

**UNIVERSITATEA TEHNICĂ DE CONSTRUCȚII BUCUREȘTI  
ȘCOALA DOCTORALĂ**

---

**RAPORT DE CERCETARE NR. 3  
ANALIZE COMPARATIVE A UNOR SOLUȚII CONSTRUCTIVE  
PENTRU CADRE CONTRAVÂNTUITE CENTRIC**

---

Profesor conducător de doctorat  
***Prof.dr.ing. Luca Oana***

Student doctorand  
***Ing. Zburătură (Marcu) Elena Ramona***

## Cuprins:

|            |                                                                                                 |           |
|------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1</b>   | <b><i>Soluții constructive pentru prinderea diagonalelor și grinzilor.....</i></b>              | <b>2</b>  |
| <b>1.1</b> | <b>Comportarea la acțiuni seismice a cadrelor contravântuite centric cu șase niveluri.....</b>  | <b>4</b>  |
| 1.1.1      | Valori extreme pentru forțe tăietoare de bază și deplasări orizontale .....                     | 5         |
| 1.1.2      | Valori maxime ale deformațiilor inelastice în lungul diagonalelor și grinzilor .....            | 6         |
| 1.1.3      | Valori maxime ale eforturilor secționale .....                                                  | 8         |
| 1.1.3.1    | Eforturi în grinzi.....                                                                         | 8         |
| 1.1.3.2    | Eforturi în stâlpii centrali .....                                                              | 9         |
| 1.1.3.3    | Eforturi în stâlpii marginali .....                                                             | 10        |
| 1.1.4      | Consumul estimat de oțel.....                                                                   | 11        |
| <b>1.2</b> | <b>Comportarea la acțiuni seismice a cadrelor contravântuite centric cu zece niveluri .....</b> | <b>12</b> |
| 1.2.1      | Valori extreme pentru forțe tăietoare de bază și deplasări orizontale .....                     | 14        |
| 1.2.2      | Valori maxime ale deformațiilor inelastice în lungul diagonalelor și grinzilor .....            | 15        |
| 1.2.3      | Valori maxime ale eforturilor secționale .....                                                  | 16        |
| 1.2.3.1    | Eforturi în grinzi.....                                                                         | 16        |
| 1.2.3.2    | Eforturi în stâlpii centrali .....                                                              | 17        |
| 1.2.3.3    | Eforturi în stâlpii marginali .....                                                             | 17        |
| 1.2.4      | Consumul estimat de oțel.....                                                                   | 18        |
| <b>1.3</b> | <b>Concluzii.....</b>                                                                           | <b>19</b> |
| <b>2</b>   | <b><i>Poziționarea zonelor potențial plastice în lungul riglelor de cadru .....</i></b>         | <b>21</b> |
| <b>2.1</b> | <b>Comportarea la acțiuni seismice a cadrelor cu șase niveluri .....</b>                        | <b>23</b> |
| 2.1.1      | Valori extreme pentru forțe tăietoare de bază și deplasări orizontale .....                     | 23        |
| 2.1.2      | Valori maxime ale deformațiilor inelastice în lungul diagonalelor și grinzilor .....            | 24        |
| 2.1.3      | Valori maxime ale eforturilor secționale în diferite categorii de elemente structurale .....    | 25        |
| 2.1.4      | Energia disipată în timpul analizelor dinamic neliniare.....                                    | 26        |
| <b>2.2</b> | <b>Comportarea la acțiuni seismice a cadrelor cu zece niveluri .....</b>                        | <b>27</b> |
| 2.2.1      | Valori extreme pentru forțe tăietoare de bază și deplasări orizontale .....                     | 27        |
| 2.2.2      | Valori maxime ale deformațiilor inelastice în lungul diagonalelor și grinzilor .....            | 27        |
| 2.2.3      | Valori maxime ale eforturilor secționale în diferite categorii de elemente structurale .....    | 28        |
| 2.2.4      | Energia disipată în timpul analizelor dinamic neliniare.....                                    | 29        |
| <b>2.3</b> | <b>Consumul estimat de oțel pentru structurile analizate .....</b>                              | <b>30</b> |
| <b>2.4</b> | <b>Concluzii.....</b>                                                                           | <b>31</b> |
| <b>3</b>   | <b><i>Bibliografie: .....</i></b>                                                               | <b>32</b> |

Prezentul raport de cercetare își propune să evidențieze, prin analize comparative, comportarea seismică a structurilor de oțel echipate cu cadre contravântuite centric în diferite configurații constructive.

În prima parte a acestui raport a fost analizată comparativ, influența prinderilor articulate și încastrate pentru fixarea diagonalelor și grinzilor, pe același sistem structural (un cadru contravântuit centric cu șase și unul cu zece niveluri, prevăzute cu un sistem de contravântuire de tip DM, la care diagonalele sunt dispuse în structură descendent de la stâlpii marginali către stâlpul central).

În cea de-a doua parte a acestui raport, a fost analizată influența poziționării zonelor potențial plastice suplimentare, în lungul grinzilor asupra comportamentului seismic al cadrelor contravântuite centric. Au fost considerate două situații de poziționare a zonelor potențial plastice: la 1m și respectiv la 2m de axul stâlpilor de cadru. Prinderile dintre elementele cadrelor contravântuite centric analizate, au fost de tip rigid.

## 1 Soluții constructive pentru prinderea diagonalelor și grinzilor

Au fost considerate două structuri cu șase și respectiv zece niveluri, amplasate în București, România, ce au două deschideri și patru travei de câte 6.0m, așa cum este indicat în Fig. 1.1.

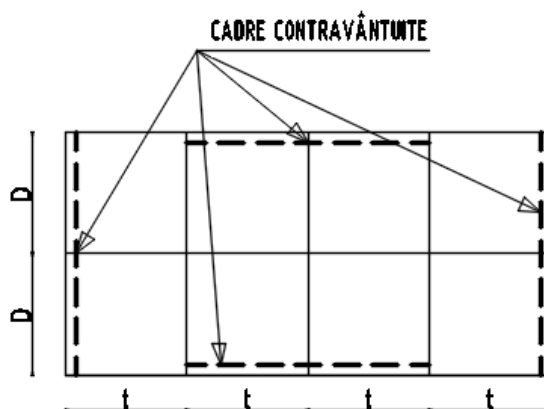


Fig. 1.1 Amplasarea în plan a cadrelor contravântuite

Pentru fiecare dintre cadrele analizate, înălțimea de nivel a fost de 3.5m.

Toate elementele structurale (diagonale, grinzi și stâlpi) au secțiuni I dublu-simetrice alcătuite din table sudate, dimensionate conform prescripțiilor din SR EN 1993-1-1 [3]. Inimile diagonalelor au fost rotite perpendicular pe planul cadrului [6], pentru a evita flambajul diagonalelor în afara planului cadrului.

Fiecare cadru analizat, a fost fi dimensionate pe rând în trei variante constructive de alcătuire, în funcție de prinderile dintre diferitele categorii de elemente structurale:

*Varianta A* - cadrele în care prinderile diagonalelor și grinzilor au fost de tip articulat.

*Varianta B* - cadrele în care prinderile diagonalelor au fost de tip articulat, iar prinderile grinzilor au fost de tip rigid.

*Varianta C* - cadrele în care prinderile diagonalelor și grinzilor au fost de tip rigid.

„Cadrul A” a fost realizat în soluția constructivă din varianta A, „Cadrul B” a fost alcătuit în varianta B, iar „Cadrelul C” a fost realizate în conformitate cu varianta C. Pentru fiecare din cele trei varinate constructive analizate, s-a considerat câte un cadru cu șase și respectiv câte un cadru cu zece niveluri.

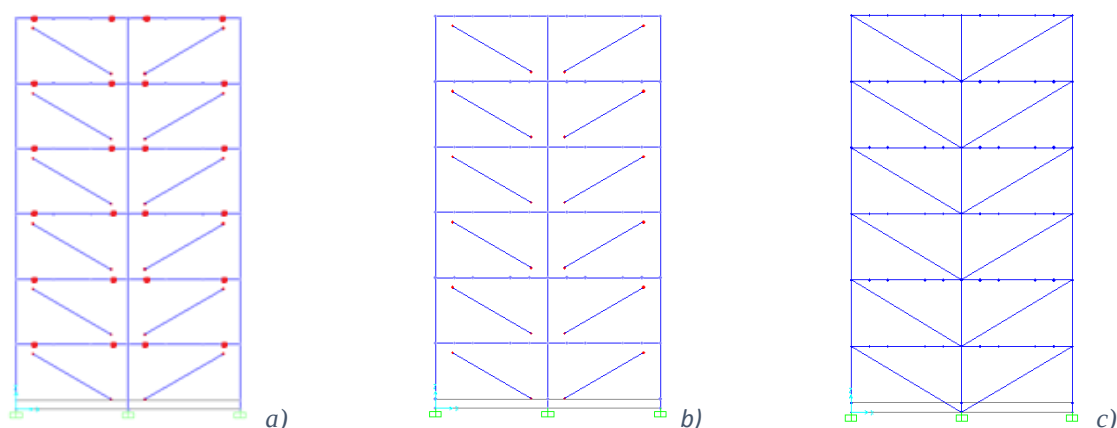


Fig. 1.2 Cadrele analizate cu șase niveluri: a) Cadrul A, b) Cadrul B, c) Cadrul C

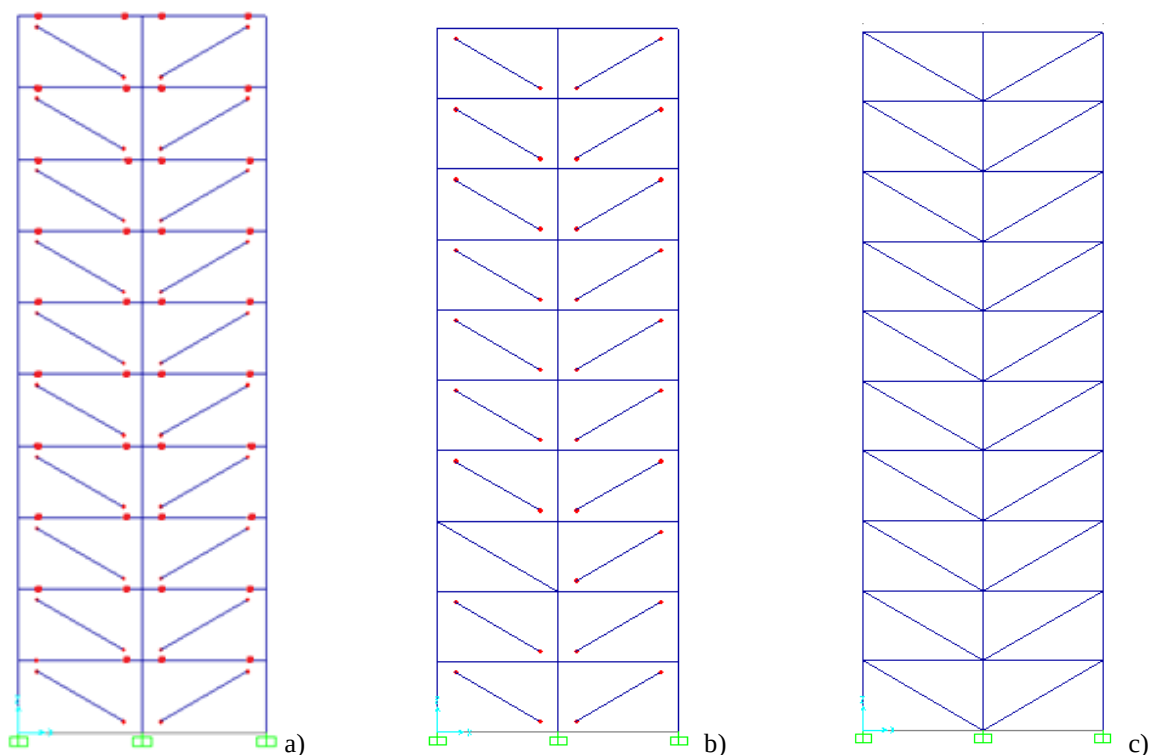


Fig. 1.3 Cadrele analizate cu zece niveluri: a) Cadrul A, b) Cadrul B, c) Cadrul C

Procedura de dimensionare la acțiuni seismice a fost următoarea:

a) Pentru Cadrele A (prinderi articulate la capetele diagonalelor și riglelor):

- Diagonalele cadrelor contravântuite centric au fost dimensionate ca elemente disipative primare la eforturile generate de încărcarea seismică de proiectare neamplificată ( $S_{code}$ ). Pentru aceste secțiuni dimensionate ale diagonalelor s-a evaluat apoi un factor de amplificare ( $\Omega^N$ ).  

$$\Omega^N = \min \{\Omega_i^N\}; \Omega_i^N = N_{pl,Rd,i} / N_{Ed,i};$$
- Secțiunile grinzilor au fost dimensionate la forțele produse de solicitările cele mai defavorabile din gruparea seismică de încărcări ce cuprinde și acțiunea seismică amplificată:  $1.1 \cdot \gamma_{ov} \cdot \Omega^N \cdot S_{code}$  sau de solicitările generate de gruparea fundamentală de acțiuni;
- Secțiunile stâlpilor de cadru au fost dimensionate la solicitările generate de încărcarea seismică amplificată suplimentar:  $1.1 \cdot \gamma_{ov} \cdot \Omega^N \cdot 1.1 \cdot \gamma_{ov} \cdot 1.05 \cdot S_{code}$  (pentru a asigura o suprarezistență a stâlpilor în comparație cu grinzile, atunci când sunt supuse acțiunilor seismice severe).

b) Pentru Cadrele B (prinderi articulate pentru diagonale și prinderi rigide pentru grinzi) și Cadrele C (prinderi rigide pentru diagonale și grinzi):

- Mai întâi au fost dimensionate diagonalele cadrului contravântuit centric, ca elemente disipative primare, la eforturile generate de încărcarea seismică de proiectare neamplificată ( $S_{cod}$ ). Pentru aceste secțiuni s-a evaluat un factor de amplificare ( $\Omega^N$ ).

$$\Omega^N = \min\{\Omega_i^N\}; \Omega_i^N = N_{pl,Rd,i}/N_{Ed,i};$$

- Elementele disipative secundare (zone potențial plastice cu tălpi de lățime redusă [6], poziționate în lungul riglelor de cadru) au fost dimensionate la eforturile produse de gruparea accidentală de încărcări ce cuprinde și încărcarea seismică amplificată:  $1.1 \cdot \gamma_{ov} \cdot \Omega^N \cdot S_{code}$  [7]. Pentru secțiunile dimensionate ale zonelor potențial plastice din grinzi s-a evaluat un alt factor de amplificare ( $\Omega^M$ ).

$$\Omega^M = \min\{\Omega_i^M\}; \Omega_i^M = M_{pl,N,Rd,i}/M_{Ed,i};$$

- Secțiunile de stâlpi și zone curențe de grinzi, au fost dimensionate la eforturile generate de încărcarea seismică amplificată suplimentar [8]:  $1.1 \cdot \gamma_{ov} \cdot \Omega^N \cdot 1.1 \cdot \gamma_{ov} \cdot \Omega^M \cdot S_{code}$ .

## 1.1 Comportarea la acțiuni seismice a cadrelor contravântuite centric cu șase niveluri

În următoarea figură sunt prezentate primele trei perioade proprii pentru cadrele analizate:

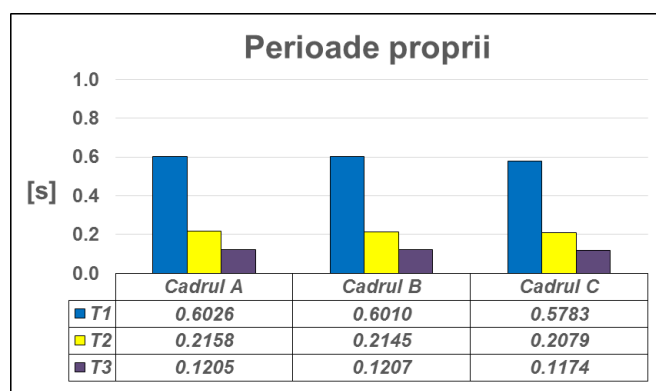


Fig. 1.4 Perioade proprii de vibrații pentru cadrele cu șase niveluri

Se poate observa că, cele mai mici valori pentru perioadele proprii de vibrație au fost obținute pentru cadrul C, acest cadru fiind cel mai rigid. Cadrul A se dovedește a fi cel mai flexibil deoarece, pentru acesta s-au înregistrat cele mai mari valori ale perioadelor proprii de vibrație (vezi Fig. 1.4).

Pentru fiecare variantă constructivă considerată, din procesul de dimensionare au rezultat următoarele secțiuni transversale pentru principalele categorii de elementele structurale:

| Nivel | DIAGONALE |          | GRINZI   |          | STÂLPI CENTRALI |          | STÂLPI MARGINALI |          |
|-------|-----------|----------|----------|----------|-----------------|----------|------------------|----------|
|       | hw x tw   | b x tf   | hw x tw  | b x tf   | hw x tw         | b x tf   | hw x tw          | b x tf   |
| 1     | 160 x 5   | 170 x 10 | 280 x 9  | 220 x 18 | 650 x 20        | 500 x 40 | 800 x 25         | 600 x 40 |
| 2     | 190 x 6   | 220 x 14 | 350 x 12 | 250 x 20 | 650 x 20        | 500 x 40 | 800 x 25         | 600 x 40 |
| 3     | 190 x 6   | 220 x 14 | 350 x 12 | 250 x 20 | 500 x 15        | 400 x 25 | 500 x 15         | 400 x 25 |
| 4     | 180 x 6   | 210 x 12 | 330 x 10 | 220 x 20 | 500 x 15        | 400 x 25 | 500 x 15         | 400 x 25 |
| 5     | 160 x 5   | 170 x 10 | 280 x 9  | 220 x 18 | 500 x 15        | 400 x 25 | 400 x 12         | 400 x 20 |
| 6     | 150 x 5   | 160 x 9  | 260 x 8  | 200 x 18 | 500 x 15        | 400 x 25 | 400 x 12         | 400 x 20 |

Tab. 1.1 Secțiuni pentru Cadrul A

| Nivel | DIAGONALE |          | GRINZI   |          | ZPP      | STÂLPI CENTRALI |          | STÂLPI MARGINALI |          |
|-------|-----------|----------|----------|----------|----------|-----------------|----------|------------------|----------|
|       | hw x tw   | b x tf   | hw x tw  | b x tf   | b x tf   | hw x tw         | b x tf   | hw x tw          | b x tf   |
| 1     | 180 x 6   | 160 x 10 | 400 x 10 | 340 x 20 | 180 x 20 | 650 x 20        | 450 x 40 | 800 x 25         | 550 x 40 |
| 2     | 180 x 6   | 190 x 12 | 400 x 12 | 360 x 25 | 190 x 25 | 650 x 20        | 450 x 40 | 800 x 25         | 550 x 40 |
| 3     | 180 x 6   | 160 x 12 | 400 x 12 | 360 x 20 | 180 x 20 | 450 x 14        | 400 x 25 | 500 x 15         | 400 x 30 |
| 4     | 180 x 6   | 160 x 12 | 360 x 10 | 340 x 20 | 180 x 20 | 450 x 14        | 400 x 25 | 500 x 15         | 400 x 30 |
| 5     | 150 x 5   | 150 x 9  | 300 x 9  | 260 x 16 | 130 x 16 | 400 x 12        | 400 x 20 | 400 x 12         | 400 x 20 |
| 6     | 150 x 5   | 150 x 9  | 220 x 7  | 180 x 14 | 100 x 14 | 400 x 12        | 400 x 20 | 400 x 12         | 400 x 20 |

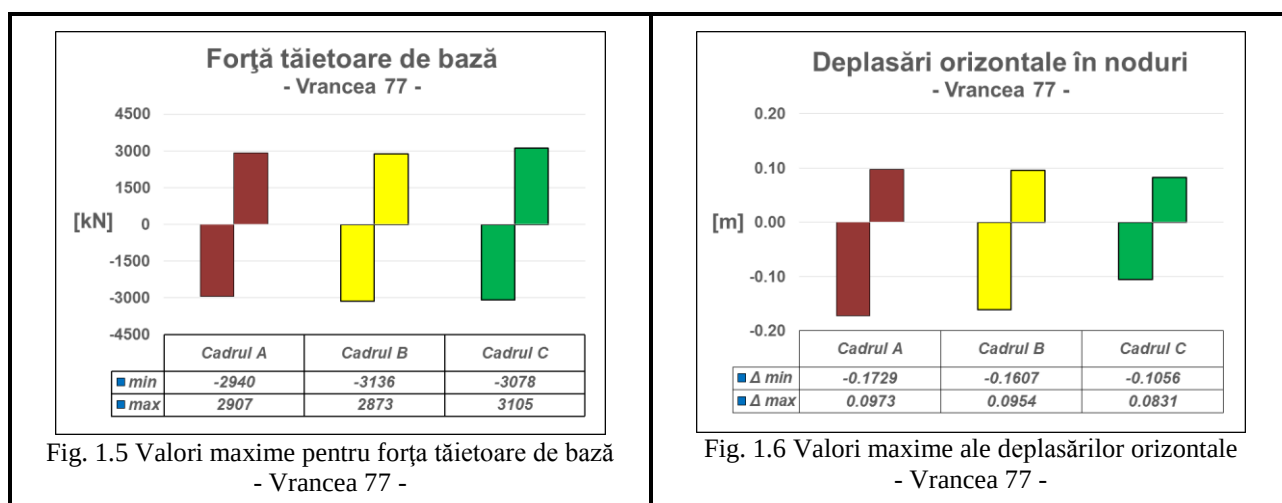
Tab. 1.2 Secțiuni pentru Cadrul B

| Nivel | DIAGONALE |          | GRINZI   |          | ZPP      | STÂLPI CENTRALI |          | STÂLPI MARGINALI |          |
|-------|-----------|----------|----------|----------|----------|-----------------|----------|------------------|----------|
|       | hw x tw   | b x tf   | hw x tw  | b x tf   | b x tf   | hw x tw         | b x tf   | hw x tw          | b x tf   |
| 1     | 180 x 6   | 180 x 12 | 400 x 10 | 330 x 20 | 180 x 20 | 600 x 20        | 450 x 40 | 750 x 25         | 550 x 40 |
| 2     | 190 x 6   | 220 x 12 | 400 x 12 | 350 x 25 | 180 x 25 | 600 x 20        | 450 x 40 | 750 x 25         | 550 x 40 |
| 3     | 180 x 6   | 180 x 12 | 400 x 12 | 350 x 20 | 180 x 20 | 400 x 14        | 400 x 25 | 550 x 15         | 400 x 30 |
| 4     | 180 x 6   | 180 x 12 | 360 x 10 | 330 x 20 | 180 x 20 | 400 x 14        | 400 x 25 | 550 x 15         | 400 x 30 |
| 5     | 150 x 5   | 160 x 9  | 310 x 9  | 240 x 16 | 120 x 16 | 400 x 12        | 350 x 20 | 400 x 12         | 350 x 20 |
| 6     | 150 x 5   | 160 x 9  | 220 x 7  | 160 x 14 | 100 x 14 | 400 x 12        | 350 x 20 | 400 x 12         | 350 x 20 |

Tab. 1.3 Secțiuni pentru Cadrul C

### 1.1.1 Valori extreme pentru forțe tăietoare de bază și deplasări orizontale

În cele mai multe situații, în timpul analizelor dinamic neliniare, valorile cele mai mari ale deplasărilor orizontale au fost înregistrate în cazul cadrului A, în timp ce valorile cele mai mici au fost observate în cazul cadrului C. Diferențele maxime au fost de până la 30% (vezi Fig. 1.6). Cea mai mare deplasare orizontală s-a constatat pentru cadrul A, în timpul analizei dinamic neliniare cu accelerograma Vrancea 77.



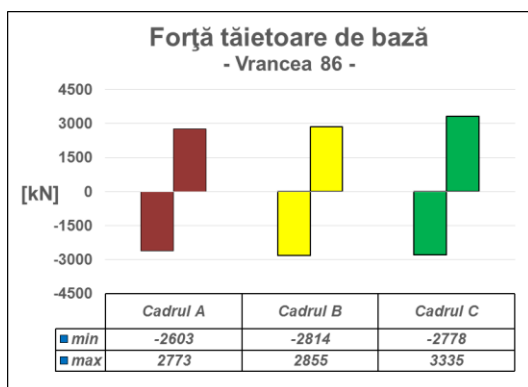


Fig. 1.7 Valori maxime pentru forța tăietoare de bază - Vrancea 86 -

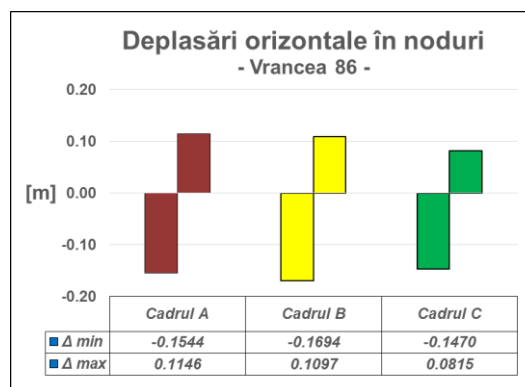


Fig. 1.8 Valori maxime ale deplasărilor orizontale - Vrancea 86 -

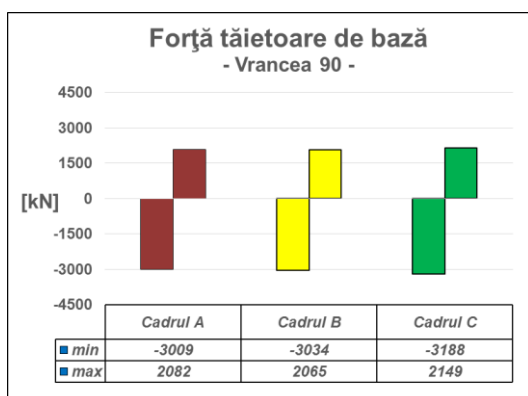


Fig. 1.9 Valori maxime pentru forța tăietoare de bază - Vrancea 90 -

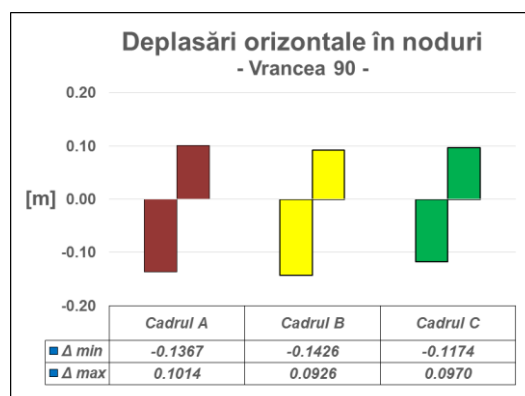


Fig. 1.10 Valori maxime ale deplasărilor orizontale - Vrancea 90 -

Valorile cele mai reduse pentru forțele tăietoare de bază s-au constatat în general, în cazul cadrului A pentru toate accelerogramele considerate. Pentru cele trei cadre de șase niveluri, valoarea cea mai mare a forței tăietoare de bază a fost obținută pentru cadrul C, în timpul analizei dinamic neliniare în care s-a folosit accelerograma Vrancea 86. Din analiza dinamic neliniară în care s-a folosit accelerograma Vrancea 86, pentru sensul pozitiv al acțiunii seismice, diferența dintre valori extreme înregistrate a fost de aproximativ 16,9%, iar pentru sensul negativ al acțiunii seismice a rezultat de circa 7,5% (vezi Fig. 1.7).

### 1.1.2 Valori maxime ale deformațiilor inelastice în lungul diagonalelor și grinzilor

Toate cadrele au avut o comportare favorabilă în timpul analizelor dinamic neliniare, având toate deformațiile inelastice concentrate doar în diagonale și în zonele potențial plastice din lungul riglelor de cadru.

În majoritatea cazurilor, în timpul analizelor dinamic neliniare cu cele trei accelerograme, cele mai mari valori ale rotirilor din zonele potențial plastice au fost înregistrate în lungul riglelor cadrului B, iar valorile cele mai mici au fost observate în cazul cadrului C (vezi Fig. 1.12, Fig. 1.14 și Fig. 1.16).

Pentru analiza dinamic neliniară efectuată cu accelerograma Vrancea 86, diferențele dintre cele două cadre, au fost în medie, de aproximativ 15%. Pentru cadrul B, nu s-au înregistrat deformații inelastice în lungul grinzilor de la primul nivel pentru niciuna din analizele dinamic neliniare efectuate cu cele trei accelerograme.

Cele mai mari valori ale deformațiilor inelastice din lungul diagonalelor au putut fi observate la nivelurile superioare ale cadrului A și la nivelurile inferioare ale cadrului B, pentru analiza dinamic neliniară efectuată cu accelerograma Vrancea 86 (vezi Fig. 1.13). Valorile cele mai mici ale deformațiilor inelastice din diagonale au rezultat pentru primele patru niveluri ale cadrului A, respectiv pentru ultimele două niveluri ale cadrului C.

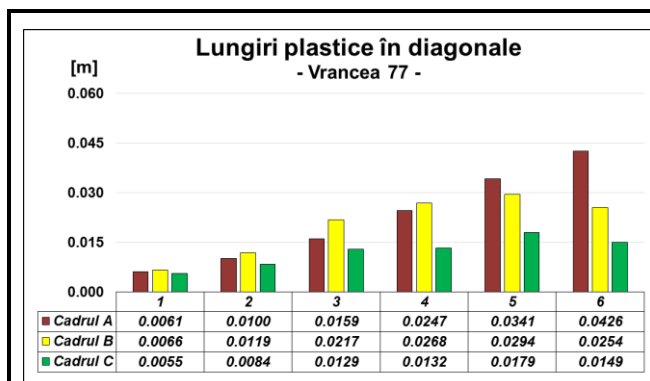


Fig. 1.11 Lungiri plastice maxime în diagonale  
- Vrancea 77 -

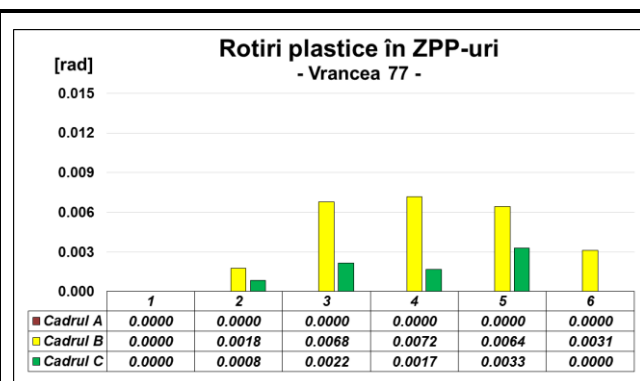


Fig. 1.12 Rotiri plastice maxime în grinzi  
- Vrancea 77 -

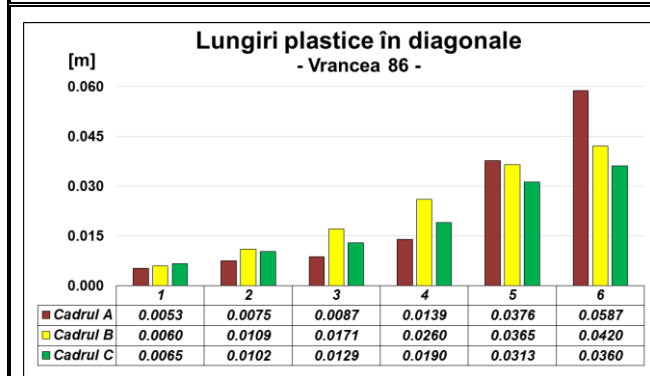


Fig. 1.13 Lungiri plastice maxime în diagonale  
- Vrancea 86 -

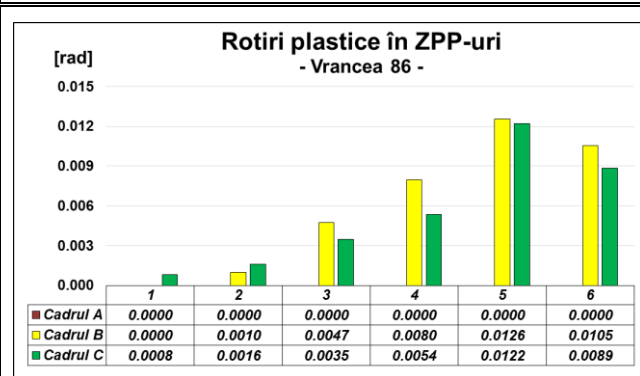


Fig. 1.14 Rotiri plastice maxime în grinzi  
- Vrancea 86 -

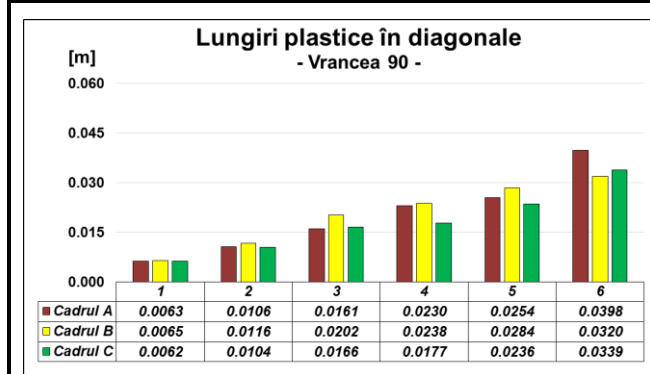


Fig. 1.15 Lungiri plastice maxime în diagonale  
- Vrancea 90 -

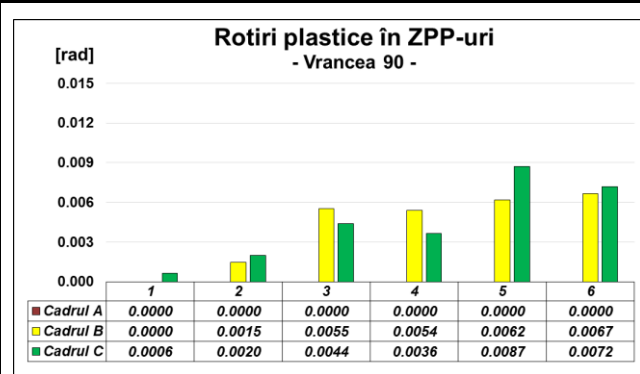


Fig. 1.16 Rotiri plastice maxime în grinzi  
- Vrancea 90 -

Valorile maxime ale deformațiilor din lungul diagonalelor, obținute din analiza dinamic neliniară cu accelerograma Vrancea 77, au fost în medie cu până la 45,5% mai mici în cazul cadrului C comparativ cu valorile înregistrate pentru cadrul A. În cazul analizelor efectuate cu accelerograma Vrancea 86, valorile maxime ale lungirilor din diagonale au fost în medie cu aproximativ 16% mai mari pentru cadrul B comparativ cu valorile obținute în cazul cadrului C.



## 1.1.3 Valori maxime ale eforturilor secționale

### 1.1.3.1 Eforturi în grinzi

În marea majoritate a situațiilor, pentru structurile de șase niveluri, valorile cele mai mari ale diferitelor eforturi secționale s-au înregistrat în timpul analizelor dinamic neliniare cu accelerograma Vrancea 86.

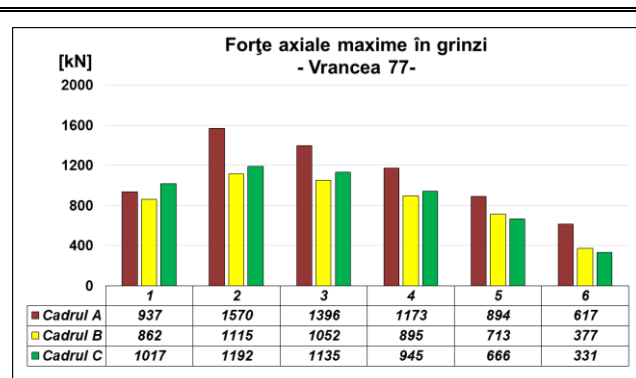


Fig. 1.17 Forțe axiale maxime în grinzi - Vrancea 77 -

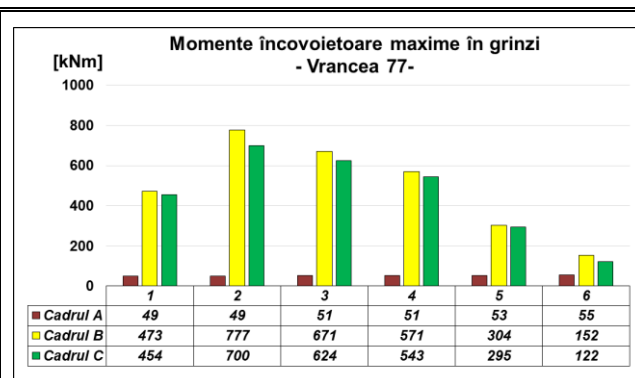


Fig. 1.18 Momente încovoietoare maxime în grinzi - Vrancea 77 -

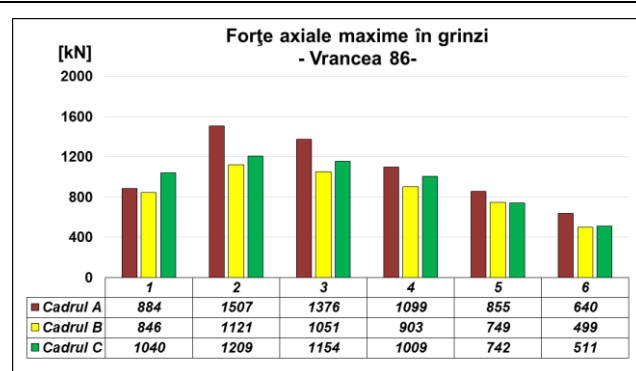


Fig. 1.19 Forțe axiale maxime în grinzi - Vrancea 86 -

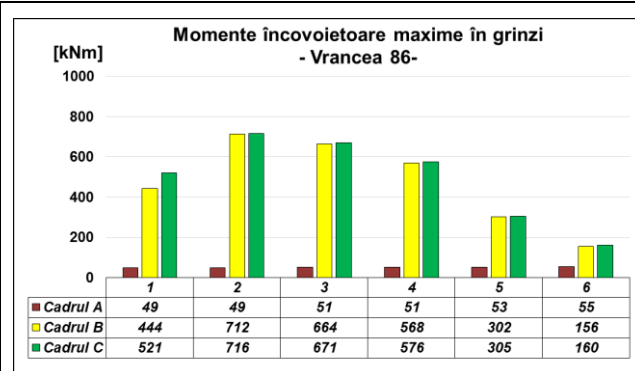


Fig. 1.20 Momente încovoietoare maxime în grinzi - Vrancea 86 -

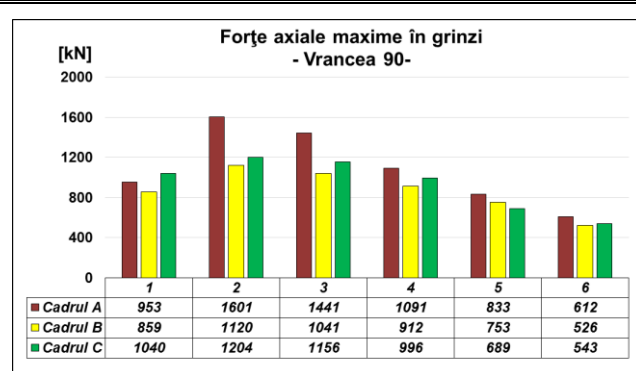


Fig. 1.21 Forțe axiale maxime în grinzi - Vrancea 90 -

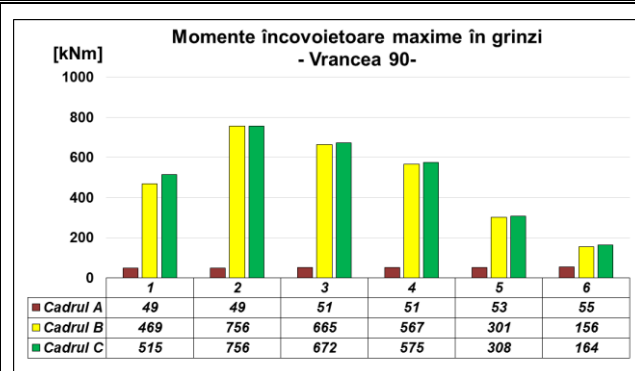


Fig. 1.22 Momente încovoietoare maxime în grinzi - Vrancea 90 -

În cazul cadrului A se înregistrează valorile cele mai mari de forțe axiale în lungul grinzilor de cadru, iar în cazul cadrului B se înregistrează valorile cele mai mici ale forțelor axiale din grinzi (vezi Fig. 1.17, Fig. 1.19 respectiv Fig. 1.21). Diferențele dintre valorile extreme au fost în medie de

până la 19% pentru cadrele cu șase niveluri. În medie, valorile forțelor axiale maxime din grinzile cadrului C au fost cu 11% mai reduse decât cele ale cadrului A.

În cele mai multe situații, valorile cele mai mari ale momentelor încovoietoare din grinzi au fost observate pentru cadrul C în cazul cadrelor cu șase niveluri. Valorile momentelor încovoietoare din grinzi au fost în medie, cu aproximativ 3,4% mai mici pentru cadrul B și mai reduse cu circa 89% pentru cadrul A, comparativ cu valorile corespunzătoare cadrului C (vezi valorile din Fig. 1.18, Fig. 1.20 și Fig. 1.22).

### 1.1.3.2 Eforturi în stâlpii centrali

În toate analizele dinamic neliniare efectuate, în care s-au folosit cele trei accelerograme considerate, cele mai mari valori de momente încovoietoare precum și cele mai mici valori de forțe axiale, au rezultat de regulă pentru stâlpii centrali ai cadrului B.

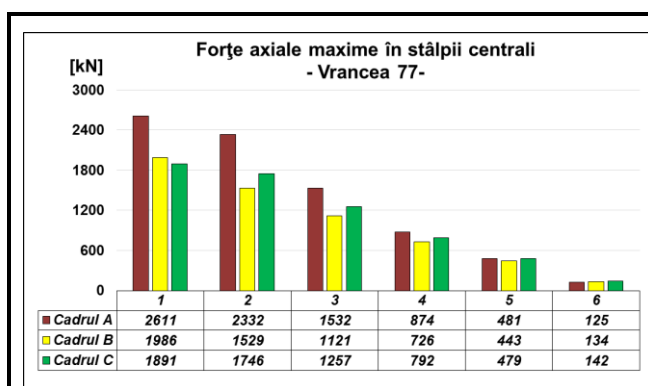


Fig. 1.23 Forțe axiale maxime în stâlpii centrali - Vrancea 77 -

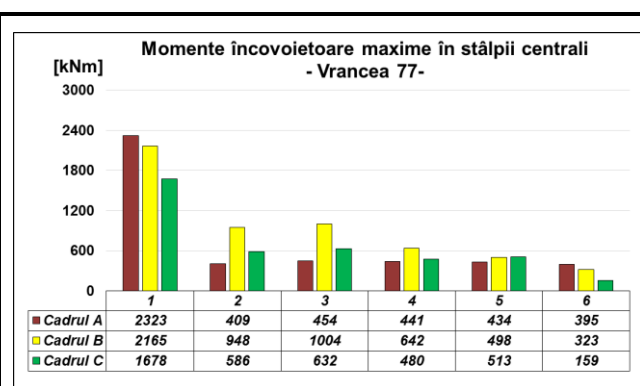


Fig. 1.24 Momente încovoietoare maxime în stâlpii centrali - Vrancea 77 -

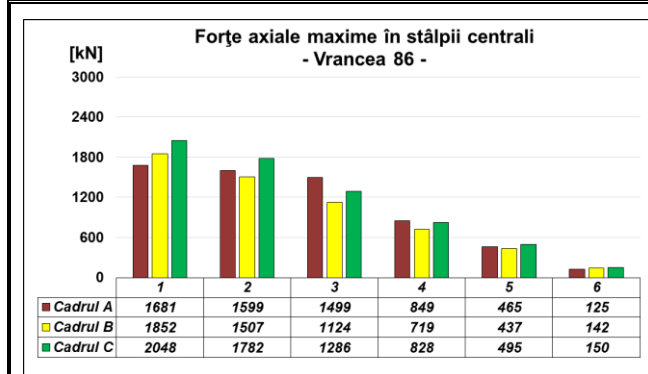


Fig. 1.25 Forțe axiale maxime în stâlpii centrali - Vrancea 86 -

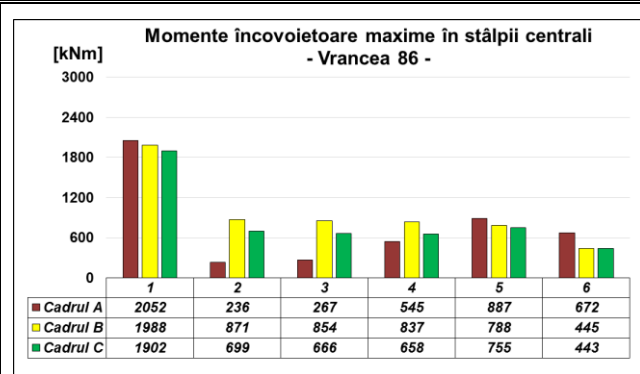


Fig. 1.26 Momente încovoietoare maxime în stâlpii centrali - Vrancea 86 -

În ceea ce privește cadrele cu șase niveluri, în cazul cadrului C se înregistrează de regulă cele mai mari valori ale forțelor axiale din stâlpii centrali. Comparativ cu valorile de forțe axiale obținute pentru cadrul C, în analiza cu accelerograma Vrancea 90, în cazul cadrelor A și B valorile sunt în medie cu circa 5,6% și respectiv cu 11,4% mai mici (vezi Fig. 1.27).

Momentele încovoietoare din stâlpii centrali cu valorile cele mai mari se înregistrează în cele mai multe situații în cazul cadrului B (vezi Fig. 1.24, Fig. 1.26 și Fig. 1.28). Pentru cadrele de șase niveluri, valorile de maxime ale momentelor încovoietoare din stâlpii centrali au fost în medie cu aproximativ 19,4% mai mici pentru cadrul A și respectiv cu circa 11,4% mai mici pentru cadrul C, comparativ cu cele obținute în cazul cadrului B.

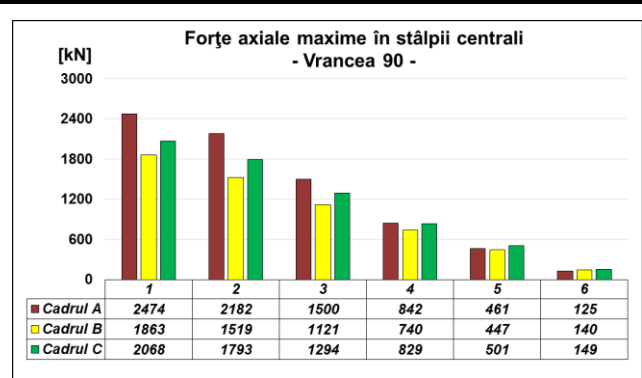


Fig. 1.27 Forțe axiale maxime în stâlpii centrali - Vrancea 90 -

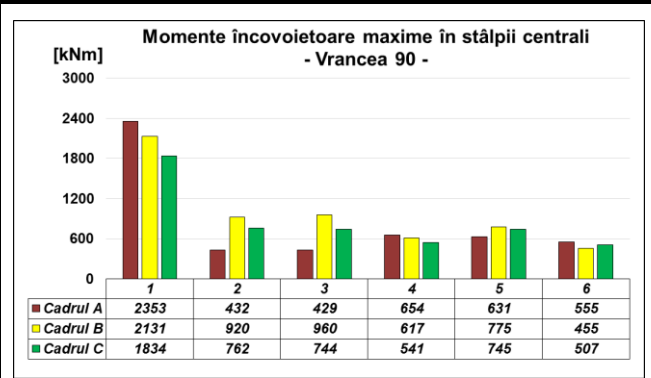


Fig. 1.28 Momente încovoietoare maxime în stâlpii centrali - Vrancea 90 -

### 1.1.3.3 Eforturi în stâlpii marginali

În timpul analizelor neliniare dinamice, cele mai mari valori de forțe axiale în stâlpii marginali au putut fi observate în cazul cadrului C iar cele mai mici valori de forțe axiale au rezultat pentru cadrulul B. În timpul analizelor dinamic neliniare efectuate, diferențele dintre valorile forțelor axiale obținute pentru cele două cadre, au fost în medie de aproximativ 3,5% (Vrancea 77), cu până la 14% (Vrancea 86) și respectiv cu aproximativ 4,3% (Vrancea 90) mai mari pentru cadrul C.

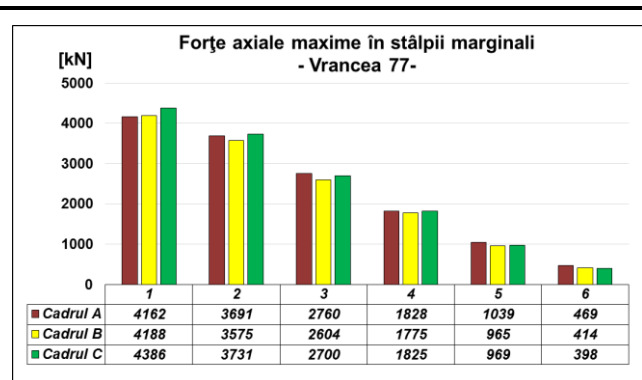


Fig. 1.29 Forțe axiale maxime în stâlpii marginali - Vrancea 77 -

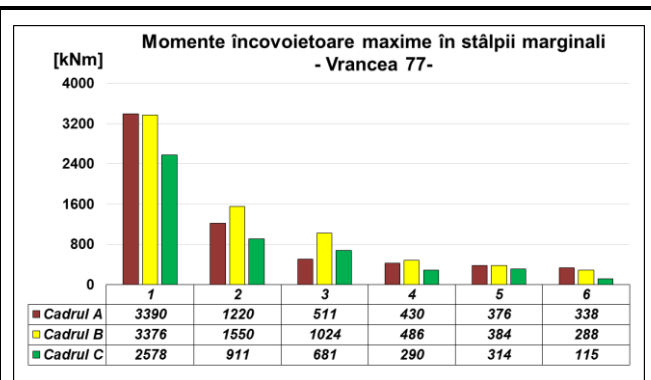


Fig. 1.30 Momente încovoietoare maxime în stâlpii marginali - Vrancea 77 -

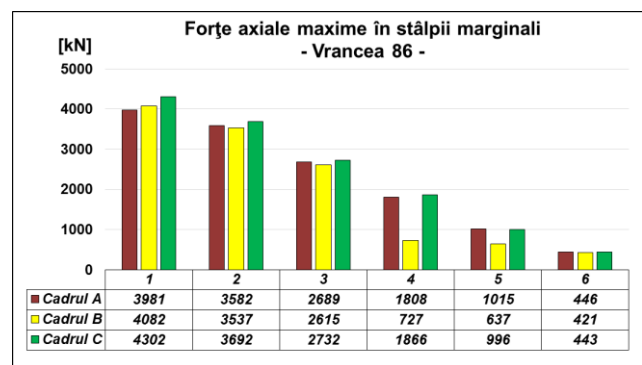


Fig. 1.31 Forțe axiale maxime în stâlpii marginali - Vrancea 86 -

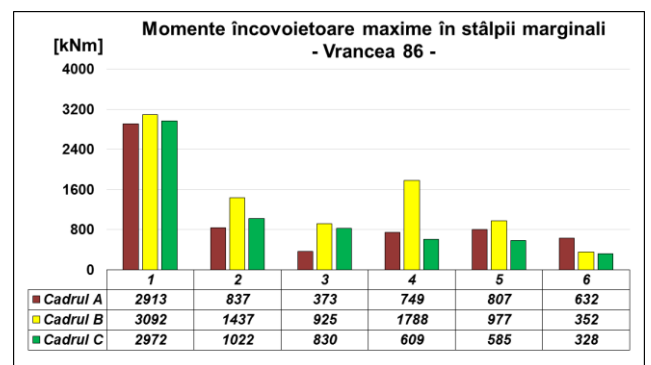
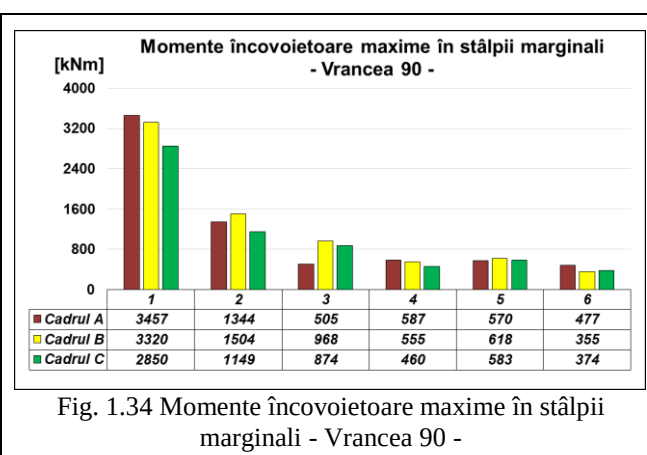
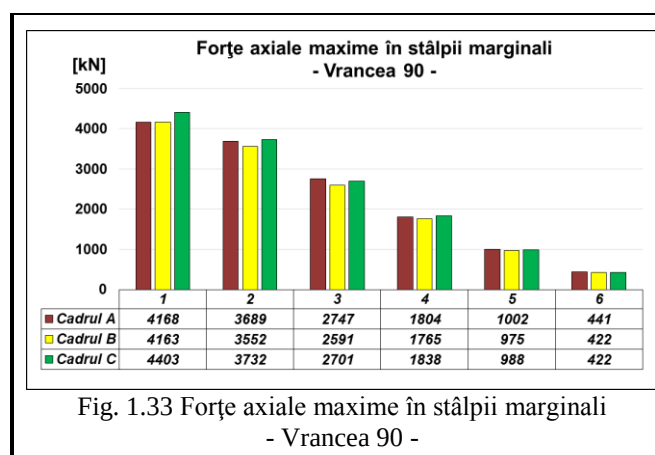


Fig. 1.32 Momente încovoietoare maxime în stâlpii marginali - Vrancea 86 -

În majoritatea situațiilor, cele mai mici valori de momente încovoietoare înregistrate în stâlpii marginali în timpul analizelor dinamic neliniare, au fost observate în cazul cadrului C, iar cele mai mari valori au fost obținute pentru cadrulul B. Diferențele dintre valorile momentelor încovoietoare din stâlpii

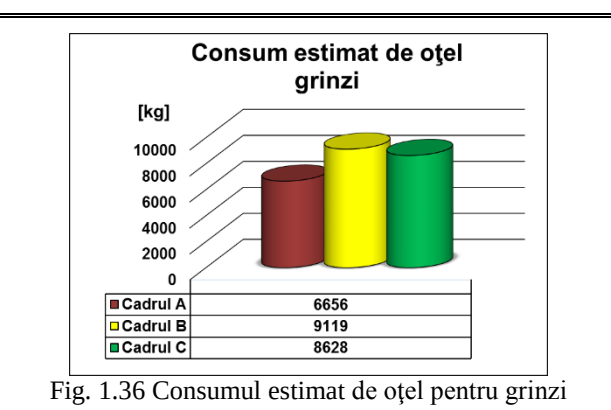
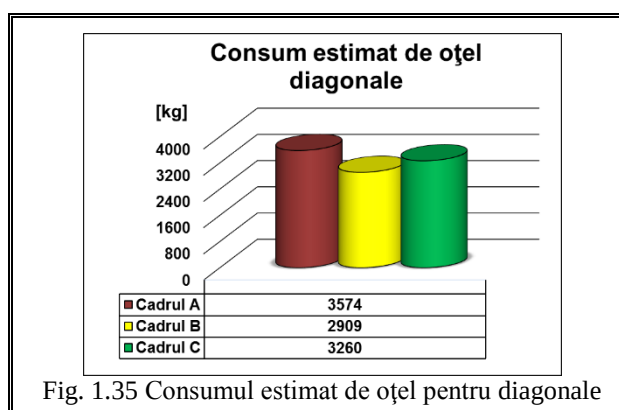
marginali, au fost în medie cu circa 31% (pentru analizele efectuate cu accelerograma Vrancea 77), cu până la 25% (pentru analizele dinamic neliniare în care s-a folosit accelerograma Vrancea 86) și cu aproximativ 14% (pentru analizele efectuate cu accelerograma Vrancea 90), mai mari în cazul cadrului B comparativ cu valorile obținute pentru cadrul C.



#### 1.1.4 Consumul estimat de oțel

Valoarea cea mai mică a consumului estimat de oțel pentru diagonale, a fost obținută în cazul cadrului B iar cea mai mare valoare pentru cadrul A. Față de cadrul B, pentru diagonalele cadrului A consumul estimat de oțel a rezultat cu aproximativ 18,6% mai mare, iar pentru cadrul C a rezultat cu circa 10,8% mai mare (a se vedea Fig. 1.35).

Pentru grinzi, cea mai mare valoare a consumului de oțel a fost obținută pentru cadrul B iar cea mai mică valoare a fost observată în cazul cadrului A. Față de valoarea consumului de oțel pentru grinzi obținută pentru cadrul A, consumul estimat pentru grinziile cadrului C a rezultat cu aproximativ 27% mai ridicat, iar pentru cadrul B a rezultat cu peste 23% mai mare (vezi valorile și graficele din Fig. 1.36).



Cele mai mari valori ale consumului estimat de material pentru stâlpii centrali și respectiv marginali, au fost înregistrate în cazul cadrului A iar cele mai mici valori pentru cadrul C (vezi Fig. 1.37 și Fig. 1.38). Diferențele dintre valori estimate obținute pentru stâlpi, au fost de aproximativ 14% în cazul stâlpilor centrali și de circa 2% în cazul stâlpilor marginali.

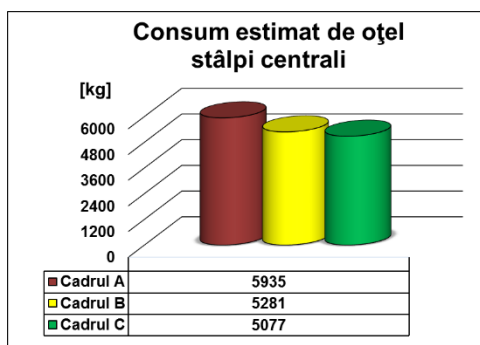


Fig. 1.37 Consumul estimat de oțel pentru stâlpii centrali

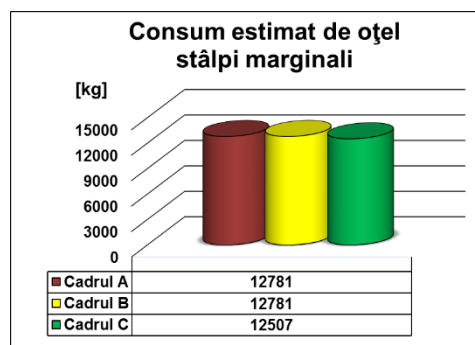


Fig. 1.38 Consumul estimat de oțel pentru stâlpii marginali

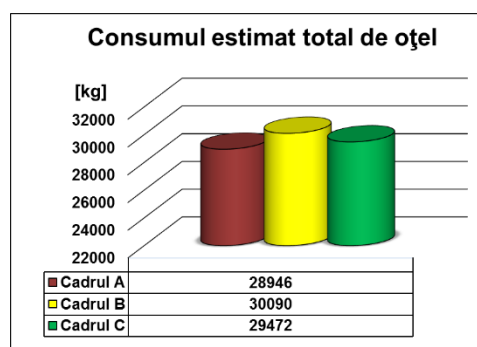


Fig. 1.39 Consumul estimat total de oțel

Valoarea cea mai mică a consumului total estimat de oțel a fost obținută pentru cadrul A, în timp ce valoarea cea mai mare a fost observată pentru cadrul B. Raportat la valoarea consumului total estimat de oțel obținută pentru cadrul A, consumul pentru cadrul B a fost cu aproximativ 4% mai mare iar în cazul cadrului C cu până la 1,7% mai mare (vezi Fig. 1.39).

Consumul de oțel cel mai mare obținut pentru cadrul B se explică în special prin secțiunile mai dezvoltate rezultate pentru grinzi și stâlpi marginali. Deși în cazul cadrului A se obține consumul estimat de oțel cel mai ridicat în cazul diagonalelor și stâlpilor centrali, momentele încovoietoare mult mai reduse constatate în cazul riglelor de cadru conduc la secțiuni mult mai puțin dezvoltate pentru acestea și la un consum total de oțel mai redus pentru cadrul A.

## 1.2 Comportarea la acțiuni seismice a cadrelor contravântuite centric cu zece niveluri

În Fig. 1.40 sunt prezentate primele trei perioade proprii de vibrații pentru cadrele de zece niveluri, ce au fost analizate:

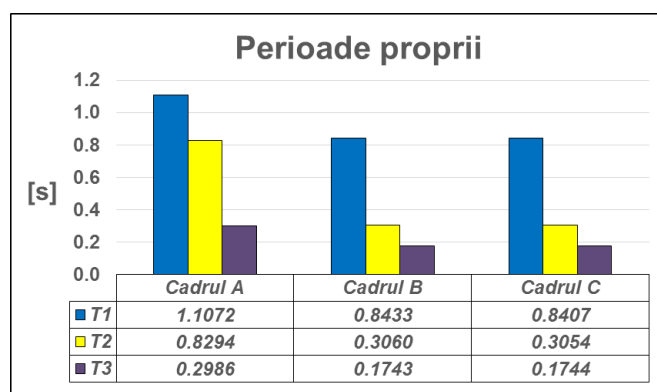


Fig. 1.40 Perioade proprii de vibrații pentru cadrele cu zece niveluri

Cele mai mici perioade proprii de vibrații au fost obținute pentru cadrul pentru care prinderile diagonalelor și grinziilor de stâlpi de cadru a fost de tip rigid, acesta rezultând cu rigiditatea cea mai mare la solicitări orizontale. Cadrul pentru care atât prinderea diagonalelor cât și prinderea grinziilor a fost de tip articulat, respectiv cadru A, s-a dovedit a fi cel mai flexibil, deoarece au fost înregistrate cele mai mari valori ale perioadelor proprii (vezi Fig. 1.40).

Pentru fiecare variantă constructivă a cadrelor contravântuite centric de zece niveluri, au rezultat următoarele secțiuni ale elementelor structurale din dimensionare:

| Nivel | DIAGONALE |          | GRINZI   |          | STÂLPI CENTRALI |          | STÂLPI MARGINALI |          |
|-------|-----------|----------|----------|----------|-----------------|----------|------------------|----------|
|       | hw x tw   | b x tf   | hw x tw  | b x tf   | hw x tw         | b x tf   | hw x tw          | b x tf   |
| 1     | 220 x 7   | 220 x 14 | 360 x 12 | 250 x 20 | 700 x 25        | 600 x 40 | 850 x 30         | 800 x 65 |
| 2     | 260 x 8   | 270 x 18 | 400 x 12 | 300 x 25 | 700 x 25        | 600 x 40 | 850 x 30         | 800 x 65 |
| 3     | 260 x 8   | 270 x 18 | 400 x 12 | 300 x 25 | 700 x 25        | 600 x 40 | 850 x 30         | 800 x 65 |
| 4     | 260 x 8   | 270 x 18 | 400 x 12 | 300 x 25 | 500 x 14        | 400 x 25 | 700 x 22         | 600 x 40 |
| 5     | 260 x 8   | 270 x 15 | 400 x 12 | 260 x 25 | 500 x 14        | 400 x 25 | 700 x 22         | 600 x 40 |
| 6     | 260 x 8   | 270 x 15 | 400 x 12 | 260 x 25 | 500 x 14        | 400 x 25 | 700 x 22         | 600 x 40 |
| 7     | 220 x 7   | 220 x 14 | 360 x 12 | 250 x 22 | 400 x 12        | 350 x 20 | 500 x 14         | 400 x 25 |
| 8     | 220 x 7   | 220 x 14 | 360 x 12 | 250 x 22 | 400 x 12        | 350 x 20 | 500 x 14         | 400 x 25 |
| 9     | 180 x 6   | 180 x 10 | 280 x 9  | 220 x 18 | 400 x 12        | 350 x 20 | 400 x 12         | 350 x 20 |
| 10    | 180 x 6   | 180 x 10 | 270 x 8  | 200 x 18 | 400 x 12        | 350 x 20 | 400 x 12         | 350 x 20 |

Tab. 1.4 Secțiuni pentru Cadrul A

| Nivel | DIAGONALE |          | GRINZI   |          | ZPP      | STÂLPI CENTRALI |          | STÂLPI MARGINALI |          |
|-------|-----------|----------|----------|----------|----------|-----------------|----------|------------------|----------|
|       | hw x tw   | b x tf   | hw x tw  | b x tf   | b x tf   | hw x tw         | b x tf   | hw x tw          | b x tf   |
| 1     | 180 x 6   | 180 x 12 | 440 x 14 | 350 x 30 | 130 x 30 | 750 x 25        | 700 x 40 | 850 x 30         | 750 x 60 |
| 2     | 230 x 7   | 220 x 14 | 420 x 18 | 360 x 40 | 190 x 40 | 750 x 25        | 700 x 40 | 850 x 30         | 750 x 60 |
| 3     | 230 x 7   | 220 x 14 | 420 x 18 | 360 x 40 | 190 x 40 | 750 x 25        | 700 x 40 | 850 x 30         | 750 x 60 |
| 4     | 230 x 7   | 220 x 14 | 420 x 18 | 360 x 40 | 190 x 40 | 600 x 16        | 400 x 35 | 700 x 22         | 600 x 40 |
| 5     | 220 x 7   | 210 x 12 | 440 x 14 | 350 x 30 | 180 x 30 | 600 x 16        | 400 x 35 | 700 x 22         | 600 x 40 |
| 6     | 220 x 7   | 210 x 12 | 440 x 14 | 350 x 30 | 180 x 30 | 600 x 16        | 400 x 35 | 700 x 22         | 600 x 40 |
| 7     | 180 x 6   | 180 x 12 | 400 x 10 | 330 x 22 | 180 x 22 | 450 x 14        | 400 x 30 | 550 x 15         | 400 x 30 |
| 8     | 180 x 6   | 180 x 12 | 400 x 10 | 330 x 22 | 150 x 22 | 450 x 14        | 400 x 30 | 550 x 15         | 400 x 30 |
| 9     | 140 x 5   | 160 x 9  | 300 x 9  | 250 x 15 | 130 x 15 | 400 x 12        | 400 x 20 | 400 x 12         | 300 x 20 |
| 10    | 140 x 5   | 160 x 9  | 300 x 9  | 250 x 15 | 130 x 15 | 400 x 12        | 400 x 20 | 400 x 12         | 300 x 20 |

Tab. 1.5 Secțiuni pentru Cadrul B

|        | DIAGONALE |          | GRINZI   |          | ZPP      | STÂLPI CENTRALI |          | STÂLPI MARGINALI |          |
|--------|-----------|----------|----------|----------|----------|-----------------|----------|------------------|----------|
| Storey | hw x tw   | b x tf   | hw x tw  | b x tf   | b x tf   | hw x tw         | b x tf   | hw x tw          | b x tf   |
| 1      | 170 x 6   | 190 x 12 | 440 x 14 | 340 x 30 | 130 x 30 | 750 x 25        | 700 x 40 | 800 x 25         | 800 x 60 |
| 2      | 230 x 7   | 230 x 14 | 420 x 18 | 360 x 40 | 190 x 40 | 750 x 25        | 700 x 40 | 800 x 25         | 800 x 60 |
| 3      | 230 x 7   | 230 x 14 | 420 x 18 | 360 x 40 | 190 x 40 | 750 x 25        | 700 x 40 | 800 x 25         | 800 x 60 |
| 4      | 230 x 7   | 230 x 14 | 420 x 18 | 360 x 40 | 190 x 40 | 600 x 16        | 400 x 35 | 700 x 22         | 600 x 40 |
| 5      | 210 x 7   | 220 x 12 | 440 x 14 | 340 x 30 | 180 x 30 | 600 x 16        | 400 x 35 | 700 x 22         | 600 x 40 |
| 6      | 210 x 7   | 220 x 12 | 440 x 14 | 340 x 30 | 180 x 30 | 600 x 16        | 400 x 35 | 700 x 22         | 600 x 40 |
| 7      | 170 x 6   | 190 x 12 | 400 x 10 | 330 x 22 | 170 x 22 | 450 x 14        | 400 x 30 | 550 x 15         | 400 x 30 |
| 8      | 170 x 6   | 190 x 12 | 400 x 10 | 330 x 22 | 170 x 22 | 450 x 14        | 400 x 30 | 550 x 15         | 400 x 30 |
| 9      | 140 x 5   | 160 x 9  | 300 x 9  | 250 x 15 | 130 x 15 | 400 x 12        | 400 x 20 | 400 x 12         | 300 x 20 |
| 10     | 140 x 5   | 160 x 9  | 300 x 9  | 250 x 15 | 130 x 15 | 400 x 12        | 400 x 20 | 400 x 12         | 300 x 20 |

Tab. 1.6 Secțiuni pentru cadrul C

### 1.2.1 Valori extreme pentru forțe tăietoare de bază și deplasări orizontale

Cele mai mari valori ale deplasărilor orizontale pentru cele trei cadre de zece niveluri au fost observate în cazul analizelor dinamic neliniare în care s-a folosit accelerograma Vrancea 77. Valorile maxime ale deplasărilor orizontale, au înregistrat diferențe de circa 5,9% pentru un sens al acțiunii seismice (cel cu valori negative), respectiv de aproximativ 33,0% pentru celălalt sens al mișcării seismice (vezi Fig. 1.42).

Dintre cadrele cu zece niveluri, în cazul cadrului C s-a înregistrat valoarea cea mai mare a forței tăietoare de bază din analiza dinamic neliniară în care s-a folosit accelerograma Vrancea 77. Cele mai mici valori ale forței tăietoare de bază au rezultat pentru cadrul A. Pentru sensul negativ al acțiunii seismice, diferența maximă dintre valorile extreme obținute a fost în jur de 1,9% iar pentru sensul pozitiv al acțiunii seismice, diferența maximă a fost de aproximativ 2,6% (vezi Fig. 1.41).

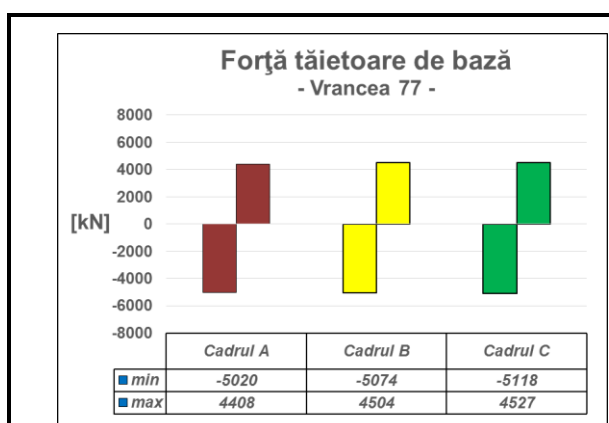


Fig. 1.41 Valori maxime pentru forța tăietoare de bază - Vrancea 77 -

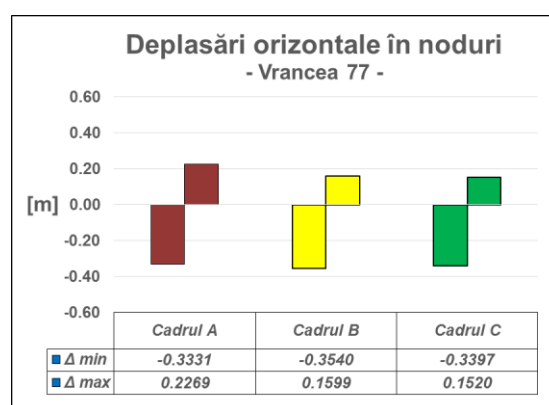


Fig. 1.42 Valori maxime ale deplasărilor orizontale - Vrancea 77 -

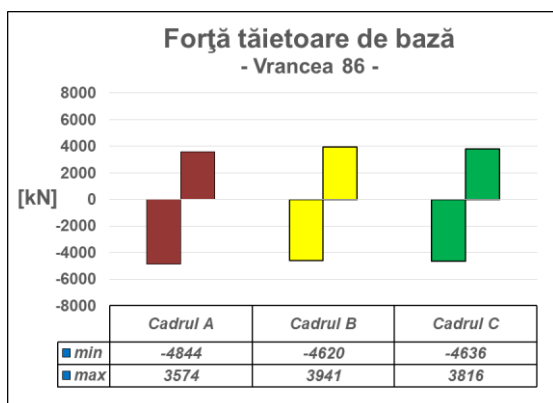


Fig. 1.43 Valori maxime pentru forța tăietoare de bază  
- Vrancea 86 -

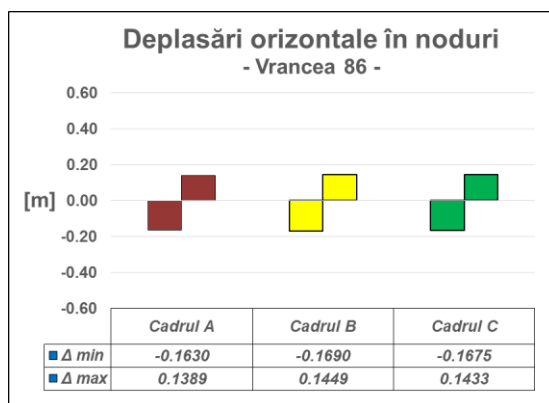


Fig. 1.44 Valori maxime ale deplasărilor orizontale  
- Vrancea 86 -

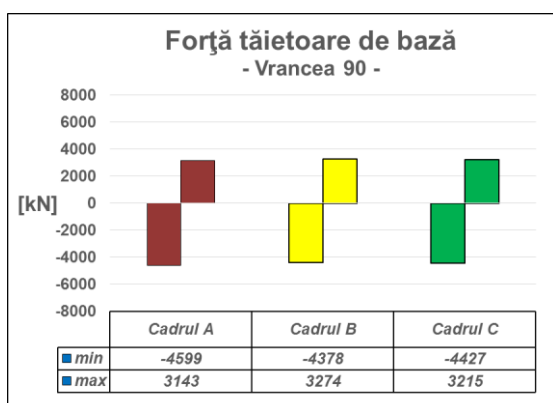


Fig. 1.45 Valori maxime pentru forța tăietoare de bază  
- Vrancea 90 -

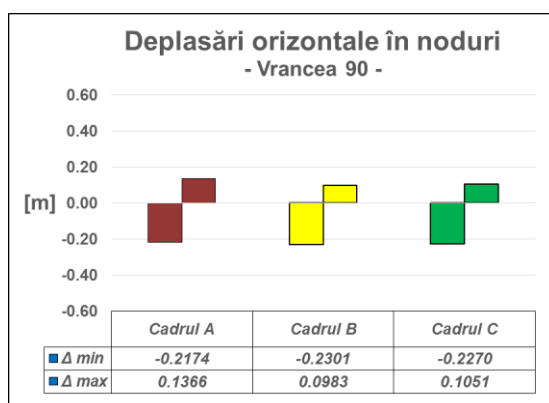


Fig. 1.46 Valori maxime ale deplasărilor orizontale  
- Vrancea 90 -

## 1.2.2 Valori maxime ale deformațiilor inelastice în lungul diagonalelor și grinzilor

Toate cadrele au avut o comportare favorabilă în timpul analizelor dinamice neliniare, având toate deformațiile inelastice concentrate la nivelul diagonalelor și zonelor potențial plastice din lungul riglelor de cadru. Datorită prinderii articulate a grinzii de stâlpii de cadru, în cazul cadrului A nu se înregistrează rotiri plastice (vezi Fig.1.48, 1.50 și 1.52).

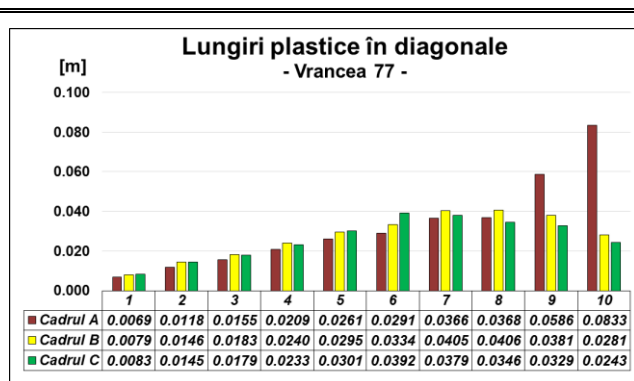


Fig. 1.47 Lungiri plastice maxime în diagonale  
- Vrancea 77 -

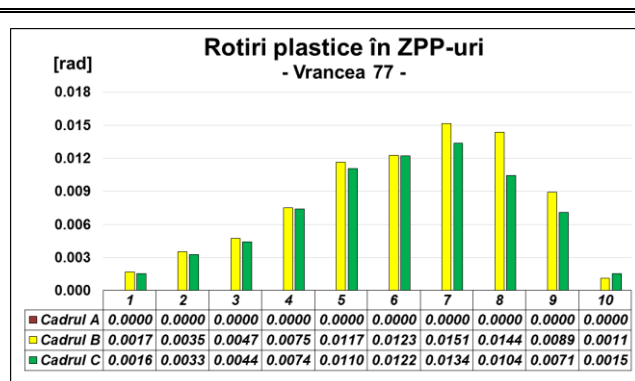
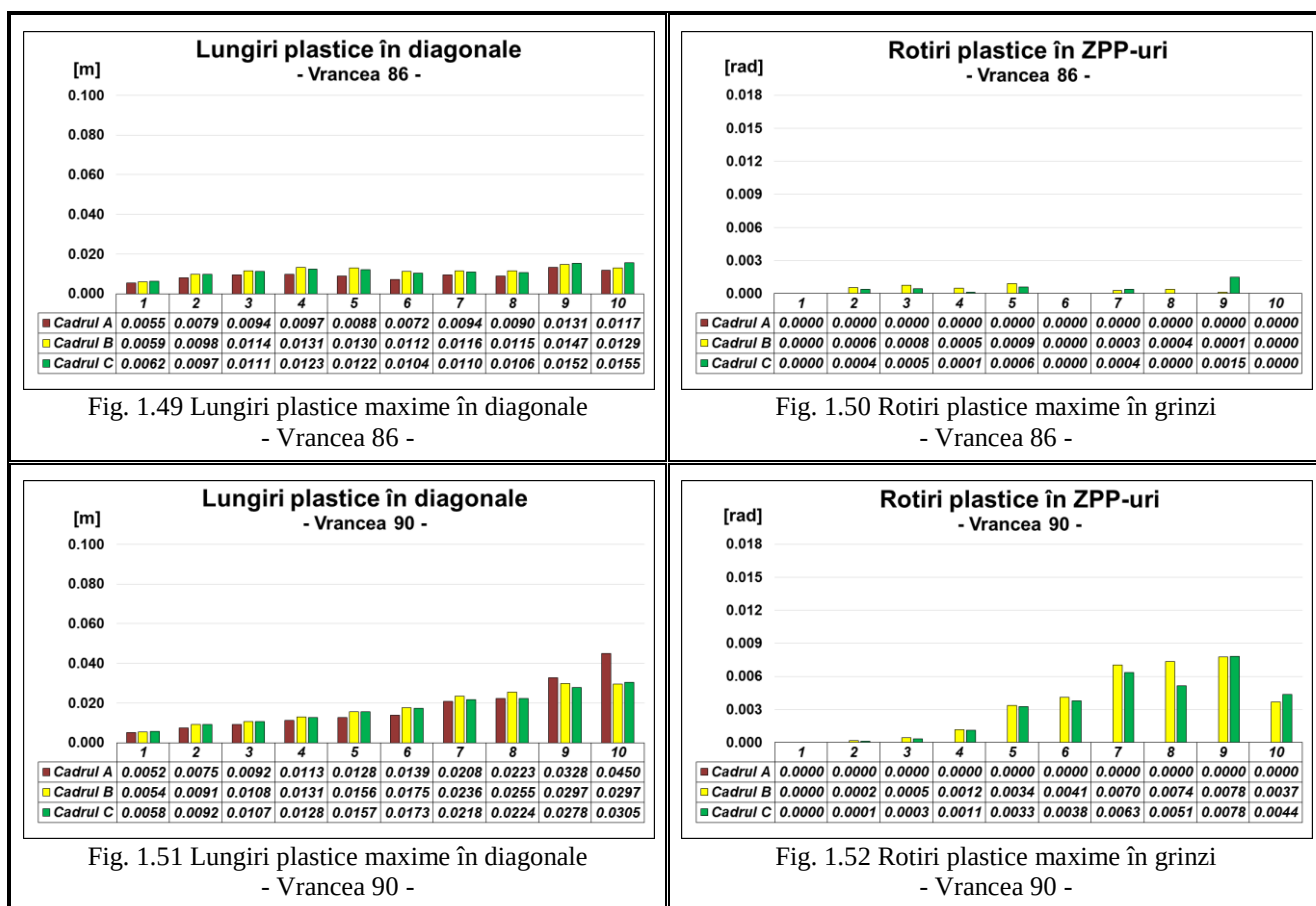


Fig. 1.48 Rotiri plastice maxime în grinzi  
- Vrancea 77 -

Valori cele mai mari ale rotirilor din zonele potențial plastice și ale lungirilor de la nivelul diagonalelor, au fost înregistrate în timpul analizelor dinamice neliniare cu accelerograma Vrancea 77.





Cu excepția analizei dinamic neliniare cu accelerograma Vrancea 90, valorile cele mai reduse ale rotirilor plastice s-au înregistrat în cazul cadrelor cu prinderi rigide între rigle/stâlpi și diagonale/stâlpi (adică în cazul cadrului C). În medie, diferența dintre valorile rotirilor plastice de la nivelul grinzilor au fost de aproximativ 10,6% între cadrele B și C în cazul analizelor dinamic neliniare cu accelerograma Vrancea 77.

La cadrele cu zece niveluri, în cazul analizelor dinamic neliniare cu accelerogramele Vrancea 77 și Vrancea 90, deformațiile plastice cele mai mari s-au constatat la nivelul diagonalelor cadrului A, iar cele mai reduse în cazul cadrului C. În medie, diferențele deformațiilor au fost de aproximativ 19,3% în cazul accelerogramei Vrancea 77 și de circa 4,0% în cazul accelerogramei Vrancea 90, (vezi Fig. 1.47 și Fig. 1.51). În cazul analizelor dinamic neliniare cu accelerograma Vrancea 86, valorile lungirilor diagonalelor au fost mult mai mici (vezi Fig. 1.49).

### 1.2.3 Valori maxime ale eforturilor secționale

În marea majoritate a situațiilor, pentru structurile de zece niveluri, valorile cele mai mari ale diferitelor eforturi secționale s-au înregistrat în timpul analizelor dinamic neliniare cu accelerograma Vrancea 77.

#### 1.2.3.1 Eforturi în grinzi

În cazul cadrului A se înregistrează valorile cele mai mari de forțe axiale în lungul grinzilor de cadru, iar în cazul cadrului B se înregistrează valorile cele mai mici ale forțelor axiale din grinzi (vezi Fig. 1.53). Diferențele dintre valorile extreme au fost în medie de 32,3%. În medie, valorile forțelor axiale maxime din grinzile cadrului C au fost cu 31% mai reduse decât cele ale cadrului A.

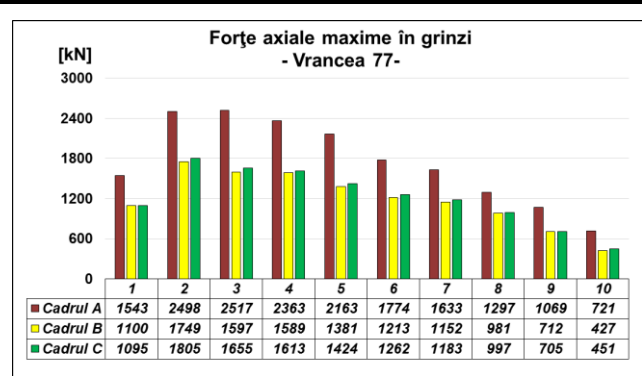


Fig. 1.53 Forțe axiale maxime în grinzi  
- Vrancea 77 -

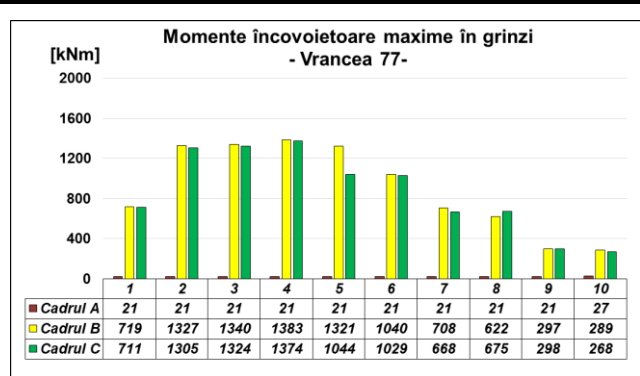


Fig. 1.54 Momente încovoietoare maxime în grinzi  
- Vrancea 77 -

În cele mai multe situații, cele mai mici valori de momente încovoietoare din grinzi au fost observate în cazul cadrului A și cele mai mari valori pentru cadrul B. În medie, valorile momentelor încovoietoare din grinzile cadrului B au fost cu aproximativ 98% mai mari decât cele constatate în cazul cadrului A (vezi Fig. 1.54).

### 1.2.3.2 Eforturi în stâlpii centrali

Valorile cele mai mari pentru forțele axiale din stâlpii centrali au fost observate pentru cadrul A. În medie pentru cadrele B și C, valorile maxime ale forțelor axiale au fost cu circa 38,9% și respectiv 37,4% mai mici (vezi Fig. 1.55).

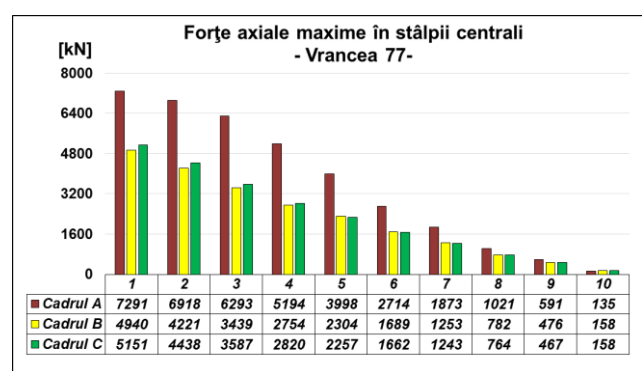


Fig. 1.55 Forțe axiale maxime în stâlpii centrali  
- Vrancea 77 -

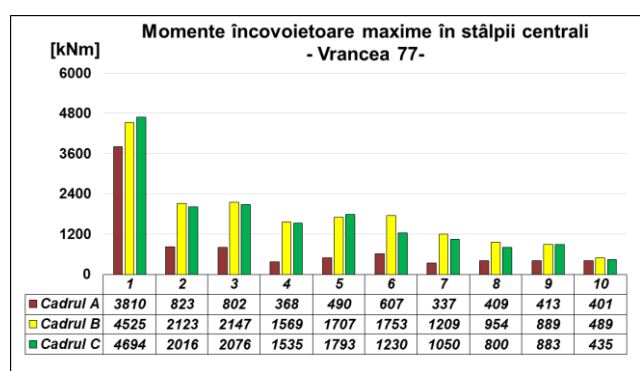
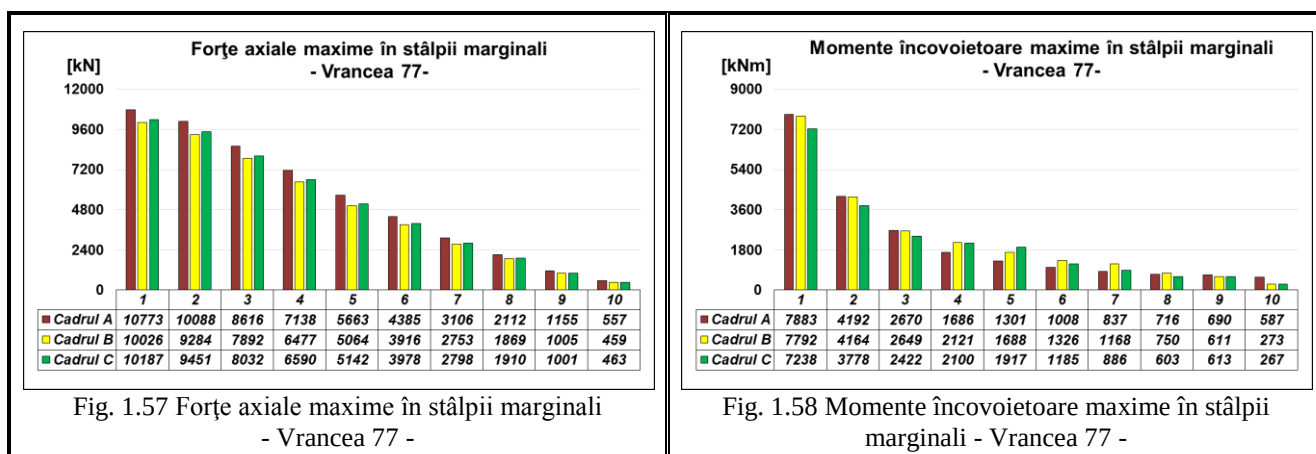


Fig. 1.56 Momente încovoietoare maxime în stâlpii centrali  
- Vrancea 77 -

În ceea ce privește valorile maxime ale momentelor încovoietoare din stâlpii centrali, acestea înregistrează valorile cele mai mari în cazul cadrului B (vezi Fig. 1.56). Momentele încovoietoare maxime din stâlpii centrali ai cadrelor A și C au fost cu circa 51,3% și respectiv 4,9%, mai mici comparativ cu valorile obținute pentru cadrul B.

### 1.2.3.3 Eforturi în stâlpii marginali

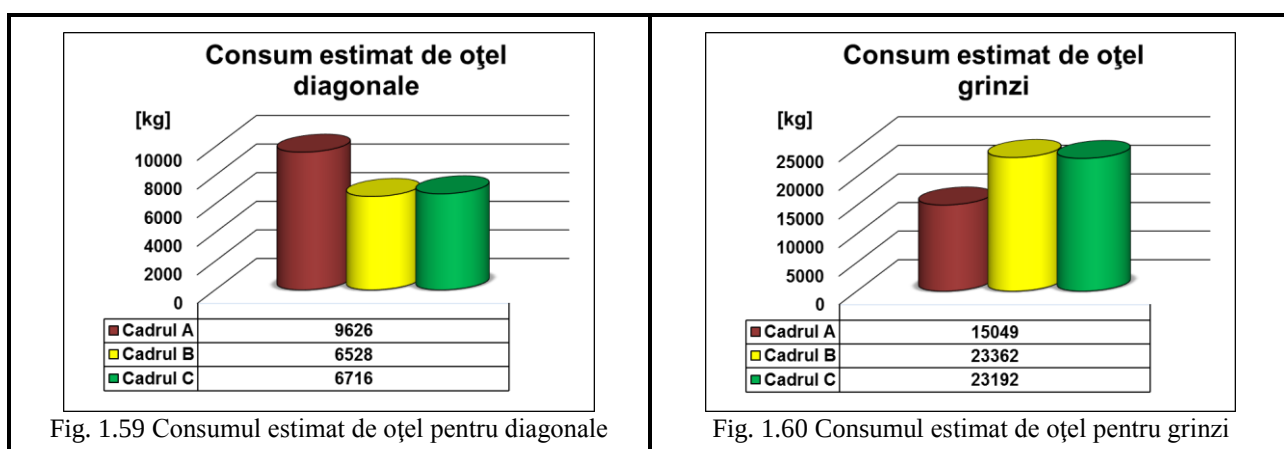
În timpul analizelor dinamic neliniare, valorile cele mai mari ale forțelor axiale din stâlpii marginali, s-au obținut pentru cadrul A. Față de valorile maxime ale forțelor axiale din lungul stâlpilor marginali ai cadrului A, pentru cadrul B s-au constatat valori cu circa 9% mai mici, iar pentru cadrul C valori cu aproximativ 7,5% mai reduse (vezi Fig. 1.57).



Cele mai mari valori ale momentelor încovoietoare din stâlpii marginali din timpul analizelor dinamic neliniare au fost obținute în cazul cadrului B. Valorile maxime ale momentelor încovoietoare din lungul stâlpilor marginali au fost în medie cu circa 4,3% mai reduse pentru cadrul A și respectiv cu aproximativ 6,8% pentru cadrul C, comparativ cu valorile maxime obținute pentru cadrul B (vezi valorile și graficul din Fig. 1.58).

#### 1.2.4 Consumul estimat de oțel

Pentru diagonale, consumul estimat de oțel cel mai mic a fost observat pentru cadrul B. Față de acesta, pentru diagonalele cadrului A consumul estimat de oțel a rezultat cu circa 32% mai mare, iar pentru cadrul C a rezultat cu aproximativ 2,8% mai ridicat (vezi Fig. 1.59).



În cazul cadrului A, prinderile articulate între grinzi și stâlpi și între diagonale și stâlpi, conduc la apariția unor forțe axiale mai mari în diagonale și la secțiuni mai dezvoltate pentru acestea. În cazul cadrelor C, prinderile rigide de la capetele diagonalelor au ca efect apariția unor momente încovoietoare reduse ca valoare în diagonale, care însă, conduc la secțiuni ceva mai dezvoltate pentru diagonalele acestor cadre, comparativ cu cele din cadrul B, la care prinderile articulate de la capetele diagonalelor conduc doar la dezvoltarea de forțe axiale la nivelul diagonalelor (fără momente încovoietoare).

Prinderile articulate de la extremitățile grinzilor cadrului A, au condus la dezvoltarea unor momente încovoietoare mult mai reduse în grinzi, la secțiuni mai puțin dezvoltate ale acestora și prin urmare la valorile cele mai reduse ale consumului estimat de oțel pentru grinzi.

Comparativ cu cadrul A, consumul estimat pentru grinzile cadrului C a rezultat cu aproximativ 35% mai ridicat, iar pentru cadrul B a rezultat cu peste 35,6% mai mare (vezi Fig. 1.60).

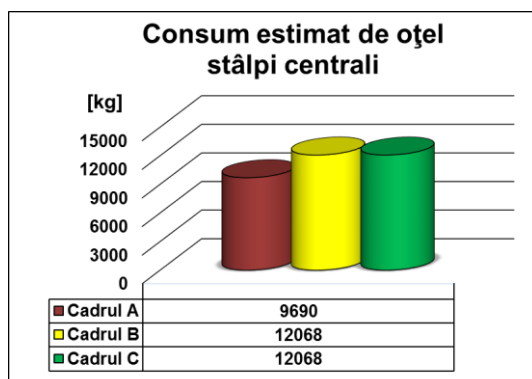


Fig. 1.61 Consumul estimat de oțel pentru stâlpii centrali

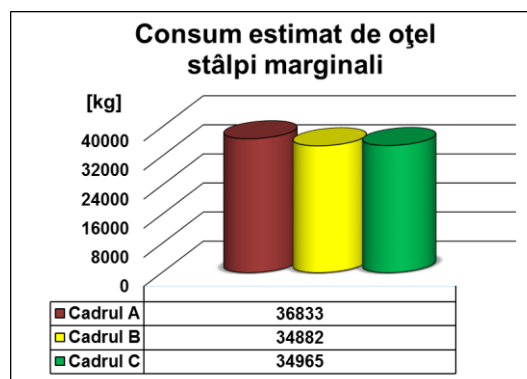


Fig. 1.62 Consumul estimat de oțel pentru stâlpii marginali

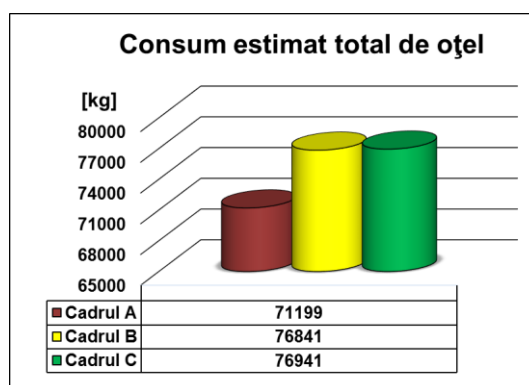


Fig. 1.63 Consumul estimat total de oțel

Pentru stâlpii centrali, consumul estimat de oțel cel mai mic a fost obținut pentru cadrul A. Comparativ cu această valoare minimă rezultată pentru cadrul A, pentru cadrele B și C s-a obținut un consum cu aproximativ 19,7% mai ridicat (vezi Fig. 1.61).

Cele mai reduse valori ale consumului estimat de oțel pentru stâlpii marginali au fost obținute pentru cadrul B. Față de acesta, consumul estimat de oțel al stâlpilor marginali pentru cadrele C și A, a fost cu circa 0,2% și respectiv cu aproximativ 5,3% mai mare (vezi Fig. 1.62).

Valoarea cea mai scăzută pentru consumul total estimat de material a rezultat în cazul cadrului A. Valoarea cea mai mare pentru consumul estimat de oțel a fost obținută în cazul cadrului C. În comparație cu valoarea cea mai mică a consumului total de oțel obținută pentru cadrul A, în cazul cadrului B consumul estimat de material a rezultat cu aproximativ 7,3% mai mare, iar în cazul cadrului C cu circa 7,5% mai ridicat (vezi Fig. 1.63).

### 1.3 Concluzii

Valorile cele mai ridicate pentru rigiditatea laterală a rezultat pentru cadrul C atât pentru structurile de șase cât și pentru cele de zece niveluri, iar valorile cele mai reduse pentru cadrul A. Prin urmare, valorile cele mai mari ale forței tăietoare de bază, pentru structurile de șase și respectiv de zece niveluri, au fost obținute pentru cadrul C, în timpul analizei dinamice neliniare în care s-au folosit accelerogramele Vrancea 86 (pentru cadrele cu șase niveluri) și respectiv Vrancea 77 (pentru cadrele cu zece niveluri). În cazul cadrelor de șase niveluri, pentru sensul pozitiv al acțiunii seismice,

diferența dintre valori extreme înregistrate a fost de aproximativ 16,9%, iar pentru sensul negativ al acțiunii seismice a rezultat de circa 7,5%. În cazul cadrelor de zece niveluri, pentru sensul negativ al acțiunii seismice, diferența dintre valorile extreme obținute a fost în jur de 1,9% iar pentru sensul pozitiv al acțiunii seismice, diferența a fost de aproximativ 2,6%.

În ceea ce privește valorile cele mai mari ale deplasărilor orizontale de nivel, în cazul cadrelor cu șase niveluri, valorile cele mai ridicate se obțin pentru cadrul A pentru ambele sensuri de acțiune ale încărcării seismice. Pentru cadrele cu zece niveluri, valorile extreme ale deplasărilor orizontale s-au înregistrat în cazul cadrului A pentru sensul pozitiv al acțiunii seismice și în cazul cadrului B pentru celălalt sens.

În cele mai multe cazuri, deformațiile plastice cele mai mari au putut fi constatate în urma analizelor dinamic neliniare efectuate cu accelerograma Vrancea 86 pentru structurile cu șase niveluri și respectiv cu accelerograma Vrancea 77 pentru structurile cu zece niveluri. Cele mai mari deformații plastice de la nivelul diagonalor, s-au observat de regulă în cazul cadrelor B (pentru cadrele cu șase și respectiv zece niveluri). Excepție fac ultimele două niveluri pentru care valorile cele mai mari au rezultat pentru cadrul A, datorită unor de amplificări dinamice locale la ultimele niveluri de tipul efectului de bici.

Rotirile inelastice cele mai mari, de la nivelul zonelor potențial plastice din grinzi au fost observate de regulă în cazul cadrelor B (pentru cadrele cu șase și respectiv zece niveluri). În raport cu valorile înregistrate la nivelul cadrelor C, diferențele au fost în medie de aproximativ 14% în cazul grinzilor cadrelor cu șase niveluri și respectiv de circa 12% în cazul grinzilor cadrelor cu zece niveluri.

Eforturile axiale cu valorile cele mai reduse, s-au constatat la nivelul cadrelor B cu șase și zece niveluri (în cazul grinzilor, stâlpilor centrali și stâlpilor marginali). Pentru cele trei cadre cu șase niveluri, valorile cele mai ridicate de forțe axiale s-au observat în cadrul A (pentru grinzi), respectiv în cadrul C (pentru stâlpii centrali și marginali). În cazul cadrelor cu zece niveluri, forțele axiale cu valorile cele mai mari au rezultat pentru cadrul A (pentru grinzi, stâlpii centrali și respectiv stâlpi marginali).

Pentru structurile de șase niveluri, momentele încovoietoare cu valorile cele mai mici au fost obținute pentru cadrul A (atât pentru grinzi, cât și pentru stâlpii centrali și marginali). Pentru structurile de zece niveluri, valorile cele mai reduse au fost obținute în cazul cadrului A (pentru grinzi și stâlpi centrali) și în cazul cadrului C (pentru stâlpi marginali).

Consumul estimat total de oțel cel mai ridicat s-a obținut pentru cadrul B în cazul structurilor cu șase niveluri și C pentru cadrele cu zece niveluri, iar cel mai redus pentru cadrele A (pentru cadrele cu șase și respectiv zece niveluri). Diferența maximă înregistrată pentru cadrele de șase niveluri a fost de aproximativ 3,8% (între cadrele B și A), iar pentru cele de zece niveluri de circa 7,5% (între cadrele C și A).

Consumul estimat de oțel cel mai redus, pentru cadrele cu șase niveluri, s-a obținut pentru stâlpii centrali și marginali din cadrul C, pentru grinzile din cadrul A și respectiv pentru diagonalele cadrului B. Pentru cadrele de zece niveluri, consumul estimat de oțel cel mai scăzut a rezultat pentru diagonalele și stâlpii marginali ai cadrului B și pentru grinzile și stâlpii centrali ai cadrului A.

Din punct de vedere al consumului estimat de oțel cadrele A, cu prinderi articulate la capetele diagonalelor și grinzilor, au rezultat cele mai avantajoase, iar din punct de vedere al deformațiilor plastice constatate la nivelul diagonalelor și grinzilor, cele mai reduse valori au putut fi observate în cazul cadrelor C, adică la cadrele cu prinderi rigide pentru diagonale și grinzi.

## 2 Poziționarea zonelor potențial plastice în lungul riglelor de cadru

Cadrele analizate fac parte dintr-o structură cu două deschideri și patru travei de câte 6m, cu înălțimea de nivel de 3,5m, amplasată în București. A fost supus analizei câte un cadru contravântuit centric ce face parte dintr-un sistem structural de șase niveluri și zece niveluri. Așa cum este indicat în Fig. 2.1, pe fiecare direcție principală a construcției sunt prevăzute câte două cadre contravântuite centric amplasate perimetral.

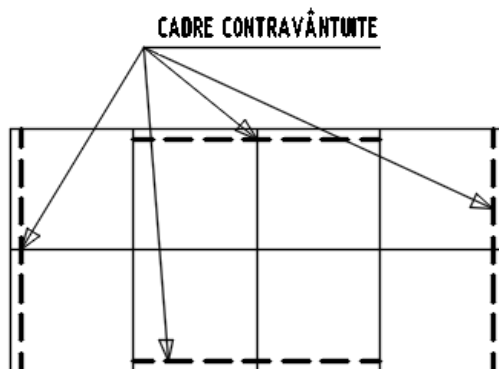


Fig. 2. 1 Dispunerea în plan a cadrelor contravântuite

Diagonalele au fost dispuse în structură descendent de la stâlpii marginali către stâlpul central (sistemul de contravântuire de tip DM), așa cum este indicat în Fig. 2.2:

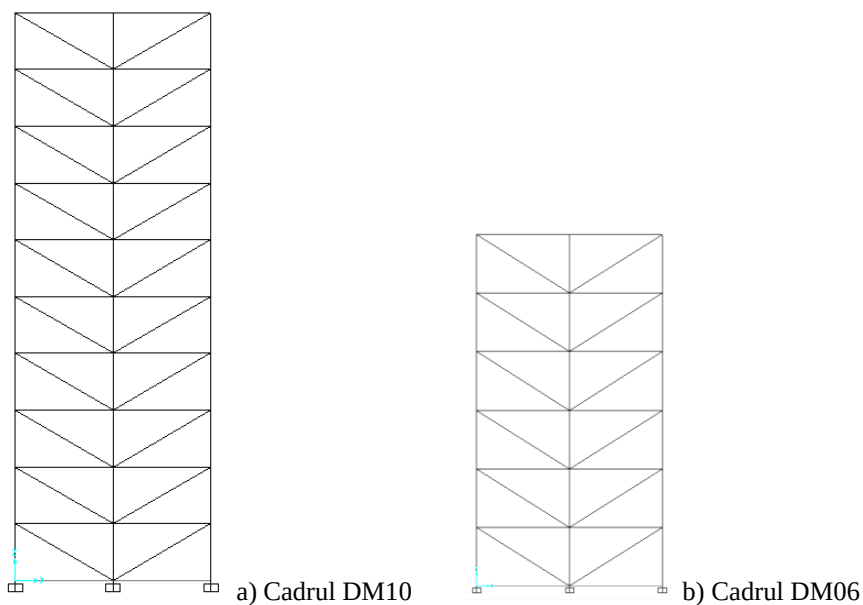


Fig. 2. 2 Cadrele analizate

Toate elementele structurale (diagonale, grinzi și stâlpi) au secțiuni I dublu-simetrice alcătuite din table sudate, dimensionate conform prescripțiilor din SR EN 1993-1-1[3], iar prinderile dintre acestea au fost de tip rigid.

Pentru analiză, zonele potențial plastice din lungul grinzilor (secțiuni de grindă cu lățime de tălpi reduse) au fost poziționate la aproximativ 1,0m și 2,0m de axul stâlpilor.

Pentru fiecare configurație distinctă de amplasare a zonelor potențial plastice în lungul riglelor de cadru, din dimensionare au rezultat următoarele secțiuni transversale:

|       | DIAGONALE |          | GRINZI   |          | ZPP      | STÂLPI CENTRALI |          | STÂLPI MARGINALI |          |
|-------|-----------|----------|----------|----------|----------|-----------------|----------|------------------|----------|
| Nivel | hw x tw   | b x tf   | hw x tw  | b x tf   | b x tf   | hw x tw         | b x tf   | hw x tw          | b x tf   |
| 1     | 170 x 6   | 190 x 12 | 440 x 14 | 340 x 30 | 130 x 30 | 750 x 25        | 700 x 40 | 800 x 25         | 800 x 60 |
| 2     | 230 x 7   | 230 x 14 | 420 x 18 | 360 x 40 | 190 x 40 | 750 x 25        | 700 x 40 | 800 x 25         | 800 x 60 |
| 3     | 230 x 7   | 230 x 14 | 420 x 18 | 360 x 40 | 190 x 40 | 750 x 25        | 700 x 40 | 800 x 25         | 800 x 60 |
| 4     | 230 x 7   | 230 x 14 | 420 x 18 | 360 x 40 | 190 x 40 | 600 x 16        | 400 x 35 | 700 x 22         | 600 x 40 |
| 5     | 210 x 7   | 220 x 12 | 440 x 14 | 340 x 30 | 180 x 30 | 600 x 16        | 400 x 35 | 700 x 22         | 600 x 40 |
| 6     | 210 x 7   | 220 x 12 | 440 x 14 | 340 x 30 | 180 x 30 | 600 x 16        | 400 x 35 | 700 x 22         | 600 x 40 |
| 7     | 170 x 6   | 190 x 12 | 400 x 10 | 330 x 22 | 170 x 22 | 450 x 14        | 400 x 30 | 550 x 15         | 400 x 30 |
| 8     | 170 x 6   | 190 x 12 | 400 x 10 | 330 x 22 | 170 x 22 | 450 x 14        | 400 x 30 | 550 x 15         | 400 x 30 |
| 9     | 140 x 5   | 160 x 9  | 300 x 9  | 250 x 15 | 130 x 15 | 400 x 12        | 400 x 20 | 400 x 12         | 300 x 20 |
| 10    | 140 x 5   | 160 x 9  | 300 x 9  | 250 x 15 | 130 x 15 | 400 x 12        | 400 x 20 | 400 x 12         | 300 x 20 |

Tab. 2.1 Secțiuni pentru Cadrul DM10 – 1m

|       | DIAGONALE |          | GRINZI   |          | ZPP      | STÂLPI CENTRALI |          | STÂLPI MARGINALI |          |
|-------|-----------|----------|----------|----------|----------|-----------------|----------|------------------|----------|
| Nivel | hw x tw   | b x tf   | hw x tw  | b x tf   | b x tf   | hw x tw         | b x tf   | hw x tw          | b x tf   |
| 1     | 170 x 6   | 190 x 12 | 400 x 12 | 340 x 22 | 140 x 22 | 750 x 25        | 700 x 40 | 800 x 25         | 800 x 60 |
| 2     | 230 x 7   | 230 x 14 | 450 x 14 | 360 x 25 | 180 x 25 | 750 x 25        | 700 x 40 | 800 x 25         | 800 x 60 |
| 3     | 230 x 7   | 230 x 14 | 450 x 14 | 360 x 25 | 180 x 25 | 750 x 25        | 700 x 40 | 800 x 25         | 800 x 60 |
| 4     | 230 x 7   | 230 x 14 | 450 x 14 | 360 x 25 | 180 x 25 | 600 x 16        | 400 x 35 | 700 x 22         | 600 x 40 |
| 5     | 210 x 7   | 220 x 12 | 400 x 12 | 340 x 22 | 170 x 22 | 600 x 16        | 400 x 35 | 700 x 22         | 600 x 40 |
| 6     | 210 x 7   | 220 x 12 | 400 x 12 | 340 x 22 | 170 x 22 | 600 x 16        | 400 x 35 | 700 x 22         | 600 x 40 |
| 7     | 170 x 6   | 190 x 12 | 340 x 10 | 280 x 18 | 150 x 18 | 450 x 14        | 400 x 30 | 550 x 16         | 400 x 30 |
| 8     | 170 x 6   | 190 x 12 | 340 x 10 | 280 x 18 | 140 x 18 | 450 x 14        | 400 x 30 | 550 x 16         | 400 x 30 |
| 9     | 140 x 5   | 160 x 9  | 230 x 7  | 250 x 12 | 140 x 12 | 400 x 12        | 400 x 20 | 400 x 12         | 300 x 18 |
| 10    | 140 x 5   | 160 x 9  | 230 x 7  | 250 x 12 | 140 x 12 | 400 x 12        | 400 x 20 | 400 x 12         | 300 x 18 |

Tab. 2 2 Secțiuni pentru Cadru DM10 – 2m

|       | DIAGONALE |          | GRINZI   |          | ZPP      | STÂLPI CENTRALI |          | STÂLPI MARGINALI |          |
|-------|-----------|----------|----------|----------|----------|-----------------|----------|------------------|----------|
| Nivel | hw x tw   | b x tf   | hw x tw  | b x tf   | b x tf   | hw x tw         | b x tf   | hw x tw          | b x tf   |
| 1     | 180 x 6   | 180 x 12 | 400 x 10 | 330 x 20 | 180 x 20 | 600 x 20        | 450 x 40 | 750 x 25         | 550 x 40 |
| 2     | 190 x 6   | 220 x 12 | 400 x 12 | 350 x 25 | 180 x 25 | 600 x 20        | 450 x 40 | 750 x 25         | 550 x 40 |
| 3     | 180 x 6   | 180 x 12 | 400 x 12 | 350 x 20 | 180 x 20 | 400 x 14        | 400 x 25 | 550 x 15         | 400 x 30 |
| 4     | 180 x 6   | 180 x 12 | 360 x 10 | 330 x 20 | 180 x 20 | 400 x 14        | 400 x 25 | 550 x 15         | 400 x 30 |
| 5     | 150 x 5   | 160 x 9  | 310 x 9  | 240 x 16 | 120 x 16 | 400 x 12        | 350 x 20 | 400 x 12         | 350 x 20 |
| 6     | 150 x 5   | 160 x 9  | 220 x 7  | 160 x 14 | 100 x 14 | 400 x 12        | 350 x 20 | 400 x 12         | 350 x 20 |

Tab. 2 3 Secțiuni pentru Cadrul DM06 – 1m



|       | DIAGONALE |          | GRINZI   |          | ZPP      | STÂLPI CENTRALI |          | STÂLPI MARGINALI |          |
|-------|-----------|----------|----------|----------|----------|-----------------|----------|------------------|----------|
| Nivel | hw x tw   | b x tf   | hw x tw  | b x tf   | b x tf   | hw x tw         | b x tf   | hw x tw          | b x tf   |
| 1     | 180 x 6   | 180 x 12 | 330 x 10 | 270 x 18 | 140 x 18 | 600 x 20        | 450 x 40 | 750 x 25         | 550 x 40 |
| 2     | 190 x 6   | 220 x 12 | 400 x 12 | 280 x 20 | 140 x 20 | 600 x 20        | 450 x 40 | 750 x 25         | 550 x 40 |
| 3     | 180 x 6   | 180 x 12 | 330 x 10 | 280 x 20 | 140 x 20 | 400 x 14        | 400 x 25 | 500 x 15         | 400 x 30 |
| 4     | 180 x 6   | 180 x 12 | 330 x 10 | 260 x 18 | 230 x 18 | 400 x 14        | 400 x 25 | 500 x 15         | 400 x 30 |
| 5     | 150 x 5   | 160 x 9  | 240 x 8  | 240 x 15 | 120 x 15 | 400 x 12        | 350 x 20 | 400 x 12         | 350 x 20 |
| 6     | 150 x 5   | 160 x 9  | 220 x 6  | 180 x 12 | 100 x 12 | 400 x 12        | 350 x 20 | 400 x 12         | 350 x 20 |

Tab. 2 4 Secțiuni pentru Cadrul DM06 – 2m

Cadrela contravântuită centric rezultată în urma dimensionării au fost supuse analizei dinamice neliniare [4], utilizând componenta N-S a accelerogramelor cutremurelor vrâncene din 04.03.1977, 31.08.1986 și 30.05.1990, înregistrate toate la INCERC București și scalate pentru a se obține o valoare a accelerației terenului de 0,3g. S-a luat în considerare amortizarea de tip Rayleigh, folosindu-se factori de amortizare proporționali cu masa și rigiditatea corespunzătoare modurilor unu și trei de vibrație [5].

Primele trei perioade proprii pentru cadrele analizate, sunt indicate în Fig. 2.3 and Fig. 2.4.

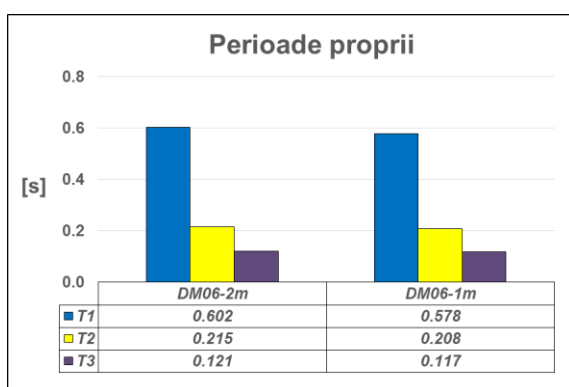


Fig. 2. 3 Perioade proprii pentru cadrele de șase niveluri

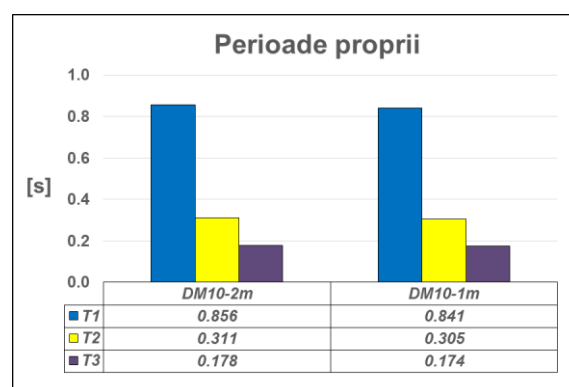


Fig. 2. 4 Perioade proprii pentru cadrele de zece niveluri

Se poate observa că perioade proprii mai mari s-au obținut pentru cadrele DM06-2m și respectiv DM10-2m, aceste cadre fiind mai flexibile decât cele în care zonele potențial plastice sunt poziționate la aproximativ 1,0m de axul stâlpilor (vezi Fig. 2.3 și Fig. 2.4).

## 2.1 Comportarea la acțiuni seismice a cadrelor cu șase niveluri

### 2.1.1 Valori extreme pentru forțe tăietoare de bază și deplasări orizontale

Valoarea cea mai mare a forței tăietoare de bază pentru structurile cu șase niveluri a fost observată în cazul cadrului DM-1m în timpul analizei dinamice neliniare cu accelerograma Vrancea 86. În cazul cadrului DM-2m valoarea cea mai mare a forței tăietoare de bază s-a înregistrat în timpul analizei dinamice neliniare cu accelerograma Vrancea 77. Diferența dintre cele două valori a fost de până la 6% (vezi Fig. 2.5).

Cele mai mici valori ale forței tăietoare de bază au rezultat, atât pentru cadrul DM-1m cât și pentru cadrul DM-2m, din analiza dinamic neliniară cu accelerograma Vrancea 90, diferențele dintre valori fiind de circa 5%.



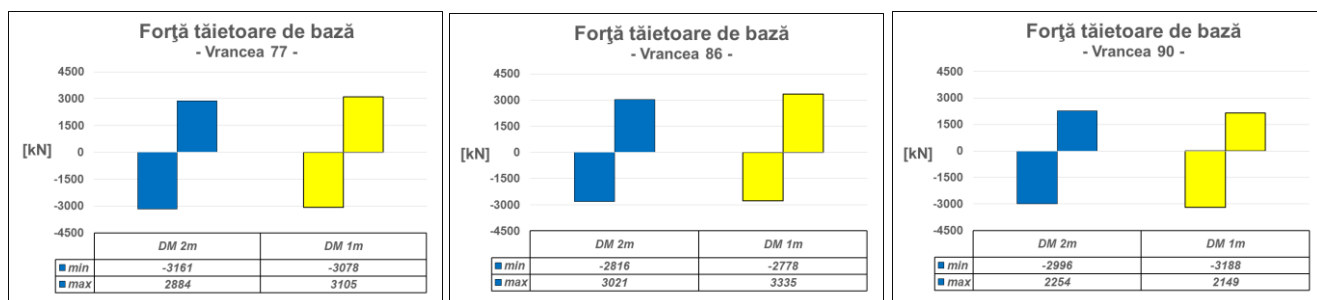


Fig. 2. 5 Valori maxime pentru forța tăietoare de bază (Vrancea 77, Vrancea 86, Vrancea 90) - cadre cu șase niveluri

Cele mai mari valori ale deplasărilor orizontale au fost observate în cazul anelurilor cadre cu șase niveluri în analiza dinamic neliniară în care s-a folosit accelerograma Vrancea 86. Valorile cele mai mari ale deplasărilor orizontale s-au obținut pentru cadrul DM-2m. Diferența dintre valorile maxime ale deplasărilor celor două cadre de șase niveluri a fost de până la 14% (vezi Fig. 2.6).

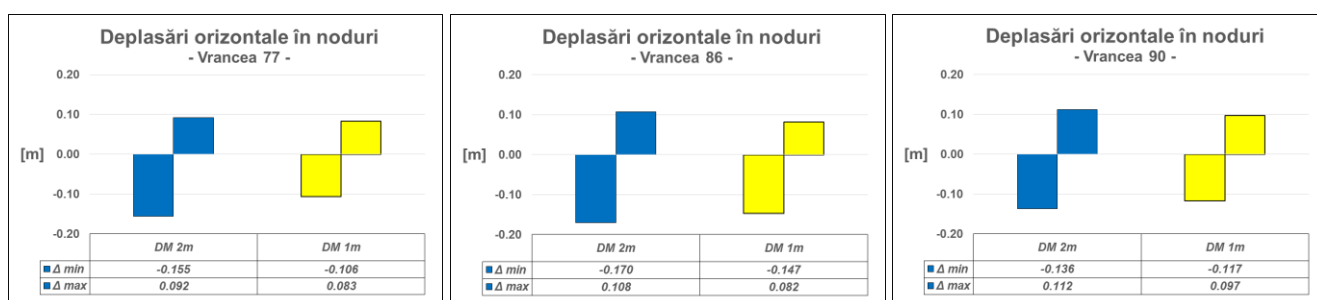


Fig. 2. 6 Valori maxime pentru deplasările orizontale (Vrancea 77, Vrancea 86, Vrancea 90) - cadre cu șase niveluri

### 2.1.2 Valori maxime ale deformațiilor inelastice în lungul diagonalelor și grinzilor

Cadrele analizate au avut o comportare favorabilă în timpul analizelor dinamic neliniare, toate deformațiile inelastice fiind concentrate doar la nivelul diagonalelor și al zonelor potențial plastice din lungul grinzilor de cadru.

Cele mai mari valori ale deformațiilor plastice înregistrate în diagonale s-au obținut pentru cadrul DM-2m din analiza efectuată cu accelerograma Vrancea 86. În medie, diferența dintre valorile lungirilor plastice din diagonale înregistrate pentru cadrele cu șase niveluri a fost de aproximativ 16%.

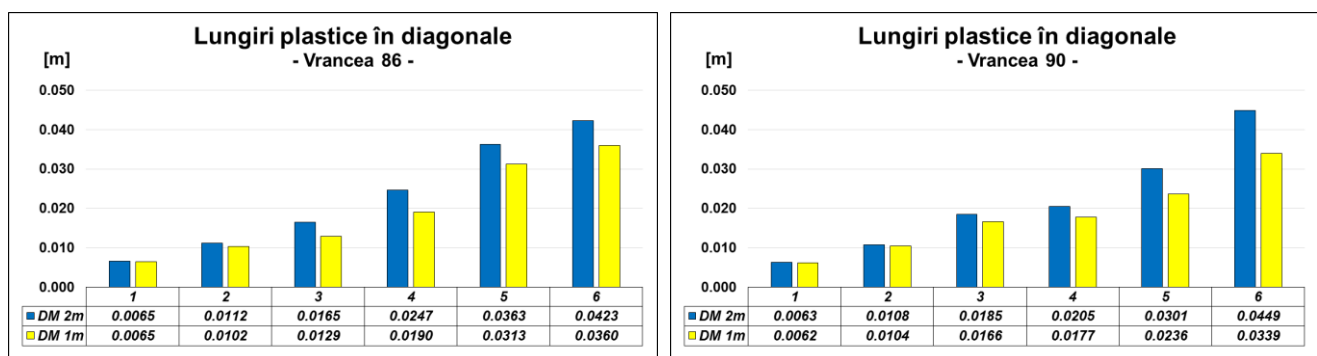


Fig. 2. 7 Lungiri plastice maxime în diagonale (Vrancea 86, Vrancea 90) - cadre cu șase niveluri

În ceea ce privește rotirile din zonele potențial plastice amplasate în lungul grinzilor de cadru se poate observa că valorile cele mai mari s-au obținut pentru cadrul DM-2m. Pe parcursul analizelor dinamic neliniare cu accelerogramele Vrancea 86 și Vrancea 90, pentru cadrul DM-2m nu s-au observat rotiri în zonele potențial plastice la primele două niveluri ale structurii (vezi Fig. 2.8).

Valorile obținute pentru cadrul DM-1m au fost în medie cu 34% mai mici decât cele obținute pentru cadrul DM-2m (Vrancea 86).

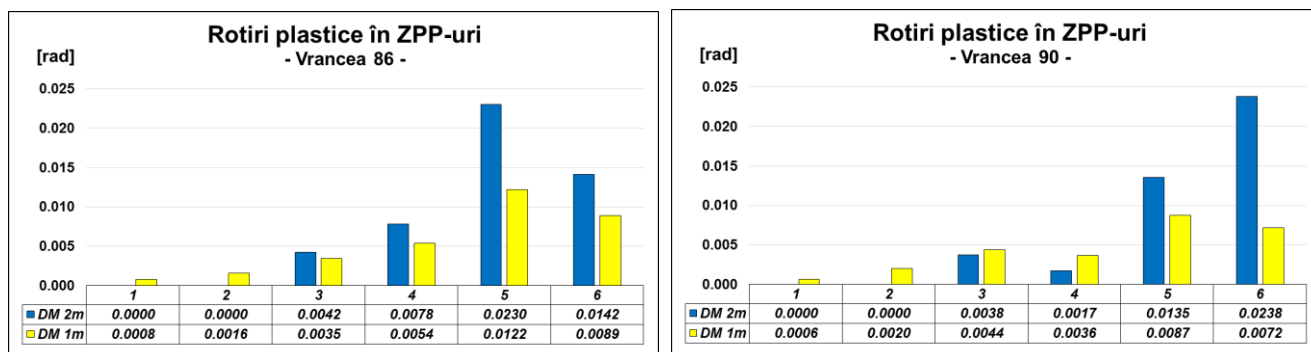


Fig. 2. 8 Rotiri plastice maxime în grinzi (Vrancea 86, Vrancea 90)

### 2.1.3 Valori maxime ale eforturilor secționale în diferite categorii de elemente structurale

În timpul analizelor dinamic neliniare, în grinzile cadrului DM-2m s-au înregistrat de cele mai multe ori valori mai mici ale forțelor axiale și momentelor încovoietoare, comparativ cu cadrul DM-1m. În cazul forțelor axiale, valorile au fost destul de apropiate. Valorile de forțe axiale din grinzile cadrului DM-1m au fost cu aproximativ 0,6% mai mari, comparativ cu cele înregistrate pentru cadrul în care zonele potențial plastice sunt poziționate la aproximativ 2m de axele stâlpilor (vezi Fig. 2.9).

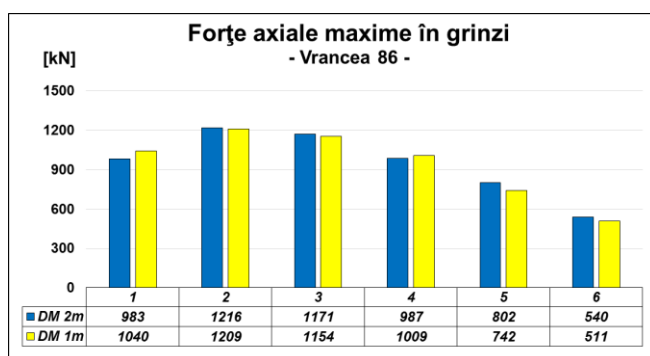


Fig. 2. 9 Forțe axiale maxime în grinzi

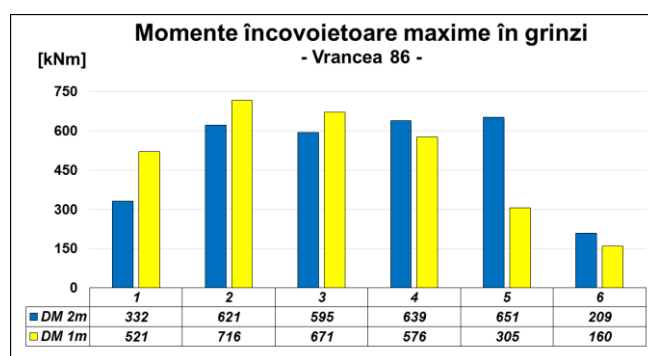


Fig. 2. 10 Momente încovoietoare maxime în grinzi

În medie, valorile momentelor încovoietoare maxime observate în cazul cadrului DM-2m au fost cu aproximativ 5% mai mici, față de cele înregistrate în cazul cadrului DM-1m (vezi Fig. 2.10).

În timpul analizelor dinamic neliniare în stâlpii centrali ai cadrului DM-2m se pot observa valori mai ridicate ale forțelor axiale, comparativ cu cele constatate la nivelul cadrelor DM-1m.

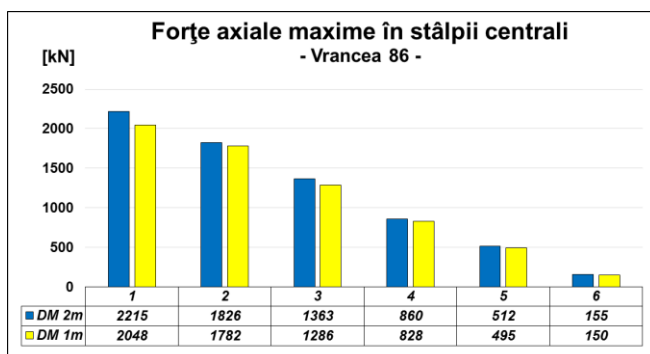


Fig. 2. 11 Forțe axiale maxime în stâlpii centrali

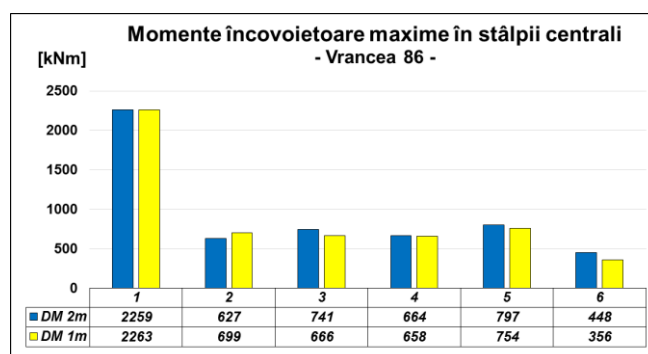


Fig. 2. 12 Momente încovoietoare maxime în stâlpii centrali

În medie, în cazul cadrului DM-1m valorile de forțe axiale au fost cu circa 5% mai reduse decât în cazul cadrului DM-2m (vezi Fig. 2.11).

Valorile maxime ale momentelor încovoietoare din stâlpii centrali ai cadrului DM-au fost în medie cu aproximativ 3% mai reduse decât în cazul cadrului DM-2m (vezi Fig. 2.12).

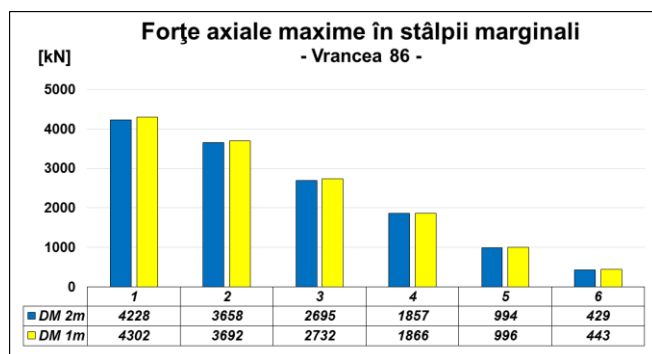


Fig. 2. 13 Forțe axiale maxime în stâlpii marginali

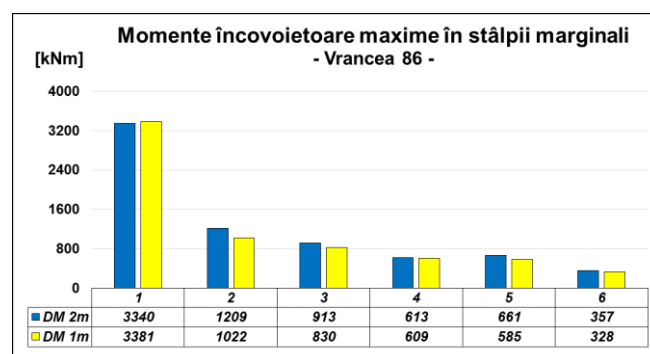


Fig. 2. 14 Momente încovoietoare maxime în stâlpii marginali

În medie, valorile maxime ale forțe axiale din stâlpii marginali au fost cu aproximativ 1% mai ridicate în cazul cadrului DM-1m față de cadrul DM-2m (vezi Fig. 2.13). Valorile maxime ale momentelor încovoietoare observate în timpul analizelor dinamic neliniare în stâlpii marginali, au fost mai reduse în medie cu circa 5% pentru cadrul DM-1m față de cadrul DM-2m (vezi Fig. 2.14).

#### 2.1.4 Energia disipată în timpul analizelor dinamic neliniare

Componentele energiei disipate de cadrele cu șase niveluri, în timpul analizei dinamic neliniare cu accelerograma Vrancea 86, sunt indicate în Fig. 2.15 și 2.16.

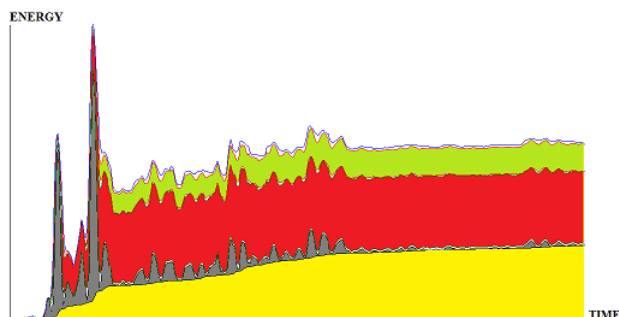


Fig. 2. 15 Energie disipată. Cadrul DM-1m (Vrancea 86)

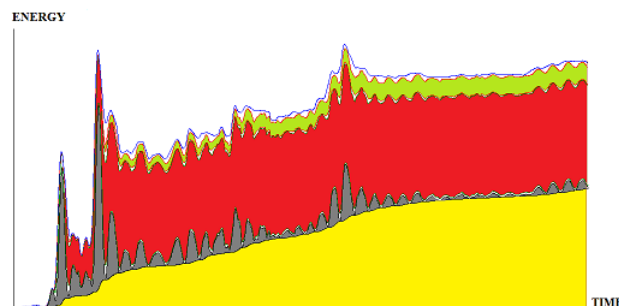


Fig. 2. 16 Energie disipată. Cadrul DM-2m (Vrancea 86)

În toate aceste figuri, suprafața colorată în galben reprezintă energia consumată prin amortizare, suprafața colorată în gri este proporțională cu energia cinetică, iar suprafața albă reprezintă energia consumată prin deformarea în domeniul elastic a diferitelor categorii de elemente structurale, suprafața colorată în roșu reprezintă energia disipată prin deformații plastice la nivelul diagonalelor, iar suprafața colorată în verde reprezintă energia consumată prin deformații plastice la nivelul zonelor potențial plastice din grinzi.

Analizând Fig. 2.16, se poate constata, că în cazul cadrului DM-2m, cantitatea de energie consumată prin deformații plastice în diagonale are o pondere mai mare decât energia consumată în zonele potențial plastice din grinzi (suprafața roșie are o arie mai mare decât cea verde). Prin comparație cu Fig. 2.15 se poate observa că, lucrul mecanic consumat de zonele potențial plastice din grinzi are valoare mai mare pentru cadrul DM-1m în raport cu cadrul DM-2m, iar cantitatea de energie consumată prin deformații plastice în diagonale are valoare mai mare pentru cadrul DM-2m comparativ cu cea a cadrului DM-1m.

## 2.2 Comportarea la acțiuni seismice a cadrelor cu zece niveluri

### 2.2.1 Valori extreme pentru forțe tăietoare de bază și deplasări orizontale

Pentru structurile cu zece niveluri, valorile cele mai mari pentru forța tăietoare de bază au fost observate din analiza dinamic neliniară cu accelerograma Vrancea 77 pentru ambele cadre (DM-1m și respectiv DM-2m) pentru același sens al acțiunii seismice. Diferența a fost de aproximativ 14%.

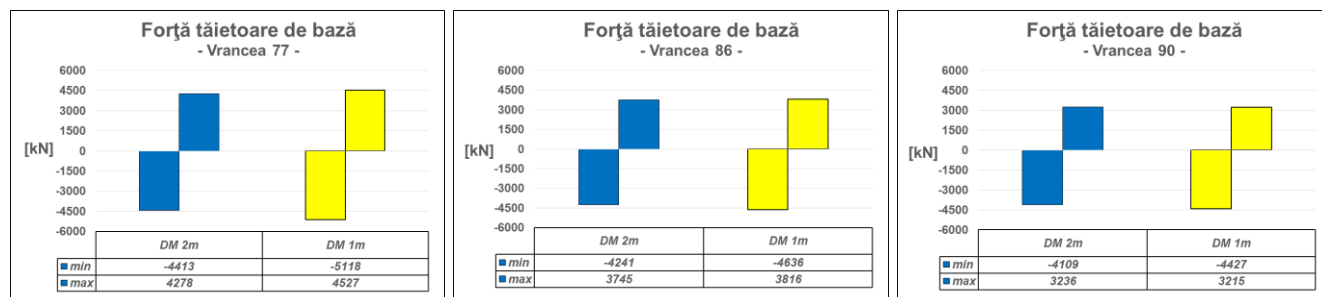


Fig. 2. 17 Valori maxime pentru forța tăietoare de bază (Vrancea 77, Vrancea 86, Vrancea 90) - cadre cu zece niveluri

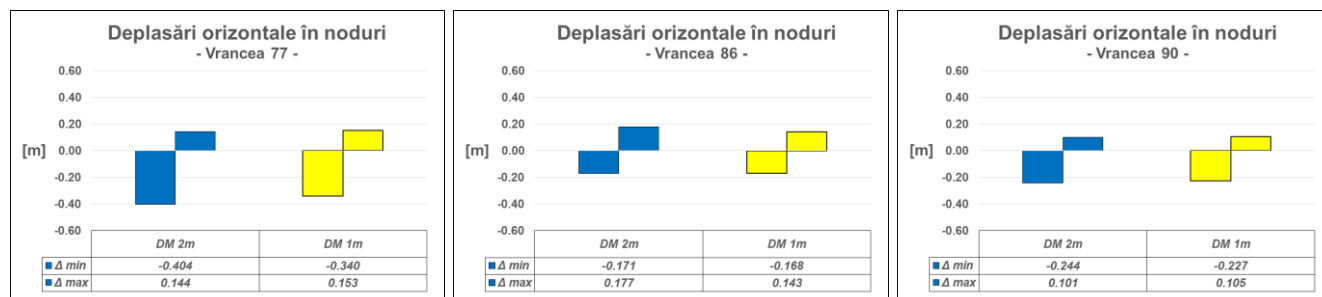


Fig. 2. 18 Valori maxime pentru deplasările orizontale (Vrancea 77, Vrancea 86, Vrancea 90) - cadre cu zece niveluri

Cele mai mari valori ale deplasărilor orizontale au fost observate pentru cadrele de zece niveluri din analiza dinamic neliniară în care s-a folosit accelerograma Vrancea 77. Valorile cele mai mari ale deplasărilor orizontale s-au obținut pentru cadrul DM-2m. Diferența dintre valorile maxime ale deplasărilor laterale pentru cadrele cu zece niveluri a fost de aproximativ 16% (vezi Fig. 2.18).

Analizând valorile din Fig. 2.17 și Fig. 2.18 se poate observa că valorile extreme pentru forțele tăietoare de bază și deplasările orizontale pentru cadrele cu zece niveluri, se înregistrează cu mici excepții, în timpul analizelor dinamic neliniare cu accelerograma Vrancea 77.

### 2.2.2 Valori maxime ale deformațiilor inelastice în lungul diagonalelor și grinzilor

Cele mai mari valori ale deformațiilor plastice înregistrate în diagonalele cadrelor cu zece niveluri, s-au obținut pentru cadrul DM-2m din analiza efectuată cu accelerograma Vrancea 77. În medie, diferența dintre valorile lungirilor plastice din diagonale obținute pentru structurile cu zece niveluri a fost de circa 22% (vezi Fig. 2. 19).

În ceea ce privește rotirile din zonele potențial plastice amplasate în lungul riglelor de cadru, se poate observa că valorile cele mai mari s-au obținut pentru cadrul DM-2m. Pentru cadrul DM-1m valorile au fost în medie cu circa 40% mai mici comparativ cu valorile obținute pentru cadrul DM-2m (vezi Fig. 2. 20).

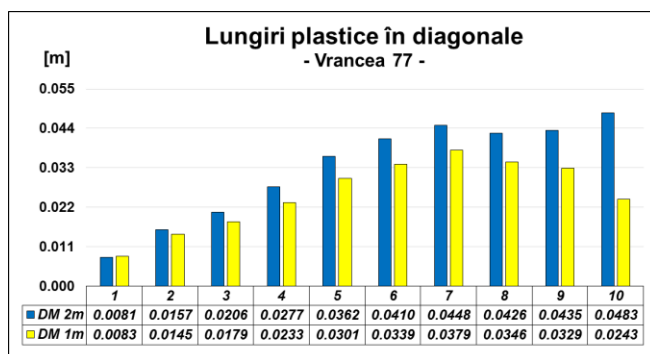


Fig. 2. 19 Lungiri plastice maxime în diagonale

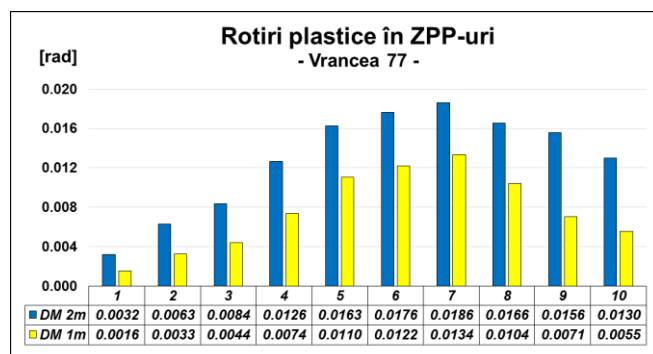


Fig. 2. 20 Rotiri plastice maxime în grinzi

### 2.2.3 Valori maxime ale eforturilor secționale în diferite categorii de elemente structurale

În cazul grinzilor cadrului DM-2m, în timpul analizelor dinamic neliniare, s-au înregistrat de cele mai multe ori valori mai mici ale forțelor axiale și momentelor încovoietoare, comparativ cu cadrul DM-1m. În cazul forțelor axiale valorile au fost destul de apropiate. Valorile de forțe axiale din grinzile cadrului DM-1m au fost cu circa 0,3% mai mari, comparativ cu cele înregistrate în cadrele în care zonele potențial plastice au fost poziționate la aproximativ 2m de axele stâlpilor de cadru (vezi Fig. 2.21).

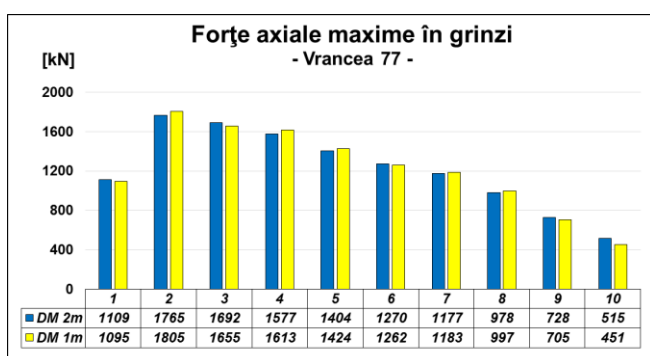


Fig. 2. 21 Forțe axiale maxime în grinzi

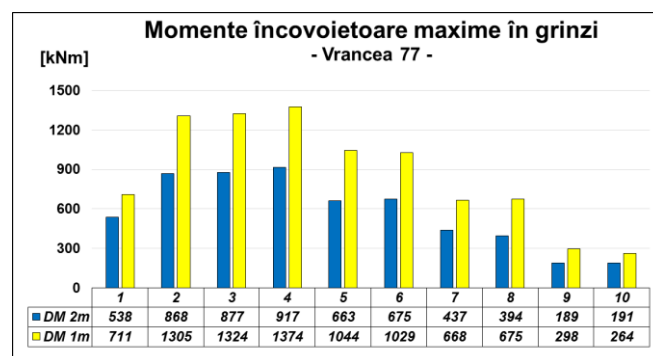


Fig. 2. 22 Momente încovoietoare maxime în grinzi

În medie, valorile momentelor încovoietoare maxime observate în grinzi, în cazul cadrului DM-2m au fost cu aproximativ 34% mai mici, comparativ cu cele înregistrate în cazul cadrului DM-1m (vezi valorile din Fig. 2.22).

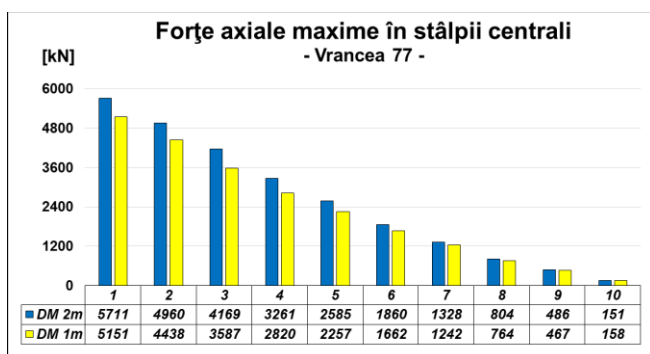


Fig. 2. 23 Forțe axiale maxime în stâlpii centrali

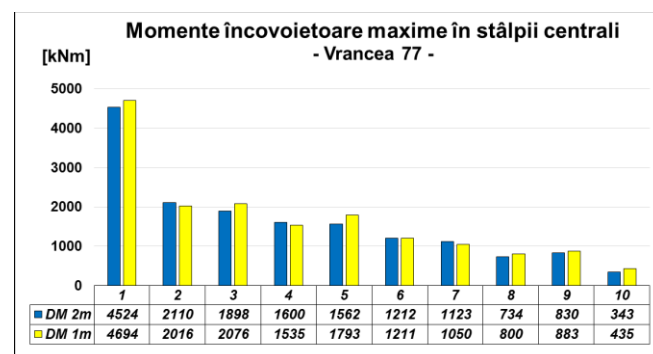


Fig. 2. 24 Momente încovoietoare maxime în stâlpii centrali

În timpul analizelor dinamic neliniare, în stâlpii centrali ai cadrului DM-2m se pot observa valori mai ridicate ale forțelor axiale, comparativ cu cele constatate la nivelul cadrului DM-1m. În

medie, în cazul cadrului DM-1m valorile forțelor axiale din stâlpii centrali au rezultat cu aproximativ 11% mai mici comparativ cu cadrul DM-2m (vezi Fig. 2.23).

În cazul stâlpilor centrali ai cadrului DM-1m s-au observat în medie, valori maxime ale momentelor încovoietoare cu circa 4% mai mari față de cele constatate în cazul cadrului DM-2m (vezi valorile din Fig. 2.24).

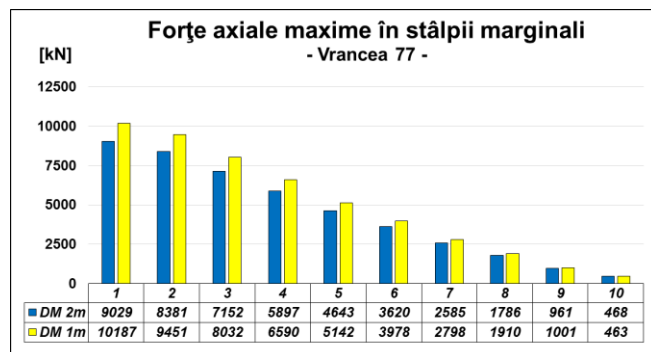


Fig. 2. 25 Forțe axiale maxime în stâlpii marginali

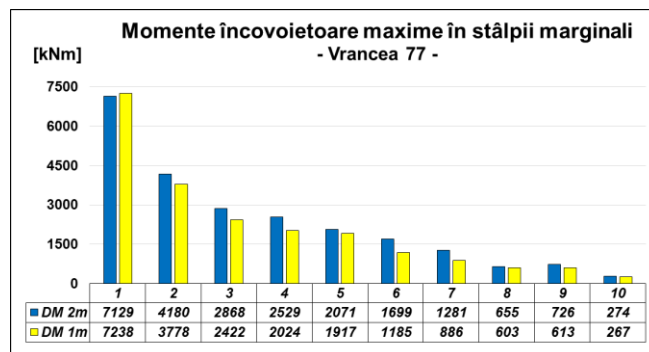


Fig. 2. 26 Momente încovoietoare maxime în stâlpii marginali

În medie, valorile maxime ale forțe axiale din stâlpii marginali au fost mai mari cu circa 10% în cazul cadrului DM-1m comparativ cu cadrul DM-2m (vezi Fig. 2.25).

Valorile maxime ale momentelor încovoietoare observate în timpul analizelor dinamic neliniare în stâlpii marginali, au fost mai reduse în medie, cu aproximativ 11% pentru cadrul DM-1m comparativ cu cadrul DM-2m (vezi Fig. 2.26).

## 2.2.4 Energia disipată în timpul analizelor dinamic neliniare

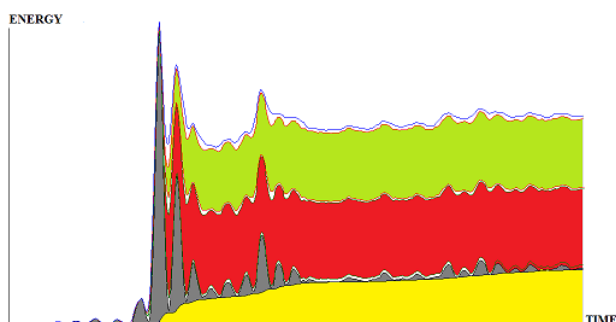


Fig. 2. 27 Energie disipată. Cadrul DM-1m (Vrancea 77)

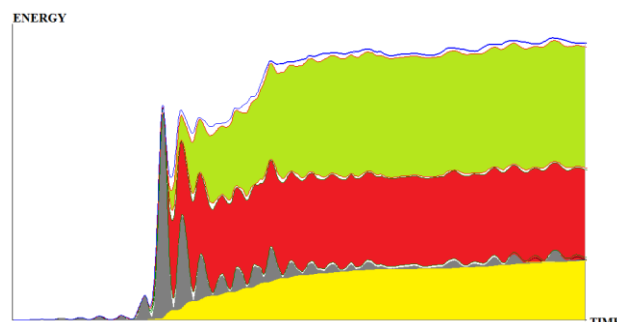


Fig. 2. 28 Energie disipată. Cadrul DM-2m (Vrancea 77)

În Fig. 2.27 și Fig. 2.28 este indicată energia disipată de cadrele analizate în timpul analizelor dinamic neliniare cu accelerograma Vrancea 77. În aceste figuri, suprafața colorată în galben reprezintă energia consumată prin amortizare, suprafața colorată în gri este proporțională cu energia cinetică, iar suprafața albă reprezintă energia consumată prin deformarea în domeniul elastic a diferitelor categorii de elemente structurale. Suprafața colorată în roșu reprezintă energia disipată prin deformații plastice la nivelul diagonalelor, iar suprafața colorată în verde reprezintă energia consumată prin deformații postelastice la nivelul zonelor potențial plastice din grinzi.

Analizând Fig. 2.28, se poate constata, că în cazul cadrului DM-2m, cantitatea de energie consumată prin deformații plastice în diagonale are o pondere mai mică decât energia consumată în zonele potențial plastice din grinzi (suprafața colorată în roșu are o arie mai mică decât cea colorată în verde). În cazul cadrului DM-1m (vezi Fig. 2.27) se poate observa în schimb, că aria suprafeței roșii este aproximativ egală cu cea a suprafeței verzi, adică valorile lucrului mecanic consumat prin deformații plastice la nivelul diagonalelor și grinzilor sunt comparabile în cazul cadrului DM-1m.



Comparând Fig. 2.27 și Fig. 2.28 se remarcă faptul că energia consumată prin deformații postelastice în zonele potențial plastice de la nivelul grinzilor este mult mai mare pentru cadrul DM-2m comparativ cu cadrul DM-1m (în Fig. 2.28 aria suprafeței verzi este semnificativ mai mare decât în cazul Fig. 2.27).

Se poate trage concluzia, că în cazul amplasării zonelor potențial plastice din grinzi la distanța de aproximativ 2m față de axele stâlpilor de cadru, energia consumată prin deformațiile plastice înregistrate la nivelul acestora este semnificativ mai mare, decât în cazul amplasării zonelor potențial plastice din grinzi la distanța de aproximativ 1m față de axul stâlpilor de cadru.

## 2.3 Consumul estimat de oțel pentru structurile analizate

Pentru cele două variante de dispunere a zonelor potențial plastice din lungul grinzilor, s-au obținut aceleași valori pentru consumul estimat de oțel în cazul diagonalelor și stâlpilor centrali, atât pentru cadrele cu șase niveluri, cât și pentru cele cu zece niveluri, .

În cazul amplasării zonelor potențial plastice din grinzi la aproximativ 2m de axul stâlpilor de cadru, s-au obținut valori mai reduse ale consumului estimat de oțel pentru grinzi (cadrul DM06-2m și respectiv DM10-2m). Comparativ cu aceste valori, pentru cadrul DM06-1m consumul estimat de oțel a fost cu circa 34% mai mare iar pentru cadrul DM10-1m cu aproximativ 29% mai ridicat (vezi Fig. 2.29 și respectiv Fig. 2.30). Amplasarea zonelor potențial plastice din grinzi la o distanță mai mare de axele stâlpilor de cadru, conduce la dimensionarea acestora la valori mai reduse ale momentelor încovoietoare și la secțiuni mai puțin dezvoltate pentru zonele potențial plastice din grinzi și pentru zonele curente ale riglelor de cadru (segmentelele de grindă din afara zonelor potențial plastice).

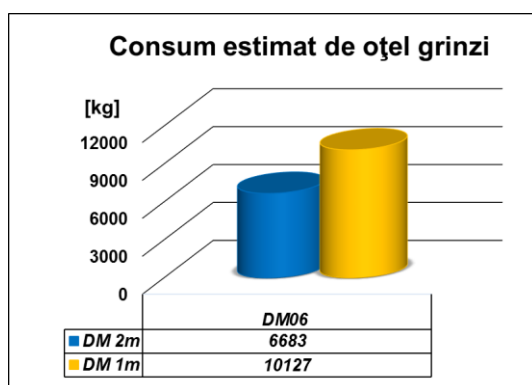


Fig. 2. 29 Consum estimat de oțel pentru grinzile structurilor cu șase niveluri

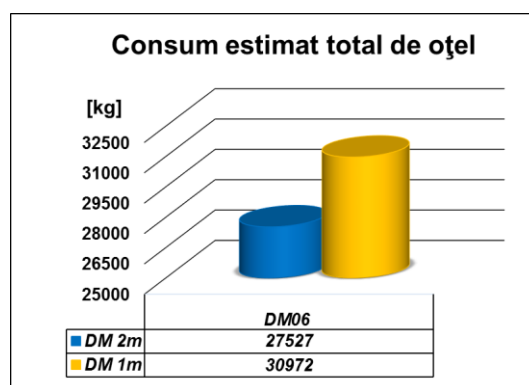


Fig. 2. 30 Consumul estimat total de oțel pentru structurile cu șase niveluri

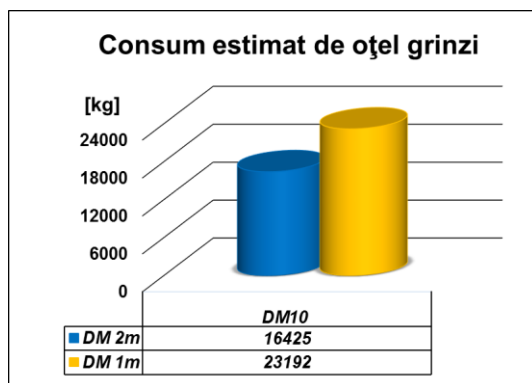


Fig. 2. 31 Consum estimat de oțel pentru grinzile structurilor cu zece niveluri

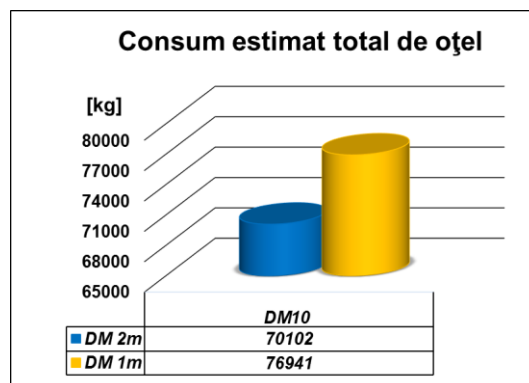


Fig. 2. 32 Consumul estimat total de oțel pentru structurile cu zece niveluri

Pentru cele două variante de dispunere a zonelor potențial plastice din lungul grinzilor, în cazul cadrelor cu șase niveluri s-a obținut aceeași valoare a consumului estimat de material pentru stâlpii marginali, iar în cazul cadrelor cu zece niveluri valorile au rezultat foarte apropiate.

În cazul cadrelor DM06-2m și respectiv DM10-2m s-au obținut valori mai reduse ale consumului total estimat total de oțel. Atunci când zonele potențial plastice au fost amplasate în lungul grinzilor de cadru la aproximativ 1m de axul stâlpilor, consumul estimat total de oțel a fost cu aproximativ 11% mai mare în cazul cadrului DM06-1m comparativ cu cadrul DM06-2m și respectiv cu circa 9% mai ridicat în cazul cadrului DM10-1m comparativ cu cadrul DM10-2m (vezi Fig. 2.30 și Fig. 2.32).

## 2.4 Concluzii

Soluția constructivă cu zonele potențial plastice poziționate la aproximativ 2m de axele stâlpilor conduce la valori mai mari ale deplasărilor orizontale ale planșeelor cu până la 16% și la valori de forțe tăietoare de bază mai mici cu cel mult 14% comparativ cu soluția constructivă în care zonele potențial plastice au fost poziționate la aproximativ 1m de axele stâlpilor.

Valorile cele mai mari ale deformațiilor inelastice din grinzi și diagonale (rotirile din zonele potențial plastice din lungul grinzilor de cadru respectiv lungirile din diagonale) s-au obținut din cadrele în care zonele potențial plastice au fost poziționate la aproximativ 2m de axul stâlpilor. Lungirile din diagonale au fost cu cel mult 22% mai mari, iar rotirile din zonele potențial plastice cu până la 40% mai ridicate comparativ cu cadrele în care zonele potențial plastice poziționate la aproximativ 1m de axul stâlpilor.

Soluția constructivă în care zonele potențial plastice sunt poziționate la aproximativ 1m de axul stâlpilor conduce la valori de momente încovoietoare mai mari în grinzi comparativ cu soluția constructivă în care zonele potențial plastice sunt poziționate la aproximativ 2m de axul stâlpilor. Valorile maxime înregistrate pentru forțele axiale și momentele încovoietoare în timpul analizelor dinamic neliniare în celelalte categorii de elemente structurale au fost comparabile. S-au constatat diferențe de până la 12,5% pentru forțele axiale din stâlpii marginali, diferențe de până la 10,8% pentru forțele axiale în stâlpii centrali și în general diferențe mai mici de 5% pentru forțele axiale și momentele încovoietoare din celelalte categorii de elemente structurale.

Soluția constructivă în care zonele potențial plastice au fost amplasate în lungul grinzilor de cadru la aproximativ 2m de axul stâlpilor conduce la un consum estimat de oțel cu aproximativ 11% mai redus pentru cadrele cu șase niveluri și respectiv cu până la 9% în cazul cadrelor cu zece niveluri, comparativ cu soluția constructivă în care zonele potențial plastice au fost amplasate în lungul grinzilor de cadru la aproximativ 1m de axul stâlpilor, datorat în special secțiunilor mai dezvoltate pentru grinzile de cadru.

Ambele soluții constructive considerate au avut o comportare favorabilă în timpul analizelor dinamic neliniare cu dezvoltarea de articulații plastice numai în zonele disipative considerate.

Dacă se au în vedere deformații postelastice mai reduse la nivelul elementelor structurale în timpul cutremurelor severe și implicit costuri mai scăzute ale eventualelor operații de reparații este de preferat soluția constructivă în care zonele potențial plastice sunt poziționate la aproximativ 1m de axul stâlpilor. Dacă în schimb se urmărește un consum mai redus de oțel este de preferat soluția constructivă în care zonele potențial plastice sunt poziționate la aproximativ 2m de axul stâlpilor.



### 3 Bibliografie:

- [1] Ministrul Dezvoltării Regionale și Administrației Publice. *Cod de proiectare seismică - Partea I - Prevederi de proiectare pentru clădiri, indicativ P100-1/2013*, București, România, 2013
- [2] EN 1998-1:2004, Eurocode 8, *Design of structures for earthquake resistance, Part I: General rules, seismic actions and rules for buildings*, 2004
- [3] SR EN 1993-1-1:2006, *Proiectarea structurilor de oțel, Part 1-1: Reguli generale și reguli pentru clădiri*, 2006
- [4] Tsai, K.C & Li, J.W - *Drain2D+ A General Purpose Computer program for Static and Dynamic Analyses of Inelastic 2D Structures*, 1994
- [5] Chopra, A. - *A Modal Pushover Procedure to Estimate Seismic Demands for Buildings*, 2001
- [6] H. Köber, R. Marcu, *Advantages of Using Reduced Cross-sections in Seismic Resistant Steel Structures - Symposium on Steel, Timber and Composite Structures - Sofia, Bulgaria*, 2017
- [7] H. Köber, R. Marcu, *Comments about the Seismic Design of Concentrically Braced Frames, Proc. 6th National Conference on Earthquake Engineering & 2nd National Conference on Earthquake Engineering and Seismology, Bucharest, Romania*, 2017
- [8] H. Köber, R. Marcu, *Comments concerning the seismic design of diagonal braced frames according to P100-1/2013 – C65 International Conference – Cluj-Napoca, Romania*, 2018
- [9] R. Marcu, H. Köber, *Comportarea la acțiuni seismice a unor cadre contravantuite centric cu șase niveluri - A 16-a Conferință Națională de Construcții Metalice - Timișoara, România*, 2019
- [10] R. Marcu, H. Köber, *Seismic behaviour of ten storeyed concentrically braced frames - 2<sup>nd</sup> Conference of the UTCB Doctoral School - Bucharest, Romania*, 2019