

TEZĂ DE DOCTORAT

REZILIENȚA SEISMICĂ A CLĂDIRILOR INTERBELICE DIN ROMÂNIA

REZUMAT



DOCTORAND
Ing. **Liviu-Costin GRUIA**

CONDUCĂTOR ȘTIINȚIFIC
Profesor emerit **Ramiro A. SOFRONIE**
Catedra UNESCO #177
Doctor Honoris Causa al UTCB

București, 2022

Mulțumiri

Mulțumiri conducătorului științific prof. Ramiro Sofronie pentru îndrumare și pentru determinarea cu care m-a sprijinit în demersul de finalizare al tezei de doctorat. Îi mulțumesc, de asemenea, pentru că m-a motivat constant în momente dificile și pentru faptul că mi-a împărtășit din bogata experiență profesională și de viață a dumnealui.

Mulțumiri comisiei oficiale, formată din prof. Valentin Feodorov, prof. Marius Moșoarcă și conf. Daniel Stoica.

Mulțumesc foștilor mei colegi pentru că mi-au împărtășit din experiența lor și pentru că am avut ocazia să fiu implicat alături de ei în proiecte extraordinare.

Cu recunoștință și iubire, dedic această teză soției și familiei mele, care au fost alături de mine și m-au sprijinit și încurajat constant pe durata studiilor doctorale.

București, aprilie 2022

CUPRINS

CAPITOLUL 1. Introducere	2
CAPITOLUL 2. Obiectivele tezei	3
CAPITOLUL 3. Stadiul cunoașterii în domeniul propus al tezei	4
CAPITOLUL 5. Concepția de tratare a subiectului în teza de doctorat.....	5
CAPITOLUL 6. Interpretarea numerică a rezultatelor experimentale.....	9
CAPITOLUL 7. CLĂDIRI DE PATRIMONIU CULTURAL.....	32
Capitolul 8. CLĂDIRI DE PATRIMONIU ARHITECTONIC.....	32
Capitolul 9. CLĂDIRI DE BIROURI ȘI LOCUIT.....	32
Capitolul 10. Studiu de caz 1: BISERICA MĂNĂSTIREA CAȘIN DIN BUCUREȘTI.....	33
Capitolul 11. Studiu de caz 2: CLĂDIRE MONUMENTALĂ ÎN BUCUREȘTI.....	35
Capitolul 12. Studiu de caz 3: PALATUL MONUMENTAL BRAGADIRU	38
Capitolul 13. Studiu de caz 4: CLĂDIRE DE LOCUINȚE ÎN MUNICIPIUL BUCUREȘTI.....	39
Capitolul 14. Studiu de caz 5: CLĂDIRE MULTIETAJATĂ DE LOCUIT DIN BUCUREȘTI.....	43
Capitolul 15. Performanțe economice.....	45
Capitolul 16. Concluzie	46
Capitolul 17. Contribuții personale.....	46
Bibliografie	46
Glosar de termeni.....	47
Listă de abrevieri.....	47
Rezumat	47
Summary	47

CAPITOLUL 1. Introducere

1.1. Explicarea titlului, importanța subiectului

Teza se referă la zidărie de cărămidă plină din argilă arsă cu mortar de var curat. Această zidărie, cea mai veche și totodată zidăria originală, este non compozită. Principiul continuității geometrice al lui Saint Venant nu este valabil.

Zidăria originală se deosebește de toate celelalte tipuri de zidărie, simple sau armate. Zidăria cu mortar de var este singura capabilă, dintre toate zidăriile, de fenomenul de adaptare. În aceste condiții, ea satisface filosofia lui Aesop.



Fig. 1.1.1. Aesop

România interbelică era exportatoare de cereale și petrol. Dezvoltarea economică a dus la creșterea numărului clădirilor patrimoniale, monumentale, de locuințe colective, administrative și industriale.



Fig. 1.1.2. Palatul Regal din București

Scopul tezei este evaluarea, protejarea și punerea în valoare a acestora în contextul seismicității teritoriului național, mai ales pentru amplasamentele cu o seismicitate ridicată.

România este însă o țară cu seismicitate unică în Europa, diferită de Grecia, Italia, Turcia. Elementele sale de unicat sunt adâncimea subcrustală, durata și magnitudinea mare.

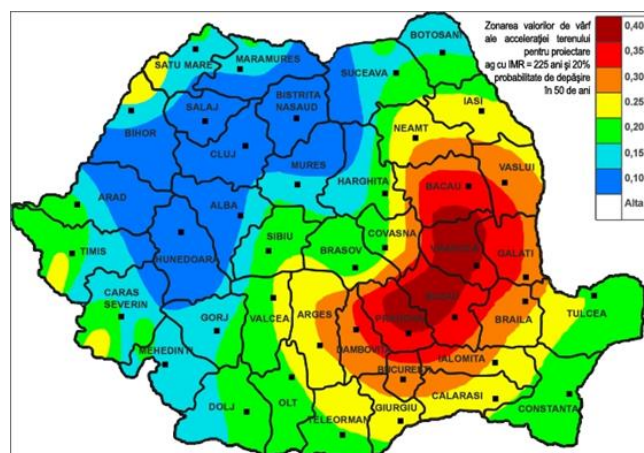


Fig. 1.2.1. Harta seismică a României în 2022

În prezent se discută, atât pe plan național cât și internațional, despre realizarea unor orașe, clădiri, sisteme, companii sau proceduri reziliente în cazul unor evenimente neprevăzute. Acesta este și cazul și rezilienței seismice a fondului patrimonial construit din perioada interbelică.

CAPITOLUL 2. Obiectivele tezei

Teza de doctorat are următoarele obiective:

1. Stadiul cunoașterii, atât a conceptului general de reziliență, cât și a rezilienței seismice;
2. Stadiul cunoașterii concepțiilor de calcul și alcătuire a construcțiilor interbelice din România;
3. Critica stadiului cunoașterii conceptului de reziliență;
4. Influența rezilienței seismice asupra zidăriei cu mortar de var specifică structurilor interbelice;
5. Diferențele dintre zidăria cu cărămidă plină și mortar de var și zidăria cu cărămidă ceramică având goluri verticale și mortar de ciment;
6. Interpretarea numerică a modelelor experimentale realizate pe zidărie cu mortar de var;
7. Identificarea tipurilor principale de structuri interbelice din România și a conceptelor filosofice care stau la baza acestora;
8. Determinarea experimentală a performanțelor zidăriei de var armate cu grile polimerice și confirmarea prin modele numerice comparative;
9. Determinarea rezilienței seismice a structurilor interbelice din zidărie de var pe studii de caz, cu propunere de soluții pentru creșterea rezilienței;
10. Performanțe economice prin studii comparative din perspectiva anului 2021.

CAPITOLUL 3. Stadiul cunoașterii în domeniul propus al tezei

3.1. Conceptul de reziliență în literatura de specialitate

Noțiunea de reziliență a fost formulată de Robert Hooke la Londra, în 1678. Mai târziu, în 1930, Timoșenko a definit-o și i-a dat o formă matematică.

Reziliența este cea mai mare cantitate de energie pe unitatea de volum care poate fi stocată într-o bară fără deformații permanente.

Am studiat peste 25 de definiții din literatura de specialitate. Nu există un consens despre înțelesul acestei noțiuni.

3.2. Concepțiile de calcul și alcătuire a clădirilor interbelice din România

Proiectarea clădirilor interbelice s-a limitat doar la acțiuni gravitaționale, iar principalele tipuri sunt clădiri cu pereți structurali de zidărie portantă și clădiri cu schelet de beton armat și zidărie înrămată.



Fig. 3.2.1. Clădiri cu pereți structurali de zidărie portantă



Fig. 3.2.2. Clădiri cu schelet de beton armat și zidărie înrămată

Zidăria este un material cu o vechime mare, simbolic de peste 10.000 ani, în timp ce betonul armat are o vechime de sub 150 de ani.

CAPITOLUL 4. Critica stadiului cunoașterii

4.1. Conceptul de reziliență

Codurile românești de proiectare prevăd cerințe de protecție seismică, dar nu amintesc de reziliență. Am adoptat definiția publicată în Journal of Geological Resource

and Engineering 7 (2019) 132-139, New York, cu titlul “On the seismic resilience”. Ideea de fond a articolului este asimilarea rezilienței cu fiabilitatea.

$$R_{res} = R_{rel}$$

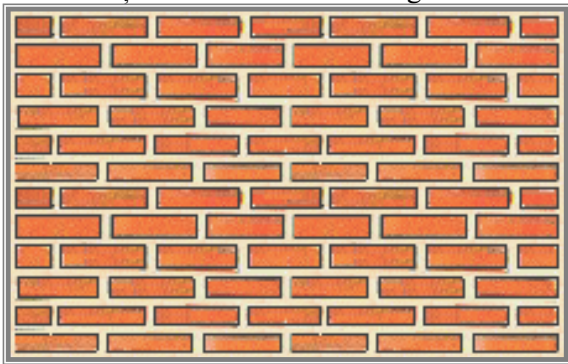
Reziliența seismică este capacitatea probabilă de autoapărare a clădirilor expuse cutremurelor de pământ.

Conceptul de reziliență a fost preluat și utilizat în numeroase domenii de activitate. În acest capitol au fost stabilite criteriile de evaluare a definițiilor acesteia. Nu există o idee unitară.

CAPITOLUL 5. Concepția de tratare a subiectului în teza de doctorat

5.1. Tipuri de zidărie

Zidăria cu cărămidă plină și mortar de var numită și zidăria istorică sau originală



- Vechime de peste 10.000 ani;
- Adaptabil, ductil, cu rosturi verticale libere, non-compozit, țesere plin pe rost

Zidăria cu cărămidă cu goluri și mortar de ciment, sau “Mascrete”, ca un acronim de la concrete



- Apărut în SUA în 1871 și 1906;
- Monolit, casant, fără rosturi verticale, compozit

5.2. Cele trei tipuri cunoscute de armare

Deși termenul folosit este de “armare”, trebuie făcută o distincție clară între modul de conlucrare binecunoscut al betonului cu armătura de oțel și modul de conlucrare al grilelor polimerice cu stratul suport și cu mortarul de var. [53] Astfel, există 3 tipuri distincte de armare:

- 1867, Paris – Joseph Monier, betonul armat la care conlucrarea dintre beton și armătură se explică prin efectul de menghină. Acesta este bazat pe frecare și /sau forfecare cu eforturi unitare de tip τ (MPa);

- II. 1962, Londra – Henry Vidal, armarea pământului granular și necoeziv, care se face pe baza ancorării armăturii la eforturi normale de tip σ (MPa), de întindere;
- III. 1995, București - Brevetul românesc pentru armarea zidăriei de cărămidă plină cu mortar de var cu grile polimerice, cu uniformizarea eforturilor în jurul imperfecțiunilor geometrice.

5.3. Conceptul de dislocație al lui Landau, laureat cu Nobel în 1962

Armarea cu grile polimerice se bazează pe observația că rosturile verticale ale zidăriei cu grile polimerice constituie imperfecțiuni geometrice care cauzează concentrări locale de eforturi unitare, conform teoriei lui Landau. Concentrările de eforturi rezultate în jurul imperfecțiunilor geometrice precum rosturile verticale pot fi redistribuite în masa zidăriei, către zone cu eforturi mai reduse, utilizând grile polimerice. Grila preia eforturile din zidărie și le redistribuie în mod uniform în masa zidăriei, cu ajutorul mortarului. [4] Grilele polimerice și zidăria lucrează independent una de alta.

La zidărie se aplică principiul de “plin pe rost”. De asemenea, rosturile verticale sunt în general echidistante iar acoperirea rosturilor verticale se face simetric.

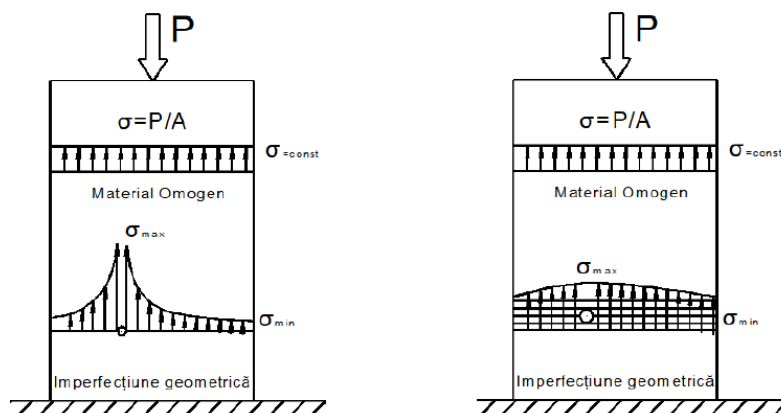


Fig. 5.3.1. Atenuarea eforturilor cu ajutorul grilelor [47]

5.4. Cercetări experimentale de comportare seismică a zidăriei istorice în Italia

5.4.1. Date generale

Se prezintă un model 3D, fără nicio axă de simetrie, din zidărie de cărămidă plină presată și mortar de var, realizat la scară naturală și armat în rosturi cu grile polimerice

RG20. Planșeul de deasupra este realizat din lemn și are doar rol de acoperire sau închidere. Modelul a fost executat manual, cu mortar M2 conform EC6, care corespunde mortarului românesc de var-ciment M10. [47].

În prima fază, modelul nu a fost tencuit nici pe interior, nici pe exterior. S-a folosit armarea în rosturi orizontale cu grile polimerice. În a doua fază, același model a fost reparat și cămășuit cu grile polimerice, apoi tencuit cu același mortar M10. Încercările la care au fost supuse au avut ca model cutremurul din Vrancea din 1977, pe direcția N-S, amplificată de 1, 2, până la 8 ori, astfel că fiecare încercare a modelului a durat până la 3 ore. [47]

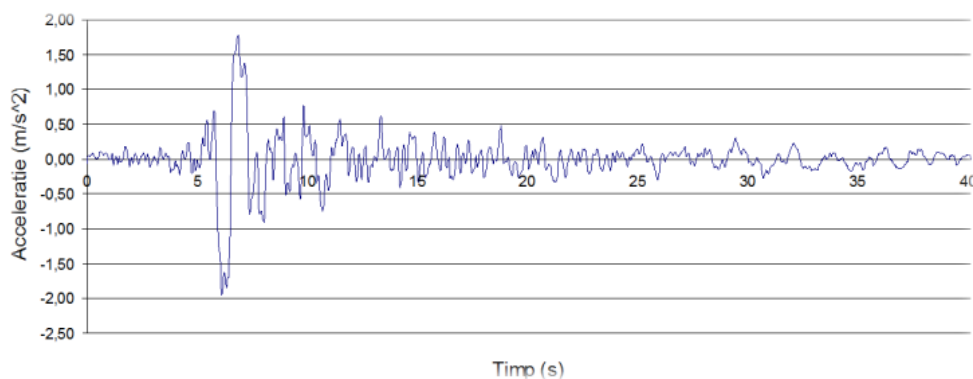


Fig. 5.4.1. Accelerograma Vrancea 77 componenta N-S [47]

5.4.2. Model 3D clădire patrimonială din zidărie de cărămidă plină cu mortar de var în varianta neconfinat – iulie 2001

Modelul 3D de clădire patrimonială a fost realizat din zidărie de cărămidă plină cu mortar de var. Dimensiunile în plan ale modelului fost de 2,78x2,17 m iar înălțimea de 2,9 m. Grosimea pereților a fost de 23 cm iar dimensiunile cărămizilor sunt de 230x105x60 mm. Pe doi pereți opuși au fost executate câte două goluri pentru ferestre în arce semicirculare. Masa modelului a fost de 7.2t iar cadrul metalic a avut de asemenea 2 t. [47]



Fig. 5.4.1. Înainte de încercarea pe masa seismică [47]



Fig. 5.4.2. După încercarea pe masa seismică [47]

5.4.3. Model 3D clădire patrimonială din zidărie de cărămidă plină cu mortar de var în varianta confinat cu grile polimerice – noiembrie 2001

Modelul de clădire patrimonială din zidărie de cărămidă plină cu mortar de var a fost, ulterior testului, reparat și consolidat prin cămășuire cu grile polimerice și tencuire cu același mortar.



Fig. 5.4.3. Înainte de încercarea pe masa seismică [47]

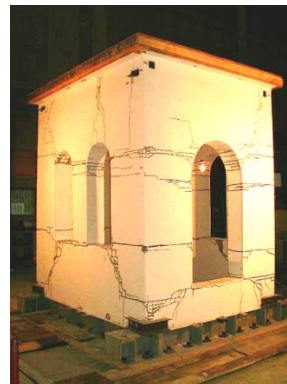


Fig. 5.4.4. După încercarea pe masa seismică [47]

Din punctul de vedere al degradărilor, s-au dezvoltat fisuri la 45 de grade la colțurile golurilor, precum și efecte locale cauzate de rezemare. Totuși, modelul și-a păstrat integritatea. Ulterior, s-a constatat faptul că armătura a cedat, însă cărămizile au rămas intacte. Acest mecanism are efecte pozitive, demonstrând faptul că în cazul zidăriilor cu cărămidă plină, cămășuirea cu grile polimerice este un proces reversibil. [47]



Fig. 5.4.5. Modelul cu cărămidă plină – cărămida a rămas intactă iar armătura a cedat [47]



Fig. 5.4.6. Modelul cu cărămidă cu goluri – cărămida s-a degradat iar grilele au rămas intacte [47]

5.5. Exigențele codurilor de proiectare din 2021

Codurile seismice care stau la baza investigării și consolidării clădirilor existente, inclusiv cele de patrimoniu, în anul 2021, sunt P100-3/2019, P100-1/2013 și CR-6/2012. Din păcate, noțiunea de reziliență seismică nu este nici măcar amintită în codurile

menționate mai sus, un argument în plus pentru ca această noțiune să fie definită clar și concis.

Principiile esențiale în conservarea monumentelor istorice sunt enunțate în documentele emise de Convenția de la Veneția din anul 1964 și în Recomandările ISCARSAH de la Paris din anul 2001. Principalele principii enunțate sunt reversibilitatea soluțiilor de consolidare adoptate, precum și evitarea asocierii dintre zidăria de var și beton armat. **Armarea zidăriei de cărămidă cu grile polimerice satisface atât cerințele Cartei de la Veneția din 1964 cât și Recomandările ICOMOS din 2001 de la Paris.**

CAPITOLUL 6. Interpretarea numerică a rezultatelor experimentale

6.1. Interpretarea numerică a cercetărilor experimentale utilizând programul SAP2000

În teza de doctorat s-a efectuat interpretarea numerică a rezultatelor obținute în cadrul experimentului de la ISMES. Cu scopul evidențierii eficienței soluției de cămășuire cu grile polimerice s-au utilizat programele SAP2000 și DIANA FEA.

6.1.1. Modelarea numerică cu programul SAP2000

Modelul numeric a fost realizat utilizând elemente de tip solid, având opt noduri și șase fețe.

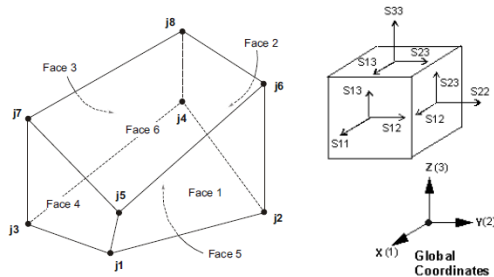


Fig. 6.1.1. Element tip solid, evidentiarea axelor locale [55]

În prima variantă a fost cea în care armarea cu grile polimerice s-a realizat doar în rosturile orizontale, iar cea de-a doua, în care s-a realizat confinarea acestuia prin cămășuire cu grile polimerice și mortar de var.

6.1.2. Determinarea caracteristicilor dinamice și a driftului

Pentru determinarea caracteristicilor dinamice, s-a realizat un model suplimentar cu scopul de a servi drept etalon, fără contribuția vreunui tip de armare. Cel de-al doilea model numeric a fost armat cu grile polimerice introduse în rosturile orizontale. Cel de-al treilea, suplimentar armării cu grile polimerice în rosturile orizontale, a fost cămășuit cu grile polimerice biaxiale RG20 și mortar de var-ciment, în strat cu o grosime aproximativă de 2,5 cm.

6.1.3. Considerații referitoare la caracteristicile dinamice și drift

Influența soluției de armare cu grile polimerice asupra rigidității de ansamblu a sistemului structural este minoră. Deoarece proprietățile dinamice sunt modificate nesemnificativ, nu este influențată caracteristica de adaptabilitate a zidăriei cu cărămidă plină și mortar de var.

6.1.4. Determinarea diagramelor stărilor de eforturi pentru modelul cu armarea în rosturi și modelul confinat

S-au determinat, diagramele de eforturi pentru modelul armat în rosturi și modelul confinat. Diagramele au fost prezentate comparativ pentru a evidenția efectul confinării cu grile polimerice. S-a urmărit preponderent tendința confinării cu grile polimerice și mortar de var de a prelua vârfurile de eforturi și a le redistribui către zone cu solicitări mai reduse.

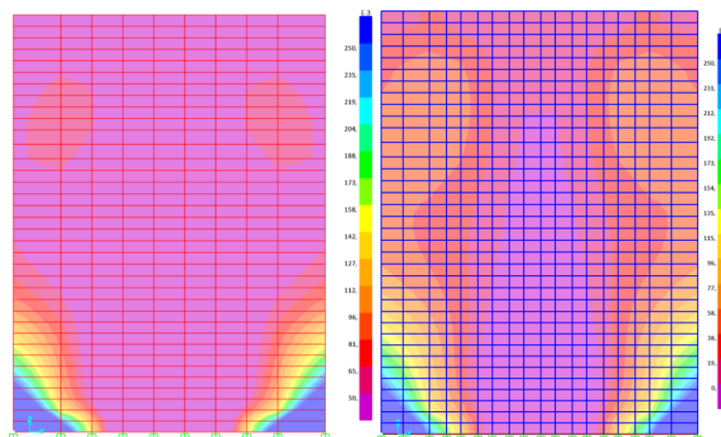


Fig. 6.1.4.1. Tensiunea normală perete plin S33(kPa) model 2 armat în rosturi (stânga) și model 3 confinat (dreapta)

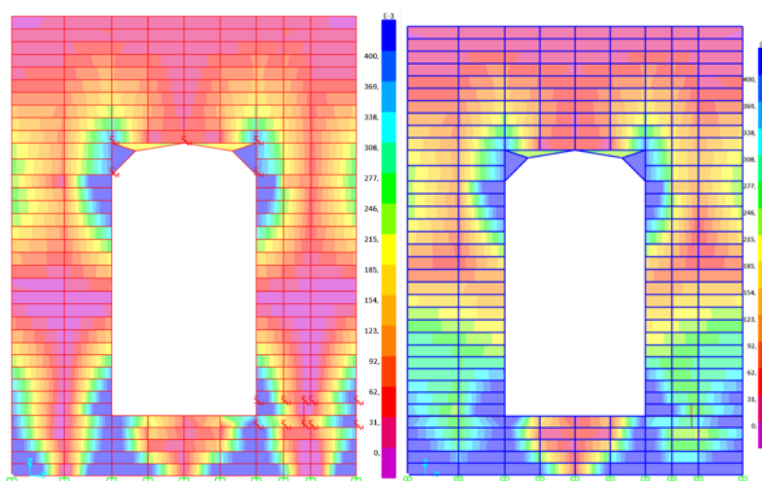


Fig. 6.1.4.2. Tensiunea normală perete cu gol de ușă S33(kPa) model 2 armat în rosturi (stânga) și model 3 confinat (dreapta)

6.1.5. Considerații referitoare la diagramele stărilor de eforturi prezentate comparativ

Din punctul de vedere al diagramei de eforturi, se poate observa faptul că grilele polimerice contribuie la disiparea eforturilor concentrate. Astfel, vârfurile de eforturi care apar sunt transmise cu ajutorul acestui sistem către o suprafață de perete mult mai mare, contribuind la uniformizarea acestora.

6.1.6. Determinarea diagramei energiei potențiale

S-au realizat trei modele numerice. Primul model numeric, folosit drept etalon, nu a fost armat. Cel de-al doilea model numeric (modelul 2) a fost armat cu grile polimerice introduse în rosturile orizontale. Cel de-al treilea, (modelul 3), suplimentar armării cu grile polimerice în rosturile orizontale, a fost cămășuit cu grile polimerice biaxiale RG20 și mortar de var-ciment, în strat cu o grosime aproximativă de 2,5 cm.

Pentru fiecare din cele trei modele, s-a realizat diagrama lucrului mecanic virtual determinat de forța seismică orizontală.

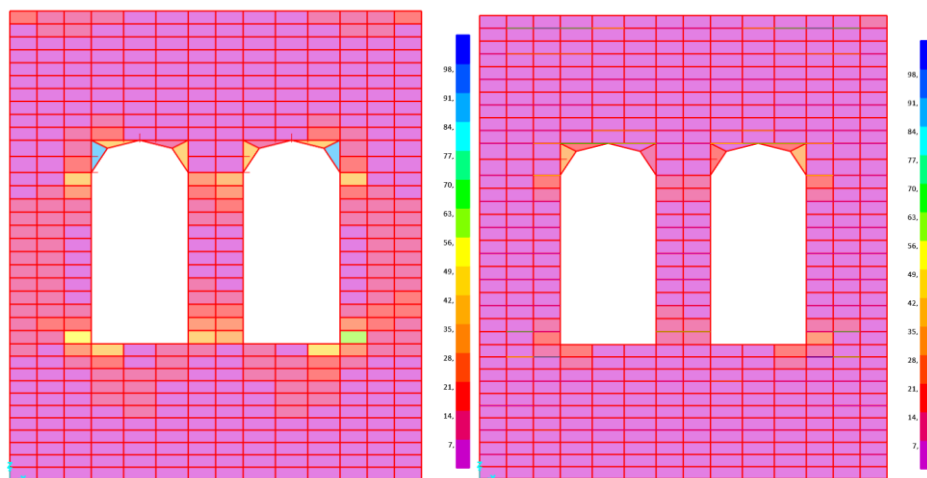


Fig. 6.1.6.1. Diagramele comparative ale energiei potențiale de deformare pentru modelul 1, (foto stânga) și modelul 2 (foto dreapta), pentru peretele cu goluri de fereastră

6.1.7. Considerații referitoare la diagramele energiilor potențiale de deformare prezentate comparativ

Se poate observa cu ușurință faptul că în cazul modelului nearmat (modelul 1), lucrul mecanic virtual realizat de forța seismică este preluat de elementele de zidărie plină. Pentru cele două modele armate (model 2, model 3) se poate observa că lucrul mecanic realizat de forța seismică este preluat fie de grilele polimerice incluse în rosturile orizontale, fie de grilele polimerice împreună cu cămășuiala. Așadar, deformările sunt preluate de cămășuiala cu grile polimerice.

6.1.8. Considerații finale

Pentru modelele realizate inițial, s-au realizat evaluări ale rigidității, diagrame de eforturi, diagramele de lucru mecanic virtual. Cele două modele pentru care s-a utilizat armarea cu grile, fie că este vorba despre armarea în rosturi, fie că este vorba despre modelul confinat, au fost comparate cu modelul cu zidărie simplă, nearmată.

Cămășuiala cu grile polimerice este un instrument foarte eficient de consolidare a structurilor. Sistemul este perfect compatibil cu natura și modul de lucru al zidăriei cu mortar de var, potențându-i acesteia calitățile și atenuând punctele slabe. Având în vedere argumentul anterior, se poate spune că armarea cu grile polimerice este o soluție foarte bună de sporire a rezilienței seismice a structurilor interbelice realizate cu zidărie de var.

6.2. Interpretarea numerică a cercetărilor experimentale utilizând programul DIANA FEA

S-a realizat modelarea numerică în programul de element finit DIANA FEA, specializat printre altele pe calculul structurilor din zidărie. Calculul s-a făcut pentru cele două variante, una în care modelul este armat în rosturi cu grile polimerice, iar cealaltă, în care modelul este cămășuit cu grile polimerice.

6.2.1. Calculul neliniar realizat în DIANA FEA pentru cele două modele

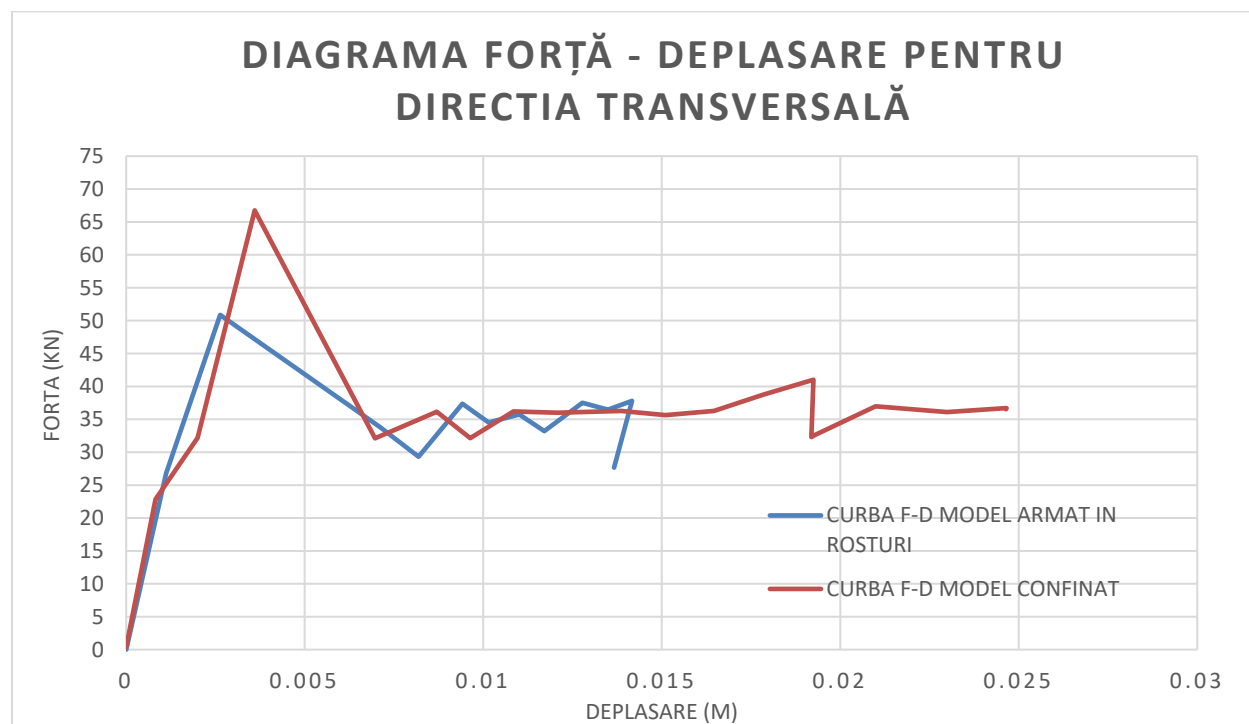


Fig. 6.2.1.1. Graficul comparativ al diagramei forță-deplasare pentru direcția transversală

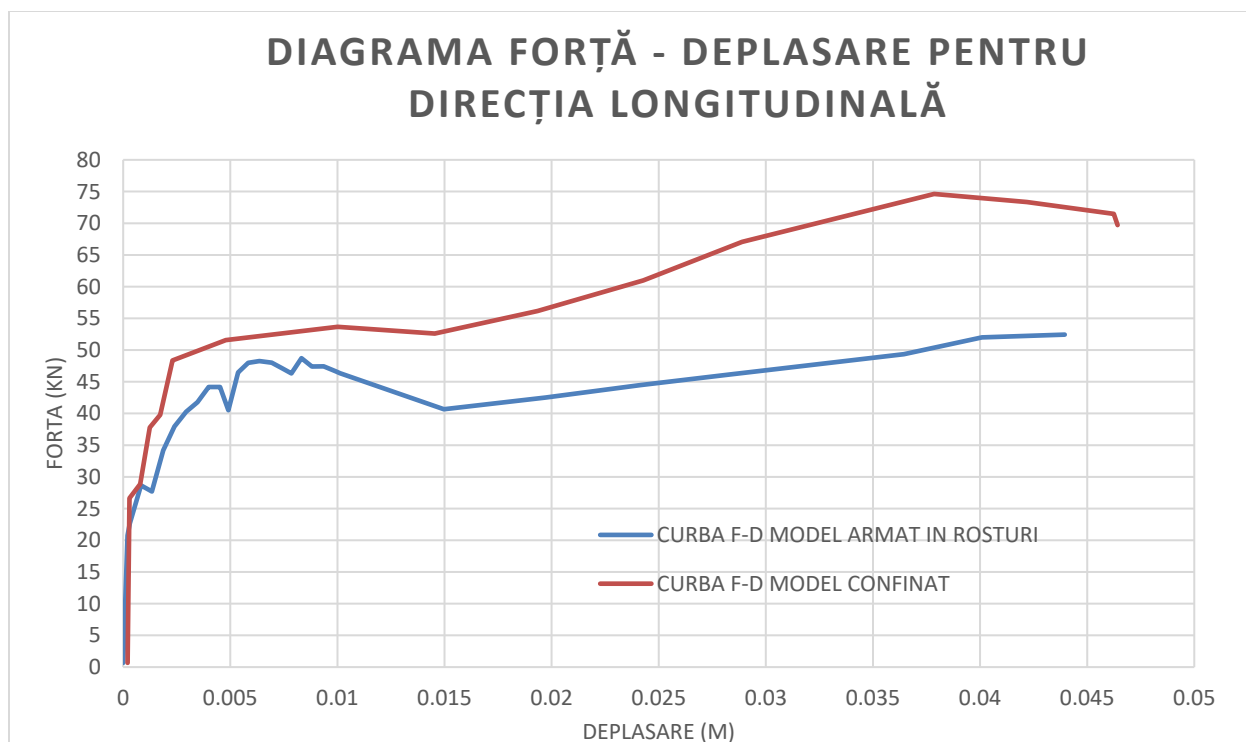


Fig. 6.2.1.2. Graficul comparativ al diagramei forță-deplasare pentru direcția longitudinală

6.2.2. Comentarii pe baza curbelor biografice

Analiza graficelor comparative ale curbelor forță-deplasare pentru ambele direcții principale ale structurii conduce către următoarele rezultate:

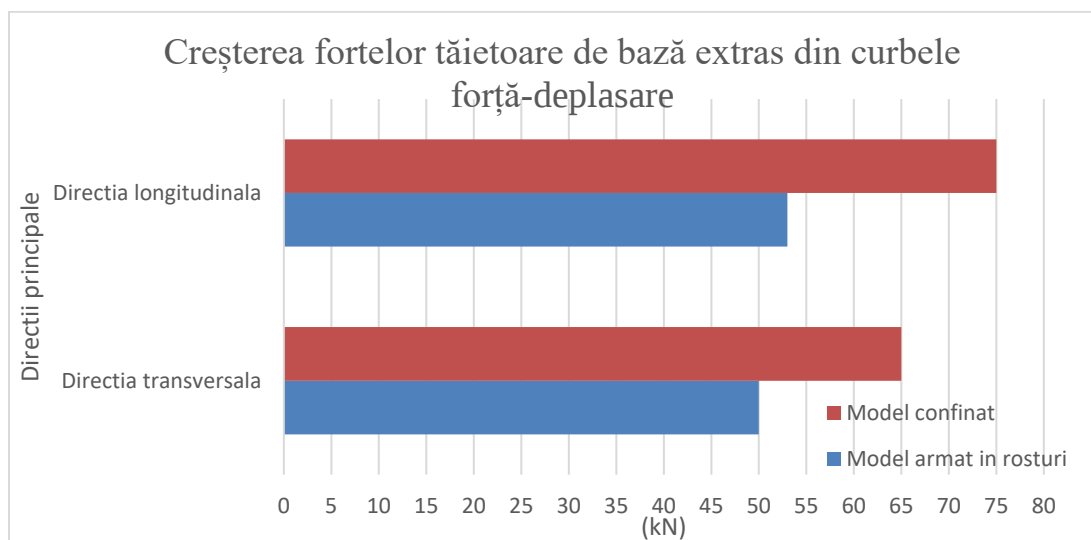


Fig. 6.2.2.1. Graficul comparativ al forței tăietoare de bază pe ambele direcții

Forța tăietoare de bază maximă este crescută de armarea cu grile polimerice de la 50 kN la 65 kN în cazul direcției transversale și de la 53 kN la 75 kN pentru direcția longitudinală;

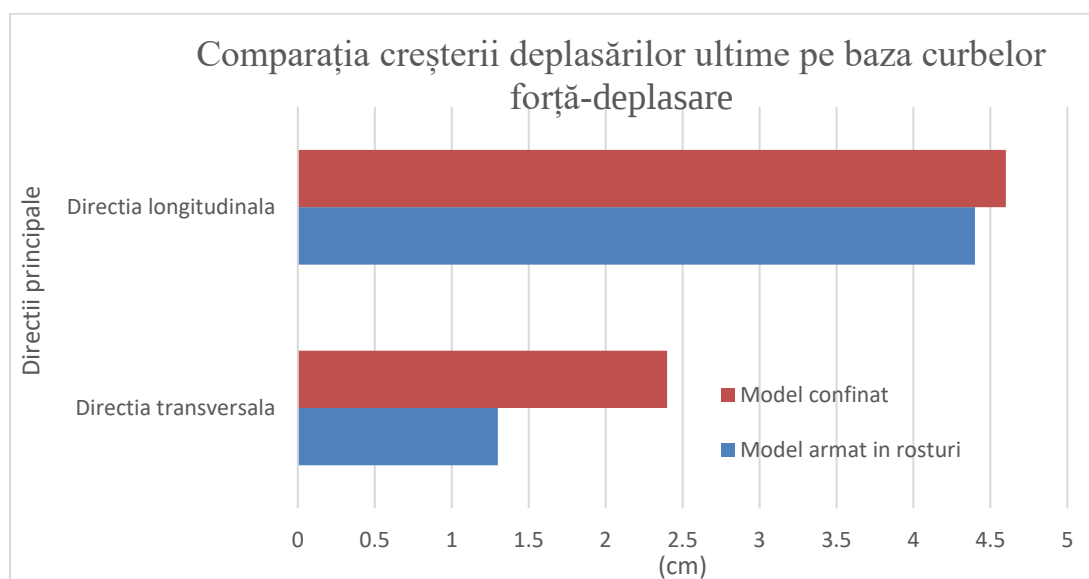


Fig. 6.2.2.2. Graficul comparativ al deplasărilor ultime pentru ambele direcții

Pe baza curbelor forță-deplasare, s-a realizat calculul energiei de deformare aferente mecanismului de plastificare al structurii.

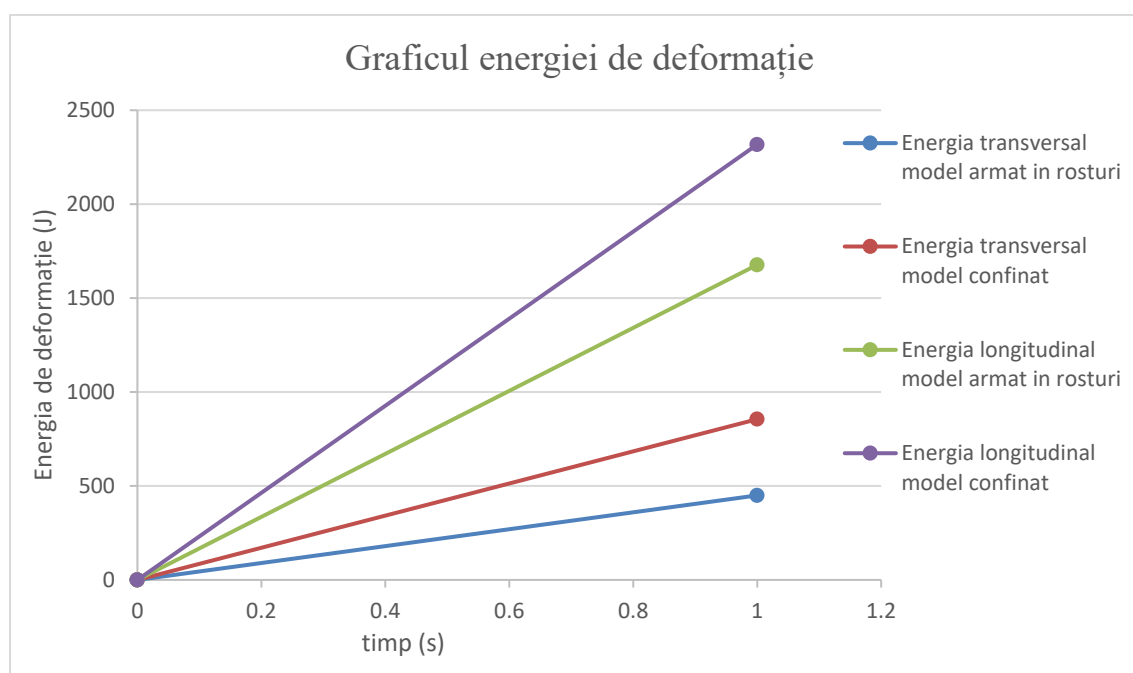


Fig. 6.2.2.3. Graficul comparativ al energiei de deformare

Conform graficului 6.2.2.3., zidăria confinată cu grile polimerice duce la o creștere de **90,24%** pentru direcția transversală și **38,18%** pentru direcția longitudinală a energiei de deformăție aferente mecanismului de plastificare al structurii.

6.3. Studiul parametric al sporirii rezilienței seismice prin soluția de cămășuire cu grile polimerice

6.3.1. Date generale și determinarea modurilor proprii

Interpretarea numerică a experimentului de la ISMES admite modelul ca fiind valid. Pentru a studia creșterea rezilienței seismice cu ajutorul grilelor polimerice, s-au propus 6 modele numerice pentru studiu parametric. Acestea respectă întocmai geometria modelului de la ISMES, însă diferența este rezultată din caracteristicile de material. Fiecare model are alte caracteristici de rezistență la compresiune. Valorile sunt reprezentative pentru cărămida veche plină presată și pentru mortar. Modelele 1, 2, și 3 pot fi asimilate cu zidăria cu mortar de var predominant și cărămidă plină presată cu rezistențe mici, iar modelele 4, 5, 6 se pot asimila cu zidărie modernă cu mortar de ciment predominant și cărămizi pline presate cu rezistențe mai mari.

Comparația modurilor proprii de oscilație a celor 6 modele arată o contribuție a confinării cu grile polimerice la rigiditatea de ansamblu a structurii. Aceasta are o pondere mai importantă pentru modelele cu caracteristici de rezistență și rigiditate mai redusă ale zidăriei precum modelele 1 și 2. Contribuția confinării cu grile scade pe măsură ce caracteristicile zidăriei cresc, precum modelele 5 și 6, devenind minoră.

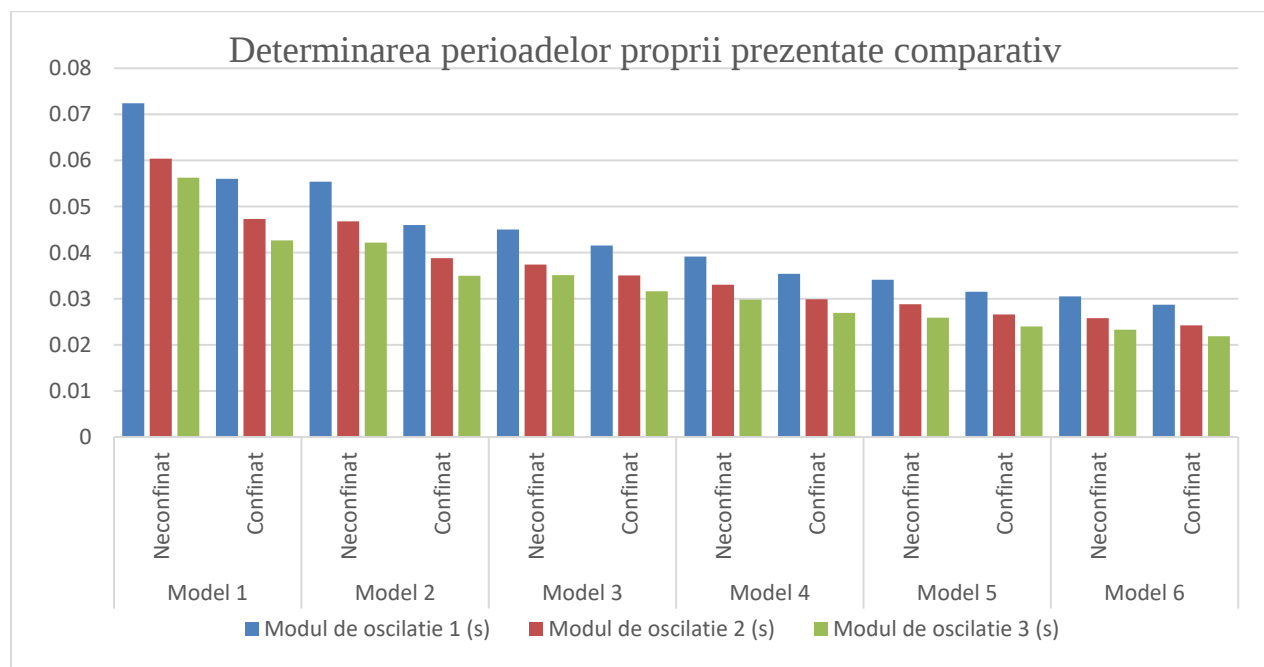


Fig. 6.3.1.1. Perioadele proprii prezentate comparative, pentru modelele 1-6

6.3.2. Determinarea curbelor biografice

S-a realizat calculul neliniar pentru cele 6 modele propuse, fiecare în 2 variante, deci în total, 12 modele. Scopul este de a studia contribuția confinării cu grile polimerice la rigiditatea și rezistența de ansamblu a structurii.

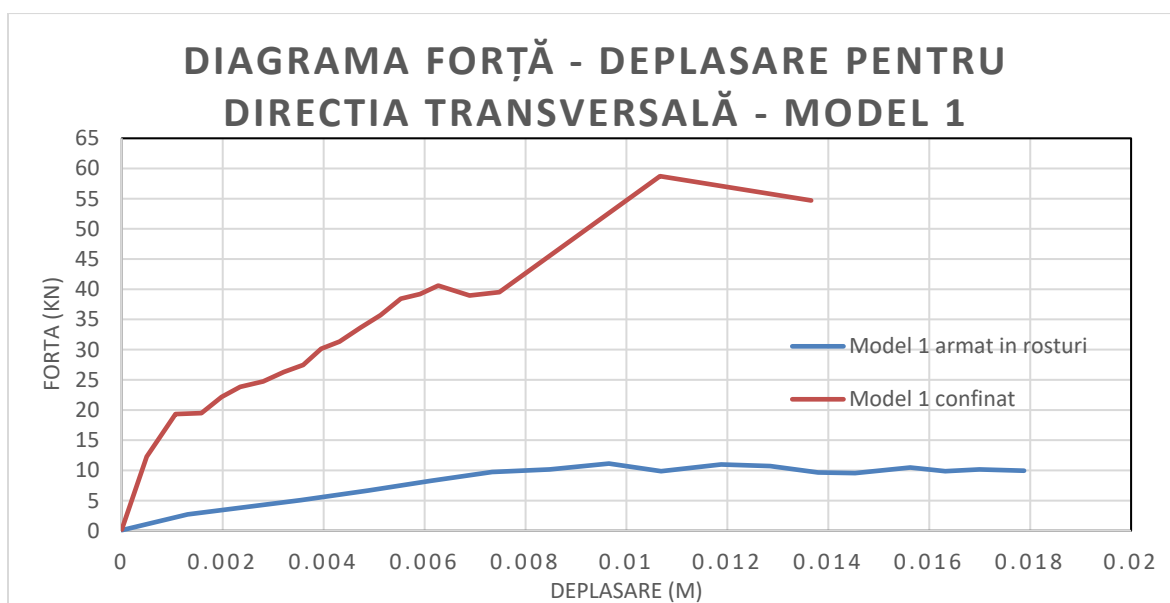


Fig. 6.3.2.1. Diagrama forță – deplasare pentru direcția transversală – model 1

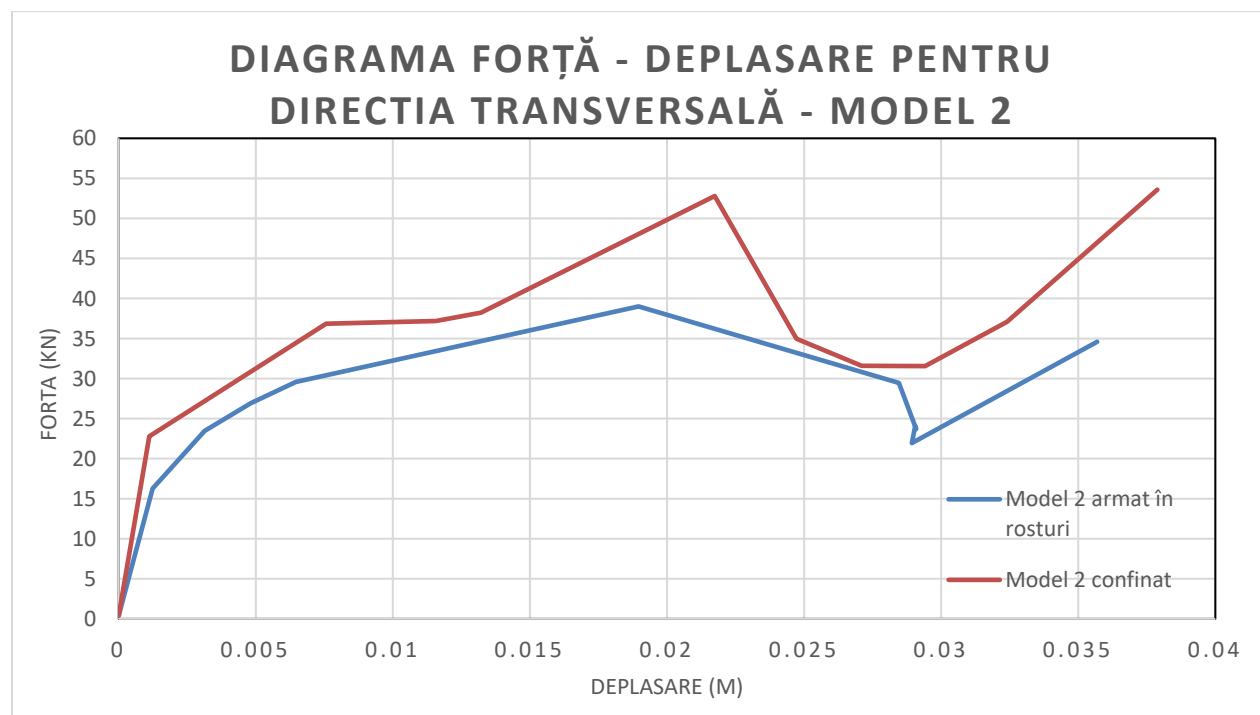


Fig. 6.3.2.2. Diagrama forță – deplasare pentru direcția transversală – model 2

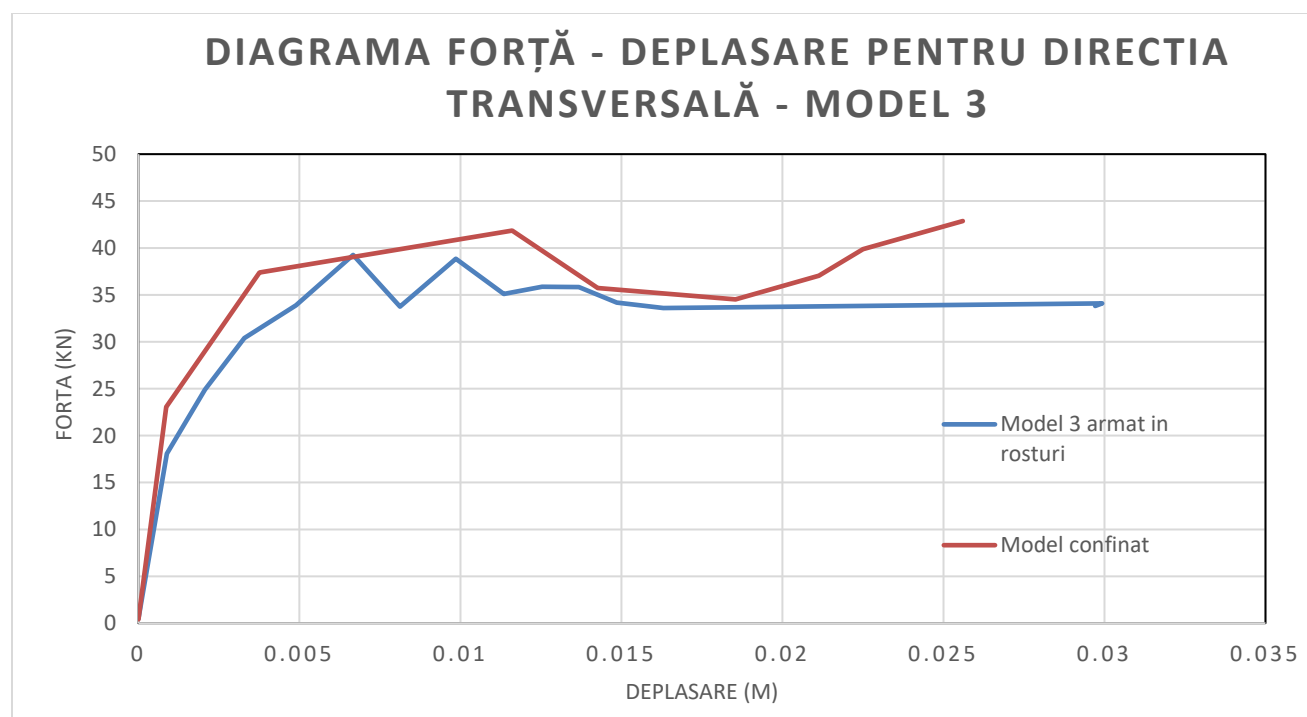


Fig. 6.3.2.3. Diagrama forță – deplasare pentru direcția transversală – model 3

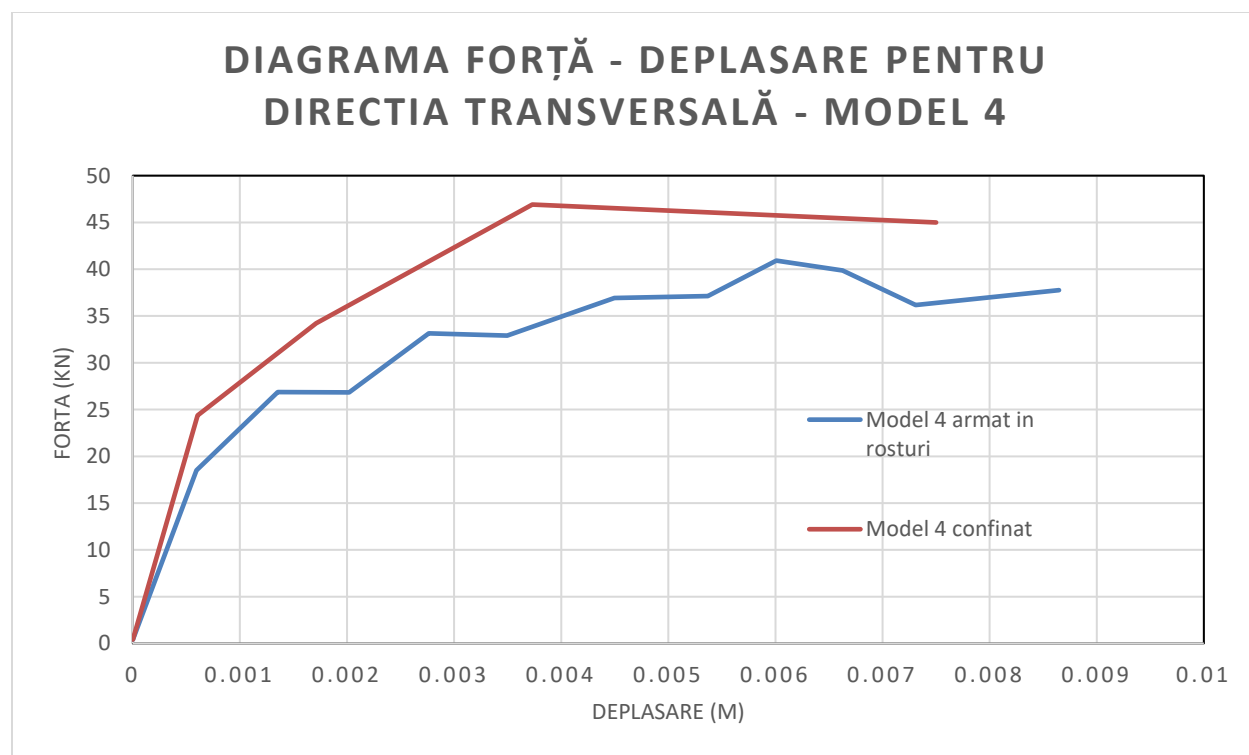


Fig 6.3.2.4. Diagrama forță – deplasare pentru direcția transversală – model 4

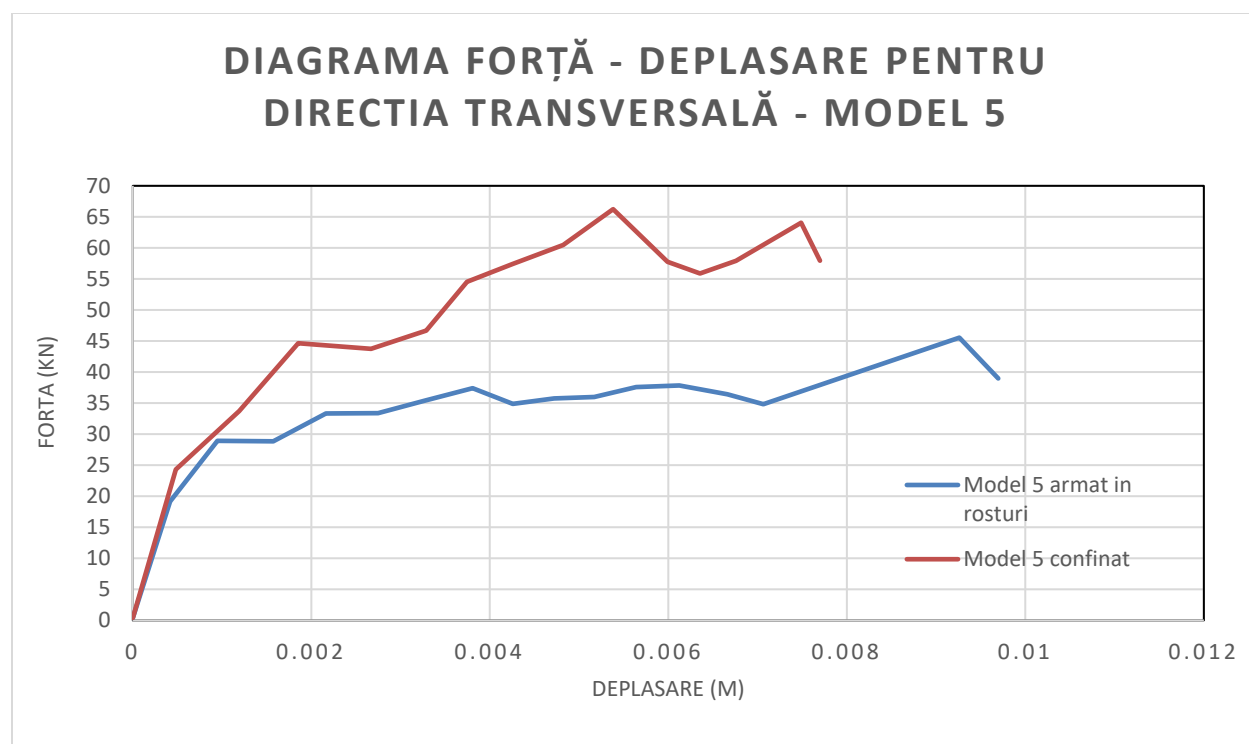


Fig. 6.3.2.5. Diagrama forță – deplasare pentru direcția transversală – model 5

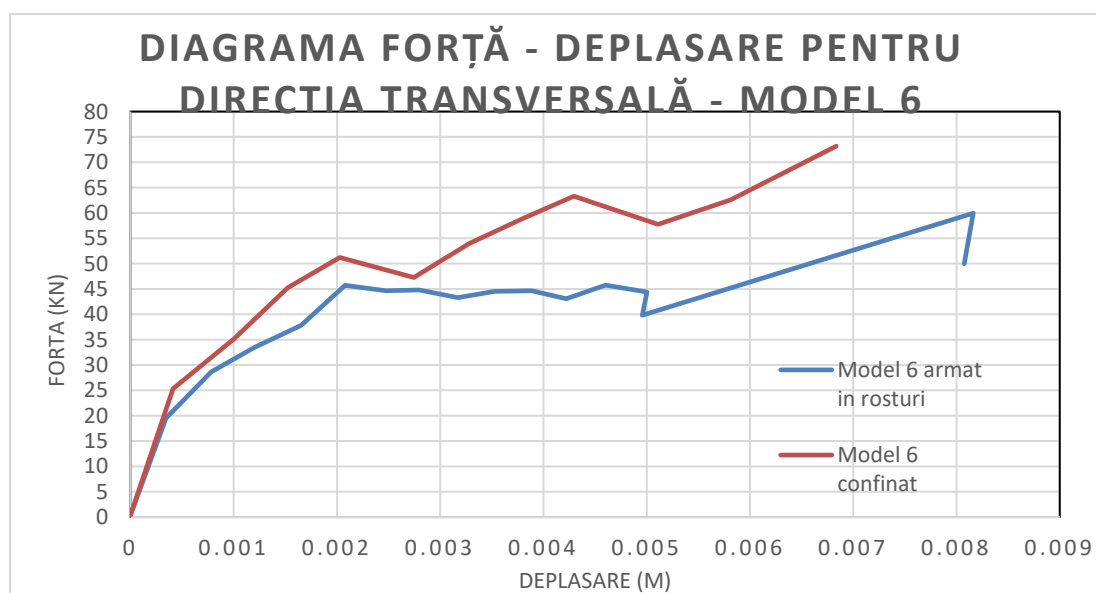


Fig. 6.3.2.6. Diagrama forță – deplasare pentru direcția transversală – model 6

Parametrii studiați pentru fiecare model în parte sunt următorii:

- F_e – forța tăietoare de bază la care se atinge limita comportării în domeniul elastic a structurii;

- F_u – forța tăietoare de bază corespunzătoare mecanismului de plastificare al structurii;
- D_e – deplasarea la care se atinge limita comportării în domeniul elastic a structurii;
- D_u – deplasarea la care se atinge mecanismul de plastificare al structurii;

6.3.3. Considerații pe baza calculelor biografice ale celor 12 modele numerice

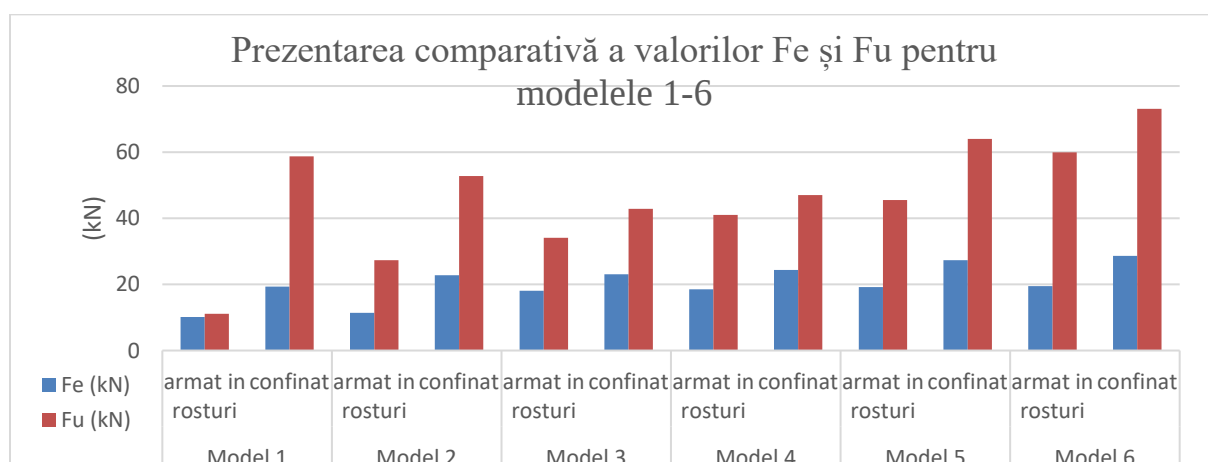


Fig. 6.3.3.1. Prezentarea comparativă a parametrilor F_e și F_u pentru modelele 1-6 în varianta armată în rosturi și confinată

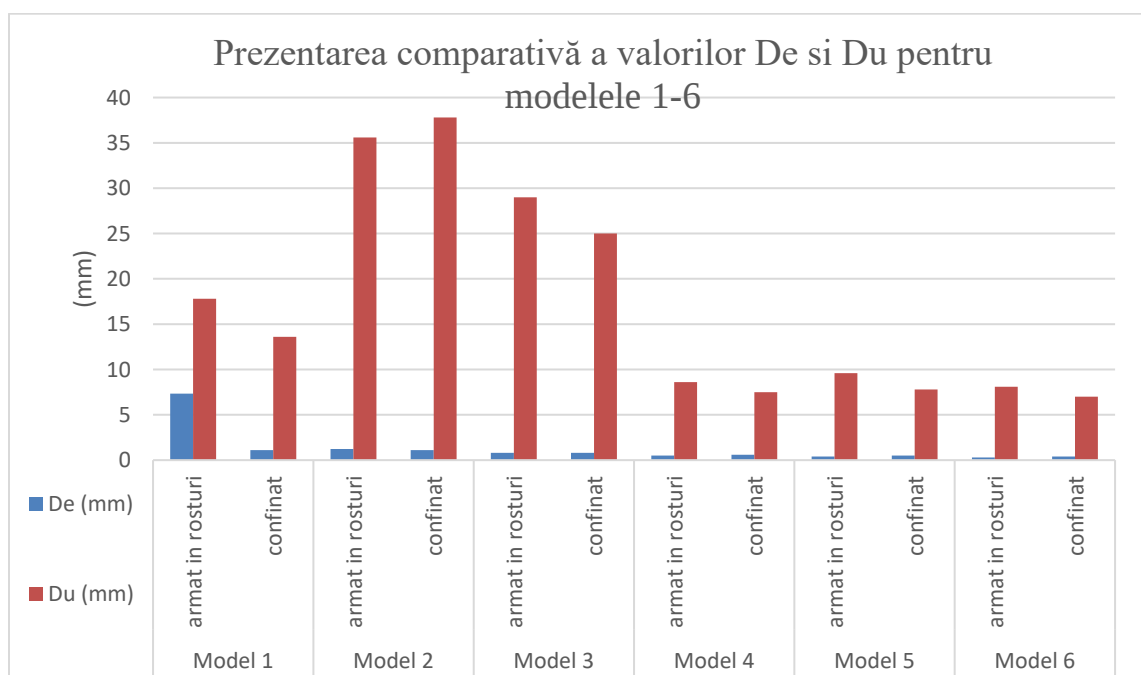


Fig. 6.3.3.2. Prezentarea comparativă a parametrilor D_e și D_u pentru modelele 1-6 în varianta armată în rosturi și confinată

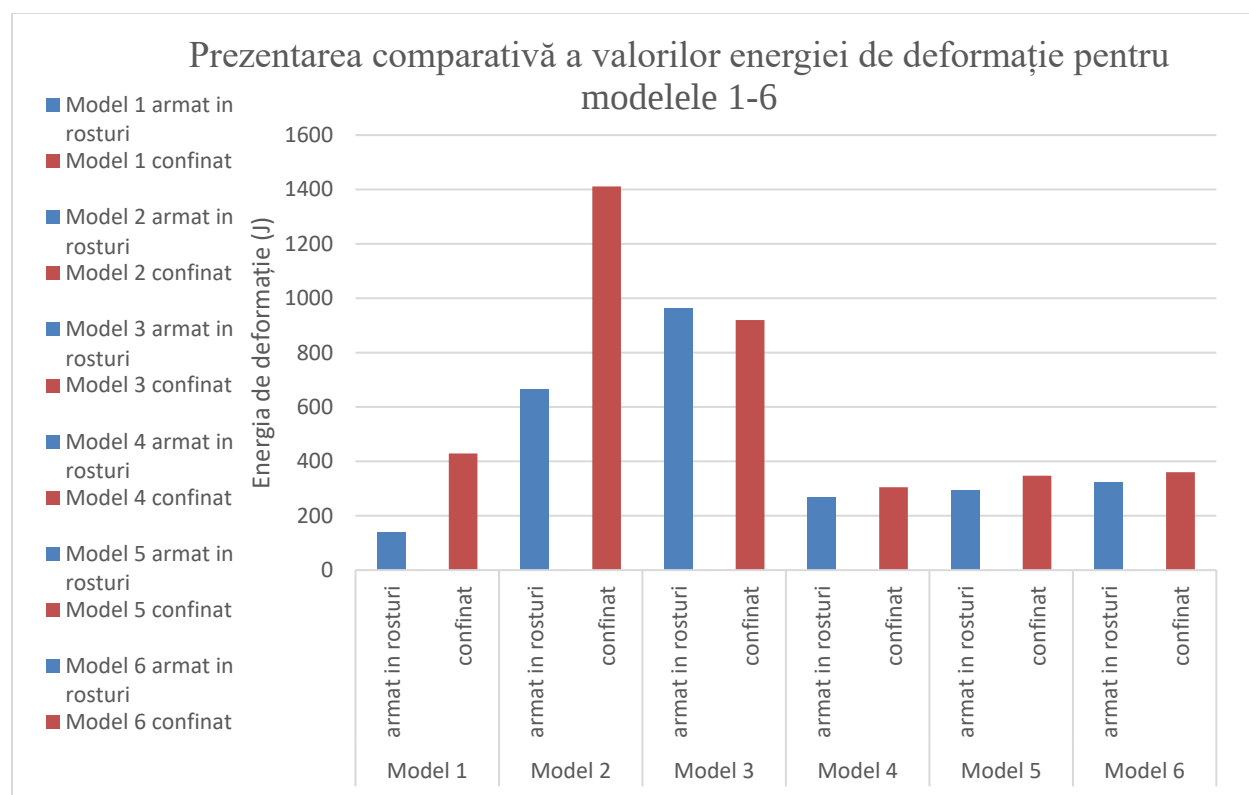


Fig. 6.3.3.3. Prezentarea comparativă a energiei de deformare pentru modelele 1-6 în varianta armată în rosturi și confinată

6.3.5. Considerații finale

Confinarea cu grile polimerice ale modelelor numerice reprezentative duce la sporirea caracteristicilor de rezistență și rigiditate ale acestora, prin urmare aceasta este o măsură eficientă. Creșterea nu este însă uniformă pentru toate modelele. Așa cum se poate observa, modelele asimilate zidăriei cu var prezintă o creștere mai accentuată a caracteristicilor de rezistență și rigiditate. Acest fapt evidențiază armarea cu grile polimerice ca o măsură eficientă, suplă și reversibilă de sporire a rezilienței seismice a structurilor interbelice.

6.4. Interpretarea numerică a soluției de armare cu grile utilizând modele experimentale

6.4.1. Date generale

Pentru a analiza numeric soluția de armare cu grile, s-au propus 5 modele numerice cu diferite grade de complexitate, pentru care s-au efectuat analize comparative. Modelele propuse sunt relativ simple, însă au diferite forme geometrice și diferite dispuneri de goluri. Fiecare model va fi evaluat atât în varianta simplă, cât și în varianta confinată cu grile polimerice.

Scopul analizei este de a identifica influența soluției de cămășuire cu grile polimerice și mortar de var și de a observa diferențele față de celelalte tipuri de cămășuire existente.

Nr. Model	Descriere model numeric propus	Lungime (m)	Lățime (m)	Înălțime (m)	Dimensiuni gol (m)
1	Stâlp cu laturile având raportul laturilor secțiunii din plan 2	0,5	0,25	2,9	Fără
2	Stâlp cu laturile având raportul laturilor secțiunii din plan de 4	1	0,25	2,9	Fără
3	Perete plin	5	0,25	2,9	Fără
4	Perete plin cu gol central de ușă	5	0,25	2,9	0,9 x 2,1
5	Perete plin cu gol excentric de fereastră	5	0,25	2,9	0,9 x 0,9

Tabel 6.4.1. Identificarea caracteristicilor geometrice ale celor 5 modele

Caracteristicile de material ale modelelor sunt similare cu cele ale modelului utilizat în experimentele de la ISMES. Astfel, materialul din care sunt realizate este zidărie simplă nearmată, realizată din cărămidă plină și mortar de var.

6.4.2. Determinarea caracteristicilor dinamice și a driftului

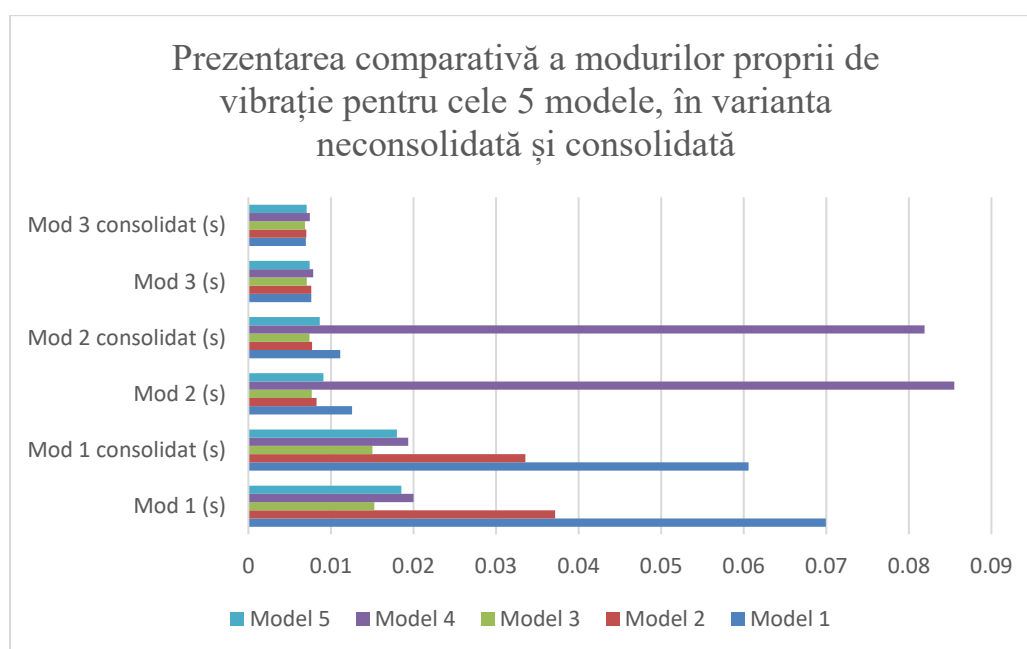


Fig. 6.4.2.1. Prezentarea comparativă a drifului mediu pentru modelele 1, 2, 3, 4, 5

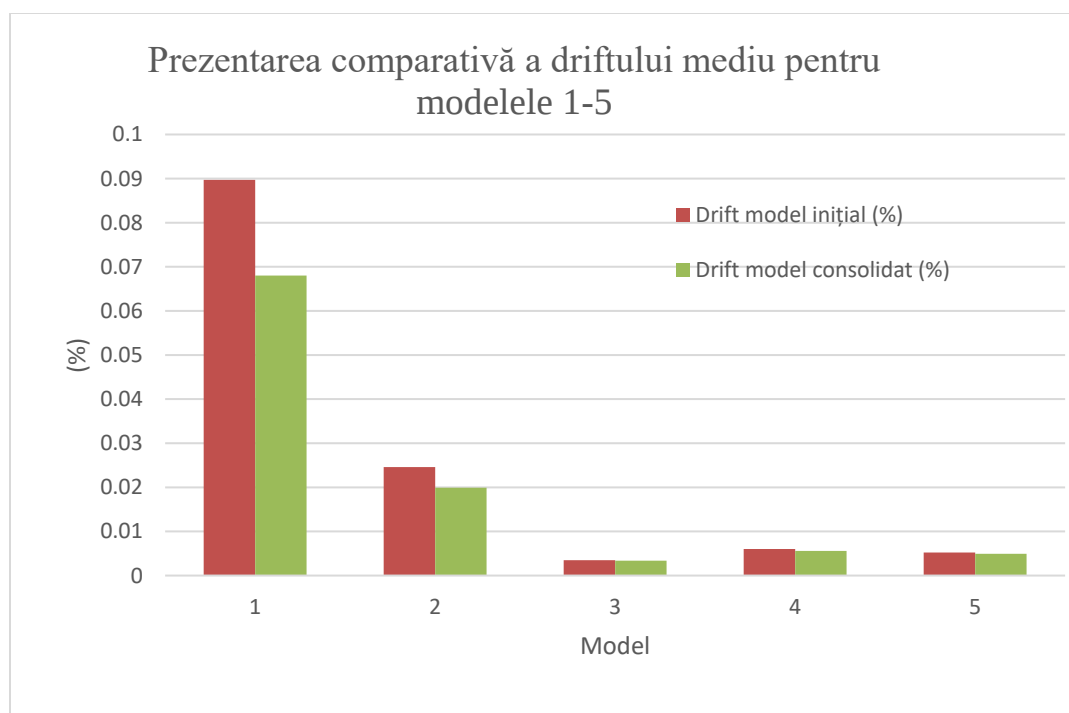


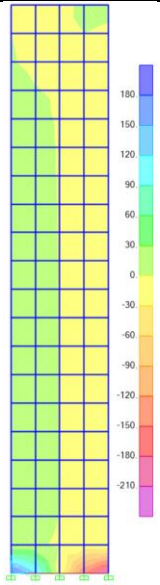
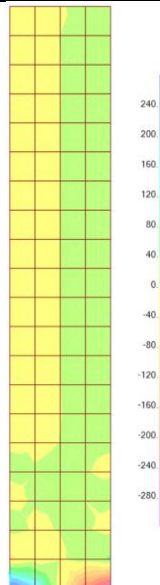
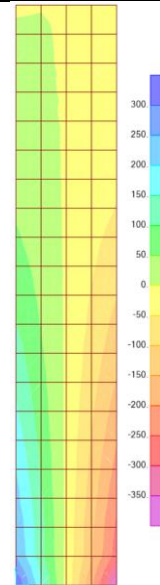
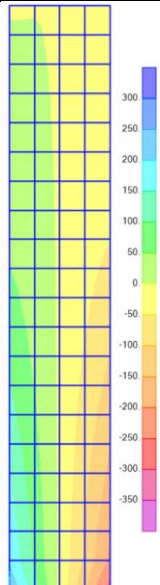
Fig. 6.4.2. Prezentarea comparativă a driftului mediu pentru modelele 1, 2, 3, 4, 5

Variația modurilor proprii de oscilație relevă faptul că există un aport al cămășuielii cu grile, însă el diferă în funcție de geometria elementului cămășuit. Astfel, pentru modelele 1 și 2, de tip stâlp, aportul cămășuielii este major, scăderea perioadelor situându-se între 6,66% și 13,38%. Pentru modelele 4, 5, de pereți cu goluri, scăderea modurilor proprii este mai mică, variind între 5,22% și 2,86%. Modelul 3 de perete plin are cel mai mic aport la rigiditatea de ansamblu, acesta fiind nesemnificativ. Variația acestuia este situată între 3,65% și 1,51%.

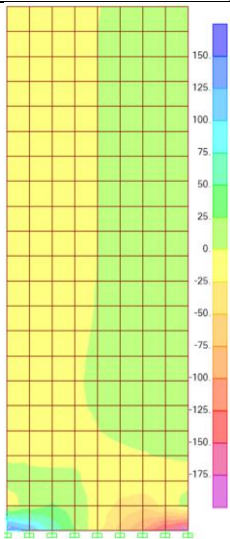
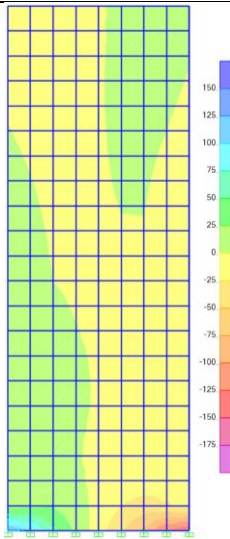
Observațiile efectuate asupra modurilor proprii de vibrație sunt valabile și în cazul verificării la drifturi. Cel mai mare aport al cămășuielii cu grile este dat în cazul modelelor cu geometrie tip stâlp, tip 1 și 2, fiind cuprins între 18,96% și 24,15%. Modelele 4 și 5 beneficiază de un aport moderat, cuprins între 5,3% - 7,43%, iar modelul 3, de perete plin, are parte de un aport nesemnificativ, de doar 2,97%.

Cămășuirea cu grile polimerice poate crea un efect de confinare, al cărui aport este semnificativ mai important pentru elementele structurale cu raportul laturilor mai apropiat de cel al stâlpilor. Pentru elementele structurale cu comportament de pereți, efectul de confinare dat de cămășuirea cu grile polimerice este aproape nul.

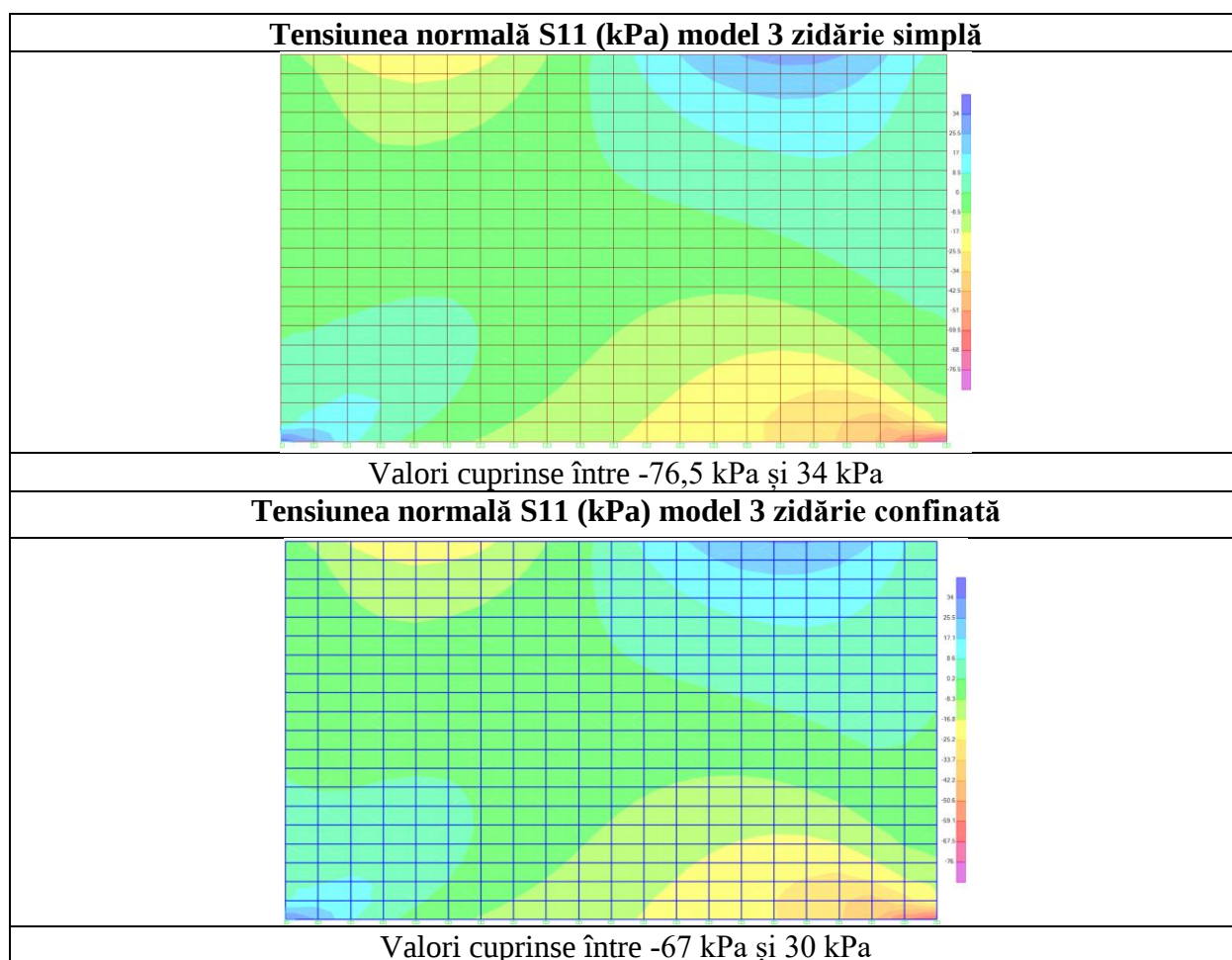
6.4.3. Determinarea diagramelor stărilor de eforturi pentru modelul 1

Tensiunea normală S11 (kPa) model 1 zidărie simplă	Tensiunea normal S11 (kPa) model 1 confinat	Tensiunea normal S22 (kPa) model 1 zidărie simplă	Tensiunea normală S22 (kPa) model 1 confinat
			
Valori cuprinse între -280 kPa și 240 kPa	Valori cuprinse între -210 kPa și 180 kPa	Valori cuprinse între -350 kPa și 300 kPa	Valori cuprinse între -280 kPa și 240 kPa

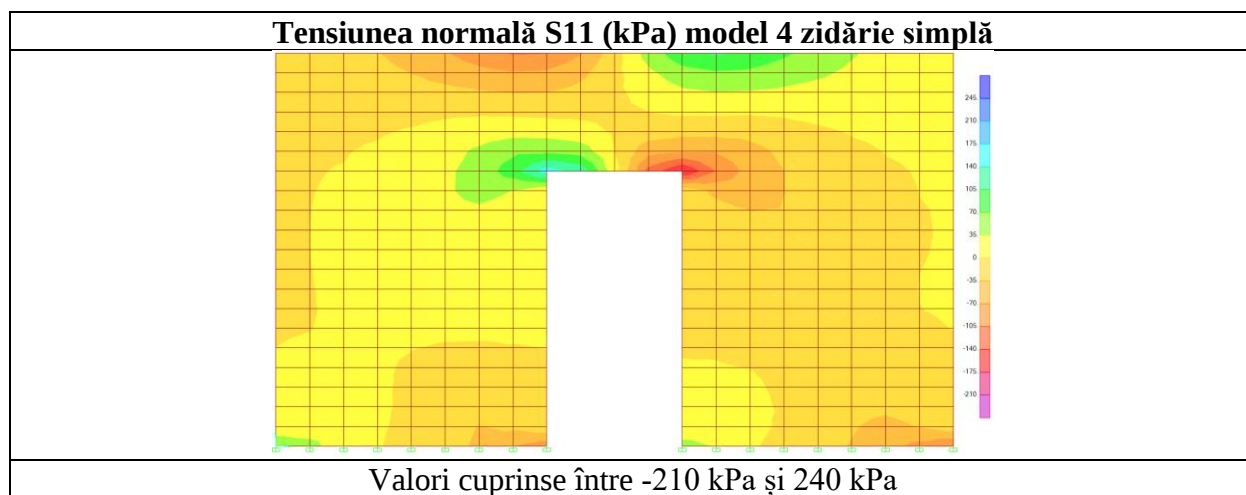
6.4.4. Determinarea diagramelor stărilor de eforturi pentru modelul 2

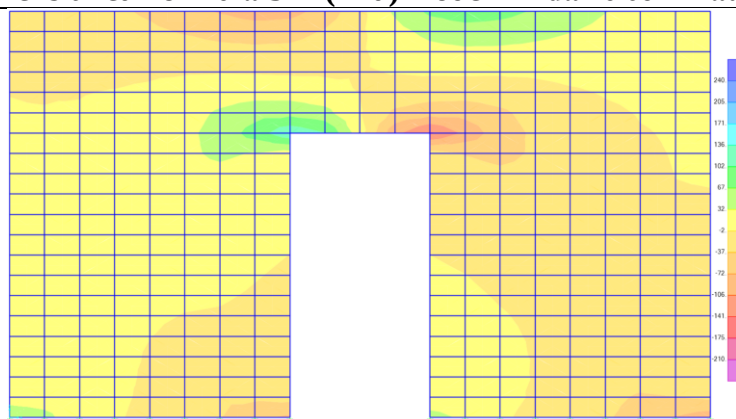
Tensiunea normală S11 (kPa) model 2 zidărie simplă	Tensiunea normală S11 (kPa) model 2 confinat
	
Valori cuprinse între -175 kPa și 150 kPa	Valori cuprinse între -140 și 120 kPa

6.4.5. Determinarea diagramelor stărilor de eforturi pentru modelul 3

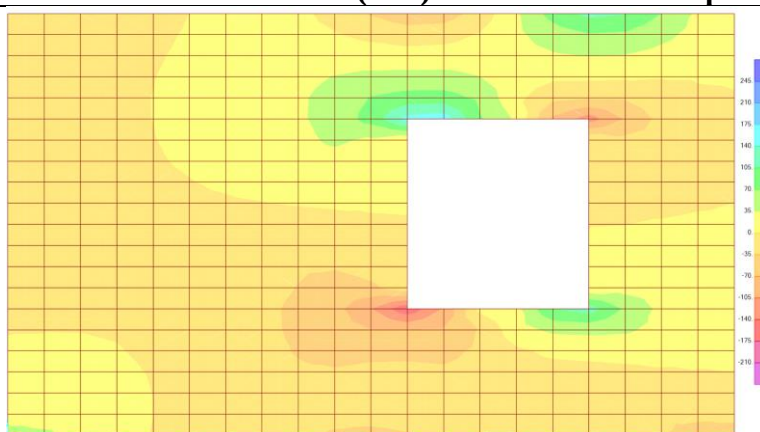


6.4.6. Determinarea diagramelor stărilor de eforturi pentru modelul 4

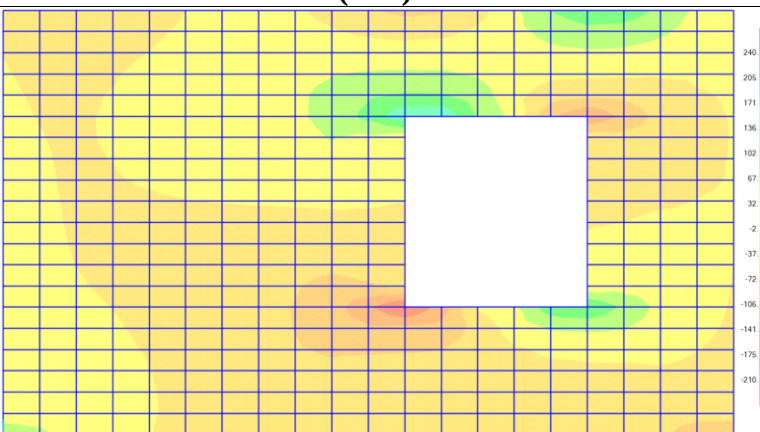


Tensiunea normală S11 (kPa) model 4 zidărie confinată

Valori cuprinse între -175 kPa și 150 kPa

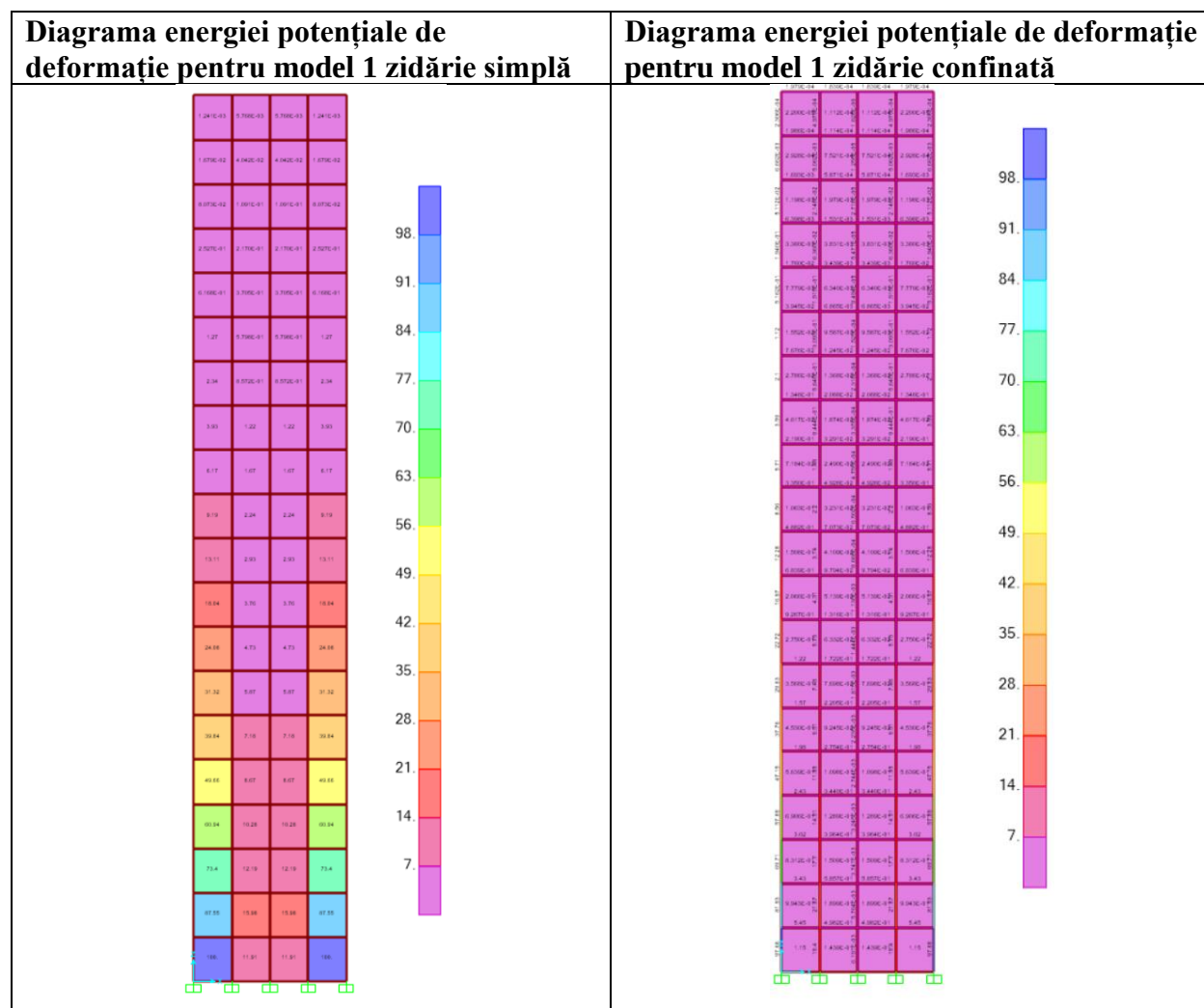
6.4.7. Determinarea diagramelor stărilor de eforturi pentru modelul 5**Tensiunea normală S11 (kPa) model 5 zidărie simplă**

Valori cuprinse între -210 kPa și 240 kPa

Tensiunea normală S11 (kPa) model 5 zidărie confinată

Valori cuprinse între -156 kPa și 182 kPa

6.4.8. Determinarea diagramelor energiei potențiale pentru cele 5 modele



Se poate observa faptul că grilele polimerice contribuie la disiparea eforturilor concentrate, acolo unde acestea apar. Astfel, vârfurile de eforturi care apar sunt transmise cu ajutorul acestui sistem către o suprafață de peretele mult mai mare, contribuind la uniformizarea acestora.

6.5. Calculul biografic al modelelor propuse

Pentru cele 5 modele propuse s-a realizat un calcul static neliniar, atât în varianta de modelare cu zidărie simplă, cât și în varianta de zidărie armată cu grile polimerice. Scopul acestuia este de a determina parametrii curbei forță-deplasare pentru fiecare model și de a compara, prin analiza parametrilor, diferențele dintre modelele neliniare din zidărie simplă și cele confinate.

Programul utilizat este Diana FEA și modelele histeretice utilizate sunt cele integrate acestuia.

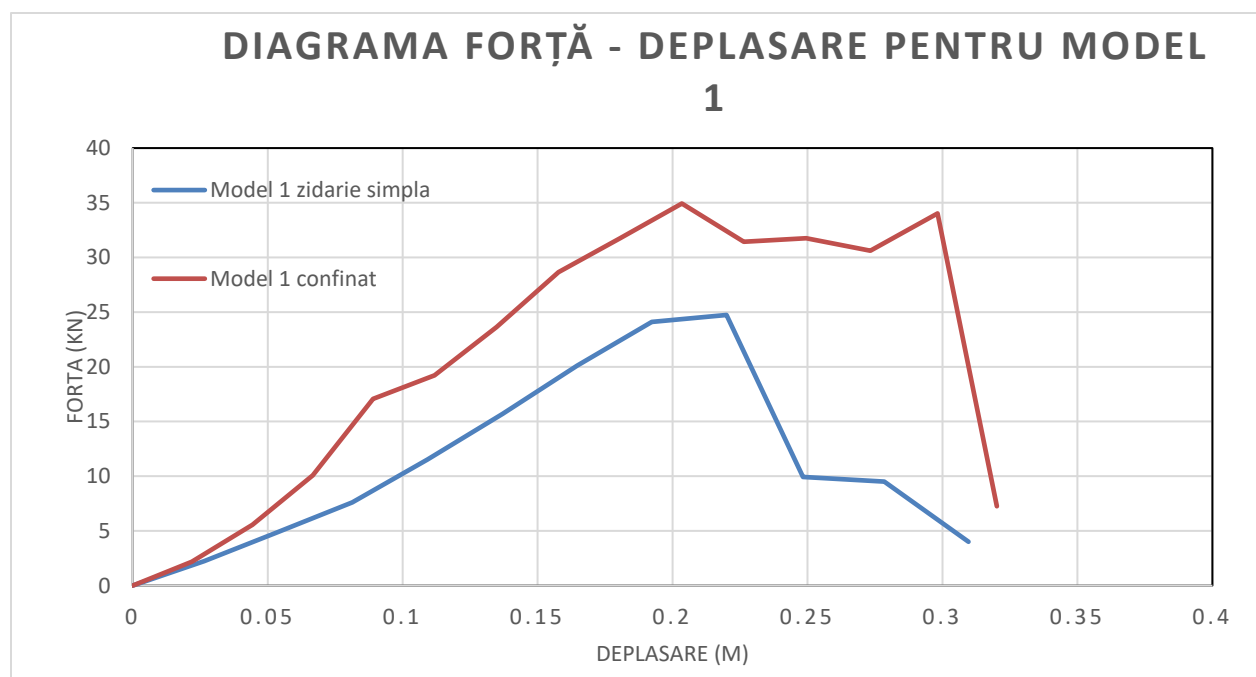
Model 1, varianta zidărie simplă și varianta de cămășuială cu grile

Fig. 6.5.1 Diagrama forță-deplasare comparativă model 1 zidărie simplă/confinată

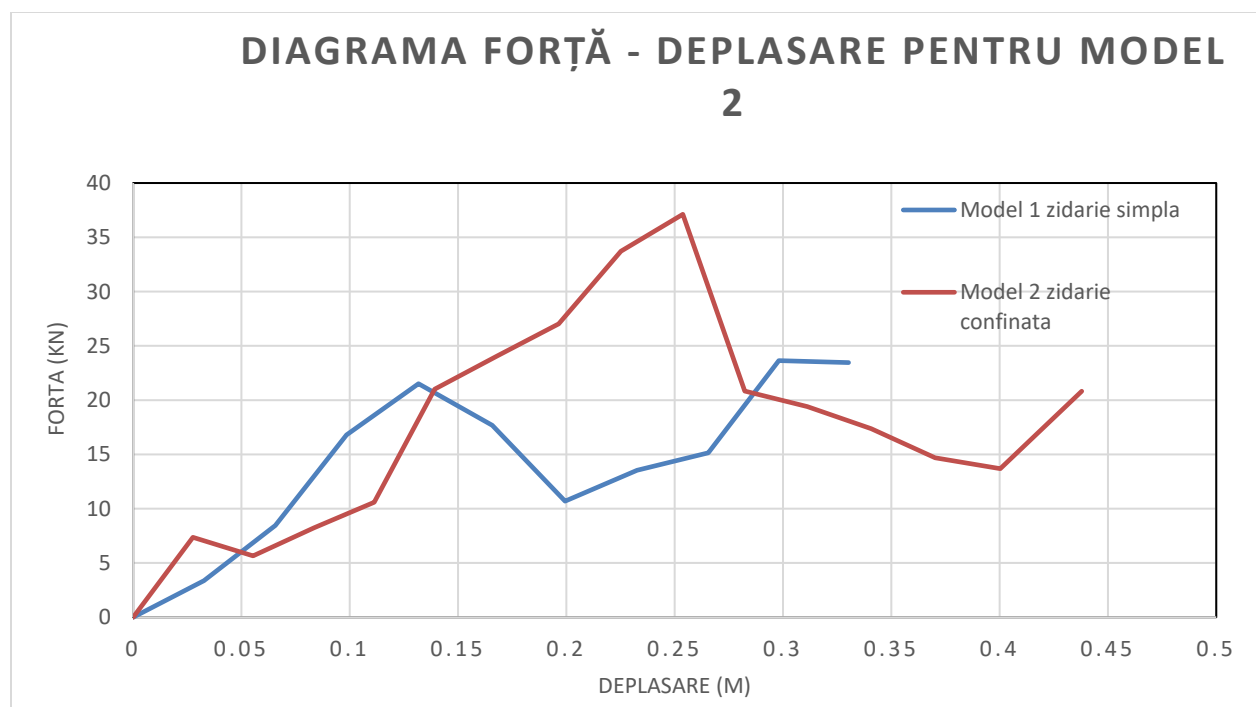
Model 2, varianta zidărie simplă și varianta de cămășuială cu grile

Fig. 6.5.2 Diagrama forță-deplasare comparativă model 2 zidărie simplă/confinată

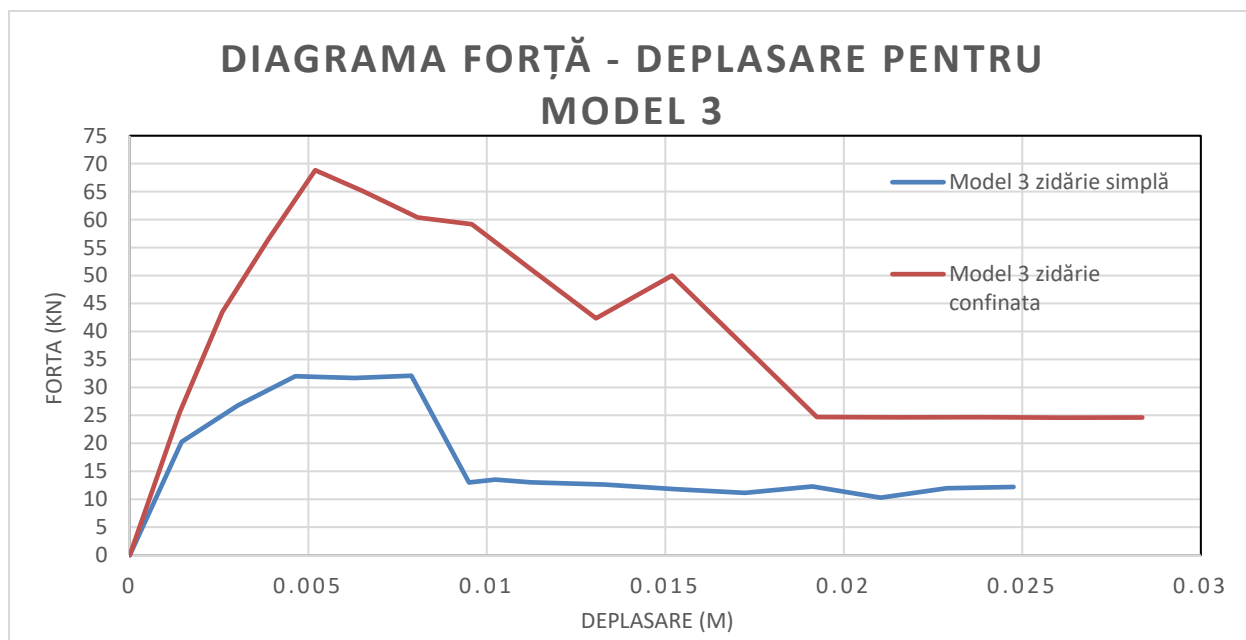
Model 3, varianta zidărie simplă și varianta de cămășuială cu grile

Fig. 6.5.3 Diagrama forță-deplasare comparativă model 3 zidărie simplă/confinată

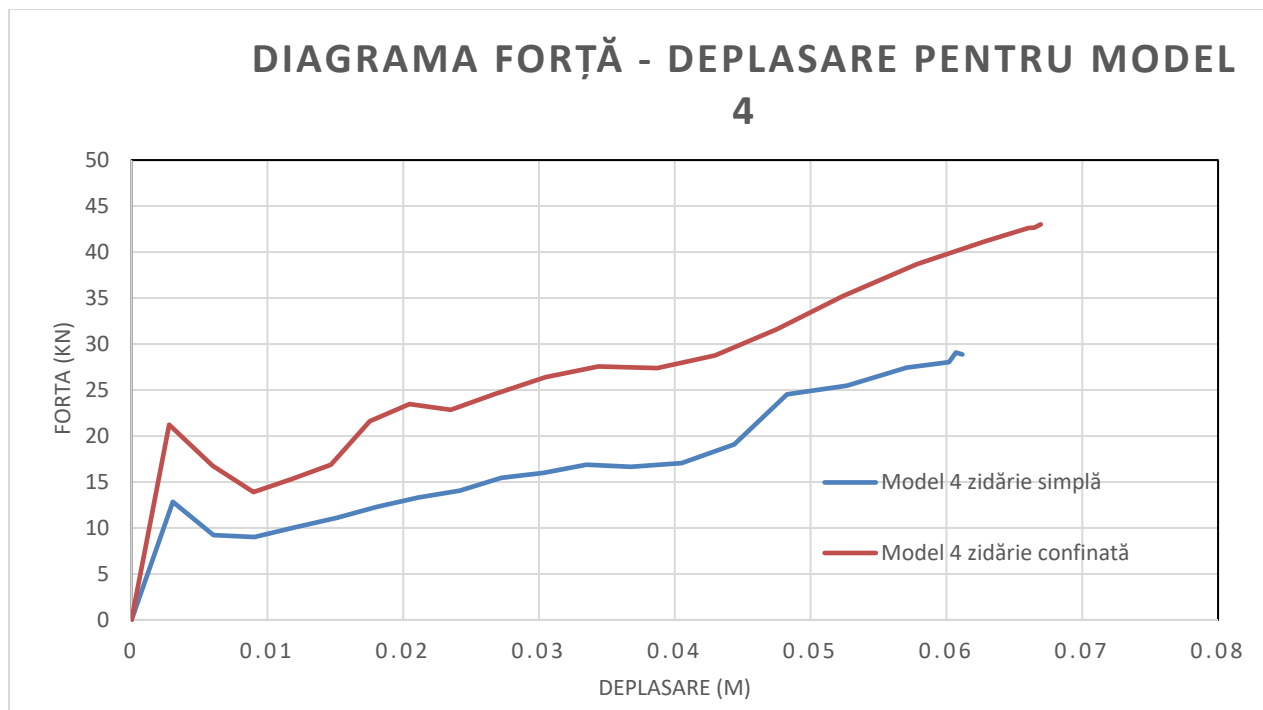
Model 4, varianta zidărie simplă și varianta de cămășuială cu grile

Fig. 6.5.4 Diagrama forță-deplasare comparativă model 4 zidărie simplă/confinată

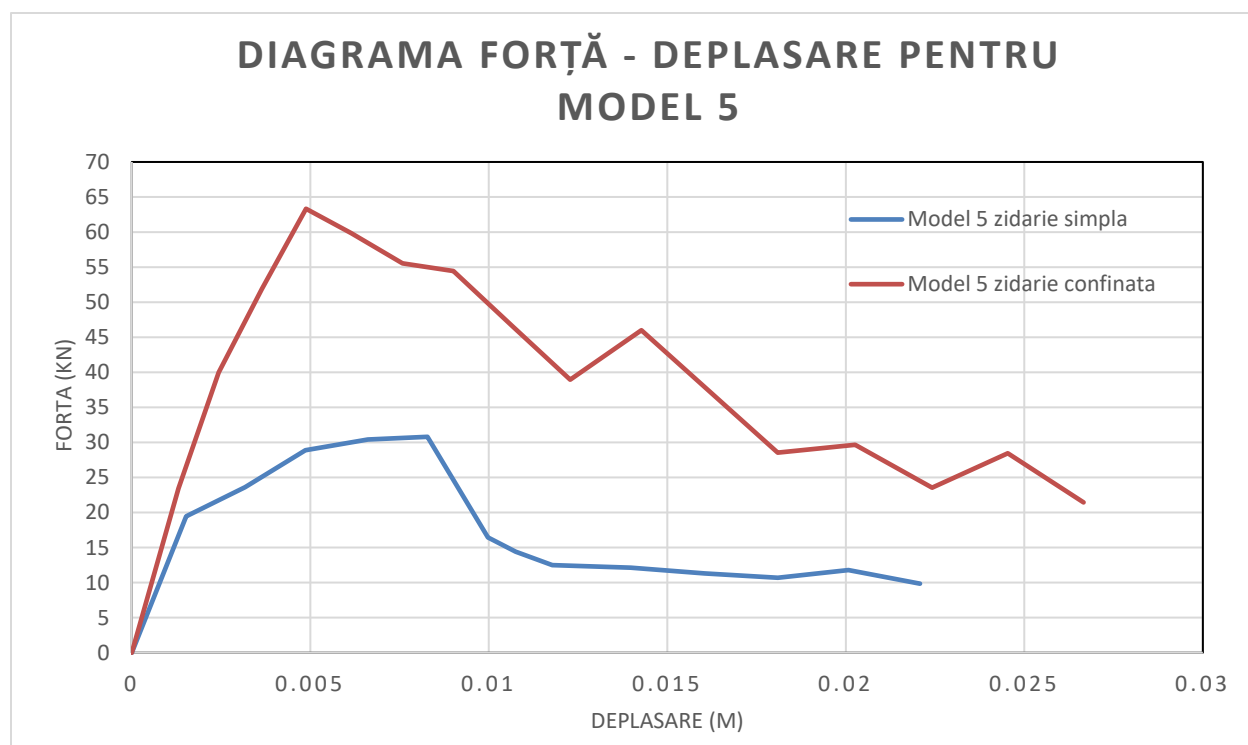
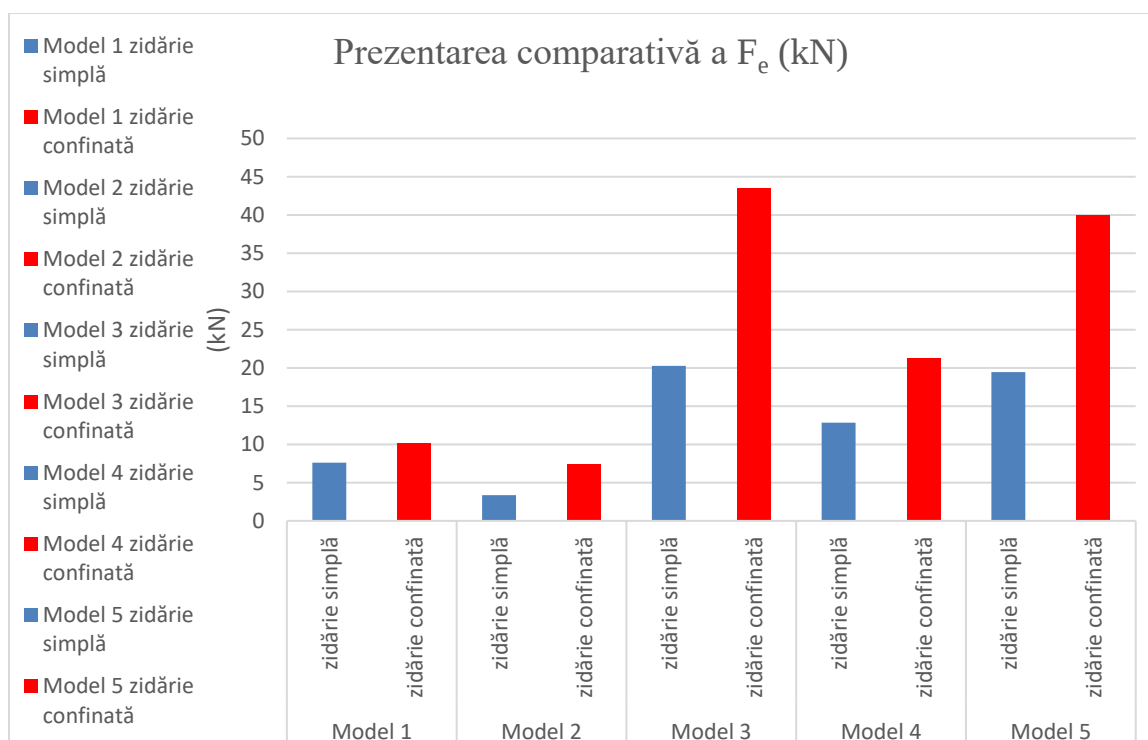
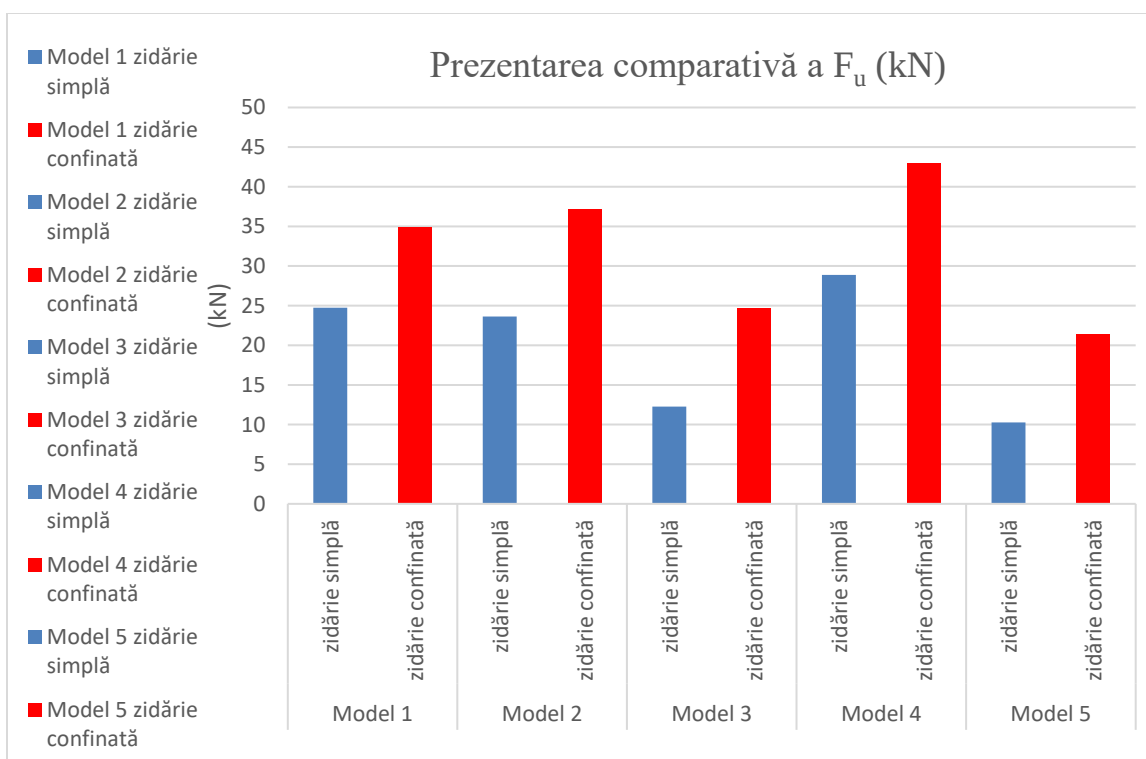
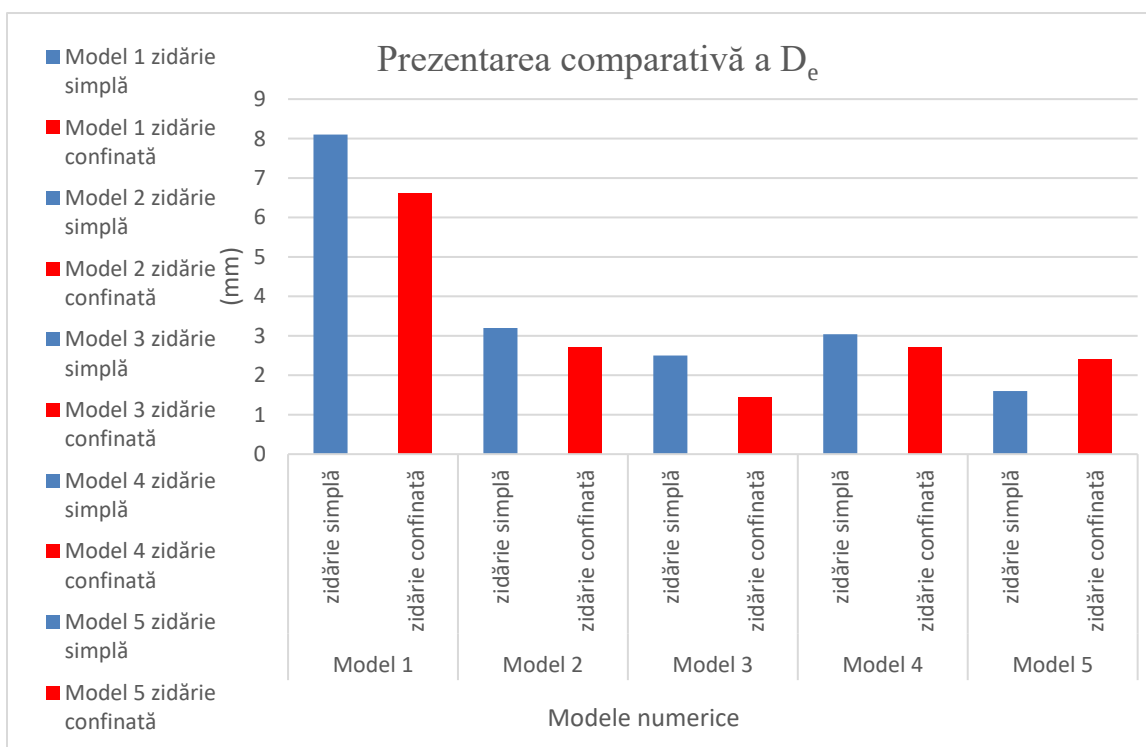
Model 5, varianta zidărie simplă și varianta de cămășuială cu grile

Fig. 6.5.5. Diagrama forță-deplasare comparativă model 5 zidărie simplă/confinată

Fig. 6.5.6. Prezentarea comparativă a F_e pentru cele 5 modele

Fig. 6.5.7. Prezentarea comparativă a F_u pentru cele 5 modeleFig. 6.5.8. Prezentarea comparativă a D_e pentru cele 5 modele

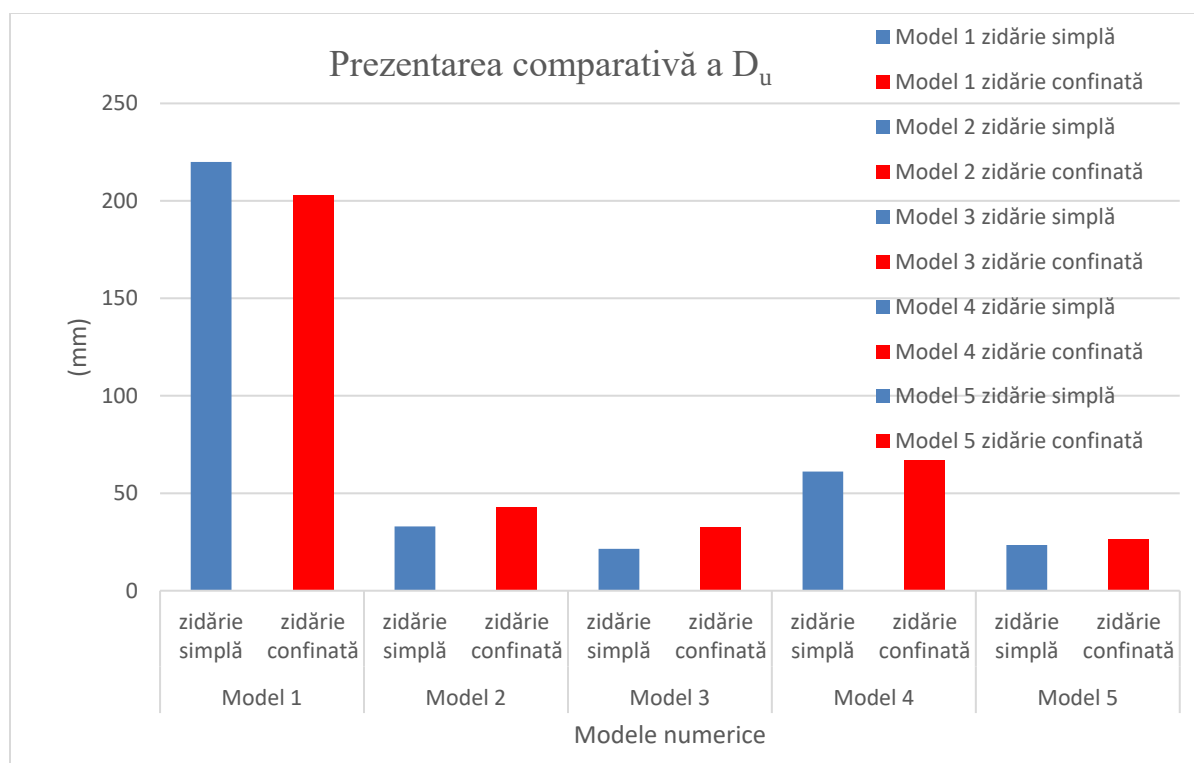
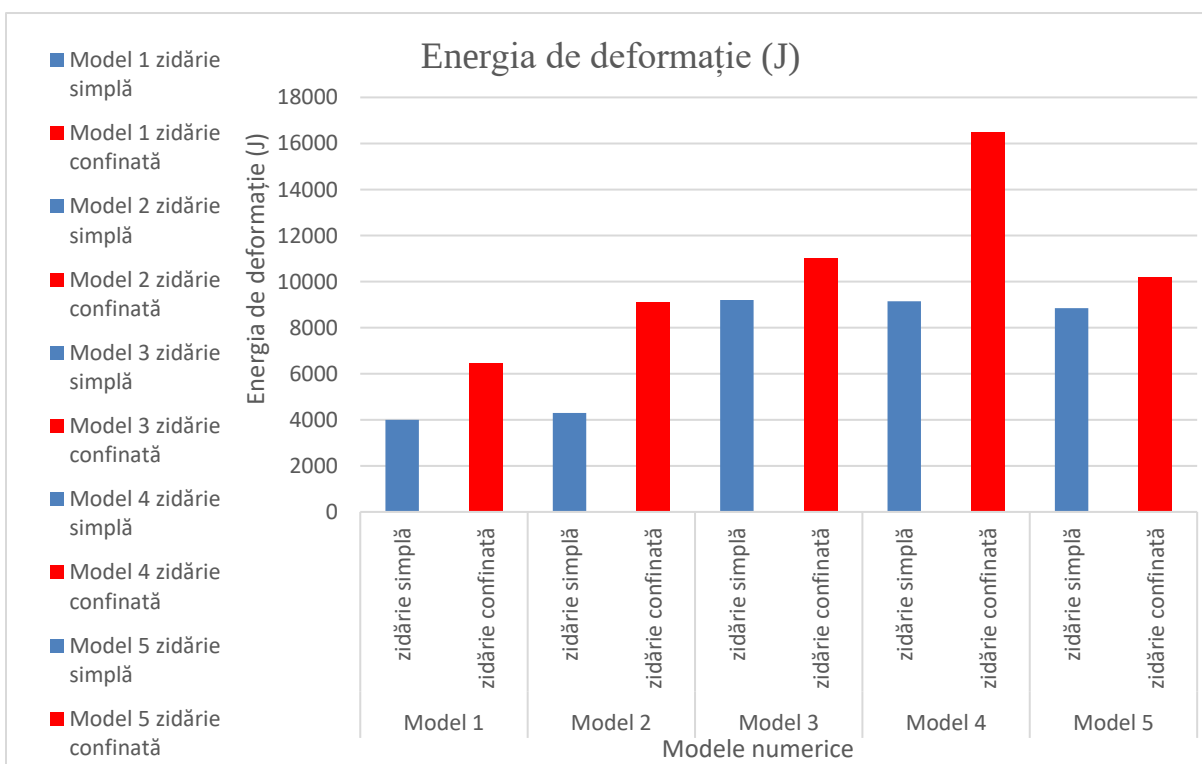
Fig. 6.5.9. Prezentarea comparativă a D_u pentru cele 5 modele

Fig. 6.5.10. Prezentarea comparativă a energiei de deformație pentru cele 5 modele

6.5.1. Considerații finale

Confinarea cu grile polimerice ale modelelor numerice reprezentative duce la sporirea caracteristicilor de rezistență și rigiditate ale acestora, prin urmare aceasta este o măsură eficientă. Analiza stării de eforturi a relevat faptul că soluția de consolidare cu grile polimerice tinde să reducă valorile de vârf ale diagramelor de eforturi, și totodată să mărească eforturile în zonele mai puțin solicitate. Rolul acestora este de uniformizare a eforturilor.

CAPITOLUL 7. CLĂDIRI DE PATRIMONIU CULTURAL

Bisericele sunt cele mai importante construcții de patrimoniu cultural realizate înainte de secolul XIX. Ele mărturisesc credința și cultura creștin ortodoxă a poporului român. Acestea sunt realizate într-o concepție gravitațională, sunt caracterizate în primul rând de monumentalitate, accentuată, în general, și de lipsa vecinătăților. Biserica Mănăstirea Cașin este un exemplu relevant în acest sens.

Capitolul 8. CLĂDIRI DE PATRIMONIU ARHITECTONIC

Ca și clădirile de patrimoniu cultural, acestea sunt caracterizate de monumentalitate, dimensiuni importante și, în general, de lipsa vecinătăților. Sunt amplasate în spații largi sau la marile bulevarde cu rolul de a impresiona. De asemenea, sunt realizate pe baza unei concepții pur gravitaționale, fără considerarea unor calcule seismice. Capitolul descrie clădiri de patrimoniu arhitectonic precum Palatul Bragadiru și Palatul Adriatică Trieste.

Capitolul 9. CLĂDIRI DE BIROURI ȘI LOCUIT

Clădirile curente de birouri și locuit încep să se dezvolte pe verticală, în contradicție cu dezvoltarea pe orizontală care le caracteriza până în perioada interbelică. Astfel, fiecare parcelă de teren este utilizată la maximum, clădirile s-au dezvoltat haotic în plan, după forma parcelei iar problemele legate de vecinătăți sunt curente. Având în vedere funcțiunea lor, acestea au fost proiectate mai puțin pentru a impresiona și mai mult pentru a fi utile ocupanților.

Capitolul 10. Studiu de caz 1: BISERICA MĂNĂSTIREA CAȘIN DIN BUCUREȘTI

10.1.Descrierea tehnică

Biserica Mănăstirea Cașin din București este o construcție mixtă, având ca structură de rezistență un schelet spațial și elastic din bare drepte și curbe, cu noduri rigide, din beton armat monolit îmbrăcat în zidărie masivă de cărămidă. [63] Concepția constructivă a bisericii este esențial gravitațională.

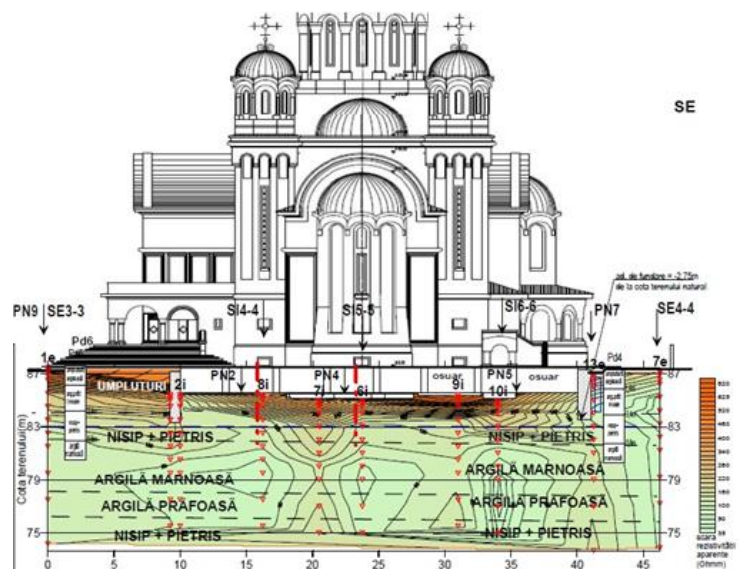


Fig. 10.1.1. Secțiune geoelectrică centrală, verticală, longitudinală [63]

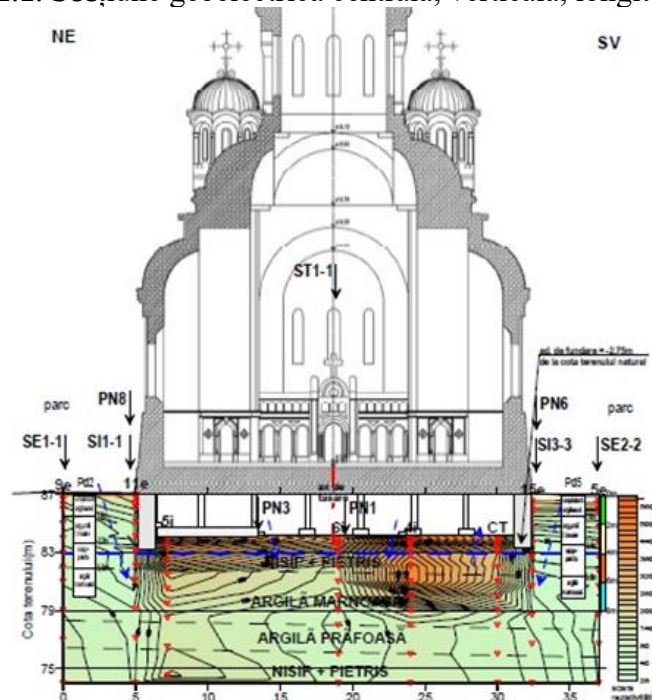


Fig. 10.1.2. Secțiune geoelectrică central, verticală, transversală [63]

Secțiunile geoelectrice identifică problema care a condus la degradările existente ale bisericii. Terenul are o structură neomogenă iar sistemul de fundare format din fundații izolate este inadecvat, conducând la tasări diferențiate.

Prima soluție de consolidare constă în sporirea capacității de rezistență a elementelor din beton armat și refacerea continuității pereților de zidărie, în cazul în care aceștia sunt fisurați. Pentru a aduce construcția la starea inițială, se va proceda la consolidarea elementelor de beton armat și zidărie care sunt fisurate ca urmare a tasărilor diferențiate. Pentru stâlpi se va realiza o cămașă de beton armat de 10 cm, cu beton C25/30. Pereții se vor consolida prin realizarea unei cămășuieli de beton armat tot de 8 cm grosime. Asemenea și grinzile. Placa de beton armat de la cota 0 se va suprabetona, având în vedere fisurile majore existente în ea. Grosimea suprabetonării va fi de 10 cm. Ulterior adoptării măsurilor, se va realiza evaluarea rezilienței seismice pentru structura inițială.

A doua soluție e constituită de realizarea unui radier de beton armat care să aibă rolul de a lega între ele fundațiile izolate existente și a preveni eventuale tasări diferențiate. Acesta are rolul de a scădea presiunea pe talpa fundației. De asemenea, se va realiza un perete de beton armat perimetral, cu lățime egală cu grosimea peretelui și o înălțime de 3 m. Peretele are rolul de a stabili clădirea, de a împiedica tasările diferențiale și de a opri infiltrarea apelor sub cota de fundare.

Modificările propuse prin soluția 2 nu îmbunătățesc direct reziliența seismică a suprastructurii, însă pun în siguranță partea de infrastructură a clădirii, reducând șansele ca problemele anterioare survenite ca urmare a sistemului de fundare deficitar să reapară.

Rezultatele obținute sunt sintetizate în tabelul 10.2.1.

10.2.Sinteza comparativă a celor două soluții de consolidare

Compararea soluțiilor de consolidare				
		Structura existentă	Soluția 1 de consolidare	Soluția 2 de consolidare
Greutatea structurii (kN)		64212	67028	83255
Forța tăietoare de bază (kN)	Longitudinal	8717	8775	8919
	Transversal	10113	10053	10953
Perioada de oscilație fundamentală (s)		0,51	0,49	0,51
A doua perioadă de oscilație (s)		0,46	0,45	0,46
A treia perioadă de oscilație (s)		0,34	0,34	0,35
Reziliența maximă		40%	79%	79%
Reziliența minimă		40%	68%	68%

Tabel 10.2.1. Tabel sintetizator cu compararea soluțiilor de consolidare

Capitolul 11. Studiu de caz 2: CLĂDIRE MONUMENTALĂ ÎN BUCUREȘTI

11.1.Descrierea tehnică

Clădirea a fost executată în anul 1926, iar regimul de înălțime al clădirii este parțial 2S+P+Mz+5E+M și la fațada principală 2S+P+Mz+6E. [48].

Sistemul constructiv constă dintr-o structură spațială redundantă formată din stâlpi, planșee din grinzi cu plăci și scări, toate din beton armat monolit, turnat in situ. Pereții exteriori de închidere ca și pereții interiori de compartimentare sunt din zidărie de cărămidă formată la rândul ei din cărămizi pline poroase și mortar de var gras curat, fără ciment. Sistemul constructiv este proiectat integral în concepție gravitațională.

Etajul 7 prezintă o pergolă. Aceasta a fost supusă fenomenului “The snap of the whip”, adică “pocnătură de bici”. Toate coloanele pergolei au fost “mușcate” mai mult sau mai puțin la bază prin fenomenul de amplificare dinamică descris mai sus. Avariile sunt însă limitate fie la adâncimea tencuielii din mortar de ciment cu praf de piatră, fie la stratul de acoperire cu beton al armăturii. (fig. 11.1.2.). Nu s-au observat degradări ale elementelor structurale cauzate de cutremur, dar nici urmele unor eventuale lucrări de consolidare. [48]

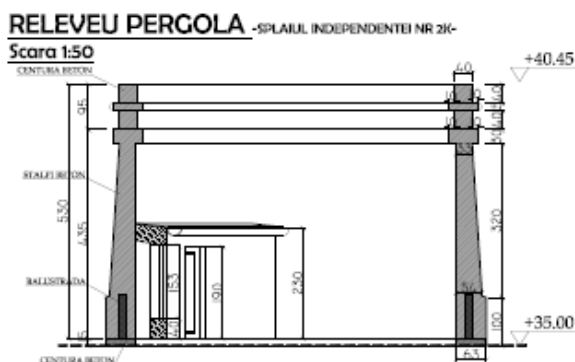


Figura 11.1.1. Secțiune verticală



Figura 11.1.2. Degradare

Modelarea matematică și analiza caracteristicilor dinamice

Pentru a se identifica gradul de influență al contactului dintre scheletul de beton armat și zidărie înrămată, s-au făcut mai multe modele numerice.

Primul model numeric, cu cadre pure, este cel corespunzător unei influențe inexistente a închiderilor asupra rigidității de ansamblu a structurii. Pereții sunt luați în considerare doar cu greutatea proprie. Cel de-al doilea model presupune considerarea pereților de închidere ca diagonale. Cel de-al treilea model numeric are pereți cu elemente de tip “shell”.

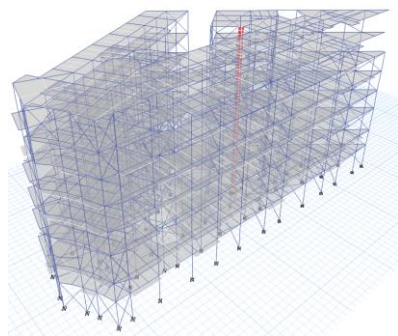


Fig. 11.2.1. Model numeric 3D pentru varianta de modelare „cu diagonale”

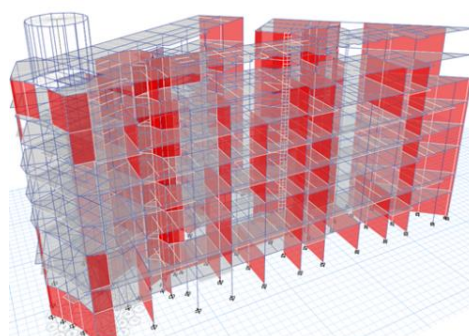


Fig. 11.2.2. Model numeric 3D pentru varianta de modelare cu pereți „shell”

Ulterior s-au realizat măsurători pentru a determina parametrii dinamici ai clădirii.

Moduri de vibrație	Model "cadre pure"	Model zidărie diagonale echivalente conform P100-3/2008	Model zidărie "shell"	Rezultate măsuratori dinamice "in situ"
T1 (s)	1.663	1.079	0.714	0.69
T2(s)	1.438	0.951	0.616	0.53
T3 (s)	1.402	0.601	0.381	0.32

Tabel. 11.3.1. Tabel comparativ cu diferitele caracteristici dinamice obținute pentru clădire [31]

Din tabelul comparativ rezultă valori foarte diferite pentru caracteristicile dinamice, care pot diferi cu până la 438%. De asemenea, rezultă că modelul numeric cel mai apropiat de măsurătorile in-situ este cel în care zidăria este modelată cu elemente de tip "shell". Acest model corespunde unei contribuții importante a zidăriei înrămate la rigiditatea de ansamblu a clădirii.

11.2.Creșterea rezilienței seismice – soluția 1

Prima măsură de consolidare propusă constă într-o soluție minimală, compatibilă cu recomandările ISCARSAH. Această măsură constă în trecerea de la un contur exterior simplu conex, conform teoriei lui Vlasov, la un contur exterior dublu conex, conform teoriei lui Bredt. Astfel, se propune reconformarea structurală fără consolidare. Prima variantă presupune conectarea aripilor cu pereți și plăci de beton armat, dispuși la fiecare nivel. Cea de-a doua variantă presupune legarea aripilor cu elemente metalice.

Cel mai important beneficiu al acestei soluții este îmbunătățirea comportamentului general de torsiune pentru ambele soluții.

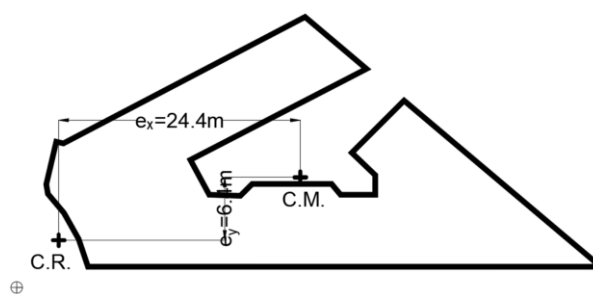


Fig. 11.3.1. Prezentare comparativă - Centrul de masă și centrul de rigiditate varianta inițială

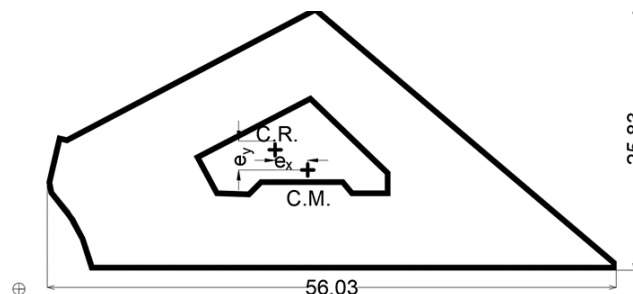


Fig. 11.3.2. Prezentare comparativă - Centrul de masă și centrul de rigiditate după consolidare

11.3. Creșterea rezilienței seismice – soluția 2

Cea de-a doua soluție de creștere a rezilienței seismice este adițională față de prima. Ea constă în schimbarea sistemului structural din structură în cadre de beton armat cu zidărie înrămată în structură cu pereți izolați de beton armat și cadre preponderent gravitaționale cu zidărie înrămată.

Rezultatele obținute au fost sintetizate în tabelul 11.5.1

11.4. Sinteza comparativă a celor două soluții de consolidare

Compararea soluțiilor de consolidare				
		Structura existentă	Soluția 1 de consolidare	Soluția 2 de consolidare
Greutatea structurii (kN)		87672	90421	93368
Forța tăietoare de bază (kN)	Longitudinal	22296	23746	18157
	Transversal	20454	21413	16557
Perioada de oscilație fundamentală (s)		0,714	0,71	0,66
A doua perioadă de oscilație (s)		0,616	0,6	0,52
A treia perioadă de oscilație (s)		0,381	0,28	0,28
Reziliența maximă		45%	49%	82%
Reziliența minimă		37%	43%	76%

Tabel 11.5.1. Tabel sintetizator cu compararea soluțiilor de consolidare

Capitolul 12. Studiu de caz 3: PALATUL MONUMENTAL BRAGADIRU

12.1.Descrierea tehnică

Clădirea palatului are formă neregulată în plan, cu dimensiunile maxime de 120,32 m x 38,26 m. Regimul de înălțime al clădirii este S+P+E+M, pentru corp A și B, și S+P+2E+M pentru corp C. Clădirea este alcătuită din trei tronsoane și este liberă pe toate laturile.

S-a evaluat reziliența seismică a structurii existente. De asemenea, s-au propus două soluții de consolidare. Prima soluție este realizarea unei cămășuieli cu grosime de 6 cm, armată cu plase sudate de oțel, precum și planșee de beton armat. Cea de-a doua soluție este cămășuire cu grile polimerice și tencuială de var cu grosime de 2 cm, cu păstrarea planșeelor de lemn. Rezultatele obținute au fost sintetizate în tabelul 12.2.1.

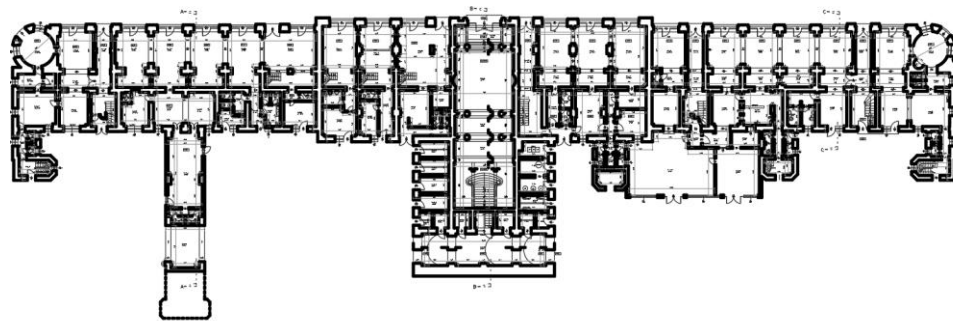


Fig. 12.1.1. Plan parter

12.2.Sinteza comparativă a celor două soluții de consolidare

Compararea soluțiilor de consolidare				
		Structura existentă	Soluția de consolidare curentă	Soluția de consolidare cu grile
Greutatea structurii (kN)		286552	329635	292183
Forța tăietoare de bază (kN)	Longitudinal	107070	122993	109221
	Transversal	74372	85393	75786
Perioada de oscilație fundamentală (s)		0,408	0,198	0,39
A doua perioadă de oscilație (s)		0,360	0,148	0,34
A treia perioadă de oscilație (s)		0,347	0,144	0,32
Reziliența maximă		64%	89%	82%
Reziliența minimă		58%	82%	76%

Tabel 12.2.1. Tabel sintetizator cu compararea soluțiilor de consolidare

Capitolul 13. Studiu de caz 4: CLĂDIRE DE LOCUINȚE ÎN MUNICIPIUL BUCUREȘTI

13.1.Descrierea tehnică

Amprenta clădirii are configurația unui poligon închis, neregulat și convex, cu toate laturile inegale între ele. Blocul a fost construit în anul 1934 și este situat în centrul municipiului București.

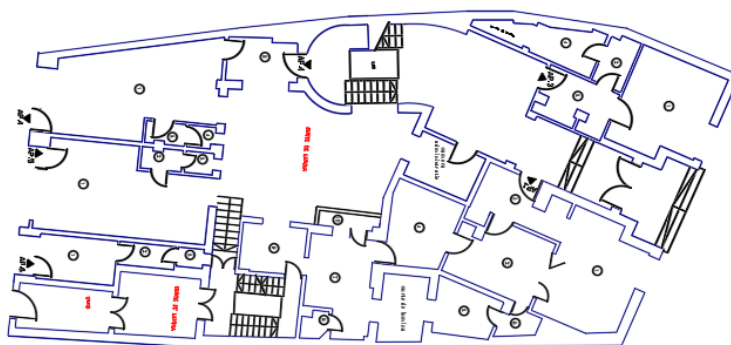


Fig. 13.1.1. Plan original parter [69]

Se constată deci că în jumătatea nordică, anterioară, regimul de înălțime al clădirii este S+P+5E+Er+Pod, iar în jumătatea sudică, posterioară, S+P+5E. Sistemul constructiv constă într-o structură spațială formată din grinzi de fundare, stâlpi, planșee din grinzi cu plăci și scări, toate din beton armat monolit, turnat in situ. Închiderile sunt realizate de zidărie plină cu mortar de var.

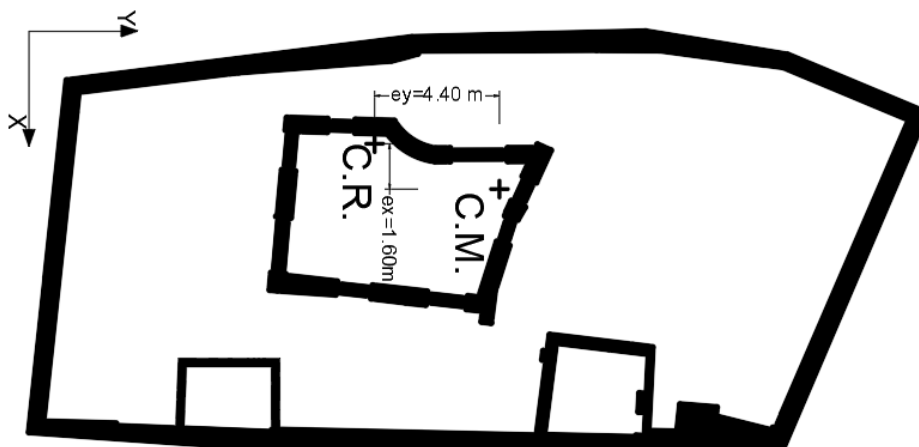


Fig. 13.1.2. Centrul de masă și centrul de rigiditate pentru nivelul curent

13.2.Modelarea matematică și analiza caracteristicilor dinamice

S-au realizat mai multe modele de calcul, cu scopul de a estima contribuția zidăriei înrămate la rigiditatea de ansamblu a structurii. Inițial s-a presupus că nu există conlucrare

și s-a considerat un model cu cadre pure, în care zidăria este considerată doar ca încărcare distribuită pe grinzi, fără niciun aport la rigiditatea de ansamblu a sistemului structural.

Situația intermediară este cea în care există un anumit aport și a fost studiată modelând zidăria ca diagonale. În ultima variantă de modelare, s-a presupus că există un aport important. Astfel, s-a realizat un model echivalent, cu pereții modelați ca elemente de suprafață, de tip "shell". Modelele au fost apoi comparate cu măsurătorile dinamice realizate, cu scopul de a calibra modelul numeric.

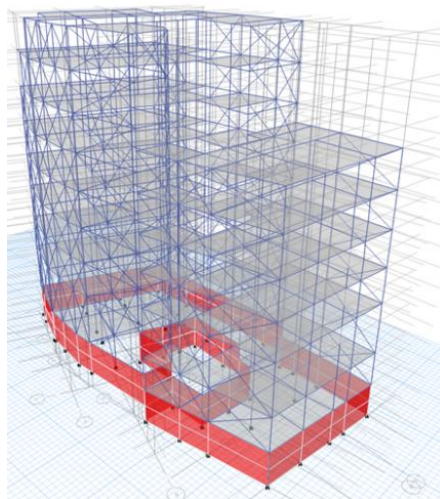


Fig. 13.2.2. Model numeric 3D pentru varianta de modelare „cu diagonale”

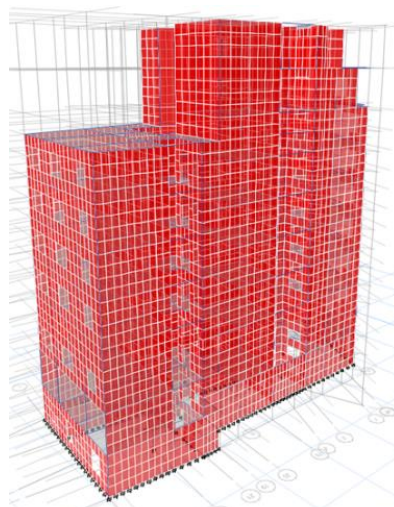


Fig. 13.2.3. Model numeric 3D pentru varianta de modelare cu pereți „shell”

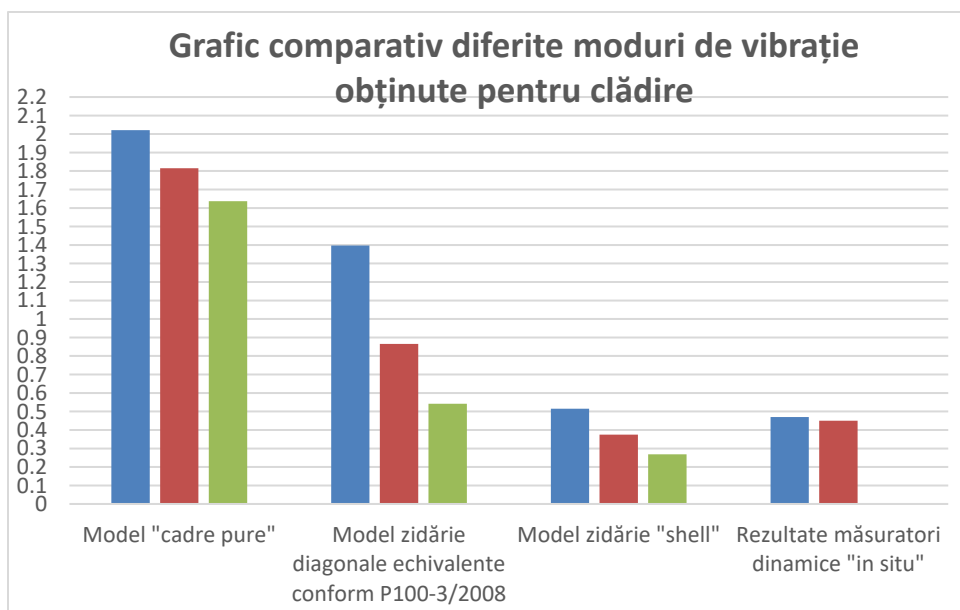


Fig. 13.2.4. Grafic comparativ cu diferitele caracteristici dinamice obținute pentru clădire

Având în vedere rezultatele obținute, s-a considerat că modelul realizat cu elemente de tip “shell”, calibrat conform testelor in-situ, este cel mai apropiat de realitate și a fost folosit în evaluarea riscului seismic și soluțiile propuse pentru consolidare.

13.3. Creșterea rezilienței seismice – soluția 1

Prima măsură de consolidare propusă constă într-o soluție minimală, compatibilă cu recomandările ISCARSAH. Prin această metodă, creșterea rezilienței seismice se va face prin reconfirmarea structurii, fără măsuri de consolidare directe. Curțile de lumină interioare vor fi închise cu placă de beton armat.

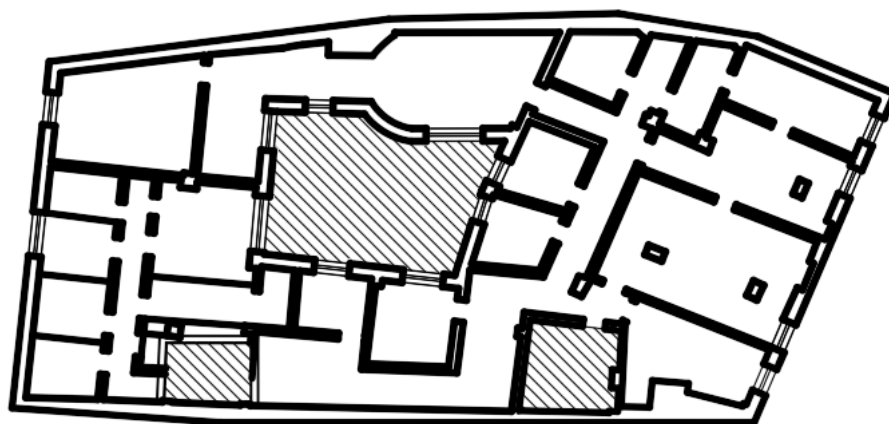


Fig. 13.3.1. Plan de nivel curent cu identificarea prin hașurare a ochiurilor de lumină închise cu plăci

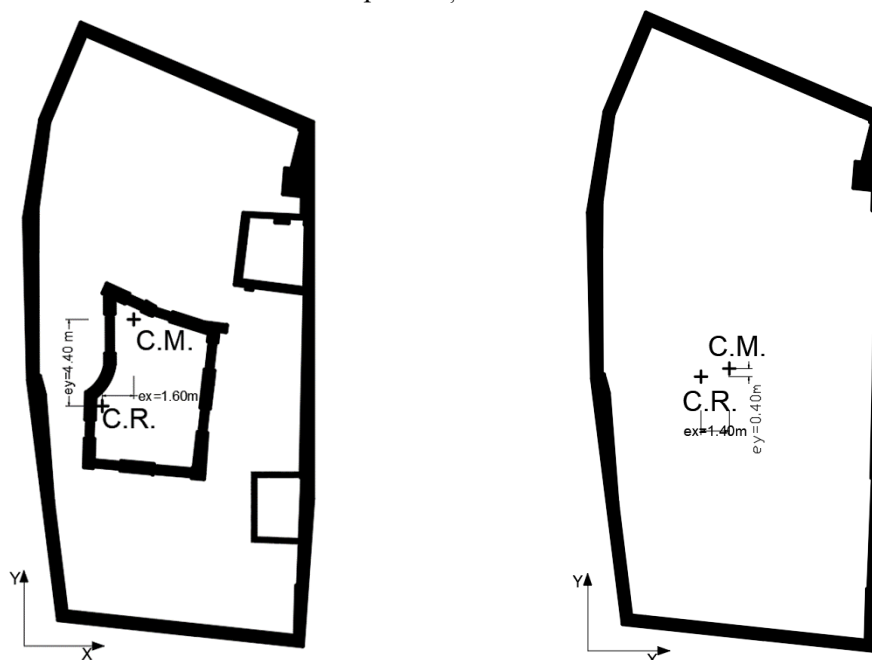


Fig. 13.3.2. Centrul de masă și centrul de rigiditate pentru nivelul curent, varianta inițială stânga, soluția 1 de creștere a rezilienței seismice dreapta

Această măsură de intervenție conduce către o îmbunătățire a caracteristicilor dinamice prin scăderea distanței dintre centrul de masa (C.M.) și centrul de rigiditate (C.R.). Totodată, se produce apropierea lor de centrul geometric al planului.

13.4. Creșterea rezilienței seismice – soluția 2

Cea de-a doua soluție de creștere a rezilienței seismice este adițională față de prima. Ea constă în schimbarea sistemului structural din structură în cadre de beton armat cu zidărie înrămată în structură cu pereți izolați de beton armat și cadre preponderent gravitaționale cu zidărie înrămată.

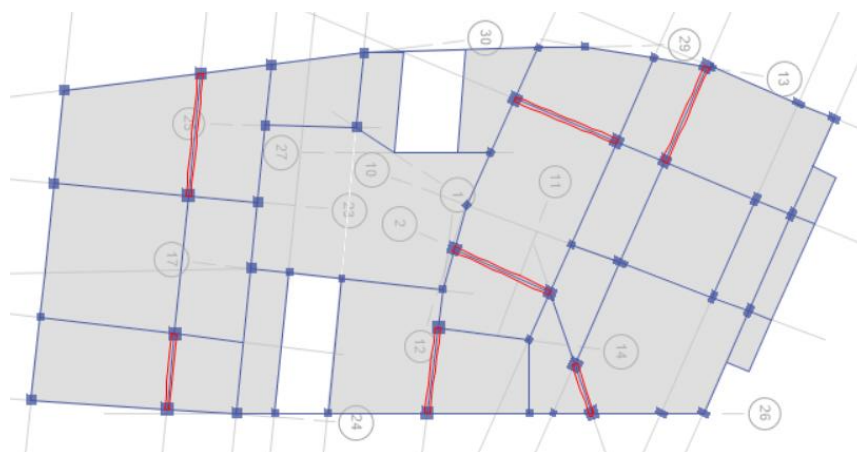


Fig. 13.4.1. Planul de etaj curent cu reprezentarea pereților structurali introduși

Rezultatele obținute au fost sintetizate în tabelul 13.5.1. **Sinteza comparativă a celor două soluții de consolidare**

Compararea soluțiilor de consolidare			
	Structura existentă	Soluția 1 de consolidare	Soluția 2 de consolidare
Greutatea structurii (kN)	42767	46722	48943
Forța tăietoare de bază (kN)	Longitudinal	7575	8223
	Transversal	9597	10411
Perioada de oscilație fundamentală (s)	0,47	0,47	0,40
A doua perioadă de oscilație (s)	0,36	0,32	0,29
A treia perioadă de oscilație (s)	0,26	0,22	0,21
Driftul pe primul nivel (%)	0,81	0,82	0,19
Reziliența maximă	62%	66%	78%
Reziliența minimă	54%	58%	75%

Tabel 13.5.1. Tabel sintetizator cu compararea soluțiilor de consolidare

Capitolul 14. Studiu de caz 5: CLĂDIRE MULTIETAJATĂ DE LOCUIT DIN BUCUREȘTI

14.1.Date tehnice

Clădirea a fost realizată în anul 1925. Regimul de înălțime al clădirii este Sp+P+3E, iar înălțimile de nivel sunt mari, așa cum se obișnuia în perioada respectivă. Clădirea a fost proiectată în concepție gravitațională, fără un calcul măcar rudimentar la acțiunea unui eventual cutremur, însă meritul proiectantului a fost acela de a încerca să asigure o dispunere aproape simetrică a pereților structurali în raport cu cele două axe principale ale clădirii. [70]

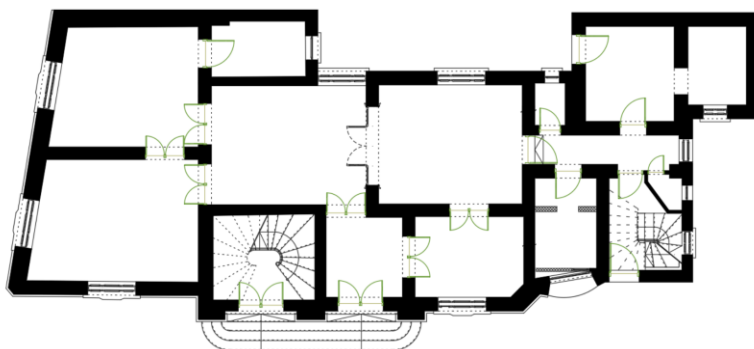


Fig. 14.2.1. Plan parter [71]

Din punct de vedere constructiv clădirea se compune din următoarele subansambluri structurale: fundații din cărămidă ușor friabilă și var hidrolic și talpă de beton simplu, pereți din cărămidă plină ceramică cu mortar de var, planșee din beton armat peste subsol și din lemn și beton armat peste celelalte niveluri și șarpantă din lemn. [71]

14.2.Modelarea matematică și analiza caracteristicilor dinamice

Moduri de vibrație	Model zidărie "shell"	Rezultate măsuratori dinamice "in situ"
T1 (s)	0.377	0.45
T2(s)	0.28	0.32
T3 (s)	0.252	-

Tabel. 14.2.1. Tabel comparativ cu diferitele caracteristici dinamice obținute pentru clădire [82]

Modelul numeric realizat a fost calibrat cu ajutorul unor măsurători dinamice, care oferă niște indicii despre starea reală de degradare a structurii de rezistență.

Prima soluție propusă de creștere a rezilienței seismice este de reconfomrare structurală fără consolidare. Prin cea de-a doua soluție, pereții structurali se vor consolida prin realizarea unei tencuieli armate cu grosimea de 6 cm și armată cu plasă sudată cu diametru $\phi 8/100/100$. Consolidarea se va realiza doar la partea interioară a structurii,

pentru a păstra intacte fațadele structurii. De asemenea, se vor realiza planșee de beton armat. Cea de-a treia soluție de consolidare este una modernă, care este compatibilă cu zidăria de var. Este vorba despre cămășuirea cu grile polimerice pe ambele fețe ale peretelui. Sinteza rezultatelor obținute este prezentată în tabelul 14.3.1.

14.3.Sinteza comparativă a celor două soluții de consolidare

Comparația rezultatelor					
		Zidărie existentă	Reconformare fără consolidare	Consolidare curentă	Grile polimerice
Greutatea structurii (kN)		15128	19997	19403	15550
Forța tăietoare de bază (kN)	Longitudinal	3994	5291	4844	3994
	Transversal	4709	6257	5219	4709
Perioada modului fundamental (s)		0,45	0,42	0,218	0,43
Perioada celui de-al doilea mod (s)		0,32	0,317	0,151	0,31
Perioada celui de-al treilea mod (s)		0,303	0,247	0,142	0,301
Reziliența maximă		55%	58%	90%	83%
Reziliența minimă		43%	52%	77%	74%

Tabel 14.3.1. Tabel sintetizator cu compararea soluțiilor de consolidare [88]

Concluzii finale ale studiilor de caz

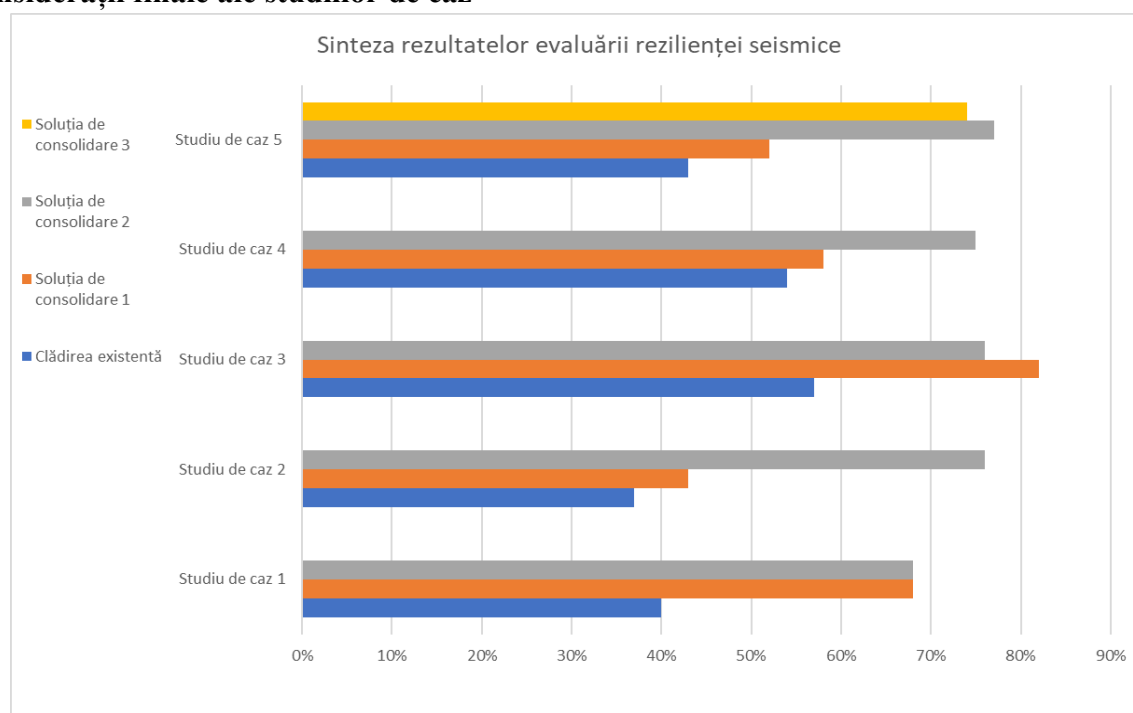
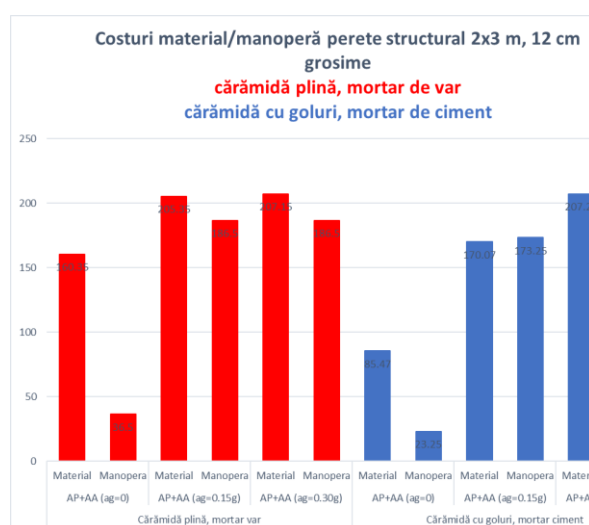
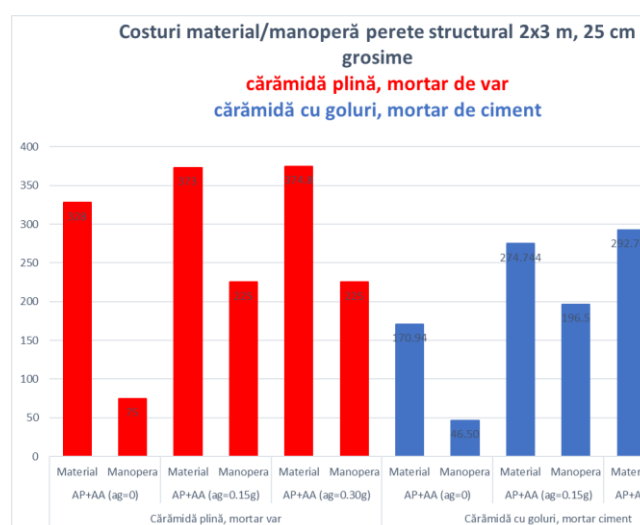
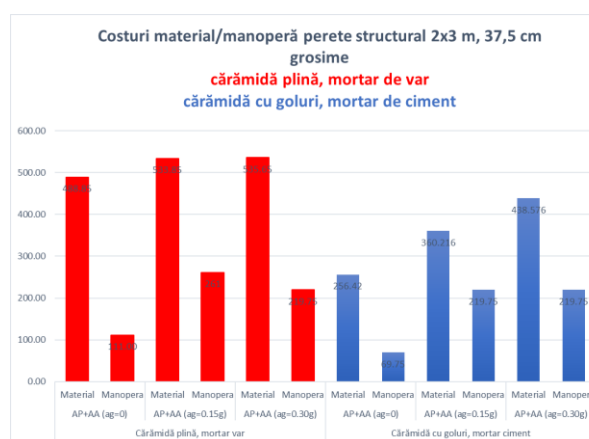
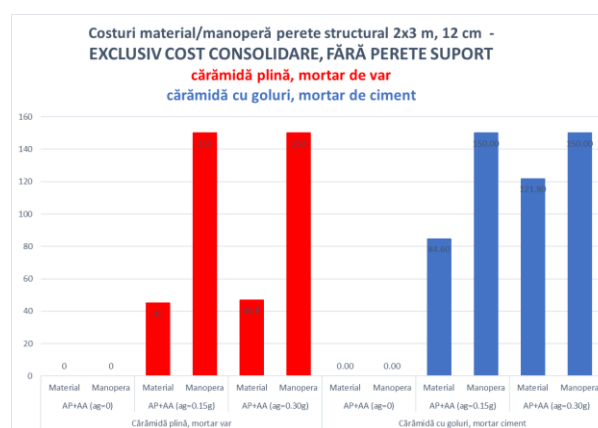


Fig. 14.3. Sinteza rezultatelor evaluării rezilienței seismice pentru cele 5 studii de caz**Capitolul 15. Performanțe economice****15.1.Date tehnice**

Pentru realizarea unei evaluări economice, s-a ales un perete plan de zidărie cu lungime $L=3.00$ m și înălțime $H=2,00$ m. Calculul s-a făcut pentru cărămidă plină presată și cărămidă ceramică cu goluri verticale. Dimensiunea aleasă a plăcilor de cărămidă, $l \times b \times h$, va fi de $12 \times 26 \times 6,5$ cm. Aceste dimensiuni permit realizarea de pereți cu toate cele trei grosimi propuse. Plăcile cărămizilor ceramice cu goluri verticale vor fi de 3 dimensiuni $l \times b \times h$, în funcție de grosimea pereților: $0,25 \times 0,12 \times 0,25$ cm, $0,25 \times 0,25 \times 0,25$ cm, $0,25 \times 0,38 \times 0,25$ cm.

**Fig. 15.1.1.** Prețuri materiale și manoperă realizare perete grosime 12 cm**Fig. 15.1.2.** Prețuri materiale și manoperă realizare perete grosime 25 cm**Fig. 15.1.3.** Prețuri materiale și manoperă realizare perete grosime 37,5 cm**Fig. 15.1.4.** Prețuri materiale și manoperă strict consolidare perete, grosime 12 cm

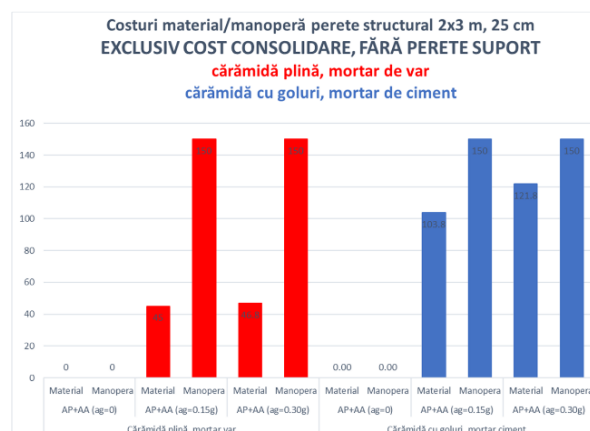


Fig. 15.1.5. Prețuri materiale și manoperă strict consolidare perete, grosime 25 cm

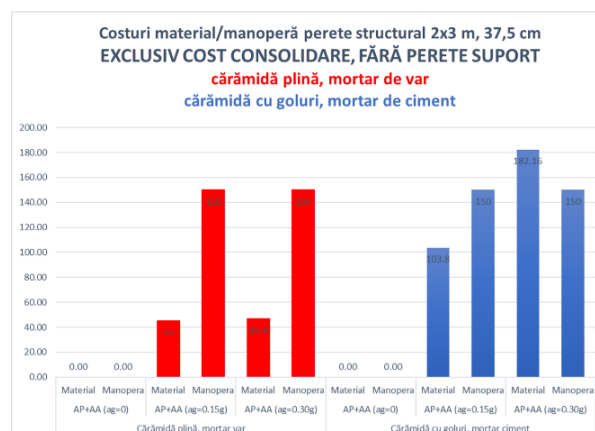


Fig. 15.1.6. Prețuri materiale și manoperă strict consolidare perete, grosime 37,5 cm

15.2. Concluzie

Costurile consolidării unui perete de zidărie plină și mortar de var este mai redus față de cele ale consolidării unui perete de cărămidă cu goluri și mortar de ciment. Costurile execuției unui perete de zidărie plină și mortar de var cu tencuială cu grile polimerice este mai mare decât cel al execuției unui perete de zidărie cu goluri și mortar de ciment.

Capitolul 16. Concluzie

Toate obiectivele tezei de doctorat au fost îndeplinite.

Capitolul 17. Contribuții personale

Contribuțiile personale reprezintă definirea rezilienței seismice în contextul clădirilor interbelice, validarea modelelor experimentale prin analiză numerică, evaluarea rezilienței seismice pentru clădiri interbelice precum și propunerea de metode de sporire.

Bibliografie

Bibliografia cuprinde 87 surse.

Glosar de termeni.....	308
Listă de abrevieri.....	311
Rezumat.....	313
Summary.....	314