

Research Programme of the Research Fund for Coal and Steel

Steel RTD

*Project carried out with a financial grant of the  
Research Programme of the Research Fund for Coal and Steel*

**Deliverable 3.1**

Translations of technical sheets and working examples

Technical Group  
TGS 8 “Steel products and applications for buildings, construction and industry”

**STEEL-EARTH: Steel-based applications in earthquake-prone areas**

Project Acronym	STEEL-EARTH
Grant Agreement Number:	Contract N° RFS2-CT-2014-00022
Coordinator:	Silvia Caprili, University of Pisa
Authors:	All partners – see inside for specific contributions
Start Date:	01/07/2014
Ed Date:	31/12/2015

## **PROGETTAZIONE DI EDIFICIO COMMERCIALE CON STRUTTURA COMPOSTA CON MURI IN C.A. A TAGLIO E ACCOPPIATI CON SISTEMI DISSIPATIVI**

### **DESIGN OF STEEL CONCRETE COMMERCIAL BUILDINGS BRACED BY PREFABRICATED REINFORCED CONCRETE WALL SYSTEMS ALSO COUPLED WITH ENHANCED DISSIPATIVE SYSTEMS**

#### **WORKING EXAMPLE**

*Loris Bianco, Roberta Mallardo, Pietro Filipuzzi (Ferriere Nord S.p.A)*

#### **1. Introduzione**

I paragrafi seguenti descrivono il contributo di Ferriere Nord SpA (FeNO) alla ricerca Precasteel in termini di applicazione della procedura di pre-dimensionamento a specifici casi studio spiegata in dettaglio nel documento "progetto STEEL-EARTH - WP1 - Scheda tecnica".

Da qui in poi viene riportata una sintesi delle principali caratteristiche dei due edifici commerciali selezionati, con i principali risultati del pre-dimensionamento considerando le pareti prefabbricate con doppia lastra in cemento armato come sistema di controventamento alternativo.

#### **2. Caso studio n°1 (pareti in cemento armato dissipative)**

Si tratta di un edificio commerciale a due piani, che copre una superficie per ogni piano (vedi Figura 1) di:

$$A_{CBs} = D \times L = 36 \times 50 = 1800 \text{ m}^2$$

Prima di tutto, le intensità dei carichi accidentali applicati alle strutture CB sono:

$$Q_{k1} = 5 \text{ kN/m}^2 \quad (\text{carico accidentale, primo piano})$$

$$Q_{k2} = 2 \text{ kN/m}^2 \quad (\text{carico della neve, secondo piano})$$

Il livello di sismicità del sito (PGA, peak ground acceleration) è pari a:

$$a_g = 0.32 \text{ g} \quad (\text{area ad alta sismicità})$$

La distribuzione delle forze di piano, con riferimento al numero dei piani e alla natura delle azioni (sismiche), è di tipo "C".

La classe di duttilità della struttura considerata è "DCH" per strutture dissipative sotto carichi ciclici generati da un terremoto.

Una corretta stima del fattore di comportamento "q" della struttura dipende dalla classe di duttilità e dalle proprietà geometriche della parete in c.a. (altezza, larghezza, spessore):

$$H = 5.00 \text{ m} \quad (\text{altezza interpiano})$$

$$B = 6.00 \text{ m} \quad (\text{larghezza della parete in c.a.})$$

$$s = 0.25 \text{ m} \quad (\text{spessore della parete in c.a.})$$

poi, secondo le disposizioni dell'Eurocodice 8, il fattore di comportamento si assume pari a:

$$q = 3.56 \quad (\text{fattore di comportamento})$$

Raffinando l'intervallo del database sui carichi di taglio orizzontali (sisma, vento) ogni 250 kN, il miglior risultato del sistema di pareti dissipative è raggiunto per:

$$V_b = 1250 \text{ kN} \quad (\text{taglio alla base per una singola parete in c.a.})$$

Che è collegato ad un'area di influenza della parete di:

$$A_{\text{wall}} = 444 \text{ m}^2$$

Infine, il numero delle pareti dissipative in c.a. per ogni piano e direzione (X, Y) è:

$$n_{\text{wall}} = A_{\text{CBs}} / A_{\text{wall}} = 1800 / 444 \approx 4$$

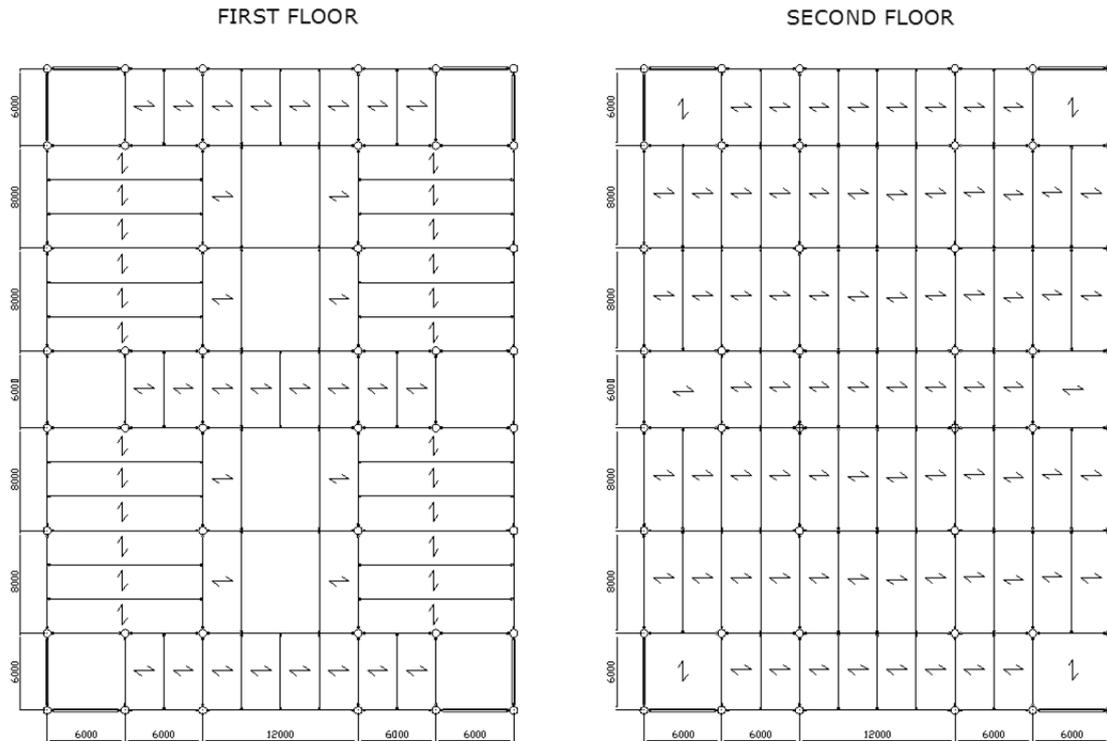


Figura 1: Caso studio n°1 (pareti in c.a. dissipative).

Qui sono riportati brevemente, secondo i suggerimenti e le disposizioni dell'Eurocodice 2 e dell'Eurocodice 8, tutti le principali verifiche strutturali (SLU) dei sistemi di pareti in c.a..

**Proprietà dei materiali:**

calcestruzzo C30/37 ( $R_{ck}=37 \text{ MPa}$ ;  $f_{ck}=30 \text{ MPa}$ ;  $f_{cd}=15.94 \text{ MPa}$ )

acciaio B450C ( $f_{yk}=450 \text{ MPa}$ ;  $f_{tk}=540 \text{ MPa}$ ;  $f_{yd}=391 \text{ MPa}$ )

**Proprietà geometriche:**

$s = 0.25 \text{ m}$  (spessore della parete in c.a.)

$B = 6.00 \text{ m}$  (larghezza della parete)

$H = 5.00 \text{ m}$  (altezza della parete d'interpiano)

**Azioni e verifiche (SLU) sul sistema di pareti in c.a.:**

Momento flettente  $\rightarrow M_{Ed} = (0.38 \cdot 1250) \cdot 5.00 + (0.62 \cdot 1250) \cdot 10.00 = 10125 \text{ kNm} \leq M_{Rd} = 11524 \text{ kNm}$

Forza di taglio  $\rightarrow V_{Ed} = 1.5 \cdot V_b = 1875 \text{ kN} \leq V_{Rd} = \min(V_{Rsd}, V_{Rcd}) = 1889 \text{ kN}$

Le verifiche di cui sopra allo SLU sono riferite alle barre di rinforzo e alle staffe relative ai seguenti disegni tecnici (vedi Figura 2), con:

$$A_{s,bending} = 11+11\varnothing 14 \quad (\text{zona critica, zona confinta } l_c = 0.15 \cdot B = 0.90 \text{ m})$$

$$A_{s,shear} = 1\varnothing 8/10\text{cm}$$

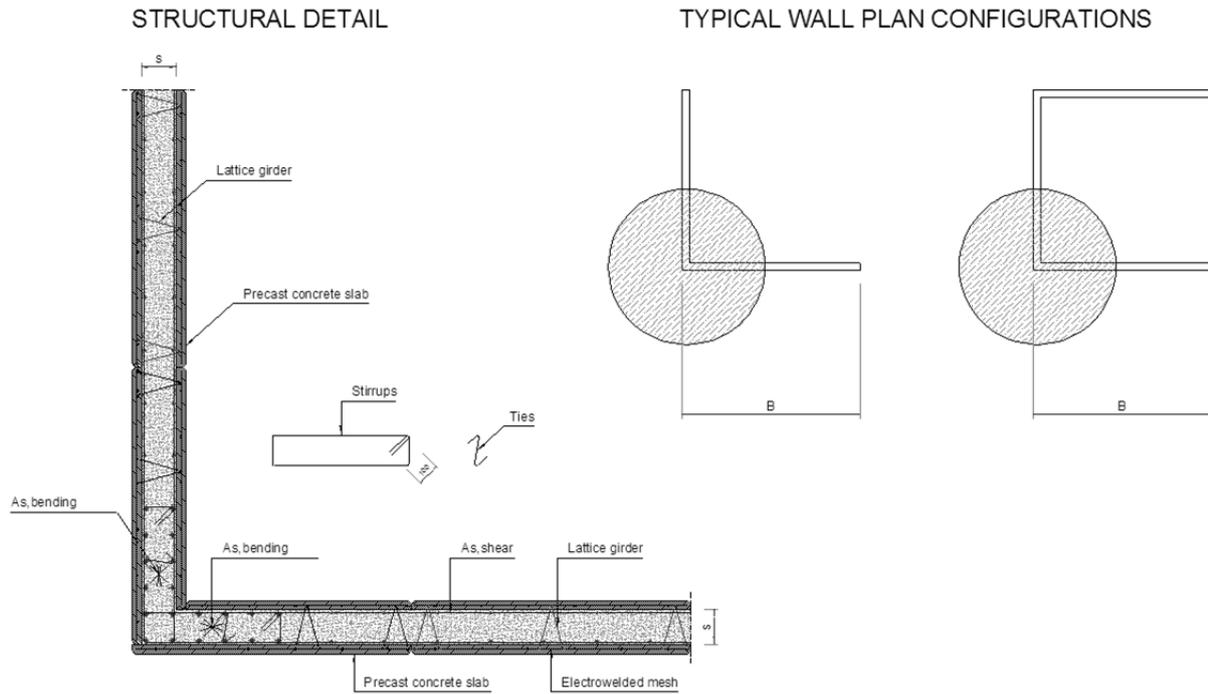


Figura 2: Tipico angolo dettaglio strutturale dell'angolo di un sistema di controventamento con pareti in c.a. e le configurazioni di piano comuni (vista dall'alto).

Inoltre, l'immagine seguente descrive i dettagli strutturali tipici per il sistema di pareti di taglio in c.a.:

- Dettagli strutturali per il collegamento tra parete in c.a. e piano prefabbricato in c.a. (vedi Figura 3);
- Dettagli strutturali per il collegamento tra parete in c.a. e fondazione (vedi Figura 4).

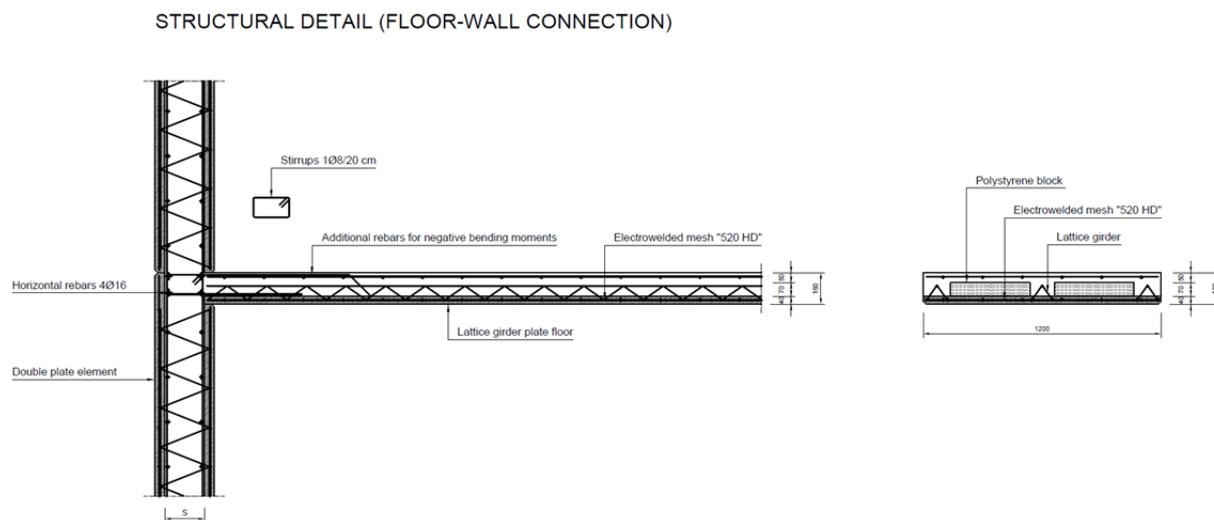


Figura 3: Tipico dettaglio strutturale per il collegamento tra parete in c.a. e piano prefabbricato in c.a. (sezione verticale).

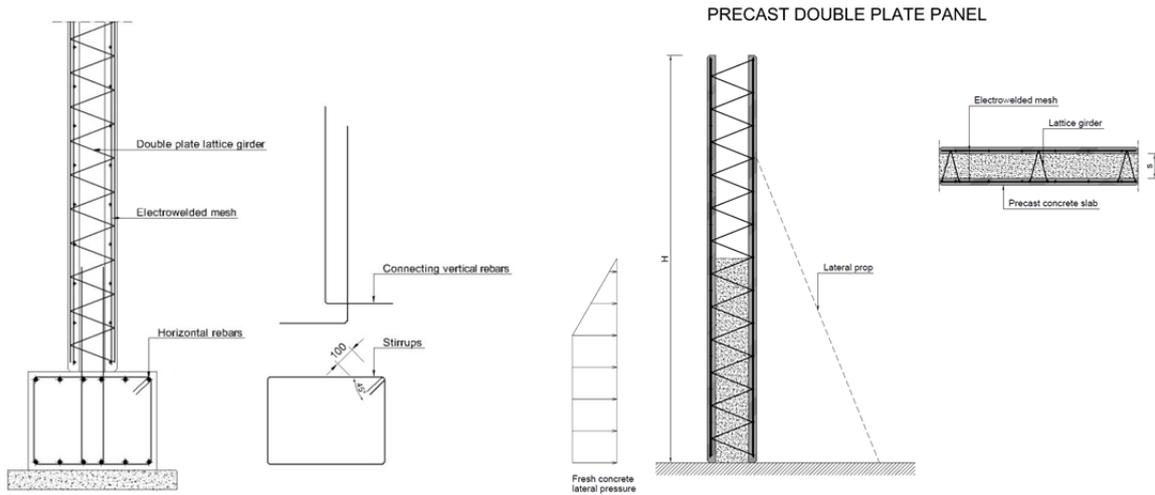


Figura 4: Tipico dettaglio strutturale per il collegamento tra parete in c.a. e la sua fondazione (sezione verticale).

Per quanto riguarda i dettagli strutturali delle connessioni tra la struttura principale in acciaio (travi, colonne) e le pareti in c.a., ci sono due possibili modi di esecuzione:

Collegamento che disaccoppia carichi orizzontali e verticali

In questo caso abbiamo bisogno di una trave ausiliaria, che trasferisce i carichi gravitazionali verso le colonne di acciaio principali, in modo da poter collegare il nostro sistema di controventamento in c.a. al telaio in acciaio disaccoppiando carichi verticali ed orizzontali (vedere Figura 5).

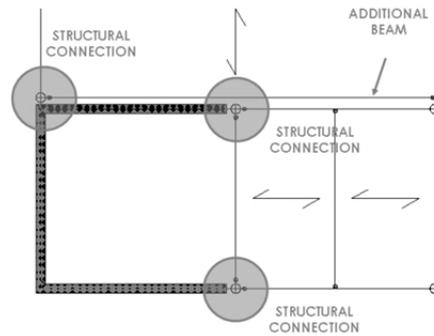


Figura 5: Tipico collegamento tra la struttura in acciaio e le pareti in c.a., disaccoppiando carichi orizzontali e verticali (vista dall'alto).

Collegamento per carichi sia orizzontali che verticali

In questo caso non abbiamo bisogno di una trave ausiliaria e si può collegare direttamente il nostro sistema di controventamento in c.a. al telaio in acciaio; allora, è possibile per le pareti supportare anche i carichi verticali senza compromettere il loro comportamento sismico (vedere Figura 6).

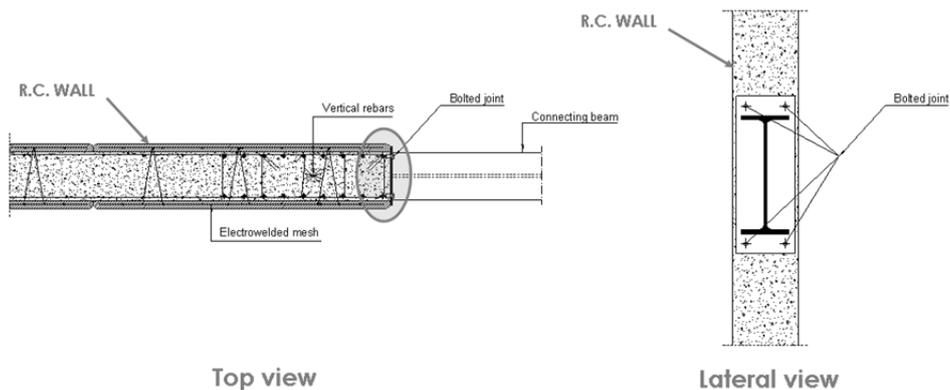


Figura 6: Tipico collegamento tra la struttura in acciaio e le pareti in c.a. per entrambi i carichi orizzontali e verticali..

Le connessioni tra struttura in acciaio (travi, colonne) e pareti in c.a. come sistema di controventamento possono essere realizzate in modo semplice da ancoraggi chimici o meccanici, dopo la costruzione della struttura in c.a. Un altro modo per realizzare questo tipo di giunti è la connessione bullonata classica, formata e inclusa nella cassaforma prima che il calcestruzzo venga gettato. Se la struttura principale è isolata da dispositivi dissipativi, ad ogni piano ci sono specifici giunti in acciaio per prevenire il martellamento tra i sistemi di pareti e le strutture del solaio.

### 3. Caso studio n°2 (pareti in c.a. dissipative)

Si tratta di un edificio commerciale a due piani, che copre una superficie per ogni piano (vedi Figura 7) di:

$$A_{CBs} = D \times L = 36 \times 66 = 2376 \text{ m}^2$$

Prima di tutto, le intensità dei carichi accidentali applicati alle strutture CB sono:

$$Q_{k1} = 5 \text{ kN/m}^2 \quad (\text{carico accidentale, primo piano})$$

$$Q_{k2} = 2 \text{ kN/m}^2 \quad (\text{carico della neve, secondo piano})$$

Il livello di sismicità del sito (PGA, peak ground acceleration) è pari a:

$$a_g = 0.32 \text{ g} \quad (\text{area ad alta sismicità})$$

La distribuzione delle forze di piano, con riferimento al numero dei piani e alla natura delle azioni (sismiche), è di tipo "C".

La classe di duttilità della struttura considerata è "DCH" per strutture dissipative sotto carichi ciclici generati da un terremoto.

Una corretta stima del fattore di comportamento "q" della struttura dipende dalla classe di duttilità e dalle proprietà geometriche della parete in c.a. (altezza, larghezza, spessore):

$$H = 5.00 \text{ m} \quad (\text{altezza interpiano})$$

$$B = 6.00 \text{ m} \quad (\text{larghezza della parete in c.a.})$$

$$s = 0.25 \text{ m} \quad (\text{spessore della parete in c.a.})$$

poi, secondo le disposizioni dell'Eurocodice 8, il fattore di comportamento si assume pari a:

$$q = 3.56 \quad (\text{fattore di comportamento})$$

Raffinando l'intervallo del database sui carichi di taglio orizzontali (sisma, vento) ogni 250 kN, il miglior risultato del sistema di pareti dissipative è raggiunto per:

$$V_b = 1750 \text{ kN} \quad (\text{taglio alla base della singola parete in c.a.})$$

Che è collegato ad un'area di influenza della parete di:

$$A_{wall} = 618 \text{ m}^2$$

Infine, il numero delle pareti dissipative in c.a. per ogni piano e direzione (X, Y) è:

$$n_{wall} = A_{CBs} / A_{wall} = 2376 / 618 \approx 4$$

Qui sono riportati brevemente, secondo i suggerimenti e le disposizioni dell'Eurocodice 2 e dell'Eurocodice 8, tutte le principali verifiche (SLU) dei sistemi di pareti in c.a.

#### Proprietà dei materiali:

calcestruzzo C30/37 ( $R_{ck}=37 \text{ MPa}$ ;  $f_{ck}=30 \text{ MPa}$ ;  $f_{cd}=15.94 \text{ MPa}$ )

acciaio B450C ( $f_{yk}=450 \text{ MPa}$ ;  $f_{tk}=540 \text{ MPa}$ ;  $f_{yd}=391 \text{ MPa}$ )

#### Proprietà geometriche:

$s = 0.25 \text{ m}$  (spessore della parete in c.a.)

$B = 6.00 \text{ m}$  (larghezza della parete)

$H = 5.00 \text{ m}$  (altezza della parete d'interpiano)

**Azioni e verifiche (SLU) sul sistema di pareti in c.a.:**

Momento flettente  $\rightarrow M_{Ed} = (0.38 \cdot 1750) \cdot 5.00 + (0.62 \cdot 1750) \cdot 10.00 = 14175 \text{ kNm} \leq M_{Rd} = 15384 \text{ kNm}$

Forza di taglio  $\rightarrow V_{Ed} = 1.5 \cdot V_b = 2625 \text{ kN} \leq V_{Rd} = \min(V_{Rsd}, V_{Rcd}) = 2699 \text{ kN}$

Le verifiche di cui sopra allo SLU sono riferite alle barre di rinforzo e alle staffe relative ai seguenti disegni tecnici (vedi Figura 2), con:

$A_{s,bending} = 12 + 12\varnothing 20$  (zona critica, zona confinata  $l_c = 0.15 \cdot B = 0.90 \text{ m}$ )

$A_{s,shear} = 1\varnothing 10/10\text{cm}$

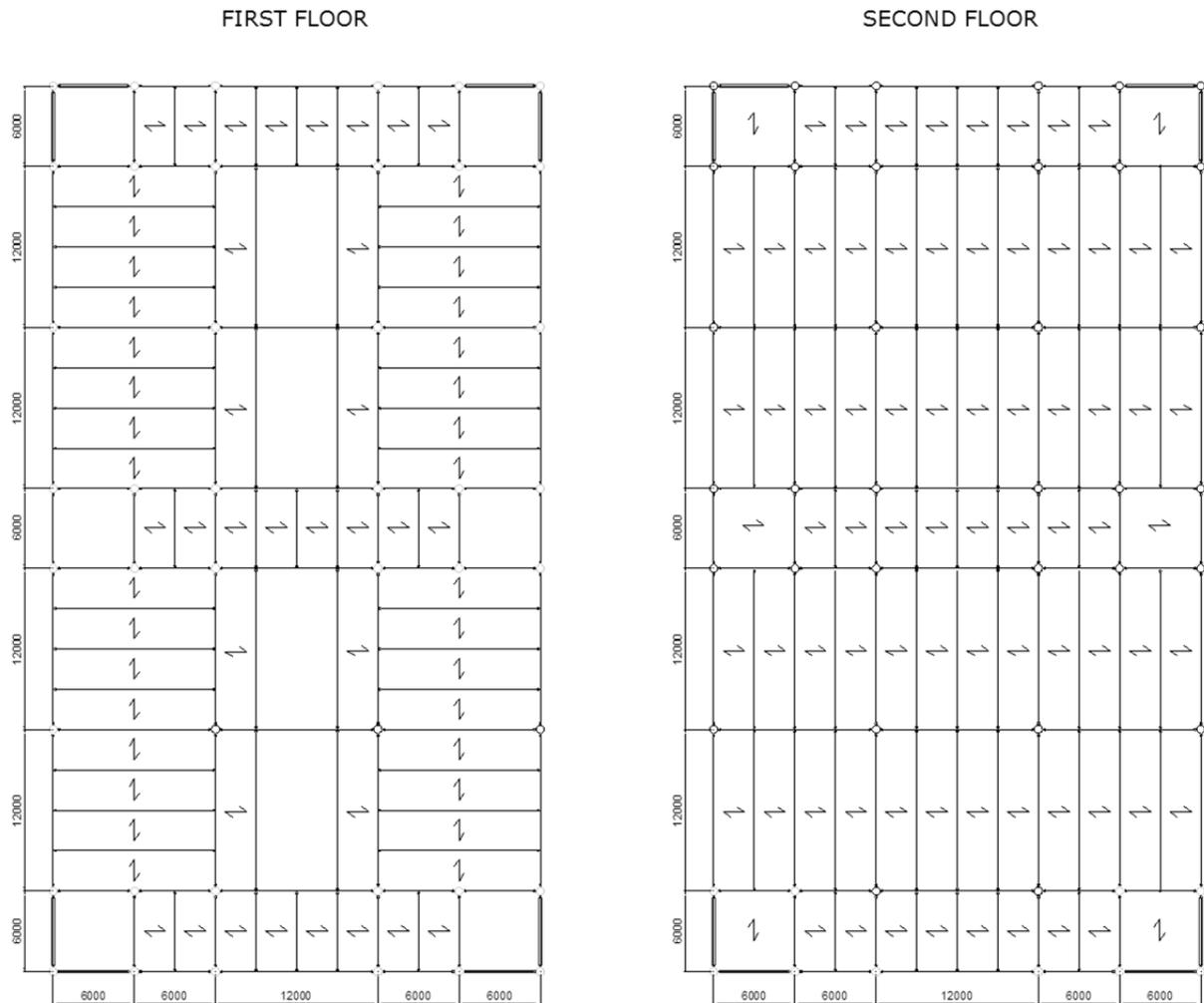


Figura 7: Caso studio n°2 (pareti dissipative in c.a.).

#### 4. Caso studio n°1 (dissipatori + pareti in c.a. elastiche)

In questo paragrafo, esaminiamo il caso di studio n ° 1 considerando che le pareti in c.a. devono mantenere una risposta elastica verso azioni cicliche orizzontali (sismici) e la maggior parte di energia causata dal terremoto deve essere dissipata in dispositivi HDR specifici (vedi Figura 8).

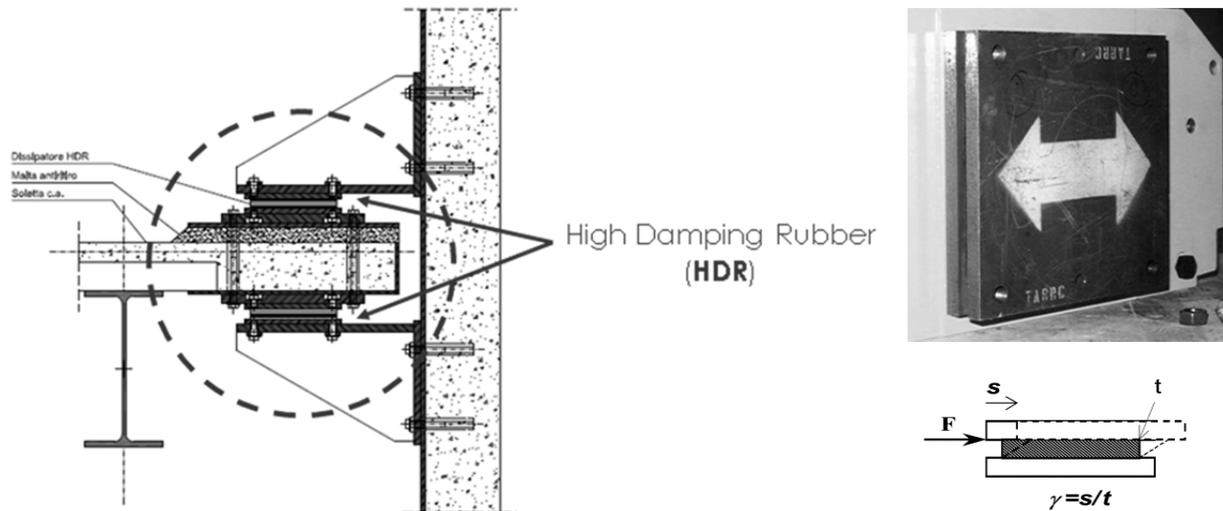


Figura 8: Dissipatori connessi alle pareti in c.a. (High Damping Rubber).

Si tratta di un edificio commerciale a due piani, che copre una superficie per ogni piano (vedi Figura 1) di:

$$A_{CBs} = D \times L = 36 \times 50 = 1800 \text{ m}^2$$

Prima di tutto, le intensità dei carichi accidentali applicati alle strutture CB sono:

$$Q_{k1} = 5 \text{ kN/m}^2 \quad (\text{carico accidentale, primo piano})$$

$$Q_{k2} = 2 \text{ kN/m}^2 \quad (\text{carico della neve, secondo piano})$$

Il livello di sismicità del sito (PGA, peak ground acceleration) è pari a:

$$a_g = 0.32 \text{ g} \quad (\text{area ad alta sismicità})$$

La distribuzione delle forze di piano, con riferimento al numero dei piani e alla natura delle azioni (sismiche), è di tipo "C".

La classe di duttilità della struttura considerata è "DCL" per strutture non-dissipative sotto carichi ciclici generati da un terremoto.

Le proprietà geometriche delle pareti in c.a. (altezza d'interpiano, larghezza, spessore) sono:

$$H = 5.00 \text{ m} \quad (\text{altezza interpiano})$$

$$B = 6.00 \text{ m} \quad (\text{larghezza della parete in c.a.})$$

$$s = 0.25 \text{ m} \quad (\text{spessore della parete in c.a.})$$

Il fattore di comportamento, in questo caso, è pari a:

$$q = 1.00 \quad (\text{fattore di comportamento, struttura elastica})$$

Le forze orizzontali alla base di ciascun piano e per entrambe le direzioni (X, Y) sono:

$$F_{X,1} = 280 \text{ kN}$$

$$F_{X,2} = 360 \text{ kN}$$

$$F_{Y,1} = 320 \text{ kN}$$

$$F_{Y,2} = 400 \text{ kN}$$

Nel caso delle pareti in c.a. in direzione Y (più sollecitata di quelle in direzione X), sono riportati brevemente, secondo i suggerimenti e le disposizioni dell'Eurocodice 2, tutte le principali verifiche (SLU) dei sistemi di pareti in c.a.

**Proprietà dei materiali:**

calcestruzzo C30/37 ( $R_{ck}=37$  MPa;  $f_{ck}=30$  MPa;  $f_{cd}=15.94$  MPa)

acciaio B450C ( $f_{yk}=450$  MPa;  $f_{tk}=540$  MPa;  $f_{yd}=391$  MPa)

**Proprietà geometriche:**

$s = 0.25$  m (spessore della parete in c.a.)

$B = 4.50$  m (larghezza della parete)

$H = 5.00$  m (altezza della parete d'interpiano)

**Azioni e verifiche (SLU) sul sistema di pareti in c.a.:**

Momento flettente  $\rightarrow M_{Ed} = 320 \cdot 5.00 + 400 \cdot 10.00 = 5600$  kNm  $\leq M_{Rd} = 5770$  kNm

Forza di taglio  $\rightarrow V_{Ed} = V_b = 320 + 400 = 720$  kN  $\leq V_{Rd} = \min(V_{Rsd}, V_{Rcd}) = 944$  kN

Le verifiche di cui sopra allo SLU sono riferite alle barre di rinforzo e alle staffe relative ai seguenti disegni tecnici (vedi Figura 9), con:

$A_{s,bending} = 9+9\varnothing 16$

$A_{s,shear} = 1\varnothing 8/15cm$

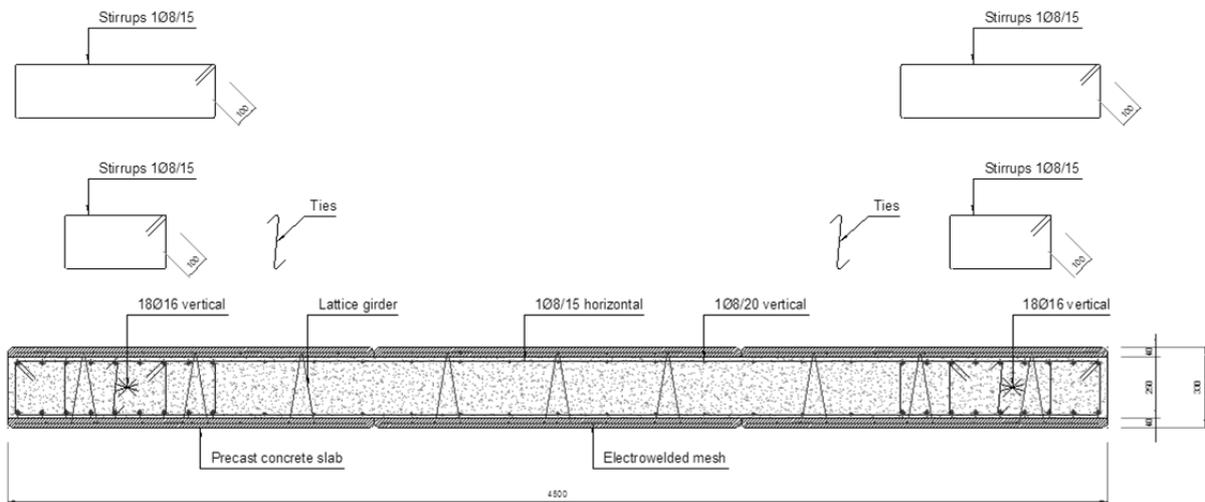


Figura 9: Disegno tecnico per parete in c.a. (caso di studio n° 1, i dissipatori accoppiati con pareti in c.a..).

### 5. Caso di studio n°3 (confronto tra il sistema di controventamento con pareti in c.a. della *FeNO* e il sistema di controventamento in acciaio della *UniCAM*)

Si tratta di un edificio commerciale a due piani, analizzato anche dalla UniCAM come un esempio di lavoro per i sistemi con controventi eccentrici, che copre una superficie per ogni piano:

$$A_{CBs} = D \times L = 36 \times 66 = 2376 \text{ m}^2$$

Prima di tutto, le intensità dei carichi accidentali applicati alle strutture CB sono:

$$Q_{k1} = 5 \text{ kN/m}^2 \quad (\text{carico accidentale, primo piano})$$

$$Q_{k2} = 2 \text{ kN/m}^2 \quad (\text{carico della neve, secondo piano})$$

Il livello di sismicità del sito (PGA, peak ground acceleration) è pari a:

$$a_g = 0.193 \text{ g} \quad (\text{sismicità dell'area di Camerino, Italia})$$

La distribuzione delle forze di piano, con riferimento al numero dei piani e alla natura delle azioni (sismiche), è di tipo "C".

La classe di duttilità della struttura considerata è "DCH" per strutture dissipative sotto carichi ciclici generati da un terremoto.

Una corretta stima del fattore di comportamento "q" della struttura dipende dalla classe di duttilità e dalle proprietà geometriche della parete in c.a. (altezza, larghezza, spessore):

$$H = 5.00 \text{ m} \quad (\text{altezza interpiano})$$

$$B = 6.00 \text{ m} \quad (\text{larghezza della parete in c.a.})$$

$$s = 0.25 \text{ m} \quad (\text{spessore della parete in c.a.})$$

poi, secondo le disposizioni dell'Eurocodice 8, il fattore di comportamento si assume pari a:

$$q = 2.67 \quad (\text{fattore di comportamento})$$

Raffinando l'intervallo del database sui carichi di taglio orizzontali (sisma, vento) ogni 100 kN, il miglior risultato del sistema di pareti dissipative è raggiunto per:

$$V_b = 1300 \text{ kN} \quad (\text{taglio alla base della singola parete in c.a.})$$

Che è collegato ad un'area di influenza della parete di:

$$A_{wall} = 606 \text{ m}^2$$

Infine, il numero delle pareti dissipative in c.a. per ogni piano e direzione (X, Y) è:

$$n_{wall} = A_{CBs} / A_{wall} = 2376 / 606 \approx 4$$

che è lo stesso numero della soluzione della UniCAM per tale struttura di edificio commerciale, anche se in questo caso siamo in grado di ridurre fino al 50% l'estensione della soluzione in acciaio del sistema di controventamento (larghezza  $B = 12,00 \text{ m}$  per l'esempio di lavoro della UniCAM), con un notevole risparmio in termini di costo totale.

Nelle pagine seguenti è brevemente illustrato il modello ad elementi finiti implementato nello stesso modo dell'esempio di lavoro della UniCAM (tranne che per il sistema di controventamento con pareti in c.a. invece del sistema di controventamento in acciaio), considerando la stessa geometria, le stesse condizioni di vincolo e al contorno, gli stessi casi di carico e le stesse combinazioni. È interessante notare che la procedura Precasteel di pre-dimensionamento è totalmente affidabile, e questo modello strutturale raffinato è in grado di convalidare la procedura menzionata; infatti, la stima dell'errore seguendo la procedura Precasteel di pre-dimensionamento non raggiunge il 15%, valore che include tutte le semplificazioni in termini di ipotesi strutturali (ossia nel caso di azioni sismiche: assumendo come rappresentativo solo il primo modo di vibrare, che influenza gli effetti dell'eccentricità accidentale, combinazione di effetti di carico ortogonali, ecc). È importante anche sottolineare un altro importante vantaggio strutturale che riguarda la soluzione a pareti piuttosto che in acciaio del sistema di controventamento: tutti e sei i modi di vibrare (vedere Figura 16 ÷ Figura 21) sono assolutamente regolari in termini di componenti di partecipazione di massa sismica, invece dei modi di vibrazioni più irregolari e ibridi derivanti dalla soluzione in acciaio del sistema di controventamento.

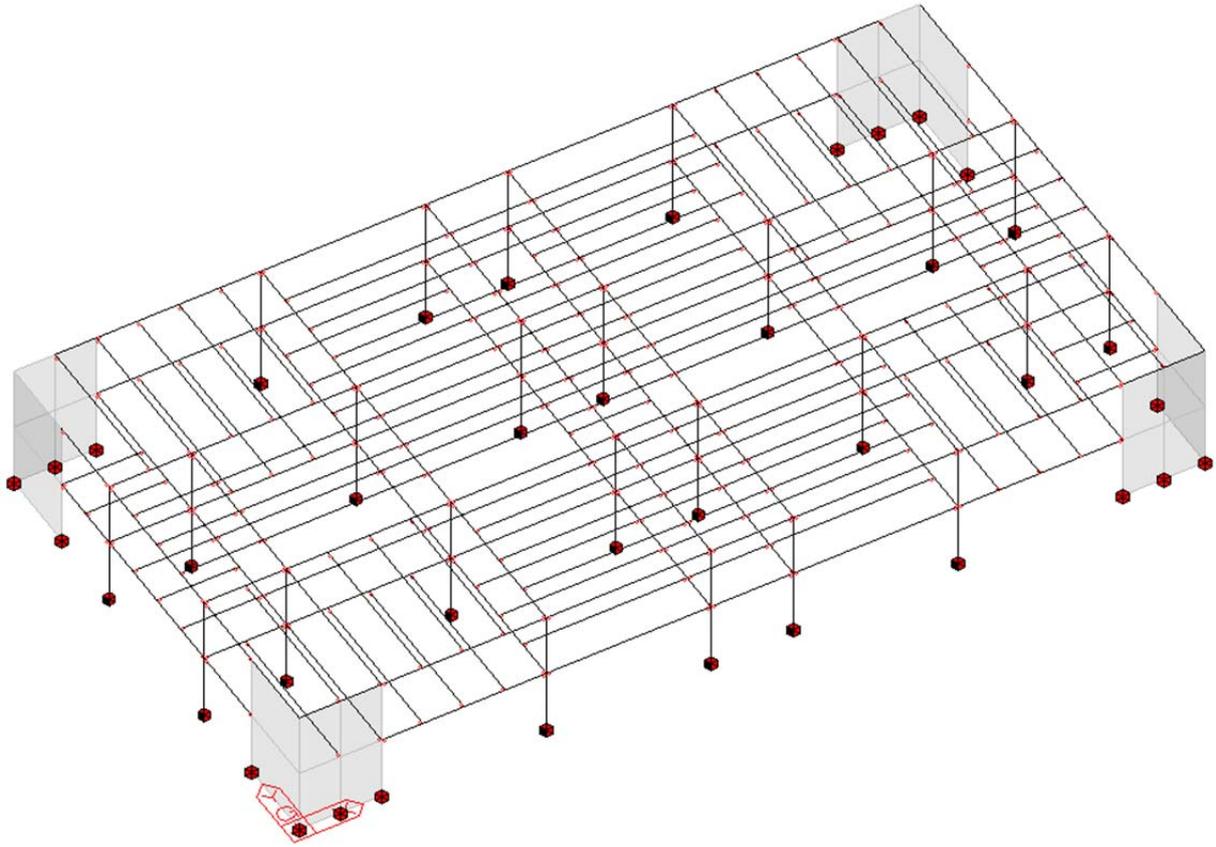


Figura 10: Caso studio n°3 (FeNO sistema di pareti in c.a. per un edificio commerciale a due piani).

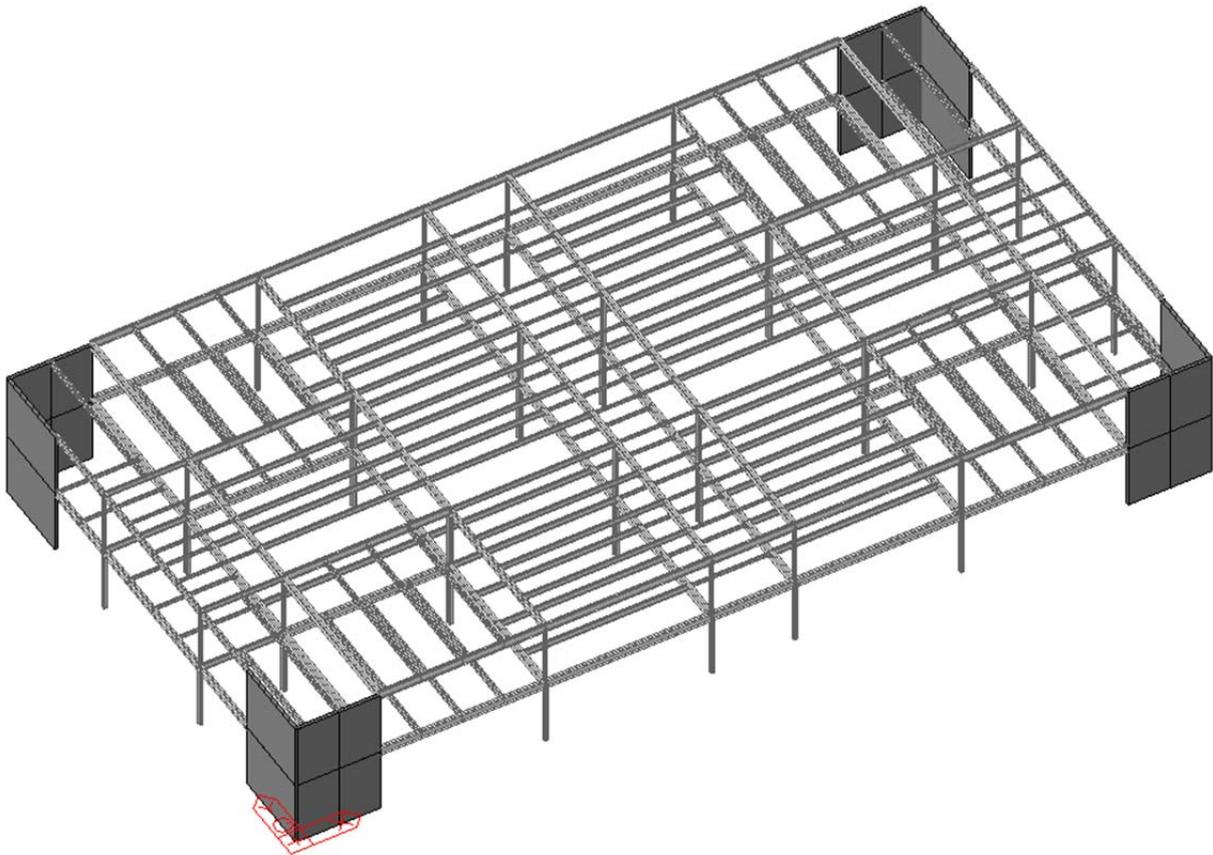


Figura 11: Caso studio n°3 (FeNO sistema di pareti in c.a. per un edificio commerciale a due piani).

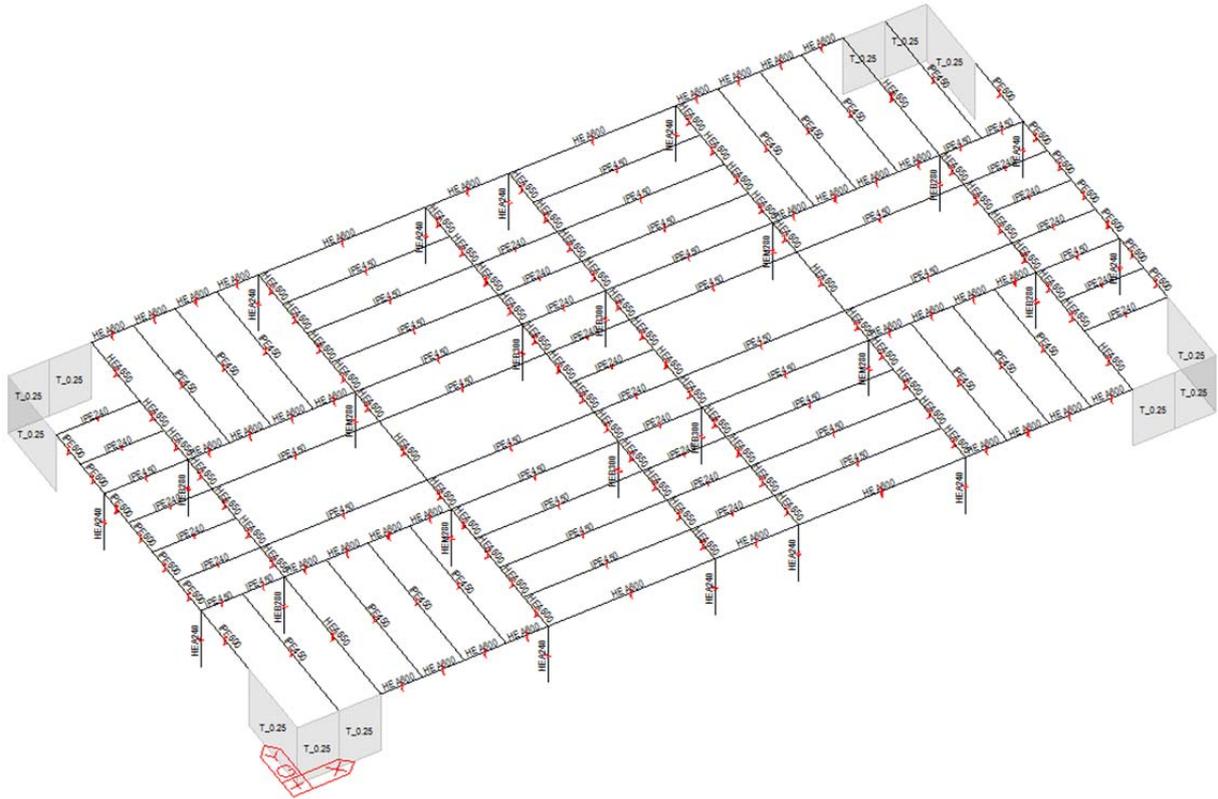


Figura 12: Caso studio n°3 (FeNO sistema di pareti in c.a.- primo piano).

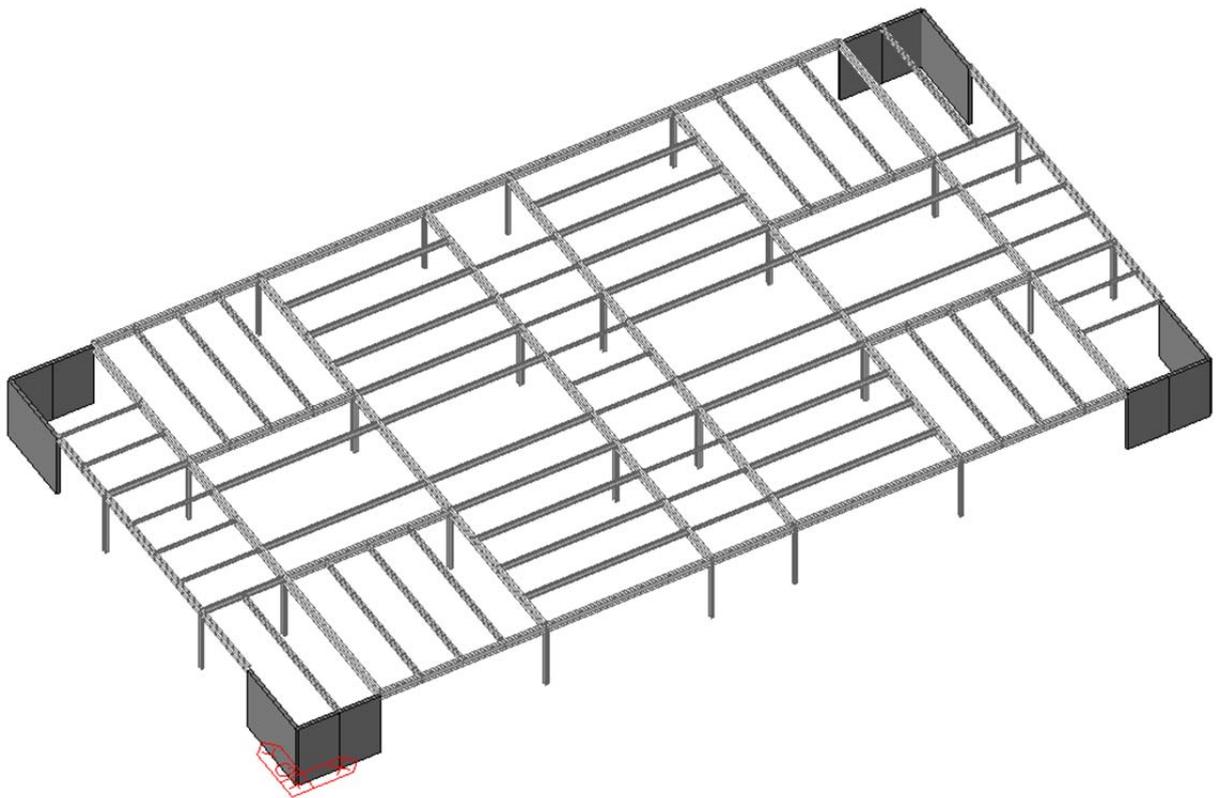


Figura 13: Caso studio n°3 (FeNO sistema di pareti in c.a.- primo piano).

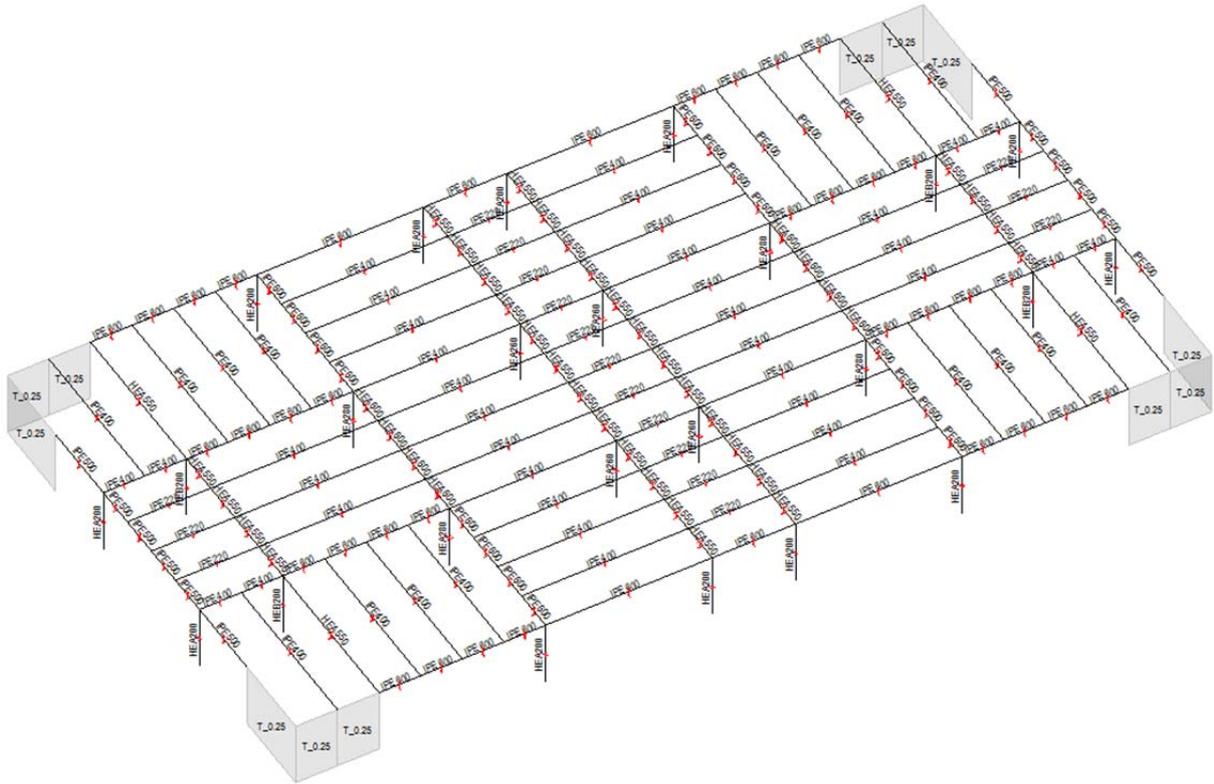


Figura 14: Caso studio n°3 (FeNO sistema di pareti in c.a. - secondo piano).

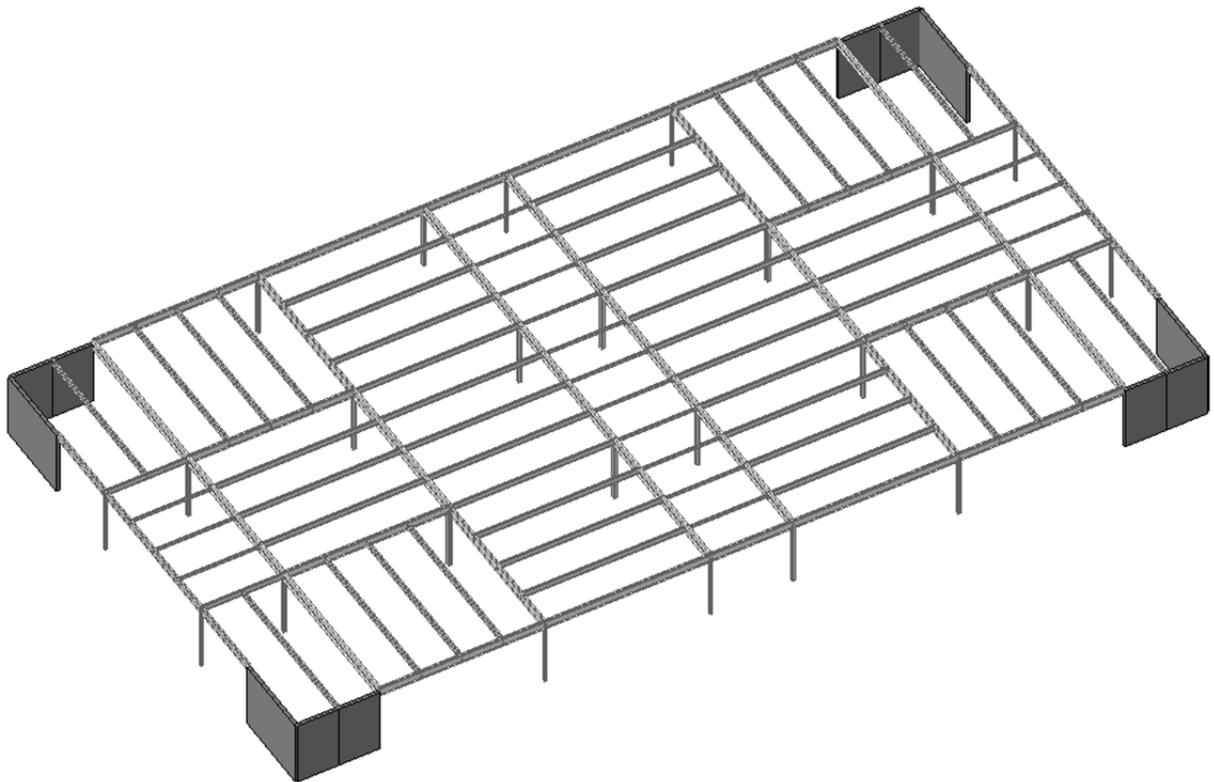
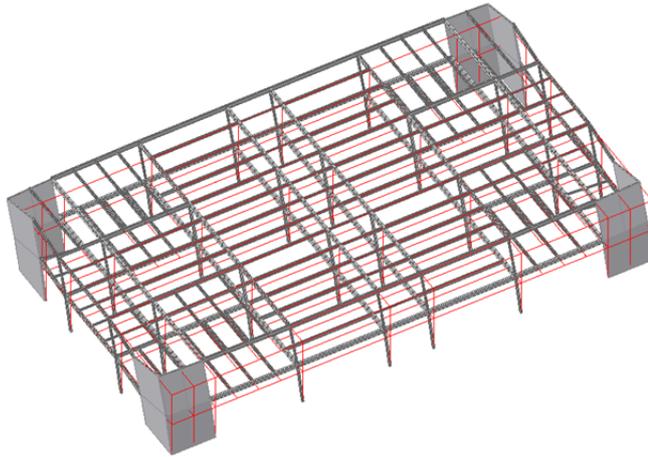
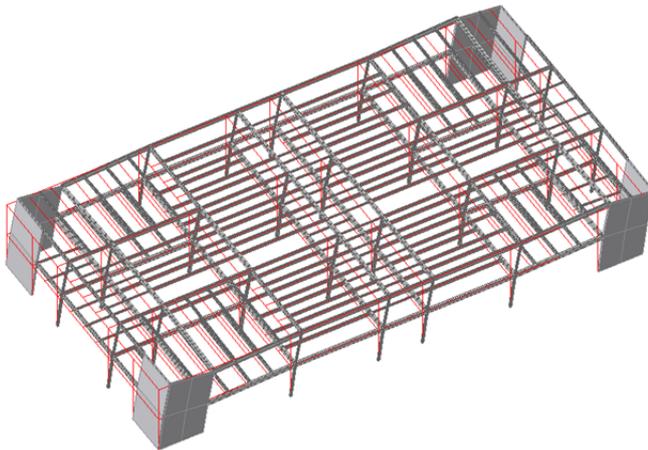


Figura 15: Caso studio n°3 (FeNO sistema di pareti in c.a. - secondo piano).



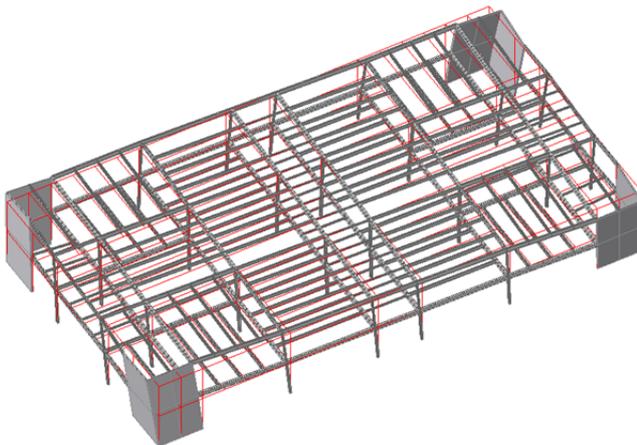
midas Gen	
POST-PROCESSOR	
VIBRATION MODE	
FREQUENCY (CYCLE/SEC)	6.637481
NATURAL PERIOD (SEC)	0.150660
MPM (%)	
DX=	0.000000
DY=	84.149562
DZ=	0.000000
RX=	0.000000
RY=	0.000000
RZ=	0.000000
Mode 1	
MAX :	179
MIN :	1
FILE:	SteelEarth-
UNIT:	[cps]
DATE:	06/22/2015
VIEW-DIRECTION	
X:	-0.354
Y:	-0.612
Z:	0.707

Figura 16: Primo modo di vibrare (Traslazionale in direzione Y).



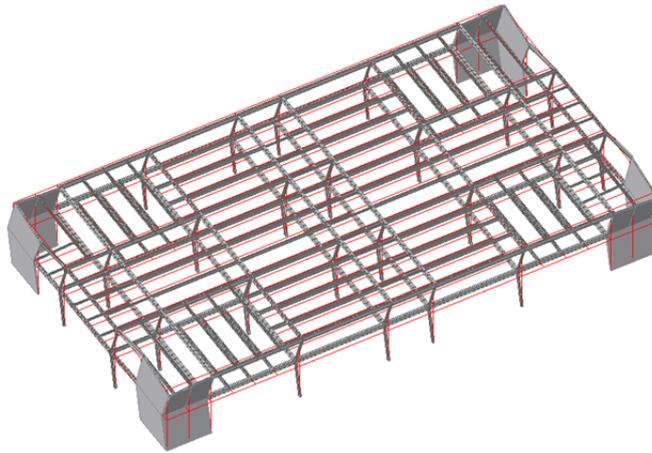
midas Gen	
POST-PROCESSOR	
VIBRATION MODE	
FREQUENCY (CYCLE/SEC)	6.664863
NATURAL PERIOD (SEC)	0.150041
MPM (%)	
DX=	84.218561
DY=	0.000000
DZ=	0.000000
RX=	0.000000
RY=	0.000000
RZ=	0.000100
Mode 2	
MAX :	172
MIN :	1
FILE:	SteelEarth-
UNIT:	[cps]
DATE:	06/22/2015
VIEW-DIRECTION	
X:	-0.354
Y:	-0.612
Z:	0.707

Figura 17: Secondo modo di vibrare (Traslazionale in direzione X).



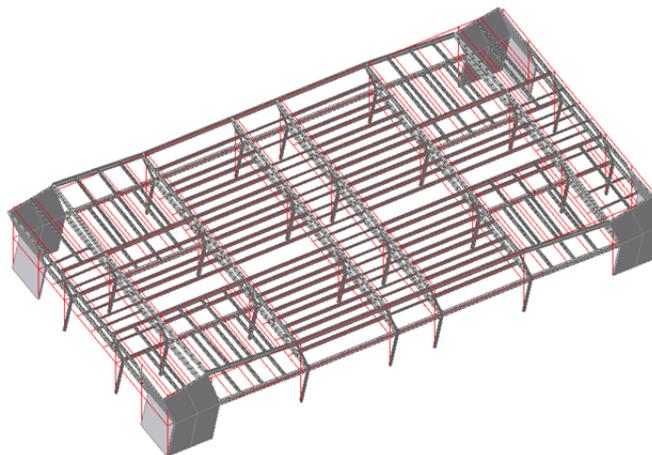
midas Gen	
POST-PROCESSOR	
VIBRATION MODE	
FREQUENCY (CYCLE/SEC)	12.273631
NATURAL PERIOD (SEC)	0.081475
MPM (%)	
DX=	0.000288
DY=	0.000000
DZ=	0.000000
RX=	0.000000
RY=	0.000000
RZ=	87.007567
Mode 3	
MAX :	249
MIN :	1
FILE:	SteelEarth-
UNIT:	[cps]
DATE:	06/22/2015
VIEW-DIRECTION	
X:	-0.354
Y:	-0.612
Z:	0.707

Figura 18: Terzo modo di vibrare (Rotazionale in direzione Z).



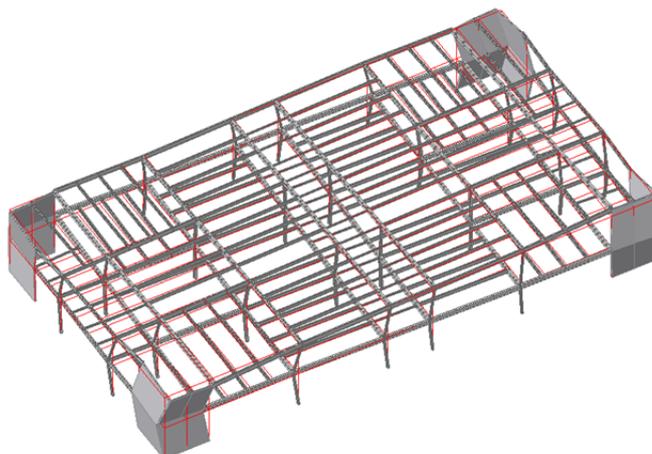
midas Gen	
POST-PROCESSOR	
VIBRATION MODE	
FREQUENCY (CYCLE/SEC)	21.239045
NATURAL PERIOD (SEC)	0.047083
MPM (%)	
DX=	0.000000
DY=	15.850438
DZ=	0.000000
RX=	0.000000
RY=	0.000000
RZ=	0.000000
Mode 4	
MAX :	179
MIN :	1
FILE:	SteelEarth-
UNIT:	[cps]
DATE:	06/22/2015
VIEW-DIRECTION	
X:	-0.354
Y:	-0.612
Z:	0.707

Figura 19: Quarto modo di vibrare (Traslazionale in direzione Y).



midas Gen	
POST-PROCESSOR	
VIBRATION MODE	
FREQUENCY (CYCLE/SEC)	21.257765
NATURAL PERIOD (SEC)	0.047042
MPM (%)	
DX=	15.780820
DY=	0.000000
DZ=	0.000000
RX=	0.000000
RY=	0.000000
RZ=	0.000000
Mode 5	
MAX :	172
MIN :	1
FILE:	SteelEarth-
UNIT:	[cps]
DATE:	06/22/2015
VIEW-DIRECTION	
X:	-0.354
Y:	-0.612
Z:	0.707

Figura 20: Quinto modo di vibrare (Traslazionale in direzione X).



midas Gen	
POST-PROCESSOR	
VIBRATION MODE	
FREQUENCY (CYCLE/SEC)	35.200346
NATURAL PERIOD (SEC)	0.028409
MPM (%)	
DX=	0.000331
DY=	0.000000
DZ=	0.000000
RX=	0.000000
RY=	0.000000
RZ=	12.992333
Mode 6	
MAX :	254
MIN :	1
FILE:	SteelEarth-
UNIT:	[cps]
DATE:	06/22/2015
VIEW-DIRECTION	
X:	-0.354
Y:	-0.612
Z:	0.707

Figura 21: Sesto modo di vibrare (Rotazionale in direzione Z).

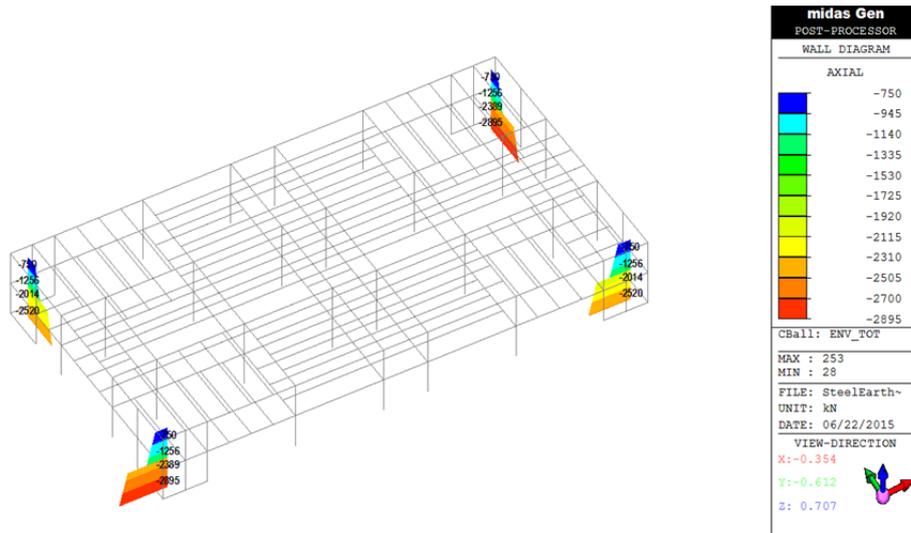


Figura 22: Involuppo dei risultati delle combinazioni SLU (forza assiale nelle pareti in c.a.).

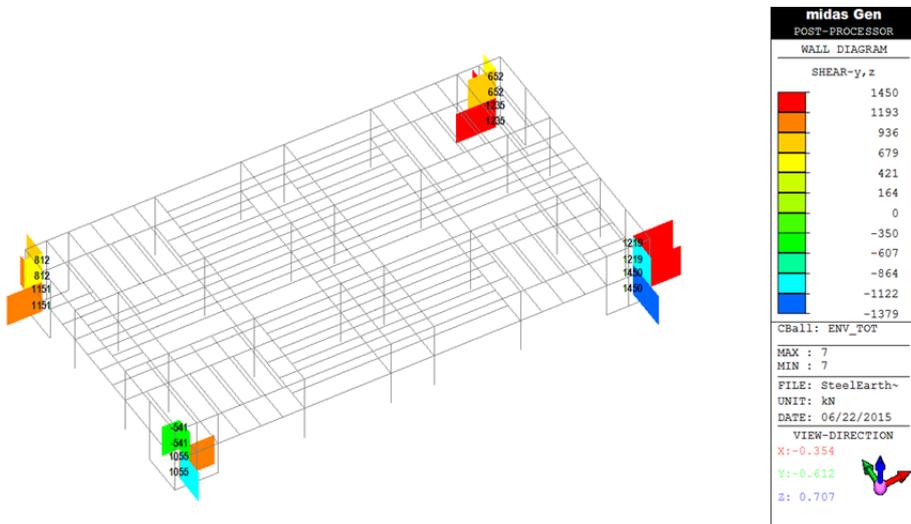


Figura 23: Involuppo dei risultati delle combinazioni SLU (taglio nelle pareti in c.a.).

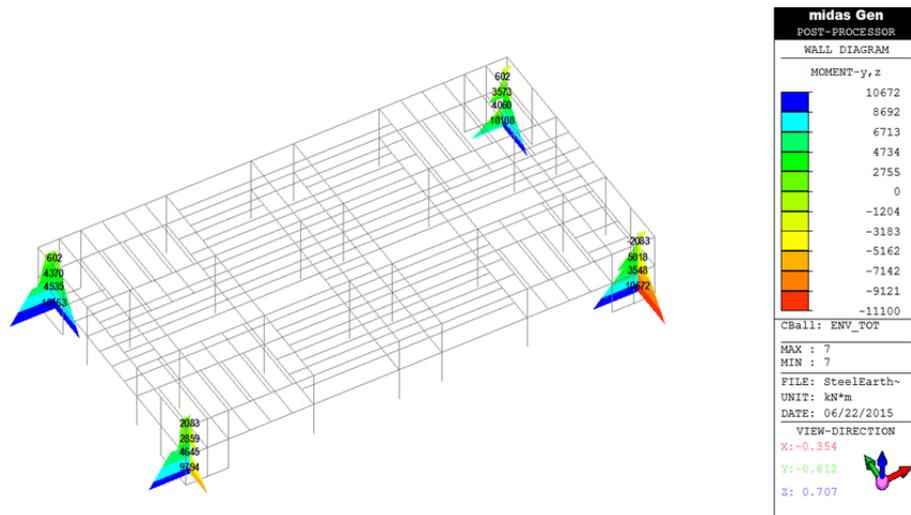


Figura 24: Involuppo dei risultati delle combinazioni SLU (momento flettente nelle pareti in c.a.).

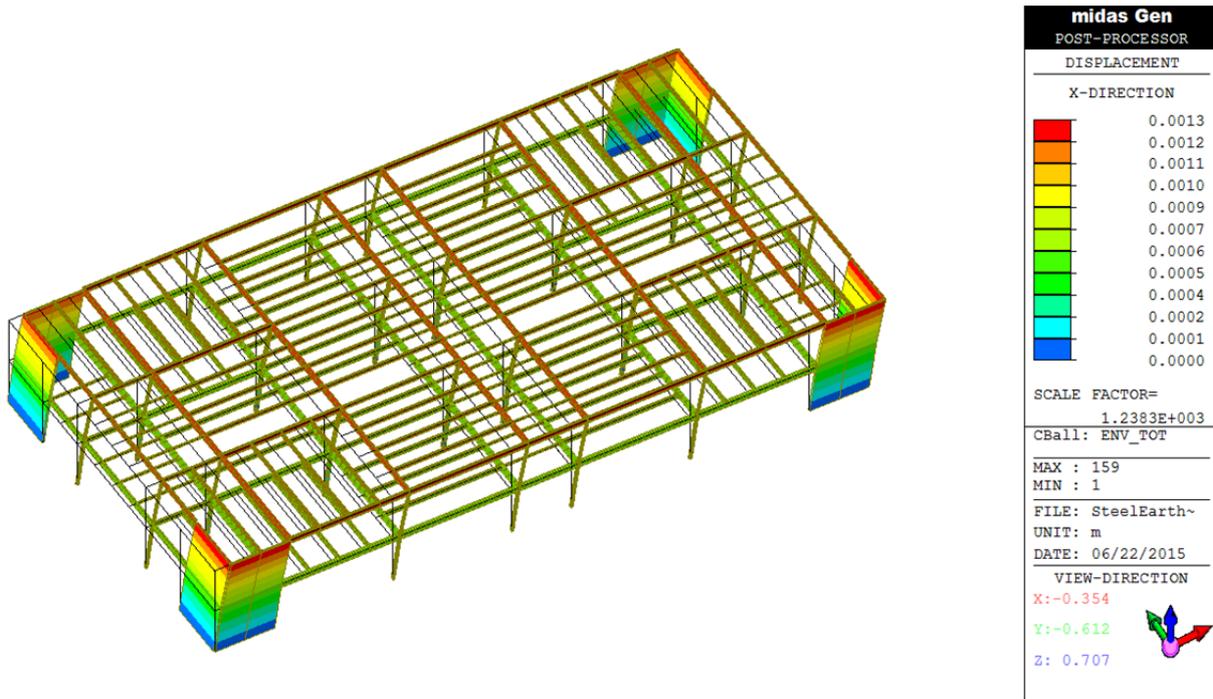


Figura 25: Involuppo dei risultati delle combinazioni SLD (spostamenti in direzione X).

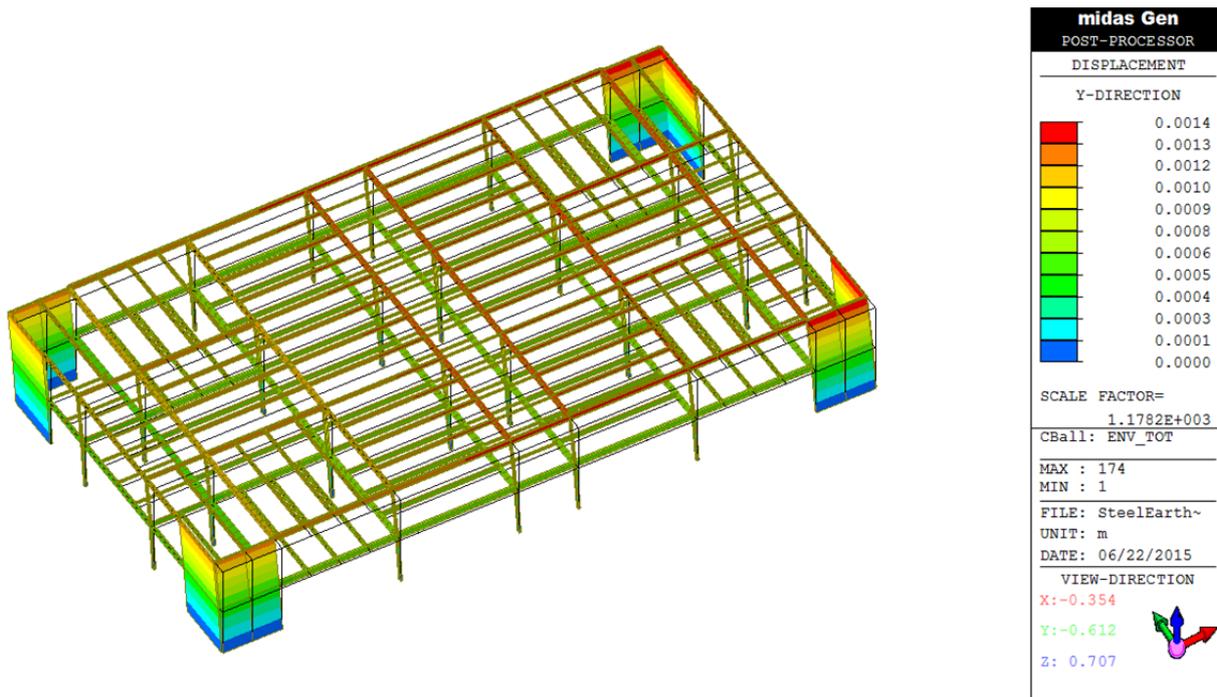


Figura 26: Involuppo dei risultati delle combinazioni SLD (spostamenti in direzione Y).

Qui sono riportati brevemente, secondo i suggerimenti e le disposizioni dell'Eurocodice 2 e dell'Eurocodice 8, tutte le principali verifiche (SLU) dei sistemi di pareti in c.a.

**Proprietà dei materiali:**

calcestruzzo C30/37 ( $R_{ck}=37$  MPa;  $f_{ck}=30$  MPa;  $f_{cd}=15.94$  MPa)

acciaio B450C ( $f_{yk}=450$  MPa;  $f_{tk}=540$  MPa;  $f_{yd}=391$  MPa)

**Proprietà geometriche:**

$s = 0.25$  m (spessore della parete in c.a.)

$B = 6.00$  m (larghezza della parete)

$H = 5.00$  m (altezza della parete d'interpiano)

**Azioni e verifiche (SLU) sul sistema di pareti in c.a.:**

Forza assiale  $\rightarrow N_{Ed} = 2520$  kN (N.B.: compressione la forza assiale di compressione riduce fino al 50% la percentuale delle barre rispetto alla procedura di pre-dimensionamento Precastel, a causa della considerazione di accoppiamento degli effetti orizzontali e verticali sul sistema di pareti in c.a.)

Momento flettente  $\rightarrow M_{Ed} = 11100$  kNm  $\leq M_{Rd} = 12586$  kNm

Forza di taglio  $\rightarrow V_{Ed} = 1.5 \cdot V_b = 1.5 \cdot 1450 = 2175$  kN  $\leq V_{Rd} = \min(V_{Rsd}, V_{Rcd}) = 2523$  kN

Le verifiche di cui sopra allo SLU sono riferite alle barre di rinforzo e alle staffe relative ai seguenti disegni tecnici (vedi Figura 27), con:

$A_{s,bending} = 7+7\varnothing 16$  (zona critica, zona confinata  $l_c = 0.15 \cdot B = 0.90$  m)

$A_{s,shear} = 1\varnothing 10/12.5$ cm

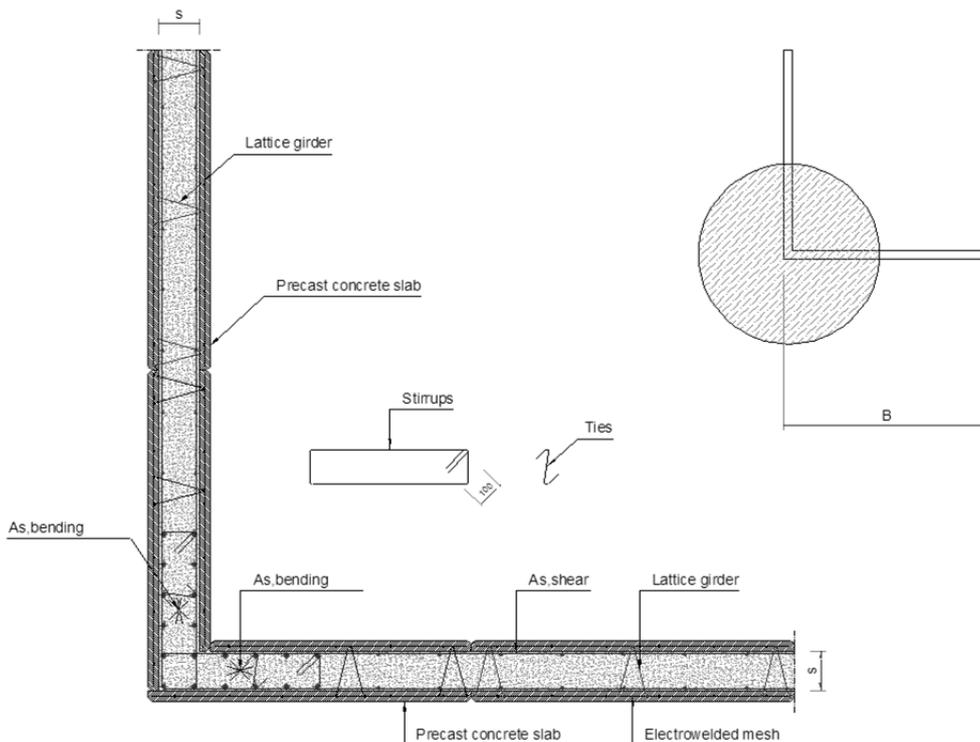


Figura 27: Tipico angolo dettaglio strutturale dell'angolo di un sistema di controventamento con pareti in c.a. e le configurazioni di piano comuni (vista dall'alto).