

# Aspecte referitoare la construcția de scări sigure pentru cutremur

Aspects regarding the construction of safe earthquake staircases

Ana - Maria Pîrvănuș<sup>1</sup>, Vlad Ștefan Niculae<sup>1</sup>, Daniel Stoica<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universitatea Tehnică de Construcții București  
B-dul Lacul Tei 122-124, Sector 2, București  
E-mail: [stoica@utcb.ro](mailto:stoica@utcb.ro)

DOI: 10.37789/rjce.2021.12.3.6

**Rezumat.** În prezenta lucrare, obiectivul principal a fost analizarea scărilor și a caselor scărilor din punct de vedere al influenței acestora asupra structurilor propriu-zise, pe care le deservește. Sunt prezentate modul de calcul al scărilor, comportarea scărilor în timpul cutremurelor de pământ. S-au realizat studii de caz considerând 18 structuri diferite și analizându-se influența scărilor asupra acestora. De asemenea se prezintă o soluție de scări „rezistente la seism” prin realizarea unor nuclee speciale din beton armat pentru circulația pe verticală. Sunt subliniate concluziile acestor investigații.

**Cuvinte cheie:** performanță, seismică, scări, interacțiune, nuclee

**Abstract.** In this paper, the main objective was to analyze the stairs and the stairs cases from the point of view of their influence on the structures themselves, which they serve. The calculation of the stairs, the behavior of its during earthquakes are presented. Case studies were conducted considering 18 different structures and analyzing the influence of the scales on them. Also there is presented a solution of "earthquake resistant" stairs by making special reinforced concrete cores for vertical circulation. The conclusions of these investigations are underlined.

**Key words:** performance, seismic, stairs, interaction, cores

## 1. Introducere

Scările sunt subsisteme principale de construcții alcătuite din elemente plane numite trepte. Așezarea acestor plane este denivelată și echidistantă pe înălțime și poate alterna cu elemente plane horizontale de dimensiuni mai mari numite podeste. Podestele au funcția de a asigura odihna persoanelor, utilizatorilor, după parcurgerea unui număr constant de trepte. Rolul scărilor este asigurarea comunicării și circulației pe verticală între toate nivelurile clădirii sau asigurarea circulației locale în spații tehnice, de depozitare și altele mai puțin accesibile.

În proiectarea și realizarea scărilor trebuie să se asigure:

- Circulația comodă și sigură;
- Fluența evacuării în caz de pericol, cu evitarea blocajelor;

- Protecția în caz de incendiu contra propagării focului și fumului;
- Rezistența la solicitări mecanice;
- Aspect plăcut.

## 2. Comportarea scărilor la seisme

Scările, principalele căi de evacuare pe verticală, sunt importante pentru ieșirea și accesul în timpul și după cutremure și incendii. Cu toate acestea, cutremurele trecute au demonstrat susceptibilitatea scărilor de a se deteriora în timpul seismelor. Scările deteriorate au întârziat astfel evacuarea clădirilor, împiedicarea eforturilor salvatorilor și a pompierilor, complicând operațiuni de salvare și restaurare și chiar au dus la sporirea numărului de decese și de leziuni grave. Necesitatea de a evacua o clădire repede poate să apară și din cauza unui hazard secundar iminent, cum ar fi incendiu, explozii, inundații sau alunecări de teren. Deși lifturile sunt cele mai folosite metode de transport pe verticală pentru clădiri de peste două sau trei etaje, acestea pot fi nefuncționale în urma unui cutremur care de cele mai multe ori cauzează daune la instalațiile electrice sau mecanice. Răspunsul elementelor din beton armat, în cazul unor încărcări monotone crescătoare este reprezentat în figură de mai jos:

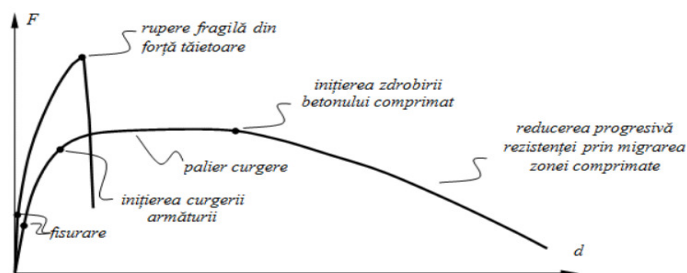


Figura 1- Modul de cedare al elementelor din beton armat

În timpul solicitărilor orizontale, scările au următorul răspuns, specific grinzilor cu axa frântă:

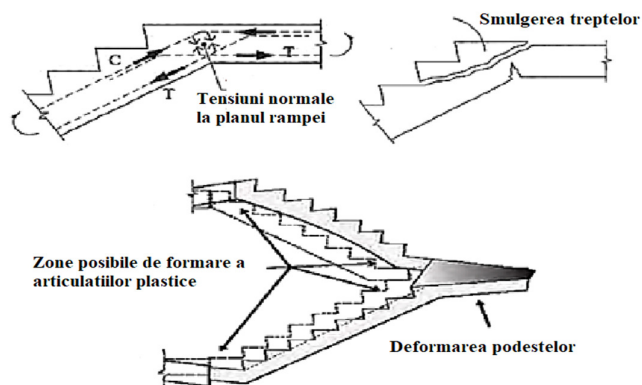


Figura 2- Răspunsul structural schematizat al scărilor în timpul seismului

În timpul seismelor s-au produs următoarele daune structurilor datorită influenței scărilor:

1. Crearea de "stâlpi scurți" din cauza conectării podestelor intermediare la mijlocul stâlpilor, care au condus la o creștere semnificativă de forță tăietoare (cedare de tip casant)



Figura 3 - Forfecarea stâlpilor (beton și metal) în vecinătatea podestului intermediar – fenomenul de „scurtare a stâlpilor” (A. El Asnam, Algeria – 1980, B. Alaska – 1960, C. și D. Sichuan, China - 2008)

2. Crearea de "grinzi scurte", creștere semnificativă a forței tăietoare – rupere casantă

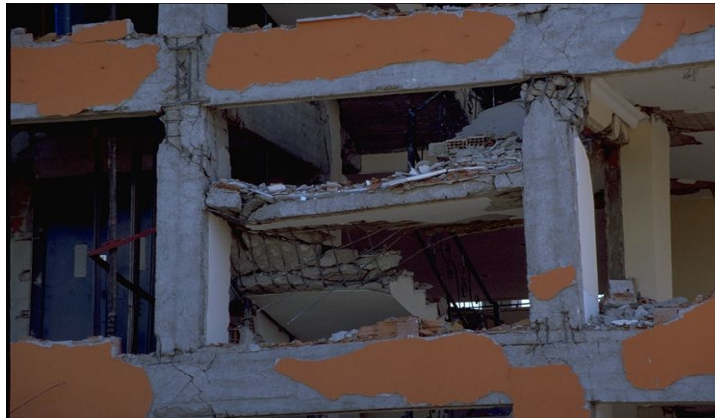


Figura 4- Forfecarea grinzii podestului– fenomen de „scurtare a grinzilor” – Sichuan, China, 2008

3. Creșterea eforturilor tangențiale locale în diafragma planșeelor datorită faptului că scările și incintele lor de pereți conferă un plus de rigiditate în zona prinderilor
4. Creșterea excentricității centrului de masă față de centrul de rigiditate, implicat torsiunea generală a clădirii

Aspecte referitoare la construcția de scări sigure pentru cutremur

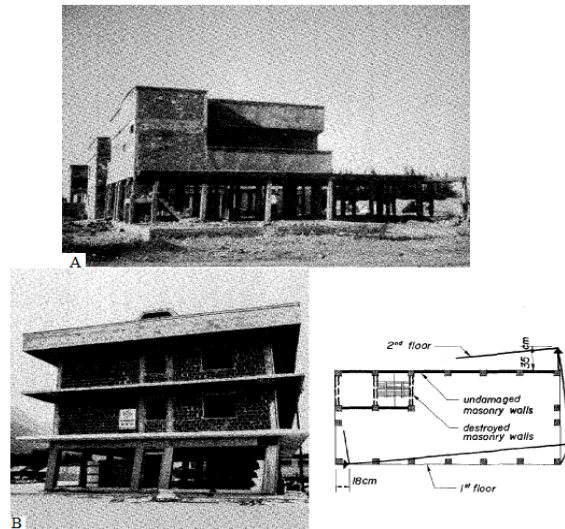


Figura 5 - Torsionarea clădirilor din cauza aportului de masă al scărilor (A. El Asnam, Algeria - 1980, B. Italia - 1976)

5. Zdrobirea betonului comprimat, curgerea armăturilor întinse și flambajul barelor comprimate în zona de intersecție a rampei cu podestul de nivel



Figura 6- Sichuan, China 2008

Armăturile întinse care mărginesc unghiurile intrânde au tendința de a fi dislocate din beton sub acțiunea componentei forței de întindere din armături orientată în lungul bisectoarei unghiului de frângere.



Figura 7- Scările au fost prinse rigid și au funcționat ca niște contravântuiri - Chile 2010

Aspecte referitoare la construcția de scări sigure pentru cutremur

6. Curgerea armăturilor rampelor prin încovoiere, fisurarea puternică a zonei întinse



Figura 8- Încovoierea rampei – Sichuan 2008

7. Forfecarea rampelor la intersecția treptelor



Figura 9- Forfecarea transversală a rampelor - Sichuan 2008

8. Încovoierea grinzilor de podest



Figura 10- Încovoierea grinzii de podest

9. Blocarea/distrugerea ușilor de evacuare/ieșire



Figura 11- Deformarea golului de ușă în vecinătatea rampelor scării – Alaska 1960

10. Distrugerea pereților incintei și a elementelor de umplură și compartimentare aferente, molozul astfel produs a făcut ca scara să fie complet inutilizabilă, distrugând treptele scării



Figura 12- Distrugerea pereților incintei scării, distrugerea treptelor, deformarea balustradelor - Nicaragua 1972

În clădirile cu structuri din beton armat, pereții despărțitori sunt deseori afectați de acțiunea seismică. Pereții grei poziționați de obicei la casa scârilor, la ascensoare sau între două apartamente reprezintă un pericol important pentru viața oamenilor. Aceștia sunt tencuiți, fapt care face mai dificilă uneori identificarea lor iar, de obicei, după un seism chiar moderat apar fisuri și desprinderi ale acestora pe contur, la contactul lor cu structura de rezistență.

### 3. Interacțiunea dintre scară și structură

Obiectivul acestor studii de caz îl constituie interacțiunea dintre scară/casa scării și structura propriu-zisă. S-au analizat 18 structuri cu regimuri de înălțime diferite și sisteme structurale diferite și s-a realizat o comparație a rezultatelor răspunsurilor modale și a deplasărilor supuse aceluiași tip de seism. De asemenea se prezintă o soluție pentru o casă a scării cu o siguranță adecvată la seism, controlând prin proiectare deplasările și eforturile (după o idee a domnului conf. univ. dr. ing. Daniel Stoica). Analiza structurală este făcută cu metodele de calcul static liniar în domeniul elastic.

#### 3.1. Tipuri de structuri analizate

1.1.1 Dimensionările structurale sunt făcute în acord cu principiile și metodele proiectării la capacitate. Principalele documente normative avute în vedere sunt: Codul de proiectare seismică. Partea I – prevederi de proiectare pentru clădiri, indicativ P100-1/2013 și standardul românesc SR EN 1992-1-1:2004. Eurocod 2: Proiectarea structurilor de beton. Partea 1-1: Reguli generale și reguli pentru clădiri.

Structura de la care plecăm are formă rectangulară în plan. În direcția transversală (Y) are 5 travei a câte 5.00 m și în direcția longitudinală (X) are 4 deschideri a câte 6.00 m. Clădirea are destinația de birouri și este amplasată în orașul București. Materialele considerate sunt beton de clasa C30/37 și oțel BST500C. Astfel, am considerat 18 structuri, după cum urmează:

- Sistem structural compus din cadre din beton armat cu 5 travei de 5.00 m și 4 deschideri de 6.00 m cu următoarele regimuri de înălțime: 9 niveluri; 6 niveluri; 3 niveluri.
- Sistem structural dual compus din cadre din beton armat și pereți independenți dispuși marginal cu 5 travei de 5.00 m și 4 deschideri de 6.00 m cu următoarele regimuri de înălțime: 9 niveluri; 6 niveluri; 3 niveluri.

Fiecare din cele 18 sisteme structurale au fost împărțite și calculate/iterate pentru următoarele condiții, în funcție de poziționarea golului pe verticală: cu placă în loc de scară; fără scară și fără placă în locul scării; cu scară într-o rampă.

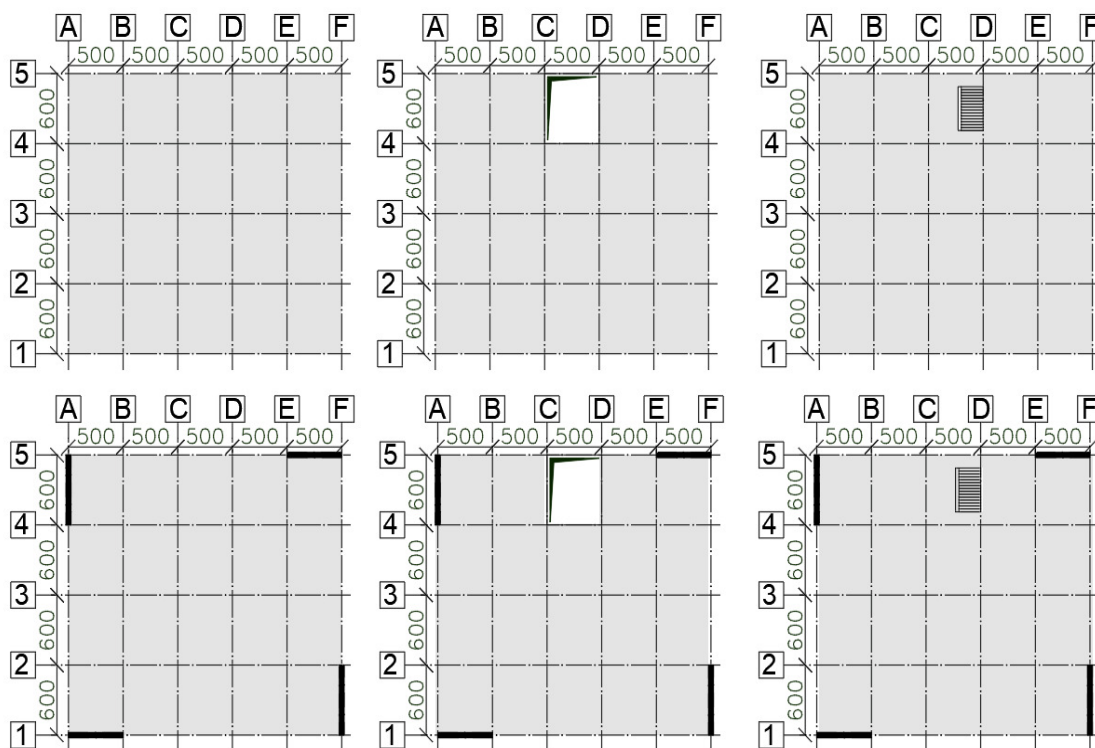


Figura 13 - Conformările în plan ale structurilor analizate

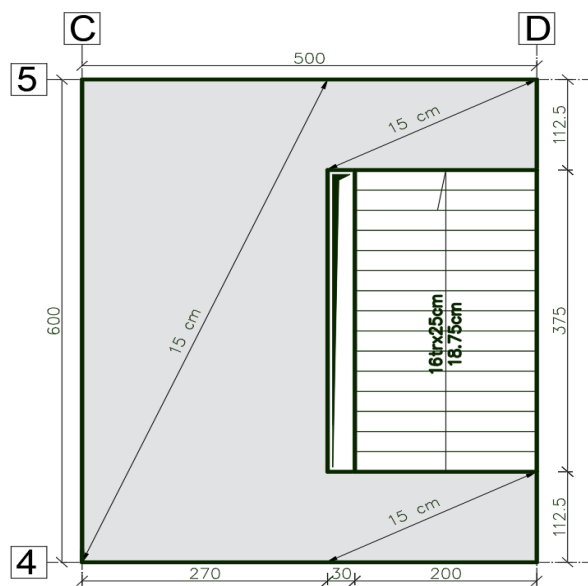


Figura 14 - Conformarea scării

### 3.2. Ipoteze de calcul

1. Axele barelor se consideră rectilinii - Pentru elemente realizate din materiale elastice și omogene, axa barei este reprezentată printr-o linie dreaptă care se suprapune cu axa neutră a elementului. Poziția axei neutre în secțiune nu depinde de valoarea momentului încovoiator fiind practic aceeași indiferent de nivelul de încărcare.
2. În calcul se consideră rigiditățile secționale corespunzătoare stadiului II, fisurat - Structurile în cadre de beton armat sunt structuri static nedeterminate astfel că rigiditatea barelor influențează nu numai deplasările ci și distribuția eforturilor în elementele structurale. Stâlpii și grinzile structurilor în cadre răspund în stadiul II de lucru, stadiul fisurat. De aceea, la calculul structurilor în cadre este necesar să se considere rigiditatea corespunzătoare stadiului II de lucru, fisurat.

$$E_{\text{fisurat}} = 0.50 E_{\text{beton}}$$

3. Se neglijează contribuția elementelor nestructurale.
4. Planșeul se consideră infinit rigid la acțiuni în planul său. În modelele analizate planșeul este de tip „membrană”, iar rampele și podestele scărilor sunt modelate cu ajutorul elementelor de tip Shell, care au rigiditate atât în planul lor cât și perpendicular pe plan. Se consideră astfel, diafragme rigide la fiecare nivel al structurilor.
5. Deformațiile axiale ale stâlpilor și grinzilor sunt neglijate.
6. Suprastructura se consideră încastrată la baza stâlpilor de la parter (cota  $\pm 0,00$ ).



### 3.3. Materiale utilizate

Betonul folosit este C30/37, având următoarele caracteristici conform SR EN 1992-1-1:

BETON										
Clasă Beton	$f_{cd}$ (MPa)	$f_{ctd}$ (MPa)	$f_{cm}$ (MPa)	$f_{ctm}$ (MPa)	$f_{ck}$ (MPa)	$f_{ctk}$ (MPa)	$\epsilon_o$	$\epsilon_u$	E (GPa)	G (GPa)
C30/37	20.00	1.33	38	2.9	30	2	0.0200	0.0035	33	13.2

Tabelul 1- Caracteristici de calcul C30/37

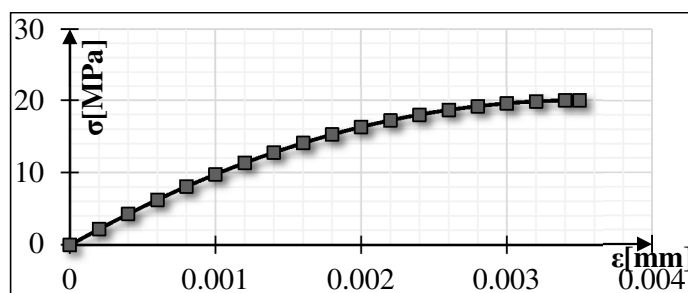


Figura 15 - Curba  $\sigma$ - $\epsilon$  pentru C30/37

### 3.4. Calculul structurilor

S-au avut în vedere toate codurile de proiectare în vigoare la această dată. Metoda de calcul cu spectre de răspuns este asociată de obicei cu un calcul spațial al structurilor care nu îndeplinesc criteriile de regularitate pe orizontală și verticală impuse de către normativul P100, dar este aplicabil oricărui tip de clădire analizată. Așadar am considerat următorul spectru de răspuns, amplificat ulterior cu factorul de importanță al construcției.

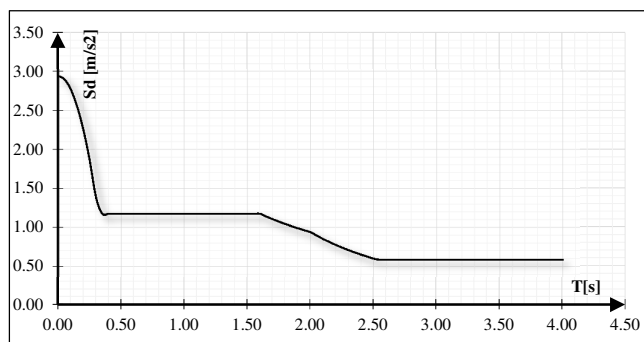


Figura 16 - Spectrul de proiectare folosit pentru încărcările SPEC\_X și SPEC\_Y

Clădirile sunt proiectate pentru clasa de ductilitate înaltă (DCH) și vor avea următorii factori de comportare: pentru structura în cadre, cât și pentru structura duală,  $q = 5 \cdot \alpha_u / \alpha_1$ , unde  $\alpha_u / \alpha_1$  introduce influența unora dintre factorii cărora li se datorează suprezistența structurii, în special a redundanței construcției. Structura de tip cadru/duală cu cadre preponderente, cu mai multe niveluri și deschideri are factorul  $\alpha_u / \alpha_1 = 1.25$ . Astfel, ne rezultă un factor de comportare pe ambele direcții,  $q = 5 \cdot 1.25 = 6.25$ . Valorile  $d_r^{SLS}$ ,  $d_r^{SLU}$  și verificările lor sunt calculate mai jos în format tabelar.

Aspecte referitoare la construcția de scări sigure pentru cutremur

SISTEM	REGIM H	TIP	Nivel	$d_{r,x}^{SLS}$ (mm)	$d_{r,y}^{SLS}$ (mm)	$d_{r,x}^{SLU}$ (mm)	$d_{r,y}^{SLU}$ (mm)	$d_{r,x}^{SLS} / d_{r,a}^{SLS}$ < 1.00	$d_{r,y}^{SLS} / d_{r,a}^{SLS}$ < 1.00	$d_{r,x}^{SLU} / d_{r,a}^{SLU}$ < 1.00	$d_{r,y}^{SLU} / d_{r,a}^{SLU}$ < 1.00
CADRE	9 NIVELURI	CU PLACA	9	6.07	5.59	20.30	18.51	0.20	0.19	0.27	0.25
CADRE	9 NIVELURI	CU PLACA	8	9.24	8.56	30.89	28.31	0.31	0.29	0.41	0.38
CADRE	9 NIVELURI	CU PLACA	7	12.63	11.87	42.24	39.26	0.42	0.40	0.56	0.52
CADRE	9 NIVELURI	CU PLACA	6	15.70	14.96	52.50	49.50	0.52	0.50	0.70	0.66
CADRE	9 NIVELURI	CU PLACA	5	18.23	17.59	60.94	58.21	0.61	0.59	0.81	0.78
CADRE	9 NIVELURI	CU PLACA	4	20.04	19.53	67.00	64.61	0.67	0.65	0.89	0.86
CADRE	9 NIVELURI	CU PLACA	3	20.73	20.35	69.33	67.34	0.69	0.68	0.92	0.90
CADRE	9 NIVELURI	CU PLACA	2	19.09	18.80	63.83	62.22	0.64	0.63	0.85	0.83
CADRE	9 NIVELURI	CU PLACA	1	11.08	10.90	37.03	36.08	0.37	0.36	0.49	0.48
CADRE	9 NIVELURI	CU PLACA	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
CADRE	9 NIVELURI	FARA PLACA	9	6.07	6.00	20.53	20.10	0.20	0.20	0.27	0.27
CADRE	9 NIVELURI	FARA PLACA	8	9.24	9.17	31.23	30.73	0.31	0.31	0.42	0.41
CADRE	9 NIVELURI	FARA PLACA	7	12.63	12.59	42.72	42.22	0.42	0.42	0.57	0.56
CADRE	9 NIVELURI	FARA PLACA	6	15.70	15.69	53.09	52.61	0.52	0.52	0.71	0.70
CADRE	9 NIVELURI	FARA PLACA	5	18.23	18.25	61.62	61.18	0.61	0.61	0.82	0.82
CADRE	9 NIVELURI	FARA PLACA	4	20.04	20.08	67.74	67.33	0.67	0.67	0.90	0.90
CADRE	9 NIVELURI	FARA PLACA	3	20.73	20.78	70.10	69.67	0.69	0.69	0.93	0.93
CADRE	9 NIVELURI	FARA PLACA	2	19.09	19.10	64.54	64.04	0.64	0.64	0.86	0.85
CADRE	9 NIVELURI	FARA PLACA	1	11.08	11.04	37.44	37.01	0.37	0.37	0.50	0.49
CADRE	9 NIVELURI	FARA PLACA	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
CADRE	9 NIVELURI	CU SCARA	9	6.00	5.95	20.33	21.02	0.20	0.20	0.27	0.28
CADRE	9 NIVELURI	CU SCARA	8	9.16	8.74	31.03	30.88	0.31	0.29	0.41	0.41
CADRE	9 NIVELURI	CU SCARA	7	12.56	11.62	42.54	41.06	0.42	0.39	0.57	0.55
CADRE	9 NIVELURI	CU SCARA	6	15.63	14.15	52.95	50.01	0.52	0.47	0.71	0.67
CADRE	9 NIVELURI	CU SCARA	5	18.17	16.19	61.52	57.22	0.61	0.54	0.82	0.76
CADRE	9 NIVELURI	CU SCARA	4	19.98	17.62	67.68	62.24	0.67	0.59	0.90	0.83
CADRE	9 NIVELURI	CU SCARA	3	20.69	18.11	70.08	64.00	0.69	0.60	0.93	0.85
CADRE	9 NIVELURI	CU SCARA	2	19.04	16.32	64.49	57.66	0.63	0.54	0.86	0.77
CADRE	9 NIVELURI	CU SCARA	1	11.03	9.88	37.34	34.91	0.37	0.33	0.50	0.47
CADRE	9 NIVELURI	CU SCARA	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
CADRE	6 NIVELURI	CU PLACA	6	5.76	5.76	21.43	21.43	0.19	0.19	0.29	0.29
CADRE	6 NIVELURI	CU PLACA	5	9.81	9.81	36.48	36.48	0.33	0.33	0.49	0.49
CADRE	6 NIVELURI	CU PLACA	4	13.43	13.43	49.98	49.98	0.45	0.45	0.67	0.67
CADRE	6 NIVELURI	CU PLACA	3	16.03	16.03	59.63	59.63	0.53	0.53	0.80	0.80
CADRE	6 NIVELURI	CU PLACA	2	16.82	16.82	62.58	62.58	0.56	0.56	0.83	0.83
CADRE	6 NIVELURI	CU PLACA	1	11.49	11.49	42.75	42.75	0.38	0.38	0.57	0.57
CADRE	6 NIVELURI	CU PLACA	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
CADRE	6 NIVELURI	FARA PLACA	6	5.46	5.07	20.32	18.85	0.18	0.17	0.27	0.25
CADRE	6 NIVELURI	FARA PLACA	5	9.42	8.78	35.06	32.66	0.31	0.29	0.47	0.44
CADRE	6 NIVELURI	FARA PLACA	4	13.15	12.28	48.91	45.67	0.44	0.41	0.65	0.61
CADRE	6 NIVELURI	FARA PLACA	3	16.02	14.99	59.61	55.77	0.53	0.50	0.79	0.74
CADRE	6 NIVELURI	FARA PLACA	2	17.18	16.09	63.93	59.85	0.57	0.54	0.85	0.80
CADRE	6 NIVELURI	FARA PLACA	1	11.92	11.15	44.33	41.47	0.40	0.37	0.59	0.55
CADRE	6 NIVELURI	FARA PLACA	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
CADRE	6 NIVELURI	CU SCARA	6	5.59	5.12	20.81	19.04	0.19	0.17	0.28	0.25
CADRE	6 NIVELURI	CU SCARA	5	9.59	8.42	35.68	31.32	0.32	0.28	0.48	0.42
CADRE	6 NIVELURI	CU SCARA	4	13.18	11.25	49.05	41.85	0.44	0.38	0.65	0.56
CADRE	6 NIVELURI	CU SCARA	3	15.77	13.19	58.66	49.09	0.53	0.44	0.78	0.65
CADRE	6 NIVELURI	CU SCARA	2	16.55	13.38	61.58	49.76	0.55	0.45	0.82	0.66
CADRE	6 NIVELURI	CU SCARA	1	11.26	9.50	41.89	35.35	0.38	0.32	0.56	0.47
CADRE	6 NIVELURI	CU SCARA	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
CADRE	3 NIVELURI	CU PLACA	3	7.83	7.80	29.11	29.02	0.26	0.26	0.39	0.39
CADRE	3 NIVELURI	CU PLACA	2	13.32	13.29	49.56	49.45	0.44	0.44	0.66	0.66
CADRE	3 NIVELURI	CU PLACA	1	12.94	12.93	48.13	48.10	0.43	0.43	0.64	0.64
CADRE	3 NIVELURI	CU PLACA	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
CADRE	3 NIVELURI	FARA PLACA	3	7.99	7.39	29.73	27.48	0.27	0.25	0.40	0.37
CADRE	3 NIVELURI	FARA PLACA	2	14.11	13.03	52.49	48.49	0.47	0.43	0.70	0.65
CADRE	3 NIVELURI	FARA PLACA	1	14.38	13.30	53.49	49.47	0.48	0.44	0.71	0.66
CADRE	3 NIVELURI	FARA PLACA	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
CADRE	3 NIVELURI	CU SCARA	3	7.54	5.78	28.07	21.52	0.25	0.19	0.37	0.29
CADRE	3 NIVELURI	CU SCARA	2	12.92	9.60	48.07	35.73	0.43	0.32	0.64	0.48
CADRE	3 NIVELURI	CU SCARA	1	12.49	9.65	46.46	35.89	0.42	0.32	0.62	0.48
CADRE	3 NIVELURI	CU SCARA	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Tabulul 2 - Verificarea deplasărilor ale sistemelor structurale de tip cadre

Aspecte referitoare la construcția de scări sigure pentru cutremur

SISTEM	REGIM H	TIP	Nivel	$d_{r,x}^{SLS}$ (mm)	$d_{r,y}^{SLS}$ (mm)	$d_{r,x}^{SLU}$ (mm)	$d_{r,y}^{SLU}$ (mm)	$d_{r,x}^{SLS} / d_{r,a}^{SLS}$ < 1.00	$d_{r,y}^{SLS} / d_{r,a}^{SLS}$ < 1.00	$d_{r,x}^{SLU} / d_{r,a}^{SLU}$ < 1.00	$d_{r,y}^{SLU} / d_{r,a}^{SLU}$ < 1.00
DUAL	9 NIVELURI	CU PLACA	9	11.05	10.39	41.12	38.67	0.37	0.35	0.55	0.52
DUAL	9 NIVELURI	CU PLACA	8	12.49	11.50	46.47	42.80	0.42	0.38	0.62	0.57
DUAL	9 NIVELURI	CU PLACA	7	13.58	12.22	50.53	45.47	0.45	0.41	0.67	0.61
DUAL	9 NIVELURI	CU PLACA	6	14.45	12.72	53.76	47.32	0.48	0.42	0.72	0.63
DUAL	9 NIVELURI	CU PLACA	5	14.79	12.76	55.01	47.48	0.49	0.43	0.73	0.63
DUAL	9 NIVELURI	CU PLACA	4	14.37	12.18	53.44	45.32	0.48	0.41	0.71	0.60
DUAL	9 NIVELURI	CU PLACA	3	12.93	10.80	48.12	40.19	0.43	0.36	0.64	0.54
DUAL	9 NIVELURI	CU PLACA	2	10.26	8.48	38.16	31.55	0.34	0.28	0.51	0.42
DUAL	9 NIVELURI	CU PLACA	1	5.68	4.76	21.15	17.71	0.19	0.16	0.28	0.24
DUAL	9 NIVELURI	CU PLACA	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
DUAL	9 NIVELURI	FARA PLACA	9	11.14	10.18	41.46	37.88	0.37	0.34	0.55	0.51
DUAL	9 NIVELURI	FARA PLACA	8	12.59	11.29	46.84	41.99	0.42	0.38	0.62	0.56
DUAL	9 NIVELURI	FARA PLACA	7	13.68	12.02	50.91	44.70	0.46	0.40	0.68	0.60
DUAL	9 NIVELURI	FARA PLACA	6	14.56	12.53	54.17	46.60	0.49	0.42	0.72	0.62
DUAL	9 NIVELURI	FARA PLACA	5	14.89	12.58	55.41	46.81	0.50	0.42	0.74	0.62
DUAL	9 NIVELURI	FARA PLACA	4	14.47	12.03	53.83	44.75	0.48	0.40	0.72	0.60
DUAL	9 NIVELURI	FARA PLACA	3	13.02	10.68	48.43	39.73	0.43	0.36	0.65	0.53
DUAL	9 NIVELURI	FARA PLACA	2	10.32	8.39	38.40	31.23	0.34	0.28	0.51	0.42
DUAL	9 NIVELURI	FARA PLACA	1	5.72	4.72	21.28	17.56	0.19	0.16	0.28	0.23
DUAL	9 NIVELURI	FARA PLACA	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
DUAL	9 NIVELURI	CU SCARA	9	10.93	9.61	40.66	35.74	0.36	0.32	0.54	0.48
DUAL	9 NIVELURI	CU SCARA	8	12.38	10.64	46.05	39.59	0.41	0.35	0.61	0.53
DUAL	9 NIVELURI	CU SCARA	7	13.50	11.35	50.22	42.23	0.45	0.38	0.67	0.56
DUAL	9 NIVELURI	CU SCARA	6	14.40	11.86	53.57	44.12	0.48	0.40	0.71	0.59
DUAL	9 NIVELURI	CU SCARA	5	14.77	11.95	54.96	44.47	0.49	0.40	0.73	0.59
DUAL	9 NIVELURI	CU SCARA	4	14.38	11.47	53.49	42.67	0.48	0.38	0.71	0.57
DUAL	9 NIVELURI	CU SCARA	3	12.98	10.24	48.27	38.10	0.43	0.34	0.64	0.51
DUAL	9 NIVELURI	CU SCARA	2	10.31	8.08	38.34	30.05	0.34	0.27	0.51	0.40
DUAL	9 NIVELURI	CU SCARA	1	5.72	4.76	21.28	17.69	0.19	0.16	0.28	0.24
DUAL	9 NIVELURI	CU SCARA	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
DUAL	6 NIVELURI	CU PLACA	6	11.68	9.88	43.43	36.74	0.39	0.33	0.58	0.49
DUAL	6 NIVELURI	CU PLACA	5	12.75	10.63	47.42	39.53	0.42	0.35	0.63	0.53
DUAL	6 NIVELURI	CU PLACA	4	13.13	10.76	48.86	40.02	0.44	0.36	0.65	0.53
DUAL	6 NIVELURI	CU PLACA	3	12.45	10.05	46.33	37.39	0.42	0.34	0.62	0.50
DUAL	6 NIVELURI	CU PLACA	2	10.24	8.18	38.09	30.44	0.34	0.27	0.51	0.41
DUAL	6 NIVELURI	CU PLACA	1	5.88	4.78	21.88	17.76	0.20	0.16	0.29	0.24
DUAL	6 NIVELURI	CU PLACA	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
DUAL	6 NIVELURI	FARA PLACA	6	11.71	9.68	43.57	35.99	0.39	0.32	0.58	0.48
DUAL	6 NIVELURI	FARA PLACA	5	12.82	10.46	47.69	38.90	0.43	0.35	0.64	0.52
DUAL	6 NIVELURI	FARA PLACA	4	13.20	10.60	49.12	39.44	0.44	0.35	0.65	0.53
DUAL	6 NIVELURI	FARA PLACA	3	12.52	9.92	46.57	36.90	0.42	0.33	0.62	0.49
DUAL	6 NIVELURI	FARA PLACA	2	10.29	8.09	38.27	30.10	0.34	0.27	0.51	0.40
DUAL	6 NIVELURI	FARA PLACA	1	5.94	4.76	22.09	17.69	0.20	0.16	0.29	0.24
DUAL	6 NIVELURI	FARA PLACA	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
DUAL	6 NIVELURI	CU SCARA	6	11.32	9.04	42.12	33.65	0.38	0.30	0.56	0.45
DUAL	6 NIVELURI	CU SCARA	5	12.47	9.81	46.40	36.49	0.42	0.33	0.62	0.49
DUAL	6 NIVELURI	CU SCARA	4	12.92	10.04	48.05	37.35	0.43	0.33	0.64	0.50
DUAL	6 NIVELURI	CU SCARA	3	12.31	9.50	45.79	35.34	0.41	0.32	0.61	0.47
DUAL	6 NIVELURI	CU SCARA	2	10.17	7.89	37.83	29.36	0.34	0.26	0.50	0.39
DUAL	6 NIVELURI	CU SCARA	1	5.89	4.82	21.93	17.94	0.20	0.16	0.29	0.24
DUAL	6 NIVELURI	CU SCARA	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
DUAL	3 NIVELURI	CU PLACA	3	5.44	4.62	20.23	17.18	0.18	0.15	0.27	0.23
DUAL	3 NIVELURI	CU PLACA	2	5.56	4.81	20.67	17.88	0.19	0.16	0.28	0.24
DUAL	3 NIVELURI	CU PLACA	1	3.88	3.48	14.43	12.95	0.13	0.12	0.19	0.17
DUAL	3 NIVELURI	CU PLACA	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
DUAL	3 NIVELURI	FARA PLACA	3	3.46	2.64	12.87	9.84	0.12	0.09	0.17	0.13
DUAL	3 NIVELURI	FARA PLACA	2	3.58	2.76	13.30	10.27	0.12	0.09	0.18	0.14
DUAL	3 NIVELURI	FARA PLACA	1	2.48	1.98	9.21	7.36	0.08	0.07	0.12	0.10
DUAL	3 NIVELURI	FARA PLACA	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
DUAL	3 NIVELURI	CU SCARA	3	3.37	2.58	12.53	9.61	0.11	0.09	0.17	0.13
DUAL	3 NIVELURI	CU SCARA	2	3.52	2.72	13.09	10.10	0.12	0.09	0.17	0.13
DUAL	3 NIVELURI	CU SCARA	1	2.47	2.11	9.17	7.86	0.08	0.07	0.12	0.10
DUAL	3 NIVELURI	CU SCARA	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Tabelul 3 - Verificarea deplasărilor ale sistemelor structurale duale

### 3.5. Modelarea structurilor

Nr.	Sistem Structural	Regim Inaltime	Tip	GL [mm x mm]	GT [mm x mm]	ST [mm x mm]	bp [mm]	hpl [mm]	h podest [mm]	h rampa [mm]	GR podest [mm x mm]	GR de vang [mm x mm]	
1	CADRE - GRINZI PRINCIPALE SI STALPI	9 NIVELURI	CU PLACA	350 x 600	350 x 650	650 x 650	150	150	150	150	150 x 150	150 x 150	
2			FARA PLACA										
3			CU SCARA										
4		6 NIVELURI	CU PLACA			550 x 550							
5			FARA PLACA										
6			CU SCARA										
7		3 NIVELURI	CU PLACA			450 x 450							
8			FARA PLACA										
9			CU SCARA										
10	DUAL - PERETI PREPONDERENTI	9 NIVELURI	CU PLACA	350 x 600	350 x 650	450 x 450	150	150	150	150	150 x 150	150 x 150	
11			FARA PLACA										
12			CU SCARA										
13		6 NIVELURI	CU PLACA			400 x 400							250
14			FARA PLACA										
15			CU SCARA										
16		3 NIVELURI	CU PLACA			300 x 300							200
17			FARA PLACA										
18			CU SCARA										

Tabelul 4 - Secțiunile elementelor structurale folosite pentru modelarea structurilor

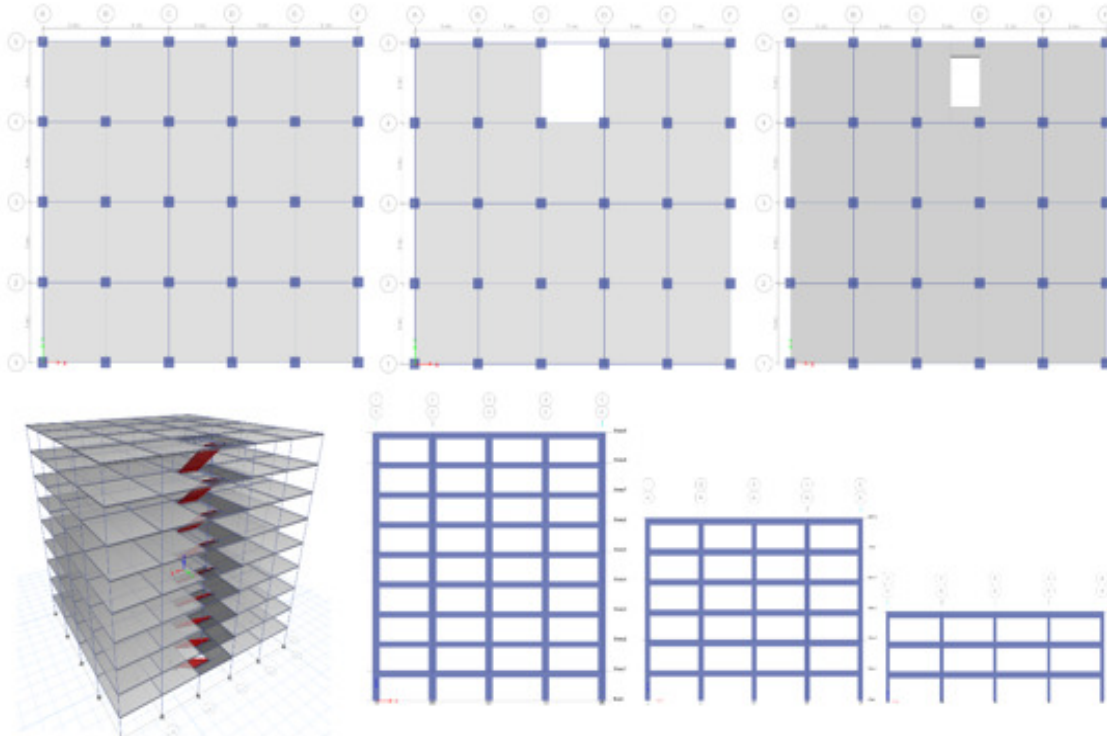


Figura 17 - Modelele de calcul folosite pentru sistemele structurale de tip cadre

Aspecte referitoare la construcția de scări sigure pentru cutremur

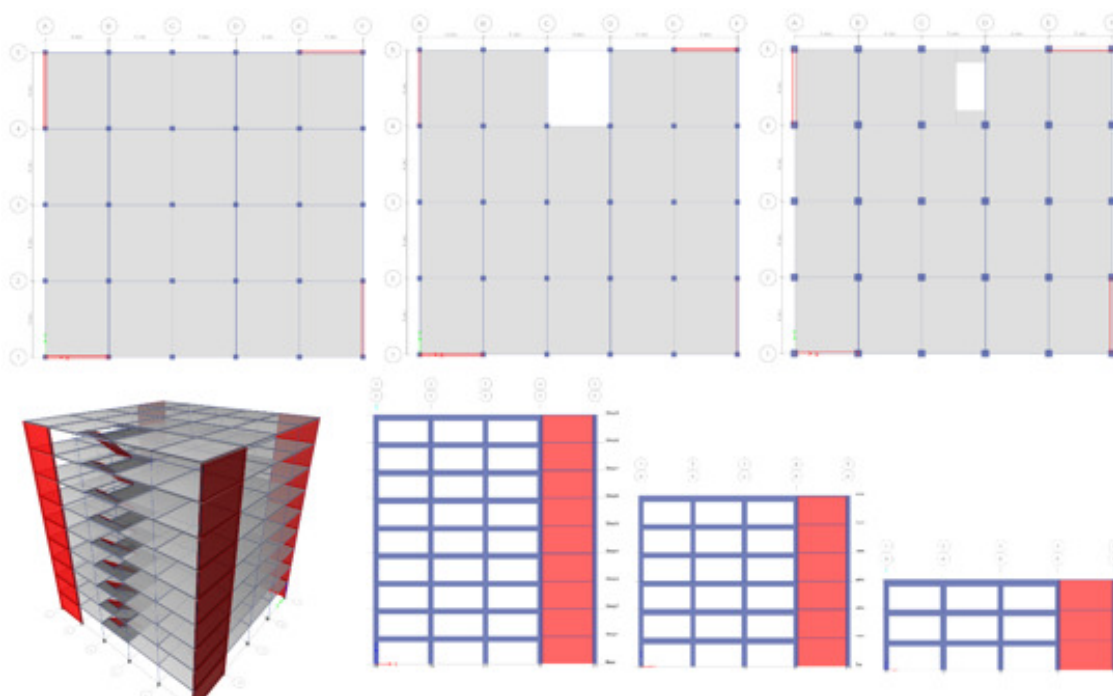


Figura 18 - Modelele de calcul folosite pentru sistemele structurale duale

3.6. Analiza rezultatelor

SISTEM	REGIM H	TIP	Mod	Perioada (s)	UX	UY	UZ	RX	RY	RZ	
CADRE	9 NIVELURI	CU PLACA	1	0.94		80%		20%			
		FARA PLACA		0.92		80%		20%			
		CU SCARA		0.91	76%			21%	3%		
		CU PLACA	2	0.92	80%			21%			
		FARA PLACA		0.91	78%			21%	2%		
		CU SCARA		0.86	2%	66%		19%		11%	
		CU PLACA	3	0.85							80%
		FARA PLACA		0.84	2%						79%
		CU SCARA		0.83	2%	12%		3%			66%
	CU PLACA	6 NIVELURI	FARA PLACA	1	0.70		82%		18%		
	FARA PLACA		0.69			82%		19%			
	CU SCARA		0.68		74%	1%		17%	8%		
	CU PLACA		2	CU PLACA	0.70	82%			18%		
	FARA PLACA			0.69	81%			18%	2%		
	CU SCARA			0.63	7%	40%		10%	2%	34%	
	CU PLACA		3	CU PLACA	0.64						83%
	FARA PLACA			0.63	2%						81%
	CU SCARA			0.62	2%	40%		10%		41%	
	CU PLACA	3 NIVELURI	CU PLACA	1	0.50		89%		12%		
	FARA PLACA		0.49			87%		12%	2%		
	CU SCARA		0.45		63%	2%		10%	23%		
	CU PLACA		2	CU PLACA	0.50		89%		12%		
	FARA PLACA			0.49		89%		12%			
	CU SCARA			0.42	17%	7%		3%		63%	
CU PLACA	3		CU PLACA	0.46						89%	
FARA PLACA			0.45	2%						87%	
CU SCARA			0.41	6%	75%		13%	2%	2%		

Tabelul 5 - Perioadele proprii de vibrație și factorii de participare a maselor modale pentru structurile în cadre

SISTEM	REGIM H	TIP	Mod	Perioada (s)	UX	UY	UZ	RX	RY	RZ	
DUAL	9 NIVELURI	CU PLACA	1	0.78	73%					28%	
		FARA PLACA		0.77	73%					28%	
		CU SCARA		0.77	73%					28%	
		CU PLACA	2	CU PLACA	0.72		72%			29%	
		FARA PLACA		0.71		72%			29%		
		CU SCARA		0.70		72%			29%		
		CU PLACA	3	CU PLACA	0.57						71%
		FARA PLACA		0.57							71%
		CU SCARA		0.57							71%
	CU PLACA	6 NIVELURI	CU PLACA	1	0.60	74%				28%	
	FARA PLACA		0.60		74%				27%		
	CU SCARA		0.60		74%				27%		
	CU PLACA		2	CU PLACA	0.54		74%			28%	
	FARA PLACA			0.54		73%			28%		
	CU SCARA			0.52		73%			28%		
	CU PLACA		3	CU PLACA	0.41						72%
	FARA PLACA			0.41							72%
	CU SCARA			0.41							72%
	CU PLACA	3 NIVELURI	CU PLACA	1	0.24	81%				22%	
	FARA PLACA		0.24		81%				22%		
	CU SCARA		0.24		80%				22%		
	CU PLACA		2	CU PLACA	0.21		82%			21%	
	FARA PLACA			0.21		82%			21%		
	CU SCARA			0.21		81%			21%		
CU PLACA	3		CU PLACA	0.15						81%	
FARA PLACA			0.16							80%	
CU SCARA			0.16							80%	

Tabelul 6 - Perioadele proprii de vibrație și factorii de participare a maselor modale pentru structurile duale

Se poate observa că:

1. Nu exista diferențe semnificative între răspunsul modal al structurilor cu placă în loc

de scară și tipul cu gol vertical.

2. La structurile în cadre, casa scării, care este amplasată pe direcția Y a structurii propriu-zise, contribuie semnificativ la răspunsul structural modal.
3. Astfel casa scării schimbă complet, în cazul clădirilor de 9 niveluri și a celor de 6 niveluri, direcția principală de vibrație pe modul 1, va fi schimbată pe direcția scărilor, deoarece contribuie, pe direcția Y la rigiditatea laterală de ansamblu.
4. În cazul clădirilor cu 3 niveluri, casa scării aduce o rigiditate laterală atât de mare încât modul 2 de vibrații devine mod de translație, iar modul 3 de vibrații devine mod de translație pe direcția Y, implicit pe direcția scării.
5. Casa scării nu modifică deloc semnificativ răspunsul modal al structurilor, deoarece structurile sunt de tip dual și prezintă rigiditate laterală mult mai mare în comparație cu scara.

CADRE					
Regim H	Mod	Cu Placa	Fara Placa	Cu Scara	
9 NIVELURI	1	0.94	0.92	0.91	
	2	0.92	0.91	0.86	
	3	0.85	0.84	0.83	
	4	0.29	0.29	0.29	
	5	0.29	0.29	0.27	
	6	0.27	0.26	0.26	
	7	0.16	0.16	0.16	
	8	0.16	0.16	0.15	
	9	0.15	0.14	0.14	
	10	0.10	0.10	0.10	
	11	0.10	0.10	0.09	
	12	0.09	0.09	0.09	
6 NIVELURI	1	0.70	0.69	0.68	
	2	0.70	0.69	0.63	
	3	0.64	0.63	0.62	
	4	0.22	0.22	0.22	
	5	0.22	0.22	0.20	
	6	0.20	0.20	0.20	
	7	0.12	0.12	0.12	
	8	0.12	0.12	0.11	
	9	0.11	0.11	0.11	
	10	0.08	0.08	0.08	
	11	0.08	0.08	0.08	
	12	0.07	0.07	0.07	
3 NIVELURI	1	0.50	0.49	0.48	
	2	0.50	0.49	0.42	
	3	0.46	0.45	0.41	
	4	0.17	0.16	0.16	
	5	0.17	0.16	0.14	
	6	0.15	0.15	0.14	
	7	0.10	0.10	0.10	
	8	0.10	0.10	0.10	
	9	0.10	0.10	0.09	
	10	0.00	0.00	0.01	
	11	0.00	0.00	0.01	
	12	0.00	0.00	0.01	

Figura 19 - Perioadele proprii de vibrație a sistemelor de tip cadru

DUAL					
Regim H	Mod	Cu Placa	Fara Placa	Cu Scara	
9 NIVELURI	1	0.78	0.77	0.77	
	2	0.72	0.71	0.70	
	3	0.57	0.57	0.57	
	4	0.21	0.21	0.21	
	5	0.19	0.19	0.19	
	6	0.14	0.14	0.15	
	7	0.10	0.10	0.10	
	8	0.09	0.09	0.09	
	9	0.07	0.07	0.07	
	10	0.07	0.07	0.07	
	11	0.06	0.06	0.06	
	12	0.05	0.05	0.05	
6 NIVELURI	1	0.60	0.60	0.60	
	2	0.54	0.54	0.52	
	3	0.41	0.41	0.41	
	4	0.16	0.16	0.16	
	5	0.14	0.14	0.14	
	6	0.10	0.10	0.11	
	7	0.08	0.08	0.08	
	8	0.07	0.07	0.07	
	9	0.05	0.05	0.05	
	10	0.05	0.05	0.05	
	11	0.05	0.05	0.05	
	12	0.04	0.04	0.04	
3 NIVELURI	1	0.24	0.24	0.24	
	2	0.21	0.21	0.21	
	3	0.15	0.16	0.16	
	4	0.07	0.07	0.07	
	5	0.07	0.07	0.06	
	6	0.05	0.05	0.05	
	7	0.04	0.04	0.04	
	8	0.04	0.04	0.04	
	9	0.03	0.03	0.03	
	10	0.02	0.03	0.03	
	11	0.02	0.03	0.03	
	12	0.02	0.03	0.03	

Figura 20 - Perioadele proprii de vibrație a sistemelor de tip dual

Se poate observa că scările aduc un aport semnificativ de rigiditate laterală, reducând astfel perioadele proprii de vibrație pentru structurile de tip cadru.

Aspecte referitoare la construcția de scări sigure pentru cutremur

CADRE	Mod vibrație	9 NIVELURI						CADRE	Mod vibrație	6 NIVELURI					
		CU PLACA	FARA PLACA	CU SCARA	$\Delta(+)$ placa/(-) placa	$\Delta(+)$ placa/cu scara	$\Delta(-)$ placa/cu scara			CU PLACA	FARA PLACA	CU SCARA	$\Delta(+)$ placa/(-) placa	$\Delta(+)$ placa/cu scara	$\Delta(-)$ placa/cu scara
Modal	1	0.936	0.921	0.909	2%	3%	1%	Modal	1	0.700	0.688	0.680	2%	3%	1%
Modal	2	0.924	0.911	0.858	1%	7%	6%	Modal	2	0.697	0.687	0.628	1%	10%	9%
Modal	3	0.851	0.839	0.832	1%	2%	1%	Modal	3	0.641	0.631	0.616	2%	4%	2%
Modal	4	0.293	0.289	0.285	1%	3%	1%	Modal	4	0.222	0.218	0.216	2%	3%	1%
Modal	5	0.290	0.286	0.269	1%	7%	6%	Modal	5	0.221	0.218	0.199	1%	10%	9%
Modal	6	0.268	0.264	0.262	1%	2%	1%	Modal	6	0.204	0.201	0.196	1%	4%	2%
Modal	7	0.158	0.156	0.155	1%	2%	1%	Modal	7	0.122	0.120	0.120	2%	2%	0%
Modal	8	0.157	0.155	0.146	1%	7%	6%	Modal	8	0.122	0.120	0.112	2%	8%	7%
Modal	9	0.146	0.144	0.143	1%	2%	1%	Modal	9	0.113	0.112	0.110	1%	3%	2%
Modal	10	0.101	0.099	0.099	2%	2%	0%	Modal	10	0.080	0.079	0.079	1%	1%	0%
Modal	11	0.100	0.099	0.094	1%	6%	5%	Modal	11	0.080	0.079	0.075	1%	6%	5%
Modal	12	0.093	0.092	0.092	1%	1%	0%	Modal	12	0.074	0.073	0.073	1%	1%	0%

CADRE	Mod vibrație	3 NIVELURI					
		CU PLACA	FARA PLACA	CU SCARA	$\Delta(+)$ placa/(-) placa	$\Delta(+)$ placa/cu scara	$\Delta(-)$ placa/cu scara
Modal	1	0.499	0.491	0.480	2%	4%	2%
Modal	2	0.498	0.490	0.419	2%	16%	14%
Modal	3	0.457	0.449	0.411	2%	10%	8%
Modal	4	0.166	0.164	0.161	1%	3%	2%
Modal	5	0.166	0.163	0.144	2%	13%	12%
Modal	6	0.153	0.151	0.142	1%	7%	6%
Modal	7	0.104	0.103	0.102	1%	2%	1%
Modal	8	0.104	0.103	0.096	1%	8%	7%
Modal	9	0.097	0.096	0.093	1%	4%	3%

Tabelul 7 - Diferențele valorilor perioadelor proprii de vibrație în funcție de tipul analizat, regimul de înălțime și modul de vibrație pentru structurile tip cadre

DUAL	Mod vibrație	9 NIVELURI						DUAL	Mod vibrație	6 NIVELURI					
		CU PLACA	FARA PLACA	CU SCARA	$\Delta(+)$ placa/(-) placa	$\Delta(+)$ placa/cu scara	$\Delta(-)$ placa/cu scara			CU PLACA	FARA PLACA	CU SCARA	$\Delta(+)$ placa/(-) placa	$\Delta(+)$ placa/cu scara	$\Delta(-)$ placa/cu scara
Modal	1	0.775	0.771	0.770	1%	1%	0%	Modal	1	0.604	0.600	0.596	1%	1%	1%
Modal	2	0.717	0.713	0.695	1%	3%	3%	Modal	2	0.541	0.538	0.523	1%	3%	3%
Modal	3	0.567	0.572	0.574	-1%	-1%	0%	Modal	3	0.410	0.413	0.414	-1%	-1%	0%
Modal	4	0.211	0.210	0.211	0%	0%	0%	Modal	4	0.161	0.160	0.160	1%	1%	0%
Modal	5	0.190	0.189	0.185	1%	3%	2%	Modal	5	0.143	0.142	0.140	1%	2%	1%
Modal	6	0.143	0.144	0.145	-1%	-1%	-1%	Modal	6	0.103	0.104	0.105	-1%	-2%	-1%
Modal	7	0.102	0.102	0.102	0%	0%	0%	Modal	7	0.079	0.079	0.080	0%	-1%	-1%
Modal	8	0.092	0.091	0.090	1%	2%	1%	Modal	8	0.071	0.071	0.071	0%	0%	0%
Modal	9	0.067	0.068	0.068	-1%	-1%	0%	Modal	9	0.054	0.054	0.054	0%	0%	0%
Modal	10	0.065	0.065	0.066	0%	-2%	-2%	Modal	10	0.050	0.051	0.052	-2%	-1%	-2%
Modal	11	0.059	0.059	0.059	0%	0%	0%	Modal	11	0.049	0.049	0.049	0%	0%	0%
Modal	12	0.048	0.048	0.048	0%	0%	0%	Modal	12	0.042	0.043	0.044	-2%	-5%	-2%

DUAL	Mod vibrație	3 NIVELURI					
		CU PLACA	FARA PLACA	CU SCARA	$\Delta(+)$ placa/(-) placa	$\Delta(+)$ placa/cu scara	$\Delta(-)$ placa/cu scara
Modal	1	0.244	0.242	0.241	1%	1%	0%
Modal	2	0.214	0.213	0.208	0%	3%	2%
Modal	3	0.154	0.155	0.156	-1%	-1%	-1%
Modal	4	0.071	0.071	0.072	0%	-1%	-1%
Modal	5	0.065	0.065	0.064	0%	2%	2%
Modal	6	0.046	0.046	0.047	0%	-2%	-2%
Modal	7	0.041	0.042	0.042	-2%	-2%	0%
Modal	8	0.038	0.039	0.039	-3%	-3%	0%
Modal	9	0.027	0.029	0.029	-7%	-7%	0%
Modal	10	0.021	0.029	0.029	-38%	-38%	0%
Modal	11	0.021	0.028	0.028	-33%	-33%	0%
Modal	12	0.016	0.027	0.027	-69%	-69%	0%

Tabelul 8 - Diferențele valorilor perioadelor proprii de vibrație în funcție de tipul analizat, regimul de înălțime și modul de vibrație pentru structurile tip dual

Se observa că:

- În funcție de perioadele proprii de vibrații pe cele 3 moduri principale de vibrație, putem să afirmăm că scara aduce o contribuție semnificativă la rigiditatea structurală a cadrelor pe direcția acesteia, perioadele proprii de vibrații se reduc astfel cu 7-16%, în funcție de modul de vibrație și de regimul de înălțime.
- Scările nu schimbă semnificativ perioadele proprii de vibrații ale structurilor de tip dual, deoarece acestea au o rigiditate laterală mult mai mare decât scările.
- Nu există diferențe semnificative între răspunsul modal al structurilor cu placă în loc de scară și tipul cu gol vertical.

Aspecte referitoare la construcția de scări sigure pentru cutremur

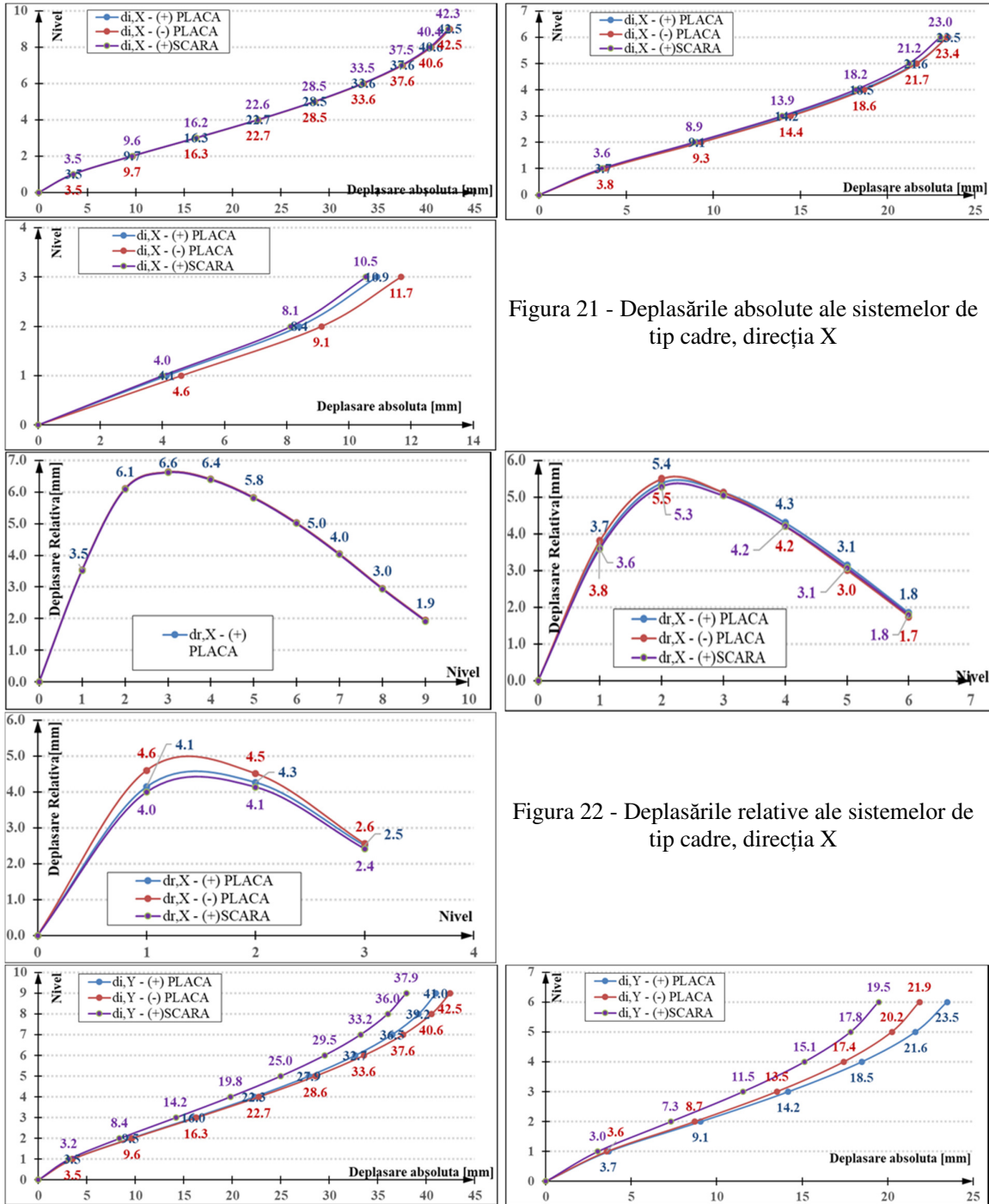


Figura 21 - Deplasările absolute ale sistemelor de tip cadre, direcția X

Figura 22 - Deplasările relative ale sistemelor de tip cadre, direcția X



Aspecte referitoare la construcția de scări sigure pentru cutremur

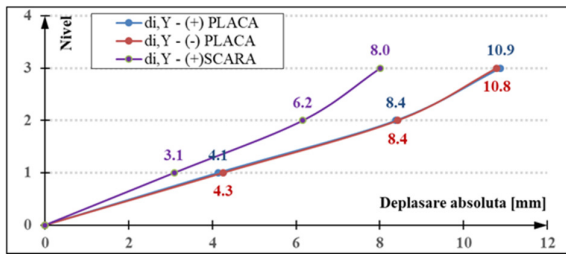


Figura 23 - Deplasările absolute ale sistemelor de tip cadre, direcția Y

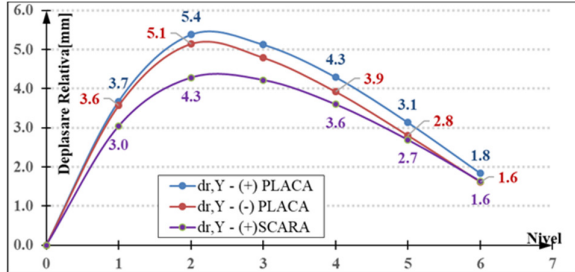
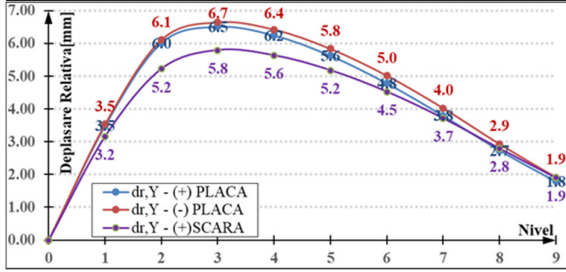


Figura 24 - Deplasările relative ale sistemelor de tip cadre, direcția Y

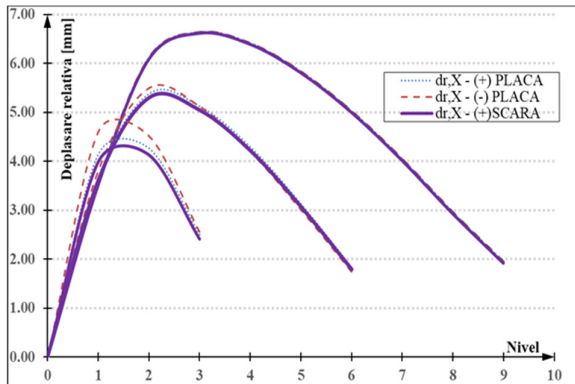
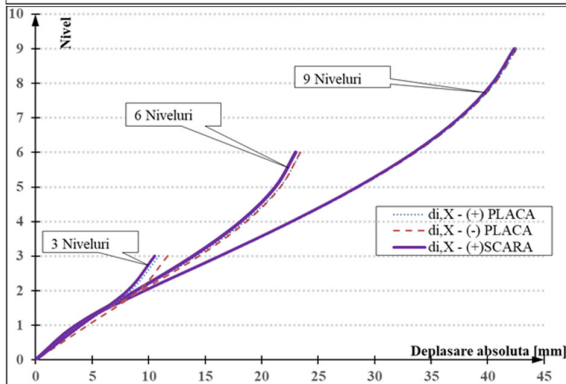
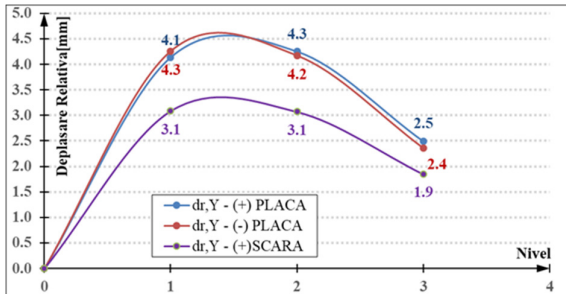


Figura 25 - Deplasările absolute și relative pentru cele 3 regimuri de înălțime, direcția X

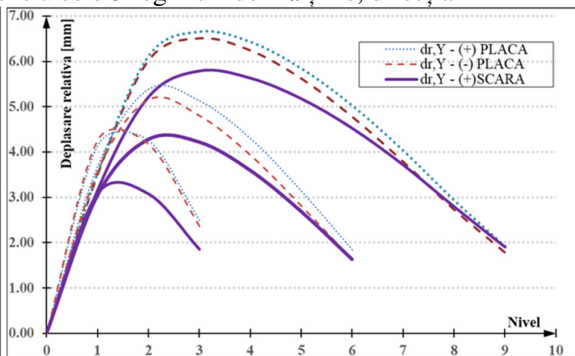
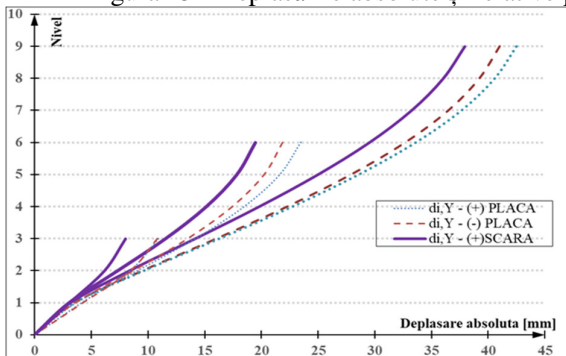


Figura 26 - Deplasările absolute și relative pentru cele 3 regimuri de înălțime, direcția Y

Aspecte referitoare la construcția de scări sigure pentru cutremur

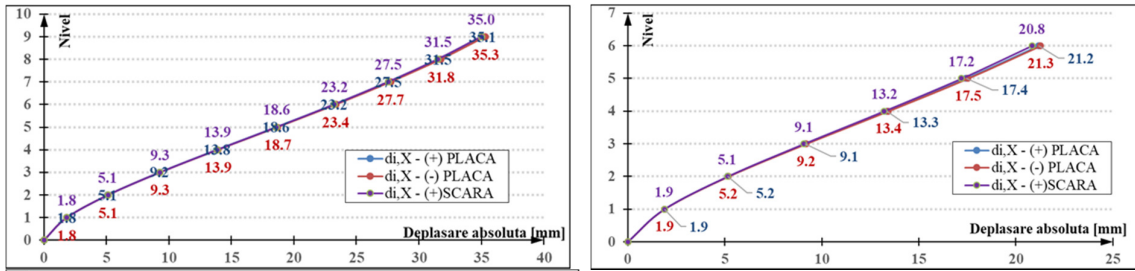


Figura 27 - Deplasările absolute ale sistemelor de tip dual, direcția X

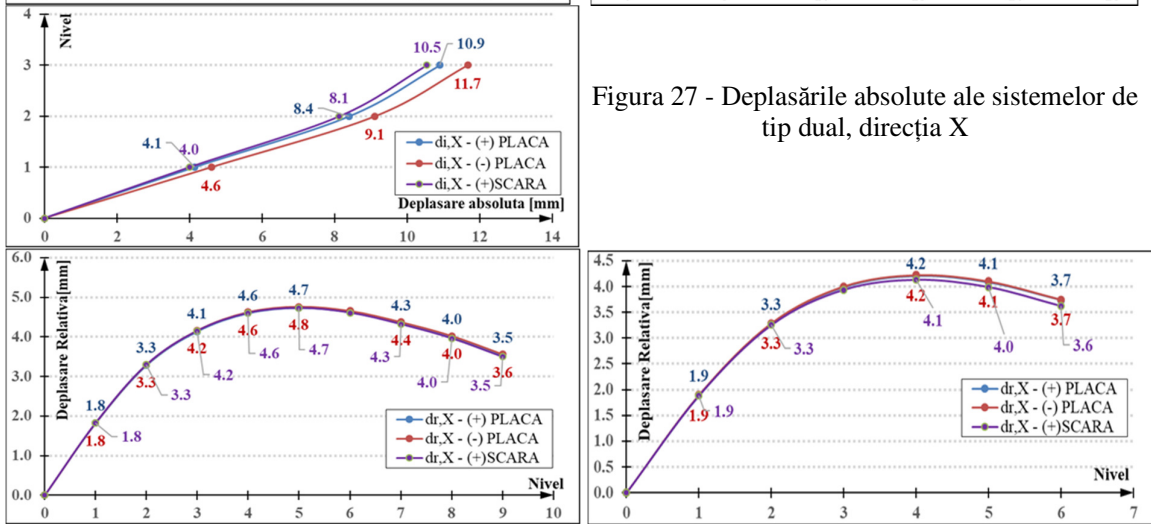


Figura 28 - Deplasările relative ale sistemelor de tip dual, direcția X

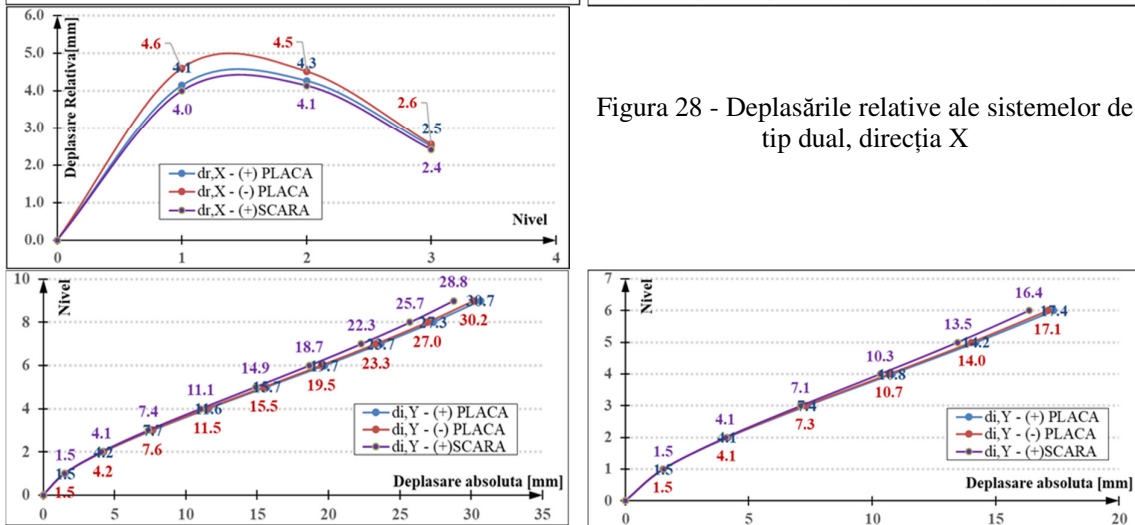


Figura 29 - Deplasările absolute ale sistemelor de tip dual, direcția Y

### Aspecte referitoare la construcția de scări sigure pentru cutremur

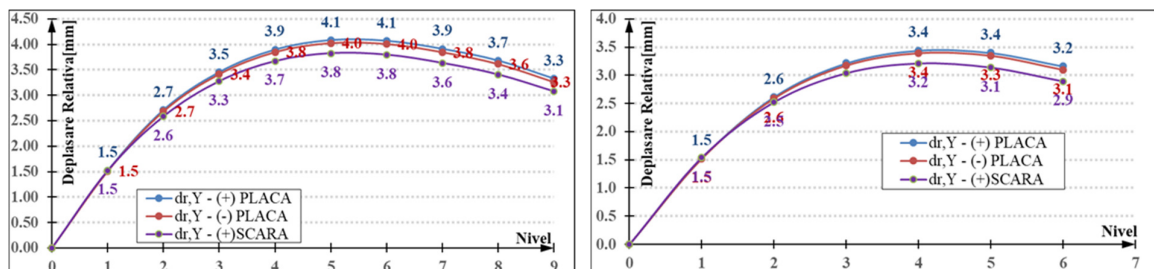


Figura 30 - Deplasările relative ale sistemelor de tip dual, direcția Y

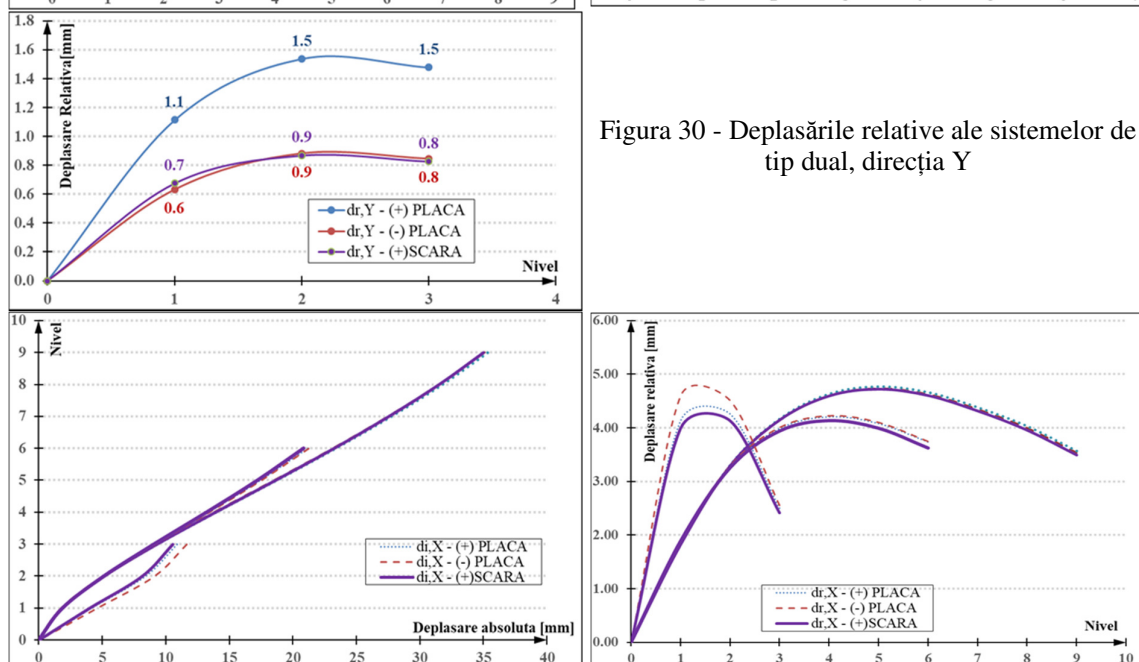


Figura 31 - Deplasările absolute și relative pentru cele 3 regimuri de înălțime, direcția X

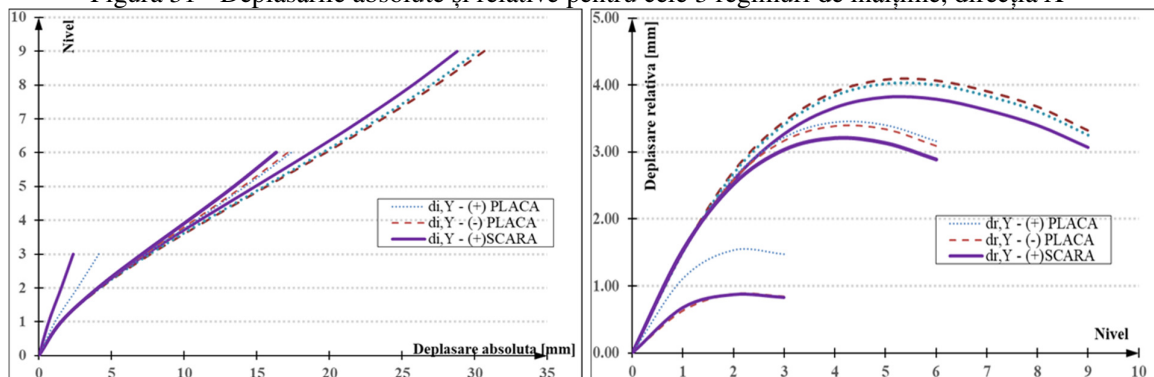


Figura 32 - Deplasările absolute și relative pentru cele 3 regimuri de înălțime, direcția Y

Analizând rezultatele, putem observa că scara aduce un spor semnificativ de rigiditate, pe direcția longitudinală a rampelor scărilor – direcția Y, reducând deplasările laterale ale structurilor cu următoarele valori, în funcție de sistemul structural:

#### Cadre:

- 9 niveluri 7-13% reducere
- 6 niveluri 11-19% reducere
- 3 niveluri 25-27% reducere

#### Dual:

- 9 niveluri 0-6% reducere
- 6 niveluri 0-6% reducere

Aspecte referitoare la construcția de scări sigure pentru cutremur

- 3 niveluri 0-7% creștere – sistemul devine mai flexibil, odată cu introducerea scărilor.

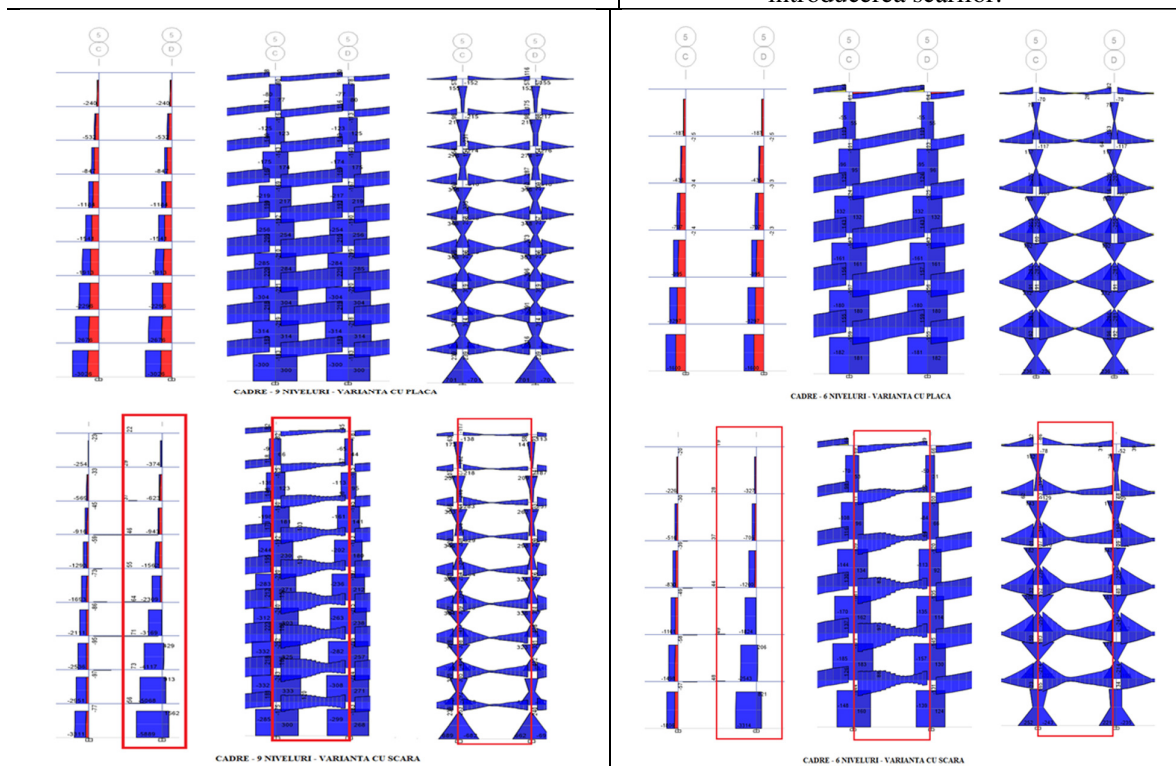


Figura 33 - Variația eforturilor secționale N, V, M în cazul structurilor de tip cadre – variantele cu placă, respectiv cu scară, cu regimul de înălțime de 9 niveluri

Figura 34 - Variația eforturilor secționale N, V, M în cazul structurilor de tip cadre – variantele cu placă, respectiv cu scară, cu regimul de înălțime de 6 niveluri

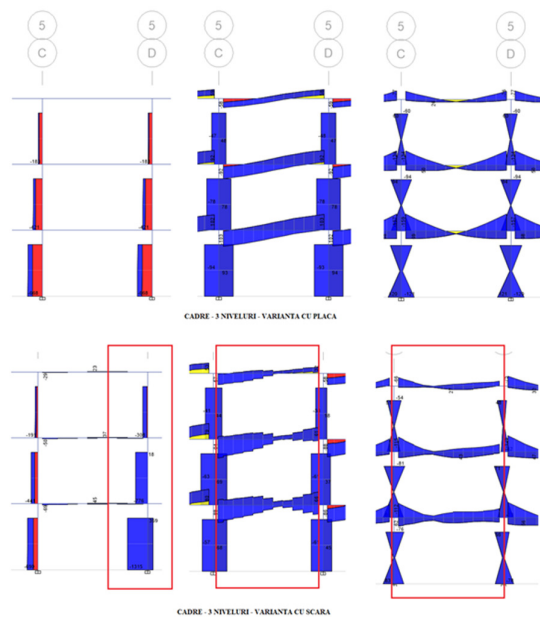


Figura 35 - Variația eforturilor secționale N, V, M în cazul structurilor de tip cadre – variantele cu placă, respectiv cu scară, cu regimul de înălțime de 3 niveluri

Se observă faptul că:

- Scara influențează distribuția eforturilor în grinzile și stâlpii aferenți și crește eforturile efective axiale, tăietoare și momentul încovoietor.
- Stâlpii aferenți podestelor se încarcă mult mai puternic cu efort axial – N, din cauza greutateii podestelor, astfel există posibilitatea să subarmăm stâlpii și barele de armătură să flambeze.
- Grinzile pe care podestele reazămă își schimbă conformația diagramei de forță tăietoare – V și diagrama de moment, astfel încât se poate ca în dreptul secțiunii podestelor de nivel, forța tăietoare să crească și să producă o rupere de tip fragil.
- În ceea ce privește momentul încovoietor, acesta își modifică distribuția, existând riscul ca în cazul în care nu ținem cont de influența scărilor, armătura de la partea superioară din câmpul grinzii adiacente podestului de nivel să nu fie suficientă, în cazurile curente armarea la partea superioară în câmp se face cu armătură cu diametre mici în scop de montaj pentru carcasa de armături.
- Nu s-au observat schimbări semnificative ale distribuțiilor calitative de eforturi în cazul structurilor de tip dual cu pereți preponderenți.

#### 4. Propunerea unor „scări rezistente la seism”

Pentru a evita efectele defavorabile ale interacțiunii scării cu structura și pentru a realiza circulația pe verticală în siguranță pe timpul seismelor, propun o soluție de decuplare a casei scării și crearea unor nuclee speciale – scări cu structură integrată.

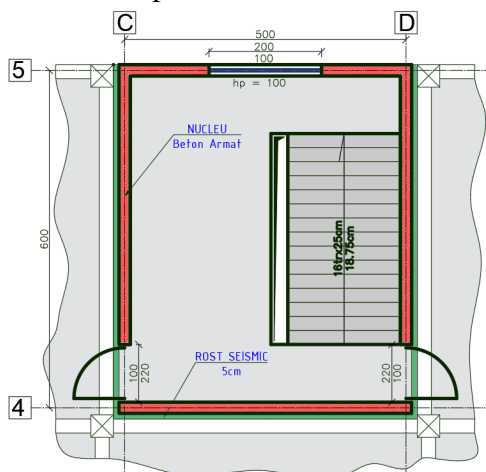


Figura 36 - Conformarea în plan al nucleului casei scării

Nr.	Sistem Structural	Regim Inaltime	GL [mm x mm]	GT [mm x mm]	ST [mm x mm]	bp [mm]	hpl [mm]	h podest [mm]	h rampa [mm]	GR podest [mm x mm]	GR de vang [mm x mm]
1	NUCLEU	9 NIVELURI				400	150	150	150	150 x 150	150 x 150
2		6 NIVELURI				250					
3		3 NIVELURI				200					

Tabelul 9 - Secțiunile elementelor structurale folosite în modelul de calcul

Aspecte referitoare la construcția de scări sigure pentru cutremur

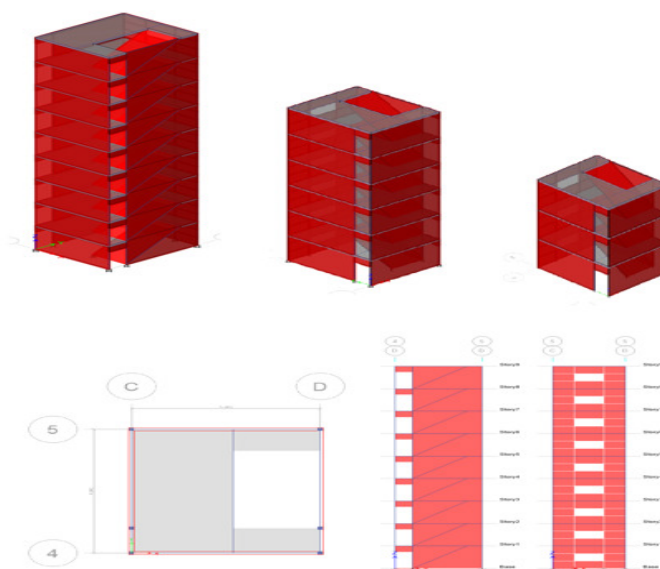


Figura 37 - Modelarea nucleelor casei scării/scara cu structură integrată – Perspective, conformare în plan, elevații caracteristice

SISTEM	REGIM H	Mod	Perioada (s)	UX	UY	UZ	RX	RY	RZ
NUCLEU - SCARA	9 NIVELURI	1	0.44	67%				33%	
		2	0.40		67%		34%		
		3	0.15						79%
	6 NIVELURI	1	0.22	70%					30%
		2	0.20		69%		31%		
		3	0.09						79%
	3 NIVELURI	1	0.08	76%					25%
		2	0.07		74%		26%		
		3	0.05				1%		74%

Tabelul 10 - Perioadele proprii de vibrații și factorii de participare a maselor modale la structurile tip nucleu

SISTEM	REGIM H	Nivel	$d_{i,x}$ (mm)	$d_{i,y}$ (mm)	$d_{re,x}$ (mm)	$d_{re,y}$ (mm)
NUCLEU	9 NIVELURI	9	10.6	10.1	1.4	1.4
		8	9.2	8.7	1.4	1.4
		7	7.8	7.3	1.4	1.4
		6	6.4	5.9	1.4	1.3
		5	5.0	4.6	1.3	1.3
		4	3.7	3.3	1.2	1.1
		3	2.5	2.2	1.1	1.0
		2	1.4	1.2	0.9	0.8
		1	0.5	0.5	0.5	0.5
	0	0.0	0.0	0.0	0.0	
	6 NIVELURI	6	4.7	4.6	0.8	0.9
		5	3.9	3.7	0.9	0.9
		4	3.0	2.8	0.9	0.9
		3	2.1	2.0	0.9	0.8
		2	1.3	1.1	0.8	0.7
		1	0.5	0.5	0.5	0.5
	3 NIVELURI	0	0.0	0.0	0.0	0.0
		3	0.8	1.0	0.2	0.4
		2	0.6	0.6	0.3	0.3
		1	0.3	0.3	0.3	0.3
	0	0.0	0.0	0.0	0.0	

Tabelul 11 - Deplasările laterale absolute și relative ale nucleelor

Aspecte referitoare la construcția de scări sigure pentru cutremur

SISTEM	REGIM H	Nivel	T <sub>x</sub> (s)	T <sub>y</sub> (s)	d <sub>r,X</sub> <sup>SLS</sup> (mm)	d <sub>r,Y</sub> <sup>SLS</sup> (mm)	d <sub>r,X</sub> <sup>SLU</sup> (mm)	d <sub>r,Y</sub> <sup>SLU</sup> (mm)	d <sub>r,X</sub> <sup>SLS</sup> / d <sub>r,a</sub> <sup>SLS</sup> < 1.00	d <sub>r,Y</sub> <sup>SLS</sup> / d <sub>r,a</sub> <sup>SLS</sup> < 1.00	d <sub>r,X</sub> <sup>SLU</sup> / d <sub>r,a</sub> <sup>SLU</sup> < 1.00	d <sub>r,Y</sub> <sup>SLU</sup> / d <sub>r,a</sub> <sup>SLU</sup> < 1.00
NUCLEU	9 NIVELURI	9	0.44	0.40	4.23	4.33	15.72	16.09	✓ 0.14	✓ 0.14	✓ 0.21	✓ 0.21
NUCLEU	9 NIVELURI	8	0.44	0.40	4.36	4.37	16.21	16.24	✓ 0.15	✓ 0.15	✓ 0.22	✓ 0.22
NUCLEU	9 NIVELURI	7	0.44	0.40	4.41	4.34	16.42	16.15	✓ 0.15	✓ 0.14	✓ 0.22	✓ 0.22
NUCLEU	9 NIVELURI	6	0.44	0.40	4.35	4.20	16.18	15.61	✓ 0.15	✓ 0.14	✓ 0.22	✓ 0.21
NUCLEU	9 NIVELURI	5	0.44	0.40	4.16	3.92	15.46	14.59	✓ 0.14	✓ 0.13	✓ 0.21	✓ 0.19
NUCLEU	9 NIVELURI	4	0.44	0.40	3.82	3.52	14.21	13.10	✓ 0.13	✓ 0.12	✓ 0.19	✓ 0.17
NUCLEU	9 NIVELURI	3	0.44	0.40	3.33	2.99	12.40	11.14	✓ 0.11	✓ 0.10	✓ 0.17	✓ 0.15
NUCLEU	9 NIVELURI	2	0.44	0.40	2.73	2.39	10.16	8.88	✓ 0.09	✓ 0.08	✓ 0.14	✓ 0.12
NUCLEU	9 NIVELURI	1	0.44	0.40	1.60	1.43	5.95	5.30	✓ 0.05	✓ 0.05	✓ 0.08	✓ 0.07
NUCLEU	9 NIVELURI	0	0.44	0.40	0.00	0.00	0.00	0.00	✓ 0.00	✓ 0.00	✓ 0.00	✓ 0.00
NUCLEU	6 NIVELURI	6	0.22	0.20	2.41	2.66	8.98	9.88	✓ 0.08	✓ 0.09	✓ 0.12	✓ 0.13
NUCLEU	6 NIVELURI	5	0.22	0.20	2.72	2.75	10.13	10.22	✓ 0.09	✓ 0.09	✓ 0.14	✓ 0.14
NUCLEU	6 NIVELURI	4	0.22	0.20	2.81	2.74	10.45	10.18	✓ 0.09	✓ 0.09	✓ 0.14	✓ 0.14
NUCLEU	6 NIVELURI	3	0.22	0.20	2.71	2.54	10.09	9.46	✓ 0.09	✓ 0.08	✓ 0.13	✓ 0.13
NUCLEU	6 NIVELURI	2	0.22	0.20	2.42	2.17	8.99	8.06	✓ 0.08	✓ 0.07	✓ 0.12	✓ 0.11
NUCLEU	6 NIVELURI	1	0.22	0.20	1.52	1.41	5.64	5.23	✓ 0.05	✓ 0.05	✓ 0.08	✓ 0.07
NUCLEU	6 NIVELURI	0	0.22	0.20	0.00	0.00	0.00	0.00	✓ 0.00	✓ 0.00	✓ 0.00	✓ 0.00
NUCLEU	3 NIVELURI	3	0.08	0.07	0.66	1.21	2.45	4.50	✓ 0.02	✓ 0.04	✓ 0.03	✓ 0.06
NUCLEU	3 NIVELURI	2	0.08	0.07	1.04	0.93	3.87	3.48	✓ 0.03	✓ 0.03	✓ 0.05	✓ 0.05
NUCLEU	3 NIVELURI	1	0.08	0.07	0.88	0.91	3.29	3.38	✓ 0.03	✓ 0.03	✓ 0.04	✓ 0.05
NUCLEU	3 NIVELURI	0	0.08	0.07	0.00	0.00	0.00	0.00	✓ 0.00	✓ 0.00	✓ 0.00	✓ 0.00

Tabelul 12 - Verificarea deplasărilor laterale ale nucleelor

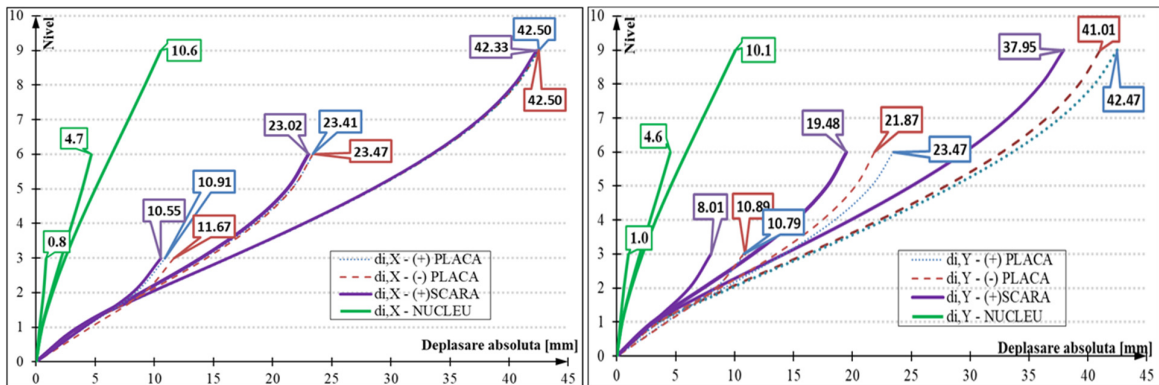


Figura 38 - Deplasările absolute ale nucleelor scărilor față de structurile analizate de tip cadre

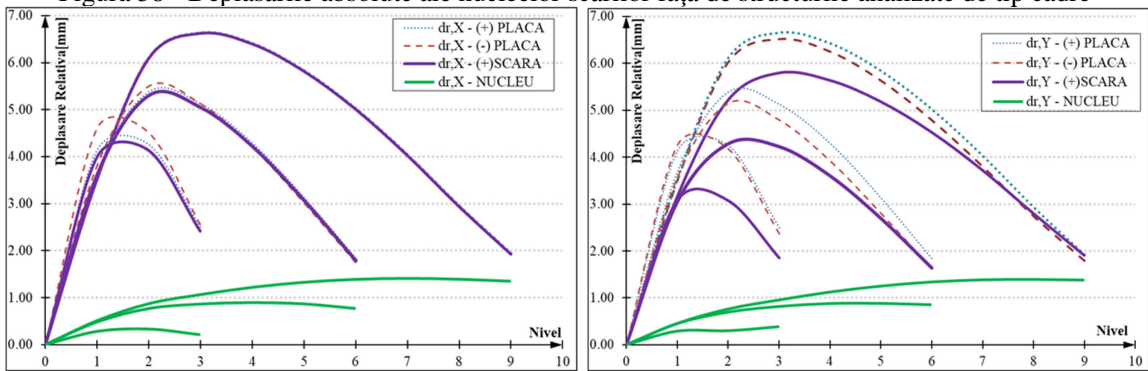


Figura 39 - Deplasările relative ale nucleelor scărilor față de structurile analizate de tip cadre

Aspecte referitoare la construcția de scări sigure pentru cutremur

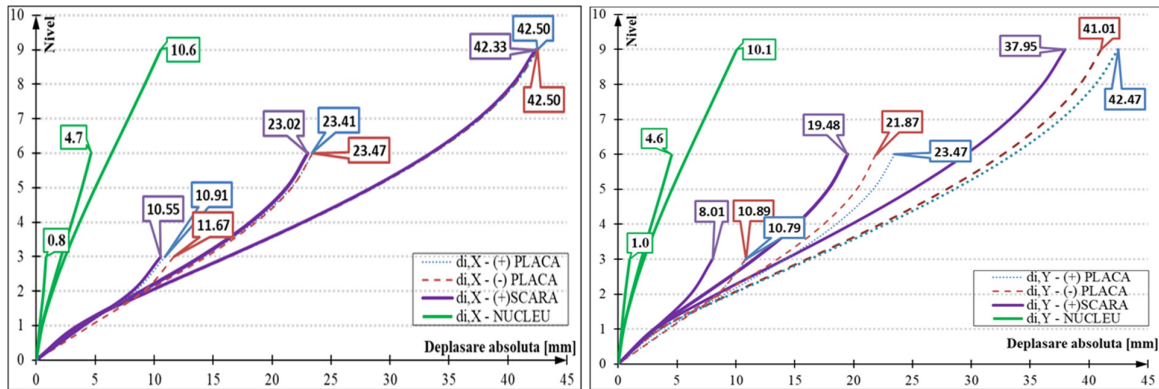


Figura 40 - Deplasările absolute ale nucleelor scărilor față de structurile analizate de tip dual

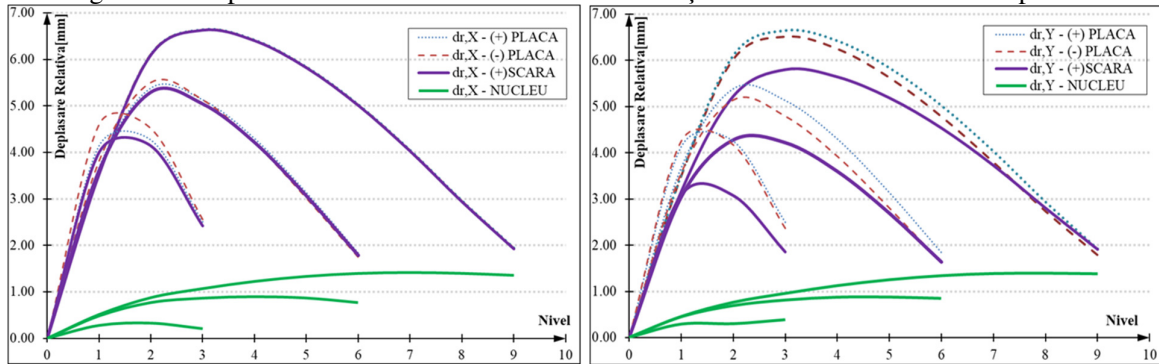


Figura 41 - Deplasările relative ale nucleelor scărilor față de structurile analizate de tip dual

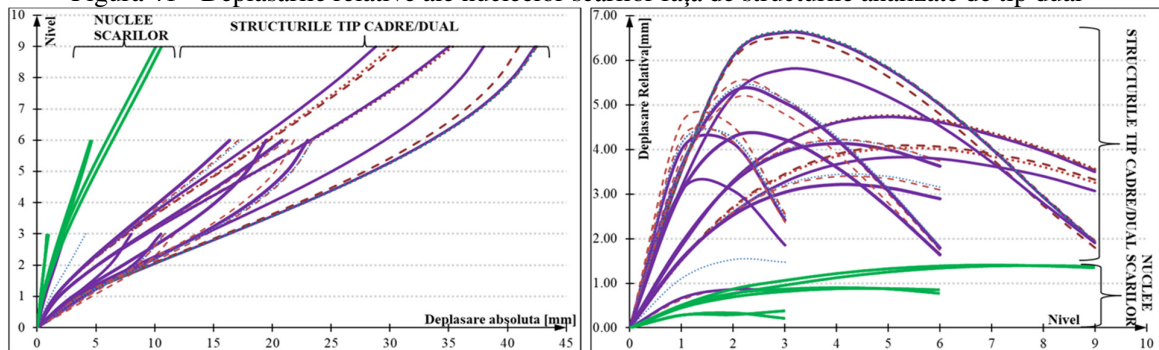


Figura 42 - Deplasările relative și absolute studiate ale tuturor tipurilor de structuri analizate

Lățimea rostului seismic se dimensionează punând condiția ca în timpul cutremurului tronsoanele separate prin rost să nu se afecteze prin coliziune, în situația în care aceste corpuri ar oscila defazat. Lățimea rosturilor seismice trebuie să respecte condiția:  $\Delta \geq \sqrt{d_{1,max}^2 + d_{2,max}^2}$ , în care  $d_{1,max}$ ,  $d_{2,max}$  sunt deplasările maxime ale celor două corpuri independente sub acțiunea încărcărilor seismice, corespunzătoare stării limite ultime. Mascarea rosturilor se va face astfel încât elementele de mascare să nu influențeze semnificativ oscilațiile corpurilor, iar în cazul degradărilor acestor elemente să nu existe riscul de desprindere și cădere a pieselor de susținere care ar periclita viețile ocupanților sau componente importante ale construcțiilor. Rosturile seismice se vor masca cu elemente ușoare și elastice (ex. vată minerală sau polistiren).



Aspecte referitoare la construcția de scări sigure pentru cutremur

Nivel	$d_{r,x}^{SLU}$ (mm)	$d_{r,y}^{SLU}$ (mm)	Latimea rostului seismic între structura și nucleul casei scării $\Delta$ [mm]	REGIM H	TIP	SISTEM
9	20.3	18.5	26	9 NIVELURI	CU PLACA	CADRE
	20.5	20.1	26		FARA PLACA	
	41.1	38.7	44		CU PLACA	DUAL
	41.5	37.9	44		FARA PLACA	
	15.7	16.1				NUCLEU
6	21.4	21.4	19	6 NIVELURI	CU PLACA	CADRE
	20.3	18.8	33		FARA PLACA	
	43.4	36.7	34		CU PLACA	DUAL
	43.6	36.0	26		FARA PLACA	
	9.0	9.9				NUCLEU
3	29.1	29.0	29	3 NIVELURI	CU PLACA	CADRE
	29.7	27.5	30		FARA PLACA	
	20.2	17.2	21		CU PLACA	DUAL
	12.9	9.8	14		FARA PLACA	
	2.5	4.5				NUCLEU

Tabelul 13 - Lățimile rosturilor seismice în funcție de sistem structural studiat

## 5. Concluzii

În urma analizelor efectuate au rezultat următoarele aspecte:

- Scările au o contribuție semnificativă la rigiditatea laterală a structurilor de tip cadre de beton armat, iar în cazul structurilor de tip dual cu pereți preponderenți nu s-au observat diferențe semnificative.
- La structurile analizate s-a observat că scările reduc semnificativ perioadele proprii de vibrație ale structurilor în cadre de beton armat. Casele scărilor pot modifica și direcția și sensul de răspuns modal al clădirilor, dacă acestea aduc un aport semnificativ de masă raportat la masa structurii propriu-zise.
- Poziția scării afectează de asemenea și centrul de rigiditate a structurilor, cum s-a observat la structurile cu 3 niveluri în cadre de beton armat, astfel încât excentricitatea dintre centrul de masă și centrul de rigiditate conduce la răspunsuri de torsiune generală, structura rotindu-se în jurul centrului de rigiditate.
- Deplasările laterale absolute și relative s-au redus semnificativ în cazul în care am considerat modelul structural al clădirilor împreună cu scara.
- Casele scărilor schimbă modul de distribuție și diagramele de eforturi în elementele structurale adiacente (grinzi, stâlpi) și mărește eforturile secționale ale acestora, astfel trebuie să ținem cont de influența scărilor în calculule, de rezistența asupra elementelor structurale.
- Neîncorporarea scărilor în cadrul modelelor de calcul structural al clădirilor poate conduce la colapsul structural al scărilor în cadrul un seism major, dar și elementele adiacente scărilor pot suferi grave avarii, fiind influențate de scară.
- **Prin utilizarea ideii de „nuclee speciale de circulație pe verticală”, decuplate de restul structurii, conformate astfel încât corpul clădirii și scara cu structura integrată să nu se ciocnească, în cazul în care cele două structuri oscilează defazat, prin utilizarea unor dispozitive speciale (Figura 43) se poate asigura evacuarea în deplină siguranță a ocupanților, chiar și în timpul seismelor majore.**

## Aspecte referitoare la construcția de scări sigure pentru cutremur

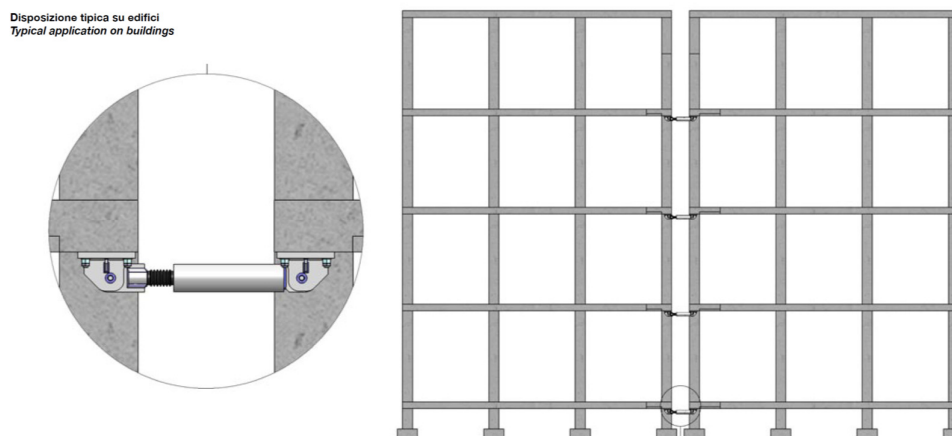


Figura 43 – Montarea unor dispozitive speciale de amortizare (de tip GAP)

## Referințe

- [1] B. Li, Z. Wang, K. M. Mosalam, Analysis of stairwells performance and damage during Wenchuan earthquake, 14th WCEE, China, 2008
- [2] Z.Cao, C. Bian, C. Xu, Analysis of the interaction between stair and frame under horizontal earthquake action based on etabs, ICMCE, China, 2014
- [3] Cod de proiectare a construcțiilor cu pereți structurali de beton armat indicativ CR 2-1-1.1
- [4] Cod de proiectare evaluarea acțiunii zăpezii asupra construcțiilor indicativ CR 1-1-3/2012
- [5] Cod de proiectare seismică - Prevederi de proiectare pentru clădiri indicativ P100-1, 2013
- [6] Daniel Stoica - Constructii Civile - Probleme si solutii moderne I - Editura Matrix
- [7] Ghid privind proiectarea scarilor si rampelor, la cladiri indicativ GP 089-03, 2002
- [8] Normativ privind criteriile de performanta specifice scarilor si rampelor pentru circulatia pietonala in constructii indicativ NP 063-02, 2003
- [9] A.M. Dabija, Noțiuni de proiectare a scărilor la clădiri cu funcțiuni civile, Universitatea Ion Mincu, Bucuresti, Romania, 2006
- [10] H. Jiang, H. Gao, B. Wang, Seismic damage analyses of staircases in rc frame structures, Trans Tech Publications, Elvetia, 2012
- [11] E. Cosenza, Seismic performance of stairs in the existing reinforced concrete building, 14th WCEE, China, 2008
- [12] SR EN 1991-2:2004, "Eurocod 1: Acțiuni asupra structurilor"
- [13] SR EN 1992-1-1:2004, "Eurocod 2: Proiectarea structurilor de beton"
- [14] Blanc, S. Blanc, Stairs second edition, Elsevier, 2001
- [15] Xu, The impact of the stairs to the earthquake resistance of reinforced concrete frame structure, 2nd EMEIT, China, 2012
- [16] Roha, J. W. Axley, V. V. Bertero, The performance of stairways in earthquakes, University of California, Berkley, California, 1982
- [17] P. Zhang, The seismic design of staircase in frame structure, Trans Tech Publications, Switzerland, 2012
- [18] Baqi, Z. Mohammad, M. Danish, Effect of staircase on RC frame structures under seismic load, India, ICTCCS, 2013
- [19] [www.encipedia.ro](http://www.encipedia.ro)
- [20] [www.spatiuconstructuit.ro/ghid-de-constructii/scari-notiuni-generale-clasificari-object\\_id=9](http://www.spatiuconstructuit.ro/ghid-de-constructii/scari-notiuni-generale-clasificari-object_id=9)
- [21] [en.wikipedia.org/wiki/Stairs](http://en.wikipedia.org/wiki/Stairs)
- [22] Daniel Stoica - Constructii Civile - Probleme si solutii moderne I - Editura Matrix 2015

Aspecte referitoare la construcția de scări sigure pentru cutremur

- [23] Daniel Stoica - Constructii Civile - Probleme si solutii moderne II - Editura Matrix 2017
- [24] Daniel Stoica - Structuri din zidarie - Probleme si solutii moderne I - Editura Matrix 2015
- [25] Daniel Stoica - Structuri din zidarie - Modele de calcul structural - Editura Matrix 2016
- [26] Alga - Antiseismic devices