

European Commission
Research Programme of the Research Fund for Coal and Steel

STEEL-EARTH

Aplicații bazate pe folosirea oțelului în zone seismice

PRECASTEEL

PREFABRICATED STEEL STRUCTURES FOR LOW-RISE BUILDINGS IN SEISMIC AREAS

Clădiri comerciale oțel-beton cu pereți structurali de
beton echipate cu sisteme de disipare a energiei.

EXEMPLE DE CALCUL

FERRIERE NORD SpA CONTRIBUTION

Authori: **dr. Loris Bianco**
ing. Roberta Mallardo
ing. Pietro Filipuzzi

CUPRINS

1. Introducere	2
2. Studiul de caz nr. 1 (pereți disipativi din b.a.)	2
3. Studiul de caz nr. 2 (pereți disipativi din b.a.)	6
4. Studiul de caz nr. 1 (sisteme disipative + pereți elastici din b.a.)	9
5. Studiul de caz nr. 3 (comparație între sistemul de contravântuire cu pereți din b.a. <i>FeNO</i> și sistemul de contravântuire bazat pe oțel <i>UniCAM</i>)	11

1. Introducere

Următoarele paragrafe descriu contribuția Ferriere Nord SpA (Feno) privind cercetările din cadrul proiectului Precasteel din punct de vedere al aplicării procedurii de pre-dimensionare, explicată în detaliu în documentul “STEEL-EARTH project - WP1 - Technical sheet”, pe la studii de caz specifice. În cele ce urmează este redat un rezumat al principalelor caracteristici ale celor două clădiri comerciale selectate, cu principalele rezultate de pre-dimensionare cu privire la pereții prefabricați dubli din b.a. utilizați ca sistem alternativ de rigidizare.

2. Studiul de caz nr. 1 (pereți disipativi din b.a.)

Aceasta este o clădire comercială cu două etaje, având o suprafață de etaj (a se vedea Figura 1) de:

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

Mai întâi de toate, intensitatea încărcărilor utile aplicate structurilor CC este:

$$Q_{k1} = 5 \text{ kN/m}^2 \quad (\text{încărcare utilă standard, pe primul etaj})$$

$$Q_{k2} = 2 \text{ kN/m}^2 \quad (\text{încărcarea utilă de zăpadă, pe al doilea etaj})$$

Nivelul încărcării seismice în amplasament (PGA, accelerația de vârf a terenului) este:

$$a_g = 0.32 \text{ g} \quad (\text{zonă cu risc seismic ridicat})$$

Distribuția forțelor pe etaje, cu referire la numărul de etaje și la natura acțiunilor (seismice), este de tip "C".

Clasa de ductilitate a structurii este "DCH" pentru structuri disipative supuse încărcărilor ciclice generate de un cutremur.

O estimare corectă a factorului de comportare "q" a structurii depinde de clasa de ductilitate și proprietățile geometrice ale peretelui din b.a. (înălțime etaj, lățime, grosime):

$$H = 5.00 \text{ m} \quad (\text{înălțime între etaje})$$

$$B = 6.00 \text{ m} \quad (\text{lățime a peretelui din b.a.})$$

$$s = 0.25 \text{ m} \quad (\text{grosime a peretelui din b.a.})$$

apoi, conform prescripțiilor din *Eurocodul 8*, factorul de comportare este presupus:

$$q = 3.56 \quad (\text{factor de comportare})$$

Rafinând domeniul de aplicare al bazei de date al încărcărilor de forfecare orizontale (cutremur, vânt) la fiecare 250 de kN, cea mai bună potrivire a unui sistem disipativ de perete b.a. este obținută pentru:

$$V_b = 1250 \text{ kN} \quad (\text{forță de tăiere la bază pentru un singur perete din b.a.})$$

care este atribuită unei arii de influență (aferente) a peretelui de:

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

Nu în ultimul rând, numărul de pereți disipativi din b.a. pentru fiecare etaj și direcție (X, Y) este:

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

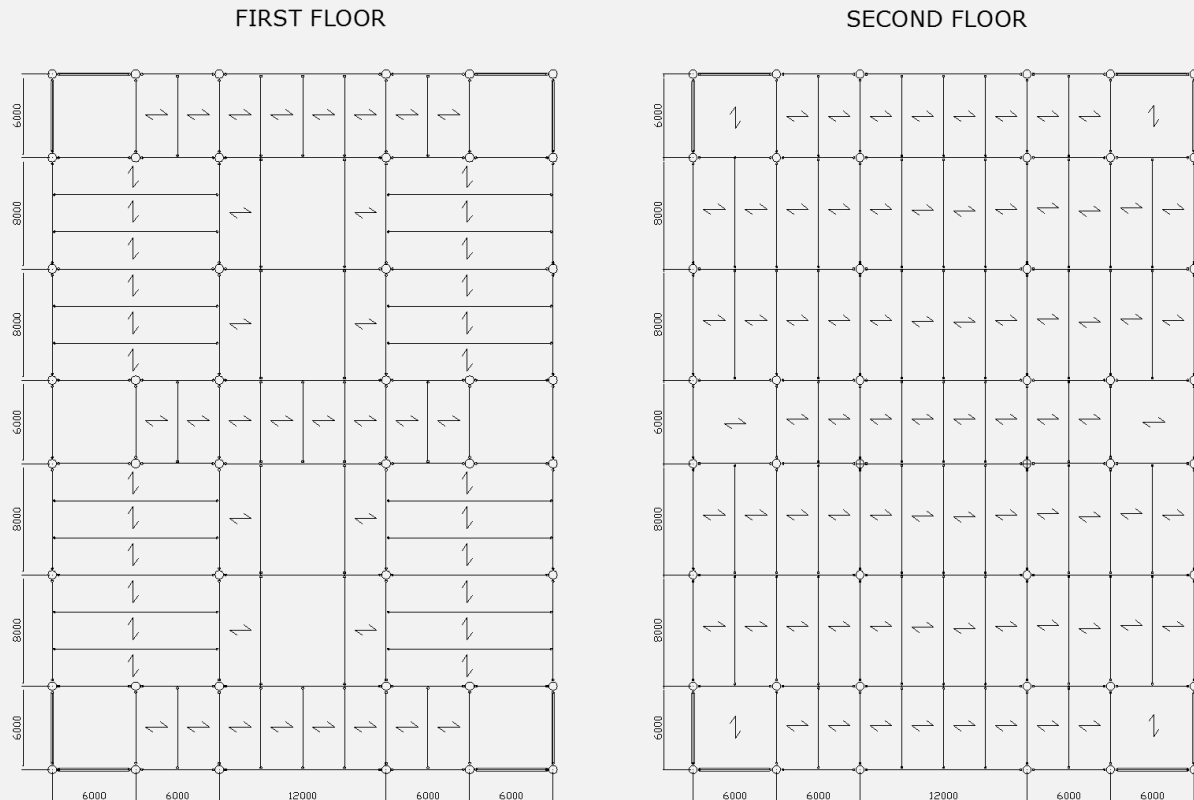


Figura 1: Studiul de caz nr. 1 (pereți disipativi din b.a.).

Aici sunt raportate pe scurt, în conformitate cu Eurocodul 2 și Eurocodul 8, sugestii și dispoziții, toate detaliile de proiectare structurală și verificările (SLU) privind sistemele de pereți din b.a.

Caracteristici de material:

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

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

Caracteristici geometrice:

$s = 0.25$ m (grosime a peretelui de rezistență din b.a.)

$B = 6.00$ m (lățime a zidului)

$H = 5.00$ m (înălțime între etaje a pereților)

Acțiuni și verificări (SLU) pe sistemul de perete din b.a.:

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

Forță tăietoare $\rightarrow V_{Ed} = 1.5 \cdot V_b = 1875$ kN $\leq V_{Rd} = \min(V_{Rsd}, V_{Rcd}) = 1889$ kN

Verificările la SLU de mai sus duc la detaliile de armatură și etrieri, legate de următoarele desene tehnice (a se vedea Figura 2), cu:

$A_{s, \text{încovoiere}} = 11+11\varnothing 14$ (zonă critică, zonă confinată $l_c = 0.15 \cdot B = 0.90$ m)

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

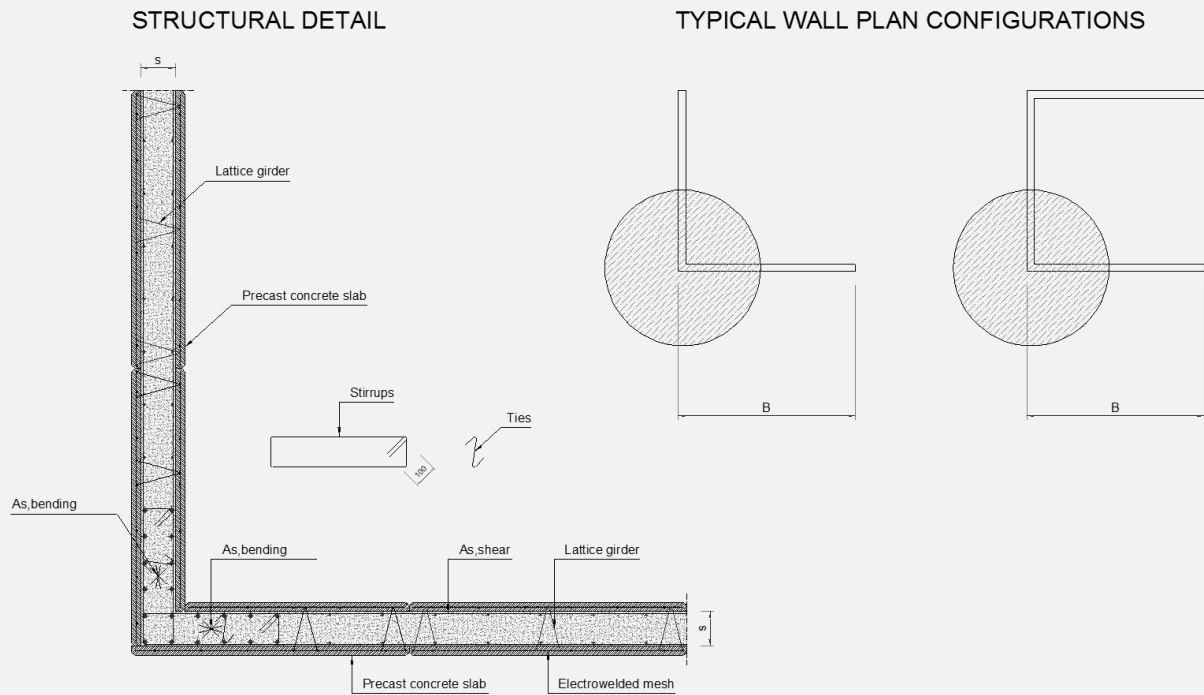


Figura 2: Detaliu structural tipic de colț pentru sistem de pereți din b.a. pentru contravântuire și dispunere în plan tipică (vedere de sus).

De asemenea, imaginile de mai jos descriu detalii structurale tipice pentru sistemul de perete de forfecare din b.a., cum ar fi:

- Detaliu structural pentru îmbinarea dintre peretele din b.a. și planșeul din b.a. prefabricat (a se vedea Figura 3);
- Detaliu structural pentru îmbinarea dintre peretele din b.a. și fundație (a se vedea Figura 4).

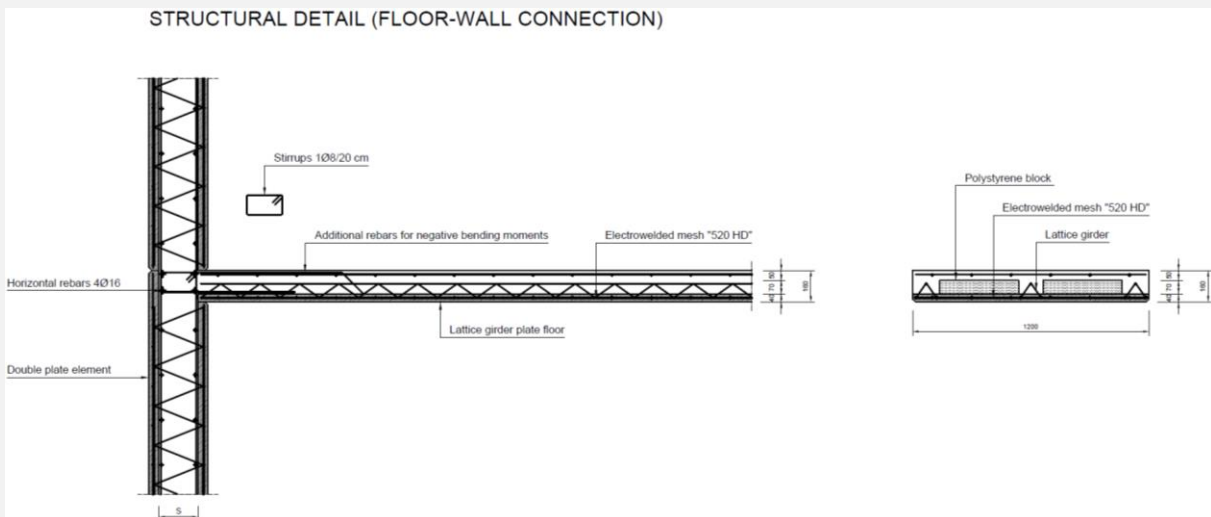


Figura 3: Detaliu structural tipic pentru îmbinarea dintre peretele din b.a. și planșeul din b.a. prefabricat (secțiune verticală).

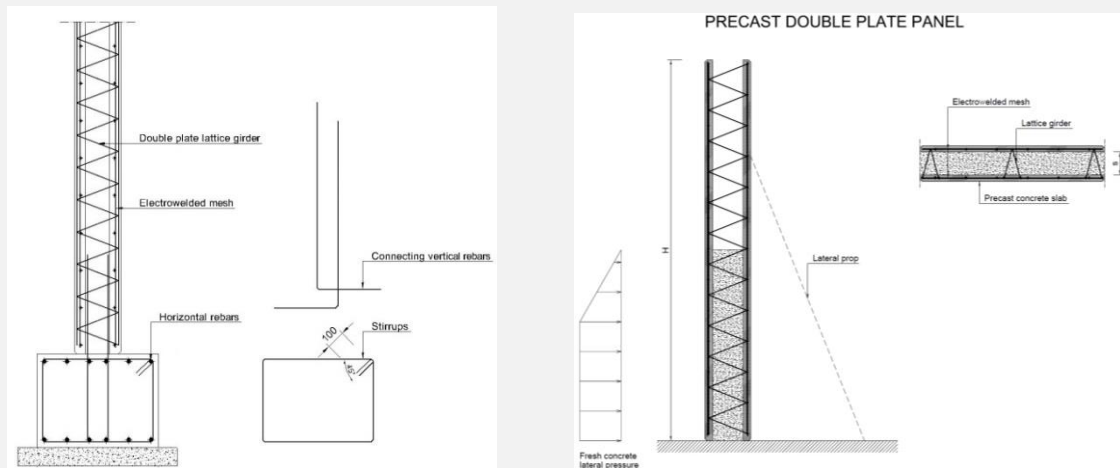


Figura 4: Detaliu structural tipic pentru îmbinarea dintre peretele din b.a. și fundație (secțiune verticală).

Referitor la detaliile structurale ale legăturilor dintre structura principală de oțel (grinzi, stâlpi) și pereții din b.a., există două modalități posibile de detaliere:

Îmbinare de decuplare a încărcărilor orizontale și verticale

În acest caz, avem nevoie de o grindă auxiliară suplimentară, care transferă încărcările gravitaționale spre stâlpi principali din oțel, astfel încât să se poate conecta sistemul de contravântuire din b.a. de cadrul de oțel pentru decuplarea încărcărilor verticale și orizontale (a se vedea Figura 5).

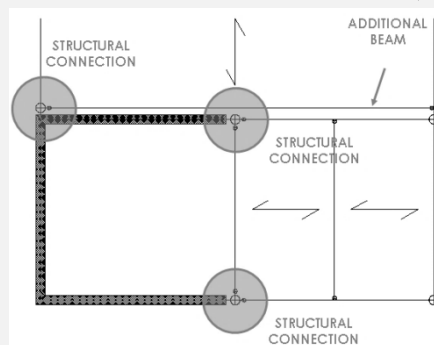


Figura 5: Îmbinare tipică între structura din oțel și pereții din b.a., decuplând încărcările verticale și orizontale (vedere de sus).

Îmbinare pentru încărcări orizontale și verticale

În acest caz, nu avem nevoie de o grindă auxiliară suplimentară și putem conecta direct sistemul nostru de contravântuire din b.a. de cadrul de oțel; atunci, este posibil ca pereții să sprijine chiar și încărcări verticale fără a compromite comportamentul lor seismic (vezi Figura 6).

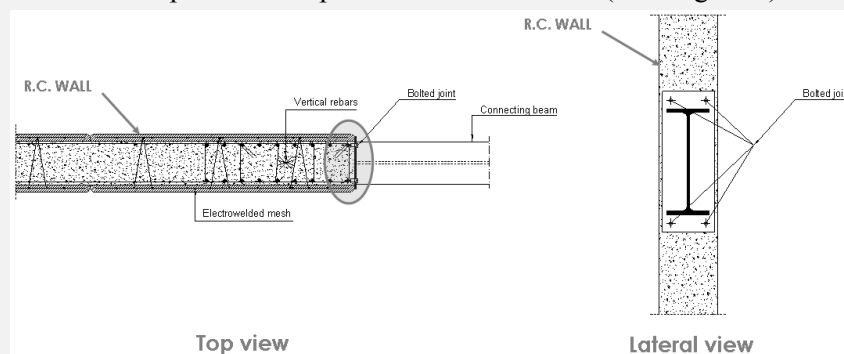


Figura 6: Îmbinare tipică între structura din oțel și pereții din b.a. pentru încărcările verticale și orizontale.

Îmbinările dintre structura metalică (grinzi, stâlpi) și pereții din b.a. ca sisteme de contravântuire ar putea fi realizate într-un mod simplu cu ajutorul ancorelor chimice sau mecanice, după punerea în operă a structurii din b.a. Un alt mod de a realiza acest tip de îmbinări este legătura clasică cu șuruburi, confecționată și inclusă în cofraj înainte de turnarea betonului. În cazul în care structura principală este izolată prin dispozitive disipative, la fiecare etaj există îmbinări de oțel specifice pentru a preveni ciocnirea între sistemele de perete și structurile de planșeu.

3. Studiul de caz nr. 2 (pereți disipativi din b.a.)

Aceasta este o clădire comercială cu două etaje, cu o suprafață la fiecare etaj (vezi Figura 7) de:

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

Mai întâi de toate, intensitatea încărcărilor utile aplicate structurilor CC este:

$$Q_{k1} = 5 \text{ kN/m}^2 \quad (\text{încărcare utilă standard, pe primul etaj})$$

$$Q_{k2} = 2 \text{ kN/m}^2 \quad (\text{încărcarea utilă de zăpadă, pe al doilea etaj})$$

Nivelul încărcării seismice în amplasament (PGA, accelerația de vârf a terenului) este:

$$a_g = 0.32 \text{ g} \quad (\text{zonă cu risc seismic ridicat})$$

Distribuția forțelor pe etaje, cu referire la numărul de etaje și la natura acțiunilor (seismice), este de tip "C".

Clasa de ductilitate a structurii este "DCH" pentru structuri disipative supuse încărcărilor ciclice generate de un cutremur.

O estimare corectă a factorului de comportare "q" a structurii depinde de clasa de ductilitate și proprietățile geometrice ale peretelui din b.a. (înălțime etaj, lățime, grosime):

$$H = 5.00 \text{ m} \quad (\text{înălțime între etaje})$$

$$B = 6.00 \text{ m} \quad (\text{lățime a peretelui din b.a.})$$

$$s = 0.25 \text{ m} \quad (\text{grosime a peretelui din b.a.})$$

apoi, conform prescripțiilor din *Eurocodul 8*, factorul de comportare este presupus:

$$q = 3.56 \quad (\text{factor de comportare})$$

Rafinând domeniul de aplicare al bazei de date al încărcărilor de forfecare orizontale (cutremur, vânt) la fiecare 250 de kN, cea mai bună potrivire a unui sistem disipativ de perete b.a. este obținută pentru:

$$V_b = 1750 \text{ kN} \quad (\text{forță de tăiere la bază pentru un singur perete din b.a.})$$

care este atribuită unei arii de influență a peretelui de:

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

Nu în ultimul rând, numărul de pereți disipativi din b.a. pentru fiecare etaj și direcție (X, Y) este:

$$N_{\text{perete}} = A_{CBs} / A_{\text{wall}} = 2376 / 618 \approx 4$$

Aici sunt raportate pe scurt, în conformitate cu Eurocodul 2 și Eurocodul 8, sugestii și dispoziții, toate detaliile de proiectare structurală și verificările (SLU) privind sistemele de pereti din b.a.

Caracteristici de material:

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

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

Caracteristici geometrice:

$s = 0.25 \text{ m}$ (grosime a peretelui de rezistență din b.a.)

$B = 6.00 \text{ m}$ (lățime a zidului)

$H = 5.00 \text{ m}$ (înălțime între etaje a pereților)

Acțiuni și verificări (SLU) pe sistemul de perete din b.a.:

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

Forță de tăiere $\rightarrow V_{Ed} = 1.5 \cdot V_b = 2625 \text{ kN} \leq V_{Rd} = \min(V_{Rsd}, V_{Rcd}) = 2699 \text{ kN}$

Verificările la SLU de mai sus duc la detaliile de armatură și etrieri, legate de următoarele desene tehnice (a se vedea Figura 2), cu:

$A_{s, \text{încovoiere}} = 12 + 12\text{Ø}20$ (zonă critică, zonă confinată $l_c = 0.15 \cdot B = 0.90 \text{ m}$)

$A_{s, \text{tăiere}} = 1\text{Ø}10/10\text{cm}$

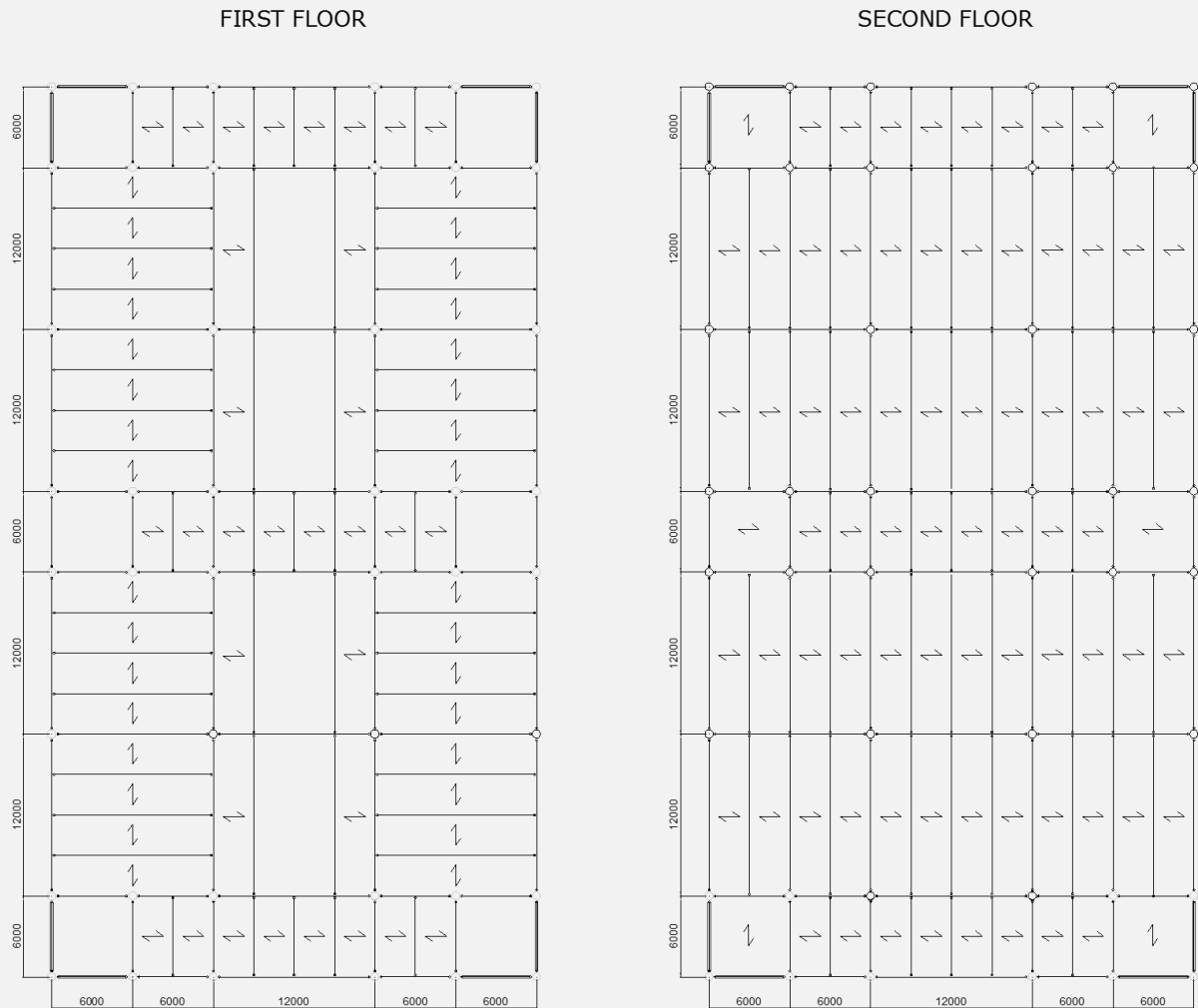


Figura 7: Studiul de caz nr. 2 (pereți disipativi din b.a.).

4. Studiul de caz nr. 1 (sisteme disipative + pereți elastici din b.a.)

În acest paragraf, se examinează studiul de caz nr 1 având în vedere că pereți din b.a. trebuie să mențină un răspuns elastic la acțiuni ciclice orizontale (seismice) și cea mai mare parte a energiei datorate cutremurului trebuie să fie disipată prin intermediul dispozitive HDR specifice (a se vedea Figura 8).

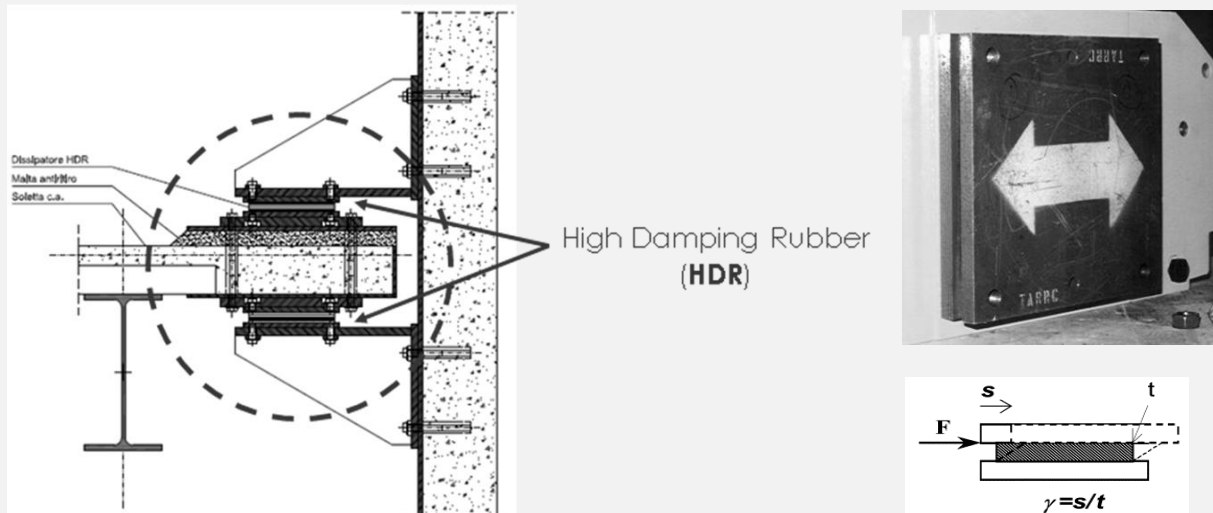


Figura 8: Dissipative device connected to the r.c. wall (High Damping Rubber).

Aceasta este o clădire comercială cu două etaje, care acoperă o suprafață de fiecare etaj (a se vedea Figura 1) de:

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

Mai întâi de toate, intensitatea încărcărilor utile aplicate structurilor CC este:

$$Q_{k1} = 5 \text{ kN/m}^2 \quad (\text{încărcare utilă standard, pe primul etaj})$$

$$Q_{k2} = 2 \text{ kN/m}^2 \quad (\text{încărcarea utilă de zăpadă, pe al doilea etaj})$$

Nivelul încărcării seismice în amplasament (PGA, accelerația de vârf a terenului) este:

$$a_g = 0.32 \text{ g} \quad (\text{zonă cu risc seismic ridicat})$$

Distribuția forțelor pe etaje, cu referire la numărul de etaje și la natura acțiunilor (seismice), este de tip "C".

Clasa de ductilitate a structurii este "DCL" pentru structuri non-disipative supuse încărcărilor ciclice generate de un cutremur.

O estimare corectă a factorului de comportare "q" a structurii depinde de clasa de ductilitate și proprietățile geometrice ale peretelui din b.a. (înălțime etaj, lățime, grosime):

$$H = 5.00 \text{ m} \quad (\text{înălțime între etaje})$$

$$B = 4.50 \text{ m} \quad (\text{lățime a peretelui din b.a.})$$

$$s = 0.25 \text{ m} \quad (\text{grosime a peretelui din b.a.})$$

Factorul de comportare în acest caz este:

$$q = 1.00 \quad (\text{factor de comportare, structură elastică})$$

Forțele orizontale de la baza fiecărui etaj și pentru ambele direcții (X, Y) sunt:

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

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

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

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

În cazul peretelui din b.a. pe direcția Y (mai încărcat decât pe direcția X), sunt raportate pe scurt, în conformitate cu Eurocodul 2 și Eurocodul 8, sugestii și dispoziții, toate detaliile de proiectare structurală și verificările (SLU) privind sistemele de pereti din b.a.

Caracteristici de material:

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

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

Caracteristici geometrice:

$s = 0.25$ m (grosime a peretelui de rezistență din b.a.)

$B = 4.50$ m (lățime a zidului)

$H = 5.00$ m (înălțime între etaje a pereților)

Acțiuni și verificări (SLU) pe sistemul de perete din b.a.:

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

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

Verificările la SLU de mai sus duc la detaliile de armatură și etrieri, legate de următoarele desene tehnice (a se vedea Figura 9), cu:

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

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

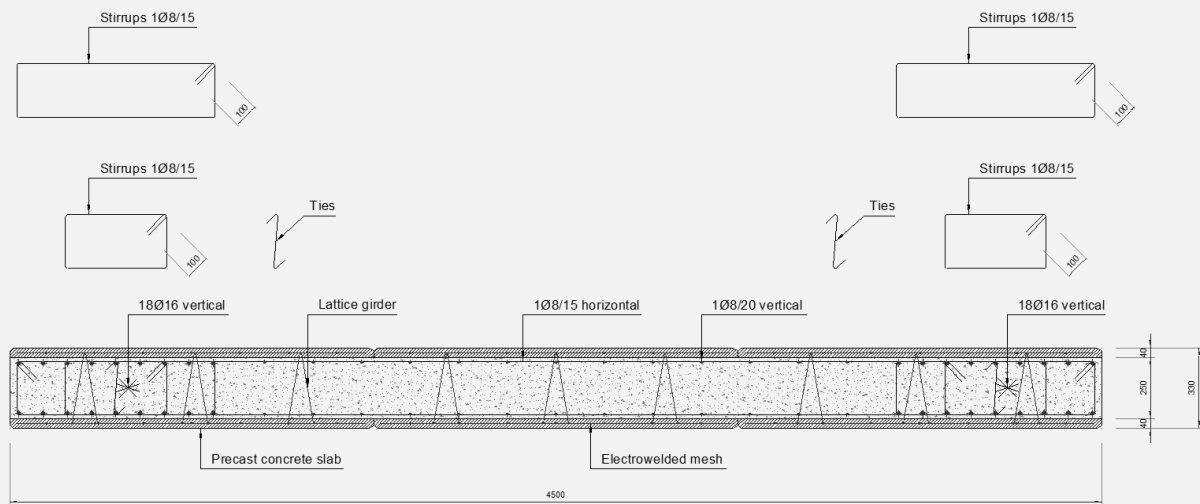


Figura 9: Desene tehnice pentru perete din b.a. (studiul de caz nr.1, sisteme disipative cuplate cu pereți din b.a.).

5. Case study n°3 (comparison between *FeNO* r.c. wall bracing system and *UniCAM* steel bracing system)

Aceasta este o clădire comercială cu două etaje, de asemenea analizată de UniCAM ca model de lucru pentru sistemele de contravântuire din oțel excentrice, care acoperă o suprafață de fiecare etaj de:

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

Mai întâi de toate, intensitatea încărcărilor utile aplicate structurilor CC este:

$$Q_{k1} = 5 \text{ kN/m}^2 \quad (\text{încărcare utilă standard, pe primul etaj})$$

$$Q_{k2} = 2 \text{ kN/m}^2 \quad (\text{încărcarea utilă de zăpadă, pe al doilea etaj})$$

Nivelul încărcării seismic în amplasament (PGA, accelerația de vârf a terenului) este:

$$a_g = 0.193 \text{ g} \quad (\text{seismicitatea zonei Camerino, Italia})$$

Distribuția forțelor pe etaje, cu referire la numărul de etaje și la natura acțiunilor (seismice), este de tip "C".

Clasa de ductilitate a structurii este "DCM" pentru structuri disipative supuse încărcărilor ciclice generate de un cutremur.

O estimare corectă a factorului de comportare "q" a structurii depinde de clasa de ductilitate și proprietățile geometrice ale peretelui din b.a. (înălțime etaj, lățime, grosime):

$$H = 5.00 \text{ m} \quad (\text{înălțime între etaje})$$

$$B = 6.00 \text{ m} \quad (\text{lățime a peretelui din b.a.})$$

$$s = 0.25 \text{ m} \quad (\text{grosime a peretelui din b.a.})$$

apoi, conform prescripțiilor din *Eurocodul 8*, factorul de comportare este presupus:

$$q = 2.67 \quad (\text{factor de comportare})$$

Rafinând domeniul de aplicare al bazei de date al încărcărilor de forfecare orizontale (cutremur, vânt) la fiecare 250 de kN, cea mai bună potrivire a unui sistem disipativ de perete b.a. este obținută pentru:

$$V_b = 1300 \text{ kN} \quad (\text{forță de tăiere la bază pentru un singur perete din b.a.})$$

care este atribuită unei arii de influență (aferente) a peretelui de:

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

Nu în ultimul rând, numărul de pereți disipativi din b.a. pentru fiecare etaj și direcție (X, Y) este:

$$N_{\text{perete}} = A_{CC} / A_{\text{perete}} = 2376 / 606 \approx 4$$

care este același număr ca soluția UNICAM pentru această structură de clădire comercială, deși în acest caz, se poate reduce cu până la 50% extinderea soluției de contravântuire din oțel (lățime $B = 12,00 \text{ m}$, pentru exemplul de calcul UNICAM), cu o economie remarcabilă privind costul total.

În cele ce urmează este prezentat pe scurt modelul cu element finit implementat în același mod ca și exemplul de lucru UNICAM (exceptând sistemul de contravântuire cu pereti din b.a. în loc sistemul de contravântuire din otel), având în vedere aceeași geometrie, condiții rezemare, ipoteze de încărcare și combinații de încărcări. Este interesant de observat că procedura Precasteel de pre-dimensionare este încredere, și acest model structural detaliat este capabil de a valida procedura menționată; de fapt, eroare de estimarea în urma procedurii de pre-dimensionare Precasteel nu ajunge la 15%, valoare care include toate simplificările în termeni de ipoteze structurale (de exemplu, în cazul acțiunilor seismice: considerând reprezentativ numai primul mod vibrație, influența efectelor accidentale de excentricitate, combinație de efecte de încărcare ortogonale, etc.). Este important, de asemenea, de subliniat un alt avantaj structural semnificativ care apare pentru soluțiile cu sisteme de contravântuire cu pereti din b.a. față de sistemele de contravântuire pe bază de oțel: toate cele șase moduri de vibrație (a se vedea Figura 16 ÷ Figura 21) sunt absolut regulate în ceea ce privește componentele de participare la masa seismică, în loc de moduri de vibrații mai neregulate și combinate care rezultă dintr-o soluție pe bază de contravântuiri de oțel.

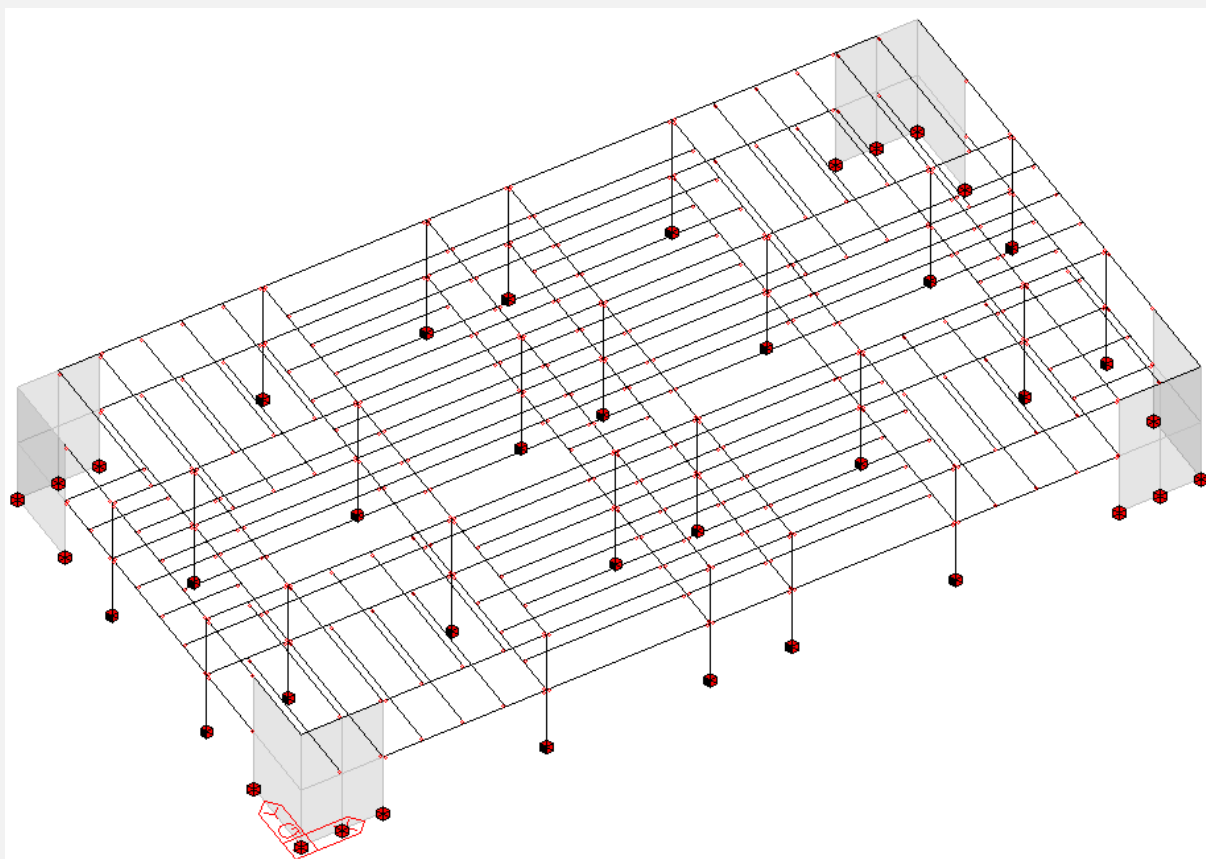


Figura 10: Studiul de caz nr. 3 (sistemul de pereți din b.a FeNO pentru contravântuirea unei clădiri comerciale cu două etaje).

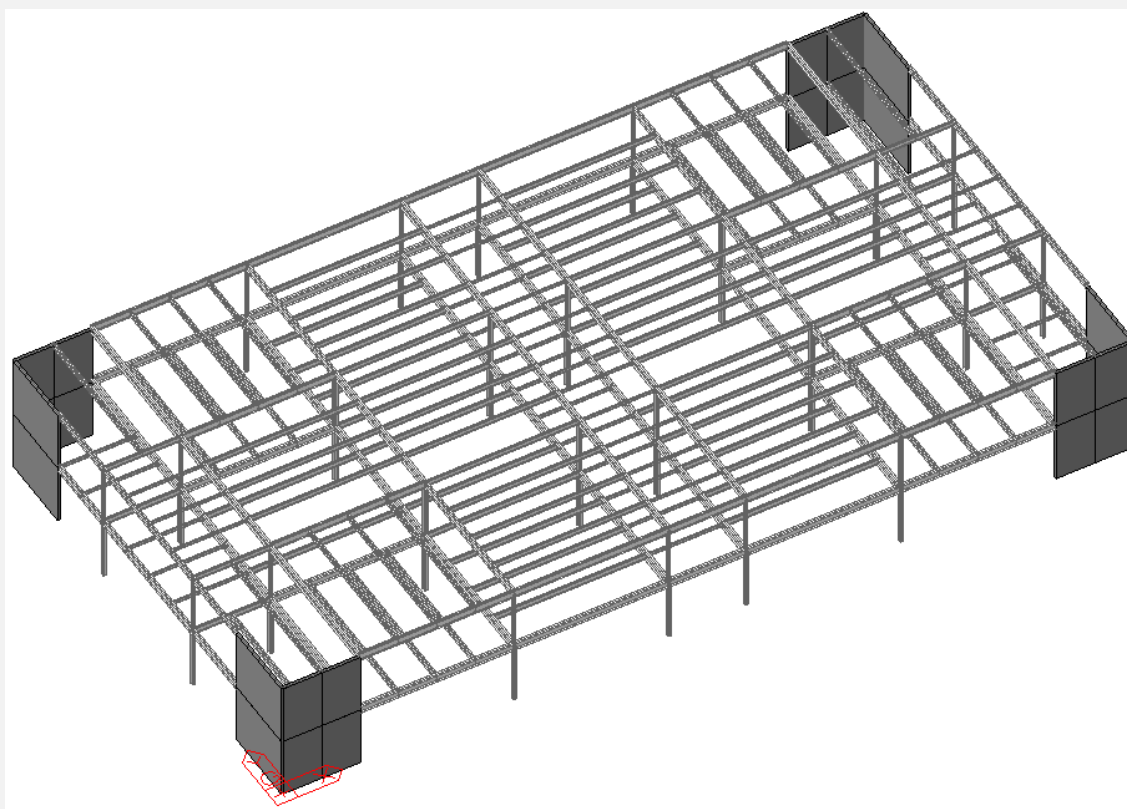


Figura 11: Studiul de caz nr. 3 (sistemul de pereți din b.a FeNO pentru contravântuirea unei clădiri comerciale cu două etaje).

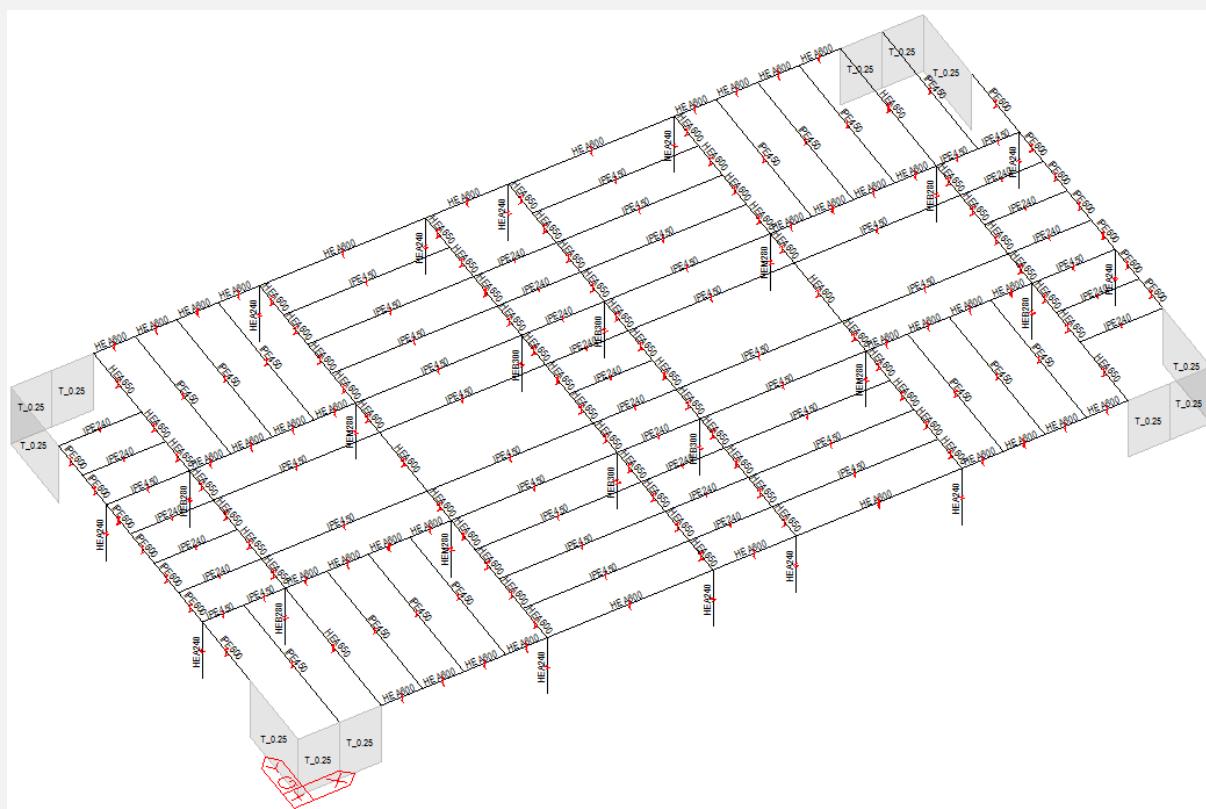


Figura 12: Studiul de caz nr. 3 (sistemul de pereți din b.a tip contravântuire FeNO - Parter).

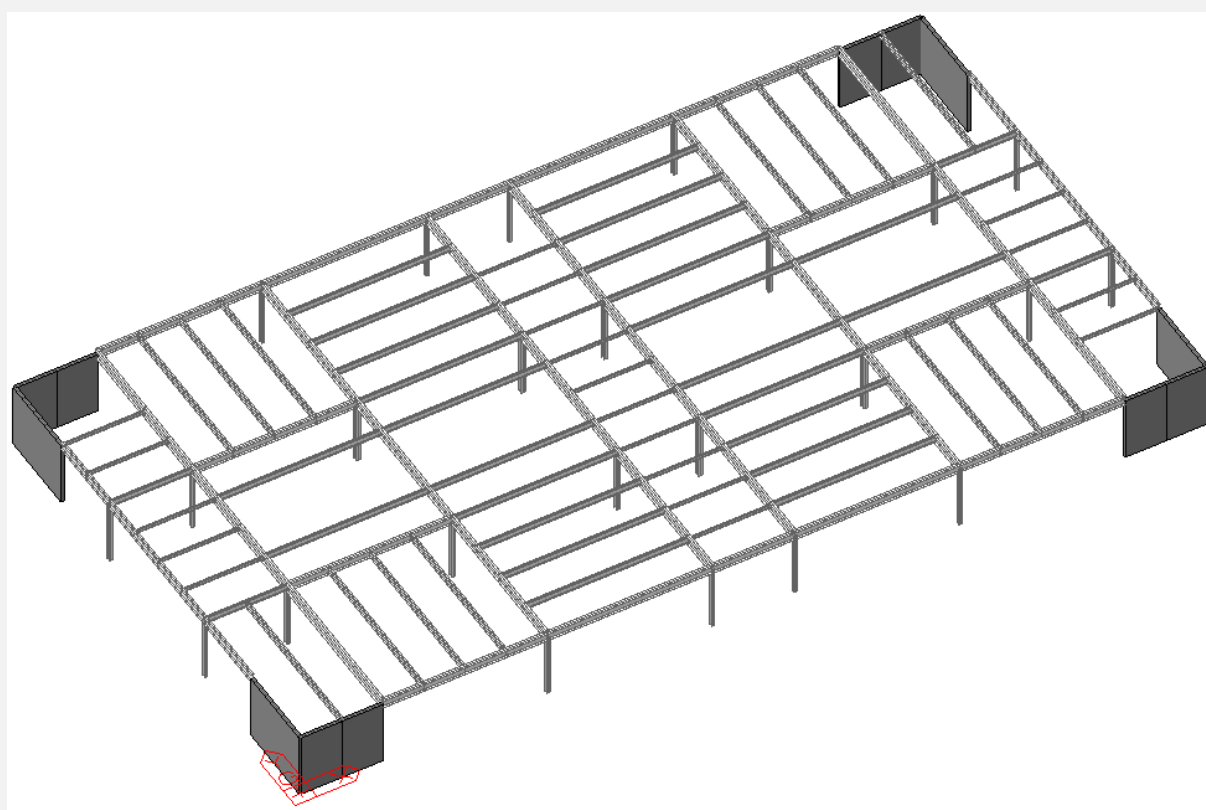


Figura 13: Studiul de caz nr. 3 (sistemul de pereți din b.a tip contravântuire FeNO - Parter).

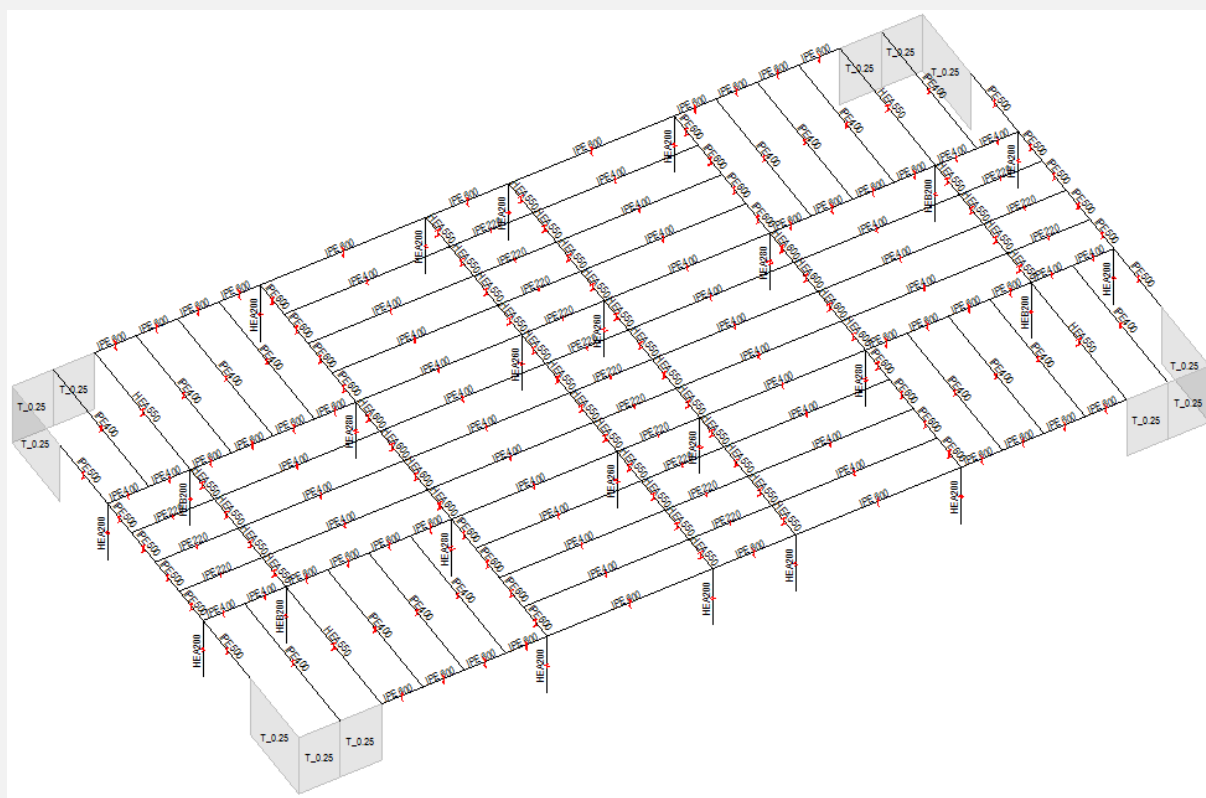


Figure 14: Studiul de caz nr. 3 (sistemul de pereți din b.a tip contravântuire FeNO – Primul etaj).

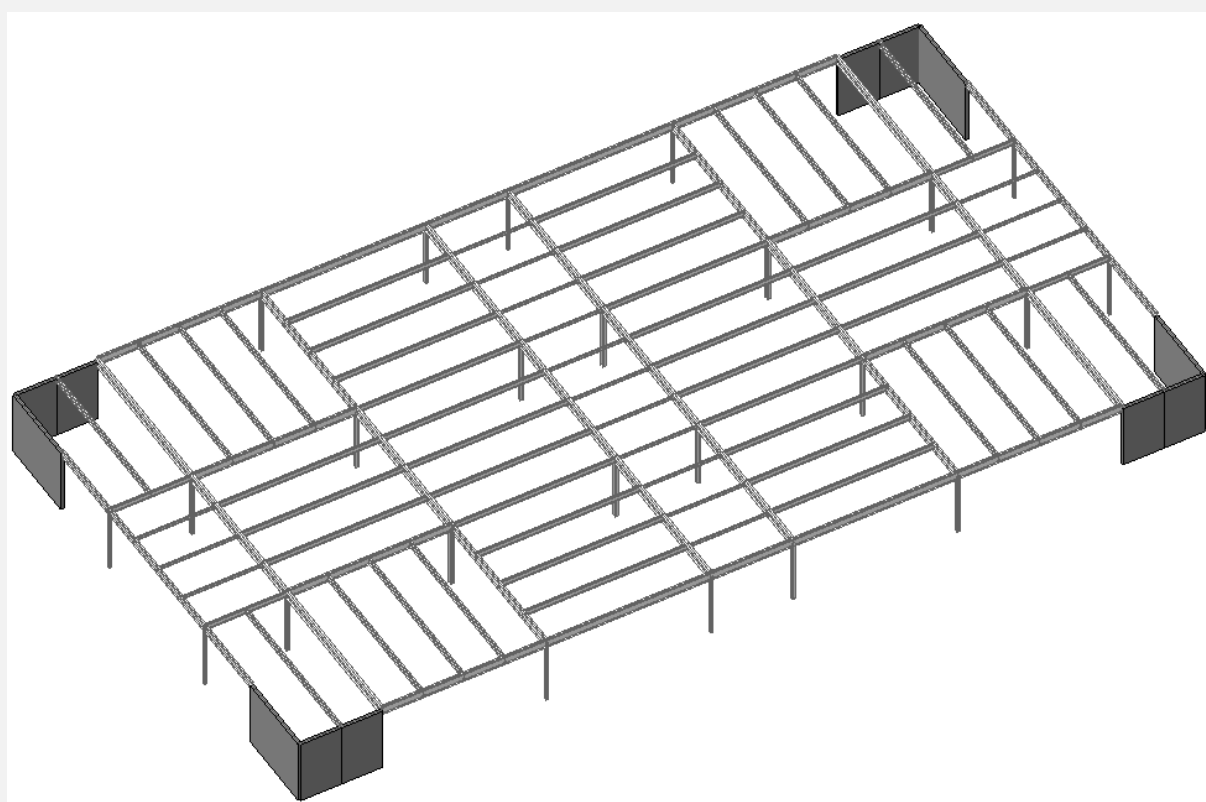


Figura 15: Studiul de caz nr. 3 (sistemul de pereți din b.a tip contravântuire FeNO – Primul etaj).

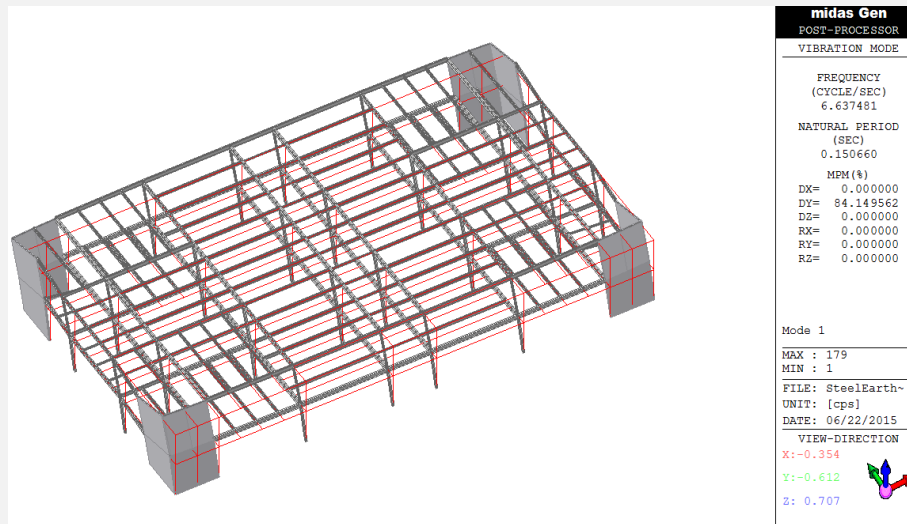


Figura 16: Primul mod de vibrație (translatare pe direcția Y).

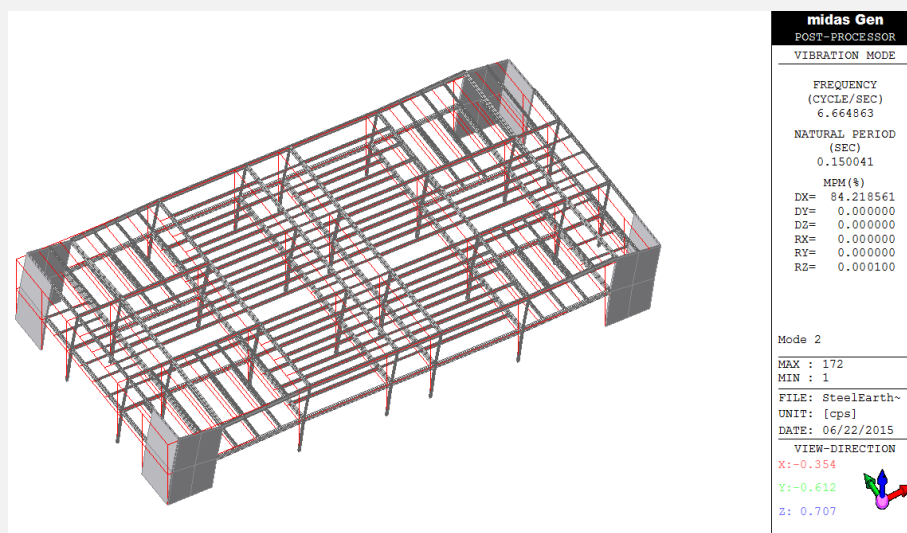


Figura 17: Al doilea mod de vibrație (translatare pe direcția X).

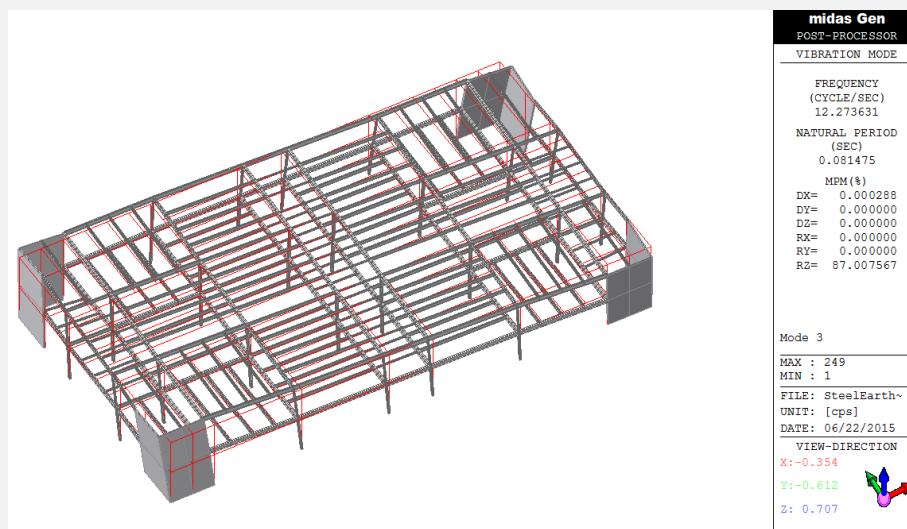


Figure 18: Al treilea mod de vibrație (rotație pe direcția Z).

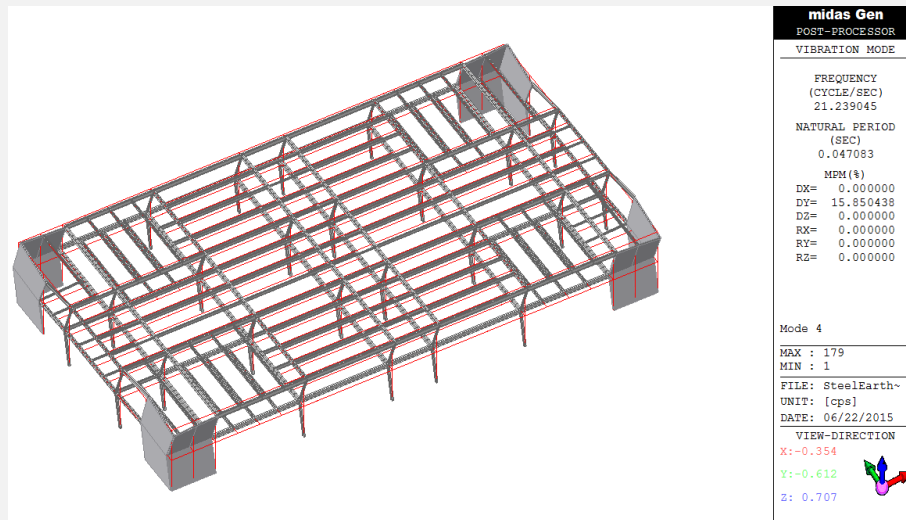


Figura 19: Al patrulea mod de vibrație (translatare pe direcția Y).

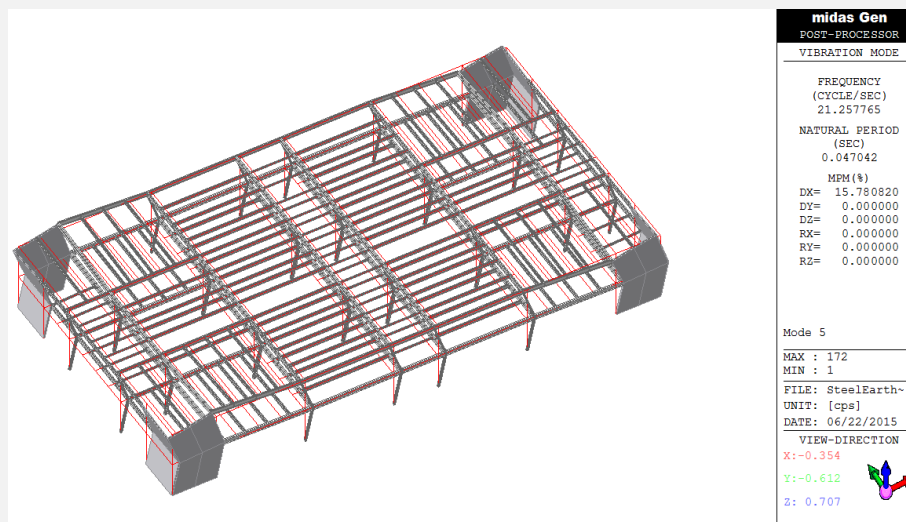


Figura 20: Al cincilea mod de vibrație (translatare pe direcția X).

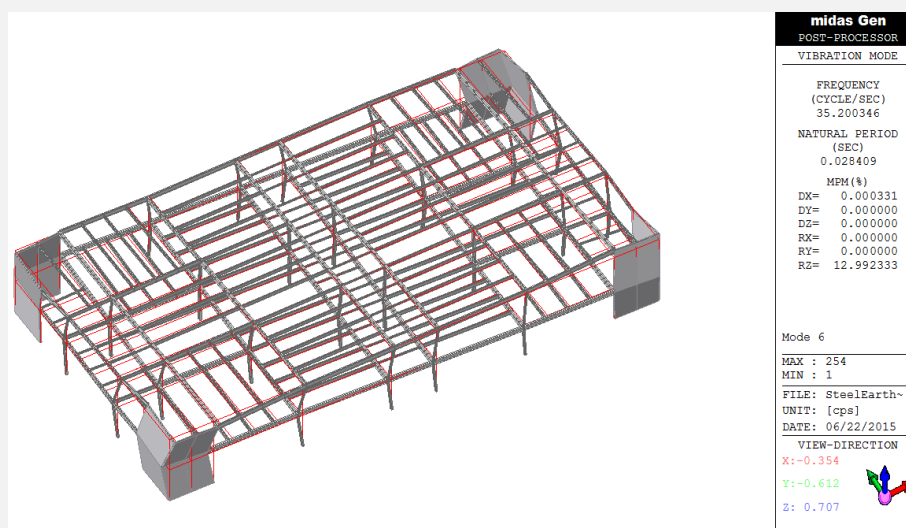


Figura 21 Al șaselea mod de vibrație (rotație pe direcția Z).

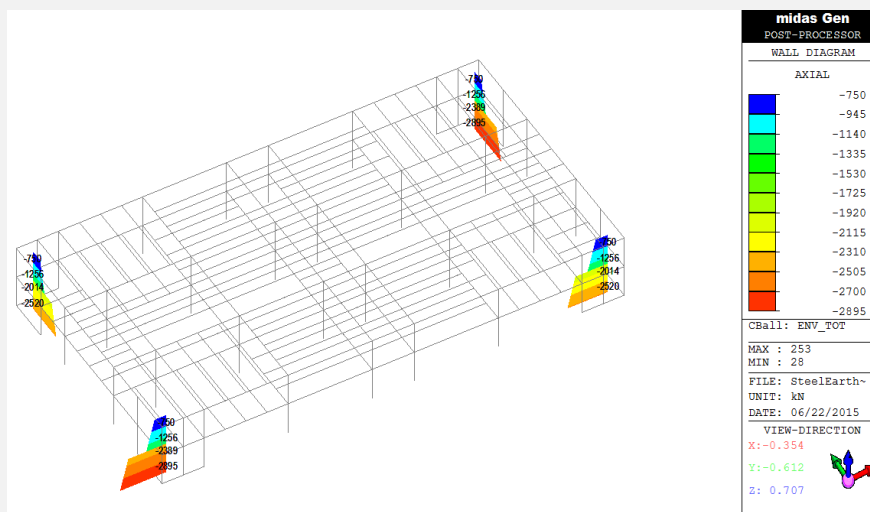


Figura 22: Rezultatele pentru combinația SLU de încărcări din învelitoare (forțele axiale pe sistemul din pereți de b.a. de contravântuire).

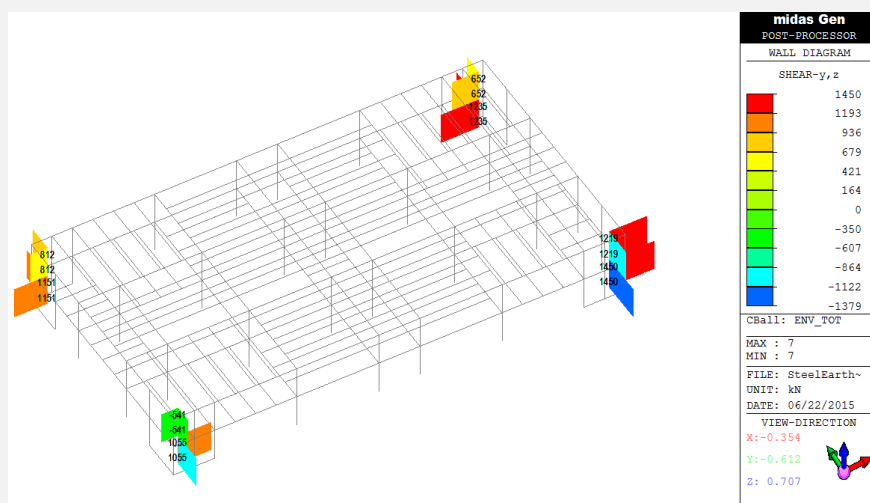


Figura 23: Rezultatele pentru combinația SLU de încărcări din învelitoare (forțele de tăiere pe sistemul din pereți de b.a. de contravântuire).

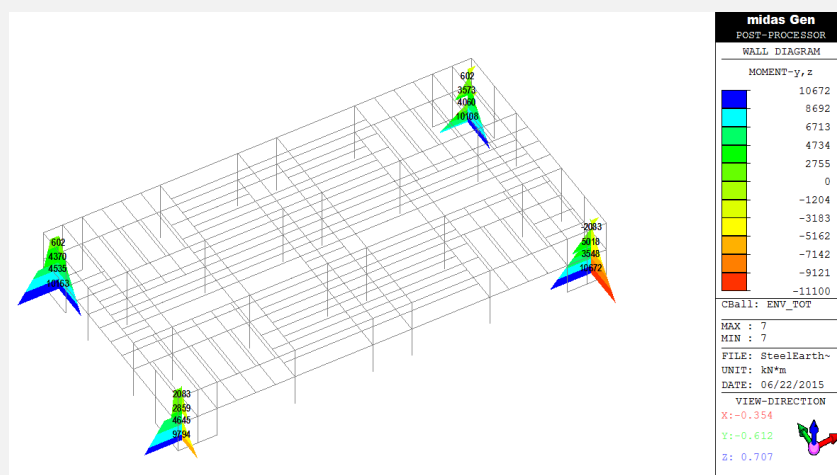


Figura 24: Rezultatele pentru combinația SLU de încărcări din învelitoare (momentele de încovoiere pe sistemul din pereți de b.a. de contravântuire).

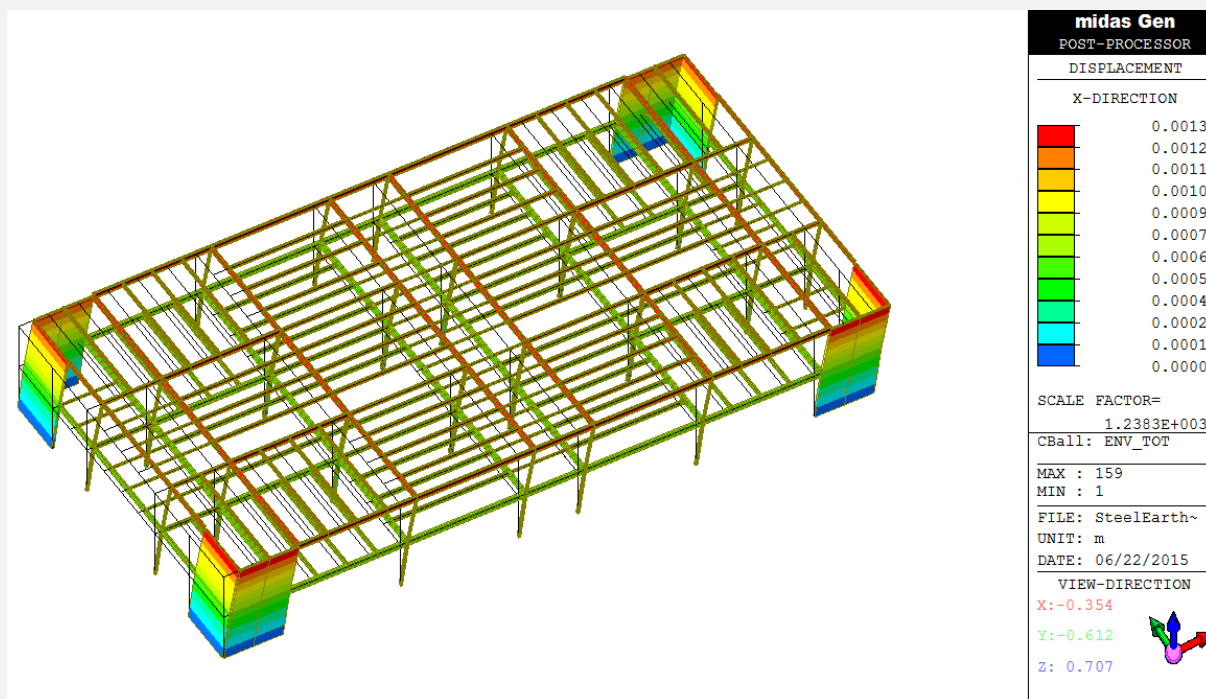


Figura 25: Rezultatele pentru combinația SLU de încărcări din învelitoare (Deplasarea pe direcția X).

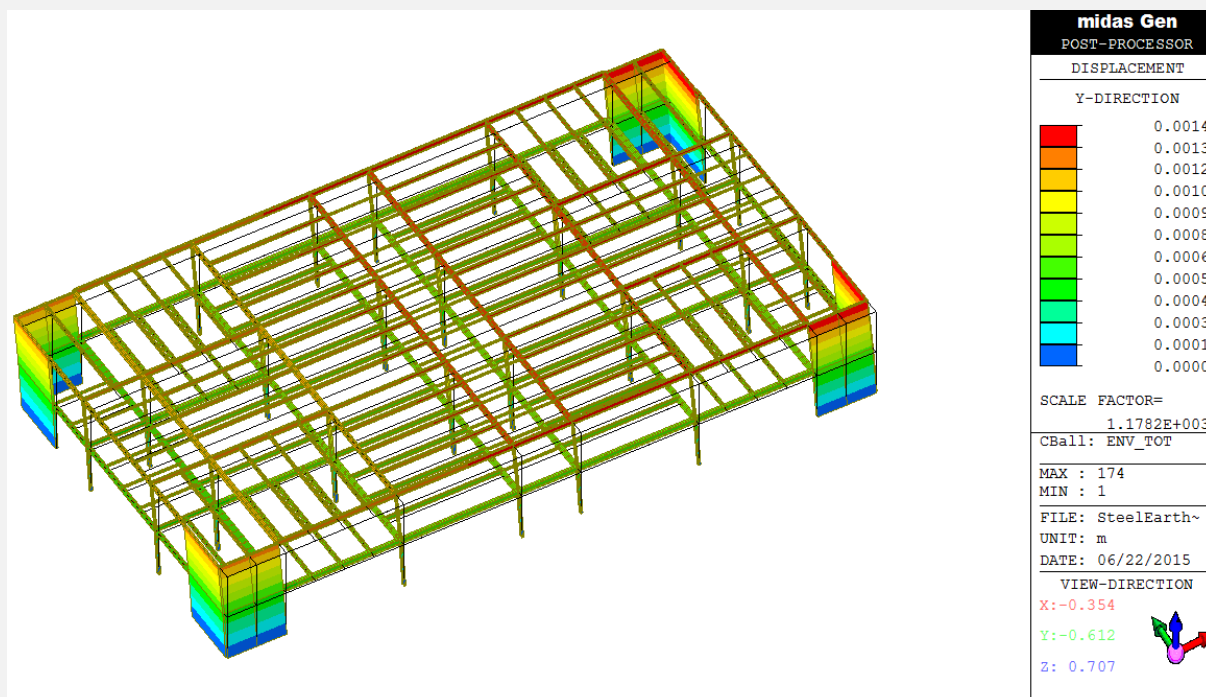


Figura 26: Rezultatele pentru combinația SLU de încărcări din învelitoare (Deplasarea pe direcția Y).

Aici sunt raportate pe scurt, în conformitate cu Eurocodul 2 și Eurocodul 8, sugestii și dispoziții, toate detaliile de proiectare structurală și verificările (SLU) privind sistemele de pereți din b.a.

Caracteristici de material:

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

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

Caracteristici geometrice:

$s = 0.25$ m (grosime a peretelui de rezistență din b.a.)

$B = 6.00$ m (lățime a zidului)

$H = 5.00$ m (înălțime între etaje a pereților)

Acțiuni și verificări (SLU) pe sistemul de perete din b.a.:

Forța axială $\rightarrow N_{Ed} = 2520$ kN (N.B.: forța de compresiune axială reduce până la 50% procentajul de armătură către procedura de pre-dimensionare *Precasteel*, datorită luării în calcul a efectelor de cuplare orizontale și verticale al sistemului de pereți din b.a. pentru contravântuire)

Momentul încovoietor $\rightarrow M_{Ed} = 11100$ kNm $\leq M_{Rd} = 12586$ kNm

Forță de tăiere $\rightarrow V_{Ed} = 1.5 \cdot V_b = 1.5 \cdot 1450 = 2175$ kN $\leq V_{Rd} = \min(V_{Rsd}, V_{Rcd}) = 2523$ kN

Verificările la SLU de mai sus duc la detaliile de armatură și etrieri, legate de următoarele desene tehnice (a se vedea Figura 27), cu:

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

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

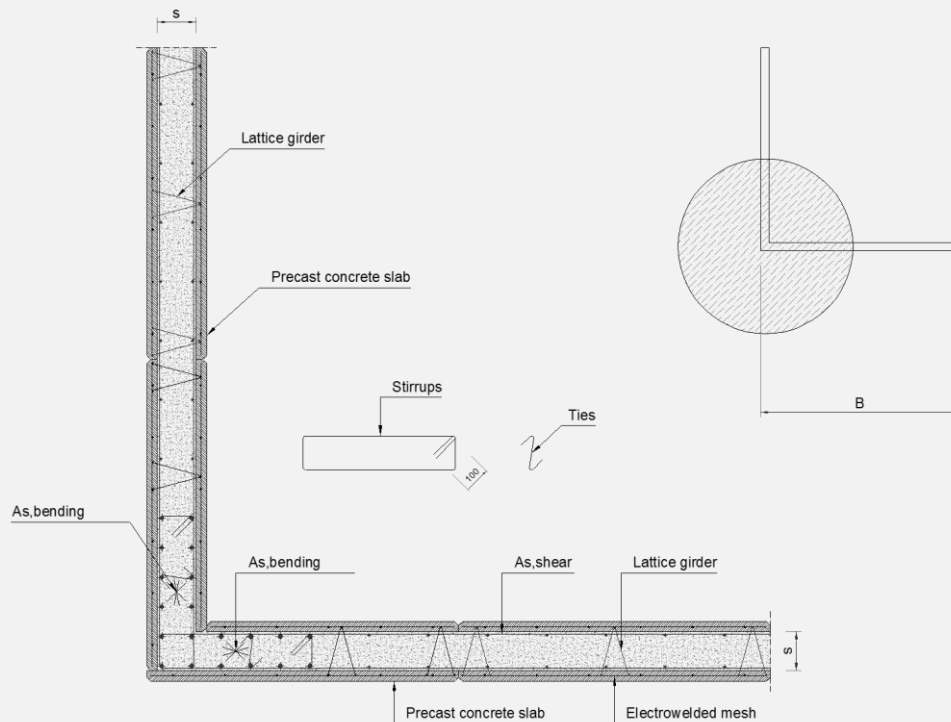


Figura 27: Detaliu structural de colț pentru sistemul de pereți din b.a. pentru contravântuire și dispunere în plan (vedere de sus).