
Studiul avansat al cadrelor contravântuite excentric cu capacitate de re-centrare: tipologii noi de linkuri și influența plăcii din beton armat (ARNIS)

Cod proiect: N-III-P1-1.1-PD-2016-1655
Contractul de finanțare nr. PD 139 / 2018

Raport tehnic și științific final

Cuprins

| | | |
|----------|---|-----------|
| 1 | INTRODUCERE | 3 |
| 2 | OBIECTIVE | 3 |
| 3 | SINTEZA ACTIVITATILOR | 3 |
| | ACT. 1.1 PROIECTAREA STRUCTURILOR PROTOTIP | 3 |
| | ACT. 1.2 PROIECTAREA PROGRAMULUI EXPERIMENTAL – PRIMA PARTE | 4 |
| | ACT. 2.1 PROIECTAREA PROGRAMULUI EXPERIMENTAL – A DOUA PARTE (PROIECTAREA SPECIMENELOR EXPERIMENTALE) | 5 |
| | ACT. 2.2 FABRICAREA SPECIMENELOR EXPERIMENTALE | 5 |
| | ACT. 2.3 INCERCARI PE MATERIALE | 6 |
| | ACT. 2.4 INCERCARI EXPERIMENTALE PE LINKURI IZOLATE | 7 |
| | ACT. 2.5 INTERPRETAREA REZULTATELOR EXPERIMENTALE - PRIMA PARTE (LINKURI) | 8 |
| | ACT. 2.6 MODELE CU ELEMENTE FINITE PE LINKURI | 15 |
| | ACT. 3.1 INCERCAREA EXPERIMENTALA DINAMICA PE MASA VIBRANTA A UNUI CADRU PORTAL 3D LA SCARA REDUSA | 19 |
| | ACT. 3.2 INTERPRETAREA REZULTATELOR EXPERIMENTALE – A DOUA PARTE (CADRE) | 19 |
| | ACT. 3.3 STUDIUL NUMERIC PENTRU PERFORMANTA CADRELOR | 21 |
| 4 | CONCLUZII | 22 |

1 Introducere

Omenirea este tot mai preocupată în ultima vreme de numărul mare de pierderi umane și materiale care pot apărea în urma unor cutremure. Astfel, inginerii structuriști fac eforturi pentru a găsi soluții care să asigure siguranța, fără a atrage costuri mari. Cadrele contravântuite excentric reprezintă soluția care asigură echilibru între rigiditate și ductilitate structurală. Pentru a reduce costurile și timpul de nefuncționare al unei clădiri în urma unui cutremur, conceptele de elemente disipative demontabile (oferă capacitate de disipare a energiei și sunt ușor de înlocuit) și capacitate de re-centrare (oferită de cadrele necontravântuite mai flexibile) pot fi implementate într-o structură duală, obținută prin combinarea cadrelor metalice contravântuite excentric (EBF) cu linkuri demontabile, cu cadre necontravântuite (MRF). Au fost deja studiate performanța seismică, capacitatea de re-centrare și fezabilitatea procedurii de înlocuire a linkurilor, pe cadre cu linkuri cu placă de capăt, în cadrul proiectului DUAREM (2014).

Pentru a obține o abordare mai generală, cercetarea propusă în cadrul proiectului are ca scop extinderea investigațiilor și pe alte tipologii de linkuri, cum ar fi cele cu placă de capăt extinsă.

2 Obiective

Proiectul de față a avut ca obiective principale următoarele:

- Extinderea numerică a validării capacității de re-centrare (studiată în cadrul proiectului DUAREM) și a fezabilității înlocuirii linkurilor, pe linkuri cu suruburi și placa de capăt extinsă. Acest tip de geometrie a îmbinării asigură o capacitate mai mare a acestuia, astfel ca linkurile scurte pot fi proiectate mai lungi. Astfel, se poate obține o capacitate de deformare mai mare a structurii, presupunând cerințe de performanță acceptabile la SLU fără a reduce factorul de comportare;
- Studiul influenței plăcii din beton armat asupra EBF-urilor, cuantificând experimental influența acestuia asupra a două tipuri de linkuri cu suruburi (rezistență, rigiditate, ductilitate): cu placa de capăt și cu placa de capăt extinsă;
- Studiul contribuției plăcii din beton armat de-a lungul unor cicluri succesive de încărcare inelastică;
- Investigarea necesității reparării plăcii din beton armat după deteriorarea acestuia până la SLU, în vederea unei viitoare performanțe seismice acceptabile și aplicarea unei proceduri de reparare dacă este necesară.

3 Sinteza activităților

În cele ce urmează se prezintă, defalcat pe etape și activități, realizarea acestor obiective.

Act. 1.1 Proiectarea structurilor prototip

Planul structurilor prototip este prezentat în Figura 1. Acestea au trei deschideri de 6 m pe o direcție și cinci deschideri de 6 m pe cealaltă direcție. Înălțimea fiecărui nivel este de 3,5 m.

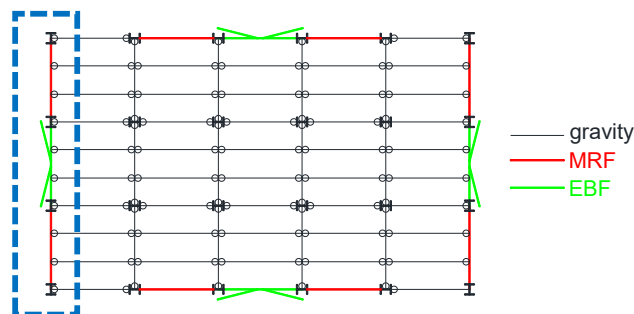


Figura 1. Configurația în plan a structurilor prototip

Sistemul principal de preluare a forțelor laterale este compus din patru cadre necontravântuite și două cadre contravântuite excentric pe fiecare direcție transversală. Cadrele marginale sunt cadre

metalice duale, care combină două cadre necontravântuite (care asigură capacitatea necesară de recentrare a structurii, asigurând forțele de revenire după un cutremur) cu un cadru central contravântuit excentric cu bare disipative demontabile prinse cu șuruburi (care sunt destinate să asigure capacitatea de disipare a energiei și să fie ușor de înlocuit). Acestea sunt cadrele plane care vor fi proiectate și analizate în continuare (Figura 1). Toate celelalte cadre sunt sisteme de preluare a încărcărilor gravitaționale.

in cadrul primei activități a proiectului s-au proiectat și analizat structurile prototip ale proiectului, investigând două nivele de înălțime: o structură cu înălțime medie (P+2E) și una cu înălțime mai mare (P+5E) (a se vedea Figura 2). Fiecare structură a fost proiectată și investigată numeric cu două tipuri de linkuri demontabile: cu placă de capăt (F) și cu placă de capăt extinsă (E) (a se vedea Figura 3).

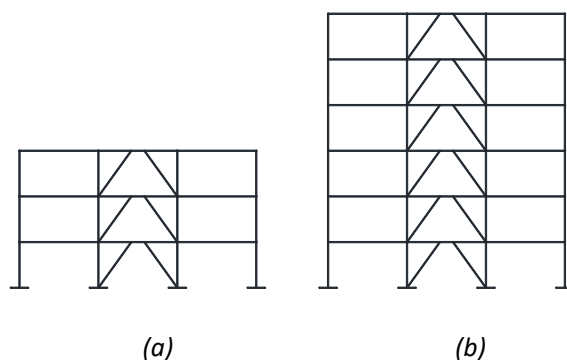


Figura 2. Configurația structurii de înălțime medie (a) și cea mai înaltă (b)

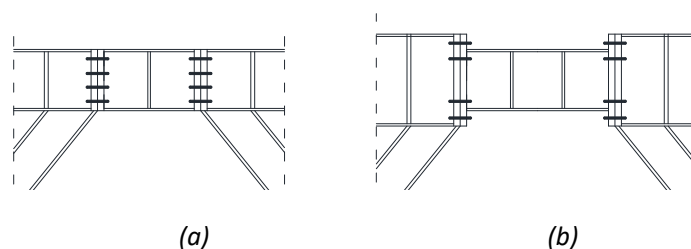


Figura 3. Link cu placă de capăt (a) și link cu placă de capăt extinsă (b)

Act. 1.2 Proiectarea programului experimental – prima parte

După proiectarea structurilor prototip, s-a analizat baza materială existentă pentru derularea încercărilor experimentale. Laboratorul CMMC din cadrul Facultății de Construcții, ca parte integrantă din Platforma integrată de cercetare și dezvoltare pentru comportarea structurilor sub Acțiuni Extreme – ACTEX (<http://erris.gov.ro/ACTEX>) este echipat cu: zid de reacție și planșeu rigid – pentru încercări statice, cvasi-statice și pseudo-dinamice pe structuri la scară reală și redusă, 4 actuatori statici 1015/1460 kN și 2 dinamici de 500kN, masa vibrantă cu un grad de libertate dinamic (1.5x1.5), echipament Instron de 1000 kN pentru încercări pe epruvete de material, 2 sisteme de măsurare non-contact care folosesc tehnici de corelare a imaginii LIMESS VIC 3D și Corelated Solutions VIC 3D, sistem de achiziție de date National Instruments PXIe1078 și ESAM Traveler, captori de deplasare, timbre tensometrice.

S-a concluzionat necesitatea extinderii sistemului de achiziție de date existent, pentru a putea derula programul experimental din cadrul proiectului, prin achiziționarea, într-o primă fază, a următoarelor produse:

- Placă PXIe-6612
- Mufă front pentru Placă PXIe-6612
- Mufă backplane pentru Placă PXIe-6612

- Cutie conexiune 8 senzori
- Cablu ecranat

Au fost necesare, de asemenea, servicii de programare si de consultanță pentru hardware, pentru a putea implementa și încadra noile produse achiziționate în cadrul sistemului de achiziție de date existent

Act. 2.1 Proiectarea programului experimental – a doua parte (proiectarea speci­menelor experimentale)

Pentru a asigura buna desfasurarea a activitatilor 2.3, 2.4 si 3.1, s-a proiectat programul, montajul si speci­menele experimentale. Astfel s-a realizat proiectul tehnic de executie (planse de montaj, de ansamblu si pentru fiecare piesa in parte) al speci­menelor si standului experimental pentru linkuri izolate (scara reala) si cadrul (scara redusa) pentru masa vibranta (vezi Figura 4 si Figura 5), cu caietele de sarcini corespunzatoare (conditii tehnologice de realizare si extrase de materiale).

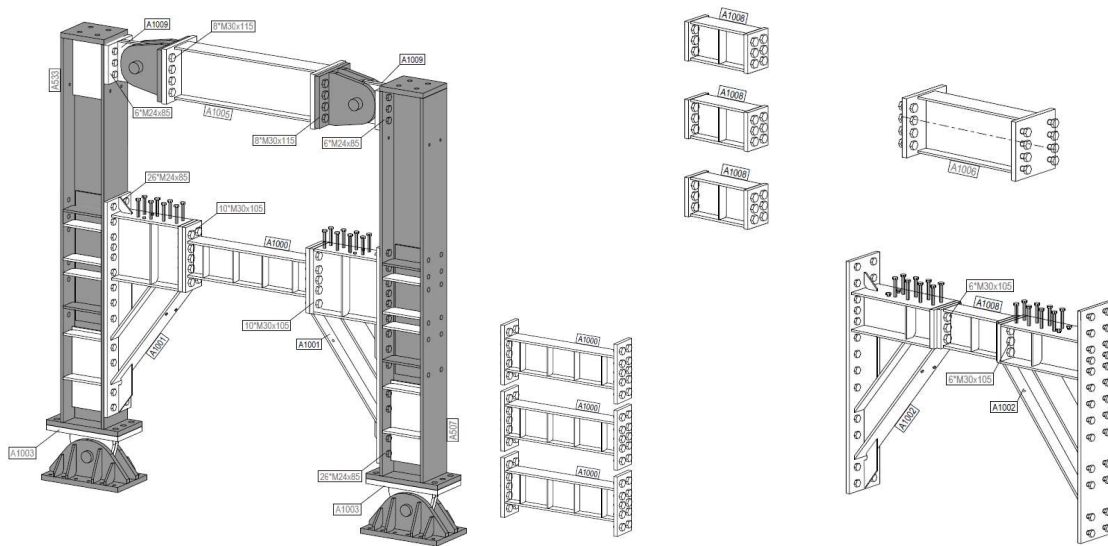


Figura 4. Montajul speci­menelor pentru linkurile izolate (extras din proiectul tehnic)

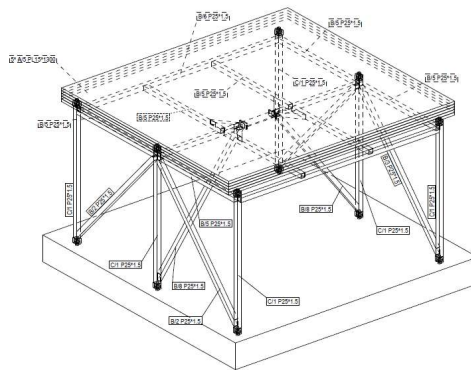


Figura 5. Montajul speci­menului pentru incercarile pe masa vibranta (extras din proiectul tehnic)

Act. 2.2 Fabricarea speci­menelor experimentale

Conform proiectului tehnic de executie, s-au fabricat speci­menele experimentale pentru linkuri izolate (scara reala) si pentru cadrul (scara redusa) de pe masa vibranta.

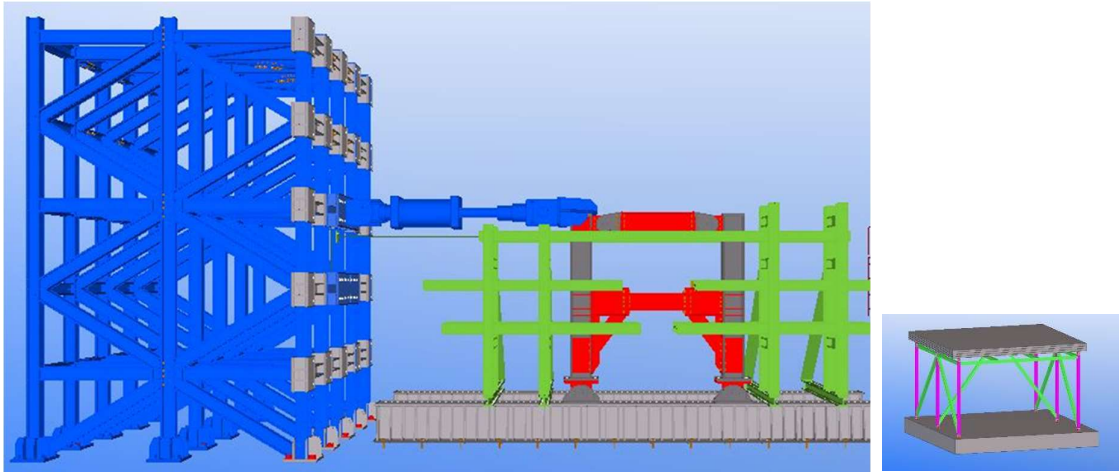


Figura 6. Vederi 3D ale speciemenelor conform proiectului tehnic



Figura 7. Speciemenele fabricate

Act. 2.3 Incercari pe materiale

Pentru determinarea caracteristicilor oțelului folosit la fabricarea linkurilor, au fost efectuate încercări la tracțiune pe epruvete extrase din acestea (Figura 8).

Caracteristicile principale ale încercărilor: limita de curgere superioară f_y (R_{eH}), rezistența la rupere f_u , raportul dintre f_u/f_y și alungirea la rupere A , sunt prezentate în Table 1.

Table 1. Rezultate incercari la tractiune

| Element | Sample | Steel grade | f_y (R_{eH}), N/mm ² | f_u (R_m), N/mm ² | f_u/f_y , (R_m/R_{eH}) | A , % |
|---------------------|--------|-------------|---------------------------------------|------------------------------------|---------------------------------|---------|
| Inima link | L6 | S355 | 307.55 | 411.00 | 1.336 | 36.0 |
| Talpa link | L15 | S355 | 398.07 | 524.08 | 1.317 | 25.6 |
| Placa de capat link | L30 | S355 | 282.68 | 417.62 | 1.477 | 37.4 |

Valorile din tabel reprezintă media a trei încercări. Curbele caracteristice efort unitar – alungire specifica (σ - ϵ) sunt prezentate în Figura 9.



Figura 8. Incercarile la tractiune

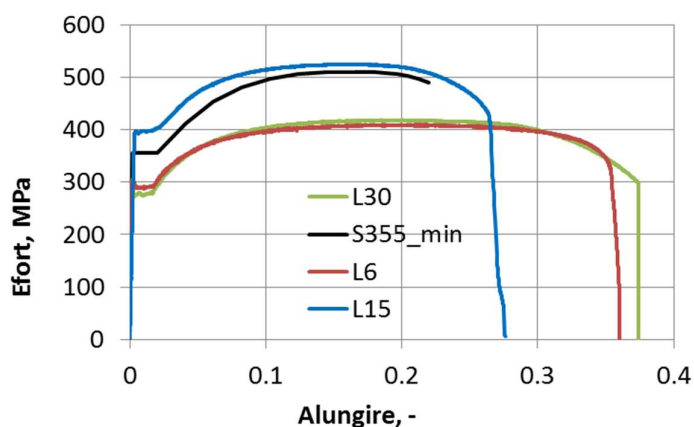


Figura 9. Curba caracteristica efort unitar – alungire

Act. 2.4 Incercari experimentale pe linkuri izolate

Prin programul experimental pe linkuri demontabile cu placa de capat (F) si placa de capat extinsa (E), cu si fara placa din beton (B), extrase din structurile prototip prezentate in Livrabilul D1, se studiaza:

- Comportarea (capacitatea, supra-rezistenta, ductilitatea, rigiditatea) la incarcari ciclice a celor doua tipologii de linkuri
- Influenta locala a placii din beton asupra cadrelor EBF, cuantificand experimental rezistenta, rigiditatea si ductilitatea linkurilor ;
- Necesitatea repararii placii din beton dupa deteriorarea linkurilor pana la SLU pentru o performanta seismica viitoare acceptabila si repararea betonului, daca este necesar.

Bara disipativă (linkul) demontabilă, formată dintr-o sectiune transversala I sudata a fost executata din oțel S355, la fel si restul structurii, care trebuie să rămână în domeniul elastic. Pentru a studia

influența tipologiei de îmbinare, au fost dimensionate 2 tipuri de linkuri: cu placa de capat (F) și cu placa de capat extinsa (E). Lungimea primei tipologii a rezultat $e=500$ mm, iar celei de-a doua $e=1000$ mm, măsurate între capetele diagonalelor. Ambele lungimi se încadrează în domeniul barelor disipative scurte, care lucrează preponderent la tăiere, cea de-a doua reprezentând limita superioară. Un alt parametru considerat a fost prezenta plăcii din beton armat (B). Astfel, cele 4 specimene experimentale care au rezultat în vederea încercării sunt prezentate în Table 2. Specimenele fără beton sunt încercate monotonic și ciclic, iar cele cu beton sunt încercate ciclic, cu placa de beton intactă și cu placa de beton reparată.

Table 2. Programul experimental

| Incarcare | Incarcare | e [mm] |
|-----------|-----------|--------|
| LF1-M | monotona | 500 |
| LF2-C | ciclica | 500 |
| LF3-C-B | ciclica | 500 |
| LF4-C-BR | ciclica | 500 |
| LE1-M | monotona | 1000 |
| LE2-C | ciclica | 1000 |
| LE3-C-B | ciclica | 1000 |
| LE4-C-BR | ciclica | 1000 |

După fiecare încercare, linkurile sunt demontate prin desurubare. Restul structurii, care trebuie să rămână în domeniul elastic, se refolosește de la o încercare la alta.

Încercarea speciemenelor de link prevede o încercare monotonică, pentru ridicarea relației caracteristice forță-deplasare, folosită pentru a determina limita de curgere. Deplasarea e_y și forța F_y la curgere sunt obținute la intersecția dintre rigiditatea inițială α_y și o tangentă la curba F-e având panta de 10% din rigiditatea inițială (ECCS). Pentru încarcarile ciclice se folosește protocolul de încercare AISC pentru linkuri:

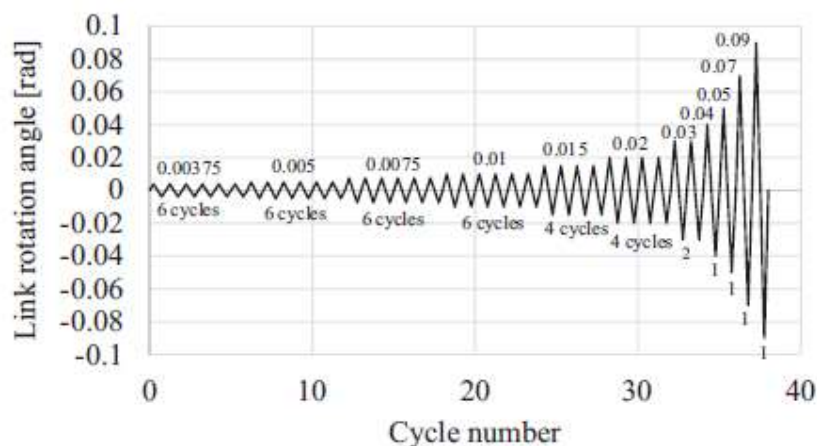


Figura 10. Protocol de încercare AISC pentru linkuri.

Act. 2.5 Interpretarea rezultatelor experimentale - prima parte (linkuri)

- **Încecarea LF1-M**

Prima încercare din programul experimental a fost una monotonică în control de deplasare, folosind primul link de forfecare cu placă de capăt LF1, aplicând deplasare până la cedarea din forfecare a speciemenului, reprezentată de cedarea inimii și a tălpii linkului, prin fisurarea în zona influențată termic de sudură (ZIT), urmată de cedarea șuruburilor întinse, din primul rând, din îmbinarea dintr-o parte (a se vedea Figura 11), restul montajului rămânând elastic.

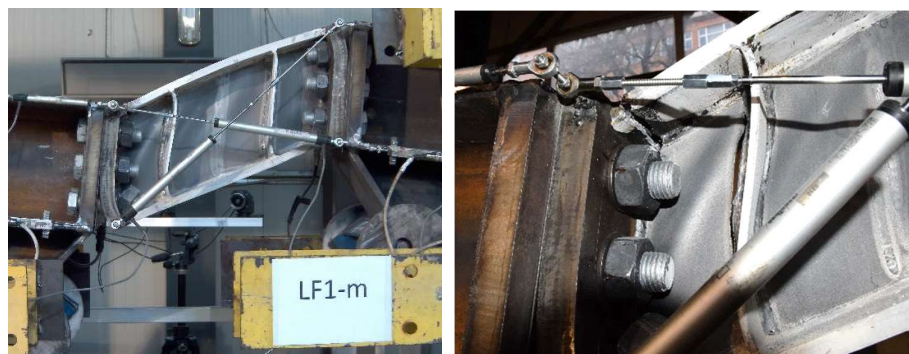


Figura 11. Modul de cedare și starea linkului la sfârșitul încercării LF1-M

Linkul deteriorat a fost eliminat prin deșurubare și tăiere cu flacăra a șuruburilor întinse din primul rând din îmbinarea din cealaltă parte, care au fost prea deformate pentru a fi deșurubate.

Relația experimentală forță tăietoare – deformație de forfecare pentru încercarea LF1-M este prezentată în **Error! Reference source not found.**, evidențiind rigiditatea inițială K_{ini} , forța tăietoare de curgere V_y , forța tăietoare maximă V_{max} și deformația de forfecare ultimă γ_{Tu} .

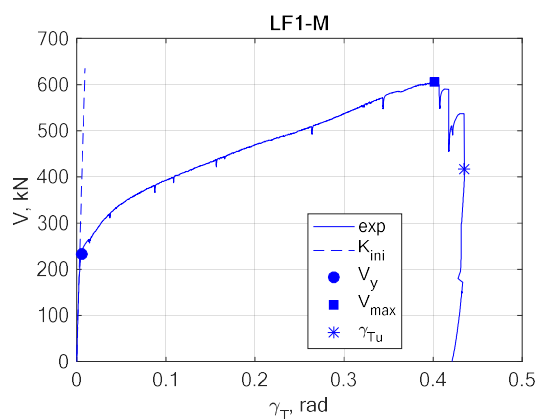


Figura 12. Relația experimentală forță tăietoare – deformație de forfecare pentru încercarea LF1-M

- **Încecarea LF2-C**

A doua încercare a programului experimental a fost una ciclică în control de deplasare, folosind al doilea link de forfecare cu placă de capăt LF2 și aplicând protocolul de încărcare AISC (monitorizând rotirea de forfecare a linkului) până la cedarea ciclică din forfecare a specimenului, reprezentată de cedarea inimii linkului prin fisurarea ZIT (a se vedea Figura 13), restul montajului rămânând elastic.

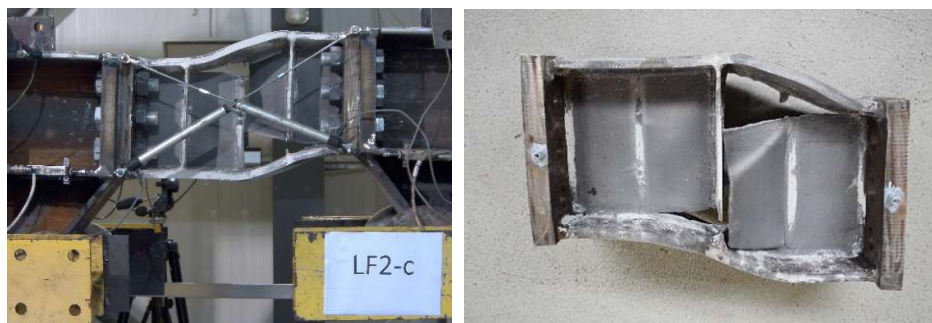


Figura 13. Modul de cedare și starea linkului la sfârșitul încercării LF2-C

Linkul deteriorat a fost eliminat prin deșurubare.

Relația experimentală forță tăietoare – deformație de forfecare pentru încercarea LF2-C este ilustrată în Figura 14.

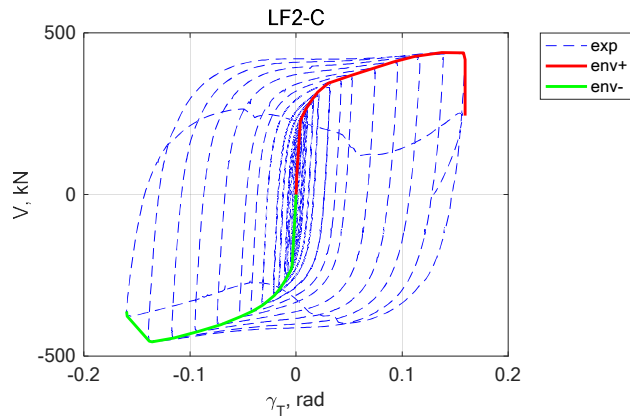


Figura 14. Relația experimentală forță tăietoare – deformație de forfecare pentru încercarea LF2-C

- **Încecarea LE1-M**

Pentru următoarele două încercări, grinzile au fost înlocuite cu unele cu secțiune mai înaltă pentru configurația cu placă de capăt extinsă, și stâlpul din dreapta al montajului a fost mutat cu 300 mm în dreapta pentru a face loc linkurilor mai lungi.

A treia încercare a programului experimental a fost una monotonă în control de deplasare, primul link de forfecare cu placă de capăt extinsă LE1, aplicând deplasare până la cedarea din forfecare a specimenului, reprezentată de cedarea tălpilor linkului din zinele întinse și propagarea fisurilor în inimă, în ZIT (a se vedea Figura 15), restul montajului rămânând elastic.



Figura 15. Deformația și cedarea și starea linkului la sfârșitul încercării LE1-M

Linkul deteriorat a fost eliminat prin deșurubare.

Relația experimentală forță tăietoare – deformație de forfecare pentru încercarea LE1-M este ilustrată în Figura 16, evidențiind rigiditatea inițială K_{ini} , forța tăietoare de curgere V_y , forța tăietoare maximă V_{max} și deformația de forfecare ultimă γ_{Tu} .

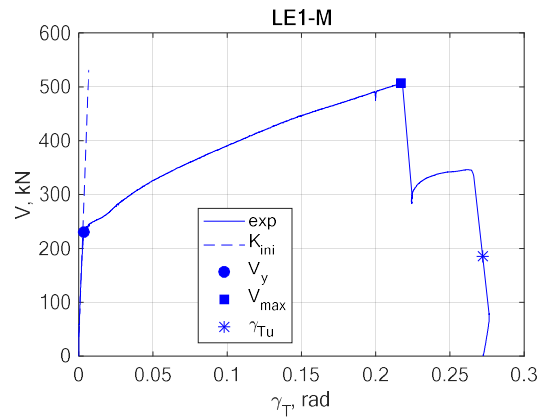


Figura 16. Relația experimentală forță tăietoare – deformație de forfecare pentru încercarea LE1-M

• **Încecarea LE2-C**

A patra încercare a programului experimental a fost una ciclică în control de deplasare, folosind al doilea link de forfecare cu placă de capăt extinsă LE2, aplicând protocolul de încărcare AISC (monitorizând rotirea de forfecare a linkului) până la cedarea ciclică din forfecare a specimenului, reprezentată de cedarea tălpilor linkului și propagarea fisurilor în inimă, în ZIT (a se vedea Figura 17), restul montajului rămânând elastic.

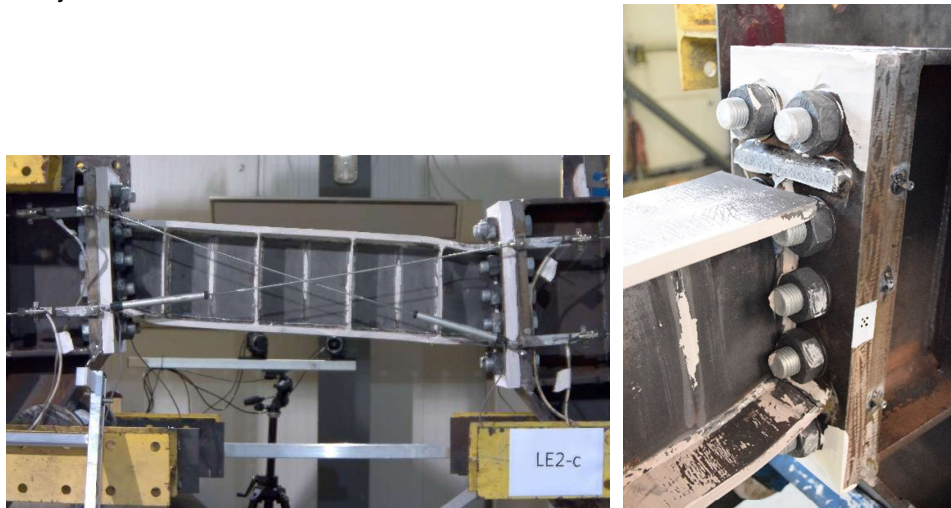


Figura 17. Deformația și cedarea și starea linkului la sfârșitul încercării LE2-C

Linkul deteriorat a fost eliminat prin deșurubare.

Relația experimentală forță tăietoare – deformație de forfecare pentru încercarea LE2-C este ilustrată în **Error! Reference source not found.**

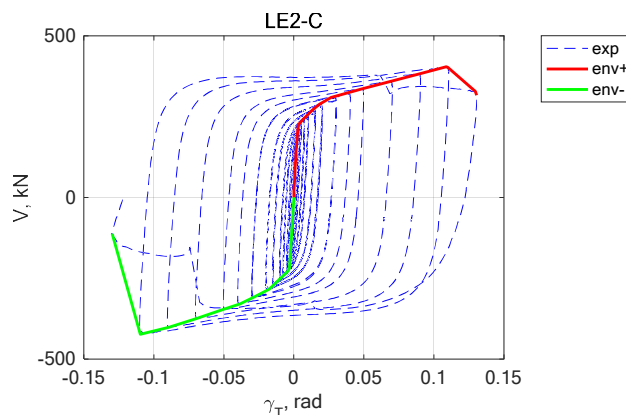


Figura 18. Relația experimentală forță tăietoare – deformație de forfecare pentru încercarea LE2-C

- **Încercarea LE3-C-B**

A cincea încercare a programului experimental a fost una ciclică în control de deplasare, folosind al treilea link de forfecare cu placă de capăt extinsă LE3, având placă din beton armat deasupra, aplicând protocolul de încărcare AISC (monitorizând rotirea de forfecare a linkului) până la obținerea unei rotiri de forfecare în link de 0,11 rad (considerată la SLU) (a se vedea Figura 19), restul montajului rămânând elastic.



Figura 19 .Deformația și starea linkului și a plăcii din beton la sfârșitul încercării LE3-C-B

Relația experimentală forță tăietoare – deformație de forfecare pentru încercarea LE3-C-B este ilustrată în Figura 20.

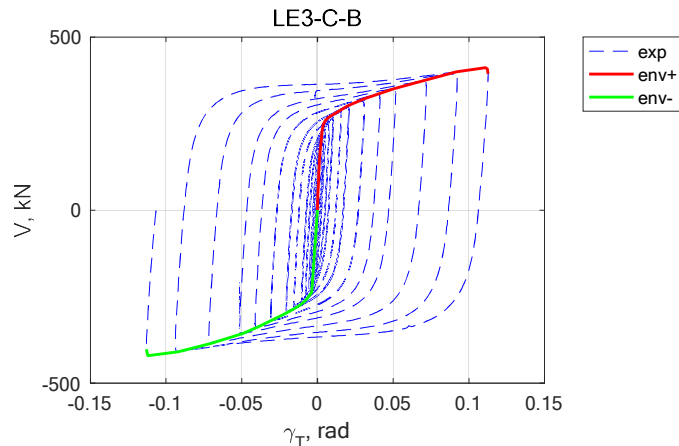


Figura 20. Relația experimentală forță tăietoare – deformație de forfecare pentru încercarea LE3-C-B

- **Încercarea LE4-C-BR**

A șasea încercare a programului experimental a fost tot una ciclică în control de deplasare, folosind al patrulea (și ultimul) link de forfecare cu placă de capăt extinsă LE4, având aceeași placă din beton armat deasupra (deterioararea fiind semnificativa, nu a fost posibilă repararea acesteia), aplicând protocolul de încărcare AISC (monitorizând rotirea de forfecare a linkului) până la cedarea ciclică din forfecare a specimenului, reprezentată de voalarea inimii, cedarea tălpilor linkului și propagarea fisurilor în inimă, în ZIT (a se vedea Figura 21), restul montajului rămânând elastic.



Figura 21. Deformația și cedarea și starea linkului la sfârșitul încercării LE4-C-BR

Linkul deteriorat a fost eliminat prin deșurubare.

Relația experimentală forță tăietoare – deformație de forfecare pentru încercarea LE3-C-B este ilustrată în **Error! Reference source not found.**

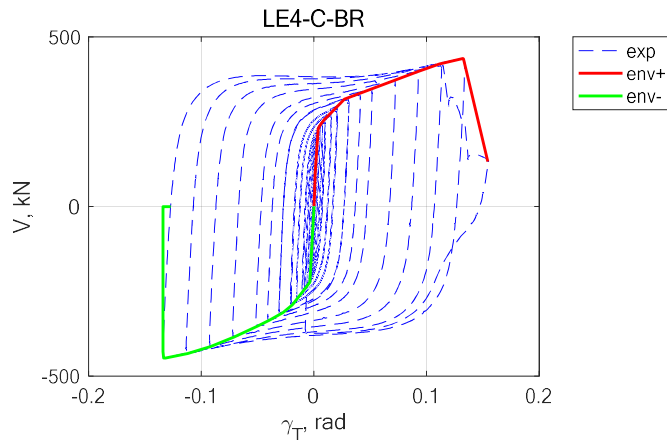


Figura 22. Relația experimentală forță tăietoare – deformație de forfecare pentru încercarea LE4-C-BR

- **Încercarea LF3-C-B**

A șaptea încercare a programului experimental a fost una ciclică în control de deplasare, folosind al treilea link de forfecare cu placă de capăt LF3, având placă din beton armat deasupra, aplicând protocolul de încărcare AISC (monitorizând rotirea de forfecare a linkului) până la obținerea unei rotiri de forfecare în link de 0,11 rad (considerată la SLU) (a se vedea Figura 23), restul montajului rămânând elastic.



Figura 23. Deformația și starea linkului și a plăcii din beton la sfârșitul încercării LE3-C-B

Pentru reparare s-a folosit un mortar pe baza de ciment pentru reparații structurale, monocomponent, modificat polimeric, cu conținut de fibre sintetice de armare, care satisface exigențele clasei de rezistență R4, conform standardului SR EN 1504-3, aplicat manual (a se vedea Figura 24).



Figura 24. Repararea placii din beton armat

Relația experimentală forță tăietoare – deformație de forfecare pentru încercarea LE3-C-B este ilustrată în Figura 25.

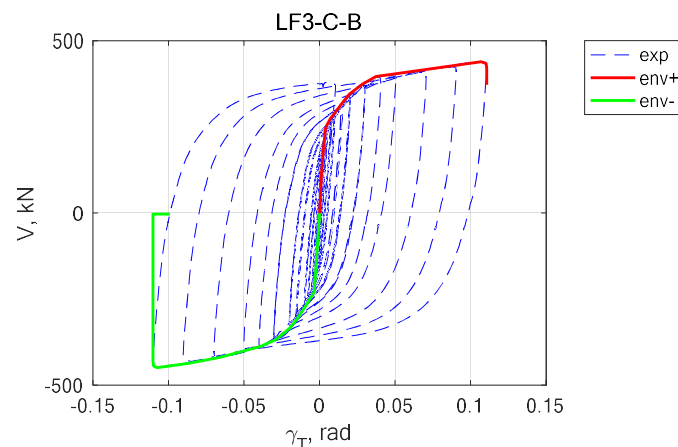


Figura 25. Relația experimentală forță tăietoare – deformație de forfecare pentru încercarea LF3-C-B

- **Încercarea LF4-C-BR**

A opta (și ultima) încercare a programului experimental a fost tot una ciclică în control de deplasare, folosind al patrulea (și ultimul) link de forfecare cu placă de capăt LF4, având placa din beton armat reparată deasupra, aplicând protocolul de încărcare AISC (monitorizând rotirea de forfecare a linkului) până la cedarea ciclică din forfecare a specimenului, reprezentată de voalarea și fisurarea inimii linkului, (a se vedea Figura 26), restul montajului rămânând elastic.



Figura 26. Deformația și cedarea și starea linkului la sfârșitul încercării LF4-C-BR

Linkul deteriorat a fost eliminat prin deșurubare și folosirea unei prese pentru îndepărtarea capetelor grinzilor.

Relația experimentală forță tăietoare – deformație de forfecare pentru încercarea LE3-C-B este ilustrată în Figura 27.

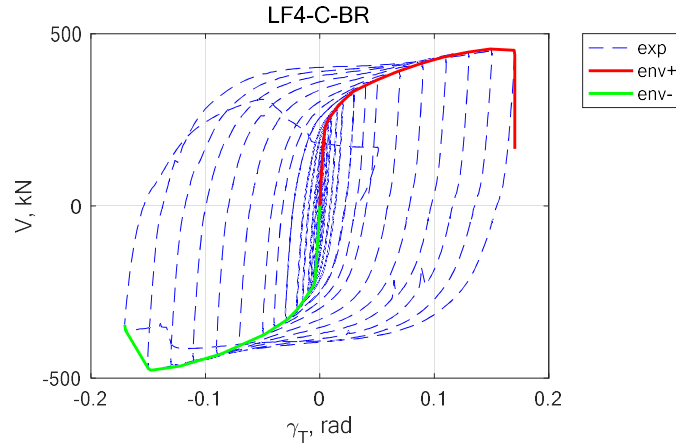


Figura 27. Relația experimentală forță tăietoare – deformație de forfecare pentru încercarea LF4-C-BR

Act. 2.6 Modele cu elemente finite pe linkuri

Pe lângă calibrarea linkului din cadrul seriei de încercări experimentale din 2003, din cadrul Facultății de Construcții din Timișoara (livrabil D4_a), s-au calibrat și linkurile din oțel încercate în programul experimental al prezentului proiect (din primele 4 încercări experimentale prezentate în Livrabilul D3 – a și b).

- **Linkul LF1-M**

Rezultatul simulării MEF se poate vedea în **Error! Reference source not found.**: modelul prezintă deformații ale placilor de capăt și în zona îmbinării dintre talpi și placile de capăt. De asemenea, se observă voalarea inimii linkului. Eforturile maxime apar în aceleași două rânduri de suruburi ca și în încercarea experimentală.

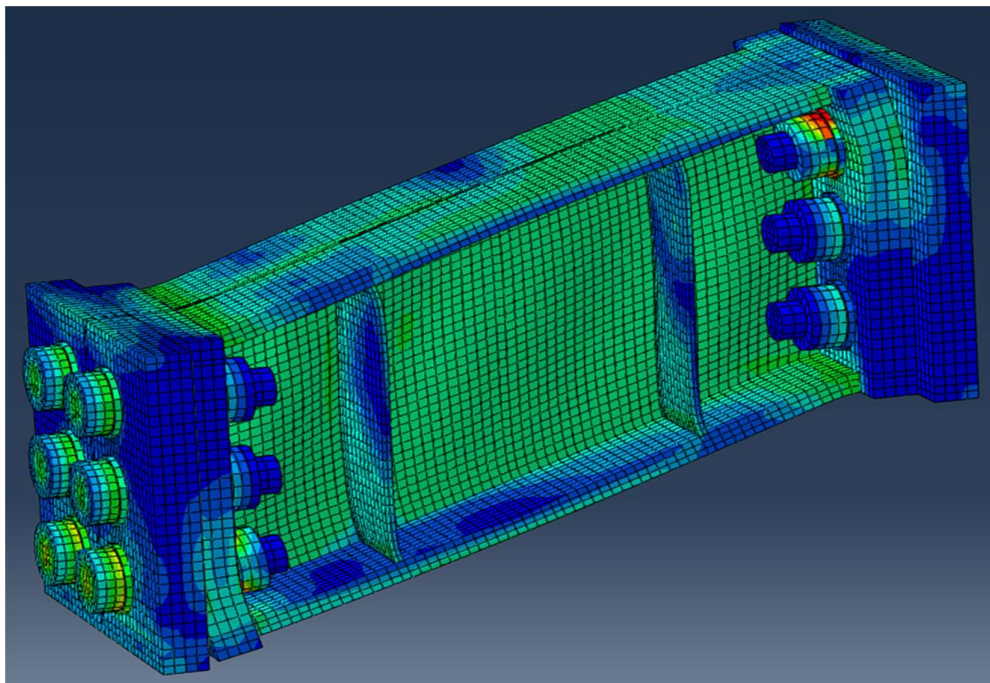


Figura 28. Deformațiile plastice ale linkului LF1-M

In Figura 29 este ilustrata comparatia dintre rezultatele experimentale si curba de comportare din ABAQUS.

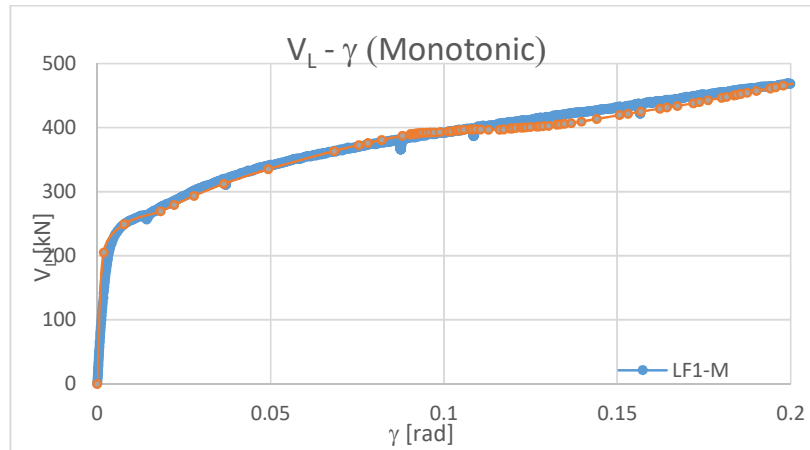


Figura 29. Comparatia dintre rezultatele experimentale si simularea numerica pentru LF1-M

- **Linkul LE1-M**

In Figura 30 se observa rezultatele pentru simularea MEF a linkului LE1-M: eforturile maxime apar la imbinarea dintre talpi si placile de capat, la fel ca si in incercarea experimentală, in celelalte zone nu apar deformatii mari.

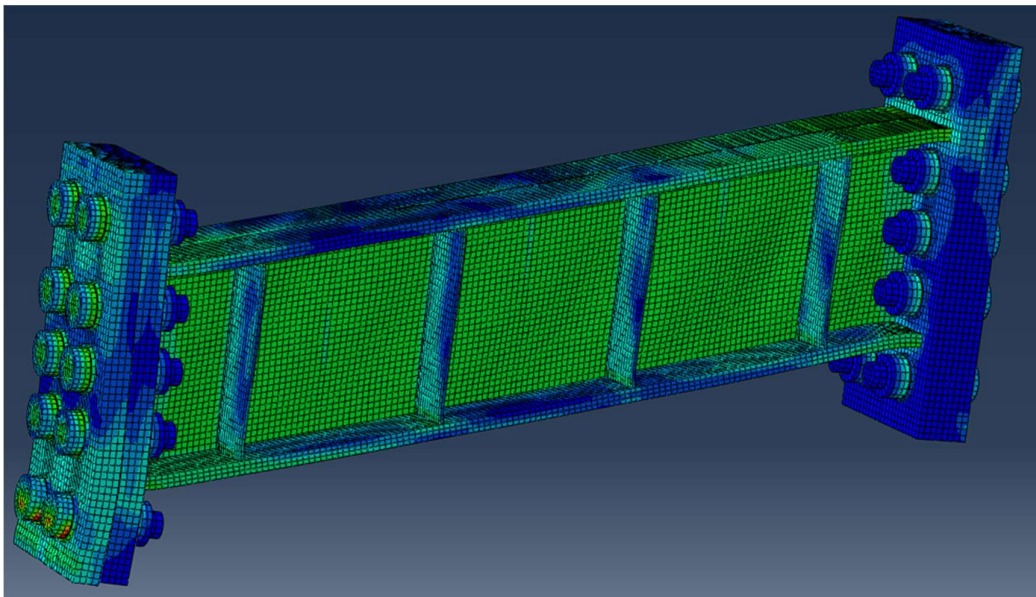


Figura 30. Deformatiile plastice ale linkului LE1-M

In Figura 31 este ilustrata comparatia dintre rezultatele experimentale si curba de comportare din ABAQUS.

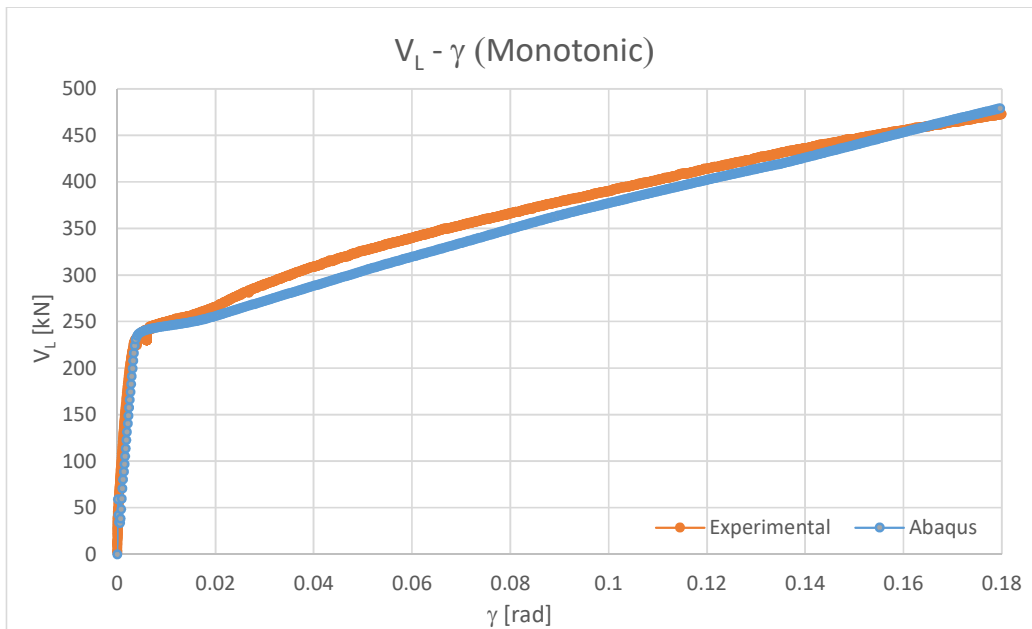


Figura 31. Comparatia dintre rezultatele experimentale si simularea numerica pentru LE1-M

- **Linkul LF2-C**

Pentru acest model, la fel ca si in incercarea experimentală, mecanismul de cedare se datorează voalării inimii, după cum se poate observa în Figura 32. Deformațiile din MEF sunt similare cu cele experimentale: apar deformații la capetele linkului, dar zona cea mai afectată este inima.

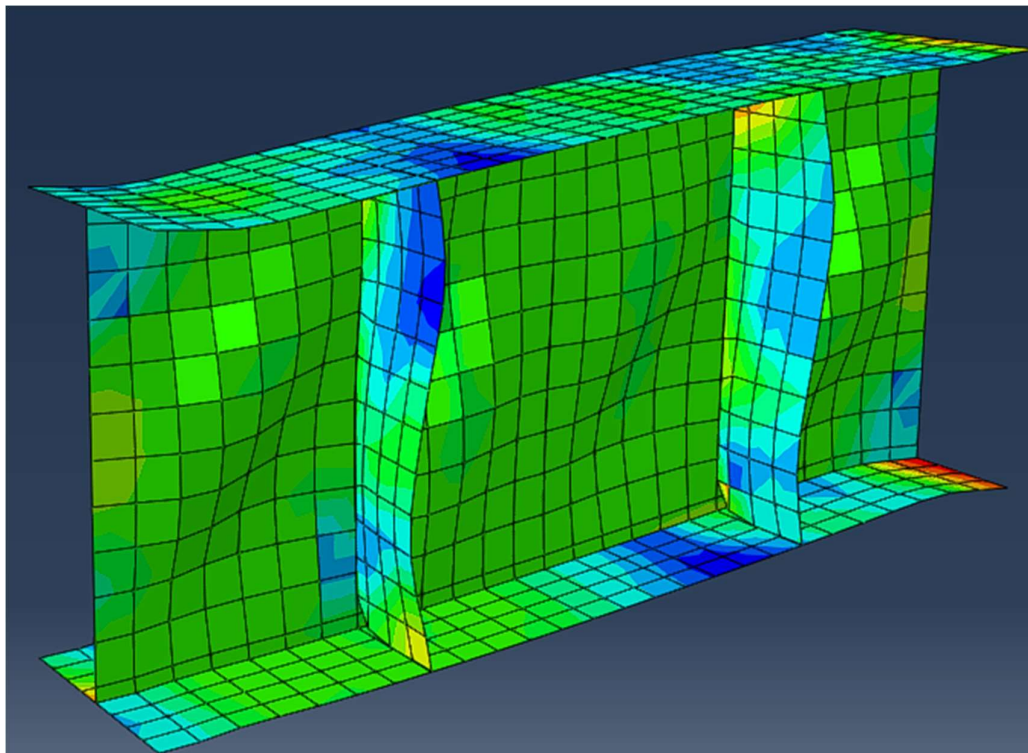


Figura 32. Deformațiile plastice ale linkului LF2-C

În Figura 33 se poate observa comparația dintre curbele $V_L - \gamma_T$ ale încercării experimentale și modelării MEF. Nu s-a putut obține o potrivire perfectă a celor două curbe deoarece comportarea monotonă a oțelului S355 a fost adaptată în modelul ciclic adoptând modelul Kauffman.

Cu toate acestea, se suprapun perfect in fiecare ciclu, principalele diferente aparand doar in ultimele cicluri si doar pentru VL .

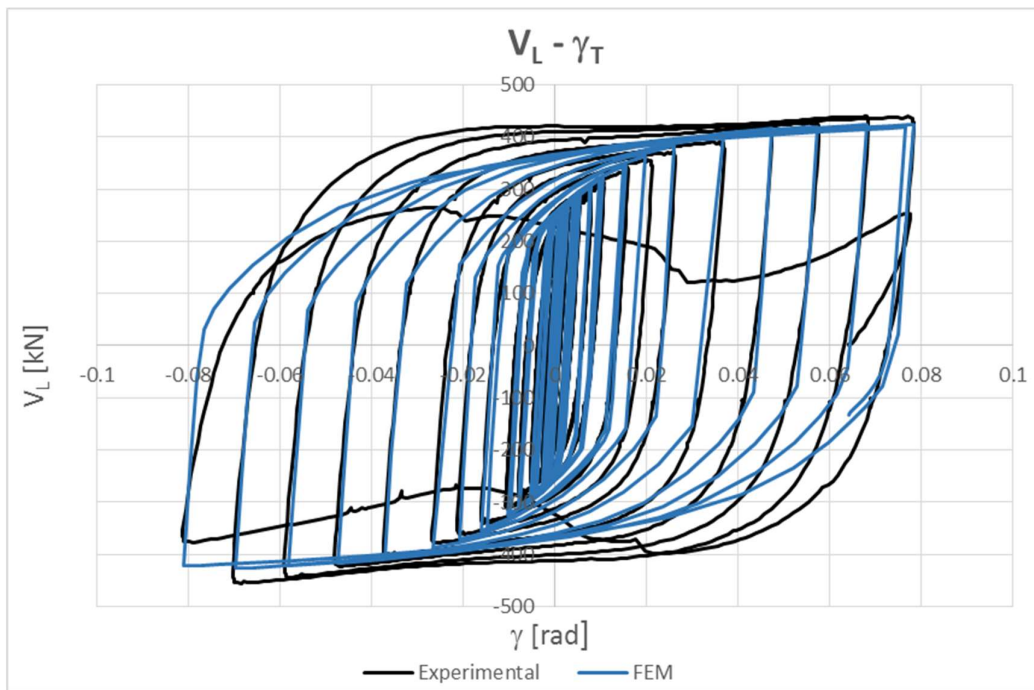


Figura 33. Comparatia dintre rezultatele experimentale si simularea numerica pentru LF2-C

- **Linkul LE2-C**

La fel ca si in incercarea experimentală, deformatiile cele mai mari apar la capetele linkului.

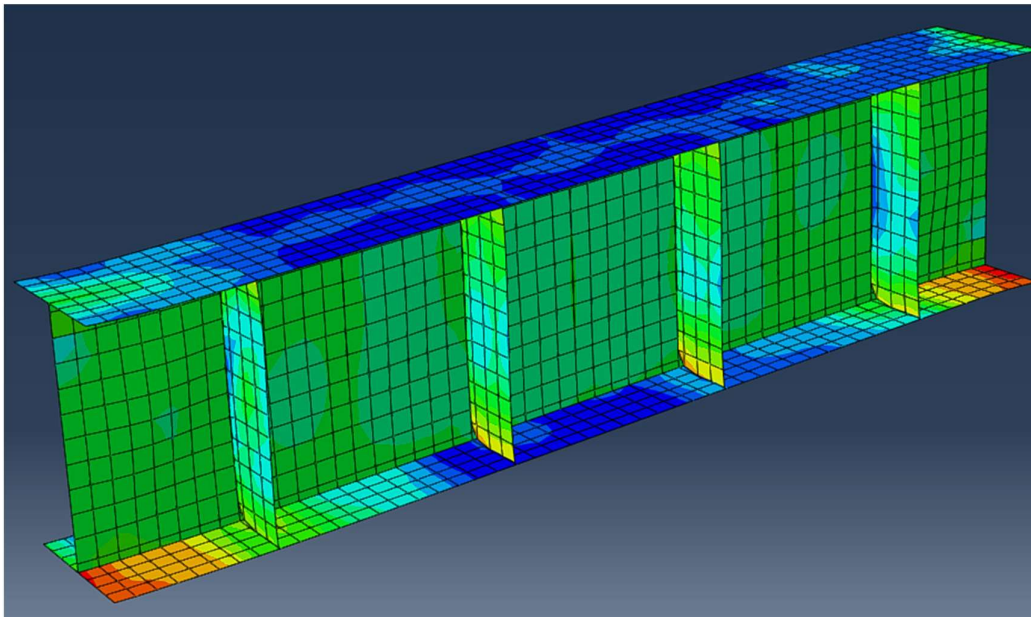


Figura 34. Deformatiile plastice ale linkului LE2-C

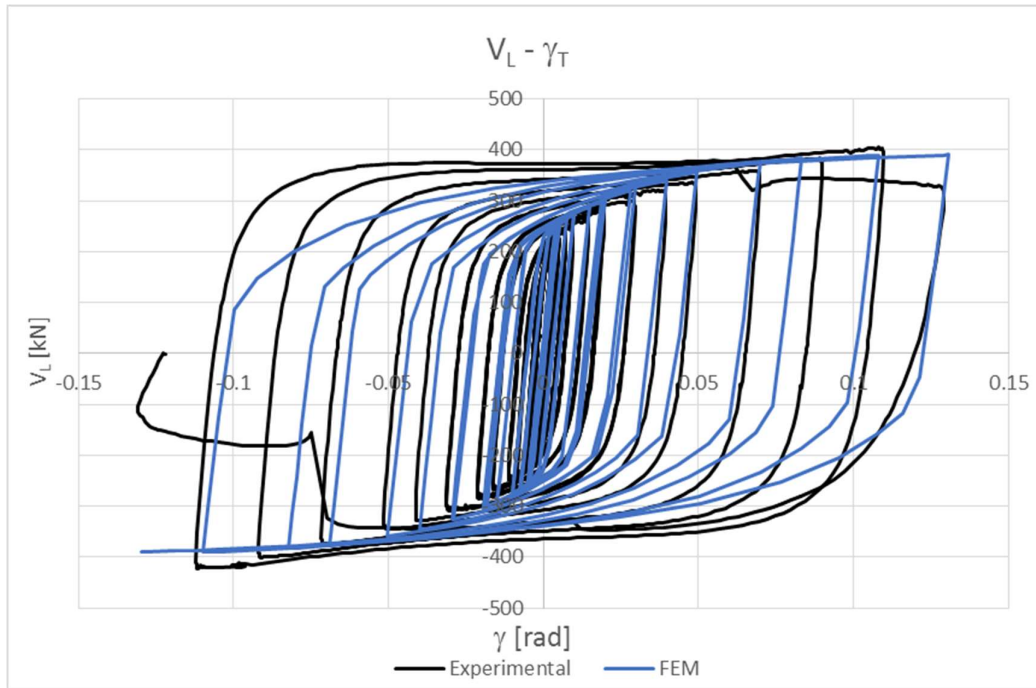


Figura 35. Comparatia dintre rezultatele experimentale si simularea numerica pentru LE2-C

Act. 3.1 Incercarea experimentală dinamică pe masa vibranta a unui cadru portal 3D la scara redusă

Scopul aceste activitati este acela de a simula experimental comportarea dinamică a unei structuri duale re-centrabile la scara redusă pe masa vibranta. Principalele obiective sunt de a valida capacitatea de re-centrare a specimenului și de a studia amplitudinea drifturilor remanente înregistrate în timpul simularilor experimentale.



Figura 36 – Cadru experimental pe masa vibranta

Act. 3.2 Interpretarea rezultatelor experimentale – a doua parte (cadre)

Scalarea cadrului (specimenului) experimental nu a fost posibilă respectând legile similitudinii din cauza limitărilor experimentale (masa vibranta din dotarea laboratorului nu are capacitatea necesară). Astfel ca s-a adoptat o altă soluție de scalare.

Structura prototip are înălțimea de nivel de 3.5 m și lungimea grinzilor de 6 m, cu o masă de nivel de 325 t la etajele curente și 352 t la ultimul etaj. Specimenul experimental a fost scalat geometric la scara de 1:4.8 pentru compatibilitate cu capacitatea masei vibrante (1.375 x 1.375 m).

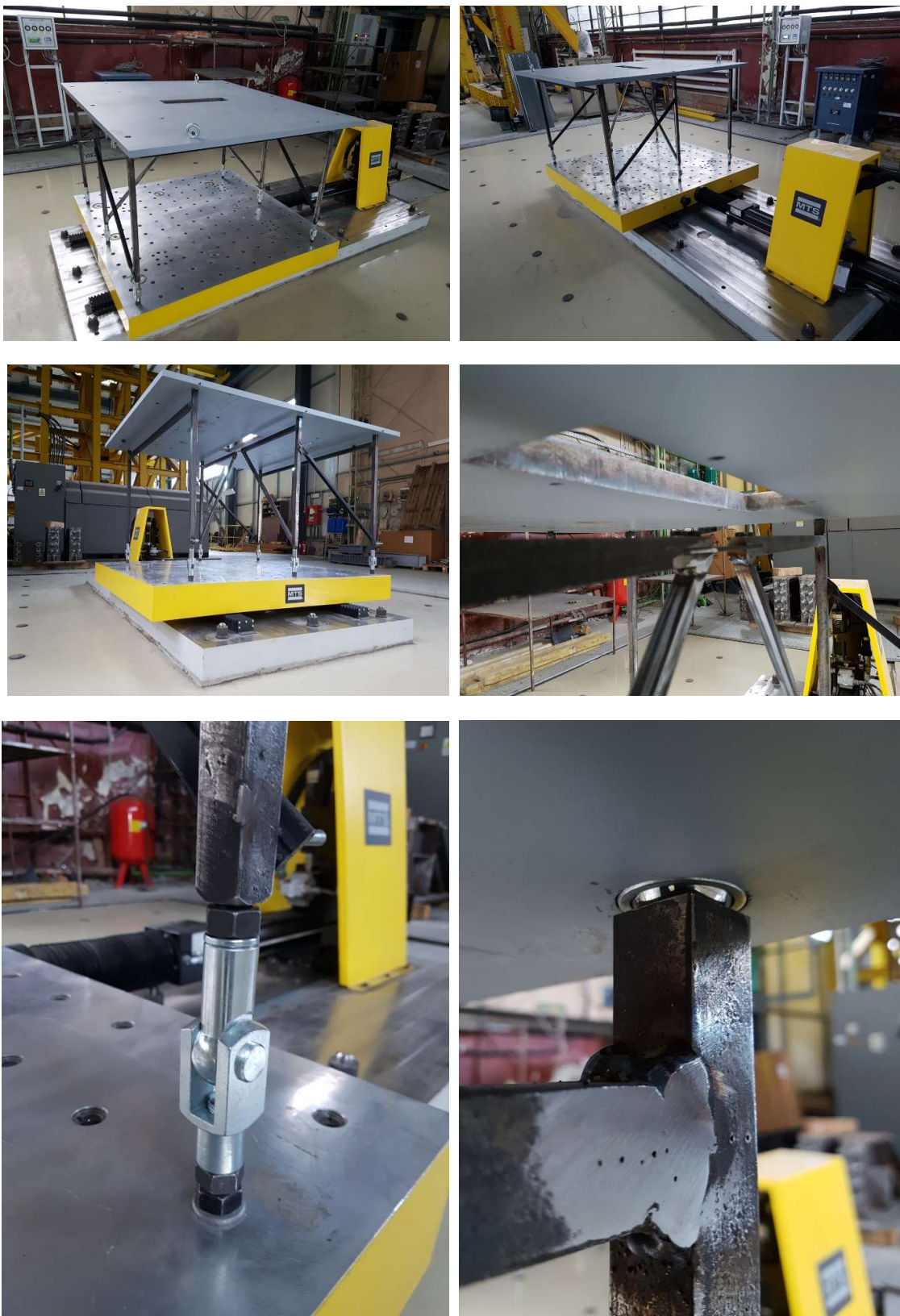


Figura 37. – Cadrul experimental (scalat)

Conform legilor similitudinii, pentru un factor de scalare al lungimilor de 4.8, factorul de scalare pentru mase ar fi de 23 (4.8^2), pastrand acelasi material (cu acelasi modul Young E - otel S355) ca si in

structura prototip. Acest lucru ar fi dus la o masa necesara in simularea experimentală de peste 7 t, depasind astfel capacitatea mesei vibrante disponibile. Singura solutie de rezolvare a acestei probleme ar fi fost folosirea unui material cu alte proprietati (inexistent), iar pentru a nu compromite incercarea experimentală s-a adoptat o alta solutie de scalare.

S-a proiectat astfel un specimen experimental care sa reflecte comportarea reală a unei structuri duale cu capacitate de re-centrare si elemente disipative demontabile, si care sa fie potrivit pentru capacitatea mesei vibrante. Aceasta comportare este data de perioada specimenului T_1 , in raport cu continutul de frecvente al actiunii seismice (accelerogramei folosite) T_c . A rezultat astfel un specimen experimental format dintr-un cadru contravantuut excentric cu link demontabil, pozitionat central, si doua cadre necontravantuute, pozitionate marginal, cu lungimea grinzilor de 1.25m, inaltimea stalpilor (articulati la baza) de 0.73 m, masa de 1 t (introdusa prin intermediul unor placi metalice groase – 60 mm in total), perioada T_1 de 0.13 s, din otel S235, sectiuni din otel patrat de 25x25 mm pentru stalpi si grinzi, tevi patrate de 20x20x2 pentru contravantuiri si platbenzi de 25x5 pentru linkurile demontabile (cu lungime de 90 mm – linkuri lungi). S-a considerat o acceleratie de varf a terenului de 0.3g si un factor de comportare q de 6.5.

Perioada T_1 fiind redusa de la 0.43 s (pentru structura prototip) la 0.13 s (pentru specimenul experimental), este necesara, de asemenea, si comprimarea accelerogramei folosite (15613_H2) in simulare (de aproximativ 3.3 ori), astfel incat sa aiba o perioada T_c redusa cu acelasi raport: de la 0.635 s (initial) la 0.192 s (pentru simularea experimentală).

Act. 3.3 Studiul numeric pentru performanta cadrelor

Pentru evaluarea factorului de comportare q s-au rulat analize incremental dinamice (folosind sapte accelerograme semiartificiale, scalate sa potriveasca pe spectrul EC8 de tip 1, sol C), cu un increment al amplificatorului λ al acceleratiei de 0.2. In zonele de interes (rotirea la curgere a linkurilor si rotirea linkurilor la SLU), incrementul amplificatorului actiunii seismice λ a fost mai mic – 0.01. In analizele dinamice s-a folosit o amortizare Rayleigh de 2%.

| Record code | Earthquake Name | Date | Station Name | Station Country | Magnitude Mw | Fault mechanism |
|-------------|-------------------------|------------|--------------------------------------|-----------------|--------------|-----------------|
| 00385_H1 | Alkion | 24.02.1981 | Xylokaastro-O.T.E. | Greece | 6.6 | Normal |
| 14336_H1 | Montenegro (Aftershock) | 24.05.1979 | Bar-Skupstina Opstine | Montenegro | 6.2 | Reverse |
| 15613_H2 | Izmit (Aftershock) | 13.09.1999 | Yarimca (Eri) | Turkey | 5.8 | Strike-Slip |
| 15683_H2 | Izmit (Aftershock) | 13.09.1999 | Usgs Golden Station Kor | Turkey | 5.8 | Strike-Slip |
| 16035_H2 | Faial | 09.07.1998 | Horta | Portugal | 6.1 | Strike-Slip |
| 16889_H1 | L'Aquila Mainshock | 06.04.2009 | L'Aquila - V. Aterno - Aquil Park In | Italy | 6.3 | Normal |
| 17167_H1 | Aigion | 15.06.1995 | Aigio-OTE | Greece | 6.5 | Normal |

S-au realizat calcule pentru un nivel al actiunii seismice corespunzator criteriului de acceptare al Starii Limita Ultime (SLU) in linkuri, recomandat de FEMA356. S-au calculat un factor de comportare de proiectare (q_d) si unul efectiv (q) folosind formulele:

$$q_d = \frac{\lambda_u}{\lambda_d}$$

unde λ_u este amplificatorul actiunii seismice corespunzator rotirii ultime din linkuri si λ_d este amplificatorul actiunii seismice corespunzator nivelului actiunii seismice folosite in proiectare.

$$q = \frac{\lambda_u}{\lambda_1}$$

unde λ_1 este amplificatorul acțiunii seismice corespunzător rotirii de curgere din linkuri.

4 Concluzii

Raportul tehnic și științific sintetizează activitățile desfășurate în cadrul proiectului " Studiul avansat al cadrelor contravântuite excentric cu capacitate de re-centrare: tipologii noi de linkuri și influența plăcii din beton armat (ARNIS)". Obiectivele asumate în planul de realizare au fost atinse.

Rezultatele au fost diseminate prin intermediul unor rapoarte detaliate pe site-ul proiectului (https://www.ct.upt.ro/centre/cemsig/arnis_ro.htm), precum și prin publicarea unor lucrări științifice la conferințe naționale și internaționale.