



Universitatea Tehnică
de Construcții București

Bd. Lacul Tei 122-124, Sect. 2, cod poștal 020396, București, România
Tel.: +40-21-242.12.08, Tel./Fax: +40-21-242.07.81
secretariat@utcb.ro, www.utcb.ro

ASPECTE PRIVIND INTERACȚIUNEA TEREN-STRUCTURA PENTRU CLADIRI CU DIFERITE FUNCȚIUNI

TEZA DE DOCTORAT

REZUMAT

DOCTORAND: ZAINULABDEEN K ABDULFATTAH ABDULFATTAH

CONDUCATOR ȘTIINȚIFIC: PROF.UNIV.EM.DR.ING. RAMIRO SOFRONIE

BUCUREȘTI IULIE 2021

CUPRINS:

CUPRINS	1
CHAPTER 1 - INTRODUCTION	5
1. PRESENTATION OF THE CURRENT STUDIES OF THE PROBLEM ANALYZED IN ROMANIA AND IN THE WORLD	5
1.1 Theoretical principles of the traditional design of reinforced concrete buildings	8
1.2 Theoretical aspects of design with the help of base insulation	9
1.2.1 <i>The concept of base insulation</i>	9
1.2.2 <i>Types of isolators</i>	12
2. ISOLATED BUILDINGS AND CONSTRUCTIONS AT THE BASE IN THE WORLD	22
2.1. The tomb of Cyrus the Great, Pasargadae	22
2.2. Pasadena Elementary School, California	23
2.3. San Francisco City Hall, California	24
2.4. Basarab Passage, Bucharest	26
2.5. Bucharest city Hall	27
2.6. Arcul de triumf Bucuresti	33
2.7. Victor Slavescu Building	35
2.7.1. Consolidation solution by base insulation method	36
2.7.2. Carrier frame calculation and base insulation technology	38
CHAPTER 2 THE MAIN OBJECTIVES OF THE PHD THESIS	40
CHAPTER 3 SEISMIC INSULATION OF THE BASE FOR BUILDINGS WITH MASONRY STRUCTURES	41
1. INTRODUCTION	41
1.1. Purpose	41
1.2. Concept	41
2. STUDY CASES	42
2.1. Structural solution	42
2.2. Loads taken into account:	43
2.3. Axis diagram	45
3. PRESENTATION OF TECHNICAL SOLUTIONS	46
3.1. According to the current design P100-1/2013	46
3.2. According to the current design P100-1/2013 in isolated solution at the base	55
3.3. Alternative base insulation solutions	64
3.4. Alternative solutions for base isolation, response spectrum method	66
4. COMPARATIVE RESULTS	69
4.1. Proper periods of vibrations	69
4.2. Lateral level displacements	70
4.3. Seismic force	70
4.4. Effects on uprights, steel consumption	71
4.5. Effects on foundations, steel consumption	72
5. REMARKS	73
5.1 Profitability	73
5.2. Aspects related to the interface with other specialties	75
5.2.1. <i>Architecture</i>	75
5.2.2. <i>Installations</i>	76
5.3.Final remarks	76

CHAPTER 4: SEISMIC INSULATION OF THE BASE FOR BUILDINGS WITH A STRUCTURE WITH REINFORCED CONCRETE FRAMES	77
1. TRADITIONAL DESIGN OF REINFORCED CONCRETE BUILDINGS IN FRAMES	77
1.1 Choice of structures for analysis	77
1.2 Detailed theme data	77
1.2.1 <i>Functions of buildings</i>	77
1.2.2 <i>General composition data of the buildings</i>	77
1.2.3 <i>Characterization of the site and construction according to P100-1 / 2013</i>	77
1.2.4 <i>Calculation of the foundation land</i>	78
1.2.5 <i>Design values of material strengths</i>	78
1.2.6 <i>Building dimensions</i>	78
1.3 Evaluation of loads and pre-sizing of structural elements	79
1.3.1 <i>Evaluation of gravitational loads</i>	79
1.3.2 <i>Pre-dimensioning of structural elements</i>	80
1.4 Calculation of structures for horizontal and vertical actions	82
1.5. Calculation and reinforcement of beams	85
1.6. Calculation and reinforcement of columns	90
1.7. Modeling the soil-structure interaction	94
2. COMPARATIVE STUDY OF REINFORCED CONCRETE BUILDINGS USING BASE INSULATION	97
2.1 Propose the types of isolators used in the case study	97
2.2 Sizing of isolators	99
2.2.1 <i>Mathematical modeling of HDRB isolators</i>	99
2.2.2 <i>Mathematical modeling of LRB isolators</i>	101
2.3 Results obtained from the case study of reinforced concrete buildings in frames, using the base insulation method	110
2.3.1 <i>Isolated buildings periods</i>	110
2.3.2 <i>Displacements obtained at the structures isolated at the base</i>	117
2.4 The efforts resulting in traditional design vs. design by base insulation method	128
2.4.1 <i>Maximum stresses in the columns</i>	128
2.4.2 <i>Maximum stresses in beams</i>	130
2.4.3 <i>Maximum stresses in isolators</i>	132
3. CONCLUSIONS	133
CHAPTER 5: SEISMIC INSULATION OF THE BASE FOR BUILDINGS WITH REINFORCED CONCRETE DUAL STRUCTURES	135
1. STUDY CASES	135
1.1 Choice of structures for analysis	135
1.2 Traditional design of structures	138
1.2.1 <i>Evaluation of loads</i>	138
1.2.2 <i>Evaluation of the basic shear force</i>	138
1.2.3 <i>Pre-dimensioning of structural elements</i>	139
1.2.4 <i>Lateral force design of the structure</i>	141
1.2.5 <i>Calculation of structural elements</i>	142
1.3. Design of seismically insulated buildings	152
1.3.1. <i>Pre-dimensioning and choosing the type of insulator</i>	152
1.3.2 <i>Modeling of isolators</i>	153
2. PRESENTATION OF THE CONTENT OF THE ANALYSIS PERFORMED AND THE RESULTS OBTAINED	154
2.1 Results obtained in non-insulated buildings	154

2.2 Results obtained for isolated buildings	166
3 CONCLUSIONS	202
CHAPTER 6 CONCLUSION	204
6.1 Personal contributions:	204
6.2 Main directions of study for the future	211
REFERENCES	212

CAPITOLUL 1 - INTRODUCERE

1. PREZENTAREA STADIULUI ACTUAL AL PROBLEMEI ÎN ROMANIA ȘI ÎN LUME

Clădirile răspund diferit în timpul cutremurelor; când forțele sau deplasările acestora depășesc anumite limite, daunele sunt suportate în diferite forme și în măsuri diferite. Dacă o clădire de tip fragil este proiectată să răspundă elastic, fără ductilitate, se poate prăbuși dacă mișcarea terenului induce forțe mai mari decât rezistența clădirii. Pe de altă parte, dacă clădirea este proiectată ductil, aceasta poate fi afectată, dar va fi capabilă să reziste la sol în timpul cutremurelor, fără să cedeze.

Câteva modalități pentru a evita deteriorările semnificative cauzate de mișcarea seismică ar fi:

- Prevederea unei rezistențe excesiv de mari pentru clădire (ceea ce economic nu e neapărat justificabil)
- Proiectarea clădirii cu o rezistență caracteristică (și justificabilă din punct de vedere economic) conform principiului de proiectare; în acest caz, în ciuda faptului că forța seismică poate fi mai mare decât rezistența clădirii, prejudiciul poate fi minim și limitat doar la anumite componente ce pot fi ușor de înlocuit.
- Modificarea caracteristicilor clădirii prin intervenții externe care chiar și în cazul mișcărilor puternice de pământ, respectă următorul principiu: **CAPACITATEA > CERINȚA**. (Kelly T.E., 2001)

1.1 Principii teoretice privind proiectarea tradițională

Proiectarea tradițională se bazează în principal pe creșterea capacității proporțional cu cererea și creșterea ductilității. Structurile sunt proiectate conform principiului „Stâlpi puternici grinzi slabe”, astfel încât să se dezvolte un mecanism optim de plastifiere. Un nivel acceptabil de performanță al clădirii, în timpul unei mișcări seismice, constă în capacitatea intrinsecă a structurii de rezistență de a absorbi și disipa energia într-un mod stabil și pentru cât mai multe cicluri posibil. Disiparea energiei are loc, de exemplu, în zonele special realizate ale grinzilor unde apar îmbinări din plastic și la bazele stâlpilor, elemente cu un rol important, totuși, și în sistemul de preluare a sarcinilor gravitaționale. Îmbinările din plastic sunt zone de concentrare de degradare care de obicei nu pot fi reparate.

1.2 Aspecte teoretice privind ajutorul izolării seismice a bazei

1.2.1 Conceptul izolării seismice a bazei

De-a lungul timpului au fost elaborate o serie de tehnologii și metode de proiectare ale structurilor în vederea atenuării efectelor cutremurelor de pământ asupra construcțiilor. La nivel mondial, tot mai multe clădiri sunt proiectate să reziste la mișcarea seismică, cu ajutorul conceptului de izolare al bazei, ce presupune decuplarea structurii de sol, prin instalarea unui sistem special montat sub structură, denumit “sistem de izolare al bazei”. Această decuplare poate fi obținută prin creșterea flexibilității laterale a sistemului împreună cu prevederea unui nivel potrivit de amortizare, principiul fundamental al izolării bazei fiind reducerea forțelor seismice și a energiei transmise în structură, astfel încât terenul să se miște sub clădire, fără a transmite mișcarea acesteia

1.2.2 Tipuri de izolatori seismici

Dispozitivele de izolare seismică sunt clasificate în două mari categorii:

- **Izolatori** (posedă flexibilitate laterală pentru a realiza izolarea la mișcări laterale și rigiditate mare pe direcție verticală pentru transferul încărcărilor gravitaționale):
 - Izolatori din cauciuc natural (NRB)
 - Izolatori din cauciuc natural cu miez de plumb (LRB)

- Izolatori cauciuc sintetic ce posedă proprietăți de amortizare (HDBR)
- Dispozitive ce permit alunecarea (SB)
- **Amortizori** (disipatori de energie cu scopul de a reduce deplasarea relativă a stratului de izolare și de a opri mișcarea)
 - Amortizori hidraulici – amortizori vâscoși
 - Amortizori din plumb – amortizori histeretici
 - Amortizori din oțel – amortizori histeretici

A. NATURAL RUBBER BEARRING – izolatori elastomerici din cauciuc natural

Proprietăți mecanice:

- Acești izolatori sunt formați din mai multe straturi de cauciuc natural cu grosimi cuprinse între 3 și 9 mm, intercalate cu plăcute de oțel cu grosimi între 2.5 și 4.5 mm.
- Diametrul unui izolator este între 500-1550 mm.
- Principalul parametru care controlează rigiditatea verticală este coeficientul de formă $S1 = D/4tR$, unde D este diametrul izolatorului și t grosimea stratului de cauciuc; valorile uzuale ale lui $S1$ sunt cuprinse între 30 – 40.
- Raportul între diametrul unui izolator și numărul straturilor de izolare, reprezentând coeficientul de formă $S2 = D/ntR$ este aproximativ egal cu 5.
- Modulul de elasticitate transversal poate fi ales între 0.4, 0.7 sau 1.1 N/mm².
- Efortul unitar de compresiune de lungă durată variază între 10 și 15 N/mm², iar cel de scurtă durată variază între 20 și 30 N/mm².
- Deformația de forfecare de proiectare este de aproximativ 250-300% (450 -550 mm pentru 800 mm diam.), iar deformația de forfecare ultimă, corespunzătoare pierderii stabilității generale, este în mod uzual egală cu 400% (550-800 mm).
- Raportul rigidităților verticale și laterale 2500-3000
- Consolidarea rigidității laterale după deformații > 300% (6-8 ori)

Un dezavantaj al acestor tipuri de izolatori ar fi lipsa proprietăților de amortizare, iar în vederea obținerii unei amortizări suplimentare este necesar cuplarea lor cu alte dispozitive cu amortizare

B. HIGH DAMPING RUBBER BEARINGS - izolatori elastomerici din cauciuc sintetic cu proprietăți de amortizare ridicată

Proprietăți mecanice:

- Acest tip de izolatori este similar din punct de vedere al alcătuirii cu dispozitivele din cauciuc natural. Diferența constă în tipul de cauciuc utilizat care prezintă proprietăți de amortizare superioare.
- Proprietăți de amortizare de până la 20% din amortizarea critică.
- Valorile coeficienților de formă $S1 = D/4tR$ sunt în general mai mici față de NRB (cuprinse între 25 - 35) pentru a obține o proporție mai mare de cauciuc sintetic astfel încât să se atingă amortizarea necesară.
- coeficienții $S2 = D/nt$ au valori cuprinse între 3 ~ 10.
- Efortul unitar de compresiune maxim recomandat este de 10 N/mm² pentru încărcări de lungă durată și cel pentru încărcări de scurtă durată variază între 15 și 20 N/mm², mai reduse în comparație cu cele corespunzătoare NRB.
- Rigiditatea laterală depinde în principal de deformația transversală maximă, de temperatură și efortul de compresiune.
- Amortizarea echivalentă ξ este în jur de 20% pentru valori ale deformației transversale de până la 100%.

Avantaje:

- Eficiența ridicată în reducerea impulsului seismic și degradărilor.
- Capacitate de deformare laterală mare în condițiile unor încărcări verticale ridicate.
- Amortizare vâscoasă ridicată.
- Capacitate de revenire la poziția inițială.
- Rigiditate laterală mică permițând mărirea foarte mult a perioadei fundamentale.

Dezavantaje:

- Probleme de stabilitate când deplasarea orizontală devine foarte mare.
- Probleme din cauza îmbătrânirii materialului elastomer.
- Rigiditate laterală mică transpusă în practică prin deplasări și pentru încărcări mici.

C. LEAD RUBBER BEARINGS - dispozitive de izolare de cauciuc cu miez de plumb

Proprietăți mecanice:

- Dispozitivul este un izolator din cauciuc de tip NRB în care este introdus un miez de plumb ce are rolul de a disipa histeretic energia indusă.
- LRB asigură flexibilitatea laterală (datorită proprietăților elastice ale cauciucului) precum și amortizare histeretică (datorită deformațiilor plastice ale plumbului).
- Limitele pentru efortul unitar de compresiune maxim precum și valorile rigidității verticale sunt similare cu cele corespunzătoare NRB.
- Modelul analitic de calcul folosit uzual este un model biliniar modificat cu coeficienții de dependență furnizați de producători în catalogul produselor.
- Deformațiile maxime de proiectare și ultime sunt 400 – 500 mm și respectiv 600 – 700 mm.
- Forța laterală corespunzătoare curgerii este de 100 KN (100 mm diametru miez de plumb)

Avantaje:

- rigiditate laterală mare inițială (de 10 – 16 ori mai mare ca rigiditatea laterală post-curgere) asociată unor forțe orizontale relativ scăzute, produse în general de vânt.
- comportament rigid-plastic al miezului de plumb la încărcări mici
- comportament histeretic foarte stabil
- capacitate mare de amortizare ($\xi = 30\%$)
- plumbul are rezistența la oboseală ciclică ridicată

Dezavantaje:

- probleme de stabilitate când deplasarea orizontală devine foarte mare
- probleme din cauza îmbătrânirii materialului elastomer
- din cauza deformațiilor post elastice suferite de miezul de plumb cauciucul își pierde capacitatea de revenire la poziția inițială

D. FRICTION PENDULUM BEARINGS – izolatori cu frecare de tip pendul inversați

Izolatorii seismici cu frecare sunt probabil printre primele dispozitive propuse pentru realizarea decuplării suprastructurii de infrastructură. Sistemele FPB constau în blocuri de PTFE (politetrafluoretilenă) ce alunecă pe plăci din oțel inoxidabil. Principala caracteristică a FPB este rigiditatea laterală inițială mare, care scade semnificativ după ce este inițiată alunecarea.

- 1 - Placa superioară de ancoraj
- 2 – Suprafața principală de frecare
- 3 - Materialul de alunecare
- 4 - Piesa mobilă de articulație
- 5 – Suprafața de rotație de alunecare

6 - Placa inferioară de ancoraj

Proprietati mecanice:

- Rigiditate inițială foarte mare
- Rigiditate neglijabilă după inițierea mișcării (folosite în conjuncție cu NRB, HDRB, LRB)
- În principal adoptate pentru reducerea rigidității la deplăsări mari ale clădirilor izolate.
- Coeficientul de frecare depinde în general de presiunea verticală și de viteza mișcării.

Avantaje:

- curba histeretică stabilă
- capacitate ridicată de revenire la poziția inițială
- rigiditate mare la încărcări mici (vânt)
- reducerea deplasărilor în stadiul ultim datorită frecării

Dezavantaje:

- cost ridicat de producție
- probleme în definirea coeficientului de frecare datorită sensibilității la coroziune
- sensibilitate ridicată la încărcări verticale mari (suprafața ovală se poate deforma)
- degradarea suprafețelor de glisare după câteva cicluri de încărcare

2. CLADIRI CU IZOLARE SEISMICA A BAZEI IN LUME

2.1. Mormântul lui Cyrus cel Mare, Pasargadae

Considerată a fi prima clădire izolată de la bază din lume, Mormântul lui Cyrus cel Mare, situat în situl arheologic Pasargadae (inclus în lista monumentelor UNESCO) are la bază sistemul de izolare format din două rânduri de puțuri. pietre lustruite, alunecând un eveniment seismic. Cyrus cel Mare (590 I.E.N - 530 I.E.N) a fost un împărat persan (sau Shahenshah) care a fondat Imperiul Persan în timpul dinastiei Achemenide.

2.2. Școala primară Pasadena, California

Primăria Pasadena a fost consolidată folosind 240 de izolatoare de pendul de frecare, pe lângă pereții convenționali din beton armat pentru a rigidiza aripa de est a clădirii. Soluția a venit de la inginerii de la Forell / Elsesser Engineers Inc., care au propus pe lângă izolarea bazei și a zidurilor structurale noi și conectarea celor două corpuri ale clădirii pentru a obține o clădire cu contur închis, mult mai puțin susceptibilă la efecte adverse în timpul unui eveniment seismic.

2.3. Primăria San Francisco, California

Primăria din San Francisco, California a fost consolidată în 1999, după ce a suferit pagube majore în urma cutremurului din Loma Prieta din 1989 (cupola principală se rotise cu 102 mm la bază). Echipa de ingineri care a dezvoltat proiectul a fost, de asemenea, Forell / Elsesser Engineers Inc. Când a fost redeschisă publicului în 1999, era cea mai mare structură izolată din lume.

2.4. Pasajul Basarab, București

Pasajul Basarab, cel mai lung pod din România, măsurând 360 m, cel mai lat pod de plită din Europa (43,3 m) și cel mai lung pasaj rutier din București (1,9 km) are la bază sisteme de izolare produse de compania ALGA, izolatoare din cauciuc cu nucleu de plumb.

2.5. Primăria București

Clădirea în care funcționează Primăria Generală a Bucureștiului a fost construită între 1906 și 1911 pe terenul din fața Grădinii Cișmigiu, fiind proiectată de arhitectul Petre Antonescu. Proiectul structurii de rezistență a fost întocmit de ing. Elie Radu și ing. Gogu Constantinescu.

Soluția de consolidare prin „metoda de izolare de bază” are o serie de avantaje importante față de opțiunea clasică de consolidare, inclusiv:

- instituția nu își întrerupe activitatea cu publicul, deoarece lucrările se efectuează de la înălțimea terenului în jos, la subsolul clădirii;
- păstrarea configurației arhitecturale inițiale, în ceea ce privește plasticitatea fațadelor și volumetria acestora (fără modificarea dimensiunilor elementelor structurale, implicit a construcției în ansamblu), clădirea fiind declarată monument istoric și arhitectural;
- durata de execuție a lucrărilor de consolidare este mult redusă, deoarece constructorul își poate desfășura activitatea în subsolul clădirii fără a avea dificultăți din partea beneficiarului cu eliberarea frontului de lucru.

Comportarea zidăriei seismice prezintă un grad ridicat de complexitate, în comparație cu cazul acțiunilor obișnuite, statice. Acțiunile repetate, de intensitate medie și mare, aplicate la viteze mari, specifice mișcărilor seismice, datorită timpului scurt în care se exercită efectul de încărcare, nu permit degradarea structurii interne să atingă aceiași parametri ca sarcinile statice ale intensității.

2.7. Clădirea Victor Slavescu

Clădirea studiată este realizată din zidărie de cărămidă cu acoperiș de tip acoperiș și acoperiș din tablă. Podeaua de deasupra subsolului este realizată într-o soluție de bolți de cărămidă pe profile metalice, un sistem întâlnit adesea la sfârșitul secolului al XIX-lea și începutul secolului al XX-lea pentru spațiile cu destinație utilitară din subsoluri sau demisoluri.

Exteriorul este finisat cu tencuieli simple, la care se adaugă tencuiala și decorațiunile din ipsos.

2.7.1. Soluție de consolidare prin metoda de izolare a bazei

Soluția de consolidare a fost determinată de doi factori:

- Clădirea este un monument istoric și arhitectural;
- Se dorește asigurarea funcționalității clădirii în timpul lucrărilor de consolidare.

2.7.2. Calculul cadrelor de rezistență și tehnologia de izolare a bazei

Pentru construcțiile existente, separarea suprastructurii construcției conexiunii terestre trebuie să îndeplinească mai multe condiții:

- nedeformabilitatea practică a suprastructurii de construcție sau, mai precis, păstrarea deformabilității în limite acceptabile;
- menținerea secțiunii orizontale la baza construcției, în toate fazele de lucru, într-un plan orizontal.

CAPITOLUL 2 PRINCIPALELE OBIECTIVE ALE TEZEI DE DOCTORAT

Având în vedere întreaga documentație parcursă pentru tema acestei teze de doctorat, descrisă în capitolul anterior, se pare că dispozitivele de izolare seismică de bază au fost și sunt utilizate în România și în întreaga lume pentru clădiri cu diferite niveluri de înălțime, în special pentru reabilitarea clădirilor existente, din patrimoniu sau monumente istorice, la care metodele clasice de modernizare ar aduce o schimbare completă atât a sistemului structural în sine, cât și a conformației arhitecturale-funcționale. De asemenea, aceste dispozitive pot fi utilizate pentru clădiri noi, pentru a reduce consumul de materiale din structuri.

Pentru toate studiile de caz concepute și realizate, a plecat de la simpla premisă că orice companie are cel puțin un program de calcul pentru proiectare (și acest lucru a fost considerat în majoritatea cazurilor ca fiind ETABS sau similar) și că, din cauza costurilor de achiziție, nu unul permite achiziționarea de programe specializate numai pe izolarea seismică a bazei. Din acest motiv, s-a ales utilizarea ETABS, deoarece este și primul program de calcul cu elemente finite utilizat în lume, dar și singurul care, din acest motiv, a fost îmbunătățit continuu pentru a satisface toate cerințele utilizatorilor. De asemenea, utilizarea izolatoarelor de bază produse în alte regiuni precum Japonia și programele japoneze specializate nu au fost considerate fezabile, Japonia fiind o țară „pionieră” în multe aspecte, dar distanța dintre România și Japonia fiind foarte mare, dar și de simplul fapt că produsele europene în Comunitatea Europeană are prioritate și sunt mai ieftine.

Tocmai din acest motiv, unul dintre capitole se referă în mod specific la izolarea seismică a bazei clădirilor cu structuri din zidărie, ca punct de plecare pentru studii suplimentare pe care inginerii de construcții, experții și verifcatorii din domeniu le pot lua în considerare pentru soluția de siguranță optimă și seismică. reducerea riscului. Au fost efectuate peste 100 de studii pentru a obține răspunsuri clare.

Domeniul este foarte vast și se pot efectua o multitudine de studii de caz pentru a oferi răspunsuri structurale cu privire la utilizarea acestei metode moderne de proiectare, dar pentru această teză sunt stabilite următoarele obiective principale:

- Comportamentul clădirilor joase cu structură din zidărie limitată, cu și fără utilizarea dispozitivelor de izolare seismică a bazei (în ideea că această metodă poate fi aplicată oricărui dintre tipurile existente de structuri de zidărie);
- Comportamentul clădirilor mici, medii și înalte cu structură de cadre din beton armat (RC), cu și fără utilizarea dispozitivelor de izolare seismică ale bazei;
- Comportamentul clădirilor mici, medii și înalte cu rame structurale și pereți din beton armat (structuri duale), cu și fără utilizarea dispozitivelor de izolare seismică ale bazei.

Aceste obiective vor fi prezentate în următoarele capitole (3, 4 și 5), iar în al șaselea capitol vor fi prezentate concluziile rezultate din cele peste 50 de studii de caz elaborate și analizate în teză.

Se dorește evidențierea contribuției utilizării acestor dispozitive în oferirea siguranței și stabilității generale a clădirilor cu structura de rezistență din zidărie și / sau beton armat.

Ultimul capitol (6) va prezenta, de asemenea, propuneri pentru studii viitoare ulterioare privind izolarea seismică a bazei.

CAPITOLUL 3 IZOLAREA SEISMICĂ A BAZEI PENTRU CLĂDIRI CU STRUCTURI DE ZIDARIE

1. INTRODUCERE

1.1. Scop

Scopul acestei cereri este de a vedea dacă este sau nu rentabil să izolăm baza caselor obișnuite, din zidărie portantă. Cu siguranță, izolarea bazei este potrivită atât pentru structurile de mare importanță, cât și pentru monumentele istorice, dar omul obișnuit nu trăiește într-o structură de mare importanță. Soluția este rentabilă pentru o persoană obișnuită?

Pentru a testa această ipoteză, am propus o structură joasă (P + 1 L) de zidărie limitată, situată într-o zonă seismică (București, $ag = 0,30$ g, $T_c = 1,6$ sec) urbană. Exemplul este o casă duplex multifamilială.

1.2. Concept

Structura propusă fiind scăzută, propria perioadă de vibrație este suficient de mică pentru a fi amplasată în zona de amplificare dinamică maximă în spectrul de răspuns. Pentru analiza simplificată am analizat plecând de la ipoteza unei forțe seismice reprezentată de forța laterală echivalentă, în conformitate cu prevederile P100-1 / 2013. Conceptul de bază de izolare a bazei, respectiv decuplarea structurii de la solul de fundație, implică, de asemenea, creșterea perioadei proprii suficient pentru ca structura să nu mai fie în zona de amplificare dinamică maximă a spectrului de răspuns.

Forța seismică va fi luată în considerare în etapa post-elastică pentru structura proiectată în mod normal, cu un factor de comportament $q = 3,125$ (conform P100-1 / 2013 Tabelul 8.4.), Respectiv în domeniul elastic cu un factor de comportament $q = 1.5$ (conform P100 -1/2013 11.10 (5)) și cu valoarea coeficientului η diminuată în funcție de tipul izolatoarelor.

Structura va fi dimensionată și verificată astfel încât să respecte pe deplin norma P100-1 / 2013.

2. CAZURI DE STUDIU

2.1. Soluție structurală

Structura este o casă duplex multifamilială, regim de înălțime P + 1 (2 nivele) în soluție de tip zidărie limitată cu coloane și curele din beton armat. Materialul utilizat în pereții structurali de zidărie este de tip Porotherm 30 Sth, grosime 30 cm (site-ul producătorului și al materialului: <http://www.wienerberger.ro/porotherm-30-sth.html>) cu mortar tip M10 și tencuială tip . Ceresit CT 63 grosime 3 mm pe ambele părți. Betonul utilizat este de tip C20 / 25, iar armăturile luate în considerare sunt de tip S355 cu profil profilat la cald periodic (PC52).

Înălțimea nivelului este de 3 metri atât la parter, cât și la etaj.

2.2. Sarcini luate în considerare:

Conform SR-EN 1991-1-1 / 2004, construcția este clasificată în categoria A, Clădire rezidențială, Camere în case, vile sau blocuri, dormitoare și camere de spital, camere și coridoare, bucătării și toalete. Sarcina utilă este astfel $q = 2$ kN / m².

2.3. Axe folosite

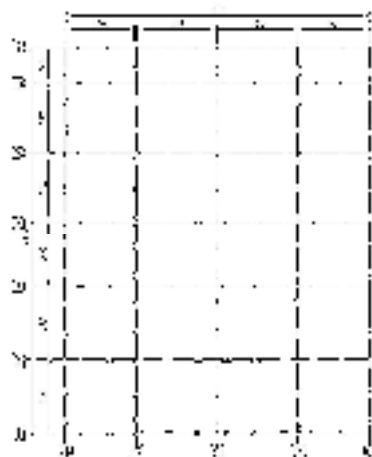


Figura 1- schema axelor in plan

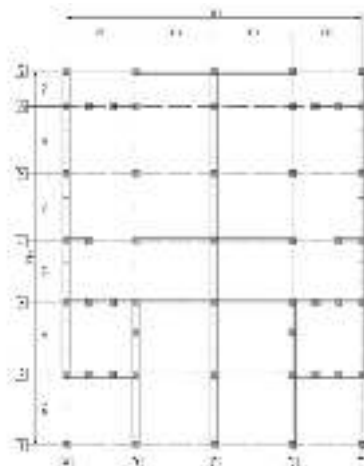


Figura 2 – Localizarea montanților

Poziționarea pereților structurali din zidărie 1, precum și poziția stălpisorilor din beton armat (plasate conform CR 6/2013 sunt evidențiate în desenul de mai sus:

3. PREZENTAREA SOLUȚIILOR TEHNICE

3.1. Conform proiectului actual P100-1 / 2013

Structura a fost modelată folosind programul ETABS. Stălpisorii considerați au o secțiune de 30x30 cm, fiind armați minim constructiv conform normelor în vigoare la procentul de 1% având în vedere 8 bare de diametru 12 mm. Centurile și grinzile RC sunt secțiuni dreptunghiulare de 30x40 cm.

Dacă cantitatea este puternic solicitată la forța de forfecare, am propus, de asemenea, o posibilă armare în rosturile de zidărie, necesară dacă raportul $1,25 V_{ed} / V_{rd}$ este super unitar.

Predimensionarea fundațiilor s-a bazat pe un calcul aproximativ, propunând un sistem de fundații continue constând dintr-un bloc de beton armat în două etape. Adâncimea fundației a fost considerată a fi de aproximativ -1,20 m, evitându-se astfel adâncimea de îngheț. Placa de la parter este considerată a fi 0,00.

Pre-dimensionarea fundațiilor s-a bazat pe un calcul aproximativ, propunând un sistem de fundații continue constând dintr-un bloc de beton armat în două etape. Adâncimea fundației a fost considerată a fi de aproximativ -1,20 m, evitându-se astfel adâncimea de îngheț. Placa de la parter este considerată a fi 0,00.

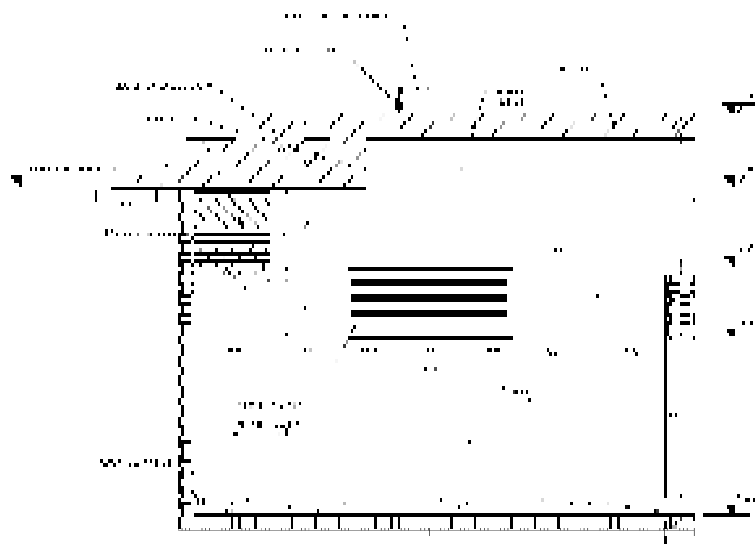
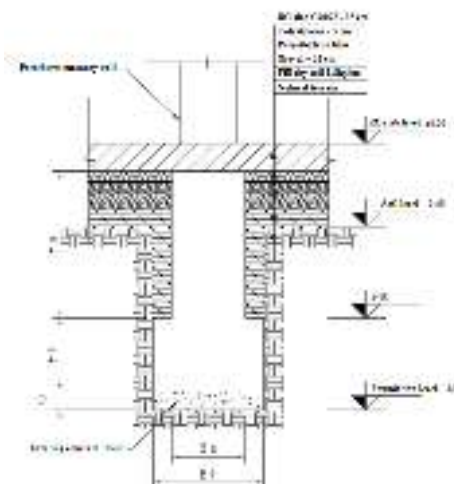


Figura 4 – Fundatie perete interior

Figura 9 – Detaliu fundatie izolator seismic

Astfel, am reușit să modelăm structura împreună cu grinzile și tălpile de fundație, atașând fiecărui nod din sistem un resort elastic, modelând în funcție de coeficientul patului și zona aferentă conform tabelului atașat mai sus. Fundațiile continue de sub pereți au fost întărite în funcție de eforturile efective din acestea, având în vedere un comportament elastic al întregului. Pentru modelarea comportamentului elastic, coeficientul seismic a fost amplificat cu 2,5.

Izolatoarele au fost plasate sub nivelul grinzilor de fundație, modificate astfel încât să fie sub formă de grinzii dreptunghiulare de 40x80 cm. Izolatoarele sunt de tip HDS 1000x220. Sub izolatorii în sine, fundația a fost făcută astfel încât sub fiecare izolator să existe o fundație izolată. Datorită recomandării producătorului de a nu realiza fundații complet izolate, acestea au fost rigidizate de un sistem de grinzii din beton armat dispuse ca în figura de mai jos (figura 9).

3.2. Conform proiectului actual P100-1 / 2013 în soluție izolată la bază

Structura a fost modelată folosind programul neliniar ETABS având în vedere forța seismică elastică, dar ținând cont de amortizarea datorată elementelor de amortizare. Izolatoarele utilizate sunt de tip HDRB (High Damping Rubber Bearing) cu proprietățile celor din fișa tehnică a producătorului ALGA (www.alga.it). Amplasarea izolatoarelor a fost concepută astfel încât să fie pe direcțiile principale.

Izolatoarele au fost plasate sub nivelul grinzilor de fundație, modificate astfel încât să fie sub formă de grinzii dreptunghiulare de 40x80 cm. Izolatoarele sunt de tip HDS 1000x220.

Armăturile pentru fundațiile de sub izolatoare au fost calculate ca fundații izolate, necesare la forțele axiale maxime din izolatoare și rigidizatoare ale acestora, sistemul fasciculului a fost calculat în ipoteza complet nefavorabilă în care doi dintre izolatori stau în poziție în timp ce celelalte sunt încărcate. cu forța de forfecare maximă la baza structurii.

De asemenea, se observă că factorul de participare în masă pe x și y a crescut semnificativ, fiind de aproximativ 100% din traducere în ambele direcții. Astfel, se observă modul în care tendința de torsiune a structurii datorită rigidităților diferite pe cele două direcții este anulată de izolarea de la bază, care forțează structura să se comporte ca un solid rigid care nu poate prelua decât translația. Se observă că modul fundamental 1 de vibrație în soluție izolată are o perioadă și o amplitudine de deplasări mult mai mari decât versiunea unizolată a casei. Se observă și comportamentul strict translațional al deplasărilor.

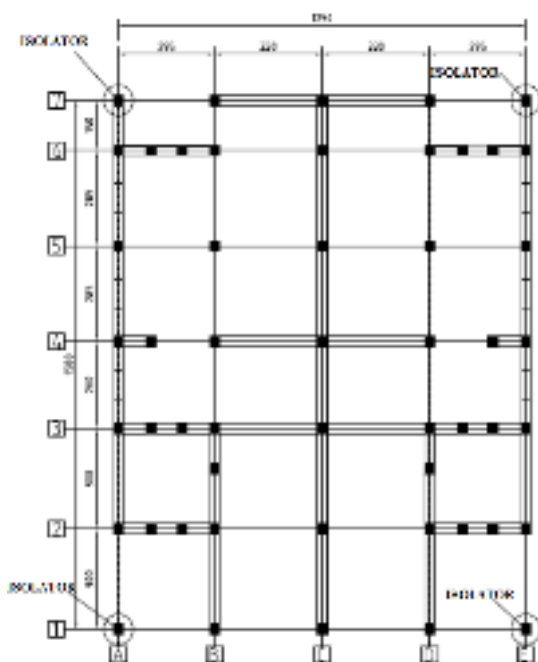


Figura 8 – Pozitionarea izolatoarelor

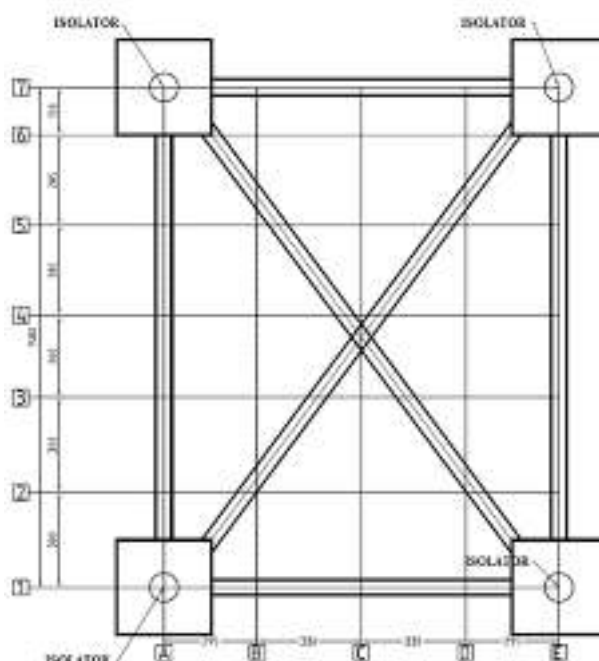


Figura 9 – Sistemul de fundare stabilit

3.3. Soluții alternative de izolare a bazelor

Pentru un studiu mai general, am încercat diferite alte modele de izolatoare seismice. Astfel, am încercat să înlocuim amortizoarele de tip HDRB cu izolatoare cu miez de plumb, precum și izolatoare de tip pendul de frecare.

Se constată că cel mai mic coeficient seismic se obține la izolatoarele cu miez de plumb, datorită factorului de amplificare dinamică mai scăzut decât în cazul altor tipuri de izolatoare. Acest lucru este observat și de faptul că perioada fundamentală a sistemului este mai lungă în acest caz, coborând pe curba de accelerație spectrală.

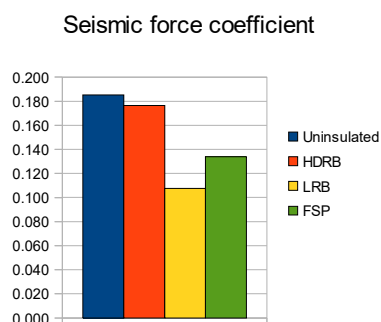


Figura 12 – Coeficientul seismic de baza

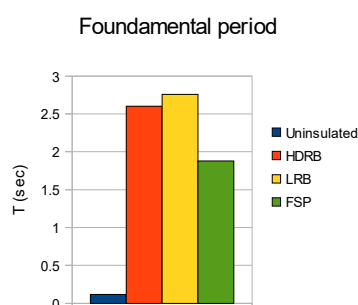


Figura 13 – Perioade fundamentale

Pentru a obține un efect asupra structurii, am extras eforturile doar din montanții YC, cea care separă spațiile de locuit.

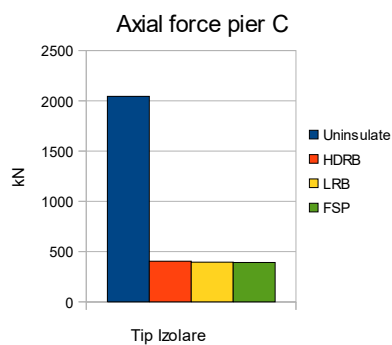


Figura 14 – Forta axiata montan C

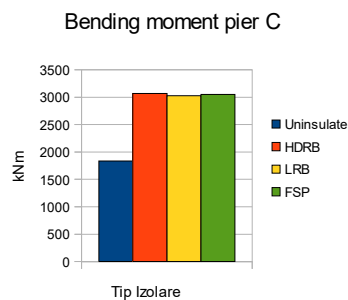


Figura 15 – Moment incovoietor montan C

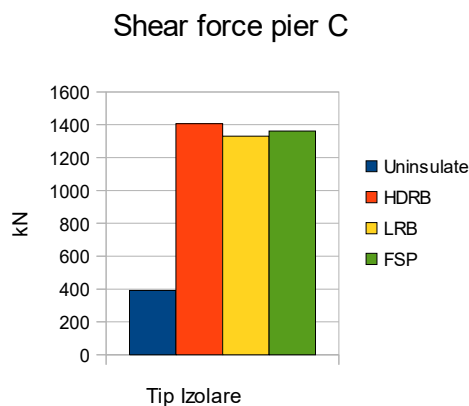


Figura 16 – Forta taietoare montan C

3.4. Soluții alternative pentru izolarea bazei, metoda spectrului de răspuns

Întrucât metoda forței laterale poate fi aplicată numai în anumite aspecte ale regularității în plan și elevație, precum și cu restricții privind clasa de importanță, am făcut teste folosind metoda spectrului de răspuns.

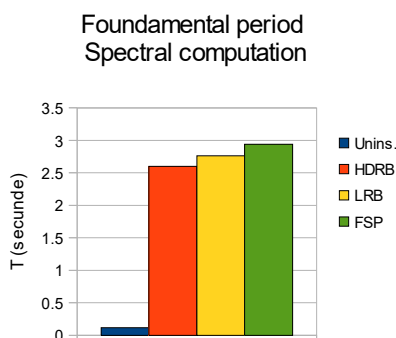


Figura 18 – Calculul perioadelor fundamentale de vibrație

Putem astfel compara eforturile de modelare cu forța laterală echivalentă cu cele obținute din metoda spectrului de răspuns și obținem următoarele grafice de variație:

Figura 19 – Forte axiala

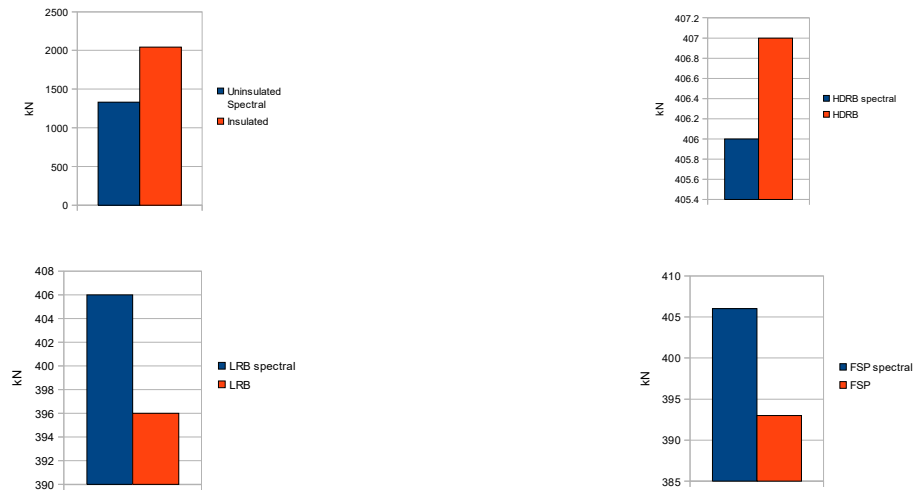


Figura 20 – Momente încovoietoare

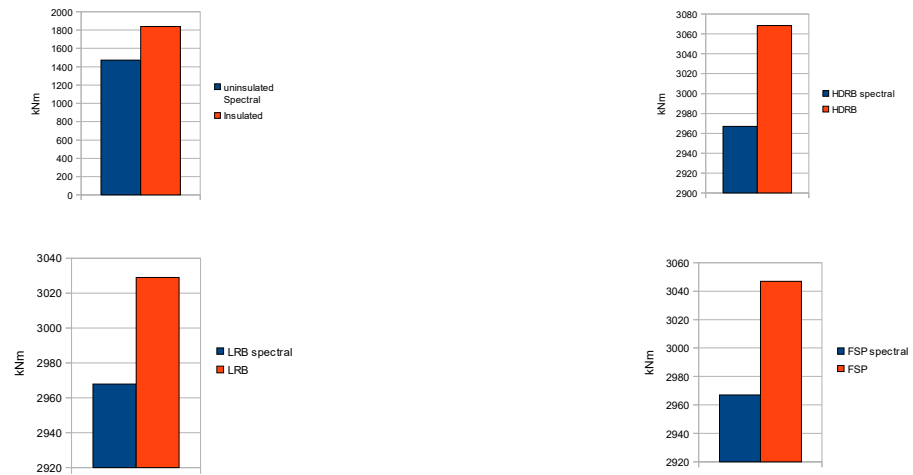
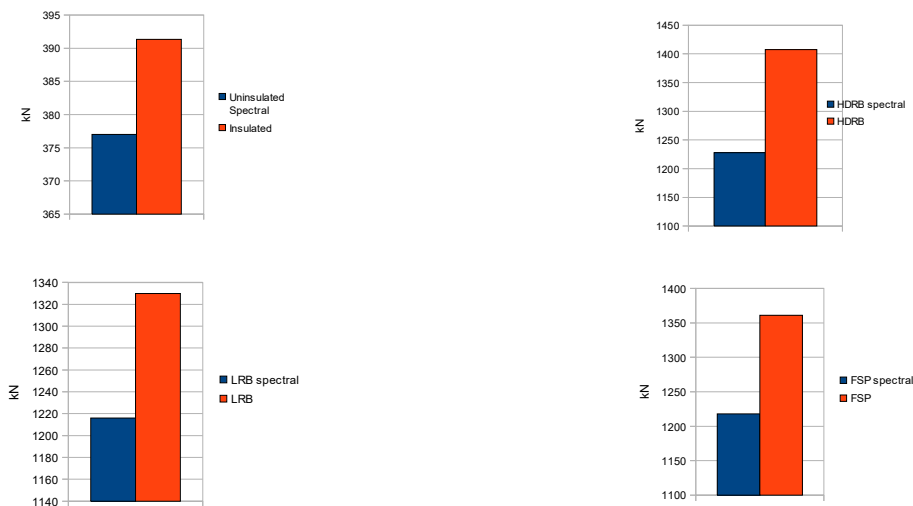


Figura 21 – Forte taietoare



Se poate observa că efortul axial diferă foarte puțin (practic câteva zecimale), în timp ce momentul de încovoiere și forța de forfecare scad semnificativ în metoda calculului spectral în comparație cu metoda forței laterale echivalente static.

4. REZULTATE COMPARATIVE

4.1. Perioade fundamentale de vibrație

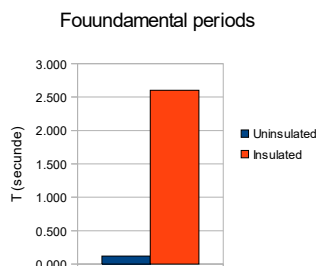


Figura 22 – Perioade fundamentale de vibrație

Se recomandă ca perioada corectă fundamentală din varianta izolată să fie cât mai lungă pentru a nu fi în zona de amplificare dinamică a spectrului de răspuns. Deși perioada este destul de departe de perioada de control (colț, $T_c = 1,6$ secunde) nu este suficient de departe pentru a reduce considerabil efectele seismice.

4.2. Deplasări la nivel lateral

Valorile deplasărilor laterale relative cresc în mod semnificativ, dar nu se apropie de limitele impuse de P100-1 / 2013, respectiv 0,5% deplasare relativă în statul limită de serviciu și 2,5% în statul limită final.

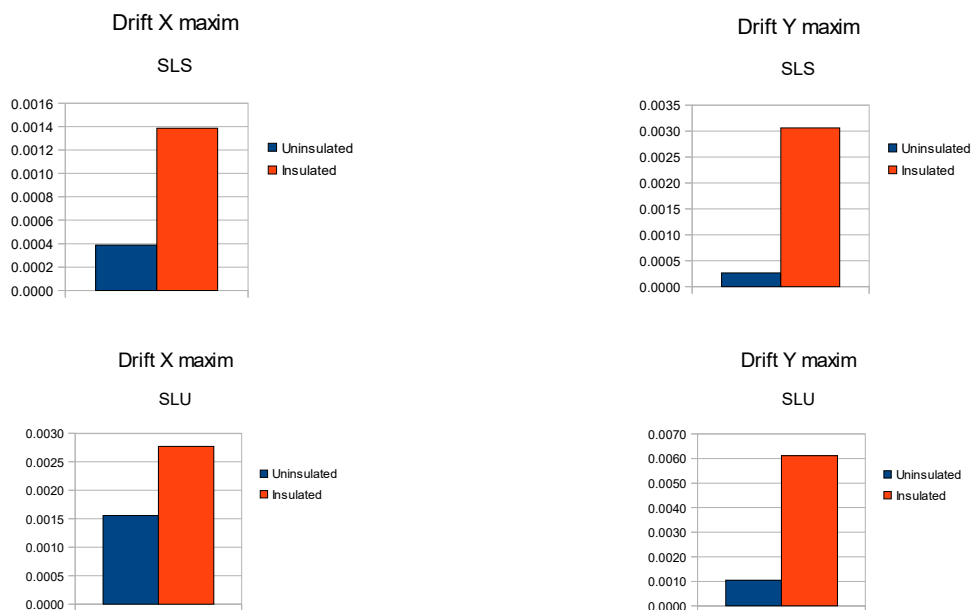


Figura 23 – Drifturi maxime

4.3. Forța seismică

Forța seismică în metoda forței laterale echivalente va depinde de perioada structurii, precum și de factorul de amortizare dinamică. Mai jos este atașată atât tabelar, cât și grafic diferența dintre cele două ipoteze, adăugând în plus forța laterală echivalentă cu un calcul seismic elastic fără izolatori sau amortizare suplimentară.

4.4. Efecte asupra consumului de oțel

Există o creștere semnificativă a stresului (momente de încovoiere și forțe de forfecare), precum și o creștere puternică a stresului axial în cantitățile periferice (în zona izolatoarelor seismici) în timp ce în alte zone stresul axial scade semnificativ, în unele cazuri devenind **aproape neglijabil**

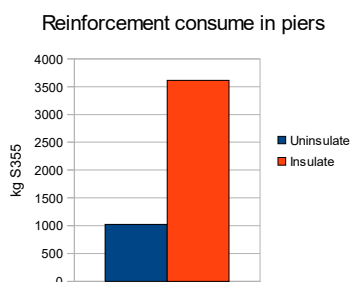


Figura 24 – Consumul de armature în montanti

4.5. Efecte asupra fundațiilor, consumul de oțel

Fundațiile sunt practic „dublate” de sistemul de izolare al bazei, deoarece atât la și deasupra izolatoarelor, trebuie creată o structură cu comportament rigid al diafragmei. Având în vedere deschiderile suficient de mari pentru grinzile peste izolatoare și faptul că acestea sunt practic sprijinite pur și simplu pe întreaga deschidere, suporturile fiind doar izolatoarele la final, eforturile lor sunt foarte mari, necesitând întăriri adecvate.

5. OBSERVAȚII

5.1 Rentabilitate

Ideea aplicației a plecat de la simpla întrebare „este profitabil să izolăm baza caselor de zidărie?”.

De exemplu, luând în considerare unele calcule pur statistice, am ales o structură suficient de mare pentru a face necesară această investiție suplimentară.

Eficiența costurilor constă în costuri, deci mai jos sunt rezumate consumul suplimentar de materiale necesare (cu excepția forței de muncă, transport, cofraj și orice alt cost suplimentar.

Am considerat, pentru simplitate, că aceeași cantitate de cofraj necesară pentru construirea suprastructurii poate fi utilizată pentru construirea infrastructurii).

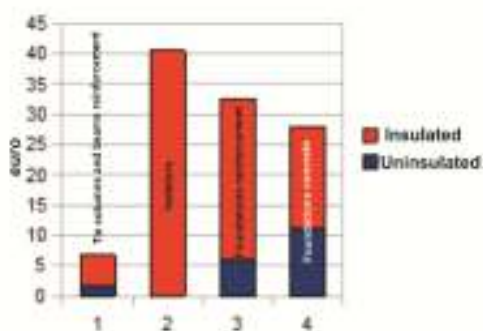


Figura 26 – Consum resurse

Investiția casei a fost de aproximativ 250.000 de euro, astfel încât costul total al izolării de aproximativ 28.000 de euro reprezintă doar 11,20% din valoarea totală.

Un dezvoltator poate construi astfel de unități de locuit cu valori cuprinse între 400 și peste 1000 euro / mp, astfel încât procentul de izolatori din acest cost să înceapă să fie considerabil mai ușor de suportat.

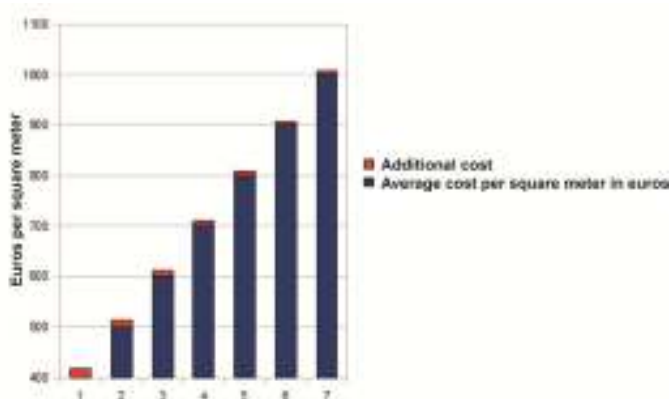


Figura 27 – Costuri aditionle pentru izolare

5.2. Aspecte legate de interfața cu alte specialități

5.2. Observații finale

Sistemul de izolare de bază este un sistem foarte eficient pentru reducerea impactului seismic din toate punctele de vedere.

Beneficii:

- reduce sau chiar elimină daunele structurale sau dimensiunea acestora
- diminuează sau chiar elimină daunele elementelor nestructurale
- diminuează sau chiar elimină daunele materiale
- reduce impactul social al cutremurului (chiar dacă un cutremur depășește nivelul celui proiectat conform codului valabil la acel moment, structura va avea un comportament net superior unei structuri dimensionate în câmpul de comportament post-elastic)
- mărește durata de viață a structurii (limitarea deteriorării structurale elimină necesitatea consolidării și astfel crește durata de viață fără a fi nevoie de intervenție)
- permite funcționarea neîntreruptă (dacă structura este un sediu social al unei persoane juridice, de exemplu)

Dezavantaje:

- costul inițial al investiției crește
- durata de execuție crește datorită sistemului suplimentar de fundație
- intervalul mediu de recurență al cutremurelor din România este relativ lung, făcând potențiali investitori sceptici cu privire la necesitatea unui astfel de sistem
- durata de viață a izolatoarelor este limitată și în timp acestea trebuie înlocuite cu toate dezavantajele care pot apărea.

CAPITOLUL 4: IZOLAREA SEISMICA A CLADIRILOR CU CADRE DIN BETON ARMAT

1. Proiectarea traditionala a cladirilor cu cadre dun beton armat

1.1 Studii de caz alese

Pentru studiul de față am dorit să analizăm nouă modele de structuri de cadre din beton armat, diferența dintre ele fiind forma și creșterea înălțimii. Modelarea structurilor a fost realizată folosind programul ETABS după cum urmează:

- Au fost realizate 9 modele de analiză pentru suprastructuri:
 - clădire de formă pătrată (cu 3 creșteri de înălțime: $S + P + 14L$; $S + P + 9L$; $S + P + 4L$);
 - clădire dreptunghiulară (cu 3 înălțimi: $S + P + 14L$; $S + P + 9L$; $S + P + 4L$);
 - clădire de formă rotundă (cu 3 creșteri în înălțime: $S + P + 14L$; $S + P + 9L$; $S + P + 4L$);
- Au fost realizate 9 modele de analiză cu aceleași tipuri de clădiri, luând în considerare modelarea interacțiunii sol-structură
- 18 modele de analiză au fost realizate cu aceleași tipuri de clădiri, ținând cont de izolarea bazei seismice, cu izolatoare de tip LRB și HDRB.
 - Date detaliate ale temei
 - Funcțiile clădirilor:
 - Funcția de birou;
 - Terasă: necirculantă.

1.2.6 Dimensiunile clădirii:

Modelele au o dimensiune de 5 m, fiecare deschidere are o dimensiune de 5 m, înălțimea nivelului pentru podea este de 3 m, înălțimea subsolului este de 3 m, așa cum se poate vedea în figurile 1, 2 și 3.

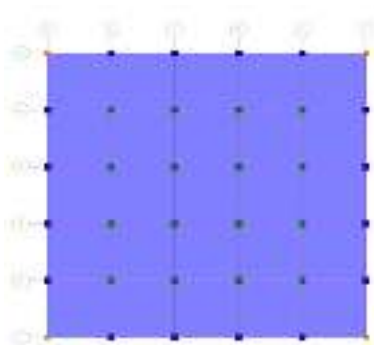


Figura - 1 Patrat

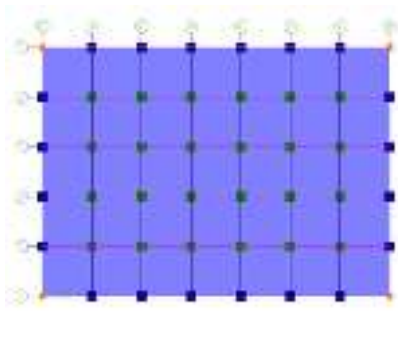


Figura - 2 Dreptunghiular

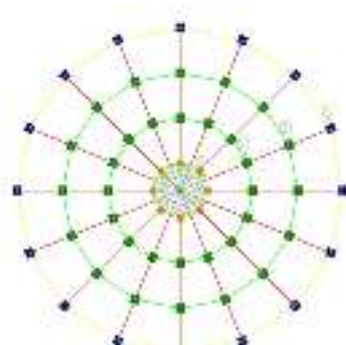


Figura - 3 Circular

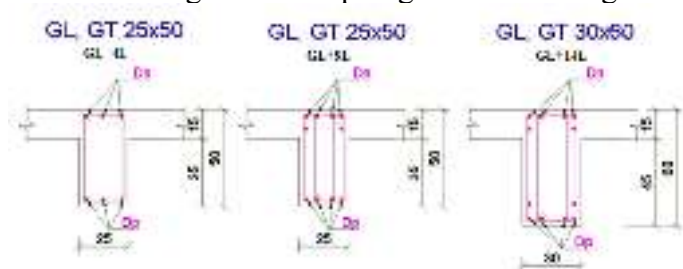


Figura - 4 Grinzi

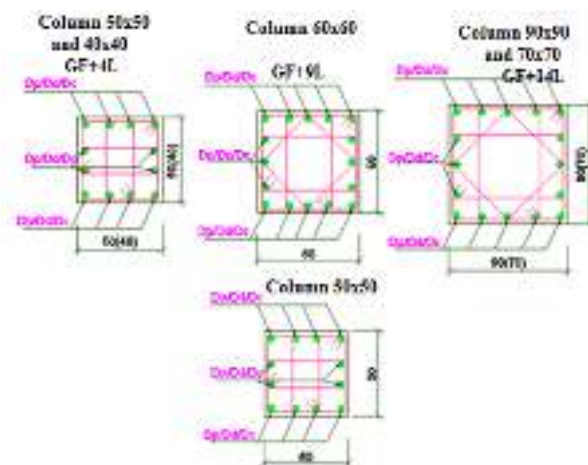


Figura 5 - Stalpi

2. Studiu comparativ al clădirilor din beton armat folosind izolarea bazei

2.1 Propuneți tipurile de izolatoare utilizate în studiul de caz

Plecând de la ecuația profesorului Kelly TE, 2001, $CAPACITATE > CERINȚĂ$, spre deosebire de abordarea tradițională a proiectării structurilor în zone seismice, care pleacă de la ipoteza că cerința nu poate interveni și se ocupă doar de problema capacității, principiul izolării bazelor. , ca abordare „alternativă” propune o reducere a cerinței prin introducerea dispozitivelor mecanice (sisteme de disipare a energiei).

2.2.1 Modelarea matematică a izolatorilor HDRB

Pentru efectuarea calculului liniar echivalent cu spectrul de răspuns pe structurile izolate, au fost luați în considerare următorii pași:

S-a determinat spectrul de răspuns al zonei în cauză - București, corespunzător fiecărui tip de amortizor folosind spectrul de la P100-1 / 2013 (diferența dintre clădirile izolate și neizolate fiind factorul de comportament q , care este 1,5 conform literatura, comparativ cu 6,75 pentru clădirile neizolate în cadre, dar și amortizarea vâscoasă echivalentă ξ).

S-a ales o valoare țintă a perioadei de vibrație pentru structura izolată (în mod normal, aceasta este considerată a fi de 3 ori mai mare decât perioada de vibrație a structurii neizolate).

S-a determinat masa seismică totală a structurii.

Având în vedere parametrii T_{iz} , Perioada de vibrație a sistemului izolat și M masa structurii, rigiditatea generală necesară, K_r , pentru sistemul de izolare a fost determinată de următoarea ecuație:

$$K_r = 4 \cdot \pi^2 \cdot M / T_{iz}^2$$

Au fost alese izolatoarele din catalogul ALGA, ținând cont de următorii parametri:

rigiditate totală (suma rigidităților fiecărui izolator trebuie, pe cât posibil, să fie egală cu K_r);

sarcina verticală pentru fiecare izolator;

deplasare orizontală, care a fost calculată folosind următoarea formulă:

$$S_{max} = a_g \cdot (T / 2 \pi)^2$$

Modelarea izolatoarelor s-a făcut cu ajutorul programului ETABS, introducând LINKS de tip ISOLATOR1 și ISOLATOR2. Locațiile au fost alese pentru a instala izolatoarele în structură. Au fost utilizate 4 izolatoare pentru clădirile Ug + P + 4L de formă pătrată, 8 izolatoare pentru clădirile Ug + P + 4L - formă dreptunghiulară și cilindrică, 16 izolatoare pentru clădirile Ug + P + 9L și 28 izolatoare pentru Ug + P + Clădiri de 14L, astfel încât centrul rigidității să fie cât mai aproape de centrul de masă. În acest fel, în timpul cutremurului au fost activate doar modurile de translație a vibrațiilor, în timp ce torsiunea pe primele două moduri de vibrație a fost neglijabilă. Modurile de

vibrații translaționale au avantajul evident de a face ca toate izolatoarele să funcționeze în același mod.

După alegerea izolatorilor, a fost introdus spectrul de răspuns modificat, prin introducerea valorii de amortizare corespunzătoare izolatorilor, în funcție de următorul factor:

$$\eta = \sqrt{(10 / (5 + \xi * 100))}$$

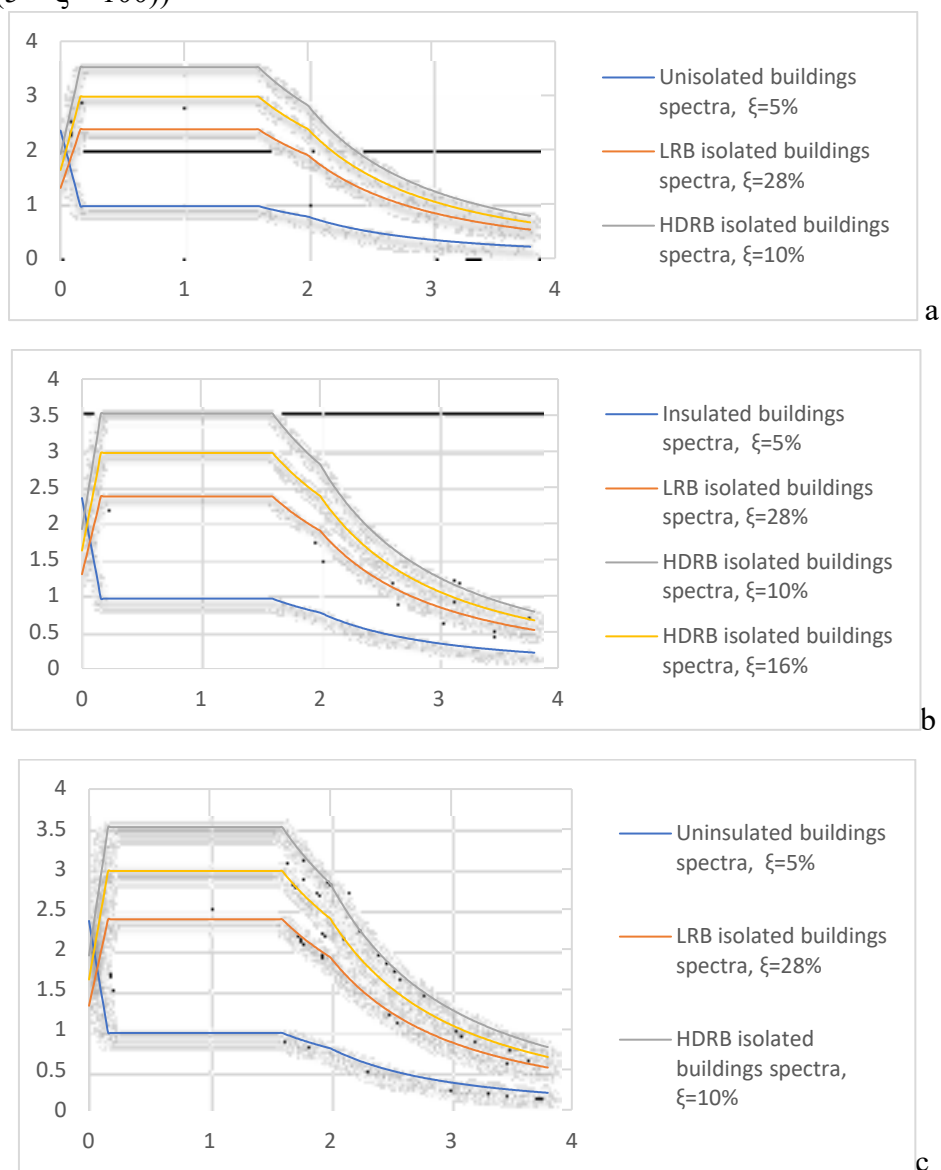


Figura - 11 Răspunsuri spectrale response spectra functions

(a-GF+4L; b-GF+9L; c-GF+14L)

2.2.2 Modelarea matematică a izolatorilor LRB

Comportamentul lor poate fi definit de următorii parametri:

- F_y punctul de curgere al miezului de plumb
- rigiditate orizontală
- rigiditate orizontală K_r

Valorile acestor parametri sunt prezentate în tabelele cu proprietățile izolatorilor furnizate de ALGA. Calculul liniar echivalent se efectuează cu aceeași procedură descrisă mai sus pentru izolatoarele de tip HDRB, cu următoarele diferențe:

- În loc de K_r , ia în considerare K_{eff} , rigiditatea orizontală efectivă
- În loc de ξ - β_r este luat în considerare, amortizarea efectivă.

2.3 Rezultate obținute din studiul de caz al clădirilor din beton armat în cadre, utilizând metoda de izolare a bazei

2.3.1 Perioade izolate ale clădirilor

Tabelul 20 prezintă perioadele de vibrație proprii obținute la primul mod de vibrație, pentru clădirile P + 4L. În primele 3 coloane sunt prezentate perioadele corespunzătoare corespunzătoare clădirilor pătrate, în următoarele 3 coloane, cele corespunzătoare clădirilor dreptunghiulare, iar în ultimele 3, perioadele corespunzătoare corespunzătoare clădirilor circulare.

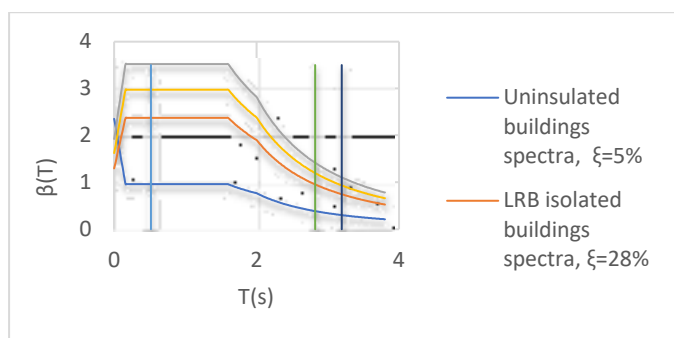


Figura - 13 Cladire 5 niveluri patrata

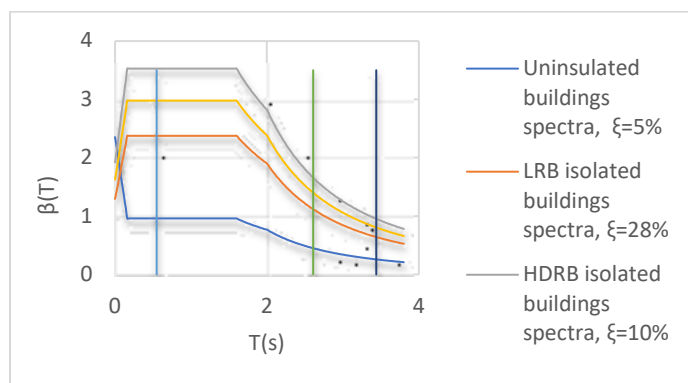


Figura - 15 Cladire 5 niveluri dreptunghiulara

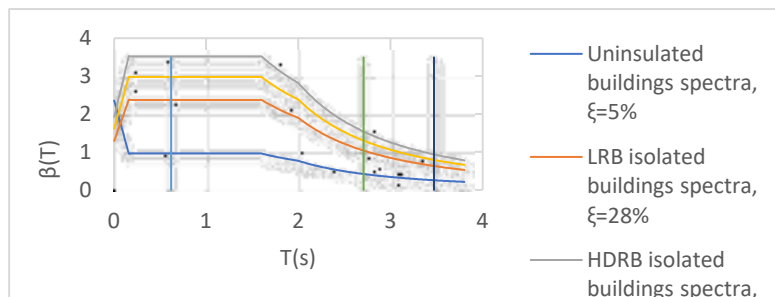


Figura - 17 Cladire 5 niveluri circulara

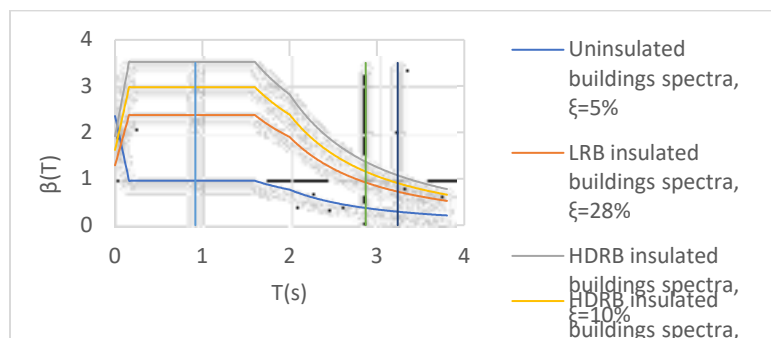


Figura - 19 Cladire 10 niveluri patrata

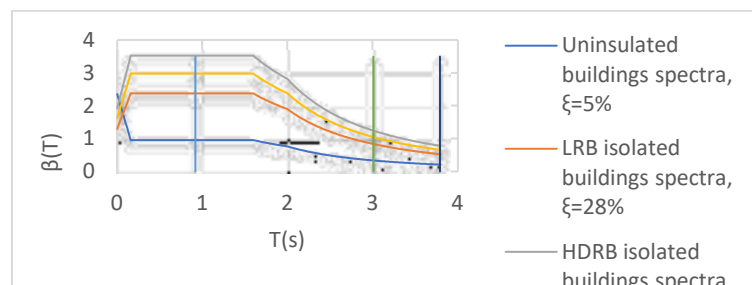


Figura - 20 Cladire 10 niveluri dreptunghiulara

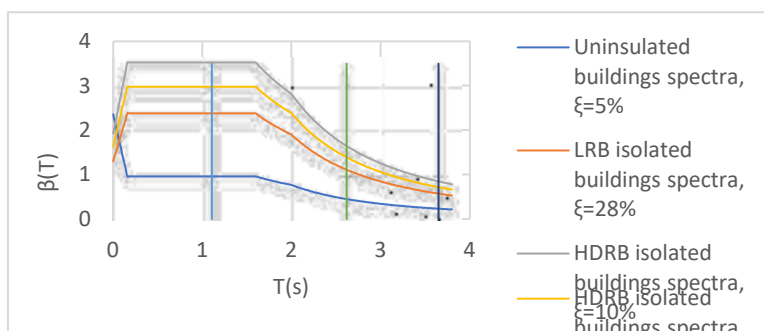


Figura - 21 Cladire 10 niveluri circulara

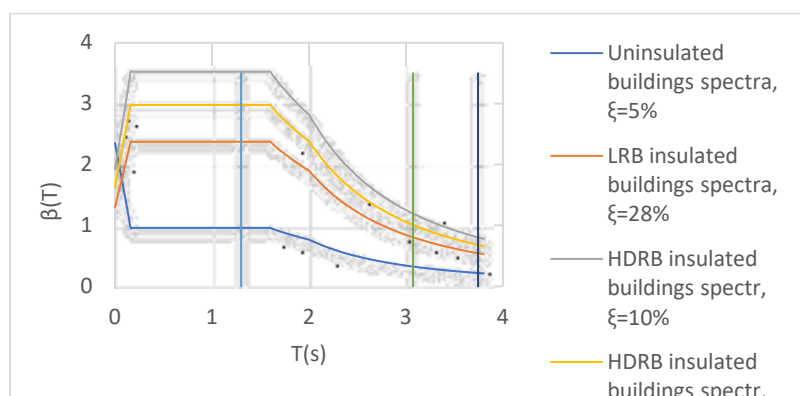


Figura - 25 Cladire 15 niveluri patrata

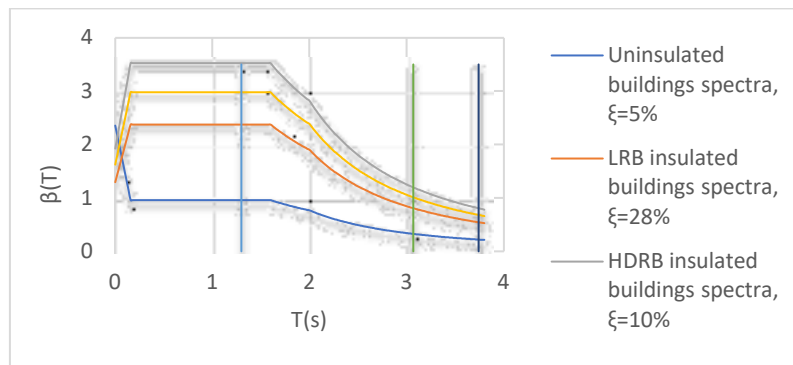


Figura - 27 Cladire 15 niveluri dreptunghiulara

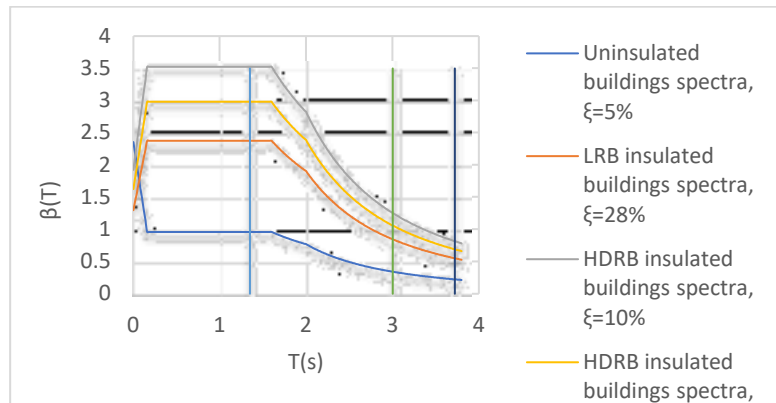


Figura - 29 Cladire 15 niveluri circulara

2.3.2 Deplasări obținute la structurile izolate la bază

În continuare, vor fi prezentate rezultatele obținute pentru aceleași sisteme cu bază izolată, dar din perspectiva deplasărilor provocate de cutremure.

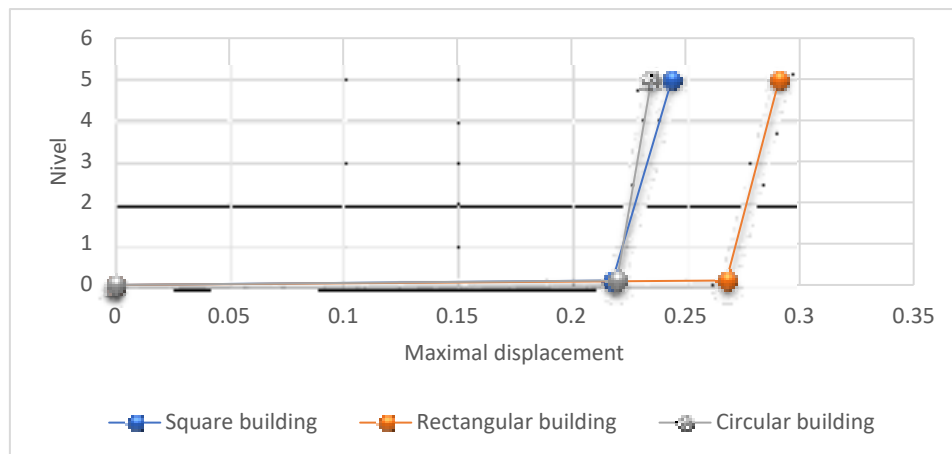


Figura - 30 Deplasari maxime la baza si la varf 5 niveluri HDRB

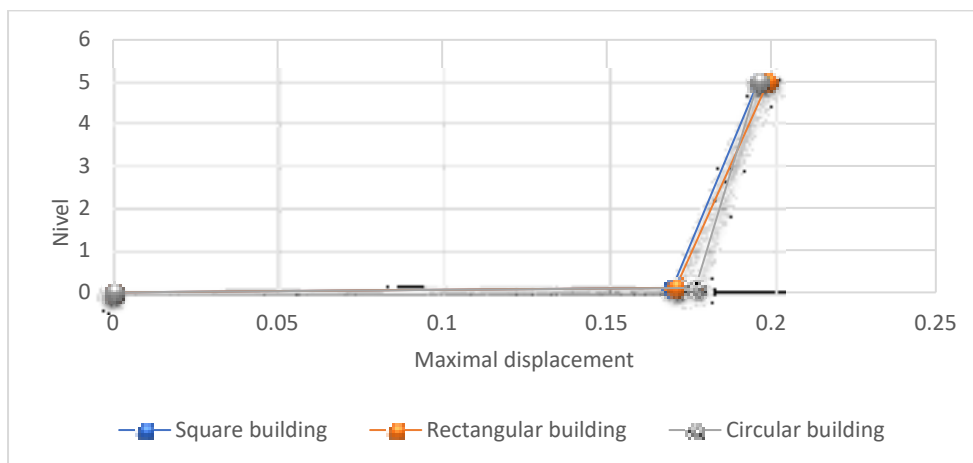


Figura - 31 Deplasari maxime la baza si la varf 5 niveluri LRB

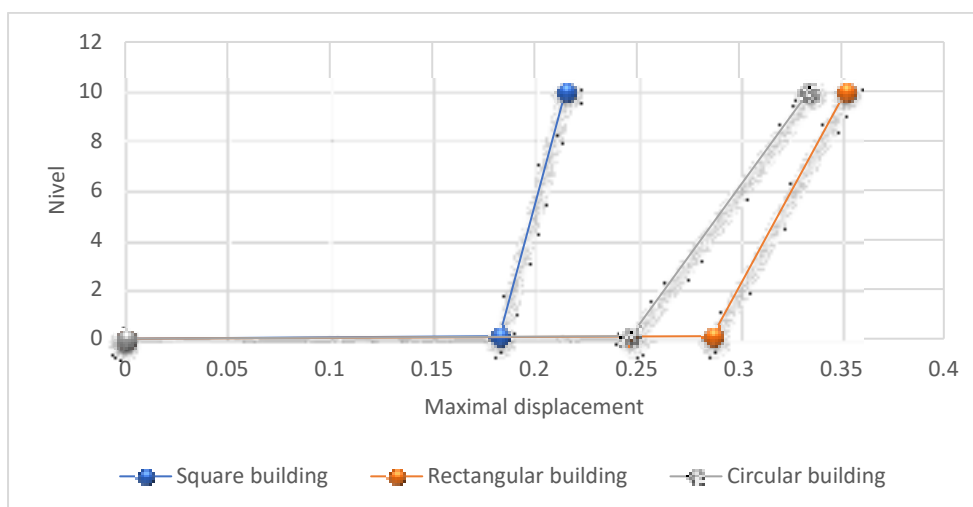


Figura - 32 Deplasari maxime la baza si la varf 10 niveluri HDRB

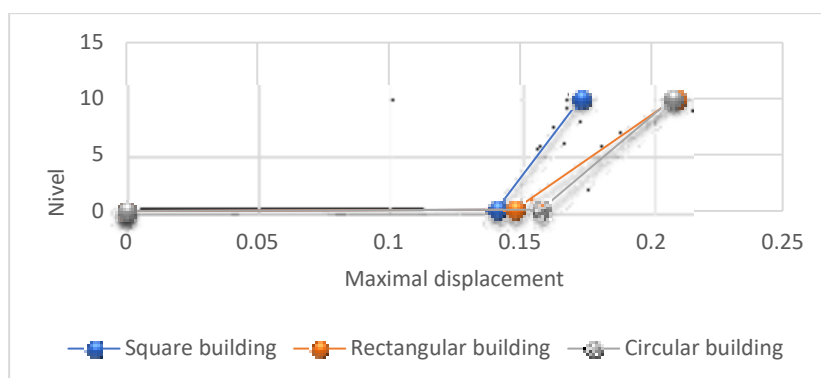


Figura - 33 Deplasari maxime la baza si la varf 10 niveluri LRB

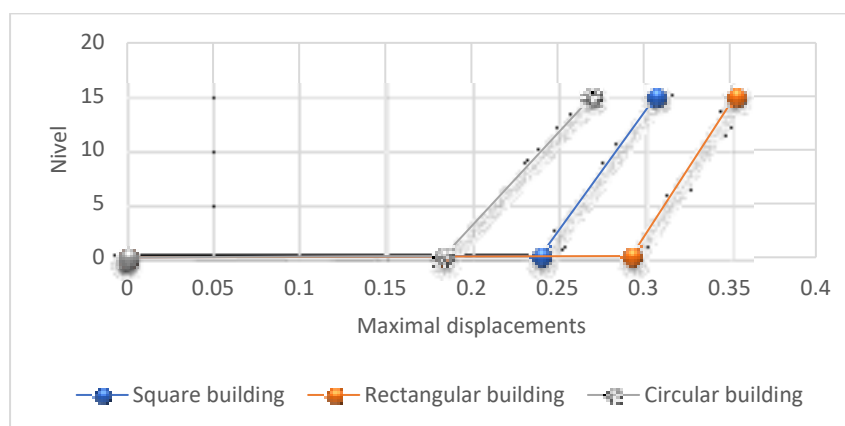


Figura - 34 Deplasari maxime la baza si la varf 15 niveluri HDRB

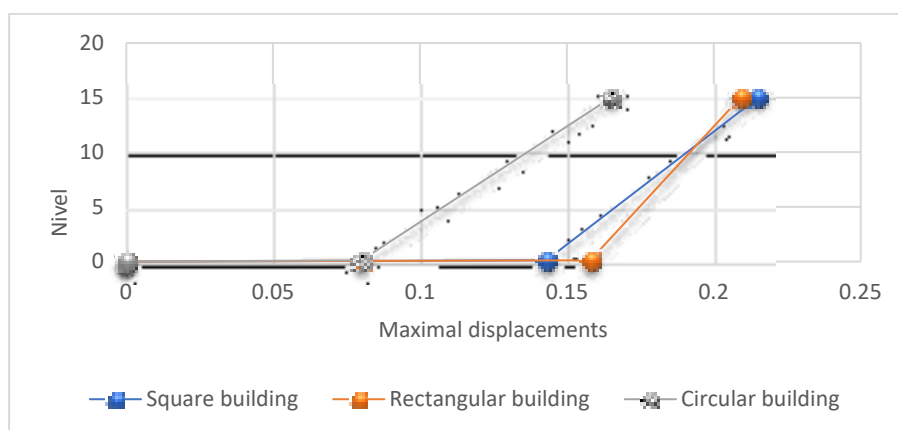


Figura - 35 Deplasari maxime la baza si la varf 15 niveluri LRB

O concluzie care rezultă din analiza Figurelor de mai sus este următoarea: cu cât suprastructura este mai flexibilă, cu atât este mai evidentă contribuția modurilor superioare în răspunsul global (există o amplificare a înălțimilor). De asemenea, se observă că creșterea nivelului de amortizare în stratul de izolare are un efect benefic, prin reducerea cerințelor de deplasare în suprastructură (în studiul de față a fost luată în considerare o amortizare de 10% și 16% pentru izolatoarele de tip HDRB și o amortizare de 28 % pentru izolatoare de tip LRB). Aceste concluzii confirmă studiul realizat de Opreșoreanu V. V. în teza sa de doctorat „Contribuții la aplicarea izolării bazelor în proiectarea seismică în România” (2012).

Schimbările de nivel relativ pentru structurile izolate și neizolate vor fi analizate mai jos:



Figura - 36 Deplasari relative cladire circulara 5 niveluri



Figura - 37 Deplasari relative cladire patrataa 5 niveluri

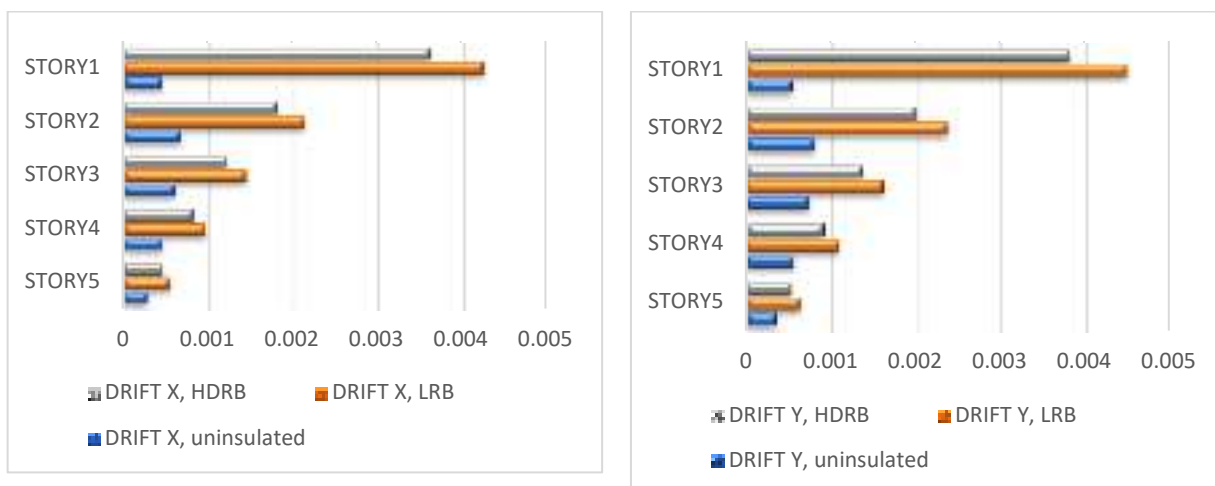


Figura - 38 Deplasari relative cladire dreptunghiulara 5 niveluri

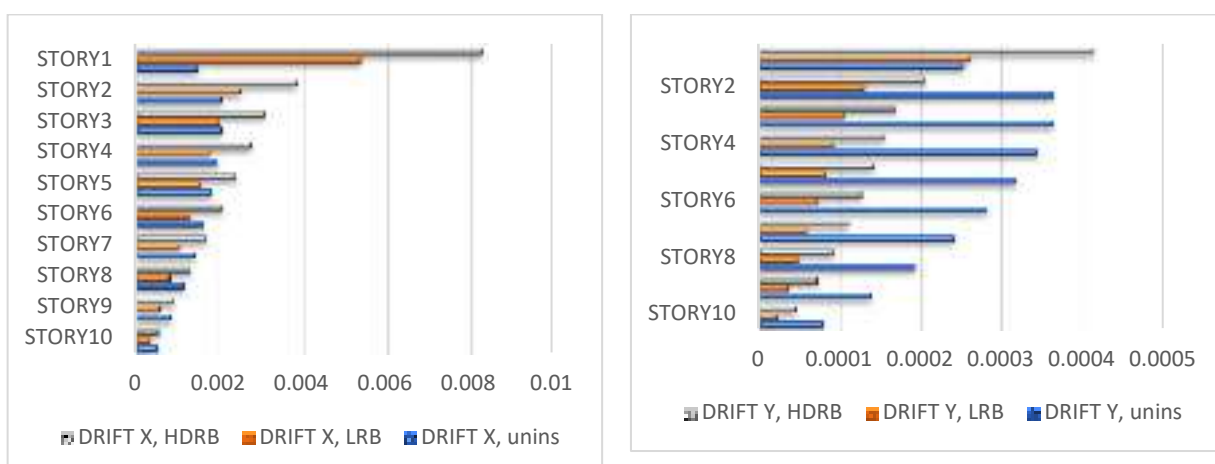


Figura - 39 Deplasari relative cladire circulara 10 niveluri

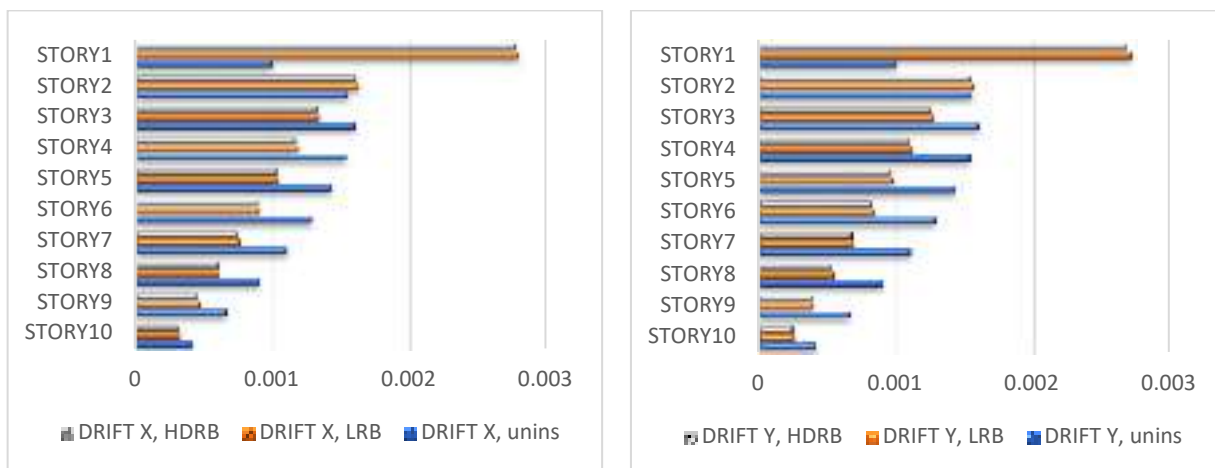


Figura - 40 Deplasari relative cladire patrata 10 niveluri

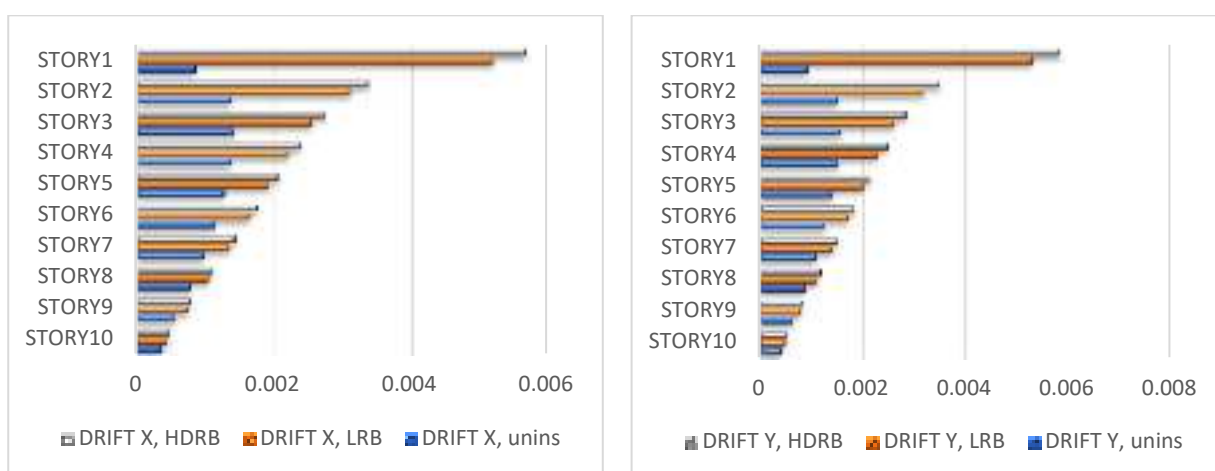


Figura - 41 Deplasari relative cladire dreptunghiulara 10 niveluri

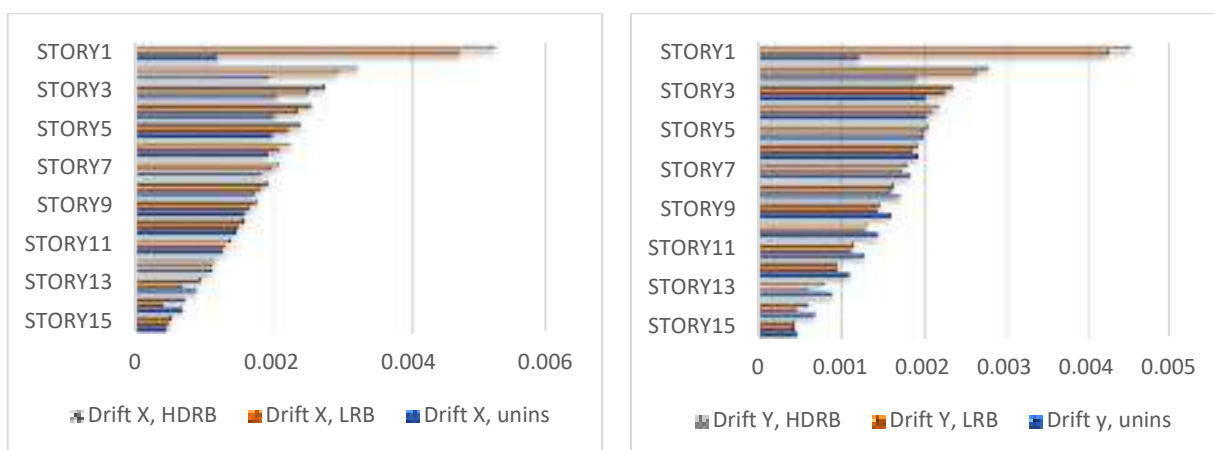


Figura - 42 Deplasari relative cladire circulara 15 niveluri

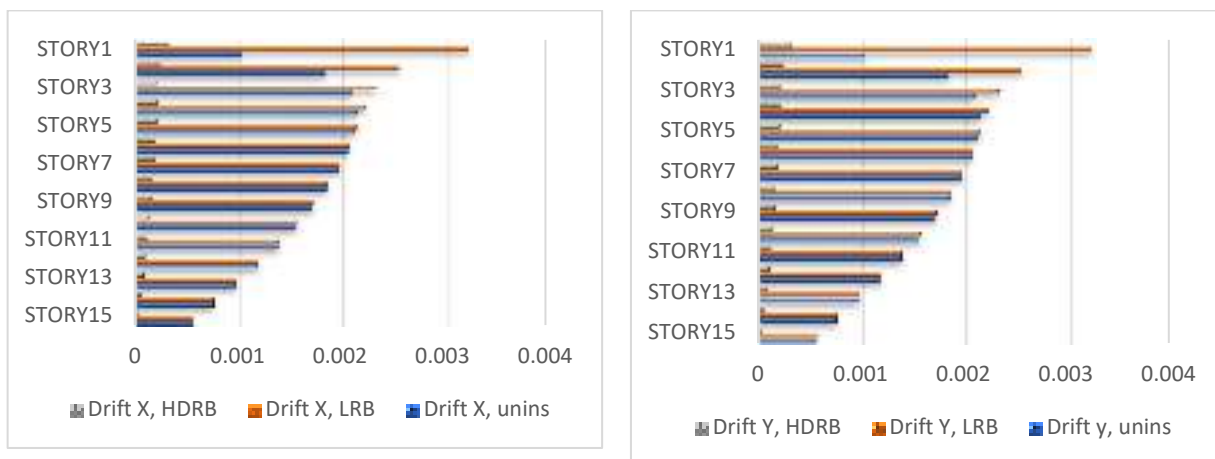


Figura - 43 Deplasari relative cladire patrata 15 niveluri

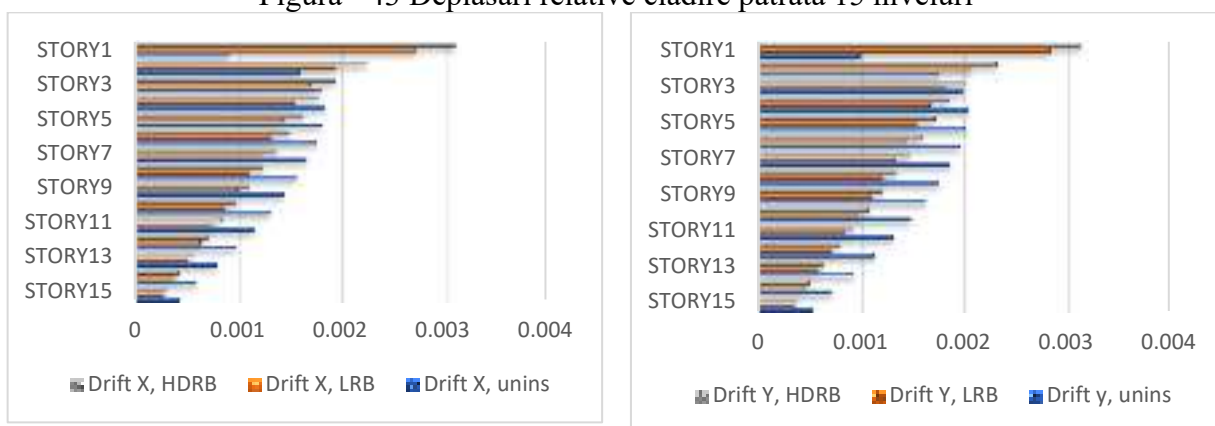


Figura - 44 Deplasari relative cladire dreptunghiulara 15 niveluri

2.4 Eforturile care rezultă în proiectarea tradițională versus proiectarea prin metoda de izolare a bazei

2.4.1. Tensiuni maxime în stalpi

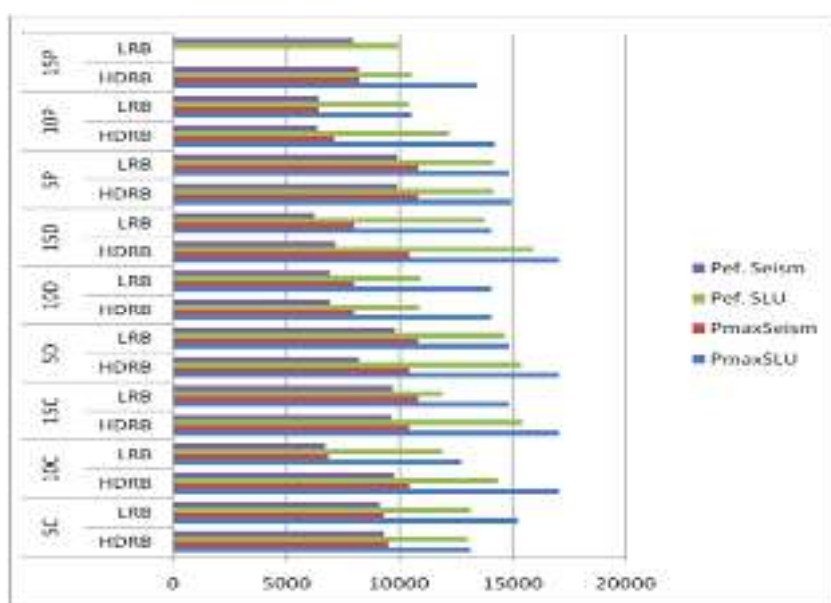


Figura - 48 Eforturi maxime eficiente și eforturi capabile ale izolatoarelor utilizate în studiul de caz

3. CONCLUZIE

1. În urma studiului de caz, referitor la comportamentul clădirilor în cadre din beton armat, amplasate în București, proiectate utilizând metoda izolării bazei, s-au constatat următoarele:
2. Din punctul de vedere al perioadelor fundamentale de vibrație:
 - Pentru clădirile cu 5 niveluri, perioadele de vibrații fundamentale cresc de aproximativ 6 ori în cazul utilizării izolatoarelor de tip HDRB, respectiv de 5 ori în cazul utilizării izolatoarelor de tip LRB;
 - Pentru clădirile cu 10 niveluri, perioadele de vibrații fundamentale cresc de aproximativ 3,6 ori în cazul utilizării izolatoarelor de tip HDRB, respectiv de aproximativ 3 ori în cazul utilizării izolatoarelor de tip LRB;
 - Pentru clădirile cu 15 nivele, perioadele de vibrații fundamentale cresc de aproximativ 3 ori în cazul utilizării izolatoarelor de tip HDRB, respectiv de 2,3 ori în cazul utilizării izolatoarelor de tip LRB;
 - Concluzie - cu cât clădirile sunt mai rigide, cu atât este mai scurtă durata perioadelor de vibrații fundamentale prin utilizarea izolatorilor seismici.
 - În general, perioadele de vibrații fundamentale atunci când se utilizează izolatoare de tip LRB reprezintă aproximativ 80% din perioadele de vibrații fundamentale pentru utilizarea izolatoarelor seismice de tip HDRB (deci HDRB face structura cu 20% mai flexibilă decât LRB).
3. Din punctul de vedere al deplasărilor (inclusiv deplasărilor izolatorilor):
 - Pentru clădirile cu 5 niveluri, drifturile cresc în cazul utilizării izolatorilor seismici de tip HDRB cu aproximativ 149% și cu 153% în cazul utilizării izolatorilor seismici de tip LRB;
 - Pentru clădirile cu 10 niveluri, drifturile cresc în cazul utilizării izolatorilor seismici de tip HDRB cu aproximativ 41% respectiv cu 57% în cazul utilizării izolatorilor seismici de tip LRB;
 - Pentru clădirile cu 15 niveluri, drifturile scad în cazul utilizării izolatorilor seismici de tip HDRB cu aproximativ 11% și respectiv cresc cu 16% în cazul utilizării izolatorilor seismici de tip LRB;
 - În cazul utilizării izolatoarelor seismice, cu cât clădirile au mai multe niveluri (cu atât sunt mai flexibile), deriva scade respectiv cu cât clădirile sunt mai rigide (niveluri mai puține) crește derivația. Se constată că izolatorii seismici de tip HDRB sunt mai eficienți în ceea ce privește deriva.
 - La bază se constată că, în medie, deplasările cresc mai mult pentru clădirile care utilizează izolatori seismici de tip LRB comparativ cu HDRB.
 - Pentru clădirile cu 5 nivele deplasările sunt în medie de aproximativ 23 cm, pentru clădirile cu 10 nivele sunt de 25 cm și pentru clădirile cu structură în cadre din beton armat cu 15 nivele ajung la aproximativ 27 cm.

Table 36: Pentru stalpi:

Level	Bending moments			Shear forces			Axial forces		
	M_{HDRB}/M_{unins}	M_{LRB}/M_{unins}	M_{LRB}/M_{HDRB}	V_{HDRB}/V_{unins}	V_{LRB}/V_{unins}	V_{LRB}/V_{HDRB}	N_{HDRB}/N_{unins}	N_{LRB}/N_{unins}	N_{LRB}/N_{HDRB}
5	0.55	0.60	0.88	0.84	1.00	1.25	1.00	0.92	0.93
10	0.76	0.74	0.97	0.78	0.75	0.97	1.01	1.01	1.00
15	0.95	0.81	0.84	0.78	0.70	0.89	1.00	0.99	0.99

- Eforturile secționale ale momentelor de încovoiere și ale forțelor de forfecare, la coloanele RC, în cazul utilizării izolatoarelor seismice, sunt reduse la aproximativ 68-98% din eforturile corespunzătoare structurii neizolate;
- Eforturile secționale de tipul forței axiale rămân practic cu aceleași valori;
- Tensiunile secționale scad mai mult atunci când se utilizează izolatoare seismice de tip HDRB comparativ cu LRB.

Table 37: Pentru grinzi:

Level	Bending moments			Shear forces			Axial forces		
	M_{HDRB}/M_{unins}	M_{LRB}/M_{unins}	M_{LRB}/M_{HDRB}	V_{HDRB}/V_{unins}	V_{LRB}/V_{unins}	V_{LRB}/V_{HDRB}	N_{HDRB}/N_{unins}	N_{LRB}/N_{unins}	N_{LRB}/N_{HDRB}
5	0.99	0.99	1.00	1.00	1.00	0.99	1.00	0.99	0.99
10	0.84	0.97	1.17	0.91	0.99	1.10	0.85	0.96	1.13
15	0.81	0.96	1.19	0.88	0.97	1.11	0.80	0.96	1.12

- Prin utilizarea izolatoarelor seismice, eforturile de secțiune pe grinzi (momente de încovoiere pozitive și negative, precum și forțele de forfecare) scad numai pentru clădirile cu mai mult de 5 niveluri. Cu cât clădirea are mai multe niveluri, cu atât există o scădere din ce în ce mai mare (81-96% la 15 niveluri).
- De asemenea, se constată că (în sensul celor prezentate mai sus) eforturile scad mai mult în cazul utilizării izolatoarelor seismice de tip HDRB decât a celor de tip LRB.

Final conclusion

Având în vedere toate cele de mai sus, pentru clădirile proiectate cu structuri de cadru RC, cu regim de înălțime mică și medie (până la 15 niveluri), se constată că izolatoarele seismice de tip HDRB sunt mai eficiente decât izolatoarele seismice de tip LRB.

CAPITOLUL 5: IZOLAREA SEISMICA A BAZEI PENTRU CLADIRI DUALE DIN BETON ARMAT

1. STUDII DE CAZ

1.1 Alegerea analizelor structurale

Pentru studiul de față am dorit să analizăm 9 modele de structuri duale, diferența dintre ele fiind forma și regimul de înălțime. Modelarea structurilor a fost realizată folosind programul ETABS după cum urmează:

- Au fost realizate 9 modele de analiză pentru suprastructuri:
 - o clădire de formă pătrată (cu 3 creșteri în înălțime: S + P + 14L; S + P + 9L; S + P + 4L);
 - o clădire dreptunghiulară (cu 3 înălțimi: S + P + 14L; S + P + 9L; S + P + 4L);
 - o clădire de formă rotundă (cu 3 creșteri în înălțime: S + P + 14L; S + P + 9L; S + P + 4L);
- Au fost realizate 9 modele de analiză cu aceleași tipuri de clădiri, luând în considerare modelarea interacțiunii sol-structură
- Au fost realizate 9 modele de analiză cu aceleași tipuri de clădiri, luând în considerare izolarea bazei seismice, cu izolatoare de tip LRB și HDRB.

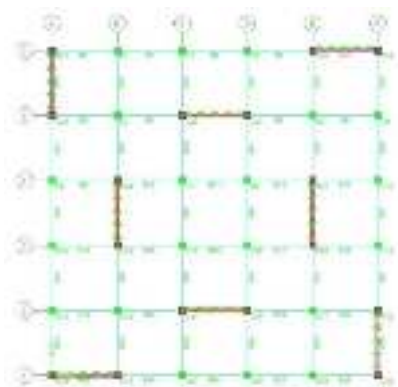


Figura 1 Patrata

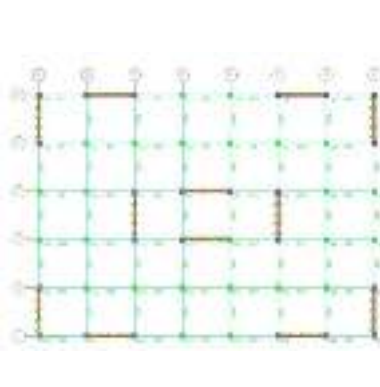


Figura 2 Dreptunghiulara

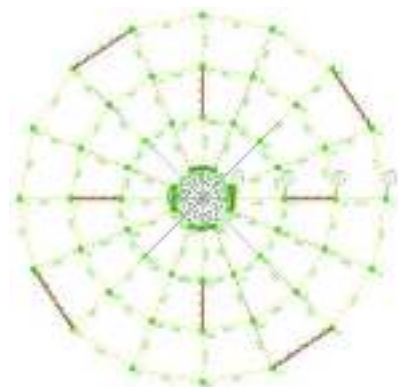


Figura.3 Circulara

Clădirile au funcția de birouri și se află în București. Sistemul structural este realizat din șapă generală, pereți, stâlpi și grinzi din beton armat, cu acoperiș terasă. Pereții exteriori și interiori sunt din zidărie BCA. Tâmplăria este din PVC cu geam termopan, pardoselile vor fi finisate cu gresie în zone umede și parchet și gresie ceramică în rest. Traficul vertical este asigurat de o scară cu două rampe și un lift.

1.3.2 Modelarea izolatoarelor

Pentru modelarea sistemului de izolare a bazei, în ambele variante, structura așezată pe o fundație de beton. Sistemul de izolare este format dintr-un număr de izolatoare instalate pentru fiecare clădire. Au fost utilizate două tipuri de izolatoare, și anume Rulmentul din cauciuc cu amortizare ridicată (HDRB) și LRB (Rulmenții din cauciuc cu plumb) înlocuiți pentru modelarea cu elemente de tip „link”, pentru calcul având în vedere un coeficient de amortizare $\nu = 16\%$ respectiv $\nu = 28\%$ din deprecierea critică.

2. PREZENTAREA CONȚINUTULUI ANALIZEI EFECTUATE ȘI A REZULTATELOR OBTINUTE

2.1 Rezultate obținute în clădiri neizolate

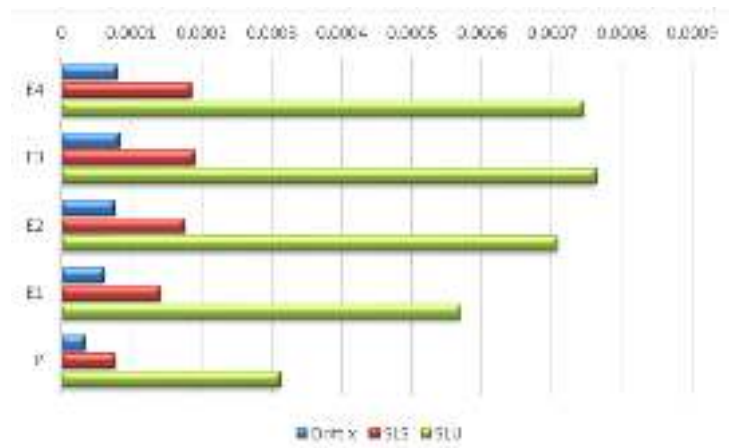


Figura 8 "Circular 5 niveluri x"

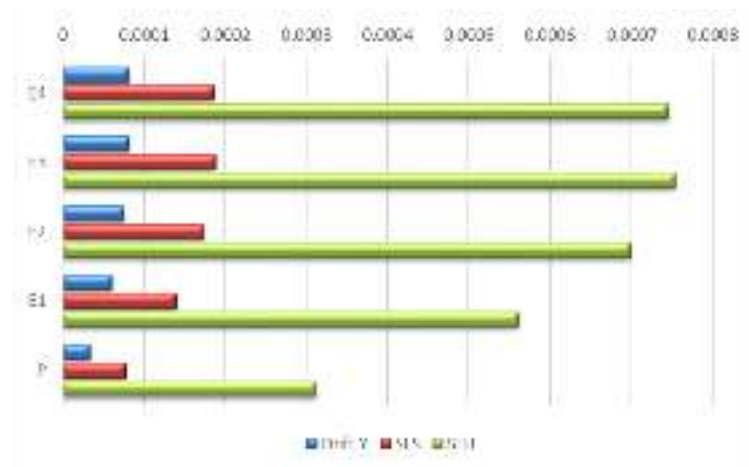


Figura 9 "Circular 5 niveluri y"

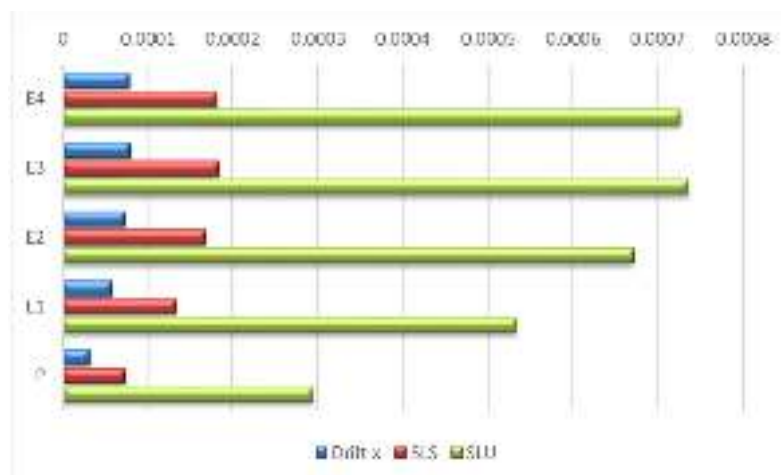


Figura 10 "Dreptunghiular x 5 niveluri"



Figura 11 " Dreptunghiular y 5 niveluri "

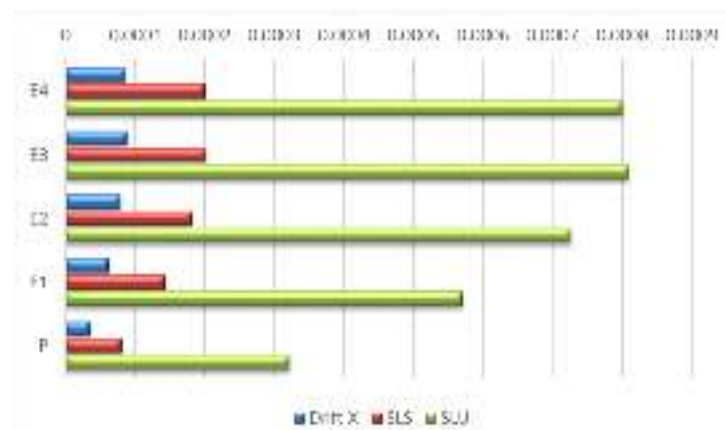


Figura 12 " Patrat x 5 niveluri "

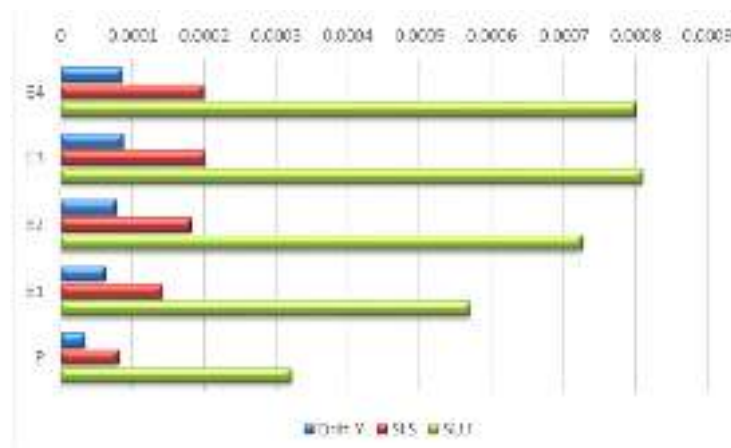


Figura 13 " Patrat y 5 niveluri "

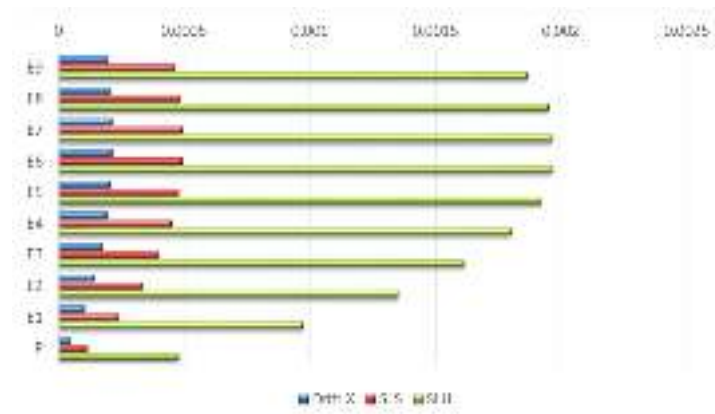


Figura 14 " Circular x 10 niveluri "

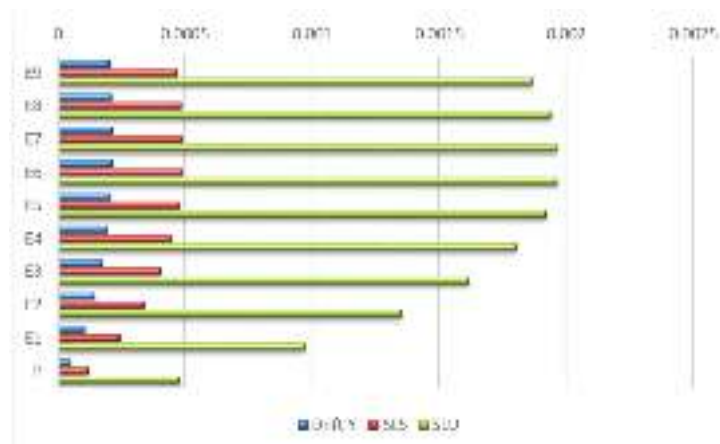


Figura 15 " Circular y 10 niveluri "

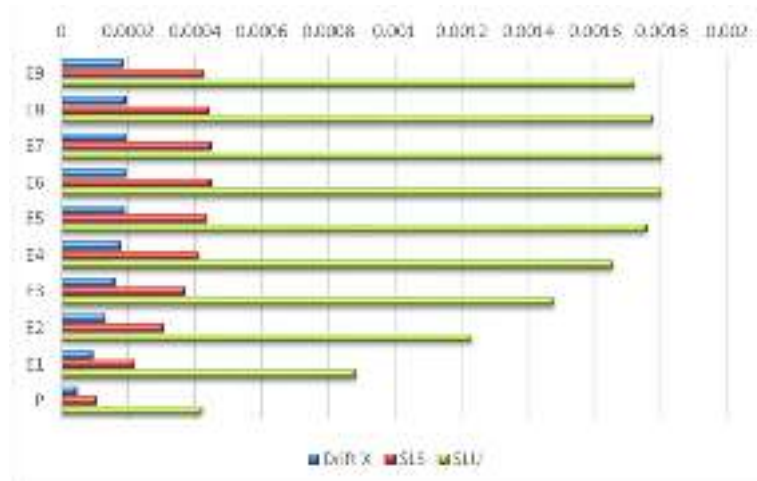


Figura 16 " Rectangular x 10 niveluri "

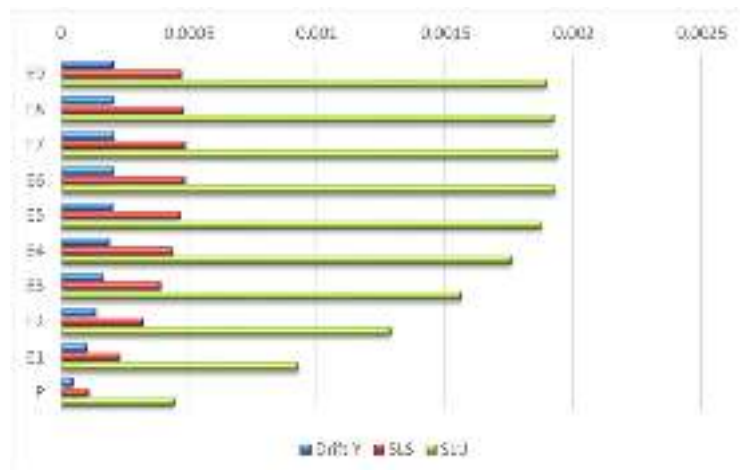


Figura 17 " Rectangular y 10 niveluri "

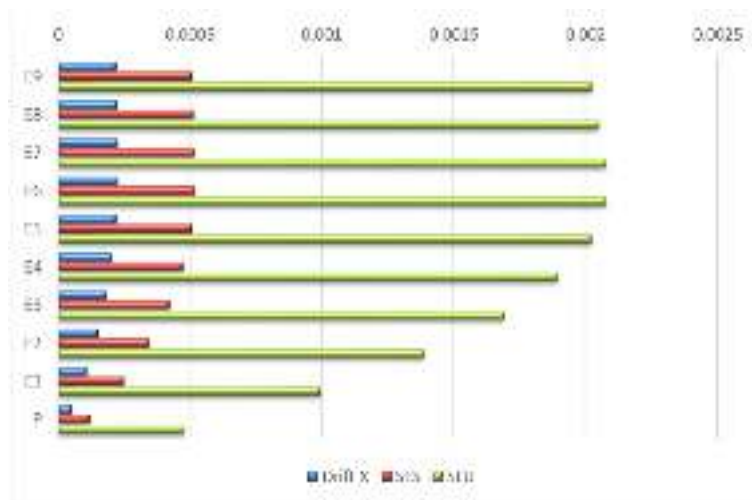


Figura 18 " Patrat x 10 niveluri "

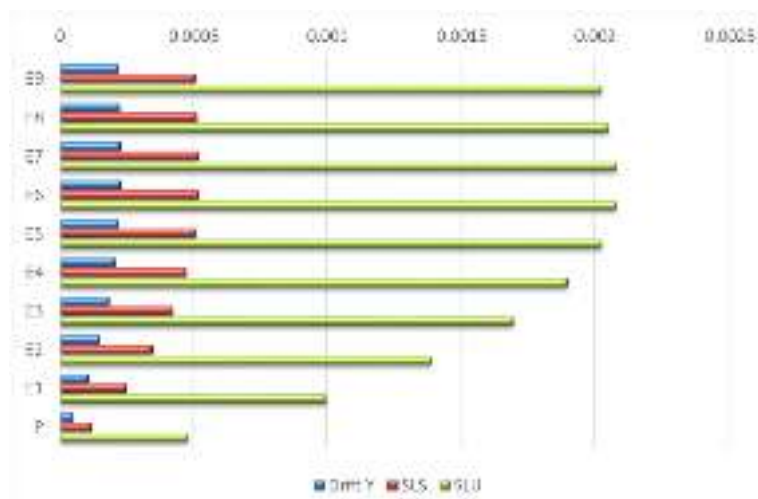


Figura 19 " Patrat y 10 niveluri "

The following periods were obtained:

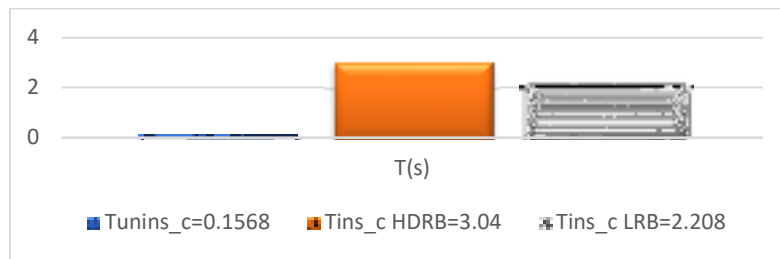


Figura 26 "Circular 5"

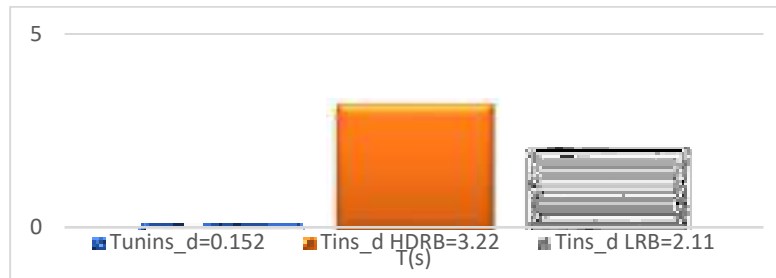


Figura 28 "Rectangular 5"

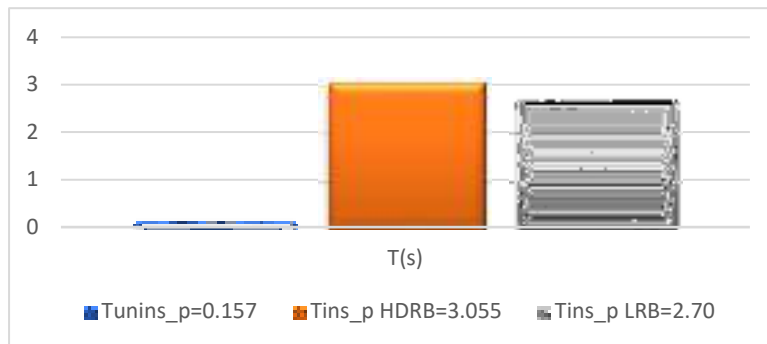


Figura 30 "Patrat 5"

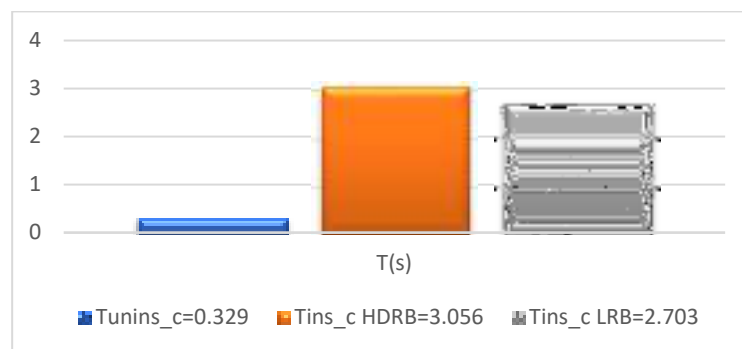


Figura 32 "Circular 10"

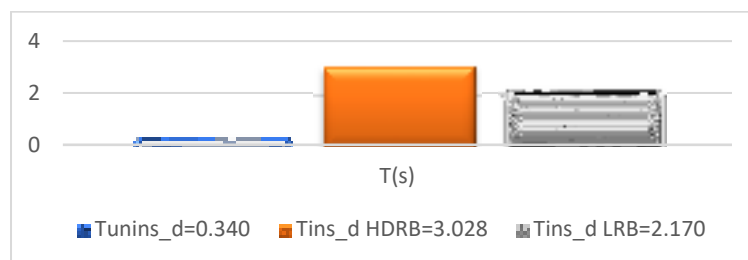


Figura 34 "Rectangular 10"

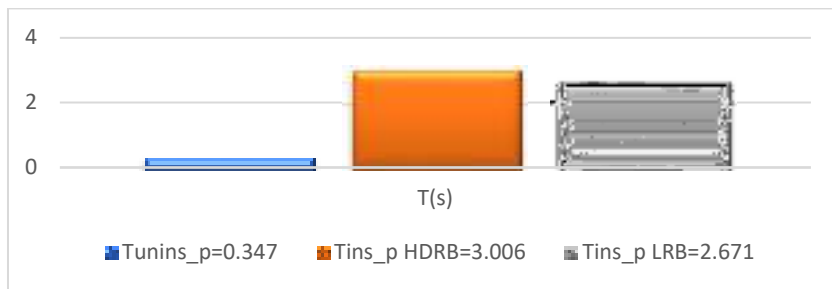


Figura 36 "Patrat 10"

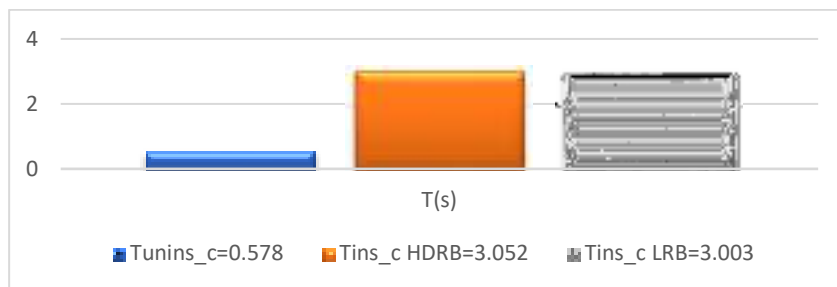


Figura 38 "Circular 15"

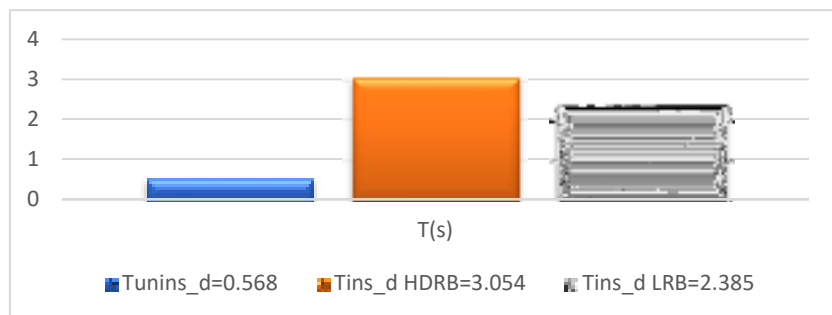


Figura 40 "Rectangular 15"

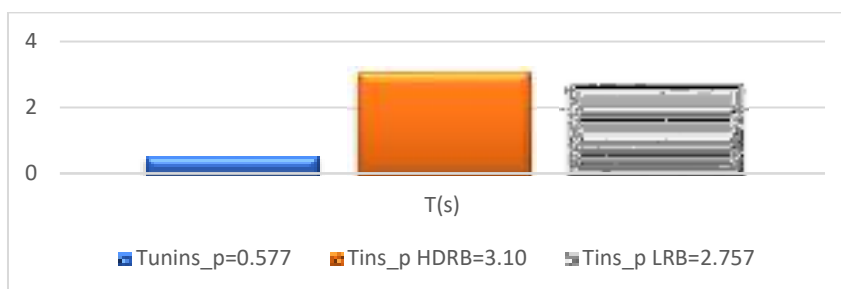


Figura 42 "Patrat 15"

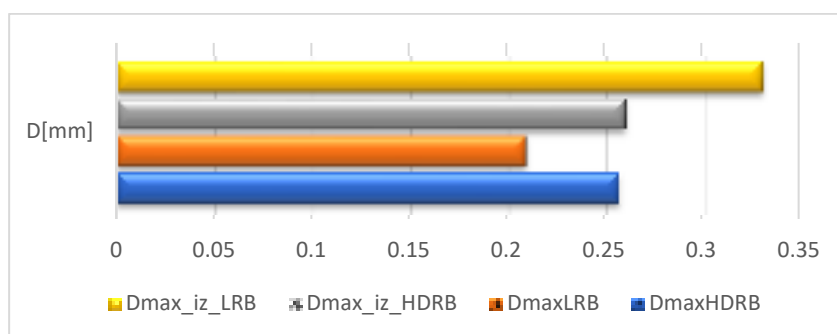


Figura 45 "Deplasari laterale la baza circular 5"

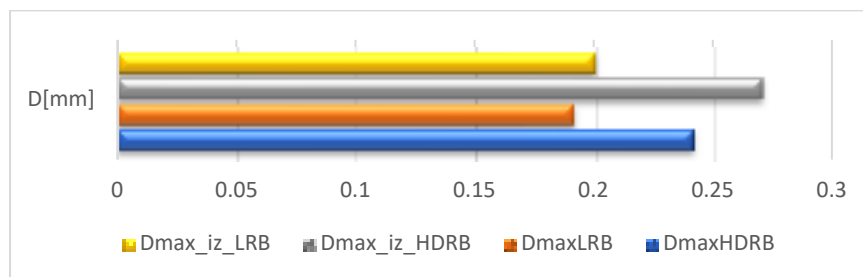


Figura 46 " Deplasari laterale la baza rectangular 5"

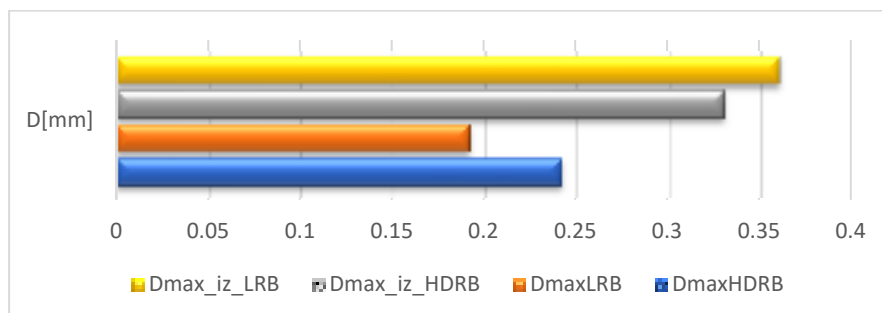


Figura 47 " Deplasari laterale la baza patrat 5"

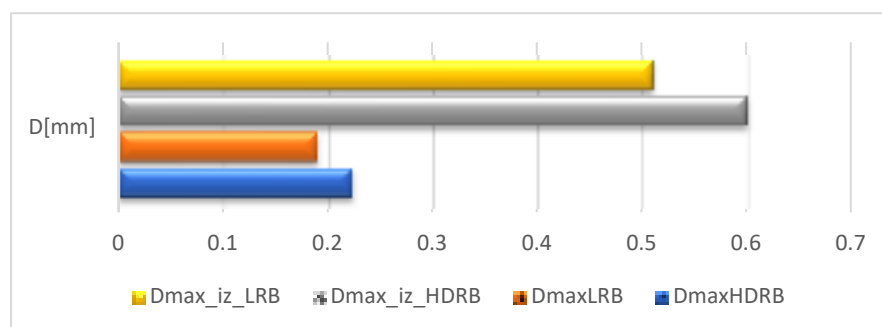


Figura 48 " Deplasari laterale la baza circular 10"

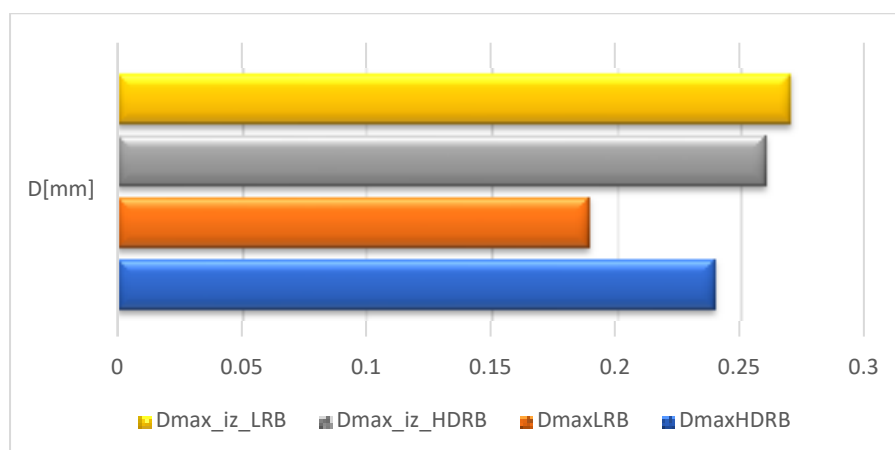


Figura 49 " Deplasari laterale la baza rectangular 10"

Deplasari relative obtinute:

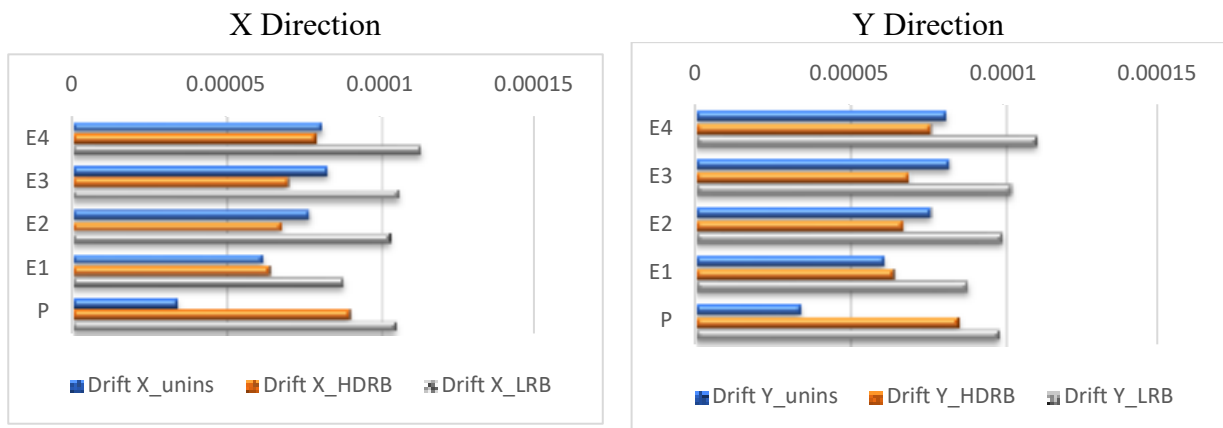


Figura 56 "Circular 5"

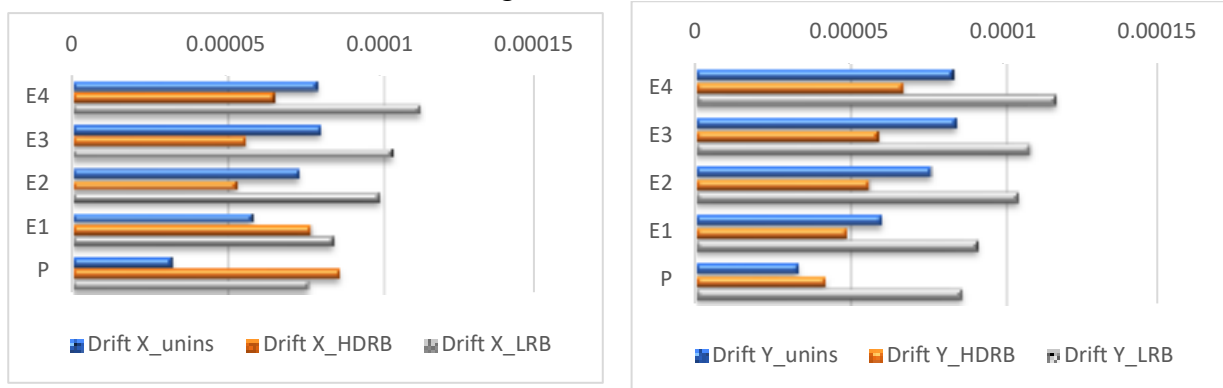


Figura 57 "Rectangular 5 "

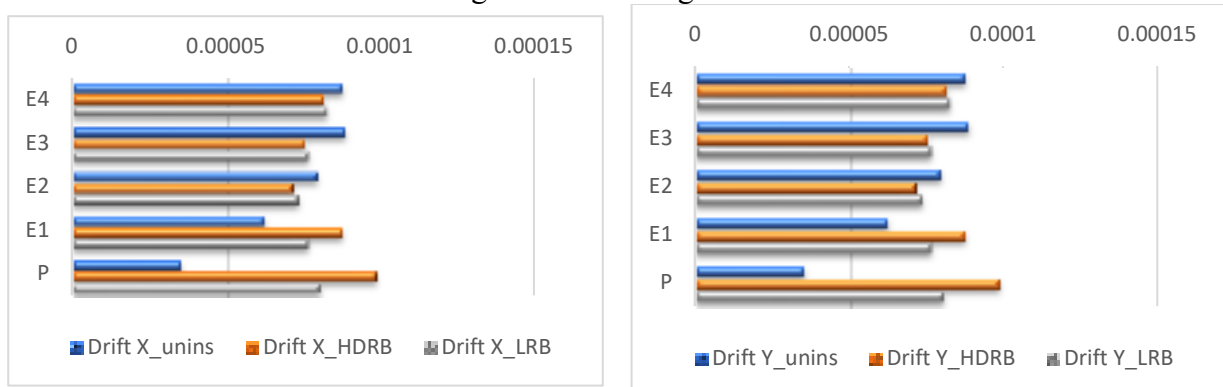


Figura 58 "Patrat 5"

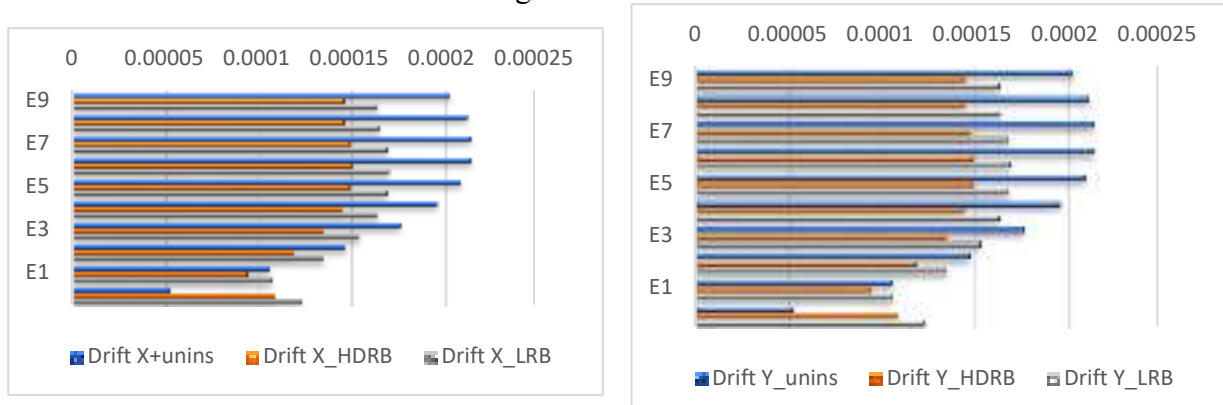


Figura 59 "Circular 10"

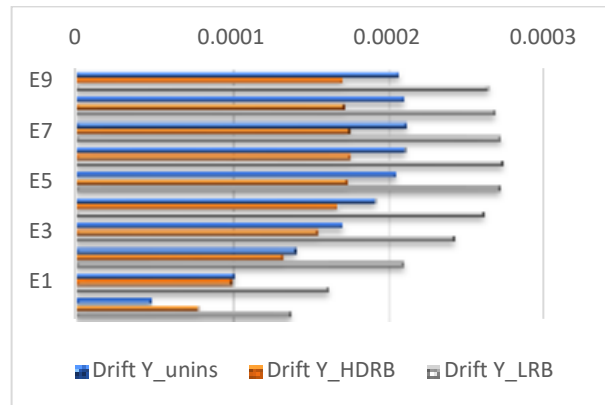
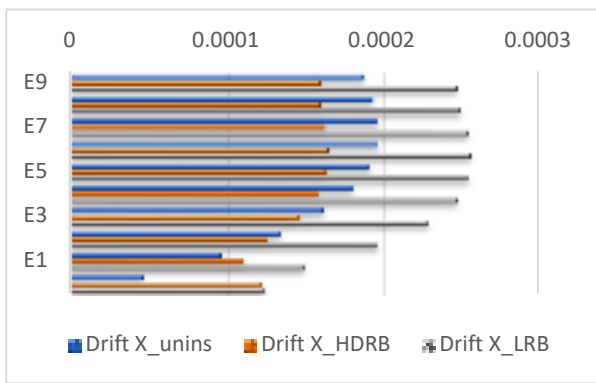


Figura 60 "Rectangular 10"

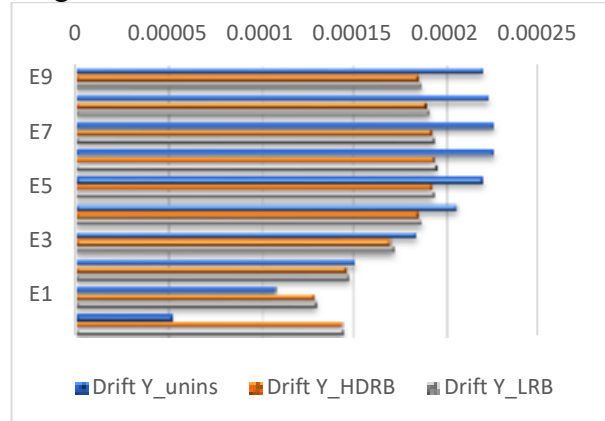
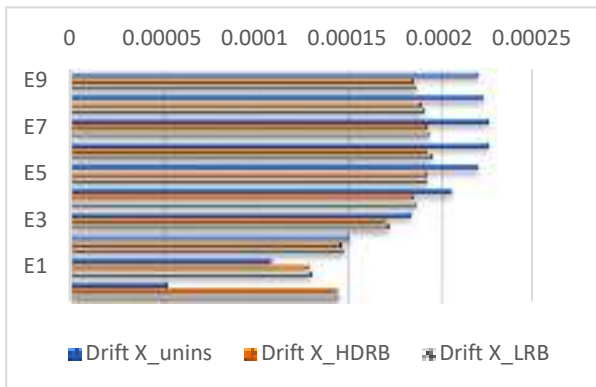


Figura 61 "Patrat 10"

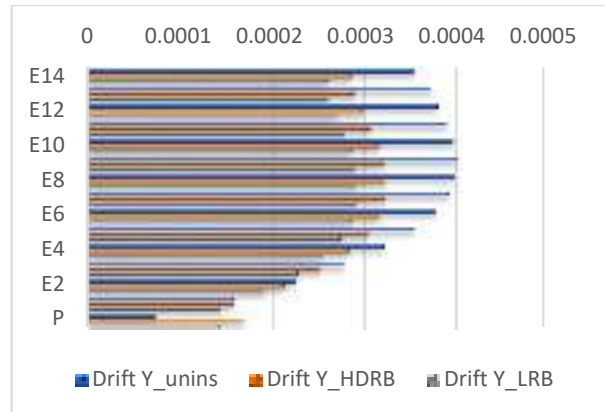
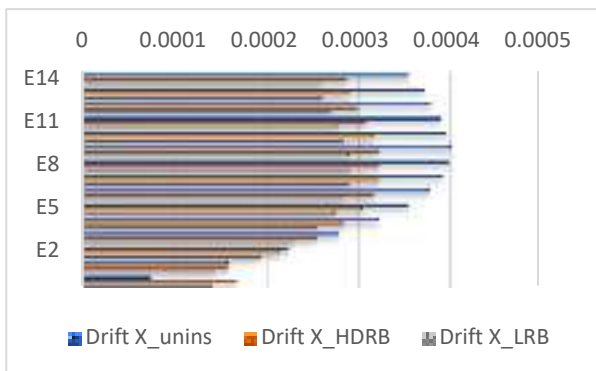


Figura 62 "Circular 15"

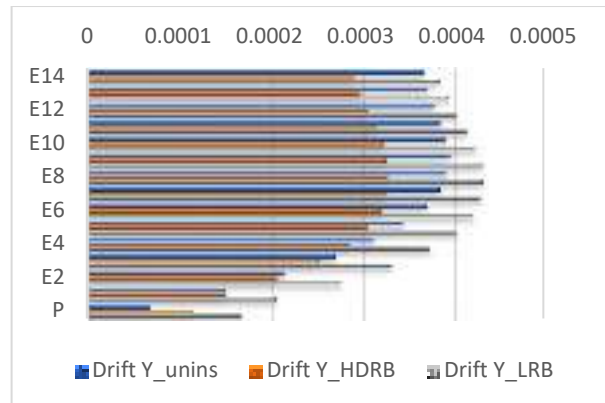
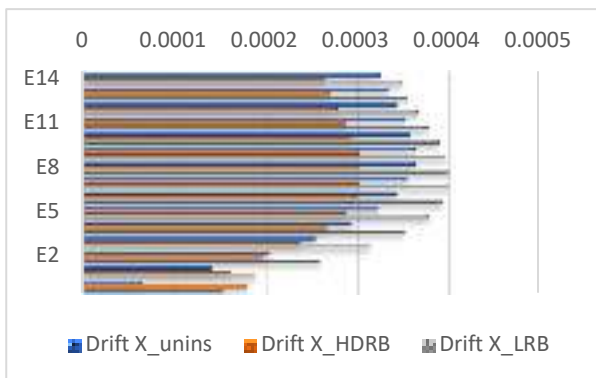


Figura 63 "Rectangular 15"

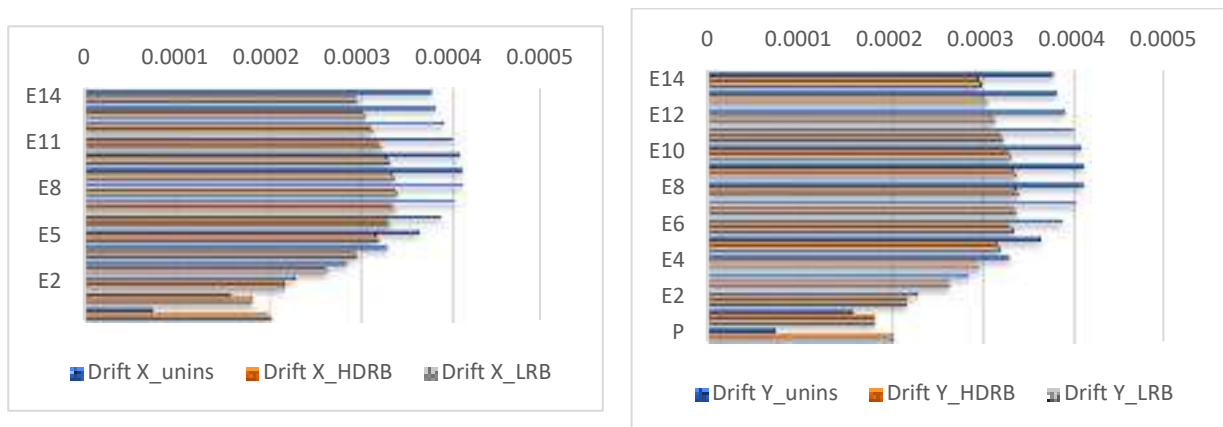


Figura 64 "Patrat 15"

S-au obtinut diverse eforturi structurale in elementele constitutive din b.a.:

Pereti structurali din b.a.

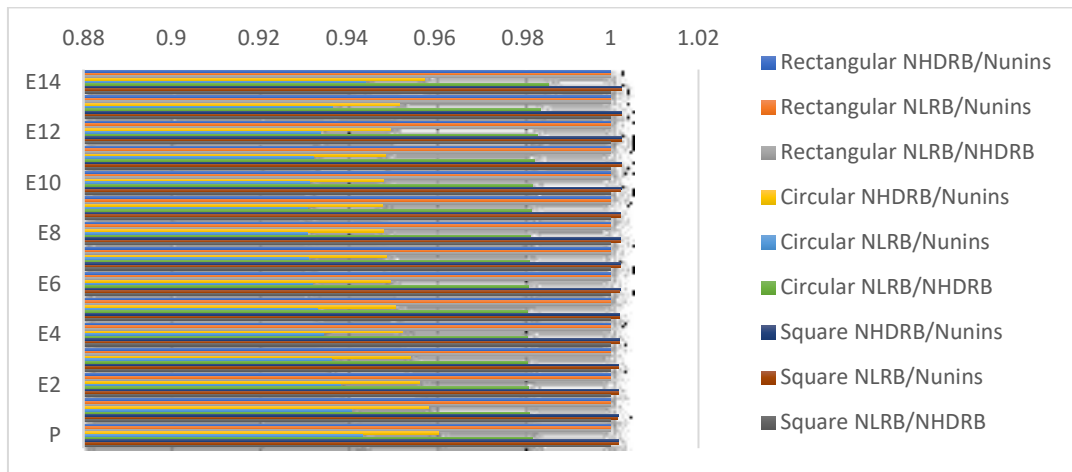


Figura 76 "Indicator forta axiala 15 niveluri"

Stalpi:

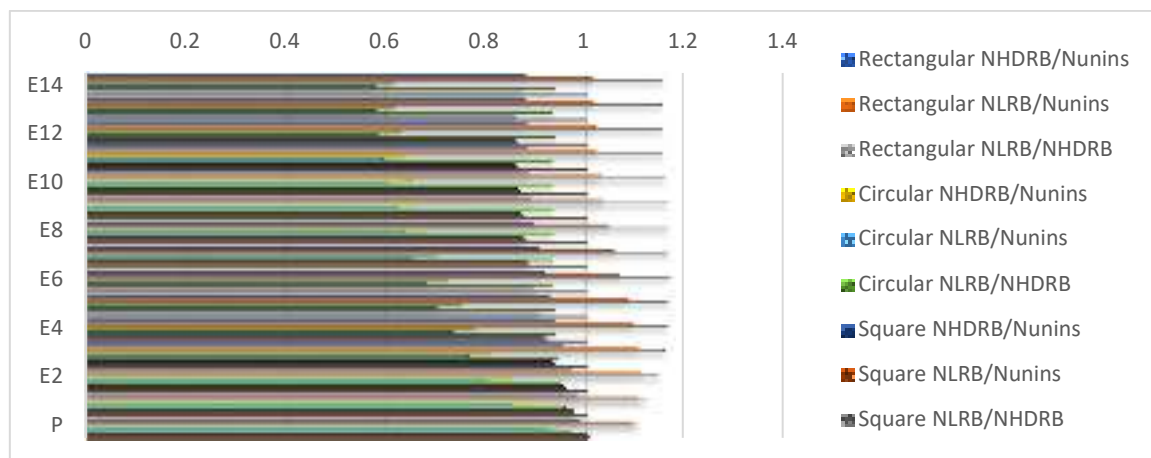


Figura 85 "Indicator forta axiala 15 niveluri"

Grinzi:

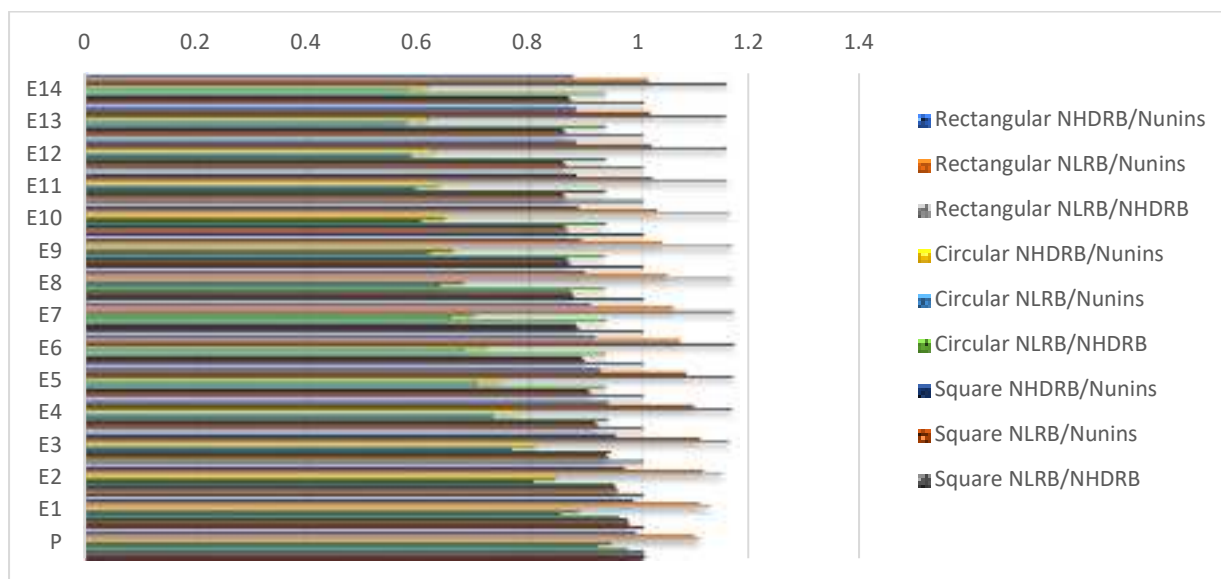


Figura 94 "Indicator 15 niveluri"

Eforturi efective in izolatori:

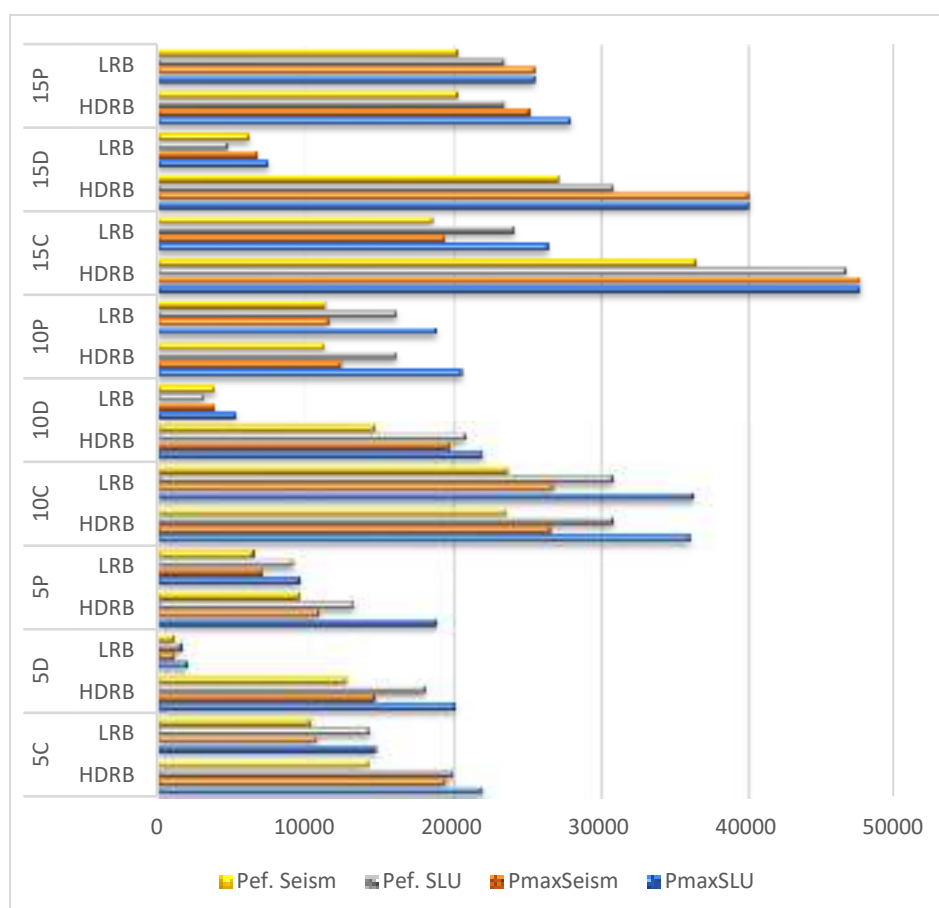


Figura 95 "Eforturi axiale in izolatori"

3 CONCLUZII

Din punctul de vedere al perioadelor fundamentale de vibrație:

- Pentru clădirile cu 5 niveluri, perioadele de vibrații fundamentale cresc de aproximativ 20 de ori în cazul utilizării izolatoarelor de tip HDRB, respectiv de 15 ori în cazul utilizării izolatoarelor de tip LRB;
- Pentru clădirile cu 10 niveluri, perioadele de vibrații fundamentale cresc de aproximativ 9 ori în cazul utilizării izolatoarelor de tip HDRB, respectiv de 7,4 ori în cazul utilizării izolatoarelor de tip LRB;
- Pentru clădirile cu 15 nivele, perioadele de vibrații fundamentale cresc de aproximativ 5,4 ori în cazul utilizării izolatoarelor de tip HDRB, respectiv de 4,7 ori în cazul utilizării izolatoarelor de tip LRB;

Concluzie - cu cât clădirile sunt mai rigide, cu atât este mai scurtă durata perioadelor de vibrații fundamentale prin utilizarea izolatorilor seismici.

Această concluzionează că arată ca sisteme de izolare de tip HDRB, indiferent de tipul de structură aleasă (zidărie, cadre din beton armat sau sisteme duale din beton armat), perioadele fundamentale de vibrație atunci când se utilizează izolatoare de tip LRB reprezintă aproximativ 80% din perioadele de vibrații fundamentale pentru utilizarea izolatoarelor seismice de tip HDRB (deci HDRB face structura cu 20% mai flexibilă decât LRB).

În ceea ce privește deplasările (inclusiv deplasările de bază izolate):

- Pentru clădirile cu 5 niveluri, drifturile cresc în cazul utilizării izolatorilor seismici de tip HDRB cu aproximativ 30% și cu 50% în cazul utilizării izolatorilor seismici de tip LRB;
- Pentru clădirile cu 10 niveluri, drifturile cresc în cazul utilizării izolatorilor seismici de tip HDRB cu aproximativ 2% și cu 20% în cazul utilizării izolatorilor seismici de tip LRB;
- Pentru clădirile cu 15 niveluri, drifturile scad în cazul utilizării izolatorilor seismici de tip HDRB cu aproximativ 2% și respectiv cresc cu 2% în cazul utilizării izolatorilor seismici de tip LRB;
- În cazul utilizării izolatoarelor seismice, cu cât clădirile au mai multe niveluri (cu atât sunt mai flexibile), deriva scade respectiv cu cât clădirile sunt mai rigide (niveluri mai puține) crește derivația. Se constată că izolatorii seismici de tip HDRB sunt mai eficienți în ceea ce privește deriva.
- La bază se constată că, în medie, deplasările cresc mai mult pentru clădirile care utilizează izolatori seismici de tip LRB comparativ cu HDRB.
- Pentru clădirile cu 5 nivele deplasările sunt în medie de aproximativ 30 cm, pentru clădirile cu 10 nivele sunt de 35 cm și pentru clădirile cu structură duală cu 15 nivele ating aproximativ 40 cm.

Din punctul de vedere al eforturilor secționale în elementele structurii:

• Pentru pereți

Levels	BENDING MOMENTS			SHEAR FORCES			AXIAL FORCES		
	HDRB/ Uns	LRB/ Uns	LRB/ HDRB	HDRB/ Uns	LRB/ Uns	LRB/ HDRB	HDRB/ Uns	LRB/ Uns	LRB/ HDRB
5	0.67	0.93	1.38	0.73	1.22	1.77	1.01	1.00	0.99
10	0.48	0.59	1.22	0.60	0.74	1.22	1.01	1.01	1.00
15	0.81	0.86	1.07	0.53	0.58	1.08	0.98	0.98	0.99

- Eforturile secționale, cum ar fi momentele de încovoiere și forțele de forfecare, la pereții RC, în cazul utilizării izolatorilor seismici, acestea sunt reduse la aproximativ 48-93% din eforturile corespunzătoare structurii neizolate;
- Eforturile secționale de tipul forței axiale rămân practic cu aceleași valori;
- Tensiunile secționale scad mai mult atunci când se utilizează izolatoare seismice de tip HDRB comparativ cu LRB.

Stalpi:

Levels	BENDING MOMENTS			SHEAR FORCES			AXIAL FORCES		
	HDRB/ Uns	LRB / Uns	LRB/ HDRB	HDRB/ Uns	HDRB/ Uns	LRB/ HDRB	HDRB/ Uns	LRB/ Uns	LRB/ HDRB
5	0.83	0.92	1.12	0.82	0.93	1.13	1.00	1.00	1.00
10	0.68	0.98	1.03	0.83	0.98	1.19	0.99	0.94	0.94
15	0.76	0.84	1.10	0.76	0.74	0.98	1.11	1.07	0.97

- Eforturile secționale ale momentelor de încovoiere și forțelor de forfecare, la coloanele RC, în cazul utilizării izolatorilor seismici, sunt reduse la aproximativ 68-98% din eforturile corespunzătoare structurii neizolate;
- Eforturile secționale de tipul forței axiale rămân practic cu aceleași valori;
- Tensiunile secționale scad mai mult atunci când se utilizează izolatoare seismice de tip HDRB comparativ cu LRB.

Grinzi:

Levels	BENDING MOMENTS			SHEAR FORCES			AXIAL FORCES		
	HDRB / Uns	LRB / Uns	LRB/ HDRB	HDRB/ Uns	HDRB/ Uns	LRB/ HDRB	HDRB/ Uns	LRB/ Uns	LRB/ HDRB
5	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
10	0.86	0.95	1.11	0.88	0.97	1.10	0.91	0.92	1.02
15	0.79	0.84	1.06	0.85	0.89	1.05	0.79	0.83	1.03

- Prin utilizarea izolatorilor seismici, eforturile de secțiune pe grinzi (momente de încovoiere pozitive și negative, precum și forțele de forfecare) scad doar pentru clădirile cu mai mult de 5 niveluri. Cu cât clădirea are mai multe niveluri, cu atât există o scădere din ce în ce mai mare (86-95% la 10 niveluri).
- De asemenea, se constată că (în sensul celor prezentate mai sus) eforturile scad mai mult în cazul utilizării izolatorilor seismici de tip HDRB decât a celor de tip LRB.

Având în vedere toate cele de mai sus, pentru clădirile proiectate cu structură duală RC, cu regim de înălțime mică și medie (până la 15 niveluri), se constată că izolatoarele seismice de tip HDRB sunt mai eficiente decât izolatoarele seismice de tip LRB.

CAPITOLUL 6 CONCLUZIE

6.1 Contribuții personale

Aceasta este doar o teză de doctorat și, după mai mult de aproape 100 de studii de caz, am luat în considerare, enumerat și prezentat câteva dintre răspunsurile și concluziile colectate pentru toate datele obținute și incluse în capitolele anterioare.

Prima mea concluzie este că toată lumea se pricepe la izolarea seismică a bazei, precum și la fotbal, dar foarte puțini specialiști în domeniu au încercat vreodată să facă calcule personale. Pentru a avea o concluzie serioasă și reprezentativă, trebuie rezolvate o mulțime de cazuri de studiu, iar concluzia apare de aici.

Conform principalelor obiective prezentate în capitolele a doua și după concluziile evidențiate pe fiecare capitol, aici în cele din urmă am prezentat câteva concluzii generale.

Au fost prezentate mai multe clădiri și construcții pentru care s-a aplicat principiul izolației bazei, atât la nivel internațional, cât și din România.

Ca idee personală, am considerat, pentru această teză, trei tipuri distincte de structuri pentru clădirile obișnuite:

- Structuri de zidărie - să poată avea informații despre posibile lucrări de consolidare, în special pentru clădiri istorice cu zidărie istorică sau ulterioară;
- Structuri din beton armat:
 - Numai cu cadre din beton armat;
 - Cu două subsisteme structurale (cadre din beton armat și pereți din beton armat).

Au fost luate în considerare diferite regimuri de înălțime, începând de la cele joase cu 1-2 nivele (pentru zidărie) și mergând mai departe la 5, 10 și 15 nivele (pentru structurile din beton armat). Desigur, oricine poate face cu ușurință (de acum înainte) calcule pentru diferite regimuri de înălțime, pentru diferite forme din plan și diferite tipuri de izolatori seismici.

Este sigur, de la adevăratul specialist în domeniu, că pentru clădirile joase - care sunt destul de rigide decât celelalte, derivatele cresc mai mult decât pentru celelalte.

De asemenea, pentru a observa fenomenele de cuplare între perioadele fundamentale de translație ale vibrației și torsiunii, au fost alese 3 tipuri de forme în plan (pătrat, dreptunghiular și circular).

În fiecare dintre studiile de caz modelate, aprofundate și analizate, s-au făcut comparații atât între modelul „inițial”, fără izolarea seismică a bazei, dar și pentru utilizarea a două tipuri de izolatori seismici de bază, tip LRB și HDRB (stabilit de la început).

Desigur, pot fi utilizați și alți izolați seismici de bază și pot fi efectuate nenumărate calcule, dar toate acestea vor începe de la principii similare cu cele prezentate în această teză.

Faptul că, în studiile de caz analizate, regimul de înălțime este cuprins de la câteva niveluri și urcă până la 15 (clădiri de înălțime mică până la înălțime mare), conferă concluziilor obținute și prezentate la sfârșitul fiecărui capitol, caracterul generalității. De aceea, în acest capitol sunt enumerate doar contribuțiile personale asumate și direcțiile principale ale studiilor viitoare.

În urma tuturor cazurilor analizate și prezentate, au fost stabilite concluzii generale, după cum urmează:

- Adoptarea sistemelor structurale în ideea izolării seismice a bazei implică:
 - Alegerea unui producător (deoarece toate calculele ulterioare se vor baza pe datele furnizate de fiecare producător, pentru izolatorii seismici de bază pe care i-au produs) - deci, spre deosebire de calculele actuale, cu metoda ierarhiilor de clasificare, în cazul utilizării izolatorilor seismici de bază, acceptarea unui producător este primordială;
 - Adoptarea tehnologiilor pentru realizarea tuturor elementelor structurale necesare, începând de la bază până la suprastructură (acceptând o deplasare maximă la bază capabilă de izolatori), dar și dispozitive pentru prevenirea mișcărilor superioare, trotuarelor și scărilor de acces care permit aceste mișcări în plan orizontal, conexiuni flexibile la apă, gaz, electricitate și alte rețele;
 - Concepte viitoare privind tehnologiile de înlocuire a timpului dispozitivelor de izolare seismică alese anterior, din cauza îmbătrânirii orelor suplimentare.
- S-au făcut comparații la nivel de perioade fundamentale de vibrații, deformări, dar și eforturi secționale (pentru coloane, pereți structurali și grinzi - precum și pentru forțe axiale, forțe de forfecare și momente de încovoiere) între sistemele structurale fără izolarea seismică a bazei, dar și pentru utilizarea izolatoarelor seismice de bază tip LRB și HDRB. Era clar și evident că din cele două sisteme de izolare inițiale alese (LRB și HDRB), tipul HDRB îndeplinește toate aspectele necesare pentru conceptul ales inițial de izolare seismică a bazei.
- Indiferent de surse, inspirate sau nu din întreaga lume (producători europeni, japonezi sau americani), problema realizării acestor sisteme structurale, dar și a întreținerii în timp este dificil de evaluat și, din acest motiv, principala concluzie a acestei teze, incluzând aspecte ale studiilor de caz existente, dar și ale celor efectuate, pe scurt, sunt următoarele:
 - Ca sistem structural alternativ, izolarea bazei seismice este unanim recunoscută, dar foarte puțin aleasă pentru aproape toți proiectanții;
 - Din cauza lipsei unanime de cunoștințe despre apariția sau reapariția cutremurelor în lume și indiferent de locație;
 - Datorită costurilor inițiale adiacente;
 - Datorită duratei de viață a sistemelor de izolare și a necesității de a le înlocui în timp.

Din acest motiv, se pot face studii suplimentare pentru sistemele structurale:

- Cu izolație seismică (nu numai pentru bază), ci și la alte câteva nivele (deoarece interfața dintre sol și structură nu este singura soluție a poziției de izolare seismică);
- Cu izolarea seismică a bazei, dar și cu măsuri suplimentare de atenuare verticală, precum și soluția de amortizoare sau TMD (amortizoare de masă de reglare);
- Sisteme structurale mixte.

Concluzia este că izolarea seismică a bazei poate fi o alternativă la proiectarea de noi structuri de rezistență sau la modernizarea clădirilor sau construcțiilor existente, doar că toate aceste alternative trebuie judecate în raport cu toate costurile care vor exista.

În urma tuturor cercetărilor, ideea este simplă, în ciuda crăpăturilor din teren: izolația seismică a bazei poate fi o alternativă pentru clădirile cu creștere mică, medie și înălțime în funcție de tipul clădirilor analizate și / sau dacă este vorba de clădiri existente sau noi. Pe scurt, totul se reduce la

costuri. Pentru clădirile de patrimoniu istoric, uneori cel mai bun sistem este acesta (dar în conformitate cu toate UNESCO, Iscarah și toate monumentele și codurile și pactele de patrimoniu.

6.2 Principalele direcții de studiu pentru viitor:

- Realizarea de studii de caz comparative, pentru clădiri existente cu cadru RC și structură duală, proiectate în conformitate cu codurile de tip P13-63; P13-70; P100-78; P100-82 și P100-92, în cazul alegerii soluției de izolare seismică a bazei;
- Efectuarea de studii comparative se referă la izolarea seismică a bazei unor secțiuni adiacente ale clădirilor existente cu structură duală.
- Evitarea coliziunilor între secțiuni folosind dispozitive speciale pentru atenuarea acestora sau prin cuplarea secțiunilor.
- Utilizarea diferitelor izolatoare pentru bază / substructură, dar și amortizoare pentru suprastructură.

Bibliografie

1. P100-1/2013 - Cod de Proiectare Seismica - Partea I - Prevederi de proiectare pentru clădiri, Bucuresti, 2013
2. Anil K. Chopra - Dynamics of Structures - Theory and Applications to Earthquake Engineering, New Jersey, 1995
3. Cristian Ghindea, Nicolai Țopa - Studiu de Caz Asupra unor Structuri cu Bază Izolată, 2007
4. Ahmed Elgamal, Michael Fraser - Seismic Isolation & Energy Dissipation Systems, 2004
5. Trevor H. Kelly - Base Isolation of Structures, Design Guidelines, 2001
6. Satish Nagarajaiah, Andrei M. Reinhorn, Michalakis C. Constantinou -Nonlinear Dynamic Analysis of 3D Base-Isolated Systems, 1991
7. Opreșoreanu V. V. – “Contribuții la aplicarea izolării bazei în proiectarea seismică din România”, 2012
8. A.B.M. Saiful Islam, Mohammed Jameel, Mohd Zamin Jumaat - Seismic Isolation in Buildings to be a Practical Reality: Behavior of Structure and Installation Technique, 2011
9. Michael D. Symans - Seismic Protective Systems, Seismic Isolation
10. M. Ala Saadeghvaziri, Maria Q. Feng - Experimental and Analytical Study of Base-Isolation for Electric Power Equipment
11. Wang Yen-Po - Fundamentals of Seismic Base Isolation, Taiwan
12. Sajal Kanti Deb - Seismic Base Isolation - An overview, India, 2004
13. Farzad Naeim, James M. Kelly - Design of Seismic Isolated Structures, From Theory to Practice, 1999
14. M. Garevsky, J. M. Kelly - Analysis of 3-d vibrations of the base isolated school building "Pestalozzi" by analytical and experimental approach
15. Iordăchescu A & E., Consolidarea clădirii “Victor Slăvescu” prin metoda izolării bazei. Revista AICPS Nr.2-3 , 2010
16. Algasism (2012) FRICTION PENDULUM ISOLATORS, Alga Brochure
17. Eurocode 2 - Design of concrete structures - Part 1-1: General rules and rules for Buildings
18. Eurocode 8 - Design of structures for earthquake resistance
19. <https://www.ibtimes.co.uk/2011-earthquake-tsunami-60-powerful-photos-disaster-that-hit-japan-five-years-ago-1548255#slideshow/1496941>
20. <https://www.revistaconstructiilor.eu/index.php/2007/11/09/consolidarea-cladirii-primariei-municipiului-bucuresti-prin-metoda-izolarii-bazei/>
21. <https://da.zf.ro/companii/constructii/strazile-pe-care-inca-se-afla-istoria-capitalei-harta-strazilor-din-bucuresti-cu-cele-mai-multe-cladiri-monument-istoric-galerie-foto-11046267/galerie-foto/?p=11>
22. <https://www.revistaconstructiilor.eu/index.php/2008/10/30/consolidarea-cladirilor-prin-metoda-izolarii-bazei/>
23. Andersen, L., Hausgaard Lyngs, J. (2009). Shortcomings of the Winkler Model in the Assessment of Sectioned Tunnels under Seismic Loading, DCE Technical Memorandum No. 10, Aalborg University.
24. Anderson, D.G., Richart, F.E. Jr. (1976). Effects of Straining on Shear Modulus of Clays, Journal of Geotechnical Engineering, Division ASCE, pp.1-27.
25. ASCE Standard 4-86 (1986). Seismic Analysis of Safety Related Nuclear Structures and Commentary on Standard for Seismic Analysis of Safety Related Nuclear Structures, Published by the American Society of Civil Engineers.
26. Bazavan Domnita – Efectele interactiunii seismice teren-structura la constructii partial ingropate si ingropate – Teza de doctorat – UTCB 2010

27. Bilotta, E., Lanzano, G., Gianpiero, R. et.al. (2007). Pseudostatic and Dynamic Analyses of Tunnels in Transversal and Longitudinal Directions, 4th International Conference on Earthquake Geotechnical Engineering, Thessaloniki, Greece.
28. Biswal, K., Bhattacharyya S. K., Sinha, K. (2003). Dynamic Characteristics of Liquid Filled Rectangular Tank with Baffles, IE (I) Journal, Vol 84, August.
29. Boncheva, H. (1977). Soil Amplification Factor of Surface Waves, Proceedings of the 6th World Conference on Earthquake Engineering, January, New Delhi.
30. Bozorgnia, Y., Bertero, V.V. (editors, 2004). Earthquake Engineering from Engineering Seismology to Performance-Based Engineering, CRC Press. C239–92 (1993). Îndrumător tehnic provizoriu pentru calculul terenului de fundare, al presiunii pământului pe lucrări de susținere și al stabilității taluzurilor și versanților la acțiuni seismice, Buletinul Construcțiilor, vol. 3/1993.
31. Chang, C.Y., Power, M.S., Mok, C.M., Tang, Y.K., Tang, H.T. (1990). Analysis of Dynamic Lateral Earth Pressures Recorded on Lotung Reactor Containment Model Structure, Proceedings, 4th U.S. National Conference on Earthquake Engineering, pp. 643-652, EERI.
32. Chen, W-F., Scawthorn, C. (editors, 2003). Earthquake Engineering Handbook, Vol.1, CRC Press.
33. Chopra, A.K. (2007). Dynamics of Structures. Theory and Applications to Earthquake Engineering, Pearson, Prentice Hall, NJ.
34. Das, B.M. (2004). Principles of Foundation Engineering, 2nd Edition, PWS–KENT Publishing Company, Boston.
35. Day, R.W. (2002). Geotechnical Earthquake Engineering Handbook, McGraw-Hill Handbooks.
36. Duke, C.M. (1960). Foundations and Earth Structures in Earthquakes, Proceedings of the Second World Conference on Earthquake Engineering, Vol.1, Tokyo and Kyoto, Japan, pp.435-455.
37. Electric Power Research Institute (1989). Proceedings: EPRI/NRC/TPC Workshop on Seismic Soil–Structure Interaction Analysis Techniques Using Data from Lotung, Taiwan, Report No.EPRI/NP-6154, March, Palo Alto, California.
38. Electric Power Research Institute (1991). Post – Earthquake Analysis and Data Correlations for the 1/4- Scale Containment Model of the Lotung Experiment, EPRI Publication No.EPRI/NP–7305SL, October, Palo Alto, California.
39. Erdey, C.K. (2007). Earthquake Engineering, Application to Design, John Wiley&Sons, Inc.
40. Ghiocel, D. (2004-2006). Comunicări personale.
41. Ghiocel, D.M. (1996). Seismic Motion Incoherency Effects on Dynamic Response, 7th ASCE EMD/STD Joint Specialty Conference on Probabilistic Mechanics and Structural Reliability, Worcester M.A.
42. Ghiocel, D.M. (1998). Uncertainties of Seismic Soil–Structure Interactions Analysis: Significance, Modeling and Examples, US-Japan Workshop on Soil–Structure Interaction, San Francisco.
43. Ghiocel, D.M. (1999). SUPER SASSI/PC: A Complete Dynamic Soil-Structure Interaction System on Personal Computers, Advanced Computational Software, INC. Pittsford, N.Y.
44. Hadjian, A. H., Tang, H.T. (1991). Soil Spring SSI Improvements Based on Test Correlation of the Lotung SSI Experiment – Horizontal Excitation, Proceedings of the 2nd International Conference on Recent Advances in Geotechnical Earthquake Engineering and Soil Dynamics, St. Louis, Missouri, March 11-15.
45. Haiano, K., Matsumoto, M., Tatsuoka, F., Koseki, J. (2001). Evaluation of Time-Dependent Deformation Properties of Sedimentary Soft Rock and Their Constitutive

- Modeling, Soils and Foundations, Japanese Geotechnical Society, Vol.41, No.2, 21-38, April 2001.
46. Hani M. (1992). Soil-Structure Interaction under Random Excitation, Ph.D. Thesis, I.C.B.
 47. Hardin, B.O., Black, W.L. (1969). Closure to Vibration Modulus of Normally Consolidated Clays, Proceedings ASCE: Journal of the Soil Mechanics and Foundations Division, Vol.95 (SM6), pp.1531–1537.
 48. Hardin, B.O., Drnevich, V.P. (1972). Shear Modulus and Damping in Soils: Design Equations and Curves, Proceedings of ASCE: Journal of the Soil Mechanics and Foundations Division, Vol. 98 (SM7), pp.667–692.
 49. Hirota, M., Sugimoto, M., Onimaru, S. (1992). Study on Dynamic Earth Pressure through Observation. Proceedings of 10th WCEE, Madrid, Spain.
 50. Idriss, I.M., Boulanger, R.W. (2008). Soil Liquefaction during Earthquakes, EERI Monograph, MNO-12.
 51. Iwasaki, T., Tatsuoka, F. (1977). Effects of Grain Size Dynamic Shear Modulus of Sands, Soils and Foundations, Vol. 17, No.3., pp.19-35.
 52. Iwasaki, T., Tatsuoka, F., Takagi, Y. (1978). Shear Moduli of Sands under Cyclic Torsional Loading, Soils and Foundations, Vol. 18, No. 1, pp. 39-56.
 53. Kausel, E. et al. (1978). The Spring Method for Embedded Foundation, Nuclear Engineering and Design, No.48, North Holland Publishing Company.
 54. Kokusho, T., et.al. (1982). Dynamic Properties of Soft Clay for Wide Strain Range, Soil Foundations, Vol.22, No.4, pp.1-18.
 55. Koyama, K., Kusano, N., Ueno, H., Kondoh, T. (1992). Dynamic Earth Pressure Acting on LNG in-Ground Storage Tank During Earthquakes, Proceedings of 10th World Conference on Earthquake Engineering, July, Madrid, Spain.
 56. Koyama, K., Watanabe, O., Kusano, N. (1988). Seismic Behavior of In-Ground LNG Storage Tanks During Semi-Long Period Ground Motion, Proceedings of 9th World Conference on Earthquake Engineering, August 2–9, Tokyo-Kyoto, Japan.
 57. Kusano, N., Koyama, K., Ueno, H., Kondoh, T. (1992). Dynamic Earth Pressure Acting on LNG In-Ground Storage Tank During Earthquakes, Proceedings of 10th World Conference on Earthquake Engineering, July, Madrid, Spain.
 58. Kramer, S.L. (1996). Geotechnical Earthquake Engineering, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ.
 59. Lee, K.L., Chan, K. (1972). Number of Equivalent Significant Cycles in Strong Motion Earthquakes, Proceedings of the International Conference on Microzonation for Safer Construction Research and Application, Vol. 2, October 30-November 3, Seattle, Wahington, pp.609-627.
 60. Lee, W.H.K., Kanamori, H., Jennings, P.C., Kisslinger, C. (editors, Part A: 2002. Part B: 2003). International Handbook of Earthquake & Engineering Seismology, Academic Press.
 61. Loganathan, N., Poulos, H.G., Xu, K.J. (2001). Ground and Pile-Group Responses Due to Tunneling, Soils and Foundations, Japanese Geotechnical Society, Vol.41, No.1, 57-67, February.
 62. Luco, J.E. (1974). Impedance Functions for a Rigid Foundation on a Layered Medium. Nuclear Engineering and Design, No.31 (2), pp.204-217, North Holland Publishing Company.
 63. Lysmer, J., Tabatabaie–Raissi, M., Tajirian, F, et al. (1981). SASSI, A System for Analysis of Soil–Structure Interaction, Report No.GT (2), pp.1-54, University of California at Berkeley.
 64. Lysmer, J., Udaka, T., Tsai, C.F., Seed, H.B. (1975). FLUSH a Computer Program for Approximate 3D Analysis of Soil-Structure Interaction Problems, Earthquake Engineering

- Research Center, Report no. EERC 75-30 November 1975, College of Engineering, University of California at Berkeley, California, U.S.A.
65. Lysmer, J., Udaka, T., Tsia, C.F., Seed, H.B. (1975). FLUSH—A Computer Program for Approximate 3D Analysis of Soil–Structure Interaction Problems, Report EERC No.75-30, pp.1-83, Earthquake Engineering Research Center, University of California at Berkeley.
 66. Marcuson III, W.F., Wahls, H.E. (1972). Time Effects on Dynamic Shear Modulus of Clays, *Journal of the Soil Mechanics and Foundations Division*, Vol.98, No.12, pp.1359-1373.
 67. Matsumoto, H., et.al. (1991). Earthquake Observation of Deeply Embedded Building Structure, *Proceedings of 6th Canadian Conference on Earthquake Engineering*, June, Toronto, Canada.
 68. Miller, C.A., Constantino, C. (1994). Seismic Induced Earth Pressures in Buried Vaults, *Natural Hazard Phenomena and Mitigation*, ASME, Vol.271, pp.3-11.
 69. Mononobe N, Matsuo H. (1929). On the Determination of Earth Pressures during Earthquakes, *Proceedings of World Engineering Conference*, Vol.9, Paper 388.
 70. Nadim, F., Whitman, R.V. (1984). Coupled Sliding and Tilting of Gravity Retaining Walls During Earthquakes, *Proceedings of the 8th World Conference on Earthquake Engineering*, Vol.3, San Francisco, pp.477-484.
 71. NIST GCR 12-917-21 - Soil-Structure Interaction for Building Structures - 2012
 72. Normativ P100-1-2006 (2006). Cod de proiectare seismică – Partea I – Prevederi de proiectare pentru clădiri, MTCT, București.
 73. Nuclear Regulatory Commission (1991). Proposed Staff Positions on Lateral Earth Pressures on Retaining Walls and Embedded Walls of Nuclear Power Plant Structures, Civil Engineering and Geoscience Branch, Division of Engineering of Nuclear Reactor Regulations.
 74. Ohtsuka, Y., Fukuoka, A., Akino, A., Ishida, K. (1996). Experimental Studies on Embedment Effects on Dynamic Soil-Structure Interaction, *Proceedings of 11th World Conference on Earthquake Engineering*, Acapulco, Mexico, Paper 59.
 75. Ohtsuka, Y., Fukuoka, A., Yanagisawa, E., Fukudome, H. (1992). Embedment Effects on Dynamic Soil-Structure Interaction, *Proceedings of 10th World Conference on Earthquake Engineering*, Madrid, Vol.3, pp.107-1712.
 76. Okabe, S. (1926). General Theory of Earth Pressure, *Journal, Japanese Society of Civil Engineers*, Vol. 12, No. 1, Tokyo.
 77. Onimaru, S., Sugimoto, M., Ohmiya, Y., Sugawara, Y., Ogihara, M. (1995). Study of Dynamic Earth Pressure Acting on a Deeply Embedded Structure, *Transactions of the 13th International Conference on Structural Mechanics in Reactor Technology*, Eschola de Engenharia – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Brasil.
 78. Ostadan, F., White, W.H. (1997). Lateral seismic Soil Pressure an Updated Approach, Bechtel technical grant report, Bechtel Corporation, San Francisco, California.
 79. Ostadan, F., White, W.H. (1998). Lateral seismic Soil Pressure – An Updated Approach, US–Japan SSI Workshop, September 22-23, USGS, Menlo Park, California.
 80. Prange, B. (1977). Parameters Affecting Damping Ratio, *Proceedings of dynamic Methods in Soil and Rock Mechanics*, Vol. 1, September, pp.61-78.
 81. Ramberg, W., Osgood, W. T. (1943). Description of Stress-Strain Curves by Three Parameters, Technical Note 902, National Advisory Committee of Aeronautics, Washington DC.
 82. Richards, R., Elms, D.G. (1979). Seismic behavior of gravity retaining walls, *Journal of Geotechnical Engineering Division*, ASCE 105 GT4, pp. 449–464.
 83. Romo M.P., Chen, J.H., Lysmer J., Seed, H.B. (1980). PLUSH—A Computer Program for

84. Probabilities Finite Element Analysis of Seismic Soil–Structure Interaction, Report EERC No.7701, Earthquake Engineering Research Center, University of California at Berkeley.
85. Sandi, H. (1979). Measures of ground motion, Proceedings of 2nd US National Conference on Earthquake Engineering, Stanford University, CA.
86. Sandi, H. (1983). Elemente de dinamica structurilor, Editura Tehnică, București.
87. Sandi, H. (2006-2008). Comunicări personale.
88. Sandi, H., Borgia, I.S., Stancu, M., Stancu, O., Vlad, I., Vlad, N. (2004). Influence of source mechanism versus that of local conditions upon content of ground motion, Proceedings of 13th World Conference on Earthquake Engineering, Vancouver.
89. Scott, R.F. (1973). Earthquake induced pressures on retaining walls, Proceedings of 5th World Conference on Earthquake Engineering, Vol.2, pp.1611-1620, Rome, Italy.
90. Seed, H.B., Idriss, I.M. (1970). Soil Module and Damping Factors for Dynamic response Analysis, Report EERC 70-10, University of California at Berkeley.
91. Seed, H.B., Idriss, I.M. (1983). Ground Motions and Soil Liquefaction during Earthquakes, Earthquake Engineering Research Institute, Oakland, California.
92. Seed, H.B., Schnabel, P., (1976). Soil and Geologic Effects on Site Response during Earthquakes, Seminar on Seismic Microzoning, June 1976, Thessaloniki – Greece.
93. Seed, H.B., Whitman, R.V. (1970). Design of Earth Retaining Structures for Dynamic Loads, State-of-the-art paper presented at the 1970 ASCE Specialty Conference on Lateral Stresses in the Ground and Design of Earth-Retaining Structures, June 22-24, Cornell University, Ithaca, New York.
94. Stoica, D. - Modelarea interactiunii teren-structura pentru cladiri – note de curs – UTCB 2013
95. Tsai, N.C. (1980). The Role of Radiation Damping in the Impedance Function Approach to Soil – Structure Interaction Analysis, Lawrence Livermore Laboratory, Livermore, California, UCRL-15232.
96. Valera, J.E., Donovan, N.C. (1977). Soil Liquefaction Procedures—A Review, Journal of Geotechnical Engineering, Division ASCE, Vol. 103, pp.607–625.
97. Veletsos, A. Younan, A.H. (1994). Dynamic Soil Pressure on Rigid Vertical Walls, Journal of Earthquake Engineering and Soil Dynamics, Vol. 23, Issue 3, pp.275 – 301.
98. Veletsos, A., Younan, A.H. (1994). Dynamic Modeling and Response of Soil–Wall Systems, Journal of Geotechnical Engineering, Vol. 120, No.12, December, pp.2155-2179.
99. Waas, G. (1972). Linear Two Dimensional Analysis of Soil Dynamics Problems in Semi – Infinite Layered Media, PhD Thesis, University of California at Berkeley.
100. Watakabe, M., et.al. (1992). Earthquake Observation of Deeply Embedded Building Structures, Proceedings of 10th WCEE, July, Madrid, Spain.
101. Wood, J.H. (1973). Earthquake-induced pressures on retaining walls, Report EERL 73-05, Earthquake Engineering Research Laboratory, California Institute of Technology, Pasadena
102. P100-1/2006 - Cod de Proiectare Seismica - Partea I - Prevederi de proiectare pentru cladiri, Bucuresti, 2006
103. Anil K. Chopra - Dynamics of Structures - Theory and Applications to Earthquake Engineering, New Jersey, 1995
104. Cristian Ghindea, Nicolai Topa - Studiu de Caz Asupra unor Structuri cu Baza Izolata, 2007
105. Ahmed Elgamal, Michael Fraser - Seismic Isolation & Energy Dissipation Systems, 2004
106. Trevor H. Kelly - Base Isolation of Structures, Design Guidelines, 2001
107. Satish Nagarajaiah, Andrei M. Reinhorn, Michalakis C. Constantinou -Nonlinear Dynamic Analysis of 3D Base-Isolated Systems, 1991

108. A.B.M. Saiful Islam, Mohammed Jameel, Mohd Zamin Jumaat - Seismic Isolation in Buildings to be a Practical Reality: Behavior of Structure and Installation Tehnique, 2011
109. Michael D. Symans - Seismic Protective Systems, Seismic Isolation
110. M. Ala Saadeghvaziri, Maria Q. Feng - Experimental and Analytical Study of Base-Isolation for Electric Power Equipment
111. Wang Yen-Po - Fundamentals of Seismic Base Isolation, Taiwan
112. Sajal Kanti Deb - Seismic Base Isolation - An overview, India, 2004
113. Farzad Naeim, James M. Kelly - Design of Seismic Isolated Structures, From Theory to Practic, 1999
114. "Dinamic of structures" – R.W.Clough, J. Prezien (1993)
115. "Application of tuned mass damper for vibration control of frame structures under seismic excitation" – Rasmi Mishra (2011)
116. "The effect of tuned-mass dampers on the seismic response of base-isolated structures" – Hsiang-Chuan Tsai (1993)
117. "Optimal design theories and applications of tuned mass dampers" - Chien-Liang Leea, Yung-Tsang Chen (2006)
118. D. Cretu; E. Tulei; C. Ghindea; R. Cruciat - Eficienta dispozitivelor pasive de control la reabilitarea seismica a unei cladiri din bucuresti
119. Tulei E., Cretu D., Ghindea C. (2008), Seismic rehabilitation of a reinforced concrete framed structure by the use of tuned mass dampers and viscous dampers, Proceedings of the International Conference Constructions 2008, 9-10 may 2008, Cluj-Napoca, Romania, Vol.1, p.283-290
120. Tulei E., Cretu D., Lungu D. (2009), Study on seismic upgrade of 5 storey reinforced concrete building by Tuned Mass Damper, Proceedings of the International Conference on Protection of Historical Buildings, Prohitech 09, Rome, Italy, 21-24 june 2009, Vol.1, p.563-568