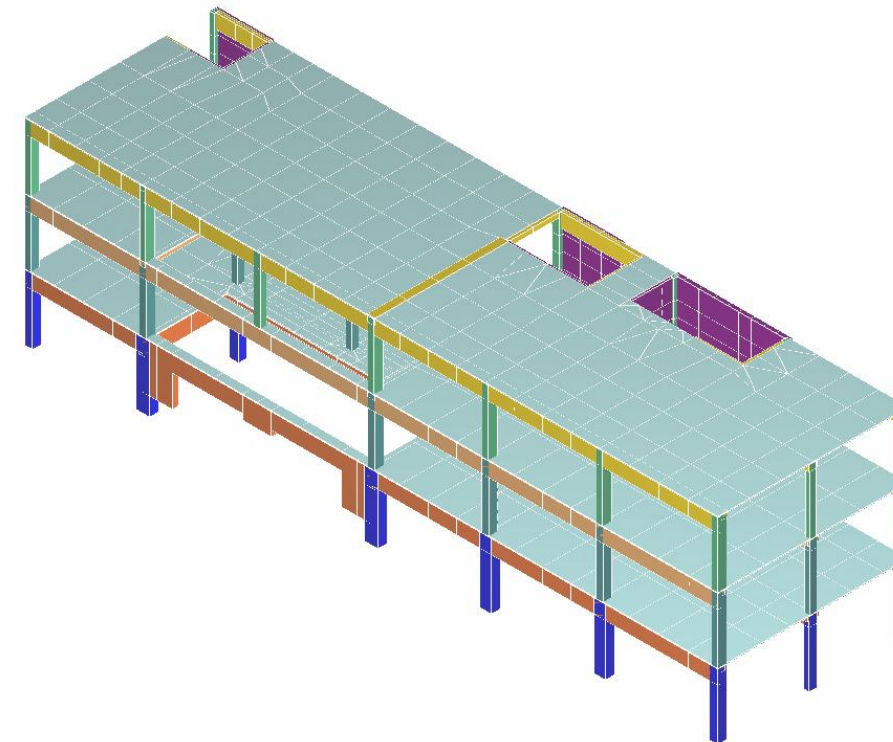
2.1.6 Modello ad elementi finiti – Risultati

2.1.6.1.1 Confronto SDF e SDP senza interventi di rinforzo – Analisi azioni agenti

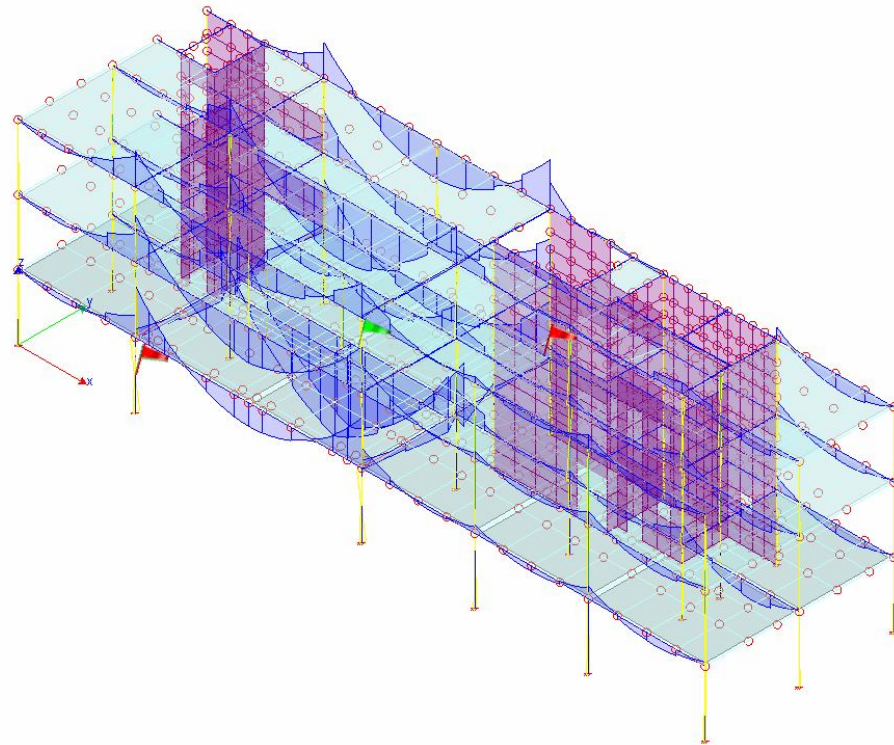
Si riportano di seguito delle immagini significative del modello sismico realizzato secondo le modalità indicate in precedenza. Si riportano i grafici dei valori delle azioni del modello allo Stato di Fatto e del modello ad uno stato di Progetto nel quale sia prevista la rimozione del solaio senza alcun intervento di rinforzo.



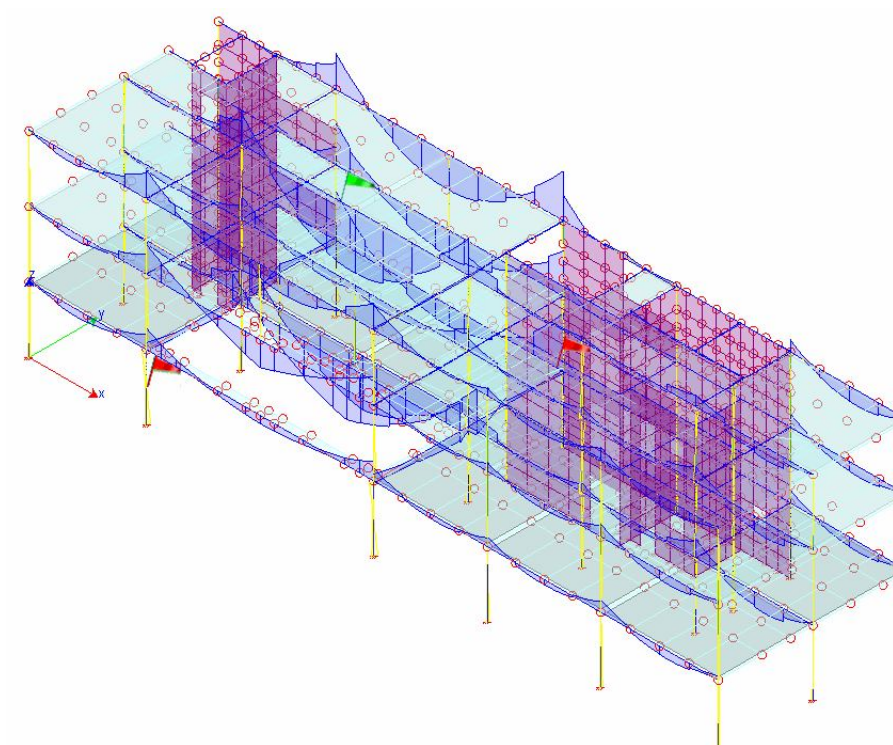
STATO DI FATTO - MODELLO AD ELEMENTI FINITI



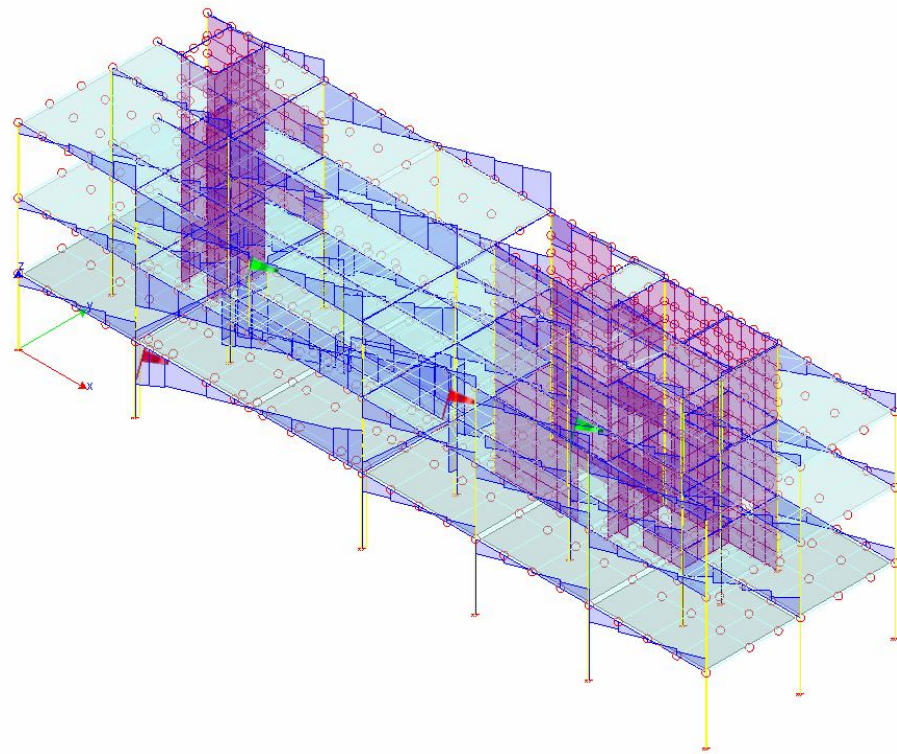
STATO DI PROGETTO (SENZA CERCHIATURA) - MODELLO AD ELEMENTI FINITI



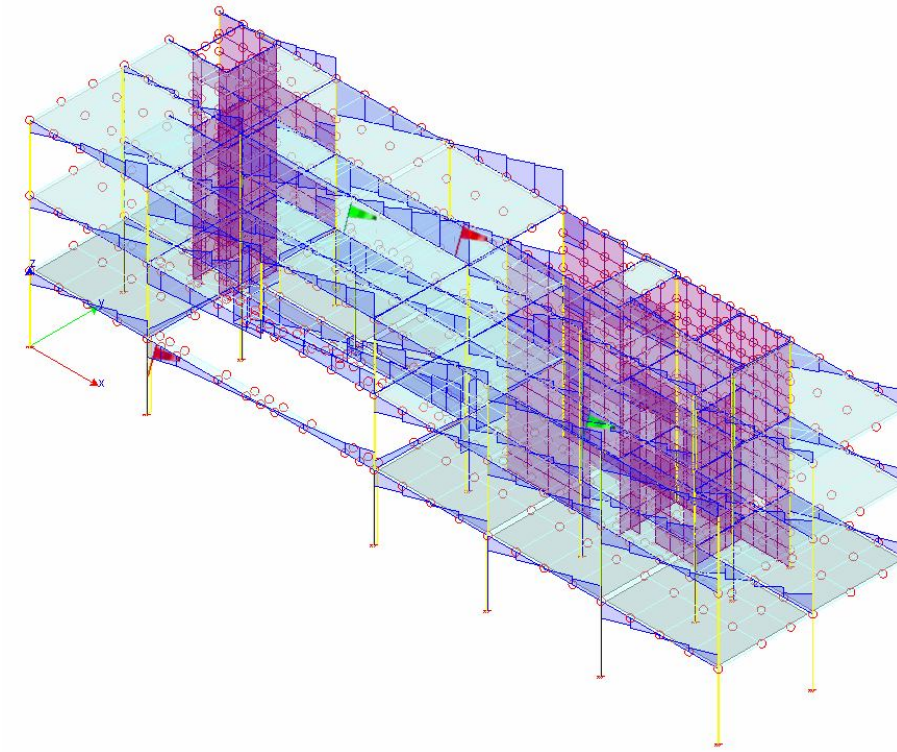
STATO DI FATTO - INVILUPPO DEI MOMENTI



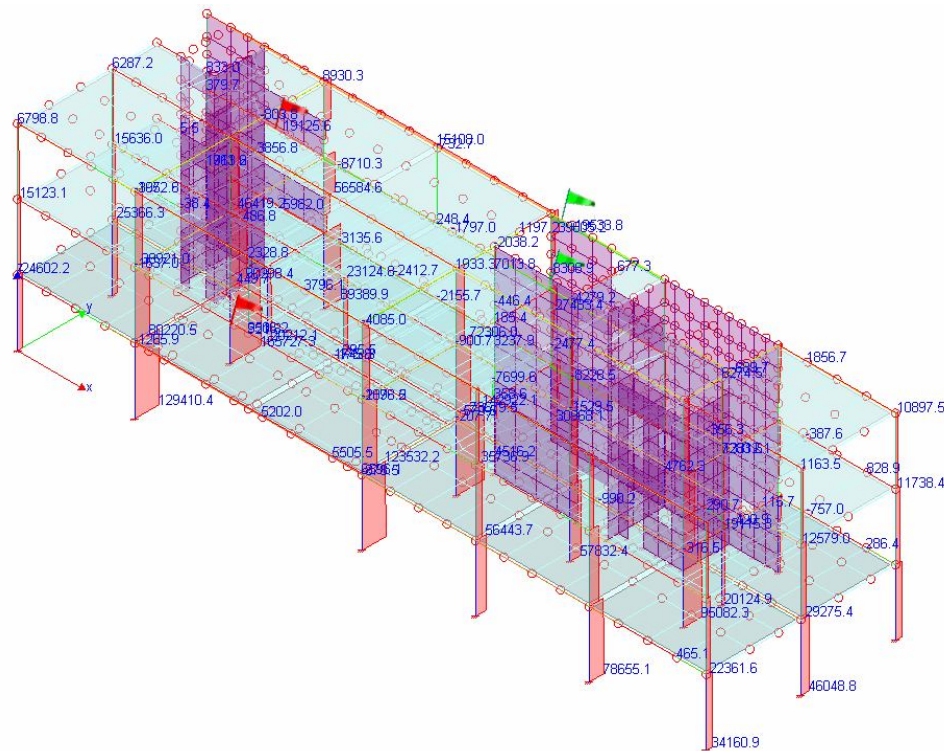
STATO DI PROGETTO (SENZA CERCHIATURA) - INVILUPPO DEI MOMENTI



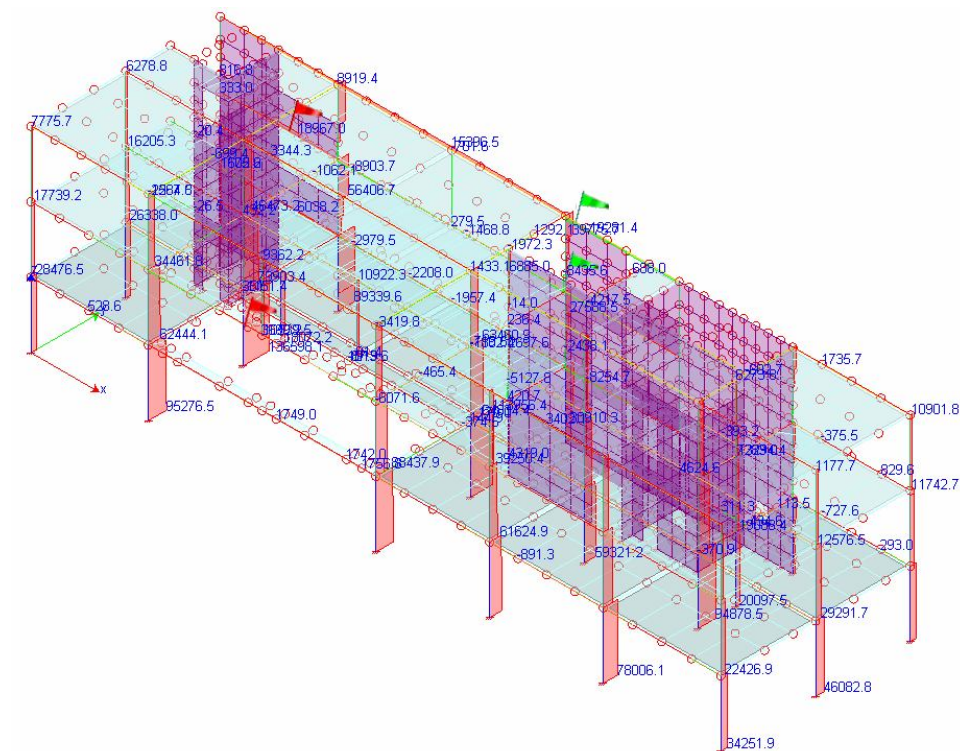
STATO DI FATTO - INVILUPPO DEI TAGLI



STATO DI PROGETTO (SENZA CERCHIATURA) - INVILUPPO DEI TAGLI

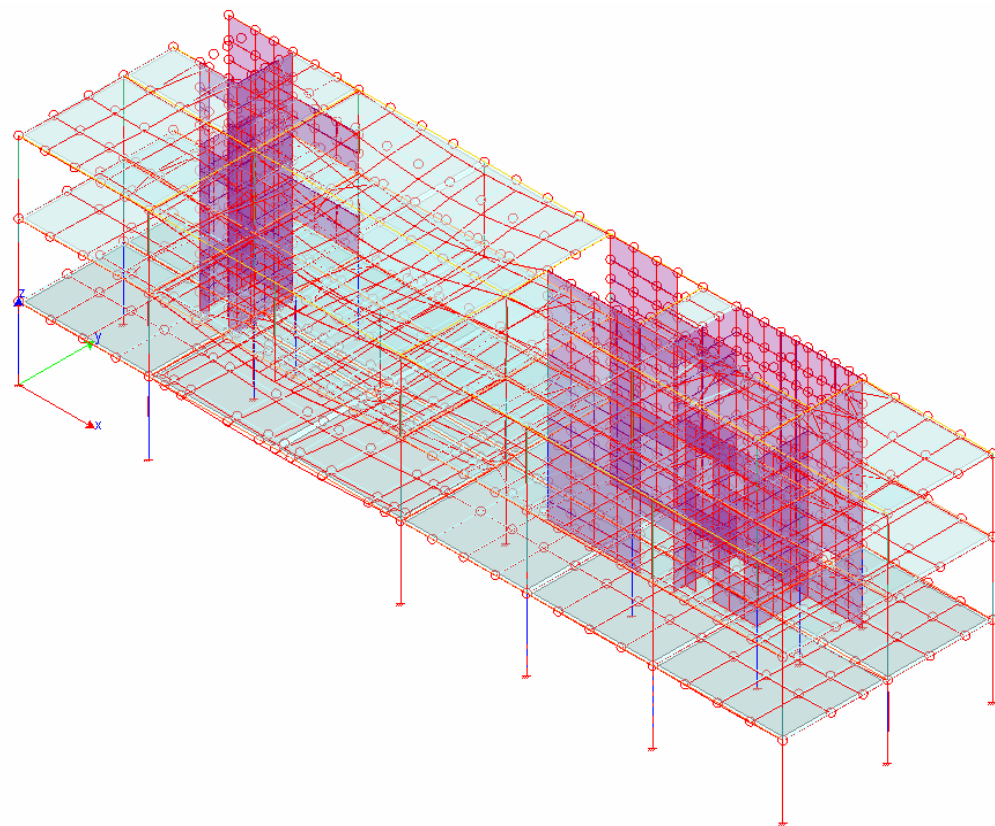


STATO DI FATTO - SLU – AZIONI ASSIALI

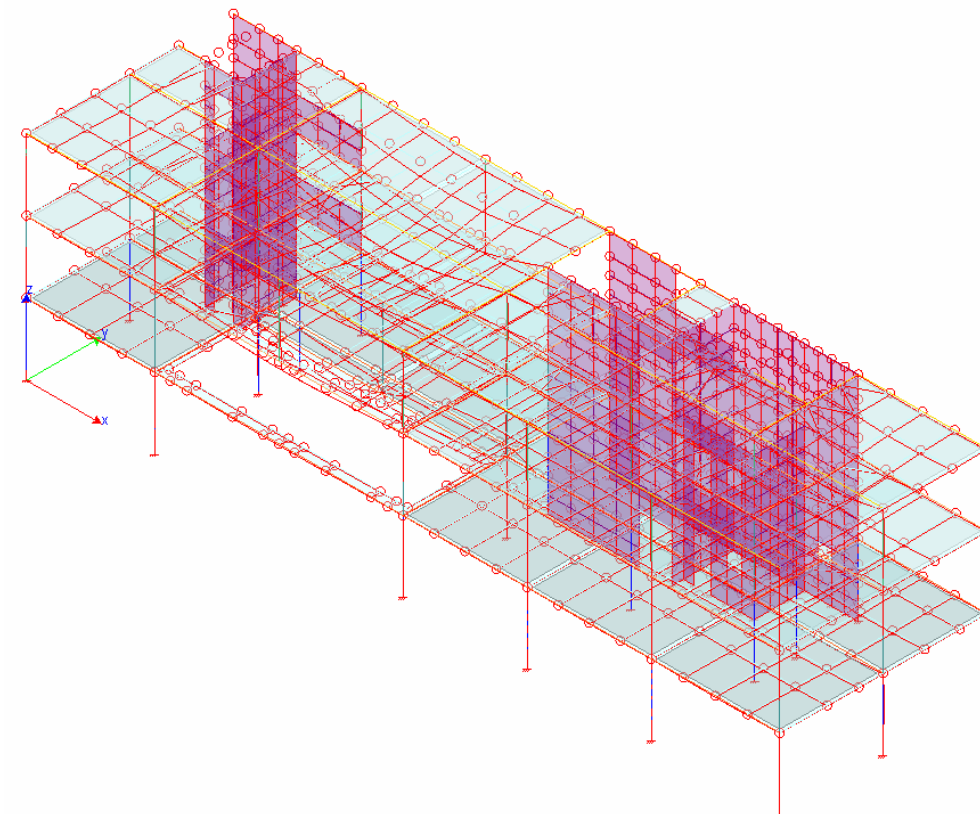


STATO DI PROGETTO (SENZA CERCHIATURA) - SLU – AZIONI ASSIALI

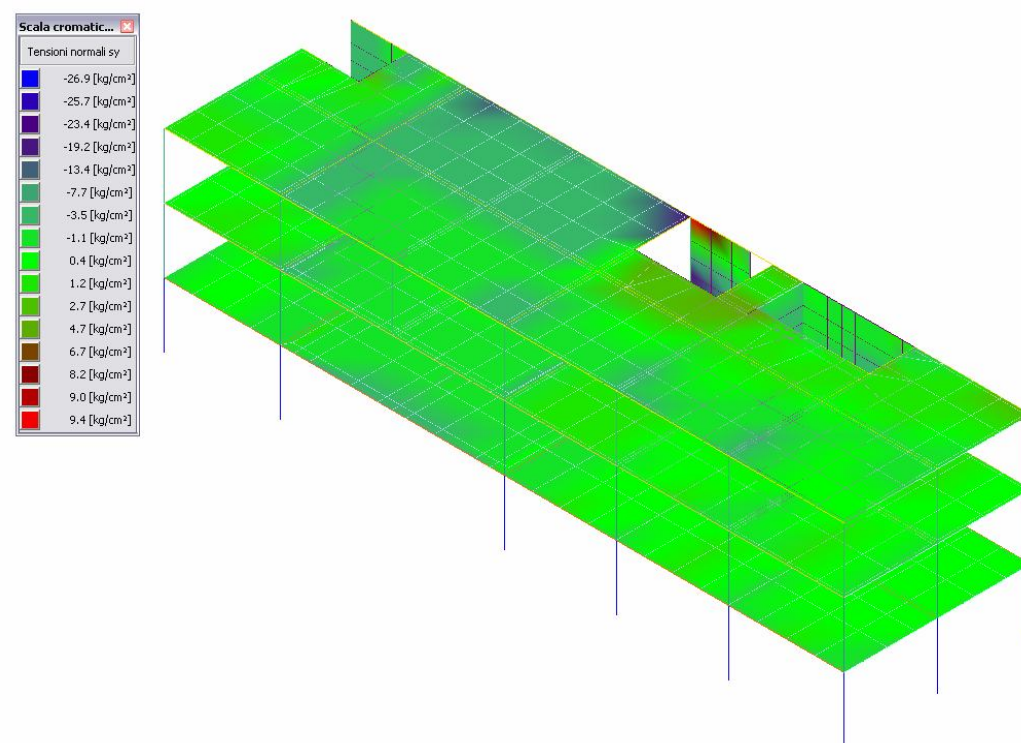
Nel modello rappresentante lo stato di progetto si evidenzia il decremento delle azioni agenti nelle zone di rimozione del solaio: si nota una evidente diminuzione del momento, del taglio e della freccia. Parallelamente, si nota un cospicuo decremento del valore dell'azione assiale dei pilastri adiacenti alla zona di intervento (da circa 130.000 kg a 95.000 kg allo SLU per i pilastri di facciata).



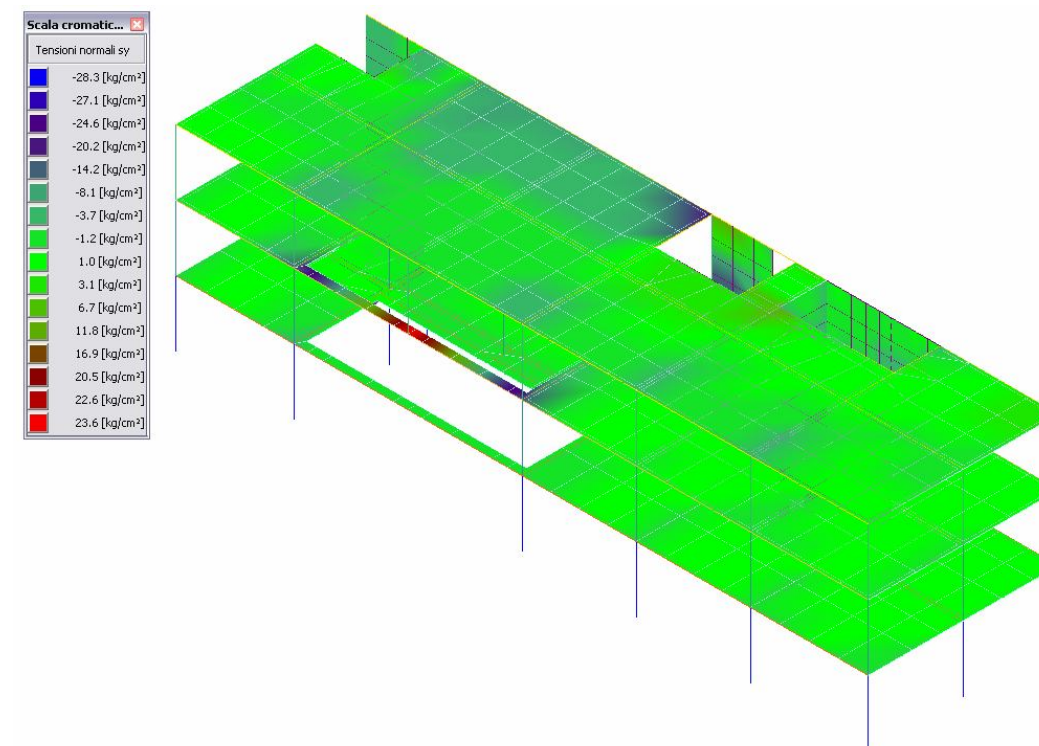
STATO DI FATTO - DEFORMATA – STATO LIMITE ULTIMO



STATO DI PROGETTO (SENZA CERCHIATURA) – DEFORMATA – STATO LIMITE ULTIMO



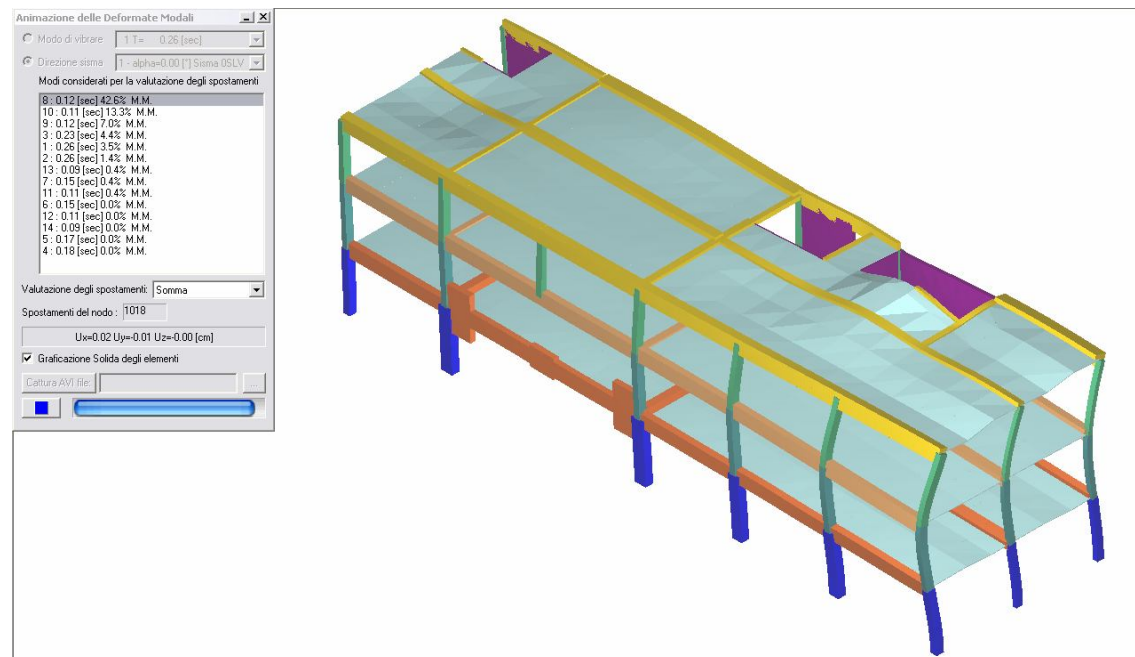
STATO DI FATTO – SFORZI NEL PIANO ORIZZONTALE



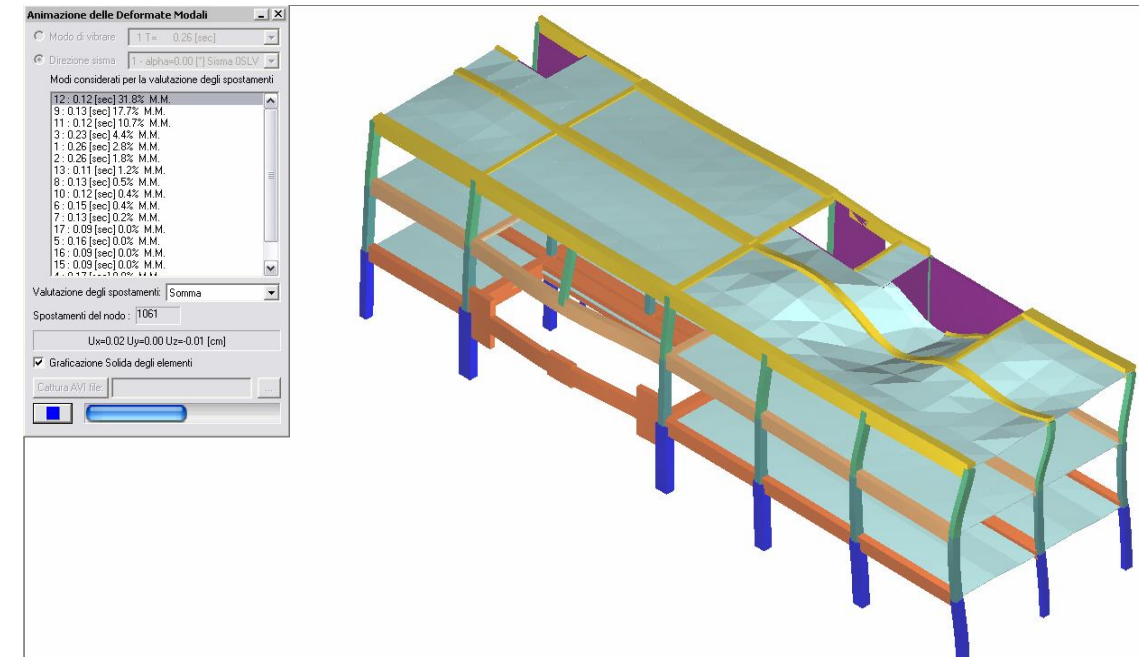
STATO DI PROGETTO (SENZA CERCHIATURA) – SFORZI NEL PIANO ORIZZONTALE

L'analisi degli sforzi nel piano orizzontale mette in luce una problematica di tipo locale, concernente la concentrazione di sforzi nella parte di trave isolata in facciata.

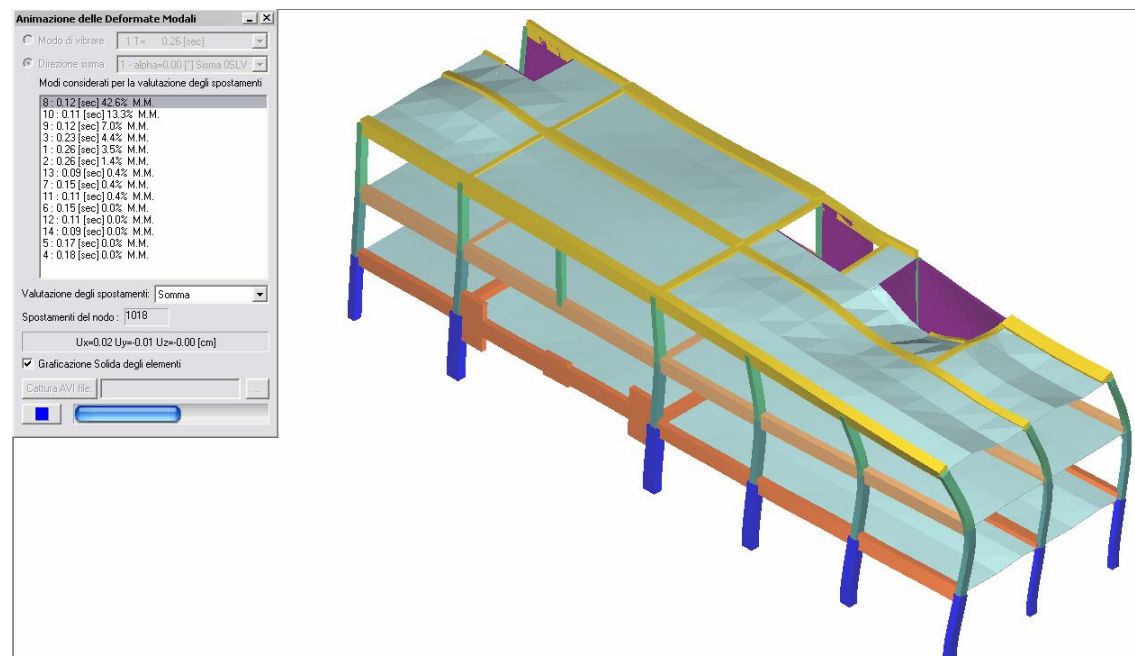
2.1.6.1.2 Confronto SDF e SDP senza interventi di rinforzo – Analisi Deformate Modali



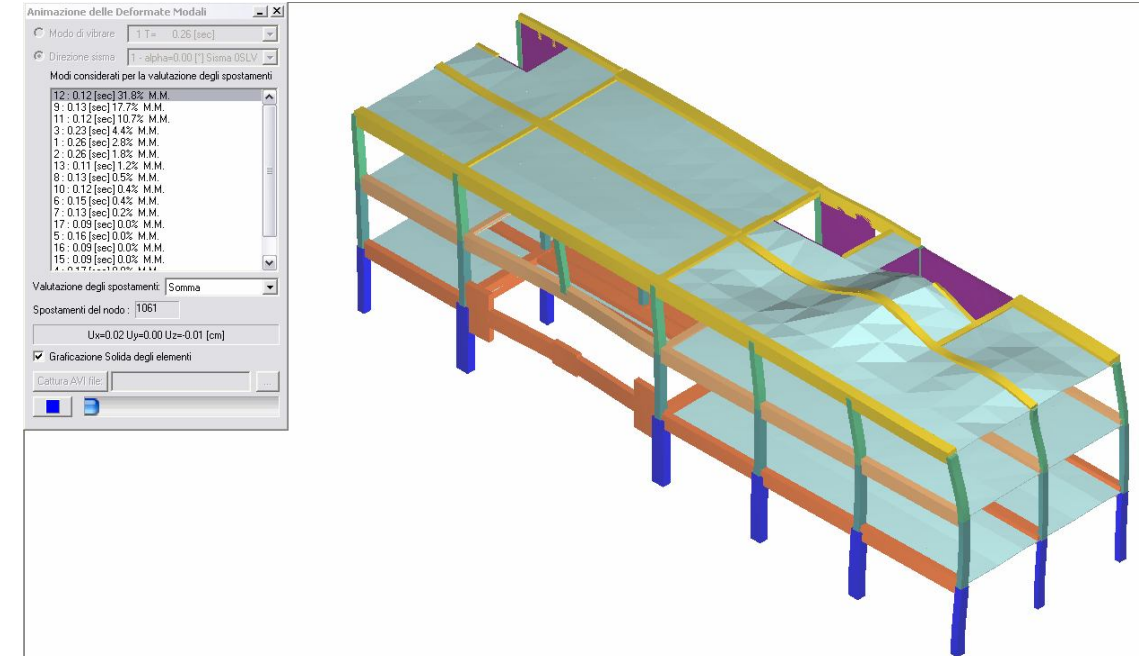
STATO DI FATTO – DIREZIONE X – MODO 1



STATO DI PROGETTO (SENZA CERCHIATURA) – DIREZIONE X – MODO 1

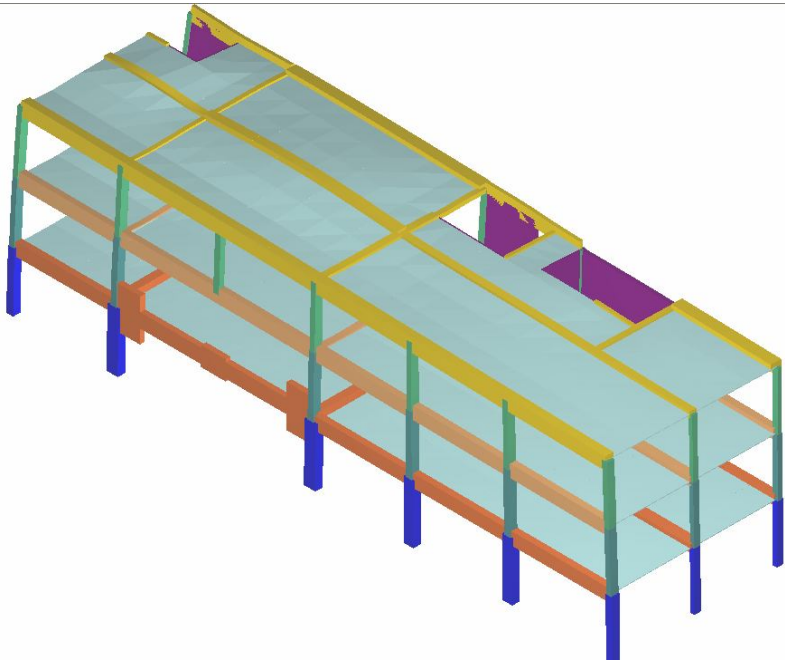
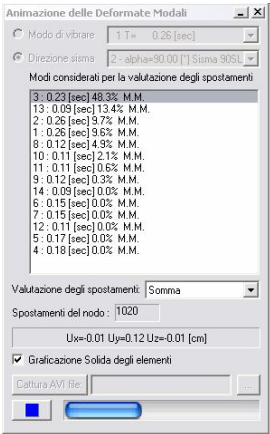


STATO DI FATTO – DIREZIONE X – MODO 1

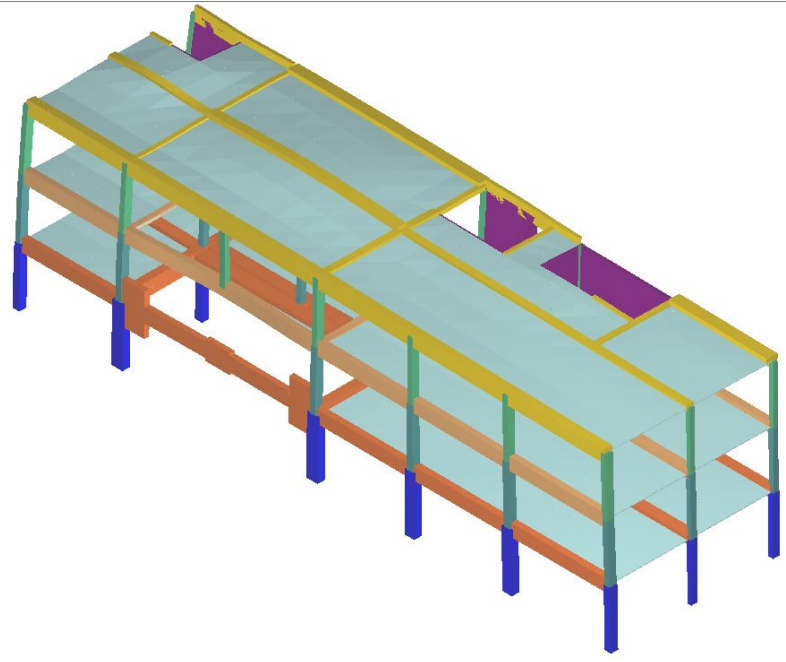


STATO DI PROGETTO (SENZA CERCHIATURA) – DIREZIONE X – MODO 1

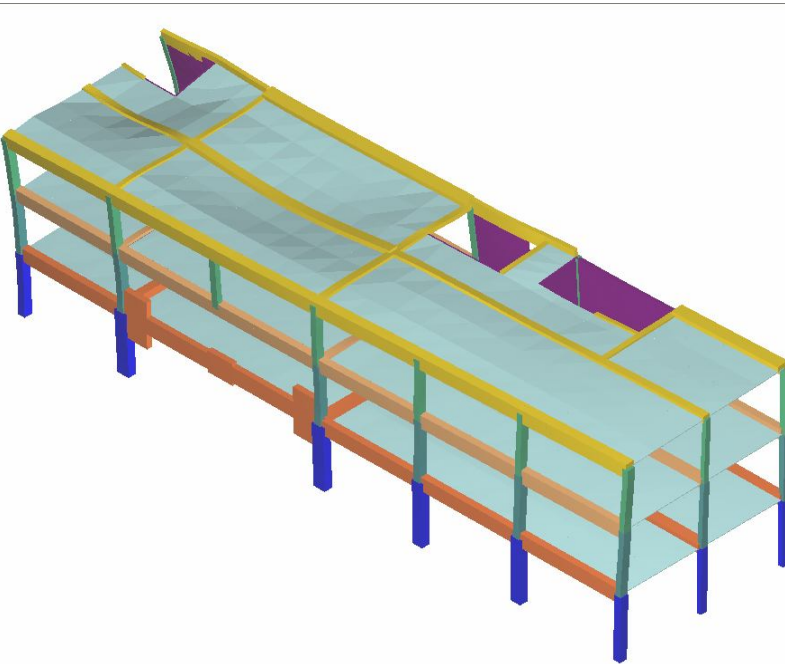
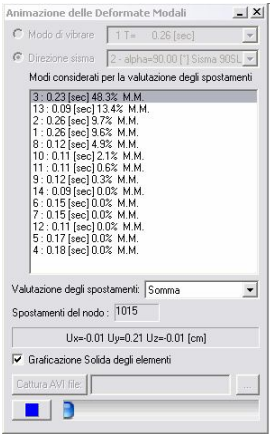
Viene analizzato il modo di vibrare che mette in partecipazione la massa maggiore in direzione X. Si nota che, pur mantenendo lo stesso periodo di vibrazione, cambia notevolmente la percentuale di massa partecipante (che scende dal 42% al 31%) e soprattutto cambia la modalità stessa di vibrazione. Si nota con evidenza che le travi restano isolate a causa dell'intervento di rimozione del solaio sbandino in modo anomalo, assumendo una deformata non presente allo stato di fatto.



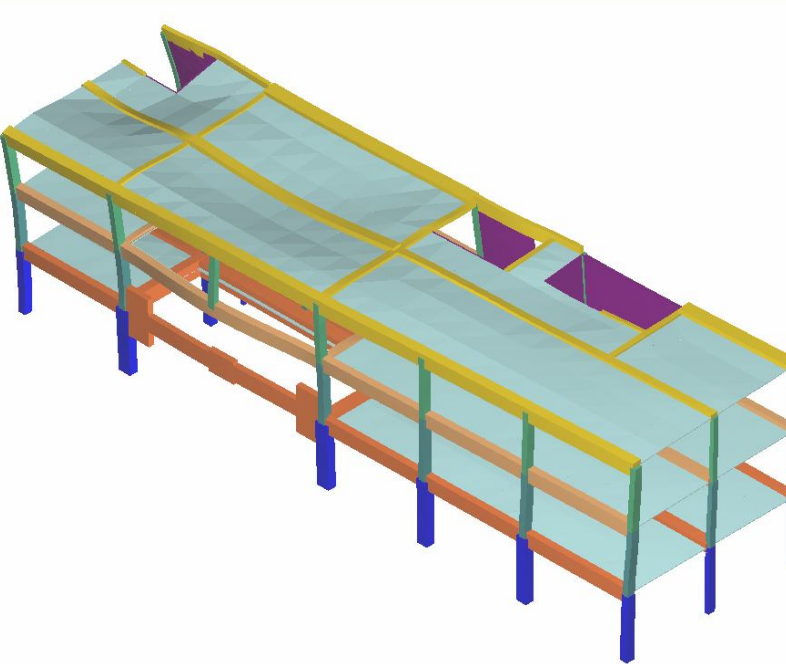
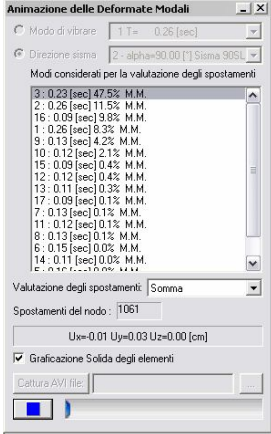
STATO DI FATTO – DIREZIONE Y – MODO 1



STATO DI PROGETTO (SENZA CERCHIATURA) – DIREZIONE Y – MODO 1

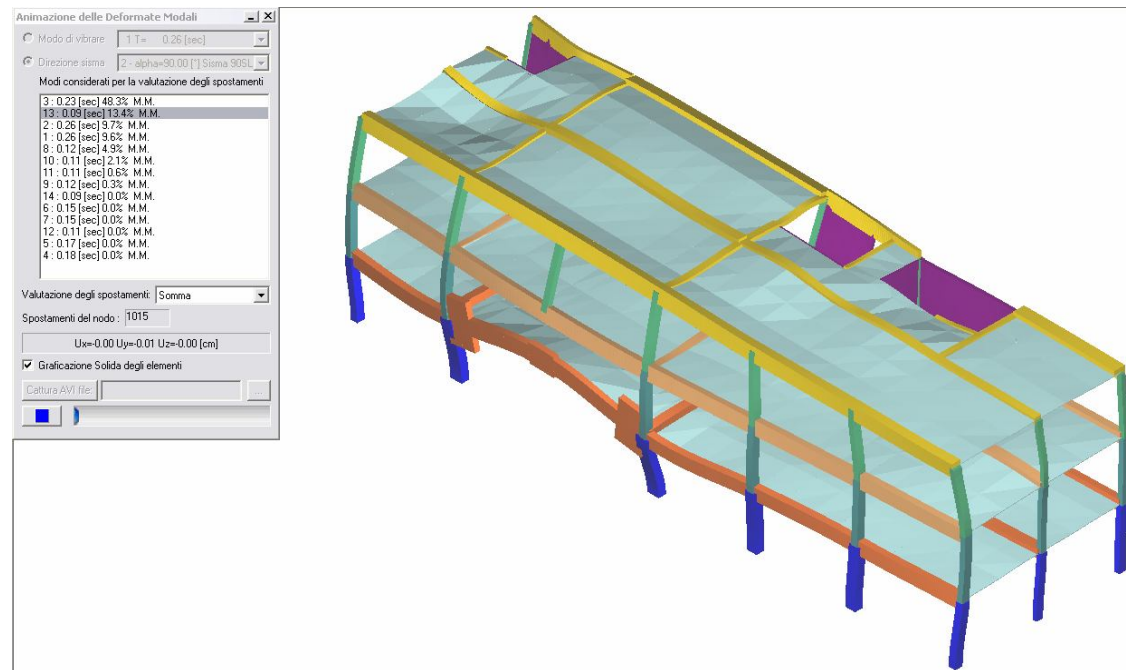


STATO DI FATTO – DIREZIONE Y – MODO 1

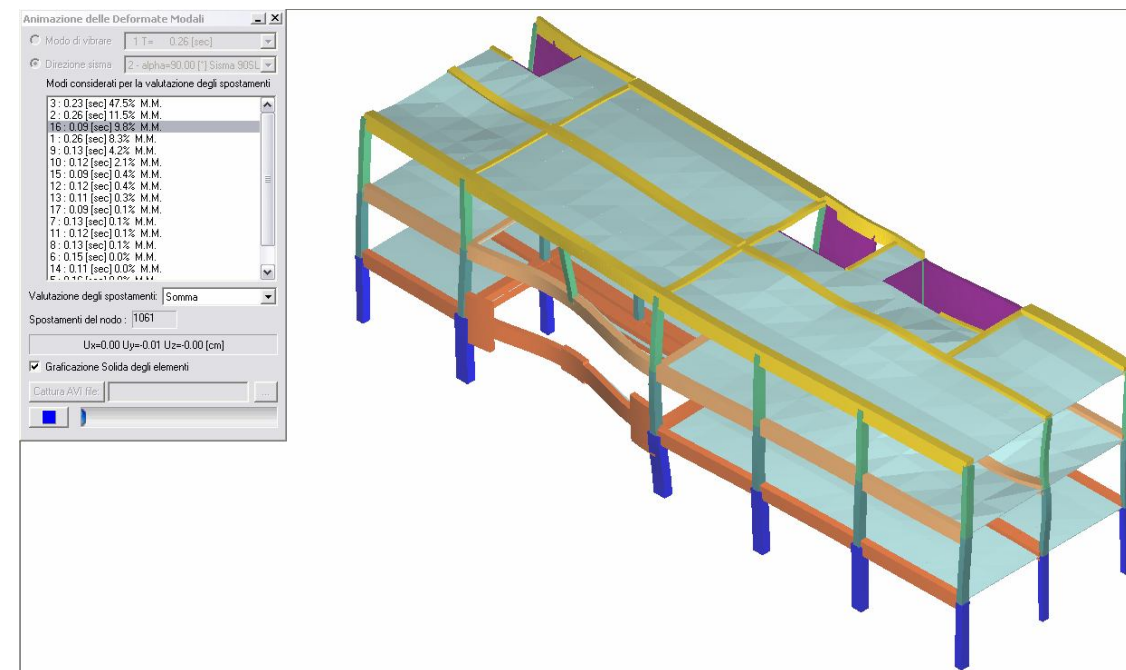


STATO DI PROGETTO (SENZA CERCHIATURA) – DIREZIONE Y – MODO 1

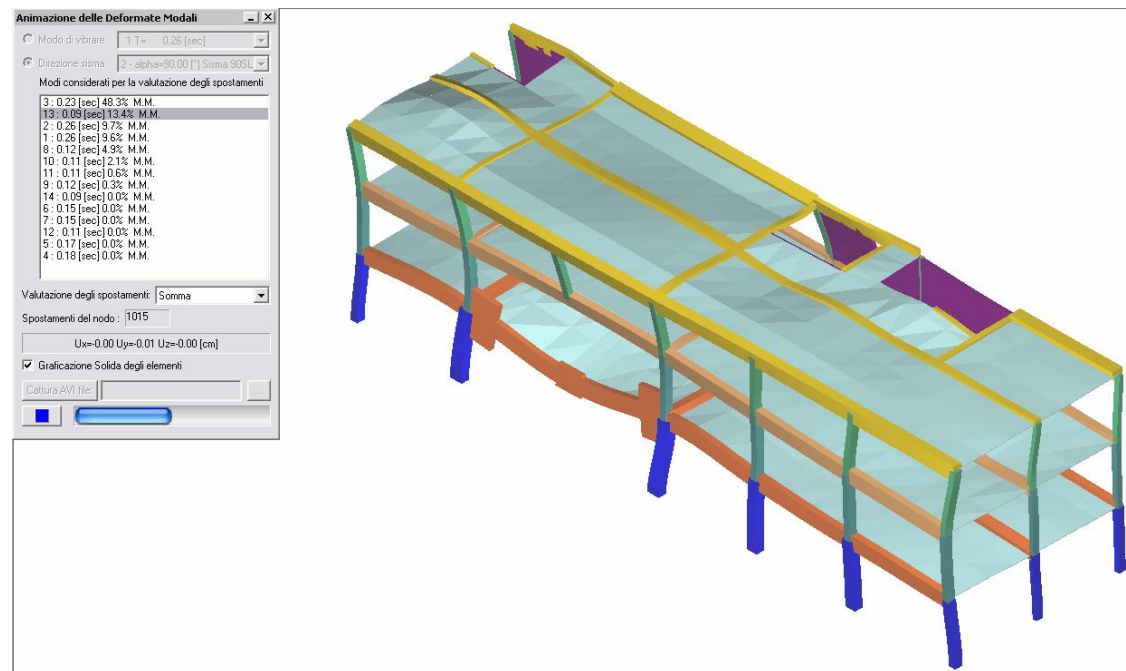
Viene analizzato il modo di vibrare che mette in partecipazione la massa maggiore in direzione Y. In questo caso il modo la massa partecipante decresce in modo non significativo (dal 48% al 47%); si nota però, anche in questo caso, una deformata anomala delle travi in prossimità del solaio rimosso, le quali, come per il caso di vibrazione in direzione X, sbandano fuori dal loro piano in un modo non presente allo stato di fatto.



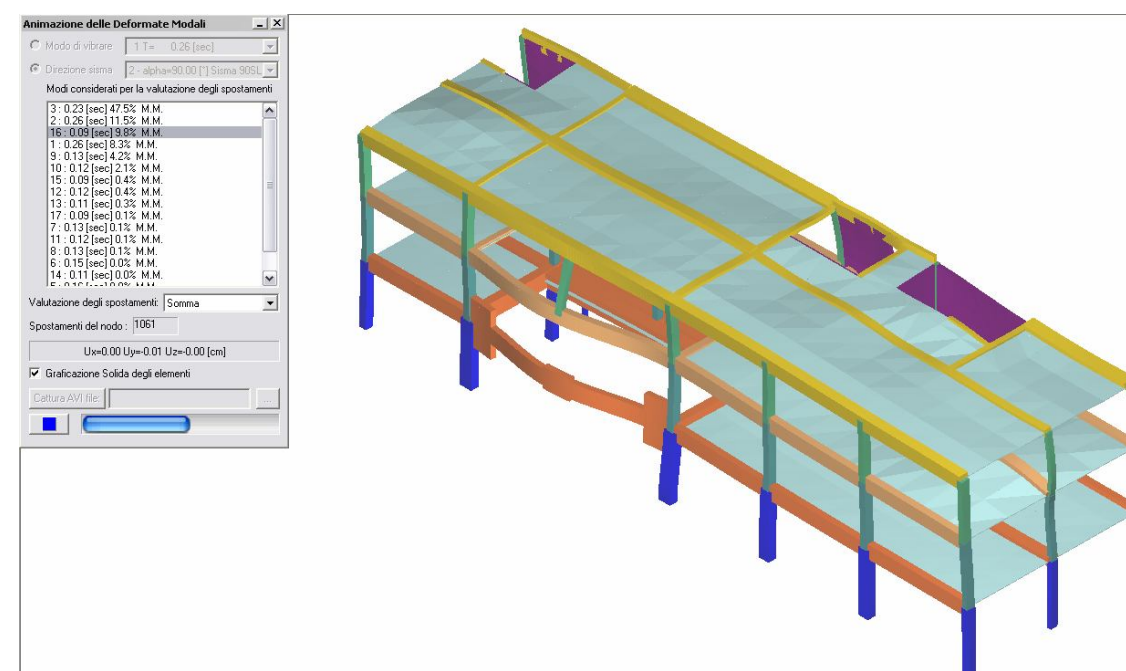
STATO DI FATTO – DIREZIONE Y – MODO 2



STATO DI PROGETTO (SENZA CERCHIATURA) – DIREZIONE Y – MODO 3

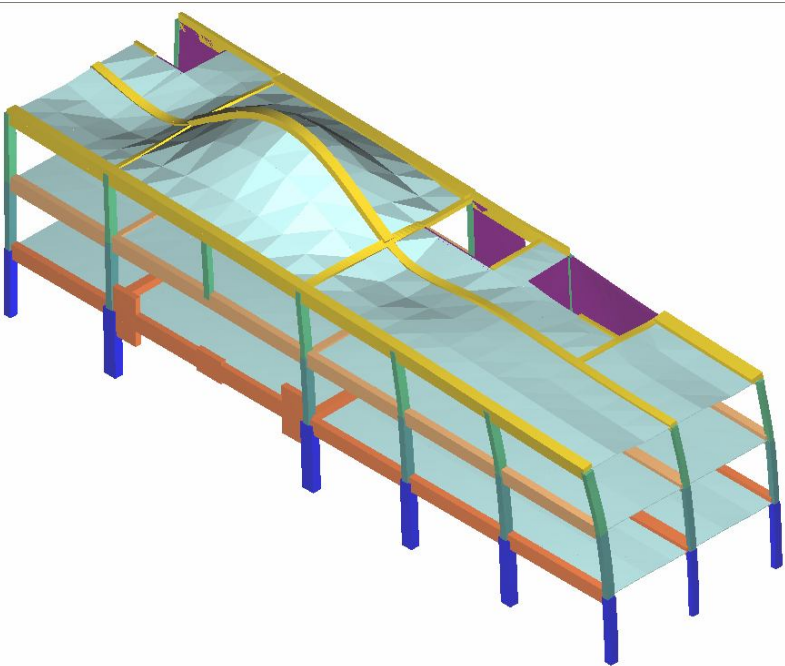
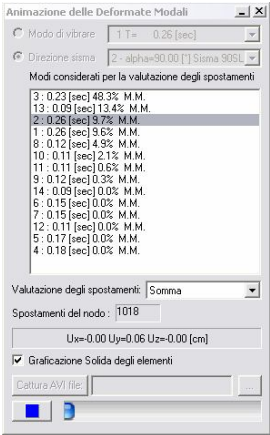


STATO DI FATTO – DIREZIONE Y – MODO 2

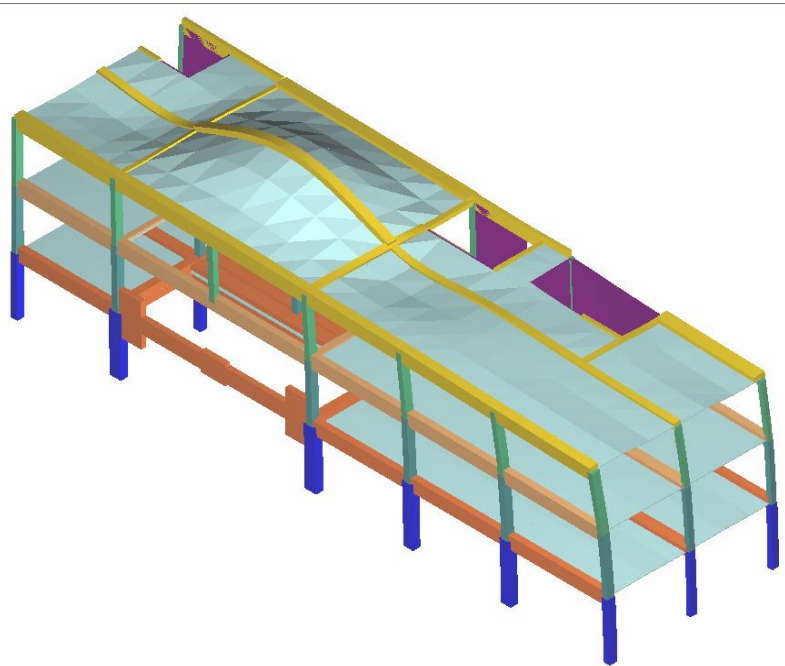
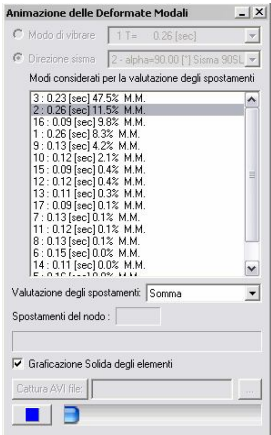


STATO DI PROGETTO (SENZA CERCHIATURA) – DIREZIONE Y – MODO 3

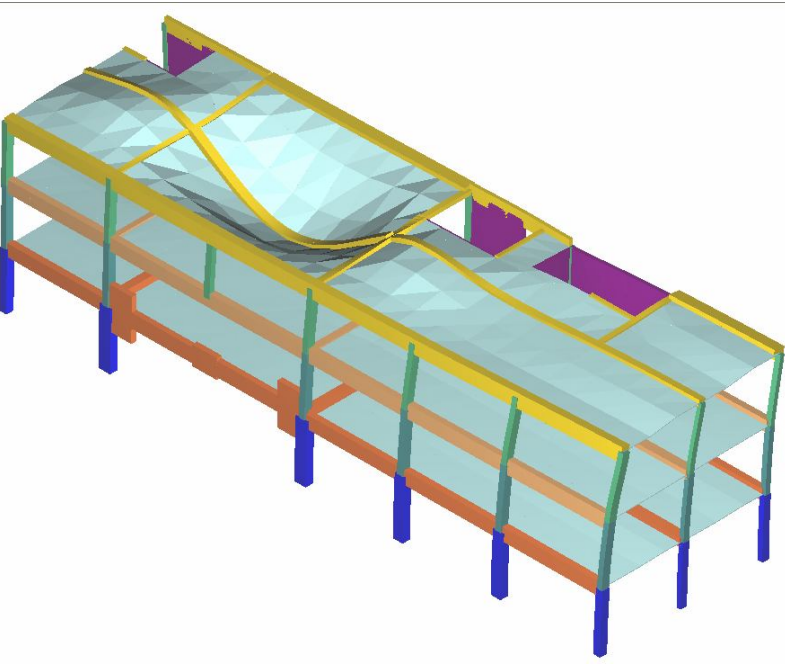
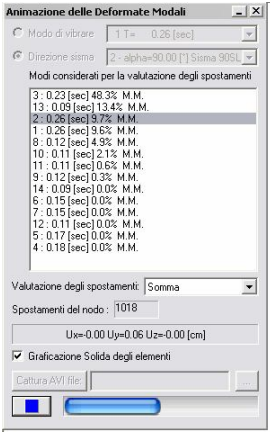
Oltre il primo modo di vibrare (inteso come percentuale di massa partecipante), si riscontra una modifica sostanziale del comportamento della struttura. Il secondo modo di vibrare allo Stato di fatto in sostanza scompare; per evidenziare un modo di vibrare simile si effettua un confronto con il terzo modo di vibrare del modello dello Stato di progetto. I due modi risultano però nella sostanza diversi, evidenziando infatti una deformata differente per quanto riguarda le travi in prossimità della zona di intervento.



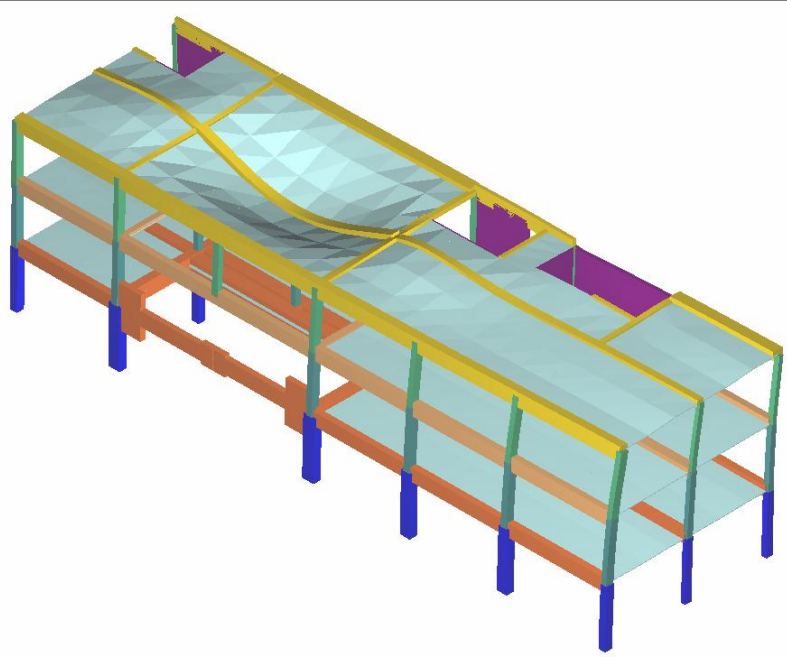
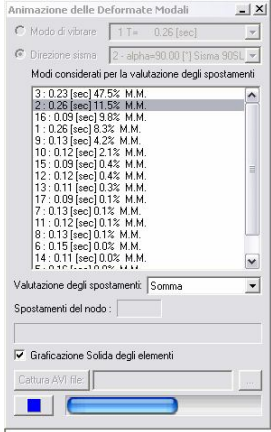
STATO DI FATTO – DIREZIONE Y – MODO 3



STATO DI PROGETTO (SENZA CERCHIATURA) – DIREZIONE Y – MODO 2

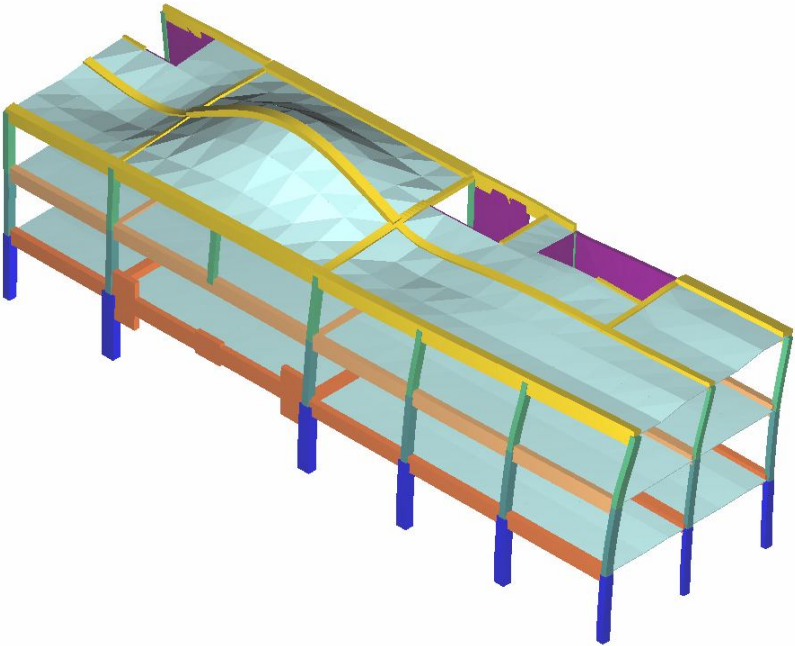


STATO DI FATTO – DIREZIONE Y – MODO 3

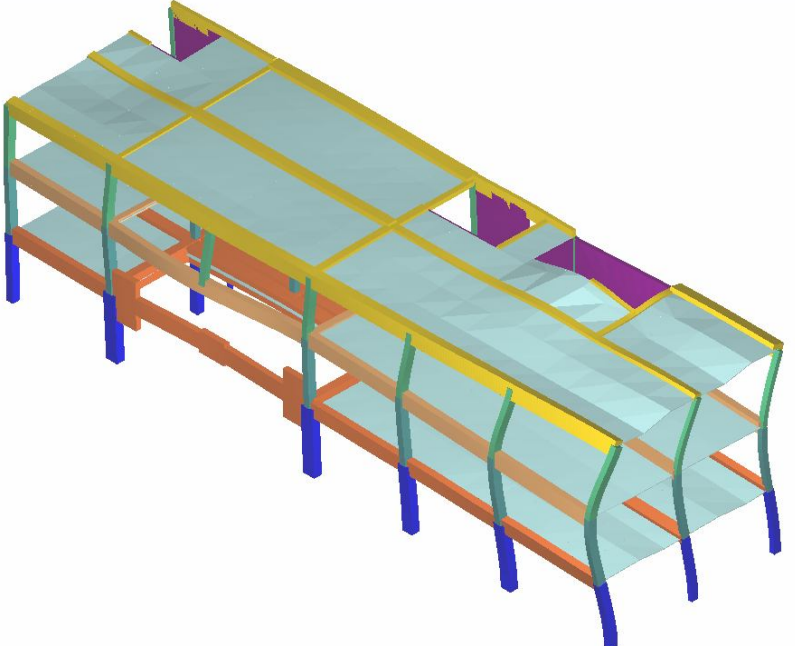
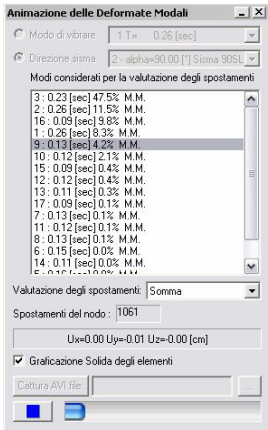


STATO DI PROGETTO (SENZA CERCHIATURA) – DIREZIONE Y – MODO 2

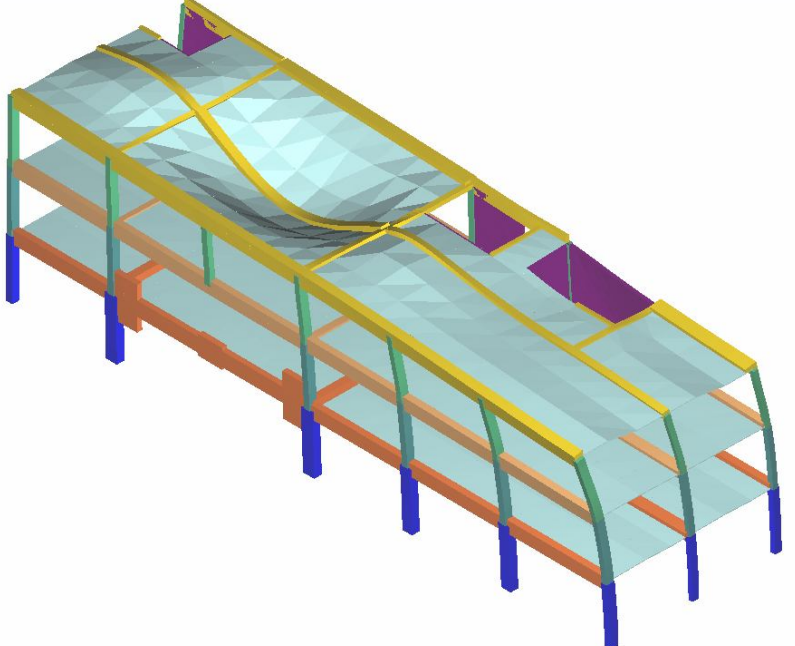
Analogamente a quanto sopra riportato, il modo di vibrare 3 diventa il modo di vibrare 2. In questo caso la deformata allo stato di fatto e allo stato di progetto risulta del tutto analoga.



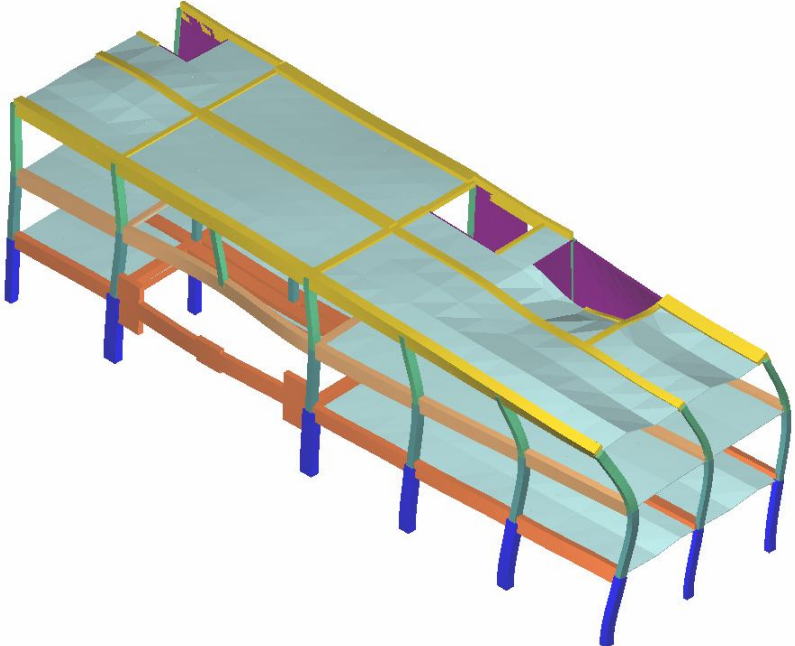
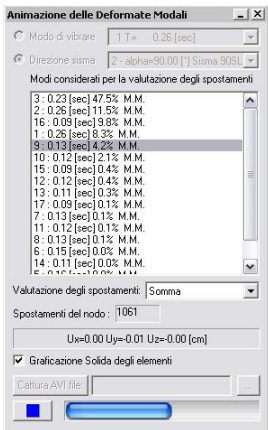
STATO DI FATTO – DIREZIONE Y – MODO 4



STATO DI PROGETTO (SENZA CERCHIATURA) – DIREZIONE Y – MODO 4



STATO DI FATTO – DIREZIONE Y – MODO 4



STATO DI PROGETTO (SENZA CERCHIATURA) – DIREZIONE Y – MODO 4

Analizzando il quarto modo di vibrare, si ottengono due deformate totalmente diverse. Si evidenzia, ancora una volta, lo sbandamento delle travi di bordo in prossimità dell'intervento di rimozione del solaio.

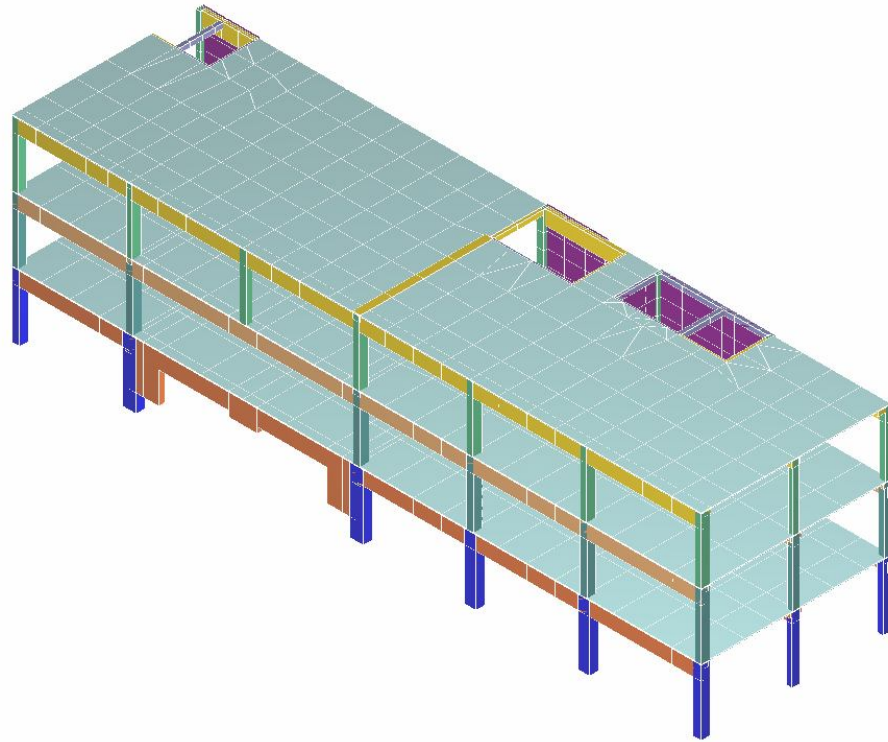
2.1.6.1.3 Confronto SDF e SDP senza interventi di rinforzo – Analisi dei risultati

L'analisi condotta evidenzia che l'intervento di rimozione del solaio interessa il comportamento globale dell'edificio e non possa essere pertanto realizzato senza un adeguato intervento di rinforzo. L'intervento risulta invece migliorativo dal punto di vista statico. Nelle travi di bordo e nei pilastri adiacenti alla zona di intervento diminuiscono le azioni agenti (momento, taglio e azione assiale) e le deformate (frecce delle travi). La rimozione del solaio comporta infatti una riduzione del carico agente tale che si ripercuote positivamente su tutta la zona interessata.

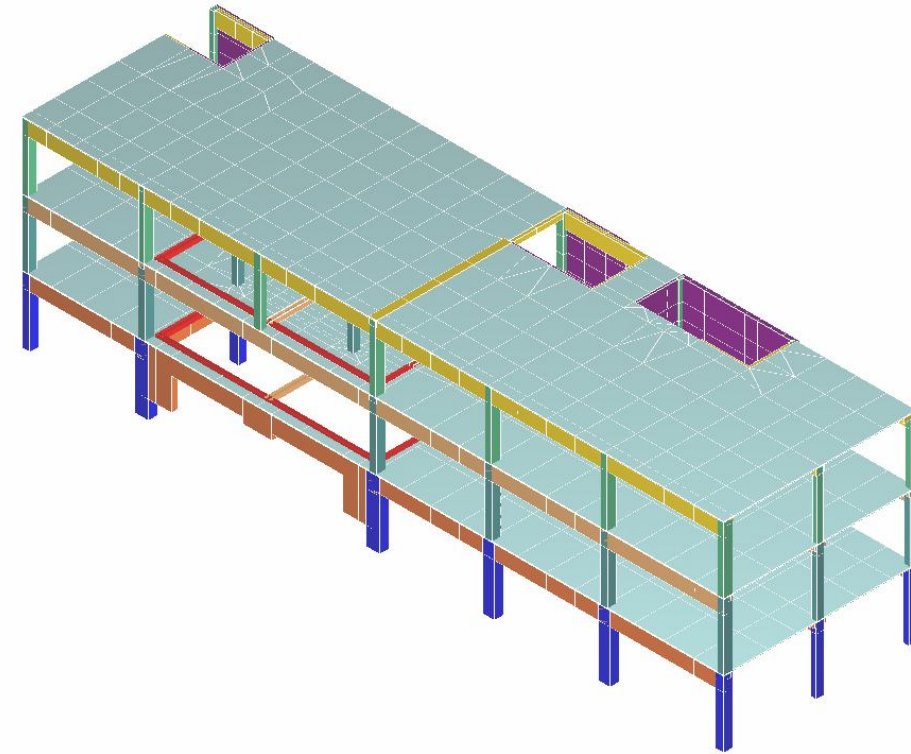
A seguito di quanto sopra scritto, si ritiene necessario prevedere un intervento di cerchiatura dei due solai in oggetto tramite profili in acciaio laminati a caldo. L'intervento così concepito mira a ripristinare una rigidezza di solaio e a legare le parti di travi di bordo non più confinate dal solaio.

2.1.6.2.1 Confronto SDF e SDP con cerchiatura – Analisi azioni agenti

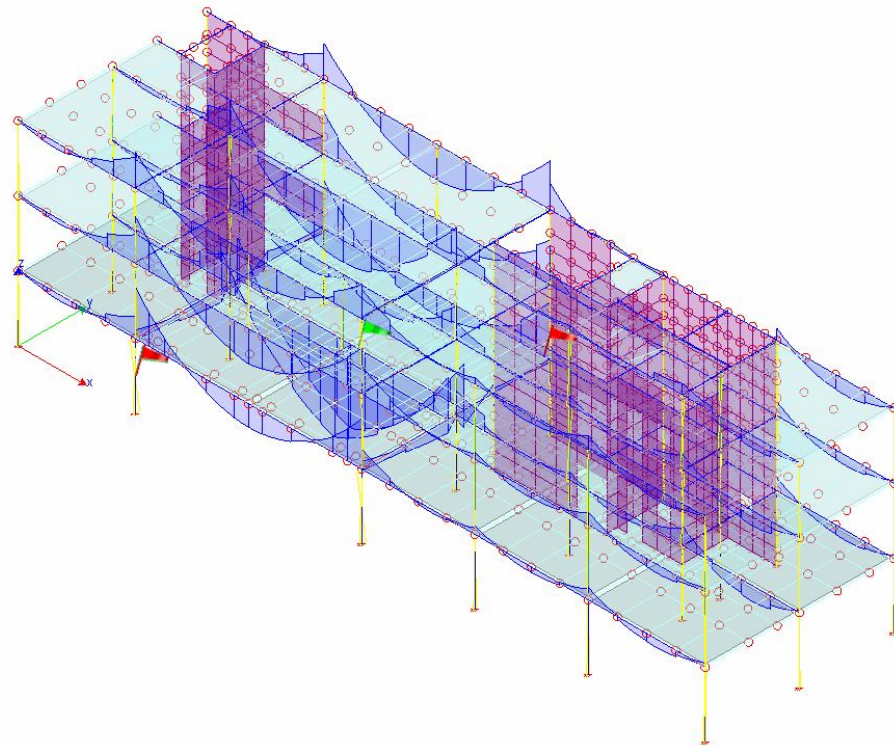
Si riportano di seguito delle immagini significative del modello sismico realizzato secondo le modalità indicate in precedenza. Si riportano i grafici dei valori delle azioni del modello allo Stato di Fatto e del modello ad uno stato di Progetto nel quale sia prevista la rimozione del solaio con un intervento di cerchiatura realizzato con profili HEB240 in acciaio di classe S235.



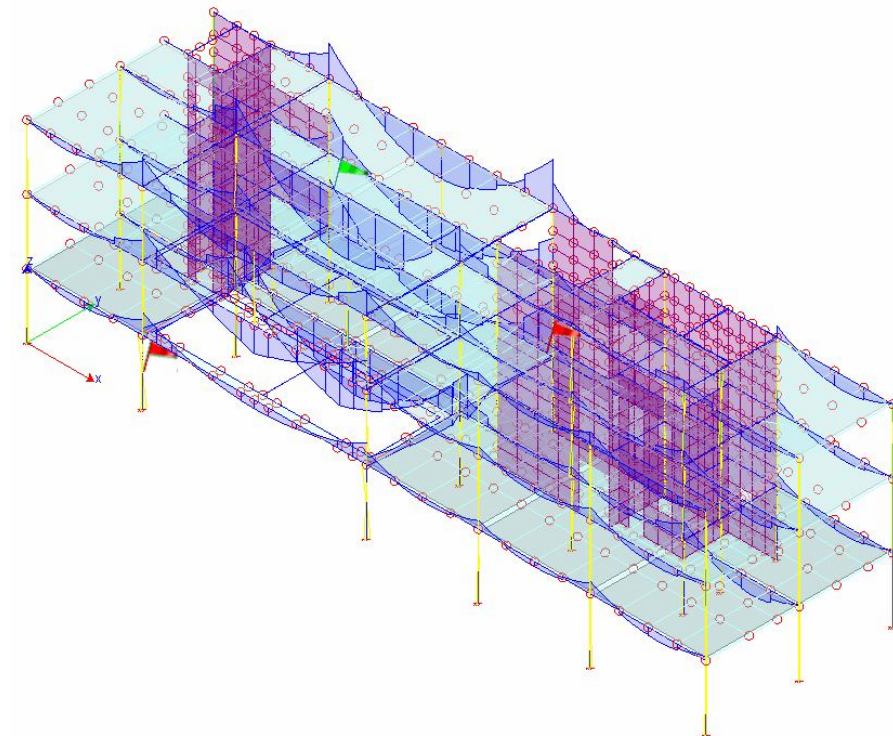
STATO DI FATTO - MODELLO AD ELEMENTI FINITI



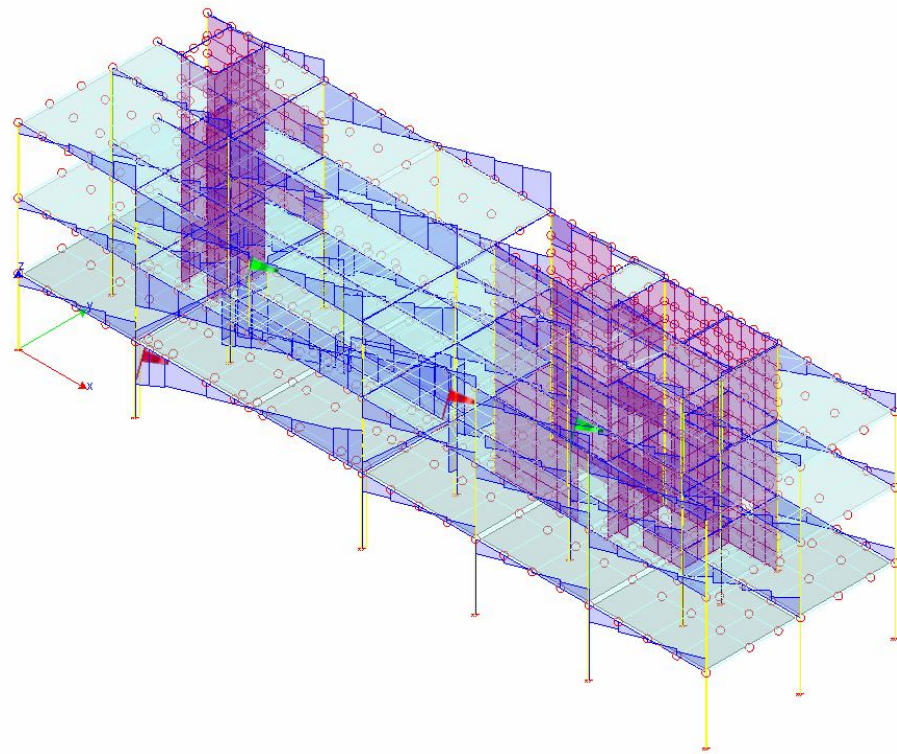
STATO DI PROGETTO (CON CERCHIATURA) - MODELLO AD ELEMENTI FINITI



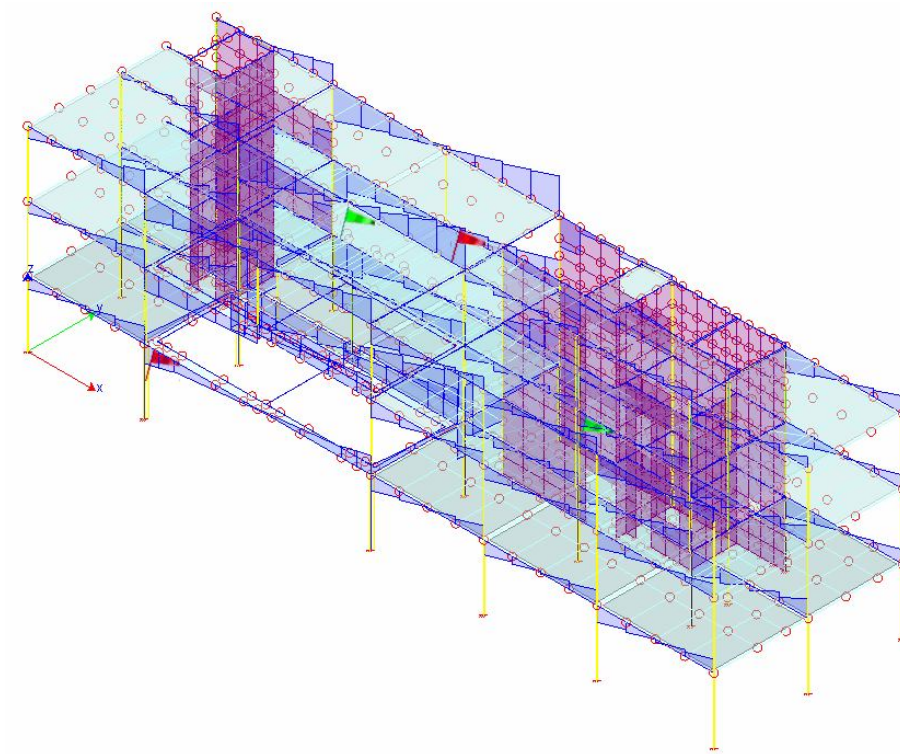
STATO DI FATTO - INVILUPPO DEI MOMENTI



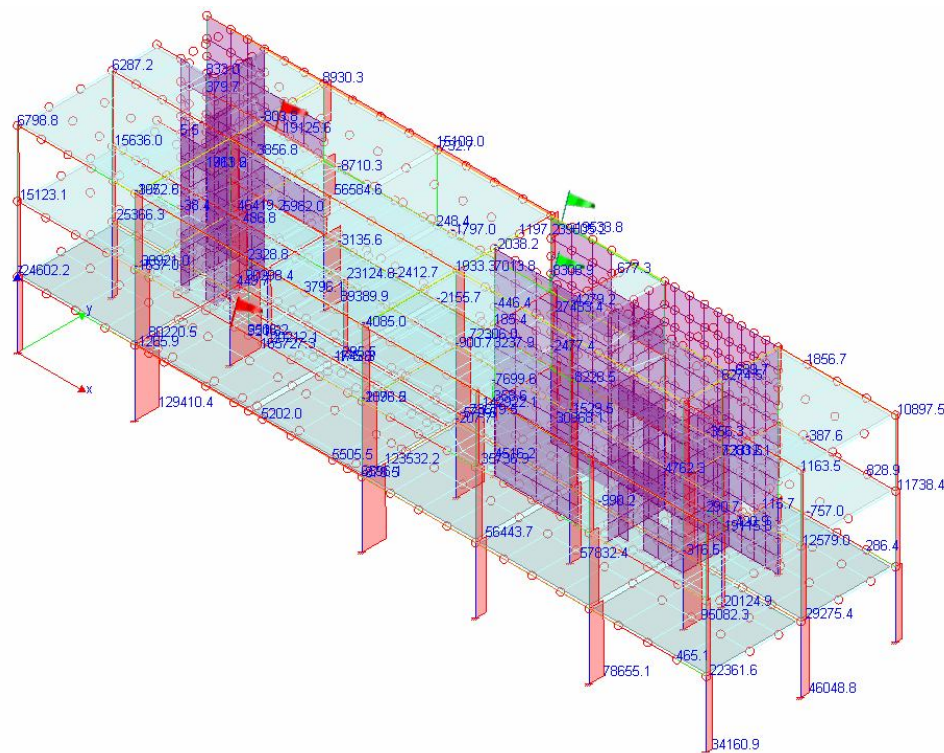
STATO DI PROGETTO (SENZA CERCHIATURA) - INVILUPPO DEI MOMENTI



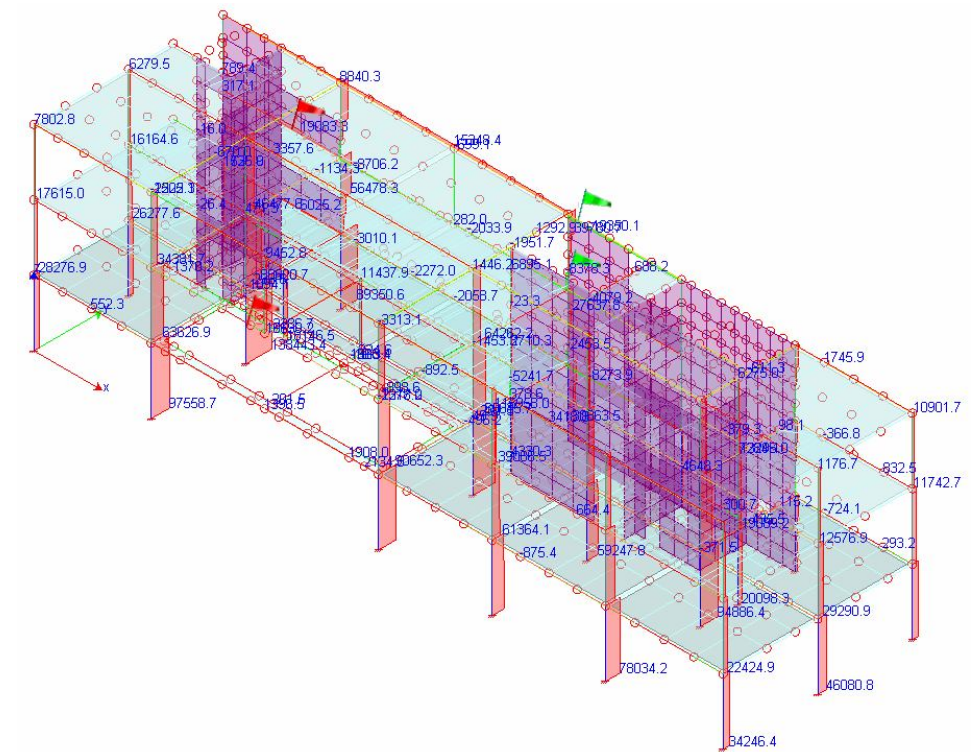
STATO DI FATTO - INVILUPPO DEI TAGLI



STATO DI PROGETTO (SENZA CERCHIATURA) - INVILUPPO DEI TAGLI

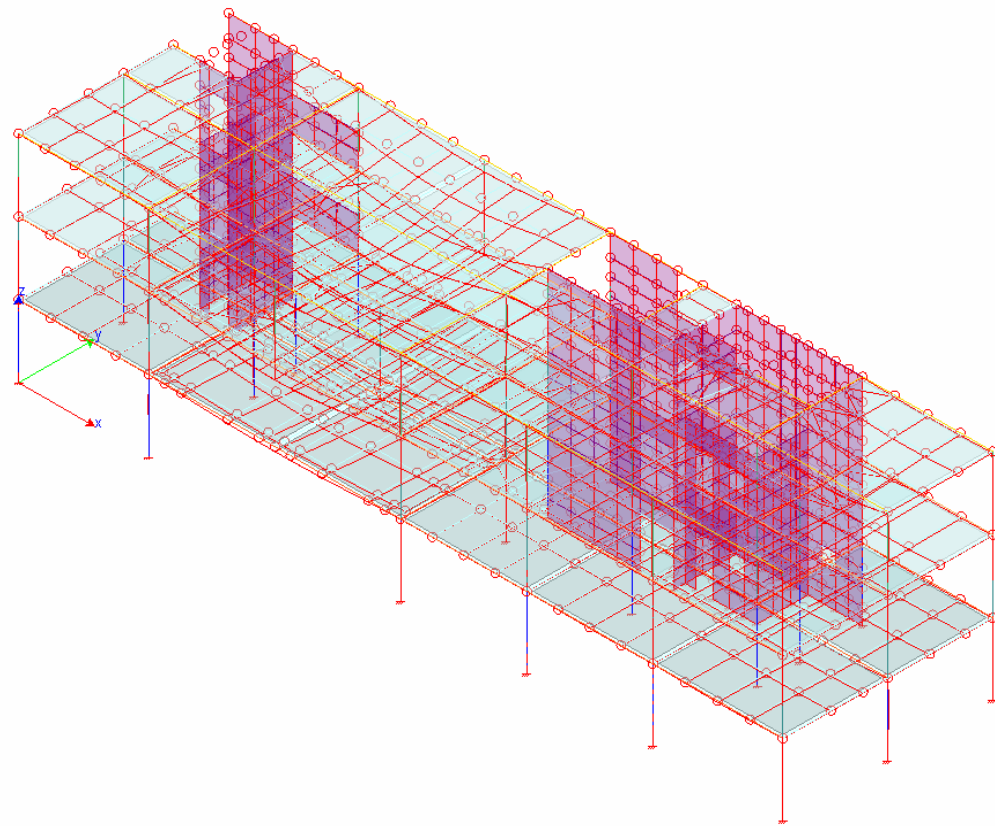


STATO DI FATTO - SLU – AZIONI ASSIALI

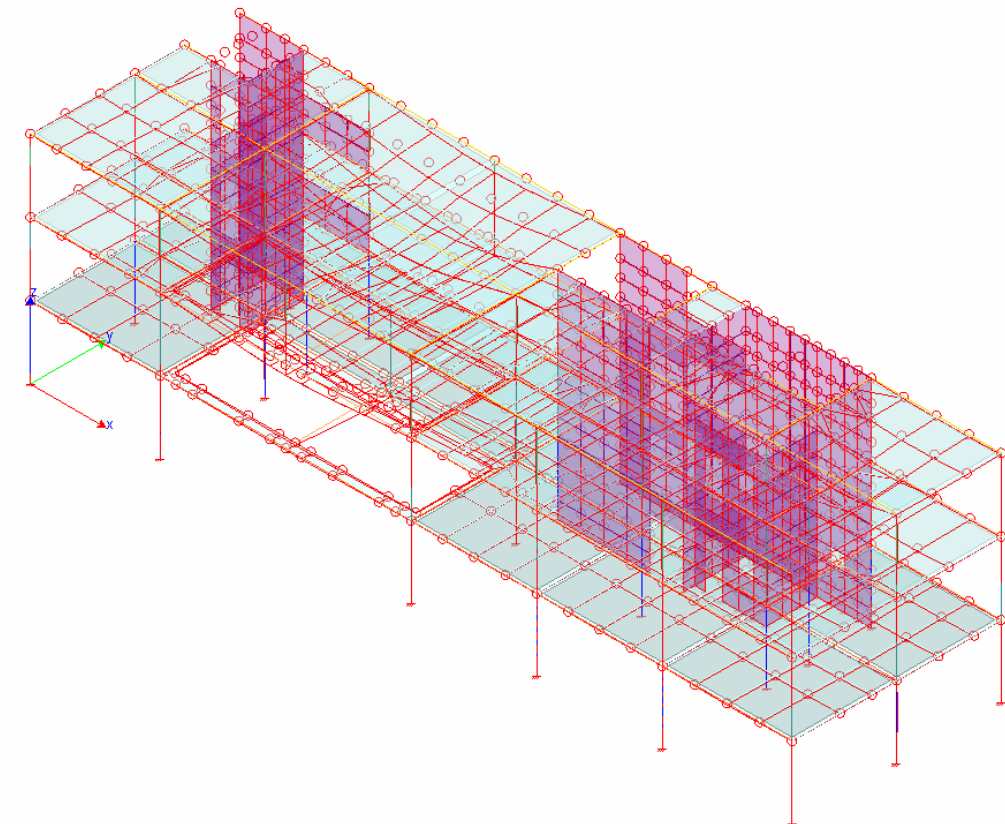


STATO DI PROGETTO (SENZA CERCHIATURA) - SLU – AZIONI ASSIALI

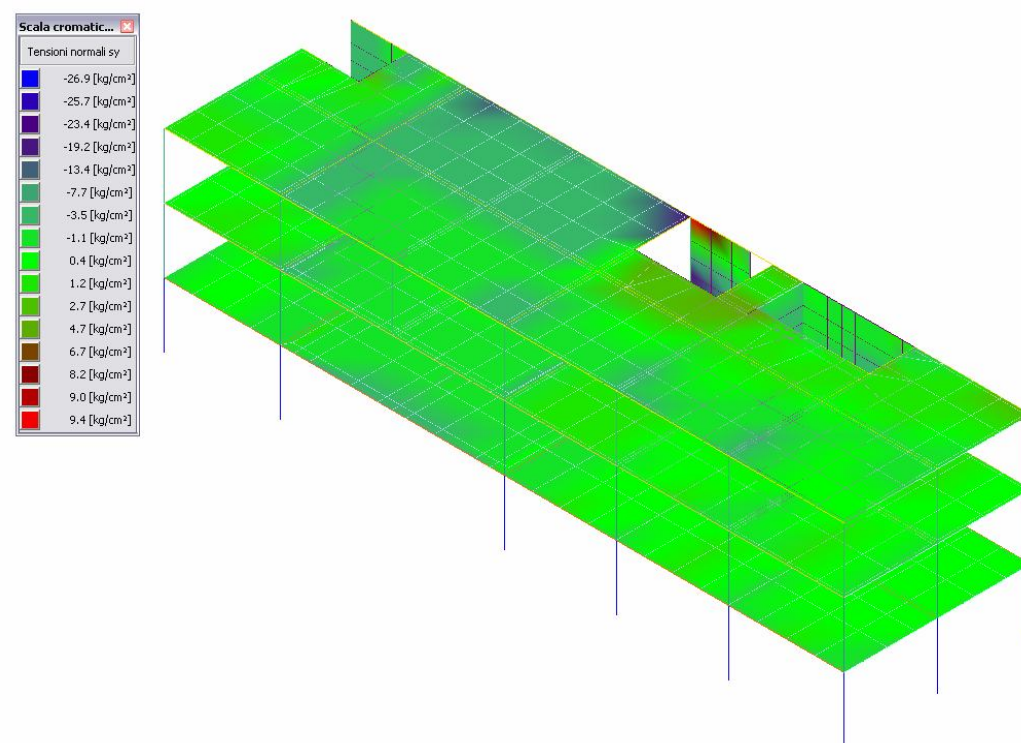
Nel modello rappresentante lo stato di progetto si evidenzia il decremento delle azioni agenti nelle zone di rimozione del solaio: si nota una evidente diminuzione del momento, del taglio e della freccia. Parallelamente, si nota un cospicuo decremento del valore dell'azione assiale dei pilastri adiacenti alla zona di intervento (da circa 130.000 kg a 95.000 kg allo SLU per i pilastri di facciata).



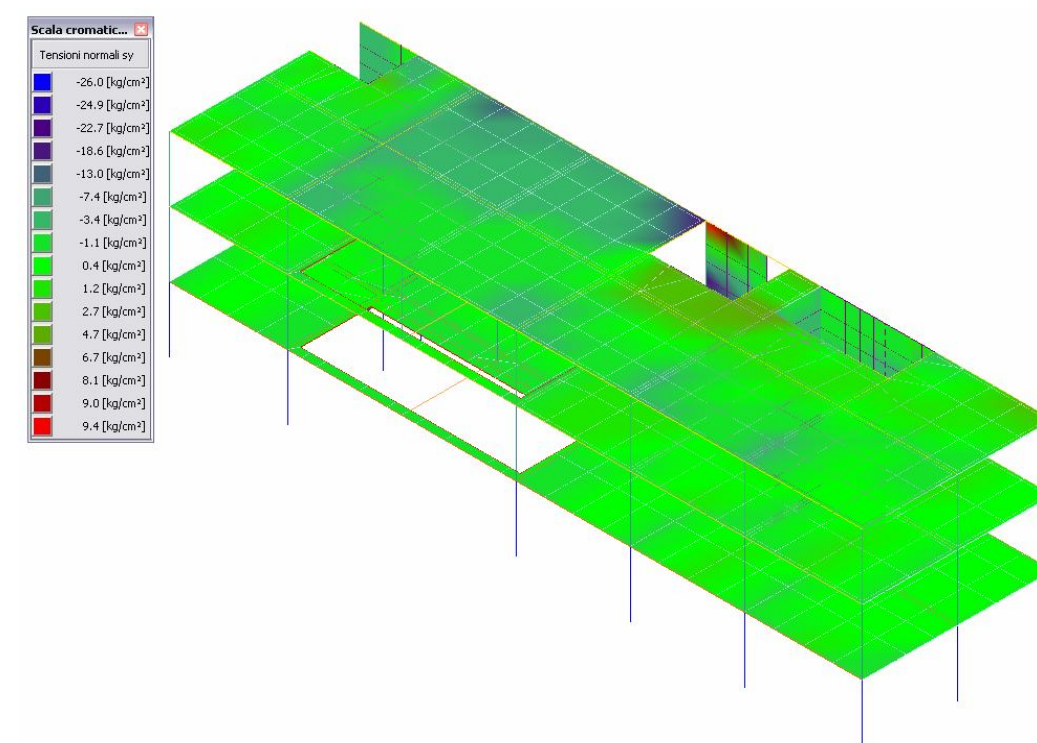
STATO DI FATTO - DEFORMATA – STATO LIMITE ULTIMO



STATO DI PROGETTO (SENZA CERCHIATURA) – DEFORMATA – STATO LIMITE ULTIMO



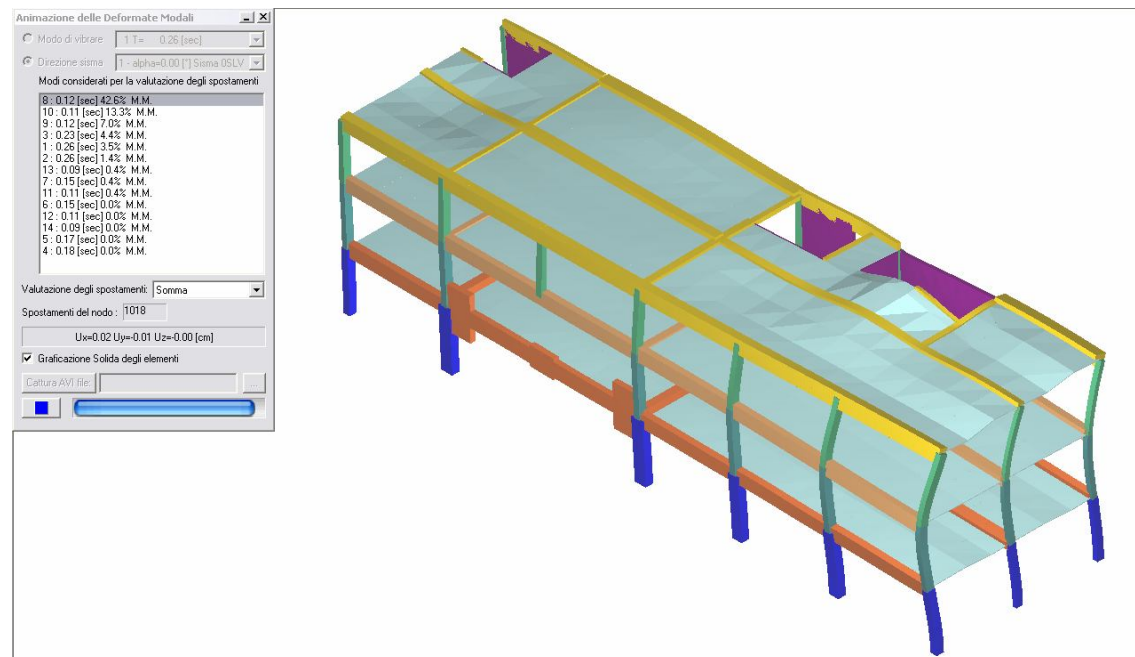
STATO DI FATTO – SFORZI NEL PIANO ORIZZONTALE



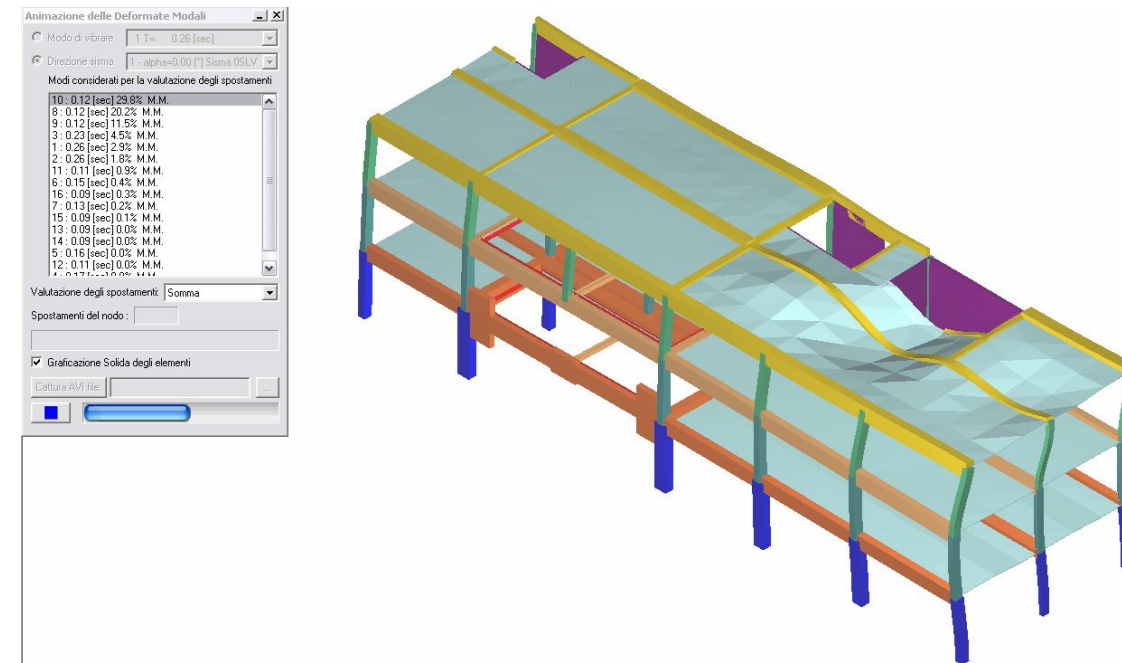
STATO DI PROGETTO (SENZA CERCHIATURA) – SFORZI NEL PIANO ORIZZONTALE

L'analisi degli sforzi nel piano orizzontale mette in luce una problematica di tipo locale, concernente la concentrazione di sforzi nella parte di trave isolata in facciata.

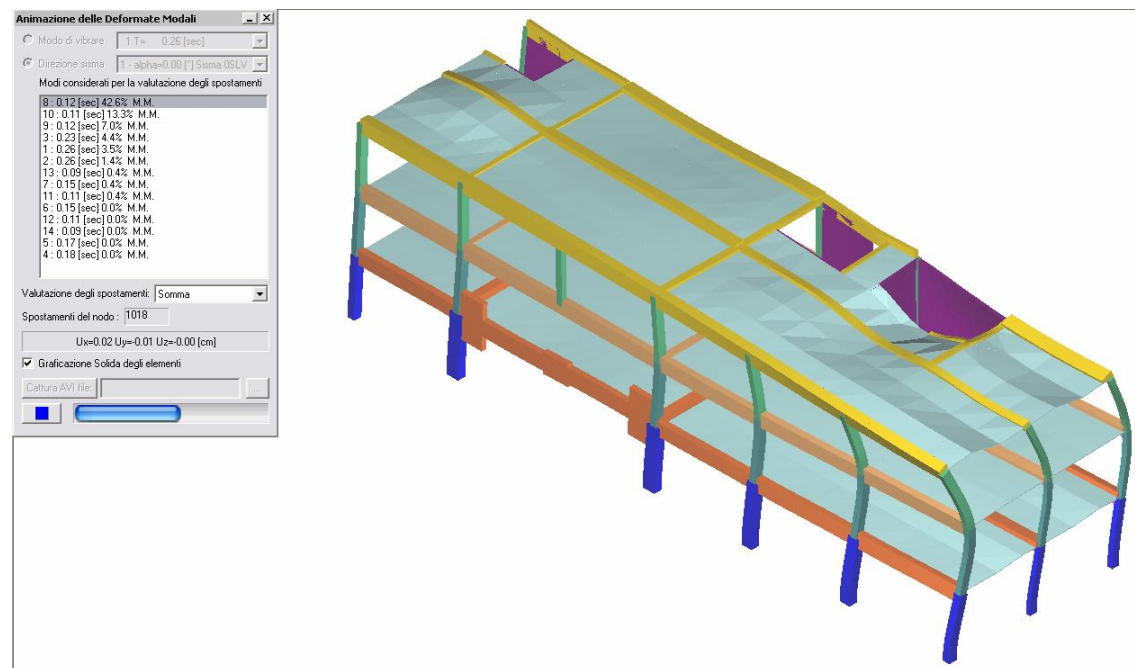
2.1.6.2.2 Confronto SDF e SDP senza interventi di rinforzo – Analisi Deformate Modali



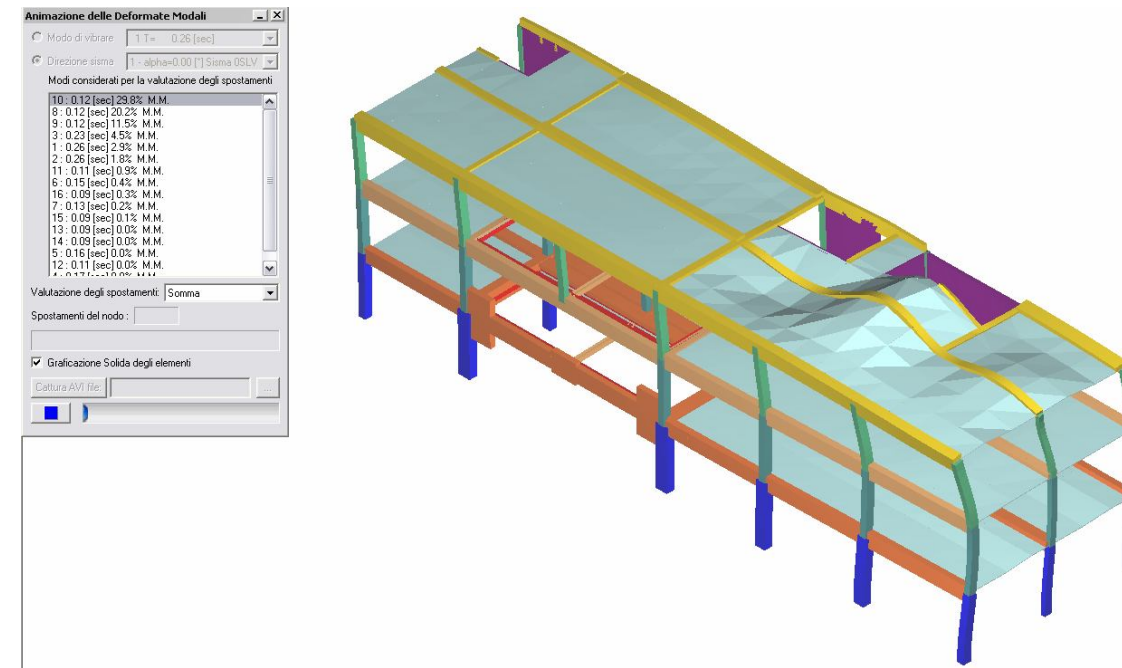
STATO DI FATTO – DIREZIONE X – MODO 1



STATO DI PROGETTO (CON CERCHIATURA) – DIREZIONE X – MODO 1

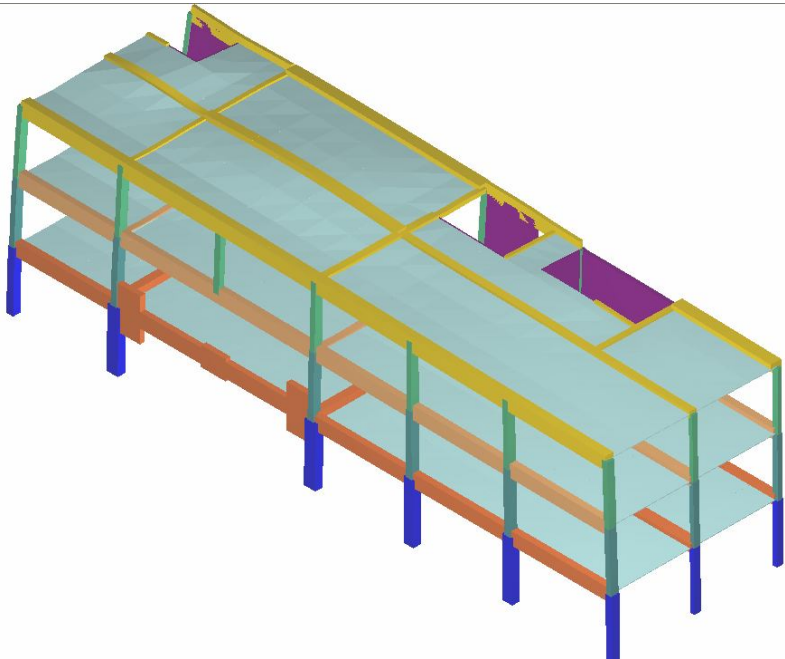
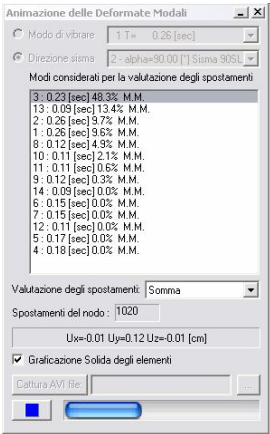


STATO DI FATTO – DIREZIONE X – MODO 1

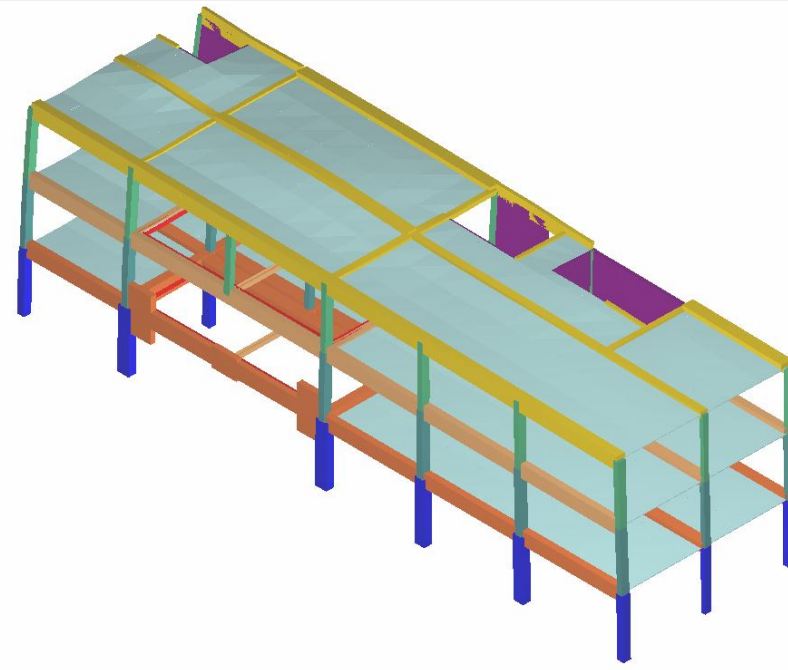
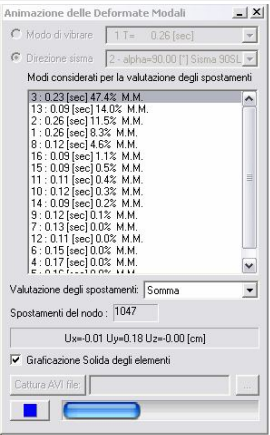


STATO DI PROGETTO (SENZA CERCHIATURA) – DIREZIONE X – MODO 1

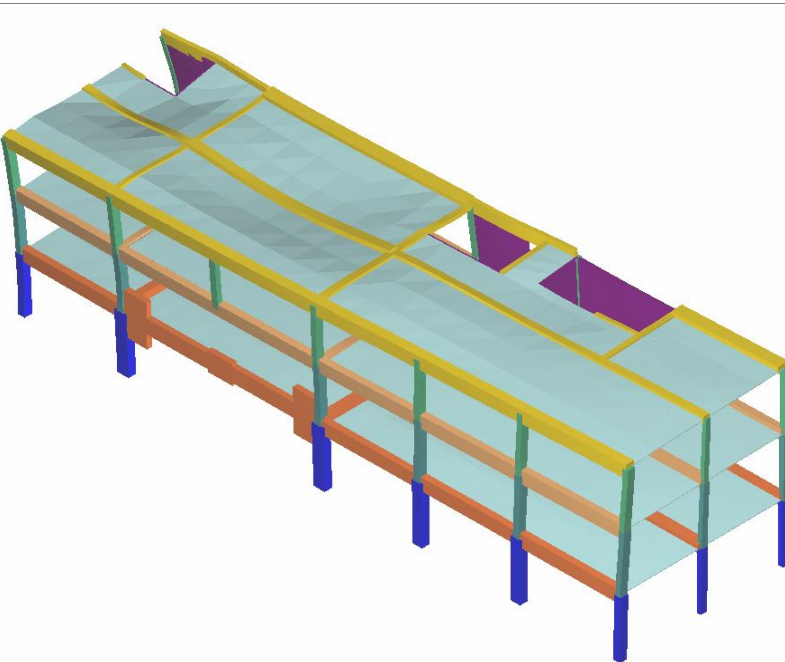
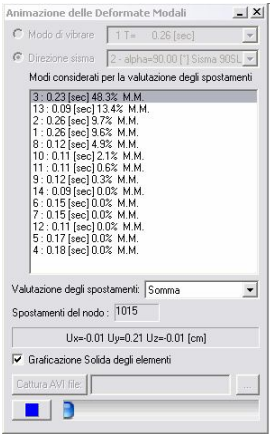
Viene analizzato il modo di vibrare che mette in partecipazione la massa maggiore in direzione X. Si nota che i due modelli assumo una deformata che, pur non essendo identica, risulta in sostanza analoga. Si evidenzia come le travi di bordo cerchiata assumano un modo di vibrare simile alla situazione allo stato di fatto, ovvero con la presenza del solaio.



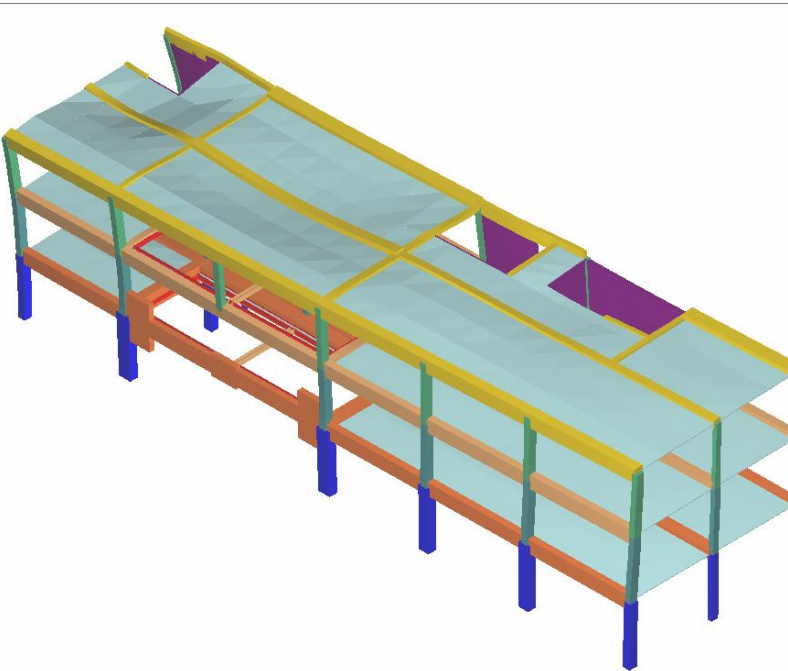
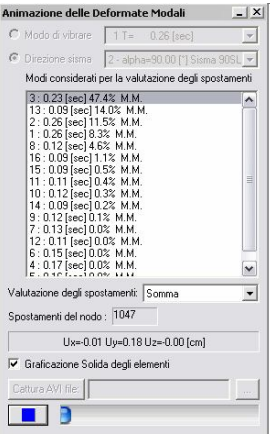
STATO DI FATTO – DIREZIONE Y – MODO 1



STATO DI PROGETTO (SENZA CERCHIATURA) – DIREZIONE Y – MODO 1

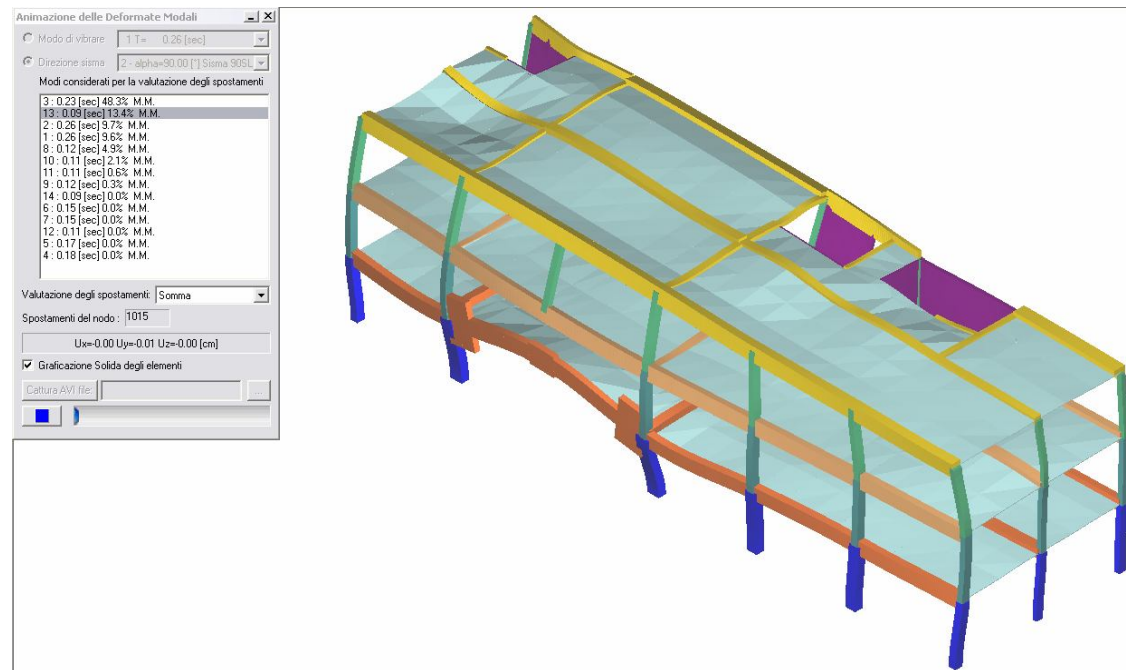


STATO DI FATTO – DIREZIONE Y – MODO 1

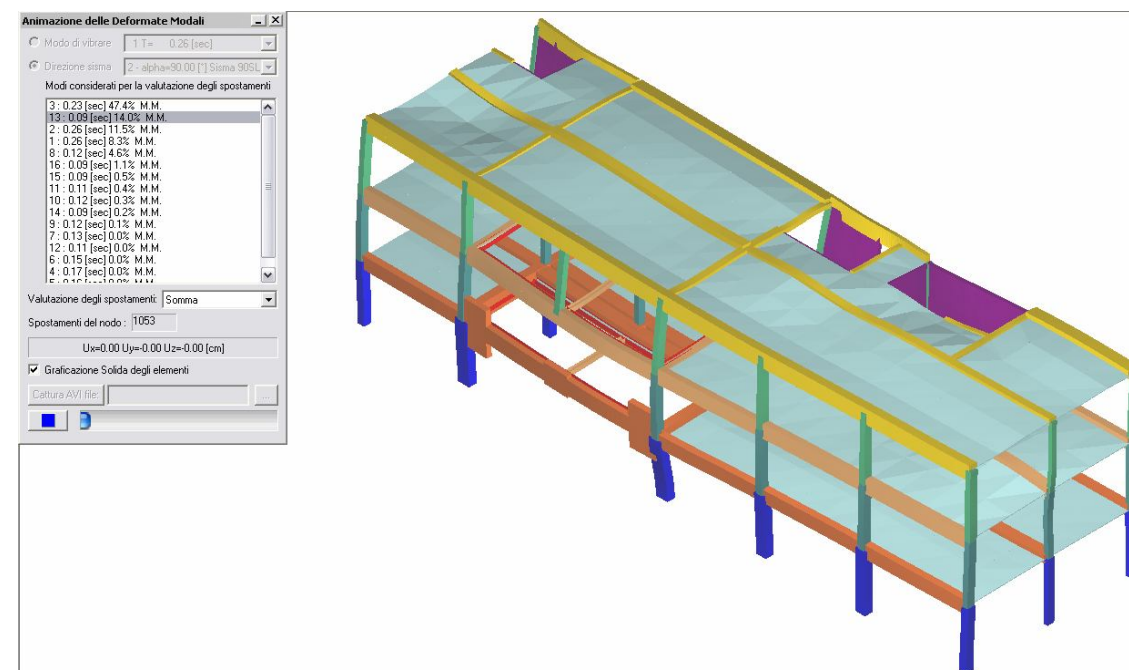


STATO DI PROGETTO (SENZA CERCHIATURA) – DIREZIONE Y – MODO 1

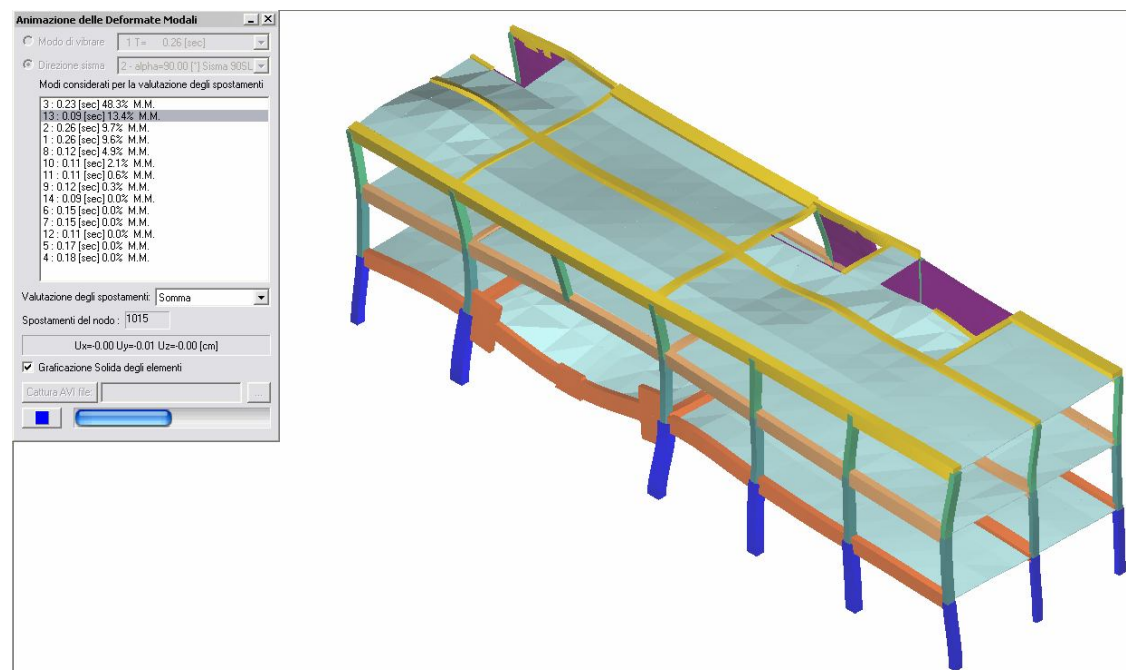
Viene analizzato il modo di vibrare che mette in partecipazione la massa maggiore in direzione Y. I due modelli presentano un modo di vibrare identico per quanto riguarda il periodo (0,23 secondi), la massa partecipante (48% e 47%) e deformata modale. Il modo di vibrare risulta pressocchè identico tra la situazione allo stato di fatto e l'ipotesi di progetto. Le travi in prossimità della zona di intervento assumono la stessa deformata rispetto allo stato di fatto.



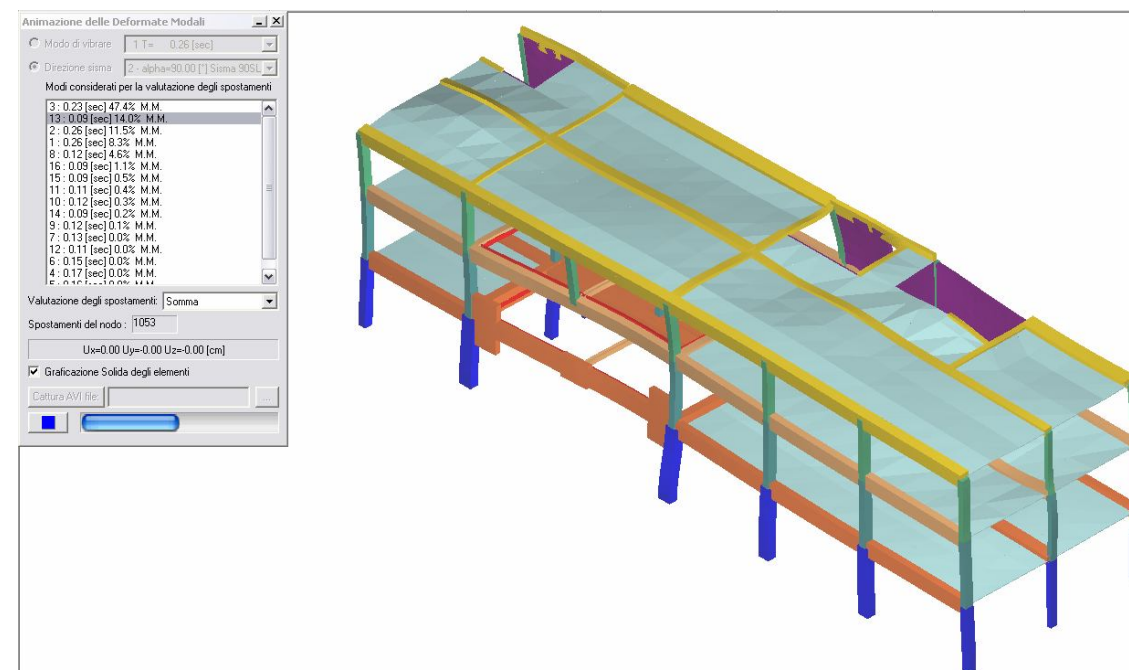
STATO DI FATTO – DIREZIONE Y – MODO 2



STATO DI PROGETTO (CON CERCHIATURA) – DIREZIONE Y – MODO 2

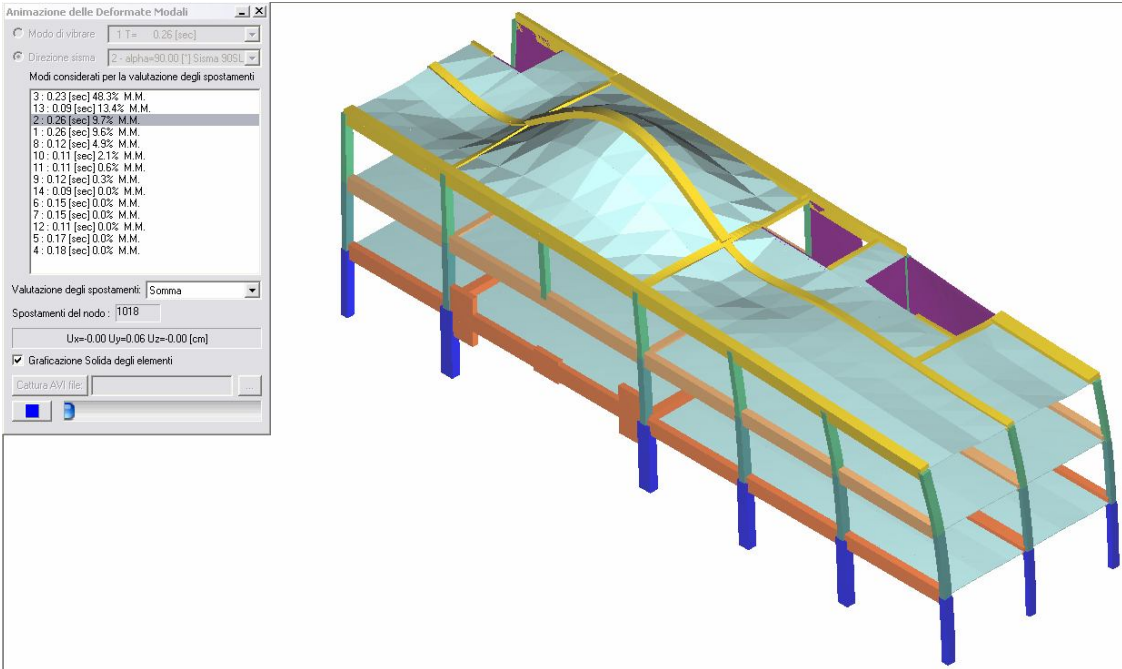


STATO DI FATTO – DIREZIONE Y – MODO 2

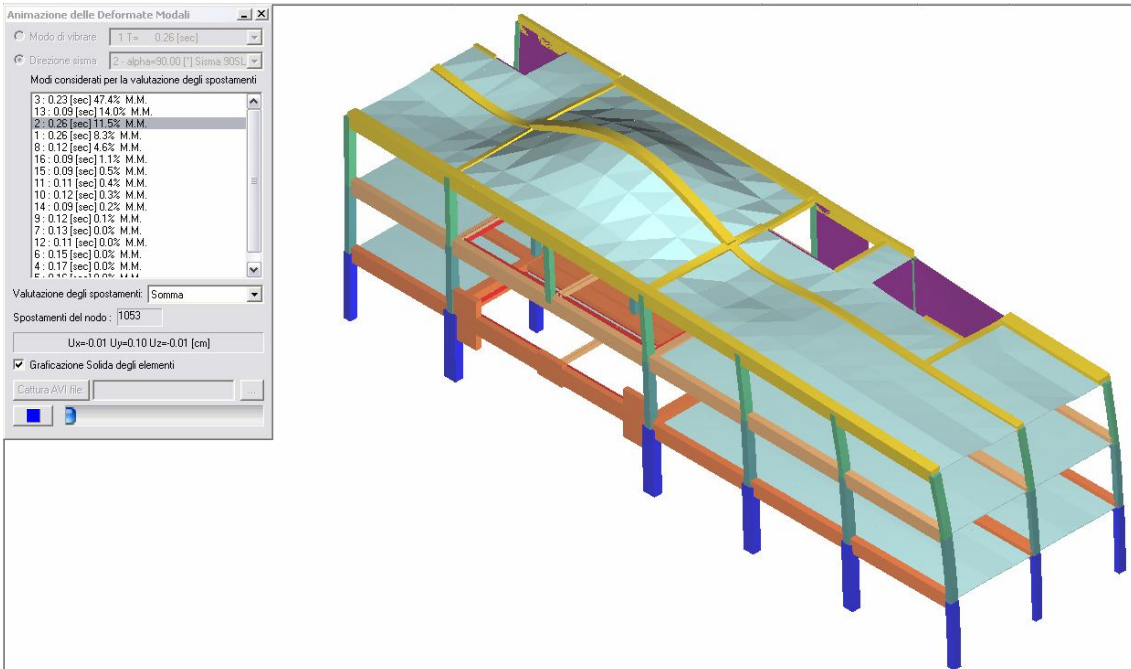


STATO DI PROGETTO (CONCERCHIATURA) – DIREZIONE Y – MODO 2

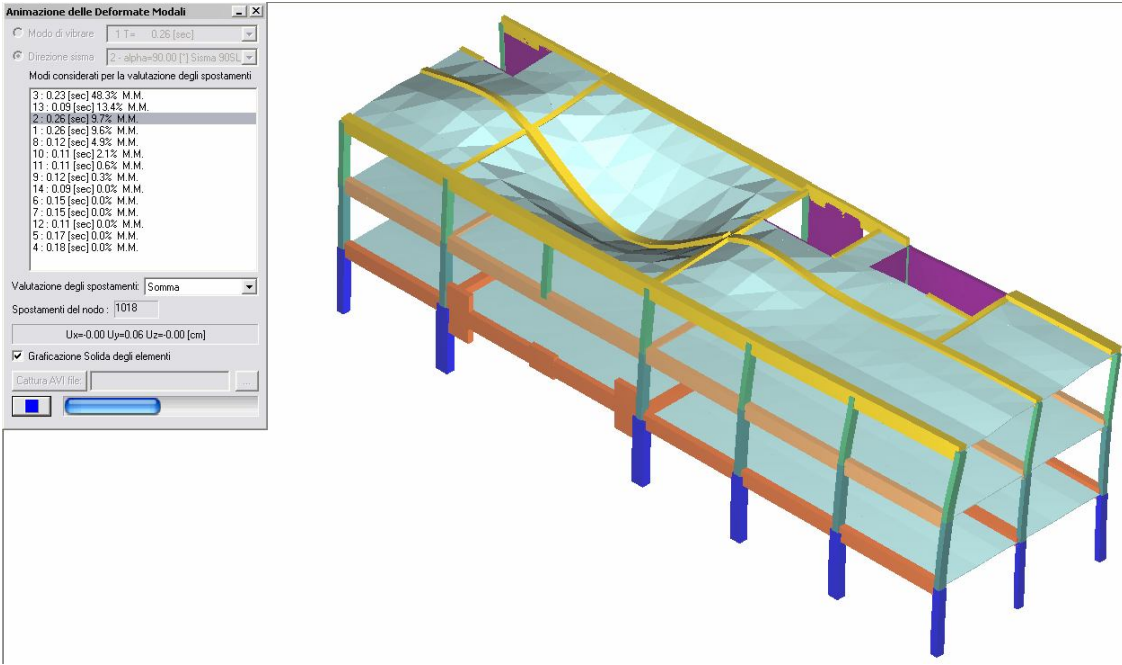
Il secondo modo di vibrare in direzione Y presenta lo stesso periodo (0,09 secondi), una massa partecipante confrontabile (13% e 14%) e una deformata simile ma non identica. Si nota come lo stato di progetto presenti una distorsione della struttura più contenuta rispetto allo stato di fatto. Le travi di bordo sbandano infatti in modo parallelo e non, come allo stato di fatto, in modo inverso. Si può pertanto ritenere che l'intervento previsto migliori il comportamento della struttura per il modo di vibrare considerato, riducendo le distorsioni presenti allo stato di fatto e quindi, plausibilmente, le rotazioni e le azioni agenti.



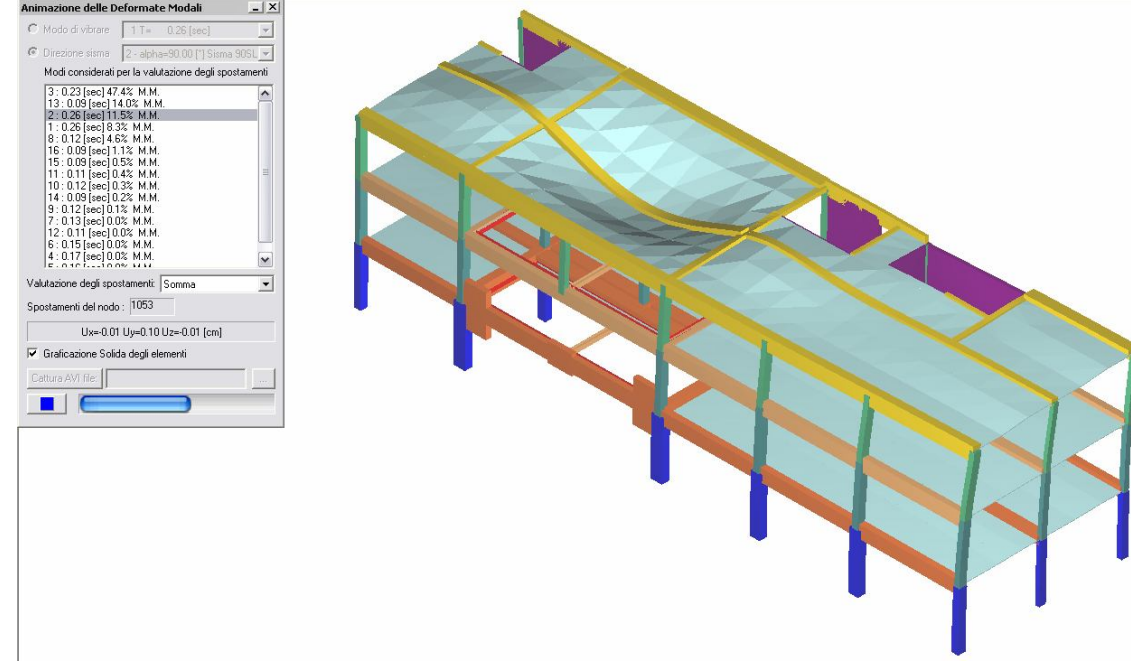
STATO DI FATTO – DIREZIONE Y – MODO 3



STATO DI PROGETTO (CON CERCHIATURA) – DIREZIONE Y – MODO 3

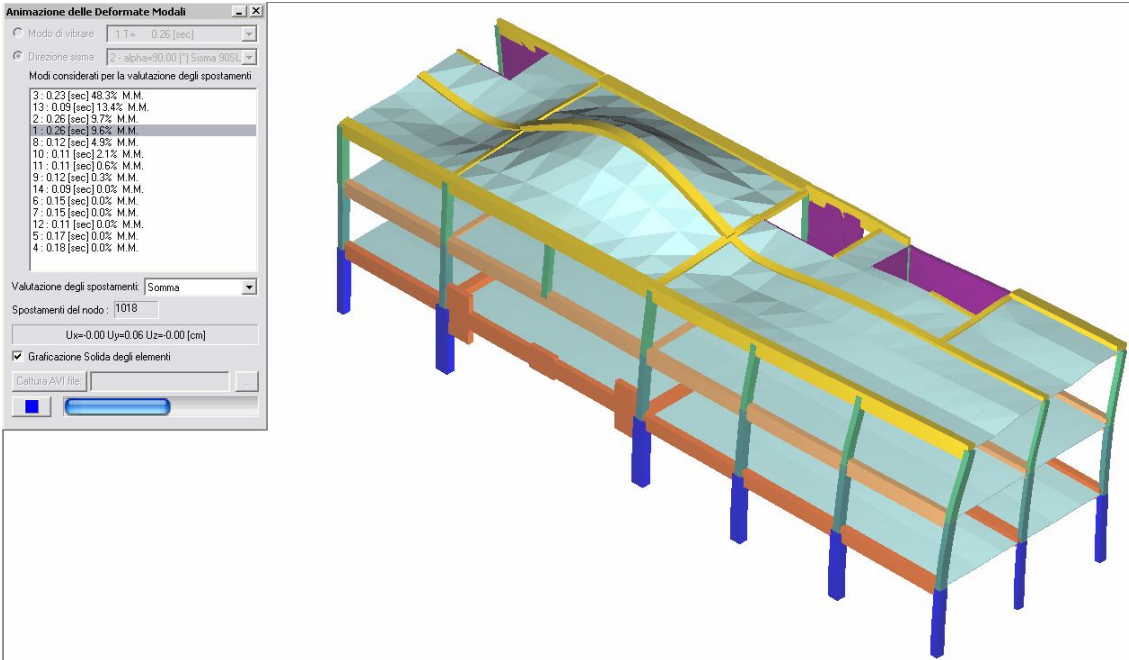


STATO DI FATTO – DIREZIONE Y – MODO 3

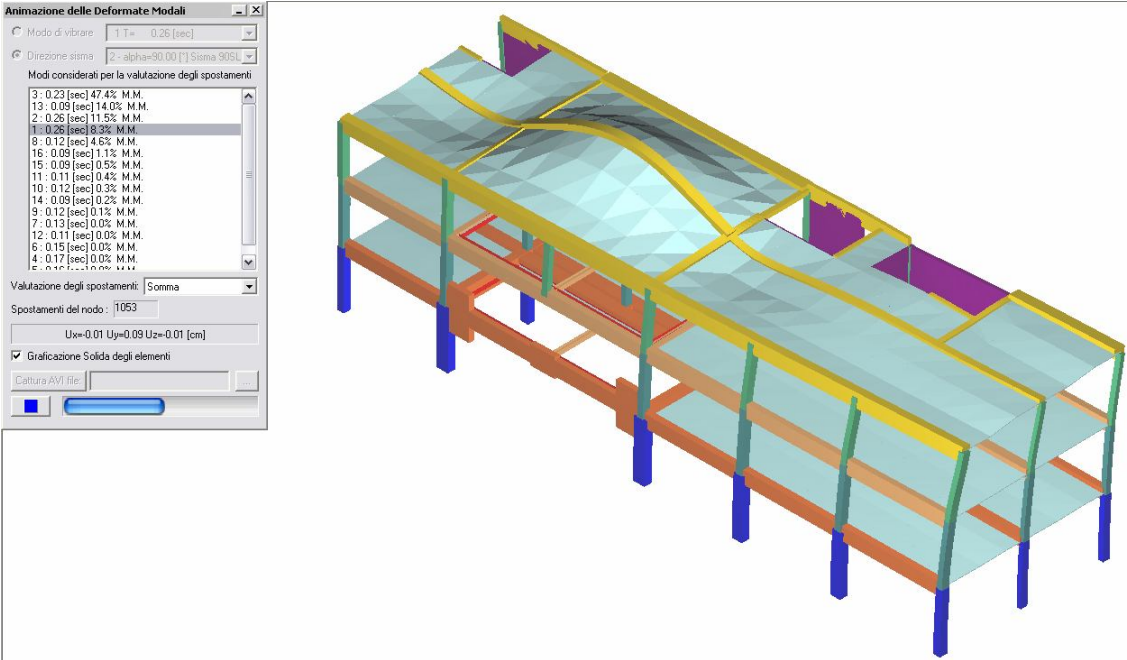


STATO DI PROGETTO (CON CERCHIATURA) – DIREZIONE Y – MODO 3

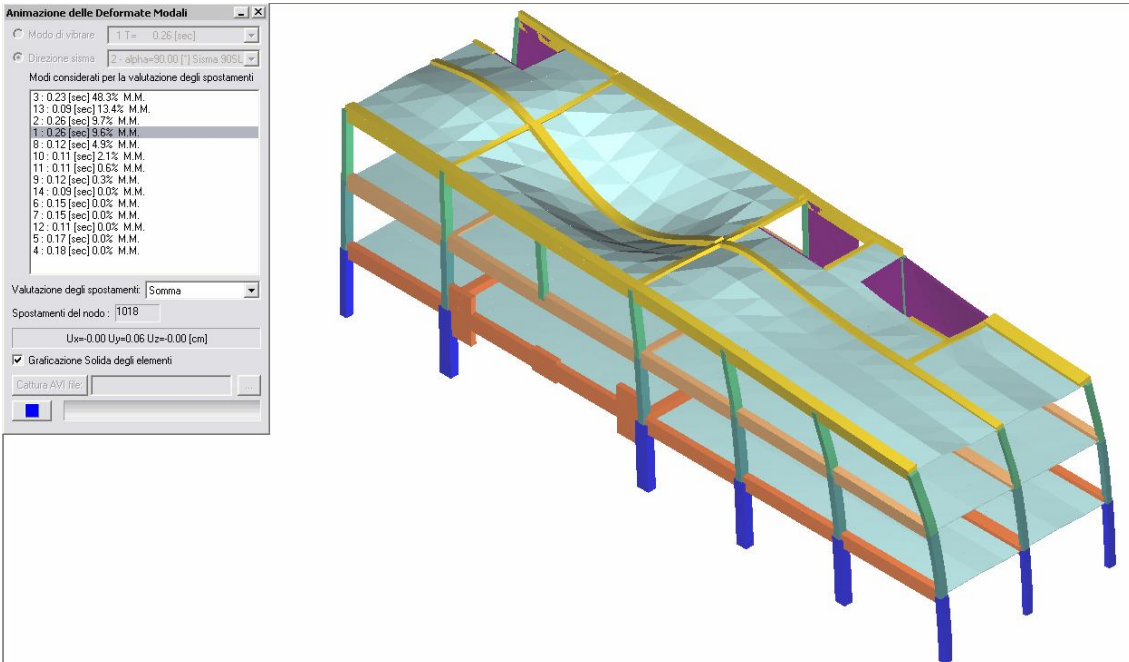
Il terzo modo di vibrare in direzione Y risulta del tutto identico allo stato di fatto ed allo stato di progetto (stesso periodo e stessa deformata modale). Si nota, come nei casi precedenti, un aumento della massa partecipante dell'edificio; ciò può essere dovuto alla rimozione del peso del solaio che, allo stato di fatto, probabilmente non aveva una parte determinante nella definizione della massa partecipante.



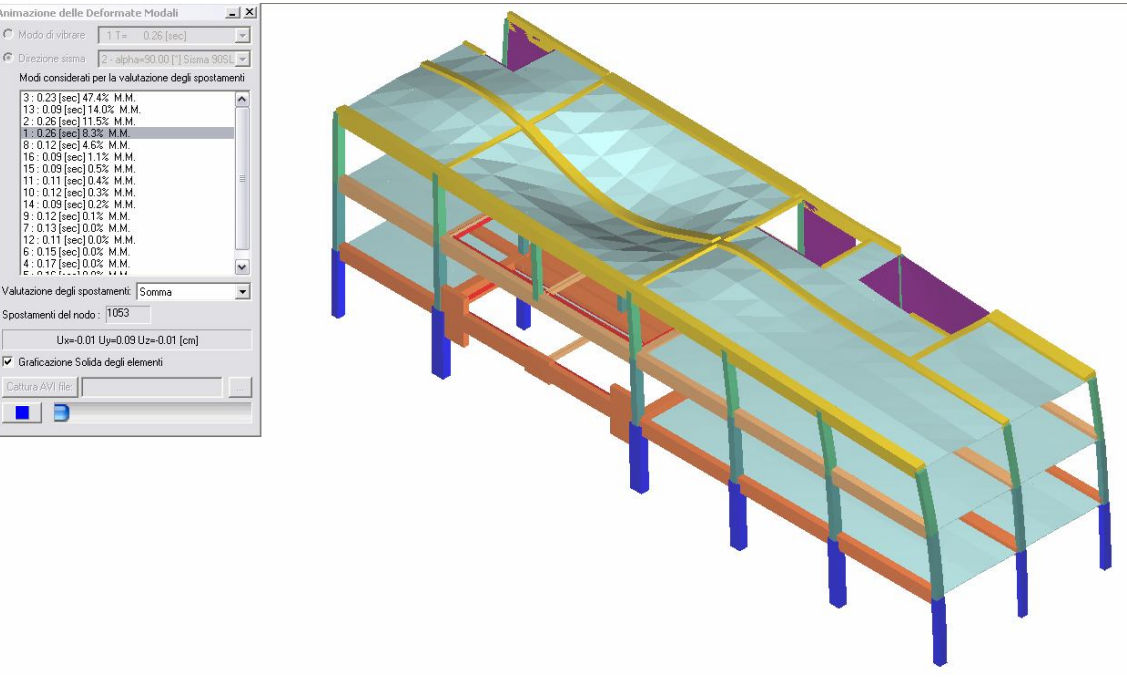
STATO DI FATTO – DIREZIONE Y – MODO 4



STATO DI PROGETTO (CON CERCHIATURA) – DIREZIONE Y – MODO 4



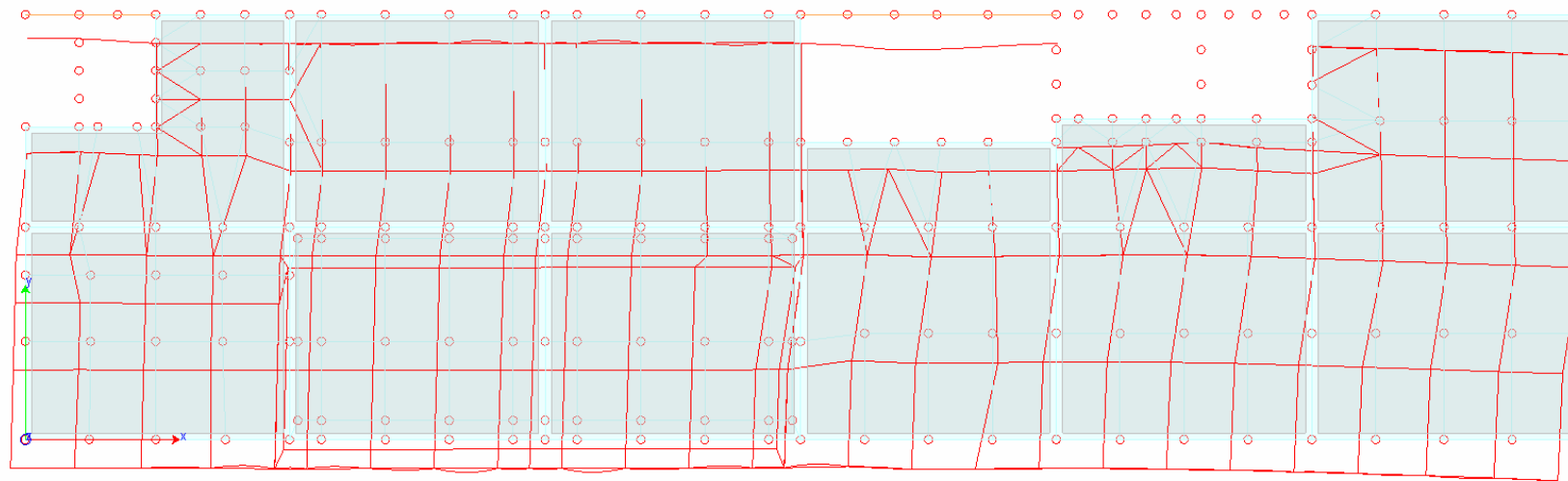
STATO DI FATTO – DIREZIONE Y – MODO 4



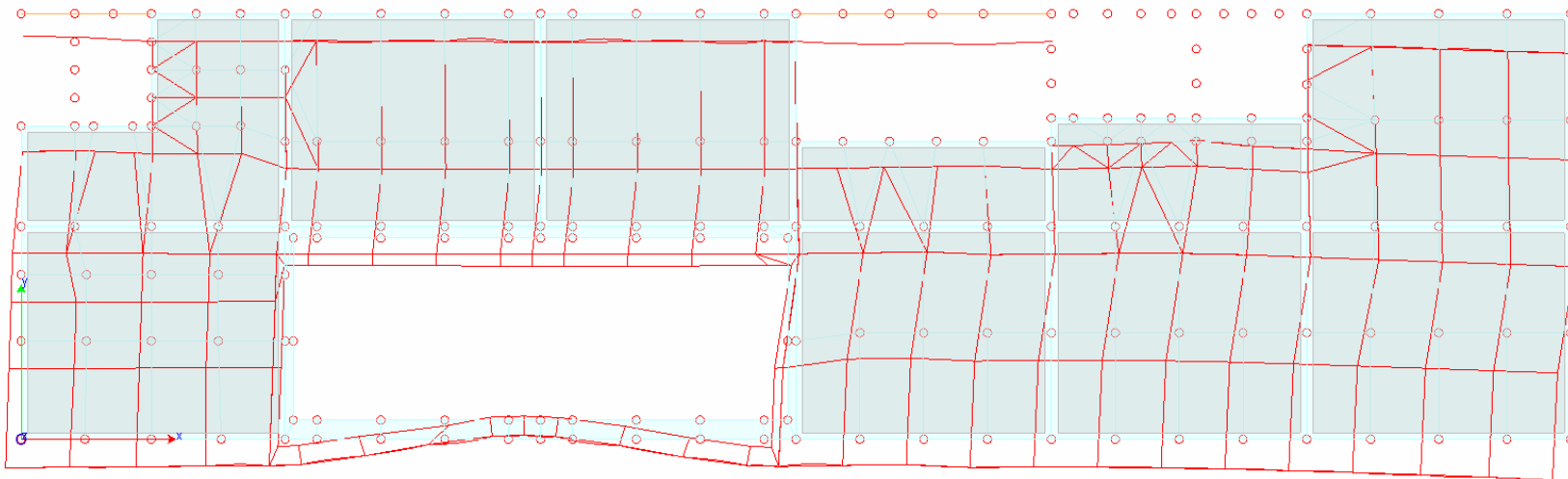
STATO DI PROGETTO (CON CERCHIATURA) – DIREZIONE Y – MODO 4

Come per quanto visto nei casi precedenti, il modo di vibrare risulta analogo rispetto allo stato di fatto.

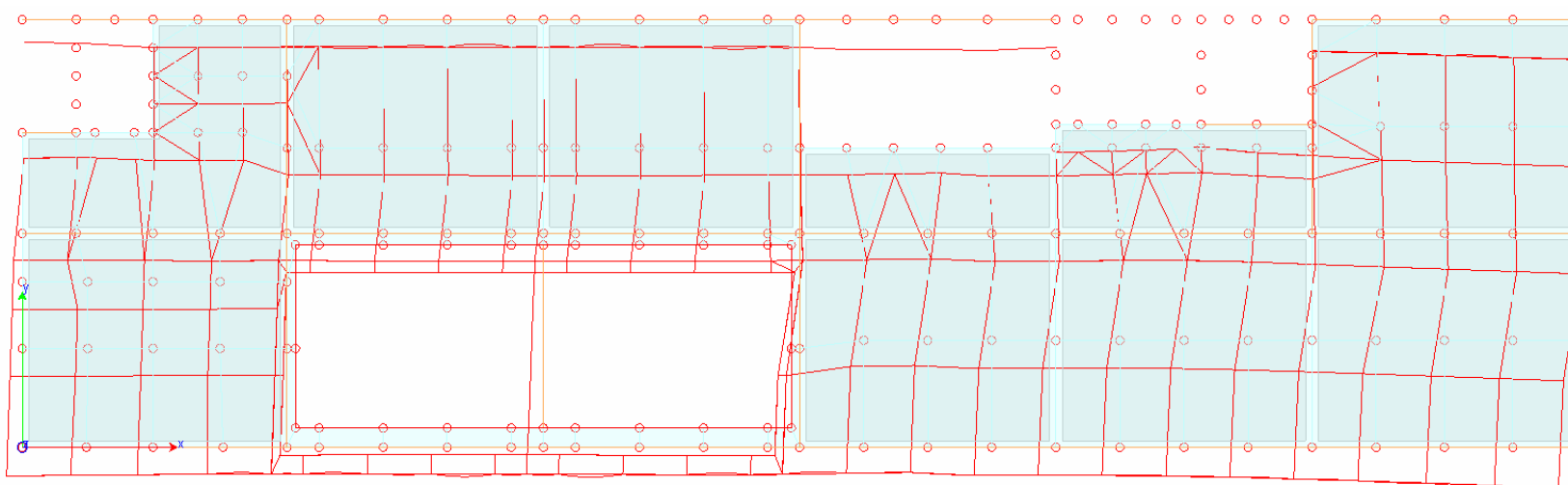
Si riporta di seguito il confronto tra le deformate del solaio di copertura del piano primo allo Stato di Fatto e Stato di Progetto senza e con intervento di rinforzo. Si evidenzia un comportamento analogo tra la situazione allo stato di fatto e allo stato di progetto con rinforzo; lo stato di progetto non consolidato mostra uno sbandamento evidente in direzione Y.



STATO DI FATTO - DEFORMATA SISMA – Y – SOLAIO COPERTURA PIANO PRIMO

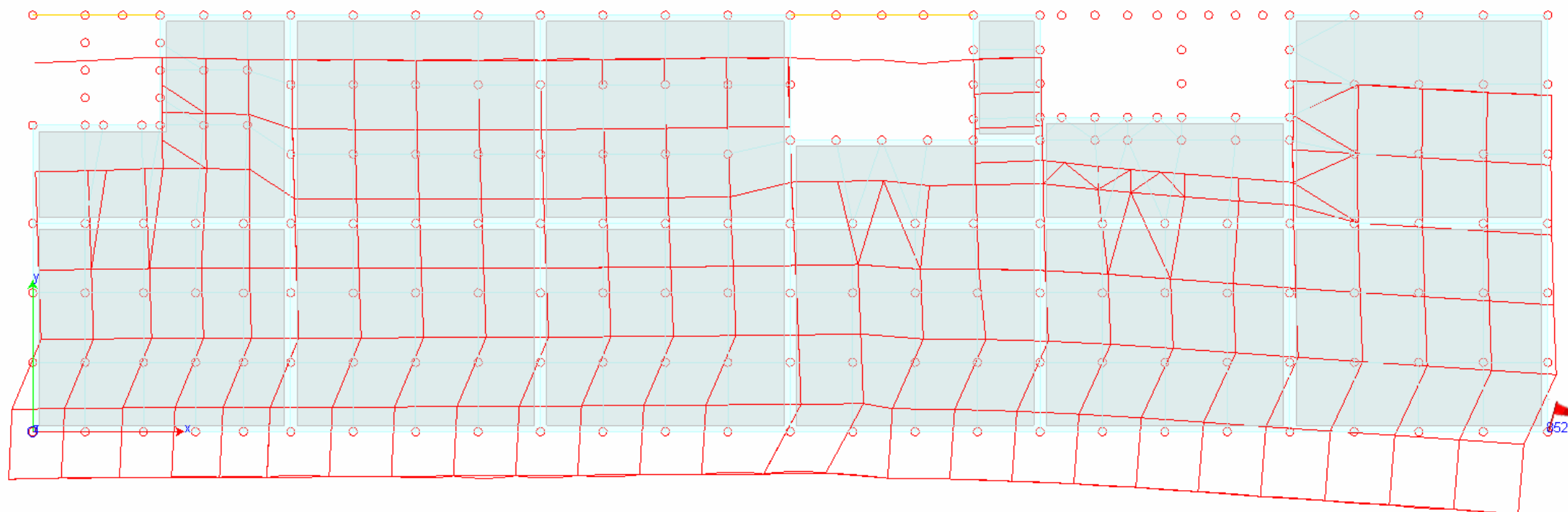


STATO DI PROGETTO (SENZA CERCHIATURA) - DEFORMATA SISMA – Y – SOLAIO COPERTURA PIANO PRIMO



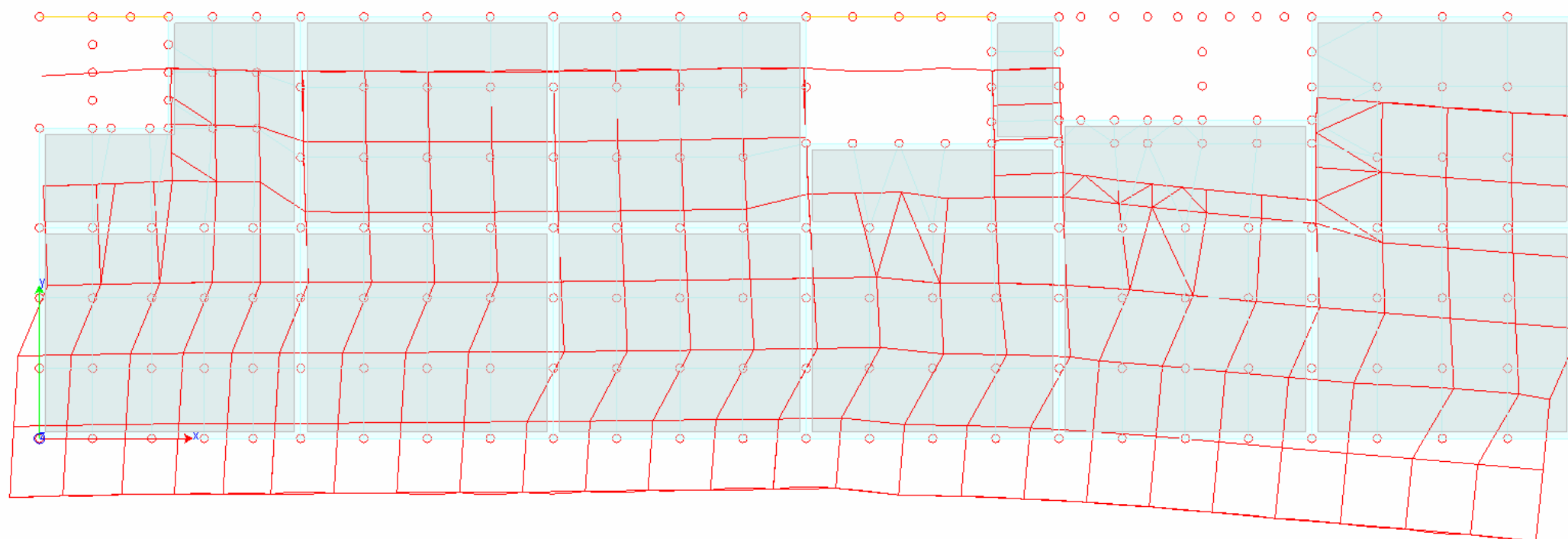
STATO DI PROGETTO (CON CERCHIATURA) - DEFORMATA SISMA – Y – SOLAIO COPERTURA PIANO PRIMO

Viene analizzata la deformata nel piano sotto l'azione del sisma, per rilevare il massimo spostamento orizzontale dei nodi di solaio. La deformazione massima nel piano orizzontale allo Stato di Fatto è di 0,50 cm (nodo 852).



STATO DI FATTO – DEFORMATA NEL PIANO – SISMA - Y

Viene analizzata la deformata nel piano sotto l'azione del sisma, per rilevare il massimo spostamento orizzontale dei nodi di solaio. La deformazione massima nel piano orizzontale è di 0,49 cm (nodo 852), la deformata del solaio di copertura risulta confrontabile con quella allo stato di fatto.



STATO DI PROGETTO – DEFORMATA NEL PIANO – SISMA - Y

Di seguito vengono riportati i risultati delle verifiche deformative allo stato di fatto.

- Spostamenti Max nella combinazione 1:

Componente	Nodo	Min Valore	Nodo	Max Valore	Nodo	Max	Valore
Ux	852	-0.02 [cm]	794	0.03 [cm]	794	0.03	[cm]
Uy	852	-0.07 [cm]	154	0.01 [cm]	852	-0.07	[cm]
Uz	915	-2.40 [cm]	920	0.05 [cm]	915	-2.40	[cm]
Rx	862	-0.19 [°]	936	0.24 [°]	936	0.24	[°]
Ry	938	-0.35 [°]	912	0.29 [°]	938	-0.35	[°]
Rz	1356	-0.02 [°]	427	0.01 [°]	1356	-0.02	[°]

- Spostamenti Max nella combinazione 2:

Componente	Nodo	Min Valore	Nodo	Max Valore	Nodo	Max	Valore
Ux	852	-0.03 [cm]	794	0.03 [cm]	794	0.03	[cm]
Uy	852	-0.07 [cm]	154	0.01 [cm]	852	-0.07	[cm]
Uz	915	-2.59 [cm]	920	0.07 [cm]	915	-2.59	[cm]
Rx	862	-0.22 [°]	936	0.27 [°]	936	0.27	[°]
Ry	938	-0.37 [°]	912	0.32 [°]	938	-0.37	[°]
Rz	1356	-0.03 [°]	427	0.01 [°]	1356	-0.03	[°]

- Spostamenti Max nella combinazione 3: Sisma 0 / 90

Componente	Nodo	Min Valore	Nodo	Max Valore	Nodo	Max	Valore
Ux	138	-0.01 [cm]	849	0.12 [cm]	849	0.12	[cm]
Uy	854	-0.06 [cm]	877	0.27 [cm]	877	0.27	[cm]
Uz	915	-1.92 [cm]	920	0.07 [cm]	915	-1.92	[cm]
Rx	861	-0.17 [°]	936	0.20 [°]	936	0.20	[°]
Ry	938	-0.28 [°]	912	0.24 [°]	938	-0.28	[°]
Rz	1356	-0.02 [°]	1026	0.01 [°]	1356	-0.02	[°]

- Spostamenti Max nella combinazione 4: Sisma 0 / 270

Componente	Nodo	Min Valore	Nodo	Max Valore	Nodo	Max	Valore
Ux	138	-0.01 [cm]	865	0.10 [cm]	865	0.10	[cm]
Uy	854	-0.25 [cm]	1033	0.04 [cm]	854	-0.25	[cm]
Uz	915	-1.86 [cm]	920	0.06 [cm]	915	-1.86	[cm]
Rx	888	-0.18 [°]	936	0.19 [°]	936	0.19	[°]
Ry	938	-0.29 [°]	912	0.23 [°]	938	-0.29	[°]
Rz	1356	-0.01 [°]	1018	0.01 [°]	1018	0.01	[°]

- Spostamenti Max nella combinazione 5: Sisma 90 / 0

Componente	Nodo	Min Valore	Nodo	Max Valore	Nodo	Max	Valore
Ux	866	-0.09 [cm]	849	0.14 [cm]	849	0.14	[cm]
Uy	1	0.00 [cm]	877	0.40 [cm]	877	0.40	[cm]
Uz	915	-2.03 [cm]	920	0.08 [cm]	915	-2.03	[cm]
Rx	862	-0.19 [°]	936	0.22 [°]	936	0.22	[°]
Ry	938	-0.26 [°]	912	0.25 [°]	938	-0.26	[°]
Rz	1356	-0.02 [°]	1023	0.02 [°]	1356	-0.02	[°]

- Spostamenti Max nella combinazione 6: Sisma 90 / 180

Componente	Nodo	Min Valore	Nodo	Max Valore	Nodo	Max	Valore
------------	------	------------	------	------------	------	-----	--------

Ux	866	-0.13 [cm]	846	0.08 [cm]	866	-0.13 [cm]
Uy	1	0.00 [cm]	1001	0.36 [cm]	1001	0.36 [cm]
Uz	915	-2.06 [cm]	961	0.08 [cm]	915	-2.06 [cm]
Rx	862	-0.19 [°]	936	0.22 [°]	936	0.22 [°]
Ry	938	-0.26 [°]	912	0.25 [°]	938	-0.26 [°]
Rz	1356	-0.03 [°]	735	0.01 [°]	1356	-0.03 [°]

- Spostamenti Max nella combinazione 7: Sisma 180 / 90

Componente	Nodo	Min Valore	Nodo	Max Valore	Nodo	Max Valore
Ux	866	-0.12 [cm]	1	0.00 [cm]	866	-0.12 [cm]
Uy	852	-0.14 [cm]	855	0.23 [cm]	855	0.23 [cm]
Uz	915	-2.02 [cm]	920	0.06 [cm]	915	-2.02 [cm]
Rx	862	-0.18 [°]	936	0.22 [°]	936	0.22 [°]
Ry	938	-0.27 [°]	912	0.25 [°]	938	-0.27 [°]
Rz	1356	-0.03 [°]	530	0.01 [°]	1356	-0.03 [°]

- Spostamenti Max nella combinazione 8: Sisma 180 / 270

Componente	Nodo	Min Valore	Nodo	Max Valore	Nodo	Max Valore
Ux	852	-0.16 [cm]	507	0.00 [cm]	852	-0.16 [cm]
Uy	852	-0.37 [cm]	855	0.04 [cm]	852	-0.37 [cm]
Uz	915	-1.96 [cm]	892	0.05 [cm]	915	-1.96 [cm]
Rx	862	-0.17 [°]	936	0.21 [°]	936	0.21 [°]
Ry	938	-0.28 [°]	912	0.24 [°]	938	-0.28 [°]
Rz	1356	-0.02 [°]	527	0.01 [°]	1356	-0.02 [°]

- Spostamenti Max nella combinazione 9: Sisma 270 / 0

Componente	Nodo	Min Valore	Nodo	Max Valore	Nodo	Max Valore
Ux	852	-0.12 [cm]	866	0.11 [cm]	852	-0.12 [cm]
Uy	852	-0.38 [cm]	1	0.00 [cm]	852	-0.38 [cm]
Uz	915	-1.82 [cm]	892	0.05 [cm]	915	-1.82 [cm]
Rx	888	-0.19 [°]	936	0.19 [°]	888	-0.19 [°]
Ry	938	-0.30 [°]	912	0.22 [°]	938	-0.30 [°]
Rz	1015	-0.02 [°]	1018	0.02 [°]	1018	0.02 [°]

- Spostamenti Max nella combinazione 10: Sisma 270 / 180

Componente	Nodo	Min Valore	Nodo	Max Valore	Nodo	Max Valore
Ux	852	-0.18 [cm]	866	0.06 [cm]	852	-0.18 [cm]
Uy	852	-0.50 [cm]	1	0.00 [cm]	852	-0.50 [cm]
Uz	915	-1.85 [cm]	892	0.06 [cm]	915	-1.85 [cm]
Rx	888	-0.19 [°]	936	0.19 [°]	936	0.19 [°]
Ry	938	-0.29 [°]	912	0.23 [°]	938	-0.29 [°]
Rz	1024	-0.02 [°]	1018	0.01 [°]	1024	-0.02 [°]

Di seguito vengono riportati i risultati delle verifiche deformative allo stato di progetto.

- Spostamenti Max nella combinazione 1:

Componente Nodo Min Valore Nodo Max Valore Nodo |Max| Valore

Ux	138	-0.02 [cm]	808	0.03 [cm]	808	0.03 [cm]
Uy	882	-0.07 [cm]	154	0.01 [cm]	882	-0.07 [cm]
Uz	945	-2.37 [cm]	950	0.07 [cm]	945	-2.37 [cm]
Rx	892	-0.26 [°]	966	0.23 [°]	892	-0.26 [°]
Ry	968	-0.34 [°]	942	0.29 [°]	968	-0.34 [°]
Rz	825	-0.02 [°]	721	0.01 [°]	825	-0.02 [°]

- Spostamenti Max nella combinazione 2:

Componente Nodo Min Valore Nodo Max Valore Nodo |Max| Valore

Ux	882	-0.02 [cm]	808	0.03 [cm]	808	0.03 [cm]
Uy	882	-0.07 [cm]	154	0.01 [cm]	882	-0.07 [cm]
Uz	945	-2.56 [cm]	950	0.09 [cm]	945	-2.56 [cm]
Rx	892	-0.29 [°]	966	0.27 [°]	892	-0.29 [°]
Ry	968	-0.37 [°]	942	0.32 [°]	968	-0.37 [°]
Rz	825	-0.03 [°]	1037	0.01 [°]	825	-0.03 [°]

- Spostamenti Max nella combinazione 3: Sisma 0 / 90

Componente Nodo Min Valore Nodo Max Valore Nodo |Max| Valore

Ux	138	-0.01 [cm]	879	0.12 [cm]	879	0.12 [cm]
Uy	884	-0.06 [cm]	907	0.25 [cm]	907	0.25 [cm]
Uz	945	-1.91 [cm]	950	0.07 [cm]	945	-1.91 [cm]
Rx	892	-0.21 [°]	967	0.20 [°]	892	-0.21 [°]
Ry	968	-0.28 [°]	942	0.24 [°]	968	-0.28 [°]
Rz	825	-0.02 [°]	1056	0.01 [°]	825	-0.02 [°]

- Spostamenti Max nella combinazione 4: Sisma 0 / 270

Componente Nodo Min Valore Nodo Max Valore Nodo |Max| Valore

Ux	138	-0.01 [cm]	932	0.08 [cm]	932	0.08 [cm]
Uy	884	-0.24 [cm]	615	0.04 [cm]	884	-0.24 [cm]
Uz	945	-1.85 [cm]	950	0.08 [cm]	945	-1.85 [cm]
Rx	917	-0.21 [°]	967	0.19 [°]	917	-0.21 [°]
Ry	968	-0.29 [°]	942	0.23 [°]	968	-0.29 [°]
Rz	825	-0.01 [°]	1048	0.01 [°]	1048	0.01 [°]

- Spostamenti Max nella combinazione 5: Sisma 90 / 0

Componente Nodo Min Valore Nodo Max Valore Nodo |Max| Valore

Ux	932	-0.07 [cm]	879	0.15 [cm]	879	0.15 [cm]
Uy	1	0.00 [cm]	907	0.39 [cm]	907	0.39 [cm]
Uz	945	-2.00 [cm]	991	0.07 [cm]	945	-2.00 [cm]
Rx	892	-0.23 [°]	966	0.22 [°]	892	-0.23 [°]
Ry	968	-0.26 [°]	942	0.25 [°]	968	-0.26 [°]
Rz	825	-0.02 [°]	1053	0.02 [°]	825	-0.02 [°]

- Spostamenti Max nella combinazione 6: Sisma 90 / 180

Componente Nodo Min Valore Nodo Max Valore Nodo |Max| Valore

Ux	932	-0.07 [cm]	879	0.15 [cm]	879	0.15 [cm]
Uy	1	0.00 [cm]	907	0.39 [cm]	907	0.39 [cm]
Uz	945	-2.00 [cm]	991	0.07 [cm]	945	-2.00 [cm]
Rx	892	-0.23 [°]	966	0.22 [°]	892	-0.23 [°]
Ry	968	-0.26 [°]	942	0.25 [°]	968	-0.26 [°]
Rz	825	-0.02 [°]	1053	0.02 [°]	825	-0.02 [°]

Ux	932	-0.11[cm]	876	0.09[cm]	932	-0.11[cm]
Uy	1	0.00[cm]	1031	0.34[cm]	1031	0.34[cm]
Uz	945	-2.03[cm]	991	0.08[cm]	945	-2.03[cm]
Rx	892	-0.23[°]	966	0.22[°]	892	-0.23[°]
Ry	968	-0.26[°]	942	0.25[°]	968	-0.26[°]
Rz	825	-0.03[°]	1052	0.01[°]	825	-0.03[°]

- Spostamenti Max nella combinazione 7: Sisma 180 / 90

Componente Nodo Min Valore Nodo Max Valore Nodo |Max| Valore

Ux	932	-0.10[cm]	1	0.00[cm]	932	-0.10[cm]
Uy	882	-0.12[cm]	1031	0.22[cm]	1031	0.22[cm]
Uz	945	-1.99[cm]	991	0.06[cm]	945	-1.99[cm]
Rx	892	-0.23[°]	966	0.22[°]	892	-0.23[°]
Ry	968	-0.27[°]	942	0.25[°]	968	-0.27[°]
Rz	825	-0.03[°]	521	0.01[°]	825	-0.03[°]

- Spostamenti Max nella combinazione 8: Sisma 180 / 270

Componente Nodo Min Valore Nodo Max Valore Nodo |Max| Valore

Ux	882	-0.15[cm]	498	0.00[cm]	882	-0.15[cm]
Uy	882	-0.35[cm]	831	0.04[cm]	882	-0.35[cm]
Uz	945	-1.94[cm]	950	0.07[cm]	945	-1.94[cm]
Rx	918	-0.22[°]	966	0.21[°]	918	-0.22[°]
Ry	968	-0.28[°]	942	0.24[°]	968	-0.28[°]
Rz	825	-0.02[°]	526	0.01[°]	825	-0.02[°]

- Spostamenti Max nella combinazione 9: Sisma 270 / 0

Componente Nodo Min Valore Nodo Max Valore Nodo |Max| Valore

Ux	882	-0.12[cm]	932	0.09[cm]	882	-0.12[cm]
Uy	882	-0.37[cm]	1	0.00[cm]	882	-0.37[cm]
Uz	945	-1.82[cm]	950	0.09[cm]	945	-1.82[cm]
Rx	918	-0.23[°]	968	0.19[°]	918	-0.23[°]
Ry	968	-0.29[°]	942	0.23[°]	968	-0.29[°]
Rz	1045	-0.02[°]	1048	0.02[°]	1045	-0.02[°]

- Spostamenti Max nella combinazione 10: Sisma 270 / 180

Componente Nodo Min Valore Nodo Max Valore Nodo |Max| Valore

Ux	882	-0.18[cm]	932	0.05[cm]	882	-0.18[cm]
Uy	882	-0.49[cm]	1	0.00[cm]	882	-0.49[cm]
Uz	945	-1.84[cm]	950	0.09[cm]	945	-1.84[cm]
Rx	918	-0.23[°]	966	0.19[°]	918	-0.23[°]
Ry	968	-0.29[°]	942	0.23[°]	968	-0.29[°]
Rz	1054	-0.02[°]	1048	0.01[°]	1054	-0.02[°]

2.1.6.2.3 Confronto SDF e SDP con interventi di rinforzo – Analisi dei risultati

L'analisi condotta mostra che l'intervento di demolizione dei solai in laterocemento e cerchiatura tramite profili in acciaio non modifica il comportamento sismico globale della struttura. I modi di vibrare nelle due direzioni risultano analoghi, e, in certi casi, apparentemente anche migliorati con l'intervento di rinforzo. Le deformazioni in direzione orizzontale subiscono un lieve decremento (da 0,50 cm allo stato di fatto a 0,49 cm allo stato di progetto come spostamenti dell'ultimo impalcato); questo risultato è in parte frutto dell'intervento di cerchiatura e in parte, probabilmente, alla diminuzione della massa spingente dovuta alla rimozione delle parti di solaio.

Dal punto di vista statico si riscontra un miglioramento delle condizioni di sicurezza dell'edificio, riscontrando una diminuzione delle azioni agenti e delle deformazioni dovuta alla rimozione dei campi di solaio ai due piani. La cerchiatura in acciaio ha anche l'importante effetto di rinforzare le travi in c.a. soggette ad azione torsionale impressa dal momento flettente del montante della facciata frangisole.

A seguito di quanto premesso, viene verificato il modello dal punto di vista quantitativo attraverso le analisi numeriche descritte nel paragrafo 2.1.2. Si ricorda che i valori in oggetto non devono subire un decremento tra la situazione allo stato di fatto e quella allo stato di progetto.

Vengono riportati di seguito i risultati dei valori di vulnerabilità ottenuti per l'edificio allo **STATO DI FATTO**:

Pilastri – Meccanismo duttile:	$\alpha = 1,45$ (Nodo 697 955)
Travi – Meccanismo duttile:	$\alpha = 2,21$ (Nodo 1015 1020)
Pilastri – Meccanismo fragile:	$\alpha = 0,095$ (Nodo 795 1007)
Travi – Meccanismo fragile:	$\alpha = 0,063$ (Nodo 292 307)
Nodi trave-pilastro:	$\alpha = 0,188$ (Nodo 399)

L'edificio allo stato di fatto non risulta adeguato alla vigente normativa antisismica (DM 14 gennaio 2008, Norme Tecniche per le Costruzioni).

Vengono riportati i risultati dei valori di vulnerabilità ottenuti per l'edificio allo **STATO DI PROGETTO**:

Pilastri – Meccanismo duttile:	$\alpha = 1,48$ (Nodo 697 985)	$\alpha_{SDP} / \alpha_{SDF} = 1.02$
Travi – Meccanismo duttile:	$\alpha = 2,35$ (Nodo 1045 1050)	$\alpha_{SDP} / \alpha_{SDF} = 1.06$
Pilastri – Meccanismo fragile:	$\alpha = 0,097$ (Nodo 809 1037)	$\alpha_{SDP} / \alpha_{SDF} = 1.02$
Travi – Meccanismo fragile:	$\alpha = 0,071$ (Nodo 283 298)	$\alpha_{SDP} / \alpha_{SDF} = 1.13$
Nodi trave-pilastro:	$\alpha = 0,150$ (Nodo 762)	$\alpha_{SDP} / \alpha_{SDF} = 0.80$

I valori dei coefficienti di vulnerabilità allo stato di progetto sono tutti leggermente superiori rispetto ai valori individuati per lo stato di fatto, ad eccezione dei valori delle verifiche nei nodi. L'intervento può essere pertanto assimilato ad un miglioramento sismico, a condizione che vengano migliorate anche le resistenze dei nodi con interventi appositi.

Di seguito si riportano le tabelle con i valori dei coefficienti α calcolati:

MOMENTO PILASTRI SDF						alfa					alfa
200	9	9	1279.3	3490.2	26307.3	7.17	3	7376.6	-3167.1	-39533.7	14.81
2 210	9	9	1071.3	3398.2	26126	7.37	8	-7536.9	3273.3	39290.9	14.31
3 214	10	10	25.9	1545.8	18904.1	12.21	4	653.5	-2227	24841.4	10.86
4 218	10	10	87	1614.2	20981	12.94	3	545.4	-2342.7	27368.4	11.45
5 222	8	10	66.2	1240.4	13340.5	10.7	3	-982.5	-778.3	11762.8	16.37
6 224	8	9	90.3	1191.8	12456.7	10.38	3	589.8	-651.6	10977.1	15.94
7 303	4	6	-184.7	-1126	-8627.9	7.5	5	-508.8	376.8	6386.2	18.3
8 307	5	6	977.8	1887.2	25442	12.96	6	-10829	-874.6	28922.6	45.45
9 309	5	5	1306.1	1841.8	25312.4	13.03	3	-4578.8	-650.3	28800.4	51.33
10 313	4	5	870.9	1398.9	10722.9	7.04	4	255	-214.2	-8568.4	41.19
11 317	3	5	-317.7	-962.1	-14580	14.82	3	502.1	-311.9	-12650	42.17
12 321	1	5	-12	-600.2	-9650.3	16.06	4	-756.2	-120.4	6273.9	58.39
13 333	6	6	65.5	109	2651.4	23.72	4	229.9	-30.2	-2668.7	96.09
14 62	6	5	-22.9	-81.2	-1967	23.95	3	10	-50.4	1967	38.84
20 353	7	5	345.5	469.1	4534.5	8.93	7	-34.5	86.8	-4627.6	52.91
41 88	1	6	-10.9	-456.2	-6427.2	14.06	9	48.3	-263.6	3821.9	14.32
45 92	2	6	-97.5	-2538	-19605	7.69	4	5911.2	-2239.1	-33736	17.71
46 93	2	9	202	1982.8	13844.9	6.88	7	-269.3	1770	-24584	13.74
51 98	3	5	-63.6	-1129	-8533	7.5	10	-84.2	319.6	-7314.4	22.62
60 107	3	5	-44.2	-703.9	-9050.8	12.79	8	-27.9	339.9	-7808.8	22.89
61 426	4	5	-6.5	-675.6	-9275.2	13.72	4	1064.3	167.2	-6994.1	48.2
62 108	6	5	-7.6	-44.3	-1976.2	44.41	6	18.4	5.4	-1970.4	371.7
88 134	1	9	6.8	295.5	6296.1	21.28	9	-16.4	84.3	-3720.2	43.95
92 138	2	6	-34.1	-1461	-19536	13.35	4	1692.4	-1171.3	-33641.2	30.17
93 139	2	9	15.8	1234	13977.9	11.31	7	-342.3	588	-24800.7	41.6
98 144	3	10	30.4	351.3	8509.5	24.14	9	-81.3	470	-7294.3	15.35
107 153	3	5	-5.2	-517.3	-9036.2	17.46	5	-47.6	72	-7754.8	107
108 154	6	6	-17.1	-13	-2034.8	155.5	4	-22.5	-6.1	2028.9	336.8
134 180	1	9	10.7	212.5	6197.3	29.11	9	2.1	-70.7	3679.1	52.02
138 399	2	6	175.8	2064.9	19304.9	9.26	3	-12282	2494.2	33326	18.29
139 184	2	5	-177.1	-503.6	-14682	28.8	4	-911.8	-449.3	25945.6	59.78
144 188	3	10	1.6	570.1	8692	15.24	9	112.3	-826.7	7491.8	8.93
153 197	3	10	23.2	318.2	9226.2	28.92	10	39.2	-97.9	7926.5	80.54
154 343	6	5	148.1	106	2336.1	20.64	4	310.7	13.4	-2336.1	198.1
180 393	1	9	9.5	139	6118.2	43.95	9	-5.6	60.9	-3610.9	59.24
184 408	2	9	-729.7	-1184	-15195	12.22	4	13134.8	761.6	-26779.3	52.41
188 413	3	10	26.7	360.7	8661.6	23.94	7	188.7	-421.9	7411.8	17.12
197 422	3	10	60.6	112.8	9625.5	84.76	7	-1678.1	-125.1	8265.3	79.51
200 569	20	9	1432.4	1732	19443	10.4	6	4645.1	780.1	-14844.4	24.98
210 579	20	9	1441.2	1489.3	19409.8	12.07	10	-4600.7	869.4	14818.5	22.34
214 583	20	10	99.9	594.8	13441.8	22.43	5	-850.8	918.6	-10264.2	10.25
218 587	20	9	219.2	1203.3	14910.4	12.21	5	-285.6	964.6	-11406.1	11.53
222 591	19	9	290.1	1435.8	9427.8	6.36	10	-1389.5	561	6312	13.73

224 593	19	9	38.3	570	8737.2	15.26	10	788.5	422.1	-5804.1	15.62
303 650	15	6	1055.5	1138.6	6429	4.72	5	-885.4	441.9	4518	12.23
307 654	16	6	-661.5	-1430	-13382	8.89	6	-3017.5	-687.5	14264.2	25.14
308 659	16	6	-637	-984.8	-6964.2	6.42	7	51.3	-343.2	5943.8	17.17
309 664	17	5	-1453	-1522	-14378	8.49	5	4589.3	389.6	-14350.3	48.61
313 668	16	5	1555.3	2021.5	8043.5	3.21	6	-509.2	-353.7	7233.8	21.89
317 672	16	5	1186.2	797.2	8895.2	9.67	4	-914.8	251.2	8493.6	37.46
321 676	15	3	245.5	287.6	7301.4	24.53	7	-2008.7	147.9	5410.2	50.17
353 697	12	5	-610	-828	-4155.2	4.28	9	59.7	-66.1	4155	61.99
393 453	11	9	4	64.5	2994.1	46.35	9	1.8	-111.4	2451	21.98
399 459	12	6	-49.5	-478.9	-4346.1	8.97	6	1639	103.9	-4346.1	57.61
413 465	14	10	17.5	169.1	4533.6	26.71	10	-37.2	180.6	-5380.3	29.59
422 474	14	5	-24.8	-129.6	-4290.5	32.91	3	1459.5	-132.6	-5093.9	49.41
426 766	12	9	35.9	316.9	4762.9	14.92	4	1115.7	212.4	-4762.9	27.68
427 475	18	5	-2.6	-52.8	-1731.6	32.72	6	-1.8	7.9	-1731.6	219
453 501	11	9	5.1	55.8	2971.5	53.12	6	1.6	-53.1	2418	45.53
459 507	12	6	-7.3	-255.8	-5380.1	21	8	-607.9	232.8	5362.4	25.64
460 508	14	9	135.6	218.1	5075.9	22.66	3	52.2	-36.8	-5986.6	163.9
465 513	14	10	18	152.5	4451.5	29.08	9	-7.2	130.8	-5253	40.12
474 522	14	5	-0.8	-145.6	-4608.4	31.64	4	-32.9	-21.2	5498.7	261
475 523	18	5	33.7	20.6	1809	86.11	9	1.6	-5.1	1809	355.5
501 549	11	9	3.2	110.3	2931.9	26.56	6	-4	38	-2401.2	63.02
507 739	12	9	11.2	296.5	10064	33.91	3	-3082.1	545	10042.9	24.08
508 553	14	10	-59.7	-89.7	-5675.5	62.62	4	-340.3	-49.6	6602.3	139.9
513 557	14	10	14.6	237.9	4448.6	18.64	6	-49.2	622.4	-5280.3	8.41
522 566	14	9	11.9	223.2	4909	21.95	4	64.5	-23.7	-5834.2	249.2
523 687	18	5	134.9	176.8	1887	9.91	6	-13.1	9.2	1894.8	206.6
549 733	11	9	3	226.6	2887.3	12.73	9	-3.7	27.2	-2350.5	86.38
553 748	14	6	-489.3	307.7	-6630.1	19.96	4	2514	231.7	-7495.3	43.2
557 753	14	10	16.5	141.1	4506.3	31.83	7	120.6	-474.6	5307.9	10.93
566 762	14	9	33.8	262.5	5317.6	20.13	4	-1390.3	145.8	6205.9	52.09
569 832	28	9	260.2	450.4	13997.5	30.5	6	-4861.4	-988.5	9242.6	14.27
574 836	29	6	-234.5	90.9	-4687.6	49	9	-154.5	1044.6	-5559.7	5.17
579 840	28	6	-1580	822.3	-14566	15.79	9	5137.7	1060.6	-9950	14.23
583 844	28	10	125.4	591.1	9448.8	15.77	5	-972.5	1129.4	-6043	4.49
587 848	28	9	265.5	1249.2	10380	8.1	5	-538.2	1217.1	-6778.6	5.13
591 852	28	9	320.3	1533.8	8372.9	5.25	10	-1888.9	970.2	5402.1	7.51
593 854	28	9	43.6	614.3	8013.3	12.97	9	751.1	-802.8	5153.7	5.48
650 907	25	6	-970.9	-1186	-8861.1	6.65	6	-1258.2	395.2	6545.4	19.75
654 911	21	6	649.8	1002.1	9643.6	8.98	6	3258	348.3	-10066	38.25
664 919	21	5	1326.4	1004	9585.5	8.23	10	5168.9	-446.6	-9853.2	33.64
668 923	21	5	1183.2	2180.8	4373.2	1.46	6	553.4	219.1	-3605.7	18.98

672 927	21	5	1135.5	1432.9	5253.6	2.87	6	937.5	209.4	-4329.6	25.15
676 931	25	5	-60.5	-679.5	-8922.9	13.04	6	-2432.8	116.3	6949.3	80.68
697 955	27	5	672	1935	3474.5	1.45	6	521.5	-212.9	-3474.5	18.77
733 767	21	9	7.7	348.9	2926.3	8.36	6	-22.4	32	-2396.7	74.24
739 773	22	6	-215.7	-199.8	-7476.5	36.34	3	2907.3	-133.2	-8903.8	88.7
744 1011	23	6	68.3	129.5	3575.8	27.08	4	533	476.2	-5235.5	12.11
748 774	22	9	514.2	533.2	6918.1	12.01	4	-2947.8	133.7	8238	83.65
753 779	22	10	23.2	156.3	4387.4	27.93	10	-19.4	104.2	-5208.3	49.78
766 1033	24	10	48.7	416.3	3245.3	7.68	4	1261.6	338.3	-3925.3	15.33
767 789	21	9	10.5	282	3032.2	10.72	6	17.7	-21.4	2451.7	113.7
773 795	22	6	-48.1	-49.9	-5354.8	106.3	3	90.3	-207.7	6252.9	29.68
774 796	22	6	197.1	-181.8	4908.2	25.91	4	661.6	-45.2	-5776.4	142.3
779 801	22	9	23.1	129	4356.3	33.58	6	-56.7	157.5	-5171.6	32.48
788 810	22	10	67.5	403.4	4670.2	11.41	5	-172.3	34.5	5510.1	164.9
789 811	21	9	9	71.2	3043.2	42.62	5	13.4	-6.9	-2460.5	358
795 1007	22	6	372.9	267.7	13668.6	49.66	8	4716.8	703.3	-16328.9	29.92
796 815	22	5	9.4	92.3	5924.1	64.05	4	-109	-86.1	6842.3	80.77
801 819	22	10	21.4	184.7	4374.9	23.57	6	-82.4	598.3	-5193.5	8.54
810 828	22	10	100.3	169.4	5163.8	29.89	9	26.2	-41.6	6052.7	145
811 1001	21	6	3.7	75.8	2923.1	38.52	9	-0.1	12.8	-2398.8	187.9
815 1015	22	9	-156.9	-249.7	-9081.1	35.75	4	4358.9	373.7	-10154.2	38.84
819 1020	22	10	-23.1	-174.4	-4487.4	25.59	6	230.5	-441.4	5326.1	11.54
828 1029	22	5	108.4	411	5879.6	14.04	9	446.1	-343.9	-6832	21.16

a min PILASTRI SDF						1.45					4.49
-----------------------	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	------

MOMENTO TRAVI SDF						alfa
224 200	14	3	902.2	-809.1	22619	26.84
200 202	2	6	29018	2701.9	144866.4	42.88
202 204	3	6	8331.4	1455.7	29421.3	14.49
204 206	4	6	-13579	-1303.3	-19252.6	4.35
206 208	3	5	7818.8	1542.3	24822.5	11.02
208 210	2	5	28336.6	2824.6	103465.2	26.6
210 214	14	9	11005.5	-1148	24895.8	12.1
214 218	14	5	5648.9	1129.2	21802.2	14.31
218 222	14	5	1922.1	987.9	11028.4	9.22
593 569	28	5	486.6	-1059.4	-17288.8	16.78
569 574	28	6	28123.9	653.9	60372	49.32
574 579	28	6	-23491	546.3	-45262.1	39.85
579 583	28	6	2348.6	-813	42253.4	49.08
583 587	28	5	5997.3	829.3	28981.7	27.71
587 591	28	10	1904.8	-1282.1	8327.6	5.01
650 654	27	6	10468.3	-1221.1	40244.3	24.38
654 659	27	9	17967.7	698	40244.3	31.91

659 664	27	6	17823.8	-407.3	40244.3	55.05
664 668	27	10	9086.8	440	40244.3	70.82
668 672	27	6	7502.5	-237.6	29412.9	92.2
672 676	27	6	1251.8	-219	14955.4	62.57
698 699	24	6	147.9	97.2	1170.7	10.53
714 716	24	9	50.1	130.3	1322	9.76
733 739	21	7	10436.6	781.6	55768.6	58
739 744	22	7	25213.1	1329.1	55606.8	22.87
744 748	22	4	27800.5	1602.5	55606.8	17.35
748 753	21	6	414.1	-2029.5	-17066.2	8.61
762 766	23	7	7245.6	608.4	22619	25.27
854 832	38	9	49.7	-757.7	-29608	39.14
832 836	38	10	-16564	-447.9	-70559.1	120.6
836 840	38	6	21727.8	-341.5	57723.8	105.4
840 844	38	9	3929.9	467.7	37642.6	72.08
844 848	38	5	4362.9	-618.4	37642.6	53.82
848 852	38	5	645.1	902.5	23094	24.87
907 911	35	9	15445.3	1485.6	50720.8	23.75
911 919	37	6	19609.3	-1591.7	110690.4	57.22
919 923	35	5	12020.8	-570.7	33025.9	36.81
923 927	35	6	7397.3	-196.9	23512.7	81.86
927 931	35	4	7628.5	-225.6	23512.7	70.4
957 956	33	9	105.6	-82.3	1304.4	14.57
303 307	11	6	16691.4	-1235.5	40097.9	18.95
969 971	33	9	909.2	176.6	1817.3	5.14
1001 1004	32	6	-435.4	-1269	-22704.8	17.55
1004 1007	32	10	262	1382.9	22590	16.15
1007 1011	31	3	-22500	987	-45664.5	23.47
1011 1015	31	7	31107.6	-2296.6	71634.1	17.65
1015 1020	32	4	311.5	1611.4	3876.9	2.21
1029 1033	31	9	7242.3	-1252.1	15079.9	6.26
200 292	7	9	2858.6	4091.2	39366.6	8.92
292 307	7	6	-2099.3	2044.3	-103965	49.83
307 323	7	6	-2454.1	-322.9	-103965	314.4
323 399	7	6	483.9	2988.9	39366.6	13.01
297 328	13	9	-1149.5	-436.5	-52489.2	117.6
210 300	7	9	2583.1	3765.4	33034.8	8.09
300 309	7	6	-5916.3	2025.1	-32909.6	13.33
309 322	10	3	-5212.1	-1507.6	-32740.2	18.26
322 343	7	3	4334.9	925.1	26454.9	23.91
343 408	8	9	-49.7	-1421.6	-14341	10.05

317 353	9	5	-89.7	-135.5	-2234.8	15.83
353 422	9	5	100.1	238.1	2234.8	8.97
292 300	12	4	22199.8	594.2	80801.7	98.63
569 654	25	9	301.1	305.2	2234.8	6.34
654 739	25	6	286	326	2234.8	5.98
579 664	26	9	437.6	362.2	2334.8	5.24
664 687	26	5	-223	-158.3	-4255.2	25.46
687 748	25	6	59.1	252	2234.8	8.63
672 716	25	10	253.9	334	5253.4	14.97
716 762	25	5	126.5	587.7	2803.5	4.56
832 911	34	6	306.2	-278.3	2311.4	7.21
911 1007	34	6	147	189.6	2251.2	11.1
323 322	12	4	24727.1	736	67417.2	58.01
840 919	35	6	908.1	-742.1	4811.1	5.26
919 945	35	5	826.4	263.2	4811.1	15.14
945 1015	36	9	-317.1	-336.1	-2303.9	5.91
949 1019	33	5	264.7	-221.7	1184.4	4.15
927 971	36	10	335.5	386.1	5253.4	12.74
971 1029	36	10	33.1	-876.9	-2241.2	2.59
309 313	11	5	13322.7	-548	29444.1	29.42
313 317	11	4	8737.3	248.8	36708.9	112.4
317 321	11	4	742	215.6	18642.8	83.03
358 359	5	6	182.4	74	1869	22.79
370 372	5	6	25	-67.8	-1271	19.12
422 426	6	7	6748.7	403.2	18405.6	28.91
393 396	1	6	1.8	285.5	11333.6	39.69
396 399	1	3	1085.7	-949.4	11285.2	10.74
399 401	2	7	27194.2	1567.1	102326.7	47.94
401 403	3	6	5829.3	1029.3	25469.9	19.08
403 405	4	3	-11652	605.3	-36673.8	41.34
405 406	3	7	10189.6	-735	29505.2	26.28
406 408	2	6	33300	-800.1	98803.9	81.87
408 413	1	9	405.1	1567.2	11285.2	6.94

a min TRAVI SDF						2.21
--------------------	--	--	--	--	--	------

MOMENTO PILASTRI SDF						alfa					alfa
1 200	9	9	1180.9	3159.7	23985.1	7.22	5	2990.9	-3021.7	36523.3	11.1
2 210	9	9	953.9	3299.3	23692.4	6.89	10	-3049.8	3227.9	-36159.4	10.26
3 214	10	10	36.1	1469.1	19352.9	13.15	9	294.5	-2215.9	25389.9	11.32
4 218	10	10	83.2	1542.4	20929.5	13.52	3	524.4	-2302.2	27306.2	11.63
5 222	8	10	58.3	1198.3	13348.3	11.09	3	-998.7	-760.1	11769.7	16.8
6 224	8	9	73.3	1147.2	12811.7	11.1	3	864.1	-592.7	-11292.7	20.51

7 294	4	6	-272.7	-1077	-8695.1	7.82	10	-699.1	-352.5	6449.3	20.28
8 298	5	6	688.8	1711.1	25295.3	14.38	6	-7340.5	-784.7	28762.5	46.01
9 300	5	5	1029.6	1764.6	24822.8	13.48	3	-3130.3	-563.3	28293	55.79
10 304	4	5	945	1335.6	10787.6	7.37	4	207.2	-194	-8631.7	45.56
11 308	3	5	-322.6	-922.7	-14576	15.45	3	508.7	-276.8	-12646.2	47.52
12 312	1	5	-16.1	-579.5	-9651.1	16.63	4	-759.5	-109.4	6275.1	64.29
13 324	6	6	50.8	99.2	2588.8	25.59	4	169.3	-26.2	-2607.5	106
14 62	6	6	-21.6	-78.5	-1959.2	24.67	3	11.1	-44.1	1959.2	44.14
20 344	7	5	344.1	453	4532.9	9.25	7	-35.2	76.7	-4625.9	59.84
41 88	1	6	-8.7	-436.8	-6403.4	14.64	9	47.1	-247.2	3807	15.21
45 92	2	6	-26.1	-2316	-19602	8.45	4	5659.5	-2116.8	-33732.2	18.61
46 93	2	9	189.6	1929.9	13833.5	7.07	7	-277.5	1676.6	-24565.4	14.49
51 98	3	5	-59.4	-1071	-8520.3	7.9	10	-83.3	306.9	-7303.5	23.53
60 107	3	5	-45.9	-676.8	-9074.3	13.34	8	-31.5	316.8	-7830	24.61
61 417	4	5	-10.3	-652.5	-9275.9	14.2	7	1065.9	-159.2	-6994.7	50.62
62 108	6	6	-5.9	-42.6	-1961	45.84	9	13	-5.1	-1955.1	389.28
88 134	1	9	9.5	282.5	6273.1	22.17	9	-16.2	78.9	-3705.9	46.79
92 138	2	6	-0.3	-1335	-19533	14.64	4	1621.4	-1102.2	-33637.3	31.99
93 139	2	9	23.3	1194.9	13968.6	11.67	7	-346.1	554.8	-24785.5	44.05
98 144	3	10	31.6	335.1	8498.6	25.27	9	-79.1	452.2	-7284.9	15.93
107 153	3	5	-6.3	-498.7	-9055.7	18.15	5	-47.2	68.5	-7772.5	112.71
108 154	6	6	-8.2	-12.4	-2004.8	161.7	4	-15.1	-5.4	1998.9	375.26
134 180	1	9	13.5	202.8	6174.5	30.38	9	1.7	-66.3	3665.1	55.29
138 390	2	6	85.1	1877.1	19302.1	10.24	3	-11755	2373.4	33322.1	18.99
139 184	2	5	-149.6	-476.3	-14671	30.49	4	-908	-421.3	25929	63.69
144 188	3	10	3.3	543.8	8679.8	15.96	9	106.3	-795.4	7481.3	9.27
153 197	3	10	22.4	309.4	9241.8	29.8	10	39.8	-93	7940	84.94
154 334	6	5	119.1	100.6	2232.4	21	4	230	12.4	-2232.4	199.17
180 384	1	9	11.6	132.2	6096.8	46.02	9	-5.4	57.3	-3597.9	62.65
184 399	2	9	-642.9	-1157	-15186	12.57	4	13014.4	703.2	-26765	56.57
188 404	3	10	27.2	342.6	8661.6	25.2	7	195.7	-404.4	7411.8	17.84
197 413	3	10	60.1	117.3	9637.5	81.66	4	-1677.1	135	8275.8	73.72
200 560	20	9	1385.2	1568.4	18696.5	11.04	5	2277.4	-881.5	-14263.7	18.76
210 570	20	9	1376.4	1441.5	18591.8	11.94	5	-2359.8	-954.9	14182.1	17.32
214 574	20	10	86.1	581.6	13722.6	23.45	5	-481.4	1005.7	-10482.6	9.94
218 578	20	9	219.6	1189.1	14875.8	12.33	5	-313.6	1035.9	-11379.2	10.68
222 582	19	9	294.8	1439.1	9433.6	6.35	10	-1404.9	602.5	6316.3	12.82
224 584	19	9	17.7	538.7	8979.6	16.63	5	1093.3	-491.9	-5979.4	14.38
294 632	15	6	1265.6	1103.1	6462.5	4.71	5	-1057.3	416.2	4547.6	13.47
298 636	16	6	-632.2	-1339	-13312	9.47	9	-1544.2	627.1	14143.2	25.02
299 641	16	6	-226.9	-923.6	-6155.8	6.42	8	-24.2	290.8	-5235.7	17.92
300 646	17	5	-1293	-1415	-14257	9.16	5	2639	365.6	-14227.2	46.13

304 650	16	5	1648.2	1927.1	8074.8	3.33	6	-370	-348.1	7269.1	21.95
308 654	16	5	1195	781.5	8893.6	9.85	4	-932.2	249.5	8490.5	37.77
312 658	15	3	249.4	331.7	7302.2	21.26	4	-2016.2	-147.6	5410.9	50.33
344 679	12	5	-607.7	-816.4	-4154.1	4.34	9	60.2	-63.9	4154.1	64.04
384 444	11	9	4.9	62.3	2982.1	47.82	9	0.6	-106.1	2441.4	23
390 450	12	6	-35.8	-440.3	-4393.9	9.9	6	1553.7	98.1	-4393.6	60.61
404 456	14	10	17.9	161.3	4533.7	27.99	10	-37.3	173.4	-5380.5	30.81
413 465	14	5	-25.4	-138	-4298.1	30.96	4	1457.1	-124.2	-5103	52.81
417 748	12	9	37.2	319.4	4763.3	14.8	4	1117.6	198.5	-4763.3	29.62
418 466	18	5	-7.2	-49.4	-1746.3	35.2	6	-3.4	7.5	-1746.3	231.74
444 492	11	9	5.6	54.3	2962.4	54.49	6	2.1	-50.6	2410.7	47.64
450 498	12	6	-1.2	-236	-5384.9	22.81	8	-595.5	223	5366.9	26.74
451 499	14	9	120.2	210.2	5076.5	23.58	4	51.1	-34.4	-5987.2	175.55
456 504	14	10	18.3	145.9	4451.2	30.38	9	-6.7	125.4	-5252.7	41.84
465 513	14	5	-0.8	-142.6	-4614	32.34	4	-33	-21.3	5505.3	260.15
466 514	18	6	33.6	20	1804.4	88.35	9	1.1	-4.8	1804.4	376.52
492 540	11	9	3.8	107.8	2925.3	27.11	6	-4.6	35.9	-2395.9	66.61
498 721	12	9	13.1	277.7	10061.3	36.18	3	-3066.9	526.7	10040.1	24.88
499 544	14	6	-113.7	95.4	-5653.5	58.07	4	-340.7	-46.9	6606	148.08
504 548	14	10	14.9	228.1	4447.2	19.43	6	-54.5	596.1	-5278.7	8.76
513 557	14	9	12.1	219.5	4913	22.33	4	64.3	-22.3	-5838.6	264.79
514 669	18	6	100.2	166.2	1864.4	10.61	6	-10.9	9.6	1872.1	197.08
540 715	11	9	4.4	220.4	2882.7	13.06	9	-3.4	25.3	-2346.8	92.52
544 730	14	6	-407.6	307	-6640.7	20.3	4	2523.5	225.4	-7505.1	44.49
548 735	14	10	16	136.4	4512	32.97	7	127	-452.9	5314.7	11.45
557 744	14	9	34.1	260.3	5320.5	20.31	4	-1389.5	158.9	6208.9	47.81
560 862	28	9	462.2	620.5	13664.5	21.28	6	-3212.2	-953.5	8969.3	12.78
565 866	29	6	-309.4	81.2	-5192.7	60.13	5	121.7	-1041.1	6227.3	5.86
570 870	28	10	-1546	-810.7	-14246	15.66	10	3565.9	-1043.3	-9660.2	12.68
574 874	28	10	125.1	578.4	9570.8	16.33	5	-724.4	1130.3	-6136.2	4.79
578 878	28	9	266.4	1233	10364.2	8.19	5	-564.6	1223.1	-6765.6	5.07
582 882	28	9	324.2	1533.5	8375.2	5.25	10	-1903.2	975.9	5403.9	7.49
584 884	28	9	43.9	587.2	8117.6	13.75	9	1167.7	-766.8	-5225.2	8.34
632 937	25	6	-1037	-1143	-8861.1	6.85	5	-1266.8	377	6545	20.72
636 941	21	6	605.7	1001.6	9644	9.02	6	2754.1	337.7	-10067	37.96
646 949	21	5	1208.8	983.1	9590	8.53	5	4947.6	433.8	-9869.3	34.15
650 953	21	5	1208	2096.2	4362.7	1.5	6	513.1	218.3	-3596.8	18.83
654 957	21	5	1136.6	1397.1	5254.6	2.95	6	940.1	204.1	-4330.3	25.83
658 961	25	5	-60.5	-673.2	-8922.9	13.16	6	-2435.5	111.4	6949.2	84.21
679 985	27	5	670.4	1889.5	3474.5	1.48	6	524.3	-191.7	-3474.5	20.86
715 765	21	9	9.6	339.7	2922.9	8.58	6	-22.8	31.4	-2394	75.45
721 771	22	6	-188.2	-208	-7481.1	35.06	8	2897.4	130	-8909.3	90.84
726 1041	23	6	55.1	125.1	3577.7	28.16	4	535.2	452.9	-5238.3	12.75
730 772	22	9	430.5	511.6	6914.3	12.67	4	-2944.8	143.1	8233.4	78.14
735 777	22	10	22.9	151.1	4390.3	28.9	10	-19.5	101.7	-5211.7	51.05

748 1063	24	10	49	414.8	3245.5	7.71	4	1264.2	304.2	-3925.5	17.06
765 803	21	9	12	274.4	3029.6	11	6	17.7	-20.8	2449.6	116.77
771 809	22	6	-34.2	-52.2	-5356.1	101.9	3	89.6	-200.1	6254.2	30.81
772 810	22	9	160.7	177	4904.2	26.8	4	660.9	-45.3	-5772	141.87
777 815	22	10	23	124.2	4357.2	34.9	6	-57.3	151.3	-5172.7	33.82
786 824	22	9	67.7	396.7	4672	11.61	10	-172.2	-35.2	5512.2	161.48
803 841	21	9	9	69.2	3041.5	43.8	10	13.4	6.7	-2459.1	370.76
809 1037	22	6	354	276.4	13668.2	48.18	3	4706.9	-681.8	-16328.5	30.85
810 845	22	6	4.6	90.3	5920.8	65.52	4	-109.3	-82.8	6839.2	83.93
815 849	22	10	21.3	177.9	4373.5	24.47	6	-85.6	572.5	-5191.9	8.92
824 858	22	10	100.1	168.8	5165.2	30	9	26	-40.3	6054.1	149.68
841 1031	21	6	3	74.5	2922.6	39.2	9	-0.1	12.6	-2398.4	189.99
845 1045	22	9	-131.6	-237.8	-9079.9	37.62	4	4358.7	350.4	-10153.3	41.41
849 1050	22	10	-22.9	-169.1	-4487.9	26.41	6	233.9	-422.1	5326.6	12.07
858 1059	22	5	107.9	399.1	5880.1	14.46	9	443.8	-331.6	-6832.5	21.94

a min PILASTRI SDP						1.48					4.79
-----------------------	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	------

MOMENTO TRAVI SDF						alfa
224 200	14	5	1511.1	-813.6	10420.1	10.95
200 202	2	5	6103.6	-1509	104206.8	65.01
202 204	3	10	4577	1406.6	29421.3	17.66
204 206	4	9	-6280.7	280.2	-19252.6	46.29
206 208	3	8	3912.2	-1393	24822.5	15.01
208 210	2	5	14194.6	1970.2	103438.3	45.3
210 214	14	6	7603	1024.5	24895.8	16.88
214 218	14	5	5579.1	1162.7	21802.2	13.95
218 222	14	5	1947.2	1018	6528.7	4.5
584 560	28	10	1021	1064.4	13140.8	11.39
560 565	28	5	-19459.7	495	-45262.1	52.12
565 570	28	5	19532.9	747.1	59184.3	53.07
570 574	28	6	3363.4	-830.2	42253.4	46.84
574 578	28	5	5870.2	842.3	28981.7	27.44
578 582	28	5	1930.8	1294.9	8328.9	4.94
632 636	27	9	7538.3	1220.2	40244.3	26.8
636 641	27	9	13380.7	745.3	40244.3	36.04
641 646	27	6	12796.7	-447.2	40244.3	61.37
646 650	27	5	6357.5	-430.6	40244.3	78.7
650 654	27	6	7450.1	-236.9	29412.9	92.71
654 658	27	9	1258.4	216.2	7065.7	26.87
680 681	24	6	137.5	92.7	1170.7	11.15
696 698	24	9	51	124.9	1322	10.17
715 721	21	6	-93.9	245.3	10592.2	43.56
721 726	22	4	25188.3	-1264	55606.8	24.07
726 730	22	7	27805.9	-1504	55606.8	18.49

730 735	21	9	430.5	1941.3	10592.2	5.23
744 748	23	4	7238.3	-553.4	22619	27.79
884 862	38	9	315.1	-725.7	-29608	41.23
862 866	38	5	-9878.9	449	-70559.1	135.2
866 870	38	5	17255.5	350.5	57723.8	115.5
870 874	38	6	4476.8	-466.6	37642.6	71.08
874 878	38	10	4810.3	619.5	37642.6	53
878 882	38	5	655.6	907.4	23094	24.73
937 941	35	9	15544.1	1447.3	50720.8	24.3
941 949	37	6	19530.8	-1539	110690.4	59.23
949 953	35	6	12086	563.3	33025.9	37.17
953 957	35	6	2790.1	272	25831.7	84.72
957 961	35	7	7637	220.1	23512.7	72.14
987 986	33	6	109	79.7	1304.4	15
294 298	11	6	13620.7	-1213	16667.5	2.51
999 1001	33	9	909.8	161.5	1817.3	5.62
1031 1034	32	6	-434.5	-1246	-22704.8	17.87
1034 1037	32	10	254.5	1335.8	22590	16.72
1037 1041	31	3	-22464.7	935.1	-45664.5	24.81
1041 1045	31	7	31091.2	-2145	71634.1	18.9
1045 1050	32	4	327.3	1511.1	3876.9	2.35
1059 1063	31	9	7230.2	-1200	15079.9	6.54
200 283	7	9	2479.7	3724.5	18467.7	4.29
283 298	7	6	-2430.9	1866.5	-103965	54.4
298 314	7	6	-2143.9	-307.2	-103965	331.4
314 390	7	6	339.6	2743	18467.7	6.61
288 319	13	6	-394	420.9	14954.2	36.47
210 291	7	9	2182.1	3634.5	12523.7	2.85
291 300	7	6	-2961.4	2201.8	-32909.9	13.6
300 313	10	3	-4483.7	-1378	-32740.9	20.51
313 334	7	3	3504.6	867.3	26458.2	26.46
334 399	8	6	-59.8	1377.6	6830.2	5
308 344	9	5	-88.4	-132.6	-1993.3	14.36
344 413	9	5	100.7	234.1	2092.1	8.51
283 291	12	4	16101.3	622.2	37900.4	35.03
560 636	25	6	322.3	-311	2092.1	5.69
636 721	25	6	241.6	309.7	2053.3	5.85
570 646	26	6	421.4	-347.4	2158.4	5
646 669	26	5	-82.3	-149.3	-4255.2	27.95
669 730	25	6	53.4	240.4	2092.1	8.48
654 698	25	5	-76.8	-152.8	-2241.2	14.17
698 744	25	5	127.1	572	2334.7	3.86

862 941	34	6	305	-284.1	2311.4	7.06
941 1037	34	6	130.8	187.3	2251.2	11.32
314 313	12	4	18308.5	781.2	42695	31.22
870 949	35	5	894.3	-724.3	4811.1	5.41
949 975	35	10	776.9	-259.1	4811.1	15.57
975 1045	36	9	-299.6	-323.1	-2303.9	6.2
979 1049	33	5	259.4	-219.3	1184.4	4.22
957 1001	36	10	335.7	375.7	5253.4	13.09
1001 1059	36	10	32.8	-856	-2241.2	2.66
300 304	11	10	10412.5	542.8	13543.6	5.77
304 308	11	7	8675.1	-230.8	29485	90.18
308 312	11	4	750.3	204.8	7270.7	31.84
349 350	5	6	176.2	71	1288.7	15.68
361 363	5	9	25.6	65.1	1322	19.9
413 417	6	4	6743.1	-382.2	9657.1	7.62
384 387	1	6	0	266.5	6747.4	25.32
387 390	1	3	1108	-902.1	11285.2	11.28
390 392	2	4	27525.5	-1484	102301.4	50.41
392 394	3	6	6064.3	970.4	25469.9	20
394 396	4	3	-11563.1	583.4	-14528.6	5.08
396 397	3	3	-10388.7	610.3	-27148.1	27.46
397 399	2	6	33064.7	-751.4	98622.2	87.25
399 404	1	9	423.2	1504.2	6725.6	4.19

a min TRAVI SDP						2.35
--------------------	--	--	--	--	--	------

NODI SDF	ALFA	ALFA
200	15.327	183.508
210	116.234	141.016
214	47.59	
218	22.008	
222	27.479	
224	33.293	
303	40.524	
307	3.679	214.628
309	24.875	50.49
313	75.236	
317	131.04	166.81
321	78.351	
393	149.662	
399	0.188	227.892
408	72.553	142.711

NODI SDP	ALFA	ALFA
200	17.356	159.472
210	1598.51	166.185
214	55.912	
218	22.653	
222	28.178	
224	32.921	
294	43.729	
298	10.49	185.706
300	57.723	38.326
304	86.867	
308	125.976	130.878
312	72.085	
384	169.373	
390	1.686	210.517
399	83.366	286.437

VERIFICATO	0.87
VERIFICATO	VERIFICATO
VERIFICATO	
VERIFICATO	
VERIFICATO	
0.99	
VERIFICATO	
VERIFICATO	0.87
VERIFICATO	0.76
VERIFICATO	
0.96	0.78
0.92	
VERIFICATO	
VERIFICATO	0.92
VERIFICATO	VERIFICATO

413	15.189	
422	25.608	60.861
426	1235.304	
569	12.42	260.04
574	26.59	
579	12.826	219.001
583	50.835	
587	25.115	
591	23.545	
593	29.657	
650	32.678	
668	53.785	
672	136.719	114.921
676	34.344	
687		
733	136.696	
739	112.211	93.114
744	172.09	
748	77.856	125.982
753	10.508	
762	0.217	17.51
766	87.553	

a min NODI	0.188	17.510
---------------	-------	--------

404	15.728	
413	26.584	44.29
417	995.587	
560	19.976	241.306
565	29.866	
570	19.785	277.082
574	55.719	
578	26.38	
582	24.57	
584	30.638	
632	33.533	
650	60.699	
654	139.081	133.425
658	36.741	
669		
715	150.892	
721	135.083	100.295
726	275.428	
730	88.539	163.847
735	11.518	
744	0.15	21.109
748	82.936	

a min NODI	0.150	21.109
---------------	-------	--------

VERIFICATO	
VERIFICATO	0.73
0.81	
VERIFICATO	0.93
VERIFICATO	
VERIFICATO	VERIFICATO
VERIFICATO	
VERIFICATO	
VERIFICATO	
VERIFICATO	
VERIFICATO	
VERIFICATO	VERIFICATO
VERIFICATO	
VERIFICATO	
VERIFICATO	VERIFICATO
VERIFICATO	
VERIFICATO	VERIFICATO
VERIFICATO	
0.69	VERIFICATO
0.95	



Il momento massimo agente è pari a $M_{Ed} = 305 \text{ kg m}$. Si riporta una verifica allo SLU del profilo. Si evidenzia come la dimensione del profilo non sia data dalla resistenza dello stesso ma dalla sua rigidezza e quindi per contrastare le deformazioni nel piano. Ci si aspetta di ottenere una verifica abbondantemente soddisfatta. Il profilo utilizzato è un HEB240 in acciaio S235.

$$W_{pl} = 938 \text{ cm}^3$$

$$f_{yk} = 2.350 \text{ kg/cm}^2$$

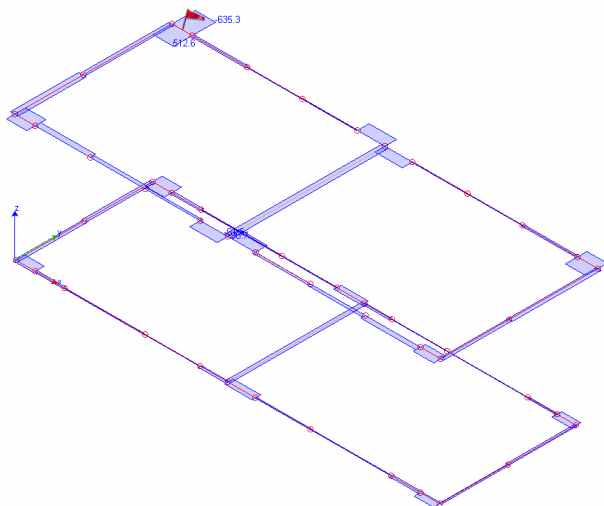
$$\gamma_{m0} = 1,05$$

$$M_{rd} = W_{pl} \times f_{yk} / \gamma_{m0} = 20.993 \text{ kg m}$$

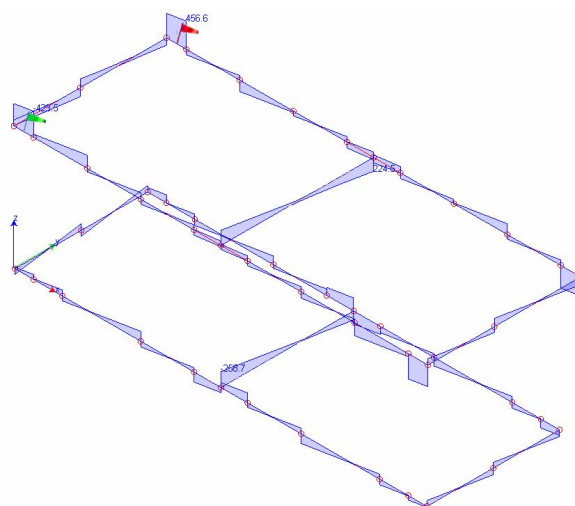
$$M_{Ed} = 305 \text{ kg m} < M_{rd} = 20.993 \text{ kg m}$$

La verifica risulta soddisfatta.

La cerchiatura viene connessa alla struttura dell'edificio tramite connettori realizzati con barre in acciaio classe 8.8 filettate e connesse agli elementi in c.a. tramite apposito prodotto chimico. Vengono di seguito riportate le immagini dei tagli agenti sulla cerchiatura in c.a. al fine di ottenere la forza agente sulla quale dimensionare i suddetti connettori.



TAGLIO NEL PIANO ORIZZONTALE



TAGLIO NEL PIANO VERTICALE

Si ricavano le forze di taglio agenti; la forza di scorrimento della cerchiatura è posta pari al taglio nella direzione del piano orizzontale. Alla forza in direzione verticale viene sommato il peso di un elemento di tamponamento vetrato che potrebbe insistere sull'elemento in oggetto:

$$V_{Ed,x} = 635 \text{ kg}$$

$$V_{Ed,z} = 457 \text{ kg} + 90 \text{ kg/m}^2 \times 3,10 \text{ m} = 736 \text{ kg}$$

Vengono combinate le forze di taglio:

$$V_{Ed,tot} = \sqrt{V_{Ed,x}^2 + V_{Ed,z}^2} = 972 \text{ kg}$$

Viene calcolato il taglio agente sulla singola barra:

$$F_{v,Ed} = V_{Ed,tot} / n = 162 \text{ kg}$$

Si ricava il valore del momento flettente dovuto al carico verticale agente sulla trave, ottenuto tramite la moltiplicazione per l'eccentricità (posta pari all'altezza della trave):

$$M_{Ed} = V_{Ed,z} \times e = 736 \text{ kg} \times 0,24 \text{ m} = 177 \text{ kg m}$$

Essendo presenti circa 3 barre al metro nella parte superiore, si ottiene il valore del momento sulla singola barra:

$$M = 177 \text{ kg m} / 3 = 59 \text{ kg m}$$

Viene calcolata la trazione sulla barra:

$$F_{t,Ed} = M / b = 59 \text{ kg m} / 0,15 \text{ m} = 393 \text{ kg}$$

Vengono calcolate le resistenze di una barra filettata d16, di area $A_{res} = 1,57 \text{ cm}^2$. Viene calcolata la resistenza dell'acciaio classe 8.8 secondo le NTC2008:

$$f_{tb} = 8.000 \text{ kg/cm}^2$$

$$\gamma_m = 1.25$$

Viene svolta la verifica secondo il cap. 4.2.8 delle NTC2008. La resistenza a taglio è:

$$F_{v,Rd} = 0,6 f_{tb} A_{res} / \gamma_{M2} = 6.028 \text{ kg}$$

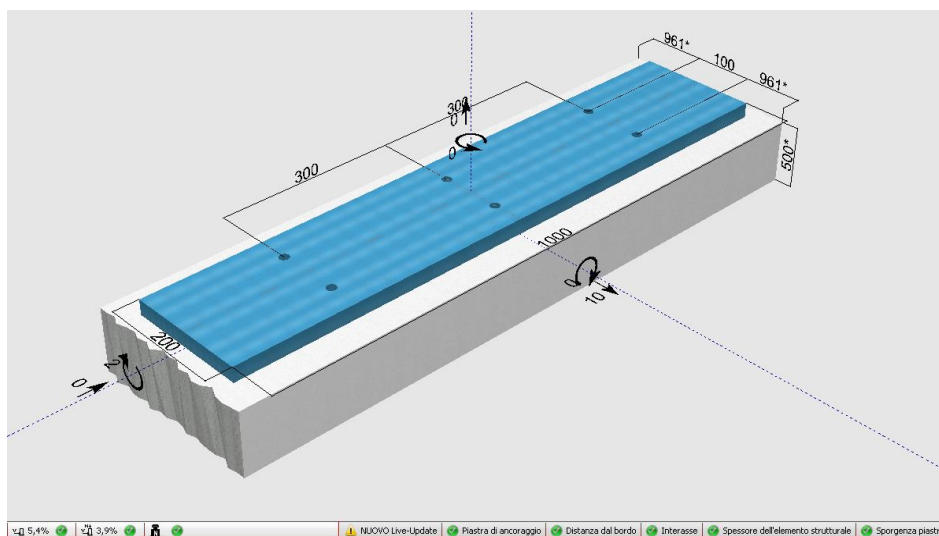
La resistenza a trazione è:

$$F_{t,Rd} = 0,9 f_{tb} A_{res} / \gamma_{M2} = 9.043 \text{ kg}$$

La verifica a taglio-trazione è:

$$F_{v,Ed} / F_{v,Rd} + F_{t,Ed} / 1,4 F_{t,Rd} < 1$$

La verifica risulta soddisfatta. Si riporta di seguito la verifica condotta per l'ancoraggio chimico. Le specifiche del prodotto utilizzato in cantiere dovranno essere comunicate preventivamente al Progettista e alla DL strutturale.

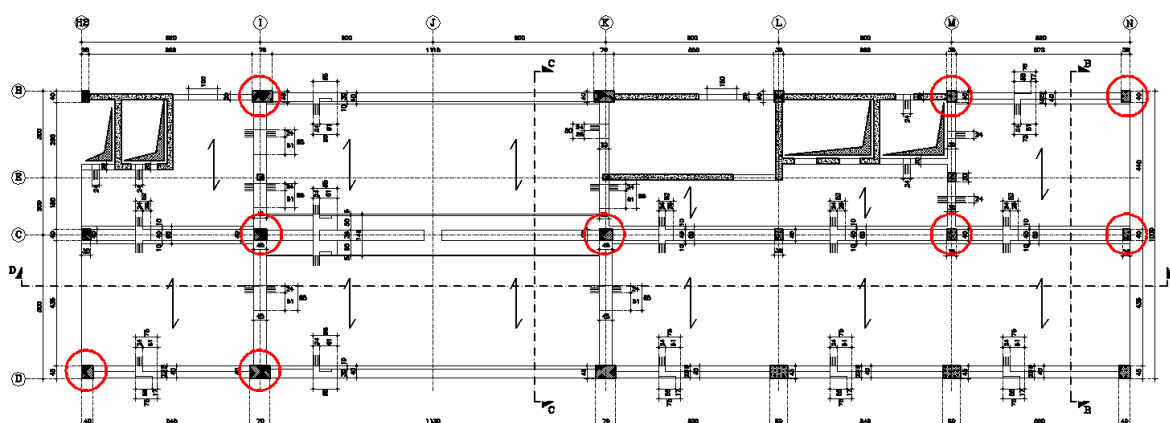


2.2 Intervento 2: Rinforzo di nodi di solaio con fibre di acciaio

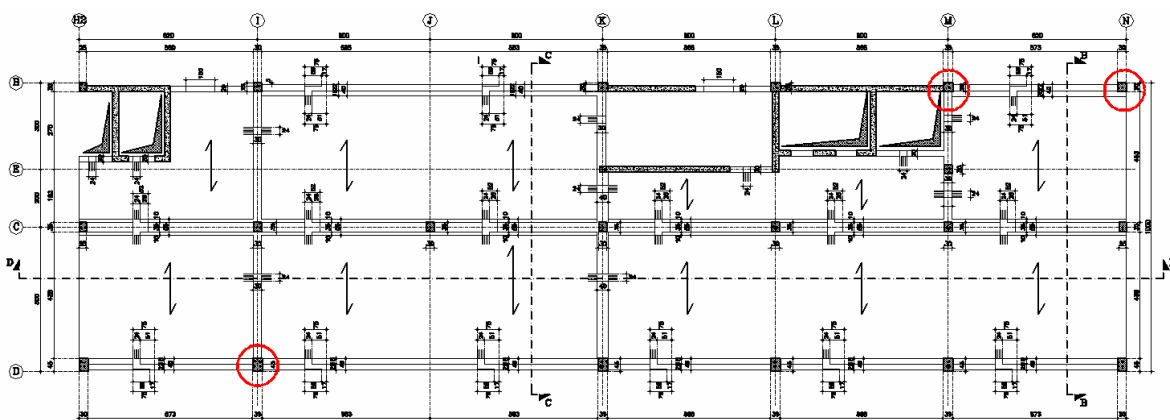
E' prevista la fasciatura di alcuni nodi del solaio di copertura del piano terra.

2.2.2 Riferimenti normativi – ipotesi di progetto

A seguito dell'analisi sismica svolta, si è evidenziato che alcuni nodi di solaio peggiorano il loro indice di vulnerabilità. Per le ipotesi di progetto, i risultati e le modalità di verifica si rimanda al capitolo precedente. Di seguito si riporta un'immagine della copertura del piano terra con indicato i nodi in esame.



SOLAIO COPERTURA PIANO TERRA



SOLAIO COPERTURA PIANO PRIMO

L'analisi svolta ha mostrato che il peggioramento dell'indice di vulnerabilità di molti nodi è inferiore al 10%; si ritiene che questo valore sia imputabile all'approssimazione di calcolo dovuta all'incertezza del modello (ad esempio nodi H2-D, rapporto SDP/SDF pari a 0,99).

Altri nodi, come ad esempio il M-B, risultano peggiorare dal punto di vista del calcolo ma si ritiene non opportuno un loro consolidamento. Questi nodi appartengono infatti in tutto e per tutto a delle pareti portanti in c.a.; la loro modellazione come pilastri è dovuta più ad una scelta di discretizzazione degli elementi che ad una reale corrispondenza costruttiva. Si ritiene pertanto il nodo già confinato e non si ritiene necessario intervenire con interventi di consolidamento. Secondo quanto premesso, non vengono consolidati nodi al piano superiore perché rientranti tutti nelle casistiche sopra elencate.

La cerchiatura dei nodi, per la quale si fa riferimento alle tavole strutturali, è prevista con nastri in fibra d'acciaio. Questo tipo di materiale viene scelto perché isotropo, quindi adatto a fasciare elementi puntuali con trasmissione di sforzo su più direzioni, e perché compatibile con l'acciaio da carpenteria utilizzato per la cerchiatura del solaio.

2.2.3 Materiali

2.2.3.1 Caratteristiche meccaniche elementi esistenti

Le caratteristiche degli elementi da rinforzare vengono riportate di seguito:

Classe	R_{ck}	f_{ck}	σ_a
Rck250	25 N/mm ²	20 N/mm ²	8,5 N/mm ²

Classe	Rottura f_{tk}	Snervamento f_{yk}	Tensione ammissibile σ_a
Acciaio FeB44k	540 N/mm ²	450 N/mm ²	260 N/mm ²

Le caratteristiche meccaniche dei citati materiali vengono assunte come riferimento nelle seguenti verifiche degli elementi strutturali.

2.2.3.2 Caratteristiche meccaniche nuovi elementi

Le caratteristiche dei materiali utilizzati per il rinforzo vengono estrapolate dalla CNR-DT200. Si prevede un'applicazione di nastri in fibra di acciaio, per i quali si riportano i valori indicativi presi come riferimento. A seguito della scelta della ditta fornitrice, dovranno essere comunicati al progettista e alla D.L. le schede tecniche con le caratteristiche del prodotto così come previsto dal cap. 2.2 e 2.4 della CNR-DT200.

PROPRIETA' GEOMETRICHE E MECCANICHE: TESSUTO IN FIBRA DI ACCIAIO PER IL RINFORZO STRUTTURALE

Tensione caratteristica a trazione:	3.200 Mpa
Modulo Elastico:	206 GPa
Carico di rottura caratteristico di un trefolo:	1.400 N
Spessore equivalente del rinforzo:	0,35 mm
Resistenza caratteristica del rinforzo FRP:	3.070 MPa
Modulo di elasticità del rinforzo:	190 GPa
Deformazione caratteristica a rottura:	1,60 %

2.2.4 Intervento di consolidamento

L'intervento di consolidamento dovrà essere eseguito a diretto contatto con le superfici da consolidare, previa accurata pulizia del supporto. Gli elementi da consolidare dovranno essere preventivamente liberati dagli elementi di ostacolo alla posa quali tamponamenti interni ed esterni, intonaci, sottofondi e pavimenti.

L'intervento di fasciatura dovrà essere eseguito prima dell'intervento di posa in opera delle cerchiature e prima dell'intervento di consolidamento dei solai.

Si riporta di seguito, a titolo di esempio, una fotografia scattata in un edificio in c.a. durante la fase di rinforzo dei nodi con nastri in acciaio al fine di evidenziare la tecnica esecutiva.

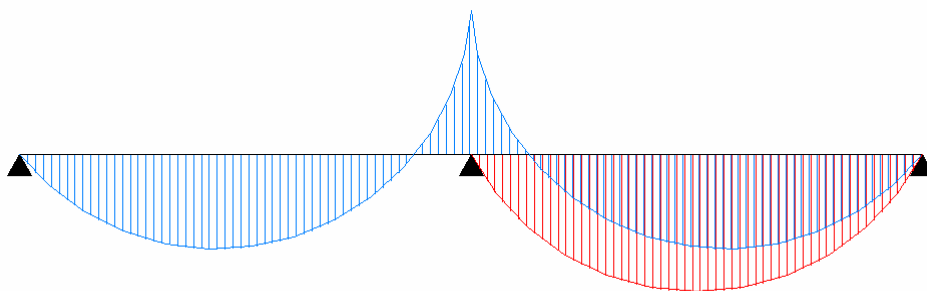


2.3 Intervento 3: Rinforzo solai con fibre di carbonio

E' previsto il consolidamento di alcuni campi di solaio attraverso l'apposizione di nastri in fibra di carbonio.

2.3.2 Riferimenti normativi – ipotesi di progetto

Il rinforzo dei solai in oggetto si rende necessario a causa della demolizione dei campi di solaio adiacenti. Questo intervento provoca una modifica dello schema statico, incrementando il momento positivo in campata. Ipotizzando di avere una trave su tre appoggi perfetti, si avrebbe un incremento da $pl^2/14$ a $pl^2/8$. Si riporta di seguito un'immagine esemplificativa:



L'intervento prevede pertanto un consolidamento con fibre in acciaio in grado di assorbire l'incremento di momento scaturito dalla modifica dello schema statico originario.

Per la verifica degli elementi esistenti e per il rinforzo verranno utilizzate le seguenti normative:

- Norme Tecniche per le costruzioni NTC08;
- Circolare 2 febbraio 2009, n. 617 - Istruzioni per l'applicazione delle "Nuove norme tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. 14 gennaio 2008;
- CNR-dt200: "Istruzioni per la Progettazione, l'Esecuzione ed il Controllo di Interventi di Consolidamento Statico mediante l'utilizzo di Compositi Fibrorinforzati";

2.3.3 Materiali

2.3.3.1 Caratteristiche meccaniche elementi esistenti

Le caratteristiche degli elementi da rinforzare vengono riportate di seguito:

Classe	R_{ck}	f_{ck}	σ_a
Rck250	25 N/mm ²	20 N/mm ²	8,5 N/mm ²

Classe	Rottura f_{tk}	Snervamento f_{yk}	Tensione ammissibile σ_a
Acciaio FeB32k	490 N/mm ²	315 N/mm ²	160 N/mm ²
Acciaio FeB38k	450 N/mm ²	375 N/mm ²	215 N/mm ²

Acciaio FeB44k	540 N/mm ²	450 N/mm ²	260 N/mm ²
----------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------

Le caratteristiche meccaniche dei citati materiali vengono assunte come riferimento nelle seguenti verifiche degli elementi strutturali.

2.3.3.2 Caratteristiche meccaniche nuovi elementi

Le caratteristiche dei materiali utilizzati per il rinforzo vengono estrapolate dalla CNR-DT200. Si prevede un'applicazione del rinforzo di tipo A. Di seguito si riportano dei valori di riferimento utilizzati per la progettazione del rinforzo. A seguito della scelta della ditta fornitrice, dovranno essere comunicati al progettista e alla D.L. le schede tecniche con le caratteristiche del prodotto così come previsto dal cap. 2.2 e 2.4 della CNR-DT200.

TESSUTO UNIDIREZIONALE – APPLICAZIONE TIPO A

Carico di rottura a trazione delle fibre:	3.000 MPa
Modulo elastico:	390 GPa
Allungamento a rottura delle fibre ε :	0,80%
Coefficiente riduttivo modulo Elastico α_{fE} :	0,9
Coefficiente riduttivo resistenza fibre α_{ff} :	0,7
Densità fibra:	1,79 gr/m ²
Peso fibra nel nastro:	400 gr/m ²
Larghezza del nastro:	10 cm
Spessore di calcolo:	0,23 mm
Coeff. di dilatazione termica lineare:	-0,1 x 10 ⁻⁶

2.3.4.1 Analisi dei carichi – Stato di fatto

- CARICHI VARIABILI

I carichi variabili applicati al solaio in acciaio saranno, in conformità con quanto indicato dalle NTC2008, capitolo 3.1.4, categoria B1 “Uffici non aperti al pubblico”, pari a:

- Categoria B1: 200 kg/m²

- STATO DI FATTO - CARICHI TOTALI SU SOLAI

Vengono di seguito riportati i carichi agenti sui vari solai:

SOLAIO 01 – Solaio in c.a. (calpestabile) - STATO DI FATTO

Solaio in c.a. 20+4	300 Kg/mq

Permanenti	170 Kg/mq
Tramezzi (gesso e cartongesso, 45 kg/m2)	80 kg/mq
Accidentali	200 Kg/mq

Totali	750 Kg/mq

2.3.4.2 Analisi dei carichi – Stato di progetto

Non è prevista una variazione dei carichi agenti sui vari solai. Non è infatti prevista una modifica della destinazione d'uso dell'edificio e nemmeno una modifica delle stratigrafie di solaio. Si evidenzia che al momento della posa in opera del rinforzo in FRP il solaio sarà gravato solo dei carichi propri e dei carichi permanenti, escludendo quindi i carichi variabili e i carichi dei tamponamenti. La fase transitoria prevede pertanto i seguenti carichi agenti:

SOLAIO 01 – Solaio in c.a. (calpestabile) – FASE TRANSITORIA

Solaio in c.a. 20+4	300 Kg/mq

Permanenti	170 Kg/mq

Totali	470 Kg/mq

Lo stato di progetto ripresenterà invece gli stessi carichi dello stato di fatto:

SOLAIO 01 – Solaio in c.a. (calpestabile) - STATO DI FATTO

Solaio in c.a. 20+4	300 Kg/mq

Permanenti	170 Kg/mq
Tramezzi (gesso e cartongesso, 45 kg/m2)	80 kg/mq
Accidentali	200 Kg/mq

Totali	750 Kg/mq

2.3.5 Calcolo degli elementi strutturali

Vengono calcolate le azioni agenti allo Stato di Progetto, considerando uno schema statico di una trave su due appoggi. La sezione allo stato di fatto è armata con 2 barre f8 ad aderenza migliorata. Viene calcolato il carico agente sul singolo travetto allo SLU:

$$q = (300 \times 1,3 + 250 \times 1,3 + 200 \times 1,5) \times 0,50 \text{ m} = 508 \text{ kg/m}$$

Viene calcolato il momento agente al momento della messa in opera del rinforzo:

$$q = (300 + 170) \times 0,50 \text{ m} = 235 \text{ kg/m}$$

La luce di calcolo viene posta pari a 4,85 m. Vengono pertanto calcolati i momenti agenti per la situazione di stato di progetto (Msd) e per la fase transitoria di messa in opera del carico (Mi):

$$M_{sd} = ql^2/8 = 508 \times 4,85^2 / 8 = 1.494 \text{ kg m} = \sim 15,0 \text{ KN m}$$

$$M_i = ql^2/8 = 235 \times 4,85^2 / 8 = 691 \text{ kg m} = \sim 6,9 \text{ KN m}$$

Vengono calcolate le resistenze di progetto del c.a.:

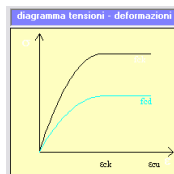
$$f_{ck} = 20.75 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{cd} = 11.76 \text{ N/mm}^2$$

Si riportano i valori caratteristici di deformazione del c.a.:

$$\epsilon_{ck} = 0.20 \%$$

$$\epsilon_{cu} = 0.35 \%$$



Vengono calcolati i valori caratteristici dell'acciaio d'armatura:

$$E_s = 210.000 \text{ Mpa}$$

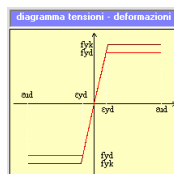
$$f_{yk} = 430 \text{ Mpa}$$

$$f_{yd} = 374 \text{ Mpa}$$

Si riportano i valori caratteristici di deformazione dell'acciaio.:

$$\epsilon_{ydD} = 0.18 \%$$

$$\epsilon_{ydF} = 0.18 \%$$



Vengono calcolati i valori caratteristici del rinforzo:

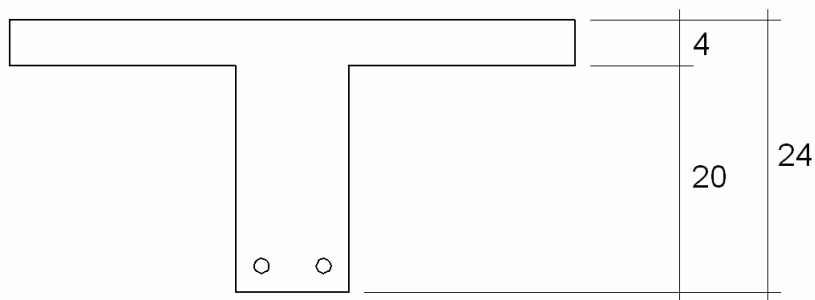
$$E = 390.000 \text{ Mpa}$$

$$\alpha_{fE} = 0,9$$

$$E_f = 351.000 \text{ Mpa}$$

$$\begin{aligned}
 \varepsilon_{fk} &= 0,80\% \\
 \gamma_f &= 1.10 \\
 \gamma_{f,d} &= 1.20 \\
 \gamma_{rdF} &= 1.00 \\
 \gamma_{rdT} &= 1.20 \\
 \gamma_{rdC} &= 1.10 \\
 \eta_a &= 0.95 \\
 \eta_{II} &= 0.80 \\
 n_f &= 25
 \end{aligned}$$

Vengono calcolate le caratteristiche inerziali della sezione, armata con due f8:

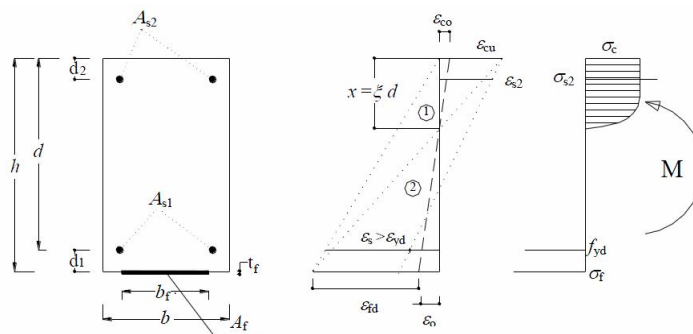


$$\begin{aligned}
 J &= 26.810 \text{ cm}^4 \\
 Y_{gs} &= 8.9 \text{ cm} \\
 Y_{gi} &= 15.1 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

Si utilizza un rinforzo dello spessore di 0.45 mm in fibra di carbonio. I momenti agenti allo Stato di progetto e al momento della posa del rinforzo sono:

$$\begin{aligned}
 M_i &= 6.9 \text{ KN m} \\
 M_{sd} &= 15 \text{ KN m}
 \end{aligned}$$

Lo stato deformativo degli elementi viene calcolato nelle ipotesi di sezione piana, ipotizzando una rottura tipo 1 (lato fibre):



FRP	$\varepsilon_f = \varepsilon_{fd}$
Calcestruzzo compresso	$\varepsilon_c = (\varepsilon_{fd} + \varepsilon_0) x / (h - x) < \varepsilon_{cu}$
Acciaio in compressione	$\varepsilon_{s2} = (\varepsilon_{fd} + \varepsilon_0) x - d_2 / (h - x)$

$$\text{Acciaio in trazione} \quad \varepsilon_{s1} = (\varepsilon_{fd} + \varepsilon_0) d - x / (h - x)$$

Il valore della deformazione massima dell'FRP è calcolato come:

$$\varepsilon_{fd} = \min (\gamma_a \varepsilon_{fk} / \gamma_f, \varepsilon_{fdd})$$

In accordo con quanto indicato dalla formula 4.21 delle CNR-DT200, viene calcolato il valore di resistenza a flessione della sezione rinforzata:

$$M_{rd} = 19.62 \text{ KN m}$$

$$M_{rs} = 15 \text{ KN m} < M_{rd} = 19.62 \text{ KN m}$$

La sezione risulta verificata.

Non è previsto un rinforzo a taglio in quanto il nuovo schema statico del solaio prevede un decremento del taglio agente.

2.4 Intervento 4: Rinforzo travi di bordo con tubi in acciaio

E' previsto il rinforzo delle travi di bordo mediante posa in opera di tubi in acciaio in acciaio S235. L'intervento si rende necessario a causa dell'aumento del peso gravante sulle travi di bordo.

2.4.2 Riferimenti normativi – ipotesi di progetto

L'intervento di ristrutturazione dell'edificio in oggetto prevede la rimozione dei tamponamenti di facciata attualmente esistenti e lo loro sostituzione con una facciata continua e dei frangisole di peso maggiore. Come già indicato nella relazione sulle opere strutturali, è stata svolta una campagna di prove in sito per il rilievo delle sezioni e delle armature. I risultati sono stati però molto variabili e non hanno permesso di definire con esattezza gli elementi critici sui quali svolgere le verifiche. Si è pertanto deciso di intervenire con un consolidamento mediante tubi in acciaio S235 i quali potessero scaricare direttamente a terra il carico aggiuntivo costituito dalle nuove facciate.

Le verifiche sono state condotte agli stati limite secondo le NTC2008 previo predimensionamento alle tensioni ammissibili.

2.4.3 Materiali

2.4.3.1 Caratteristiche meccaniche elementi esistenti

Le caratteristiche degli elementi da rinforzare vengono riportate di seguito:

Classe	R_{ck}	f_{ck}	σ_a
Rck250	25 N/mm ²	20 N/mm ²	8,5 N/mm ²

Classe	Rottura f_{tk}	Snervamento f_{yk}	Tensione ammissibile σ_a
Acciaio FeB32k	490 N/mm ²	315 N/mm ²	160 N/mm ²
Acciaio FeB38k	450 N/mm ²	375 N/mm ²	215 N/mm ²
Acciaio FeB44k	540 N/mm ²	450 N/mm ²	260 N/mm ²

Le caratteristiche meccaniche dei citati materiali vengono assunte come riferimento nelle seguenti verifiche degli elementi strutturali.

2.4.3.2 Caratteristiche meccaniche nuovi elementi

Vengono utilizzati i seguenti tipi di acciaio da carpenteria:

Classe	f_{tk}	f_{yk}	σ_a
S235	360 N/mm ²	235 N/mm ²	160 N/mm ²

2.4.4.1 Analisi dei carichi – Stato di fatto

- STATO DI FATTO - CARICHI TOTALI SU SOLAI

Vengono di seguito riportati i carichi agenti sui vari solai:

SOLAIO 01 – Solaio in c.a. (calpestabile)

Solaio in c.a. 20+4	300 Kg/mq

Permanenti	170 Kg/mq
Tramezzi (gesso e cartongesso, 45 kg/m ²)	80 kg/mq
Accidentali	200 Kg/mq

Totali	750 Kg/mq

- STATO DI FATTO - CARICHI LINEARI SU TRAVI BORDO

Le travi di bordo risultano gravate dal peso delle chiusure esterne. Si riporta di seguito la stratigrafia delle pareti esistenti:

- Controparete cartongesso (h = 120 + 60 cm)	25 kg/m ² x 1,80 =	45 kg/m
- Pannello rigido e struttura (h = 120 cm)	75 kg/m ² x 1,20 =	90 kg/m
- Pannello amianto (h = 120 cm)	50 kg/m ² x 1,20 =	60 kg/m
- Piastrelle finitura (h = 120 + 60 cm)	60 kg/m ² x 1,80 =	108 kg/m

- Serramento	30 kg/m ² x 1,70 =	51 kg/m

		354 kg/m

2.4.4.2 Analisi dei carichi – Stato di progetto

Non è prevista una variazione dei carichi agenti sui vari solai. Non è infatti prevista una modifica della destinazione d'uso dell'edificio e nemmeno una modifica delle stratigrafie di solaio. E' prevista invece la rimozione degli elementi di facciata e la loro sostituzione con una facciata continua e con dei frangisole. Si riportano di seguito i nuovi carichi e le nuove stratigrafie.

- CARICHI LINEARI SU TRAVI BORDO (NUOVA STRATIGRAFIA – LATO STRADA)

Si riporta di seguito la nuova stratigrafia relativa ai carichi previsti nello stato di progetto.

- Facciata continua	80 kg/m ² x 3,45 =	276 kg/m
---------------------	-------------------------------	----------

- Frangisole	$60 \text{ kg/m}^2 \times 3,45 =$	207 kg/m
- Passerella		40 kg/m
- Carico ispezione		50 kg/m

		575 kg/m

- CARICHI LINEARI SU TRAVI BORDO (NUOVA STRATIGRAFIA – LATO INTERNO)

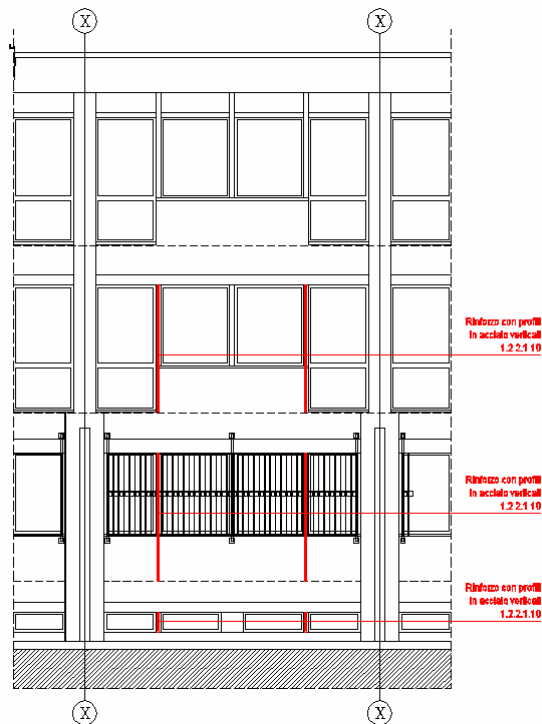
Si riporta di seguito la nuova stratigrafia relativa ai carichi previsti nello stato di progetto.

- Facciata continua	$80 \text{ kg/m}^2 \times 3,45 =$	276 kg/m

		276 kg/m

2.4.5 Calcolo degli elementi strutturali

I tubi vengono calcolati per portare solo il carico variabile trasmesso dai solai e i carichi della facciata (non presenti al momento della messa in opera). Vengono previsti 2 tubi per ogni campata:



Vengono calcolate le azioni agenti allo stato di progetto (SLU). Carichi variabili e permanenti:

$$\begin{aligned}
 Q &= (3,00 \times 2,50 \times 200 \text{ kg/m}^2 + 50 \times 1,50) \times 2 &= 3.150 \text{ kg} \\
 G &= (525 \times 1,50 \text{ m}) \times 2 &= 1.576 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Il profilo risulta lungo 2,80 metri.

Le caratteristiche inerziali del profilo 100x40x5 mm sono le seguenti:

$$J_{\min} = 36,05 \text{ cm}^4$$

$$J_{\max} = 212,95 \text{ cm}^4$$

$$A = 14,14 \text{ cm}^2$$

Viene svolto il predimensionamento con le tensioni ammissibili:

$$i = \sqrt{J / A} = 1,60$$

$$L_0 = 280 \text{ cm}$$

$$\lambda = L_0 / i = 175$$

$$\omega = 3,92$$

$$s = \omega N / A = 3,92 \times 4.726 / 14,14 = 1.310 \text{ kg/cm}^2 < 1.600 \text{ kg/cm}^2 \text{ VERIFICATO}$$

Viene svolta la verifica secondo le NTC2008:

Carico totale N_{Ed}	[kg m]	6 774
Altezza pilastro	[cm]	280,00
Modulo Inerzia J_{\min}	[cm ⁴]	36,05
γ_{M1}	[]	1,05
Modulo Elastico E	[kg/cm ²]	2 100 000
A	[cm ²]	14,14
f_{yk}	[kg/cm ²]	2 350

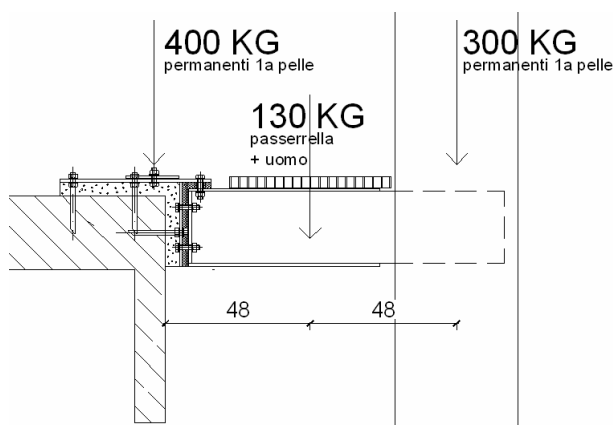
β asta 2 cerniere	[]	1,00
β mensola	[]	2,00
β asta 2 incastri	[]	0,50
β asta 2 incastro-cerniera	[]	0,67
β		1,00
Lungh. Lib. Inflessione L_0	[cm]	280
Carico Cr. El. N_{cr}	[kg]	9 530
Snell. Adimensionale λ	[]	1,87

Altezza sezione H	[mm]	120
Base sezione B	[mm]	40
H/B		3,00
Fattore Imperfezione α (y-y)	[]	0,21
Fattore Imperfezione α (z-z)	[]	0,34

Φ (z-z)	[]	2,42
χ (z-z)	[]	0,25
$N_{b,Rd}$	[kg m]	8 001
VERIFICA		SI

2.4.5.1 Verifica torsionale nuovi elementi portati

Le travi di bordo esistenti verranno sollecitate con un carico eccentrico che genera una torsione sulla trave:



Viene calcolato il momento torcente per unità di lunghezza (si evidenzia che i carichi applicati sono da considerare con passo 1,50 m). Vengono calcolati i pesi agenti allo SLU considerando i carichi come variabili:

$$P_{1a\text{ pelle}} = 400 \text{ kg} \times 1,50 = 600 \text{ kg}$$

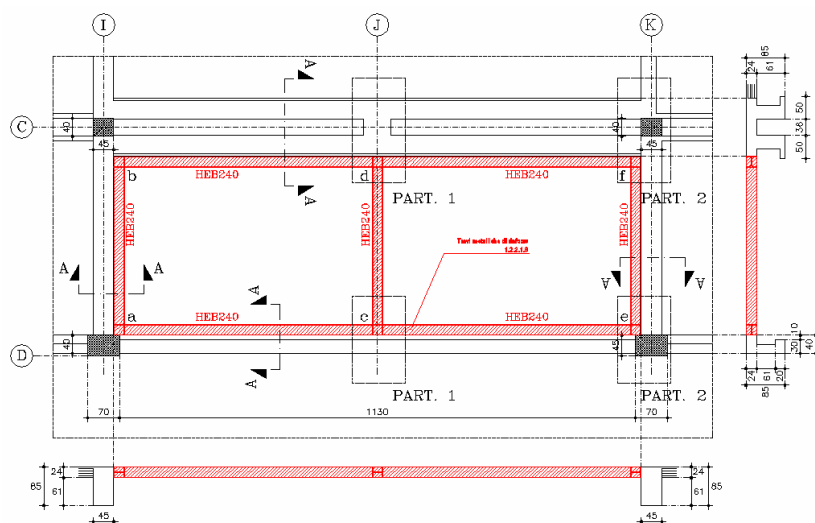
$$P_{2a\text{ pelle}} = 300 \text{ kg} \times 1,50 = 450 \text{ kg}$$

$$P_{\text{pass}} = 130 \text{ kg} \times 1,50 = 195 \text{ kg}$$

Viene calcolato il momento torcente:

$$M_t = (195 \text{ kg} \times 0,48 \text{ m} + 450 \text{ kg} \times 0,96 \text{ m}) / 1,50 = 353 \text{ kg m/m}$$

La situazione critica risulta essere la zona dove viene rimosso il solaio, ovvero dove la trav in calcestruzzo risulta essere libero su tutti e quattro i lati e, pertanto, unico elemento resistente a torsione.



Si affida l'intero momento agente sulle travi di bordo alla trave HEB240 utilizzata per il rinforzo. Viene calcolato il momento agente:

$$M_{sd} = M_t \times L_{infl} = 353 \text{ kg m/m} \times 6,00 \text{ m} = 2.118 \text{ kg m}$$

d mm	A _{res} mm ²	T _s (N · m)					N _s (kN)					d mm
		4.6	5.6	6.6	8.8	10.9	4.6	5.6	6.6	8.8	10.9	
12	84	39	48	58	90	113	16	20	24	38	47	12
14	115	62	77	93	144	180	22	28	33	52	64	14
16	157	96	121	145	225	281	30	38	45	70	88	16
18	192	133	166	199	309	387	37	46	55	86	108	18
20	245	188	235	282	439	549	47	59	71	110	137	20
22	303	256	320	384	597	747	58	73	87	136	170	22
24	353	325	407	488	759	949	68	85	102	158	198	24
27	459	476	595	714	1 110	1 388	88	110	132	206	257	27
30	561	646	808	969	1 508	1 885	108	135	161	251	314	30

Vengono calcolate le resistenze di una barra filettata d16, di area A_{res} = 1,57 cm². Viene calcolata la resistenza dell'acciaio classe 8.8 secondo le NTC2008:

$$f_{tb} = 8.000 \text{ kg/cm}^2$$

$$\gamma_m = 1.25$$

Viene svolta la verifica secondo il cap. 4.2.8 delle NTC2008. La resistenza a taglio è:

$$F_{v,Rd} = 0,6 f_{tb} A_{res} / \gamma_{M2} = 6.028 \text{ kg}$$

La resistenza a trazione è:

$$F_{t,Rd} = 0,9 f_{tb} A_{res} / \gamma_{M2} = 9.043 \text{ kg}$$

La verifica a taglio-trazione è:

$$F_{v,Ed} / F_{v,Rd} + F_{t,Ed} / 1,4 F_{t,Rd} < 1$$

La verifica risulta soddisfatta.

2.5 Intervento 5: Realizzazione cordolo di fondazione

E' prevista la realizzazione di un cordolo di fondazione per la posa della nuova facciata continua.

2.5.2 Riferimenti normativi – ipotesi di progetto

L'installazione della nuova facciata continua richiede la presenza di una fondazione in facciata per la posa della struttura della stessa. Si prevede pertanto la realizzazione di un cordolo collegato alle pareti in c.a. a livello del piano terra.

Per il progetto si è fatto riferimento alle NTC2008.

2.5.3 Materiali

2.5.3.1 Caratteristiche meccaniche elementi esistenti

Le caratteristiche degli elementi a cui collegarsi vengono riportate di seguito:

Classe	R_{ck}	f_{ck}	σ_a
Rck250	25 N/mm ²	20 N/mm ²	8,5 N/mm ²

Classe	Rottura f_{tk}	Snervamento f_{yk}	Tensione ammissibile σ_a
Acciaio FeB32k	490 N/mm ²	315 N/mm ²	160 N/mm ²
Acciaio FeB38k	450 N/mm ²	375 N/mm ²	215 N/mm ²
Acciaio FeB44k	540 N/mm ²	450 N/mm ²	260 N/mm ²

Le caratteristiche meccaniche dei citati materiali vengono assunte come riferimento nelle seguenti verifiche degli elementi strutturali.

2.5.3.2 Caratteristiche meccaniche nuovi elementi

Vengono utilizzati i seguenti tipi di acciaio d'armatura:

Classe	f_{tk}	f_{yk}
B450C	540 N/mm ²	450 N/mm ²

Vengono utilizzati i seguenti tipi di calcestruzzo:

Classe	R_{ck}	f_{ck}
C15/20 - Magro	20 N/mm ²	15 N/mm ²
C25/30	30 N/mm ²	25 N/mm ²

2.5.4.1 Analisi dei carichi – Stato di progetto

I carichi agenti risultano essere esclusivamente quelli della facciata continua. Le indicazioni architettoniche ricevute comportano infatti un sistema di facciata poggianti sugli elementi inferiori e quindi non ancorato in trazione agli elementi soprastanti. In caso di modifica dello schema della facciata continua, avvisare il progettista e il DL per una verifica dei calcoli svolti.

- CARICHI FACCIATA CONTINUA

Si riporta di seguito la nuova stratigrafia relativa ai carichi previsti nello stato di progetto.

- Facciata continua	80 kg/m ² x 4,00 =	320 kg/m
- Frangisole	60 kg/m ² x 4,00 =	240 kg/m
- Passerella		40 kg/m
- Carico ispezione		50 kg/m

		650 kg/m

2.5.5 Calcolo degli elementi strutturali

I tubi vengono calcolati per portare solo il carico della facciata continua, corrispondente a:

$$G = 650 \text{ kg}$$

Viene verificato un cordolo di dimensioni 40 x 40 cm.

Viene calcolato il taglio agente sulle connessioni allo SLU:

$$F_{v,Ed} = 650 \text{ kg} \times 1,30 = 845 \text{ kg}$$

Si ricava il valore del momento flettente dovuto al carico verticale agente sulla trave, ottenuto tramite la moltiplicazione per l'eccentricità (posta pari a metà larghezza della trave):

$$M_{Ed} = V_{Ed,z} \times e = 845 \text{ kg} \times 0,20 \text{ m} = 169 \text{ kg m}$$

Essendo presenti circa 3 barre al metro nella parte superiore, si ottiene il valore del momento sulla singola barra:

$$M = 169 \text{ kg m} / 3 = 56 \text{ kg m}$$

Viene calcolata la trazione sulla barra:

$$F_{t,Ed} = M / b = 56 \text{ kg m} / 0,30 \text{ m} = 187 \text{ kg}$$

Vengono calcolate le resistenze di una barra filettata d16, di area $A_{res} = 1,57 \text{ cm}^2$. Viene calcolata la resistenza dell'acciaio classe 8.8 secondo le NTC2008:

$$f_{tb} = 8.000 \text{ kg/cm}^2$$

$$\gamma_m = 1.25$$

Viene svolta la verifica secondo il cap. 4.2.8 delle NTC2008. La resistenza a taglio è:

$$F_{v,Rd} = 0,6 f_{tb} A_{res} / \gamma_{M2} = 6.028 \text{ kg}$$

La resistenza a trazione è:

$$F_{t,Rd} = 0,9 f_{tb} A_{res} / \gamma_{M2} = 9.043 \text{ kg}$$

La verifica a taglio-trazione è:

$$F_{v,Ed} / F_{v,Rd} + F_{t,Ed} / 1,4 F_{t,Rd} < 1$$

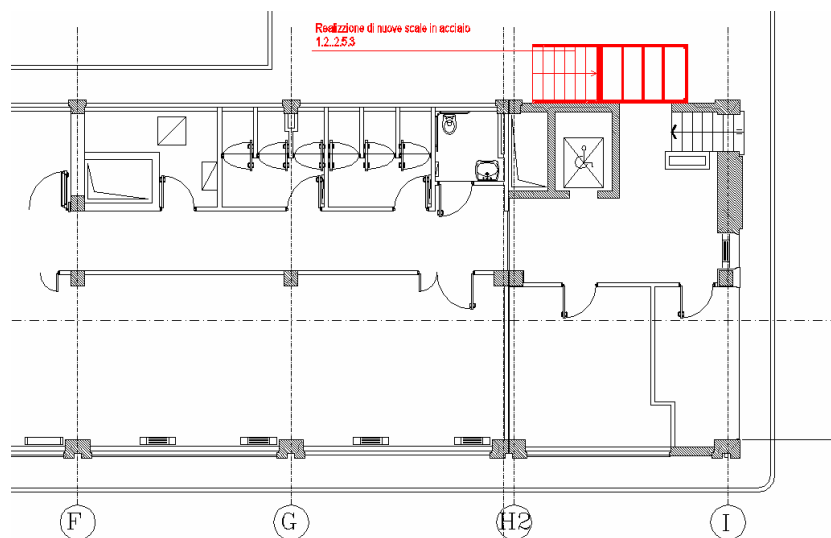
L'armatura del cordolo è stata dimensionata considerando i minimi previsti dalle NTC08 che sono superiori rispetto a quelli necessari considerando che il cordolo stesso è connesso in modo continuo sulla muratura in cemento armato interrata.

2.6 Intervento 6: Realizzazione di scale in acciaio

Il progetto architettonico prevede la rimozione delle rampe di scale attualmente presenti e la realizzazione di scale con struttura in acciaio.

2.6.2 Riferimenti normativi – ipotesi di progetto

Le scale da realizzare saranno costituite da profili in acciaio laminati a caldo (tipo He, Upn e tubolari) saldate in opera. La finitura sarà realizzata con grigliato portante in acciaio.



L'ancoraggio a terra della struttura verrà realizzato sulla platea di fondazione della rampa di scale già esistente. In caso di evidenza di elementi discordanti rispetto alle tavole strutturali al momento della demolizione della rampa di scale, interpellare il progettista e DL delle strutture. La struttura realizzata sarà completamente indipendente rispetto all'edificio principale.

La verifica verrà svolta in accordo con le NTC2008.

2.6.3 Materiali

2.6.3.1 Caratteristiche meccaniche nuovi elementi

Vengono utilizzati i seguenti tipi di acciaio da carpenteria:

Classe	f_{tk}	f_{yk}
S235	360 N/mm ²	235 N/mm ²

Vengono utilizzati i seguenti tipi di acciaio da bulloneria:

Classe	f_{tb}	f_{yb}
5.6	500 N/mm ²	300 N/mm ²

Vengono utilizzati i seguenti tipi di acciaio d'armatura:

Classe	f_{tk}	f_{yk}
B450C	540 N/mm ²	450 N/mm ²

2.6.4.1 Analisi dei carichi – Stato di progetto

- STATO DI PROGETTO - CARICHI TOTALI SU SOLAI

Vengono di seguito riportati i carichi agenti sulla scala, oltre al peso della struttura:

SOLAIO 01 – calpestabile

Permanenti	200 Kg/mq

Variabili	400 Kg/mq

Totali	600 Kg/mq

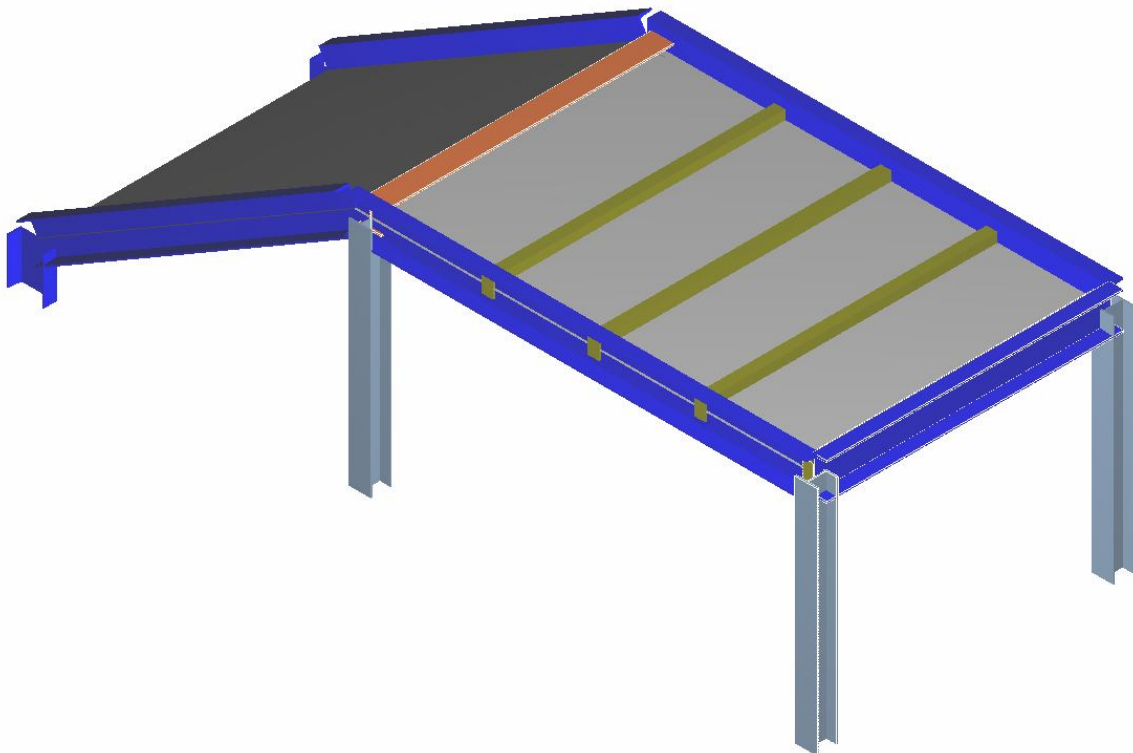
2.6.5 Calcolo degli elementi strutturali

La verifica della struttura verrà realizzata con il software WinStrand della EnExSys.

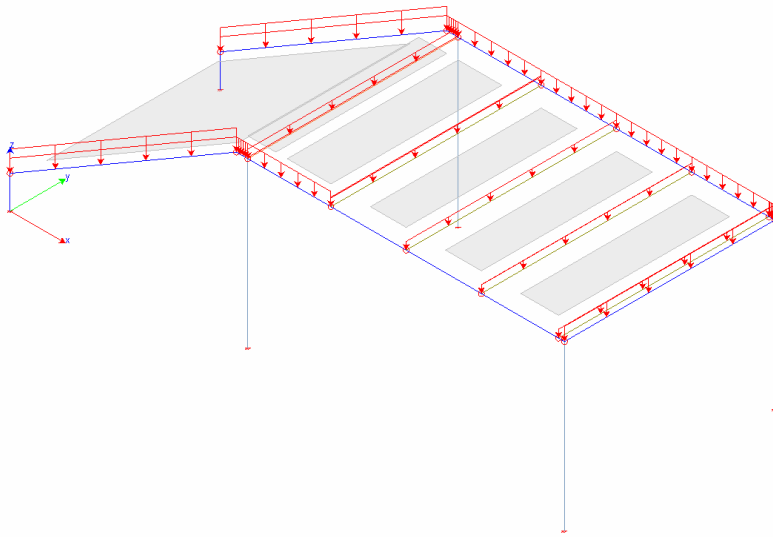
Viene svolta un'analisi modale senza condensazione di piano. Vengono utilizzati i seguenti parametri (si evidenzia che, non essendo presente una relazione geologica, sono stati utilizzati valori a favore di sicurezza):

Tipo di suolo:	D
Condizioni topografiche:	T1
Vita nominale:	50 anni
Classe d'uso:	1
q_0 :	2,0
k_r :	0,8
α_u/α_1 :	1,0
q :	1,6

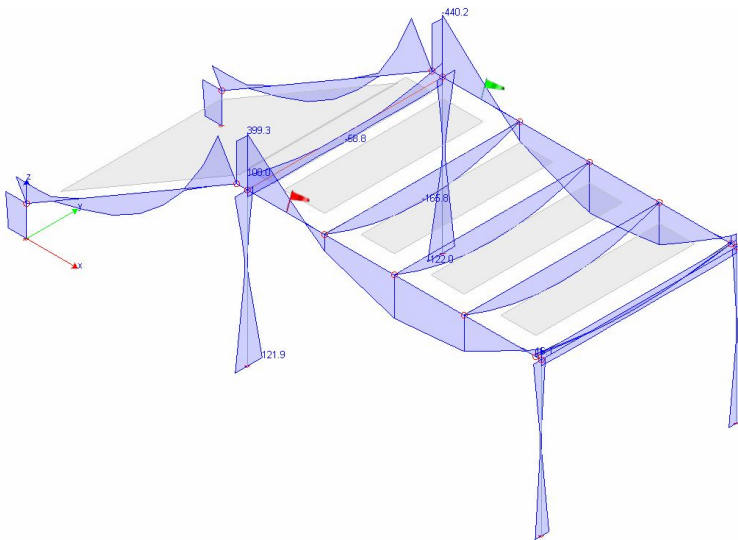
Si riportano di seguito delle immagini del modello realizzato. Si riportano in allegato tutte le verifiche svolte.



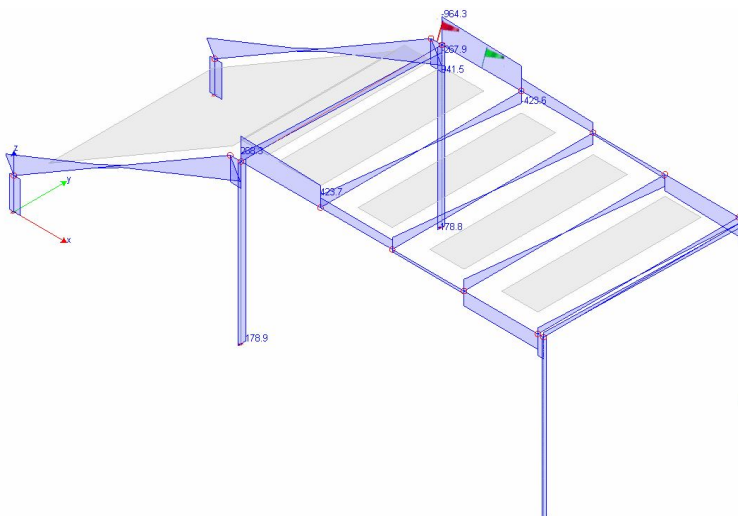
MODELLO – RAPPRESENTAZIONE TRIDIMENSIONALE



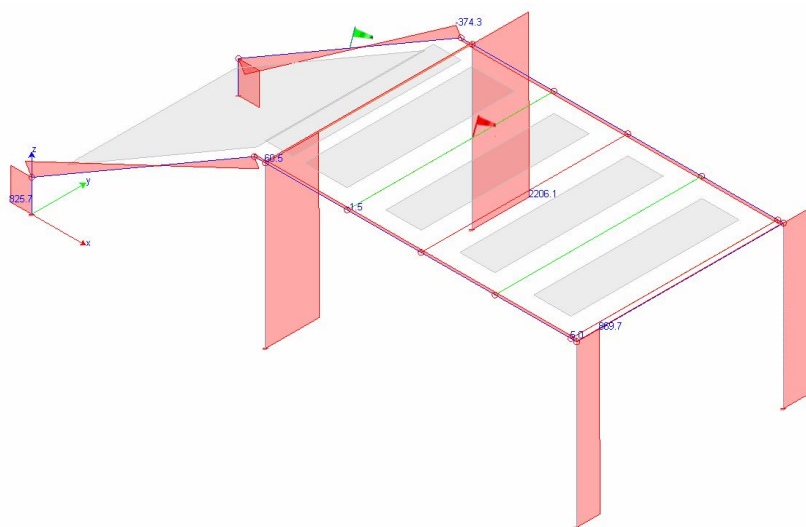
CARICHI AGENTI



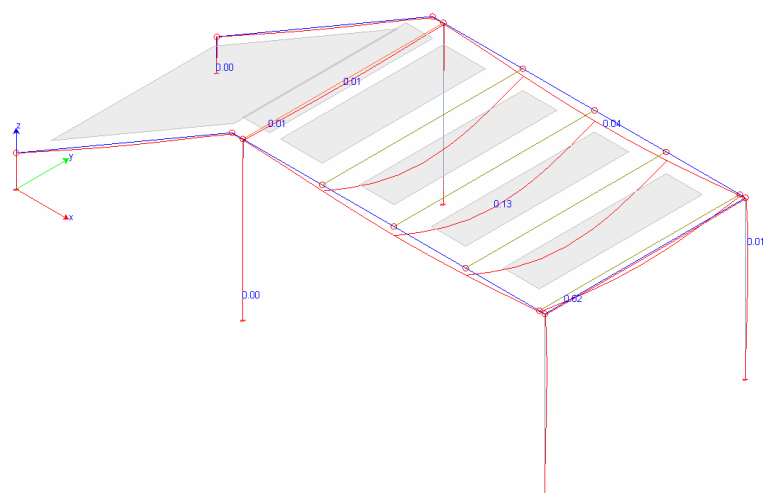
MODELLO – INVILUPPO DEI MOMENTI



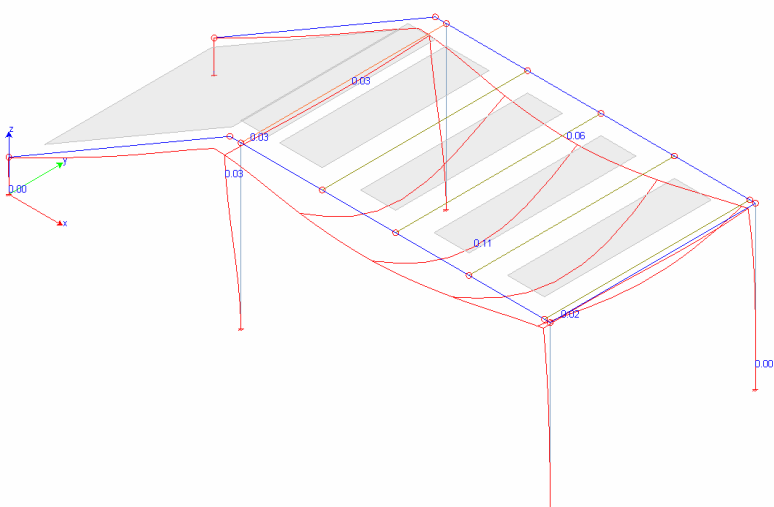
MODELLO – INVILUPPO DEI TAGLI



MODELLO – SLU – AZIONI ASSIALI



MODELLO – SLE RARA – DEFORMATA



MODELLO – SISMA -Y – DEFORMATA

Si allegano le verifiche condotte con il programma di calcolo.

3.1 Riassunto delle verifiche svolte

Nella presente relazione si sono condotte le verifiche strutturali inerenti interventi di consolidamento e per nuove strutture da realizzare presso l'edificio in oggetto.

Si è assunta la geometria e la tecnologia costruttiva che ci è stata fornita nelle tavole architettoniche con l'applicazione di alcune modifiche ricavate da saggi in sito. I carichi allo stato di fatto sono stati stimati tramite la conoscenza delle stratigrafie ottenuta grazie a saggi realizzati in sito. Ovviamente qualsiasi modifica architettonica costruttiva potrebbe essere in contrasto con le ipotesi di base delle verifiche in oggetto quindi dovrà essere comunicata e il progetto strutturale aggiornato.

Si riporta in evidenza che il rinforzo delle travi di bordo delle facciate è stato progettato in relazione ai carichi e alla tipologia costruttiva comunicata dai progettisti architettonici. Nello specifico la tecnologia prevista è realizzata mediante appoggio degli elementi sulle travi del piano inferiore e pertanto non sorretta in trazione dalle travi superiori come spesso accade nelle facciate continue. In caso di eventuale modifica dello schema statico della facciata a seguito delle proposte della ditta fornitrice della facciata stessa si dovrà rivalutare la coerenza e correttezza degli schemi progettuali di rinforzo progettati.

Tutti gli elementi progettati risultano verificati in accordo con quanto prescritto dalle NTC08.

E' possibile consultare i tabulati di calcolo in formato cartaceo allegato alla relazione e inseriti in formato pdf nel cd allegato.

Non sono state sviluppate le verifiche sismiche dei collegamenti della facciata continua e degli elementi frangisole in quanto fortemente influenzate dalla tecnologia utilizzata dalla ditta fornitrice che si aggiudicherà l'appalto. Una volta in possesso delle schede tecniche e dei dati geometrici e di peso della facciata che verrà installata, potranno essere svolte le verifiche sismiche definitive.

4.1 Elaborati di calcolo allegati

Nelle pagine seguenti si allegano i tabulati di calcolo.