

---

## 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 etapa 3 / 2020*  
*Programul de încercări experimentale – a doua parte; Investigatii numerice – a*  
*doua parte*

## Rezumat

Raportul tehnic și științific prezintă activitățile desfășurate în cadrul etapei 3 / 2020 a 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. Se realizează încercarea experimentală dinamică pe masa vibranta a unui cadru portal 3D la scară redusă (activitatea 3.1), interpretarea rezultatelor experimentale pentru cadrul pe masa vibranta (+continuare pentru linkuri) (activitatea 3.2) și studiul numeric pentru performanța cadrelor (+continuare pentru calibrarea linkurilor) (activitatea 3.3). Rezultatele obținute sunt diseminate prin intermediul paginii web a proiectului.

## Cuprins

<b>1</b>	<b>INTRODUCERE.....</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>SINTEZA ACTIVITĂȚILOR.....</b>	<b>3</b>
2.1	INCERCAREA EXPERIMENTALĂ DINAMICĂ PE MASĂ VIBRANTĂ A UNUI CADRU PORTAL LA SCARĂ REDUSĂ .....	3
2.2	INTERPRETAREA REZULTATELOR EXPERIMENTALE – A DOUA PARTE .....	3
2.2.1	<i>Linkuri</i> .....	3
2.2.2	<i>Cadre</i> .....	11
2.3	STUDIUL NUMERIC – A DOUA PARTE .....	13
2.3.1	<i>Linkuri</i> .....	13
2.3.2	<i>Cadre</i> .....	16
<b>3</b>	<b>CONCLUZII .....</b>	<b>18</b>

## 1 Introducere

---

În cadrul etapei 3 / 2020 a proiectului "Studiul avansat al cadrelor contravântuite excentric cu capacitate de re-centrare: tipologii noi de linkuri si influența plăcii din beton armat (ARNIS)" au fost prevăzute următoarele activități:

- Act. 3.1 Incercarea experimentală dinamică pe masa vibranta a unui cadru portal 3D la scara redusă
- Act. 3.2 Interpretarea rezultatelor experimentale – a doua parte (cadre) (+continuare prima parte – linkuri)
- Act. 3.3 Studiul numeric pentru performanța cadrelor

În cele ce urmează se prezintă sintetic activitățile desfășurate și rezultatele obținute.

## 2 Sinteza activităților

---

### 2.1 Incercarea experimentală dinamică pe masa vibranta a unui cadru portal la scara redusă

---

Scopul acestei activități 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.

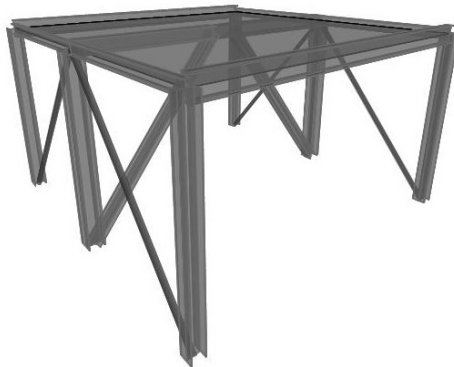


Fig. 1 – Cadru experimental pe masa vibranta

Mai multe detalii sunt cuprinse în Livrabilul D3\_b, care se regăsește pe site-ul proiectului: [https://www.ct.upt.ro/centre/cemsig/arnis\\_ro.htm](https://www.ct.upt.ro/centre/cemsig/arnis_ro.htm).

### 2.2 Interpretarea rezultatelor experimentale – a doua parte

---

#### 2.2.1 Linkuri

---

Răspunsul specimenelor experimentale este caracterizat de relația dintre forța tăietoare și rotirea de forfecare din link. Forța tăietoare din linkuri ( $V$ ) a fost obținută cu ajutorul forței din actuator ( $FA$ ) și a geometriei montajului experimental, după cum se poate observa în Fig. 2, folosind formula:

$$V = FA * \frac{H}{L}$$

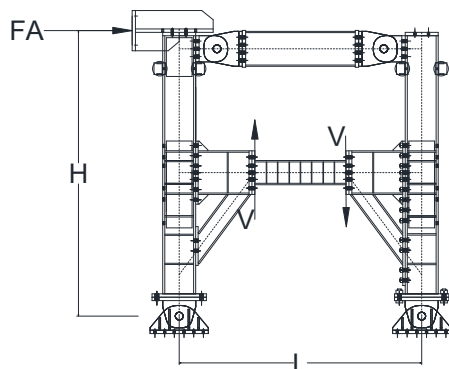


Fig. 2 – Geometria montajului experimental

Rotirea de forfecare din link ( $\gamma_T$ ) a fost obținută din captorii de deplasare care au înregistrat deformațiile totale ale linkului (DT1 și DT2), conform următoarei formule, raportată la lungimea linkului e:

$$\gamma_T = \frac{2 * \sqrt{a^2 + b^2} * (DT2 - D_1) + (DT2^2 - D_1^2) * \frac{b}{e}}{4 * a * b}$$

Rigiditatea inițială  $K_{ini}$  s-a determinat din relația liniară dintre forța tăietoare între 50 kN și 150 kN. Forța tăietoare de curgere  $V_y$  a fost stabilită la o reducere a rigidității tangente cu 15% din cea inițială. Deformația ultimă  $\gamma_{Tu}$  s-a stabilit la o scădere a forței tăietoare sub 80% din forța tăietoare de curgere.

Șuruburile M30 10.9 din fiecare îmbinare au fost pretensionate conform metodei combinate [5], aplicând un moment de 1150 kNm (75%) folosind o cheie hidraulică și o rotire suplimentară de 90 de grade, în cazul specimenelor LF și doar la 75% în cazul specimenelor LE.

- **Încecarea LF1-M**

Prima încercare din programul experimental a fost una monotonă în control de deplasare, folosind primul link de forfecare cu placă de capăt LF1, aplicând deplasare până la cedarea din forfecare a specimenului, 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 Fig. 3), restul montajului rămânând elastic.

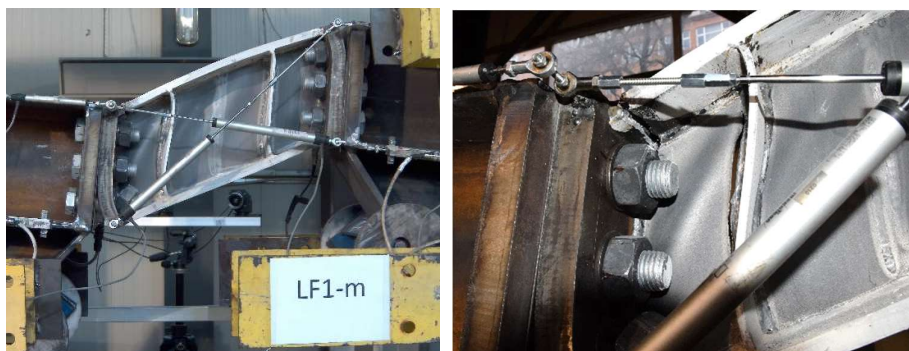


Fig. 3 – Modul de cedare și starea linkului la sfârșitul încercării LF1-M

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 Fig. 4, evidențiind rigiditatea inițială  $K_{ini}$ , forța tăietoare de curgere  $V_y$ , forța tăietoare maximă  $V_{max}$  și deformația de forfecare ultimă  $\gamma_{Tu}$ .

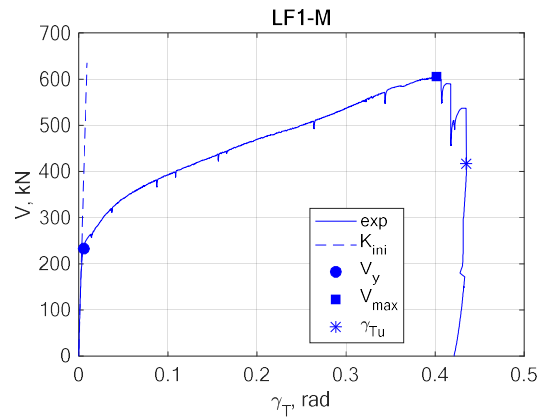


Fig. 4 – Relația experimentală forță tăietoare – deformație de forfecare pentru încercarea LF1-M

- **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 Fig. 5), restul montajului rămânând elastic.



Fig. 5 – 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 Fig. 6.

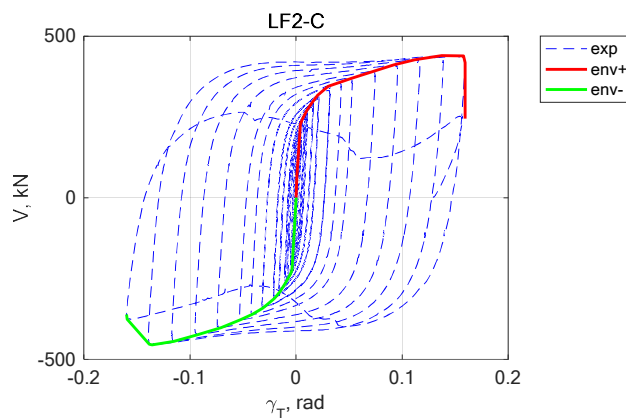


Fig. 6 - Relația experimentală forță tăietoare – deformație de forfecare pentru încercarea LF2-C

- **Încecarea LF1-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 Fig. 7), restul montajului rămânând elastic.



Fig. 7 – 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 Fig. 8, evidențiind rigiditatea inițială  $K_{ini}$ , forța tăietoare de curgere  $V_y$ , forța tăietoare maximă  $V_{max}$  și deformația de forfecare ultimă  $\gamma_{Tu}$ .

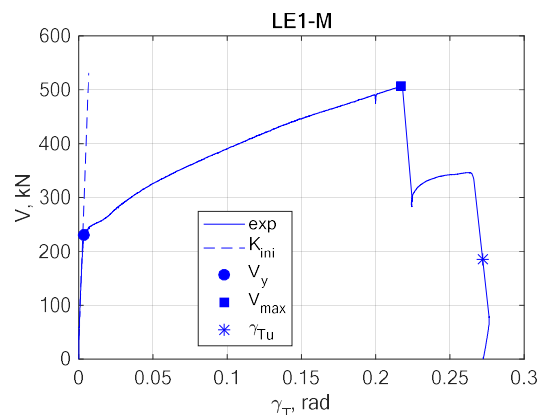


Fig. 8 - Relația experimentală forță tăietoare – deformație de forfecare pentru încercarea LE1-M

- **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 Fig. 9), restul montajului rămânând elastic.

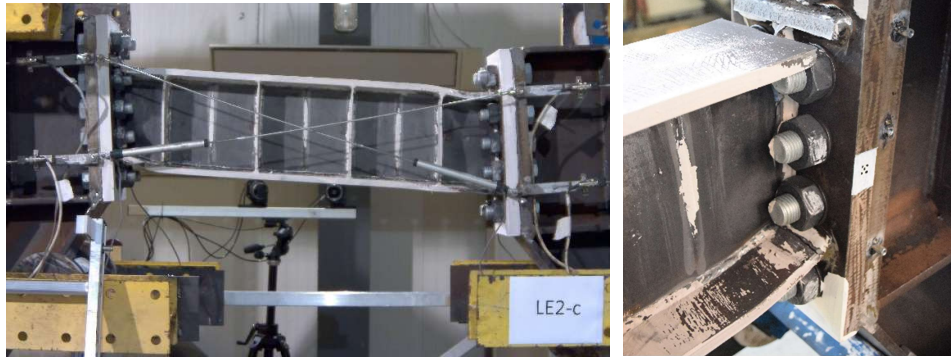


Fig. 9 – Deformația și cedarea și starea linkului la sfârșitul încercării LE2-C

Linkul deteriorat a fost eliminat prin deșurubare.

Relația experimentală forță tăietoare – deformație de forfecare pentru încercarea LE2-C este ilustrată în Fig. 10.

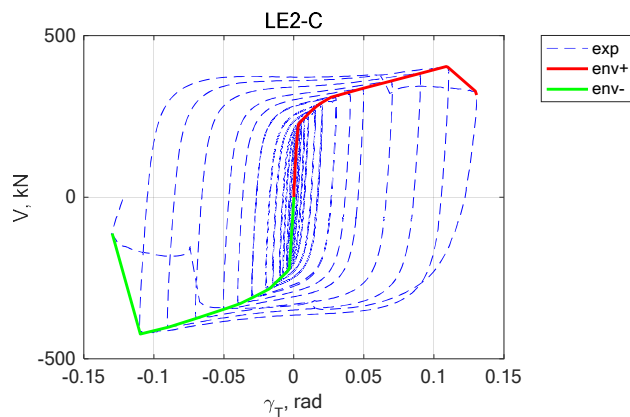


Fig. 10 - Relația experimentală forță tăietoare – deformație de forfecare pentru încercarea LE2-C

- **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 Fig. 11), restul montajului rămânând elastic.



Fig. 11 – 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 Fig. 13.

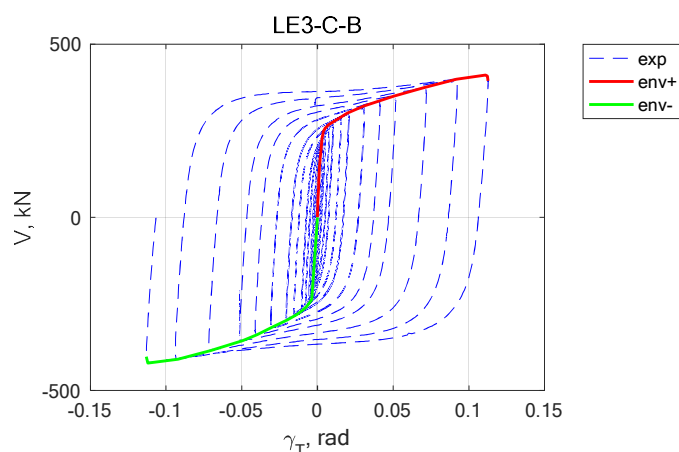


Fig. 12 - Relația experimentală forță tăietoare – deformație de forfecare pentru încercarea LE3-C-B

- **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 posibila 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 Fig. 13), restul montajului rămânând elastic.



Fig. 13 – 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 Fig. 14.



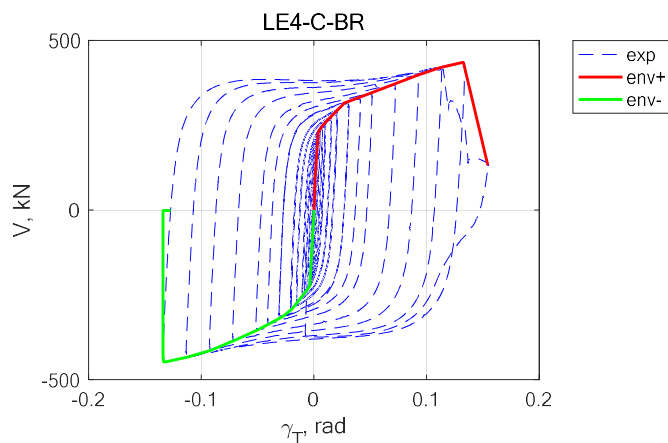


Fig. 14 - Relația experimentală forță tăietoare – deformare de forfecare pentru încercarea LE4-C-BR

- **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 Fig. 15), restul montajului rămânând elastic.



Fig. 15 – 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 Fig. 16).



Fig. 16 - Repararea plăcii din beton armat

Relația experimentală forță tăietoare – deformare de forfecare pentru încercarea LE3-C-B este ilustrată în Fig. 17.

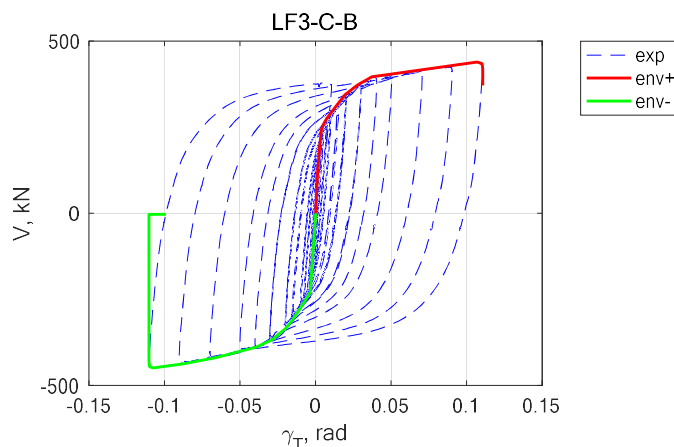


Fig. 17 - Relația experimentală forță tăietoare – deformare de forfecare pentru încercarea LF3-C-B

- **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 rotația de forfecare a linkului) până la cedarea ciclică din forfecare a specimenului, reprezentată de voalarea și fisurarea inimii linkului, (a se vedea Fig. 18), restul montajului rămânând elastic.



Fig. 18 – 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 grinzelor.

Relația experimentală forță tăietoare – deformare de forfecare pentru încercarea LE3-C-B este ilustrată în Fig. 19.

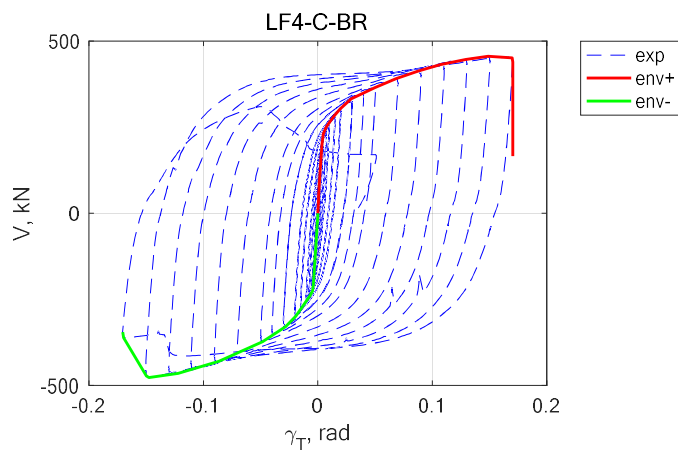


Fig. 19 - Relația experimentală forță tăietoare – deformație de forfecare pentru încercarea LF4-C-BR

Mai multe detalii sunt cuprinse in Livrabilul D3\_b, care se regaseste pe site-ul proiectului: [https://www.ct.upt.ro/centre/cemsig/arnis\\_ro.htm](https://www.ct.upt.ro/centre/cemsig/arnis_ro.htm) .

### 2.2.2 Cadre

Scalarea cadrului (specimenului) experimental nu a fost posibila respectand legile similitudinii din cauza limitarilor experimentale (masa vibranta din dotarea laboratorului nu are capacitatea necesara). Astfel ca s-a adoptat o alta solutie de scalare.

Structura prototip are inaltimea de nivel de 3.5 m si lungimea grinzilor de 6 m, cu o masa de nivel de 325 t la etajele curente si 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).



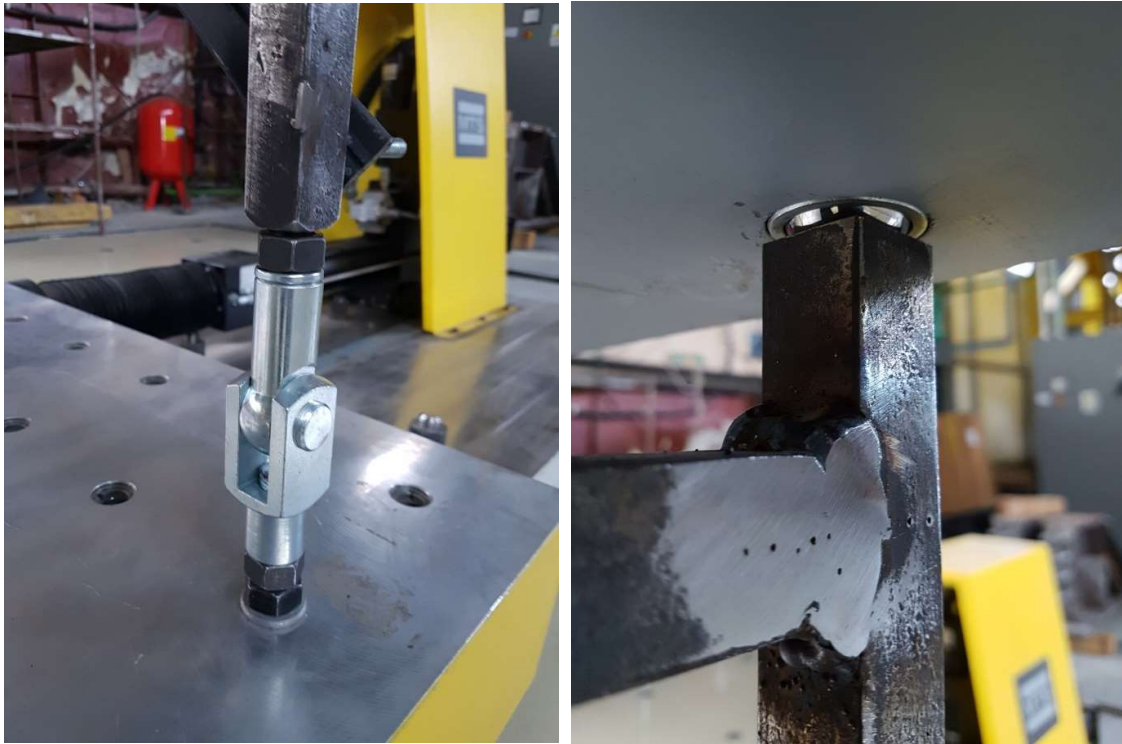


Fig. 20. – Cadrul experimental (scalat)

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 patrute 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).

Mai multe detalii sunt cuprinse in Livrabilul D3\_b, care se regaseste pe site-ul proiectului: [https://www.ct.upt.ro/centre/cemsig/arnis\\_ro.htm](https://www.ct.upt.ro/centre/cemsig/arnis_ro.htm).

## 2.3 Studiul numeric – a doua parte

### 2.3.1 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 Fig. 21: modelul prezintă deformări ale plăcilor de capăt și în zona îmbinării dintre talpi și plăcile de capăt. De asemenea, se observă voalarea inimii linkului. Eforturile maxime apar în aceleași două rânduri de suruburi ca și în încercarea experimentală.

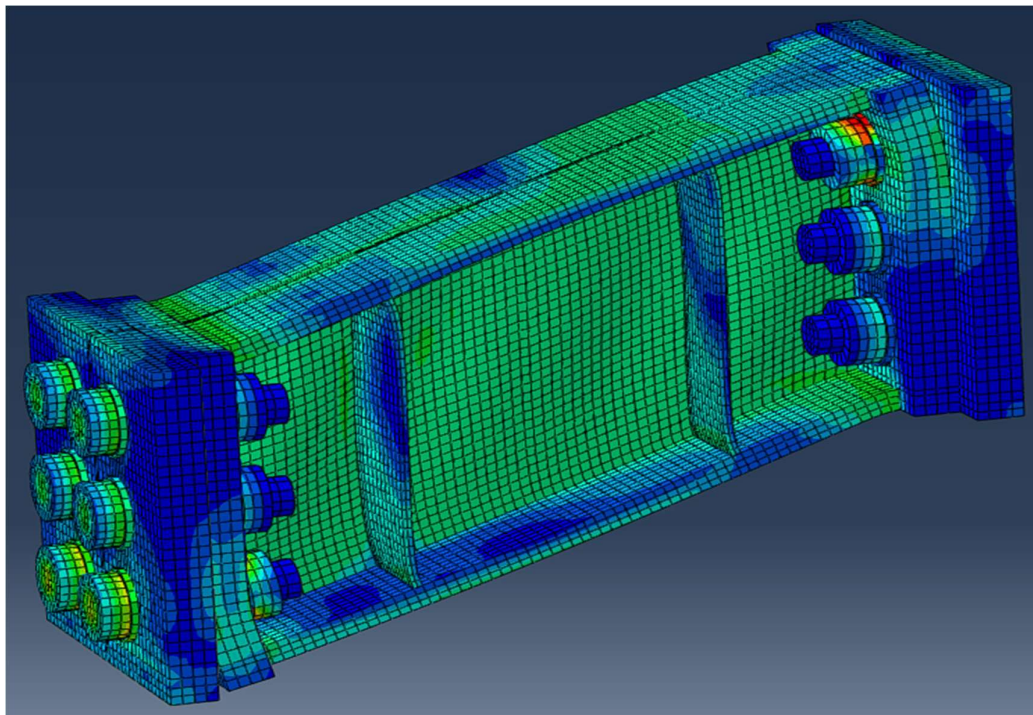


Fig. 21. Deformațiile plastice ale linkului LF1-M

În Fig. 22 este ilustrată comparația dintre rezultatele experimentale și curba de comportare din ABAQUS.

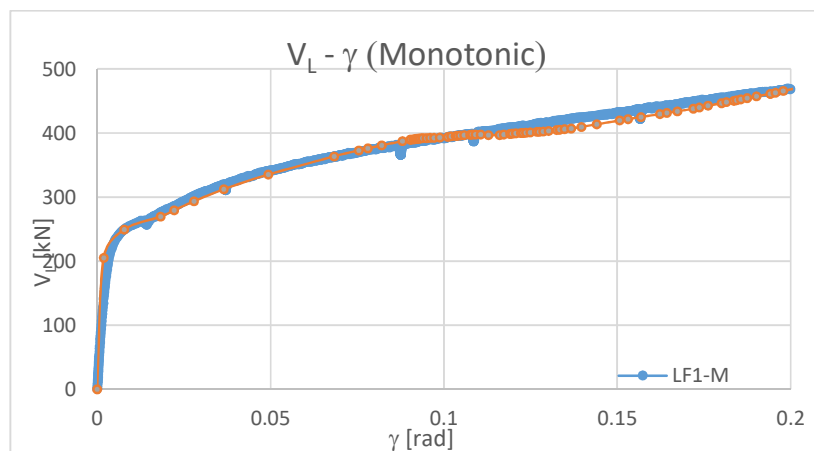


Fig. 22. Comparația dintre rezultatele experimentale și simularea numerică pentru LF1-M

- **Linkul LE1-M**

In Fig. 23 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 experimentalata, in celelalte zone nu apar deformatii mari.

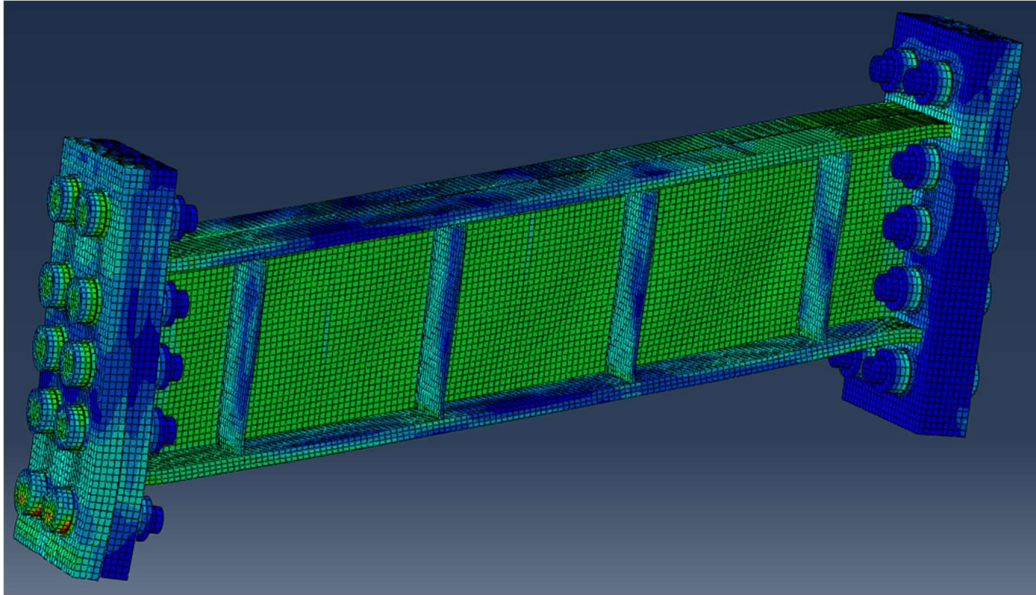


Fig. 23. Deformatiile plastice ale linkului LE1-M

In Fig. 24 este ilustrata comparatia dintre rezultatele experimentale si curba de comportare din ABAQUS.

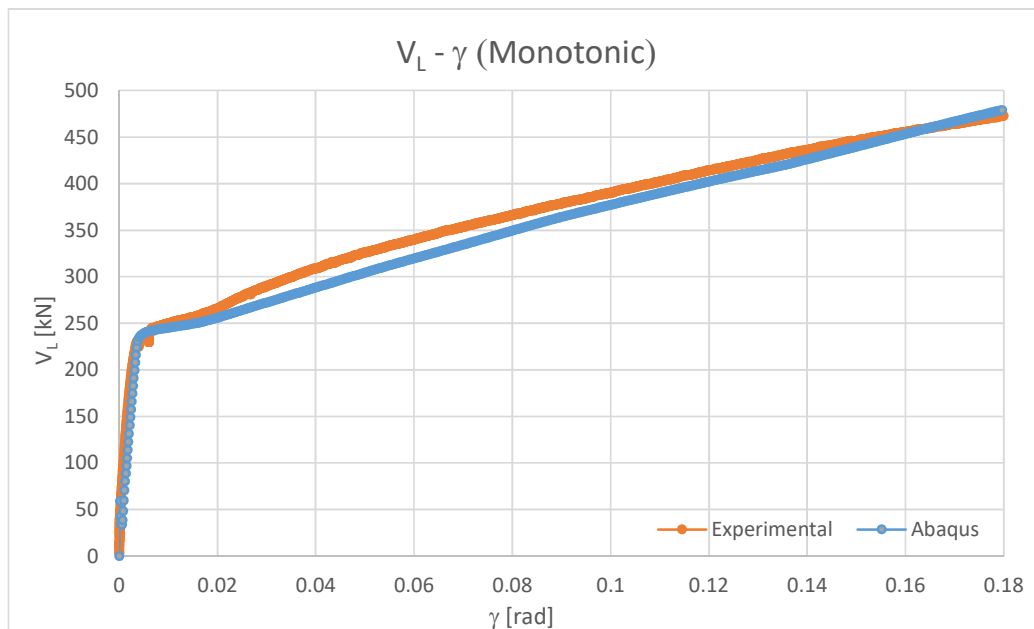


Fig. 24. Comparatia dintre rezultatele experimentale si simularea numerica pentru LE1-M

- **Linkul LF2-C**

Pentru acest model, la fel ca si in incercarea experimentalata, mecanismul de cedare se datoreaza voalarii inimii, dupa cum se poate observa in Fig. 25. Deformatiile din MEF sunt similare cu cele experimentale: apar deformatii la capetele linkului, dar zona cea mai afectata este inima.

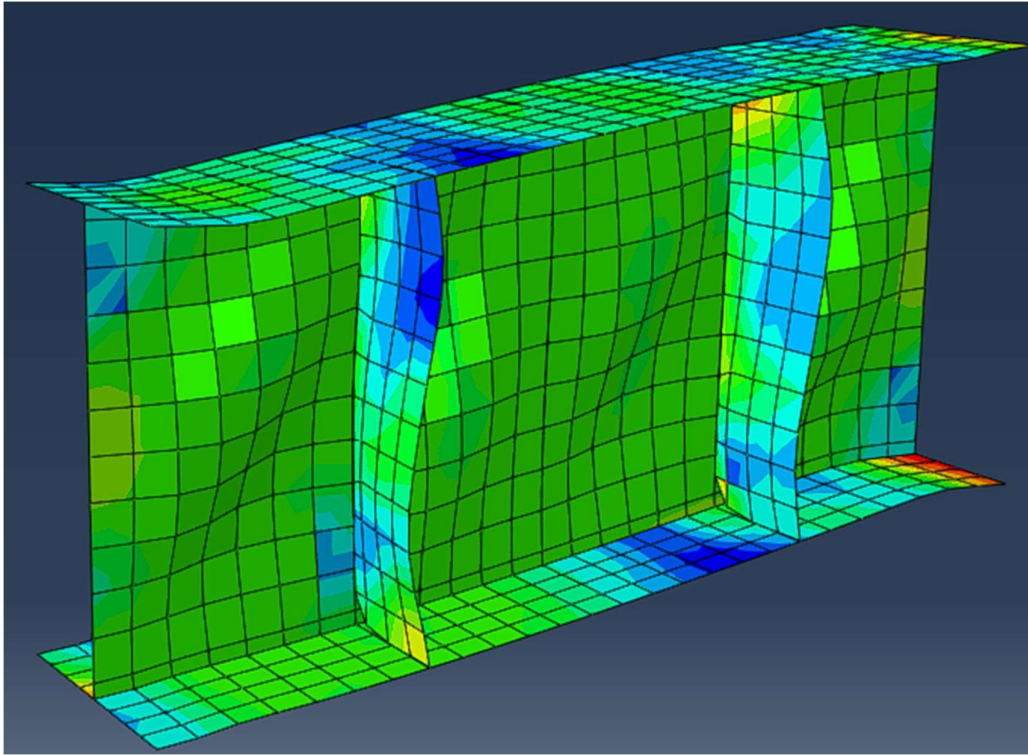


Fig. 25. Deformatiile plastice ale linkului LF2-C

In Fig. 26 se poate observa comparatia dintre curbele  $V_L - \gamma_T$  ale incercarii experimentale si modelarii MEF. Nu s-a putut obtine o potrivire perfecta a celor doua curbe deoarece comportarea monotona a otelului S355 a fost adaptata in modelul ciclic adoptand modelul Kauffman. Cu toate acestea, se suprapun perfect in fiecare ciclu, principalele diferente aparand doar in ultimele cicluri si doar pentru  $V_L$ .

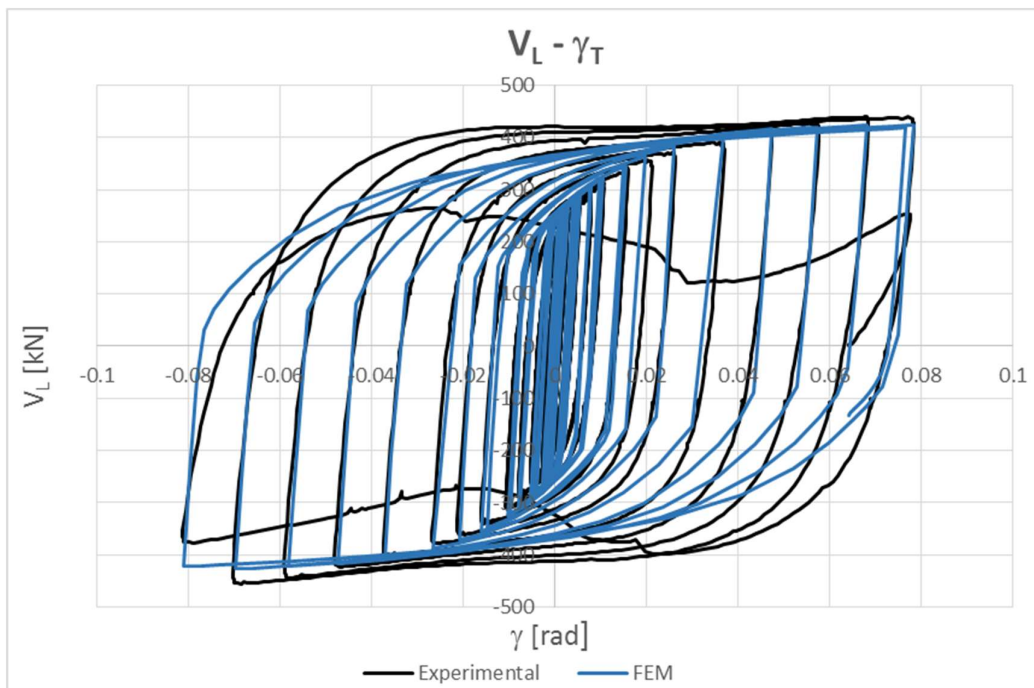


Fig. 26. Comparatia dintre rezultatele experimentale si simularea numerica pentru LF2-C

- **Linkul LE2-C**

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

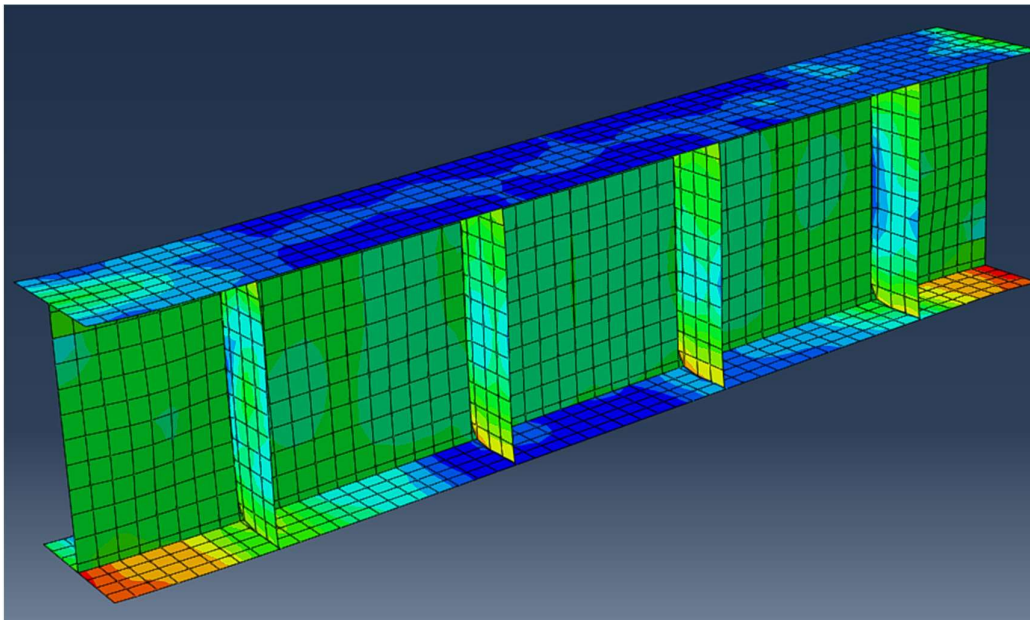


Fig. 27. Deformatiile plastice ale linkului LE2-C

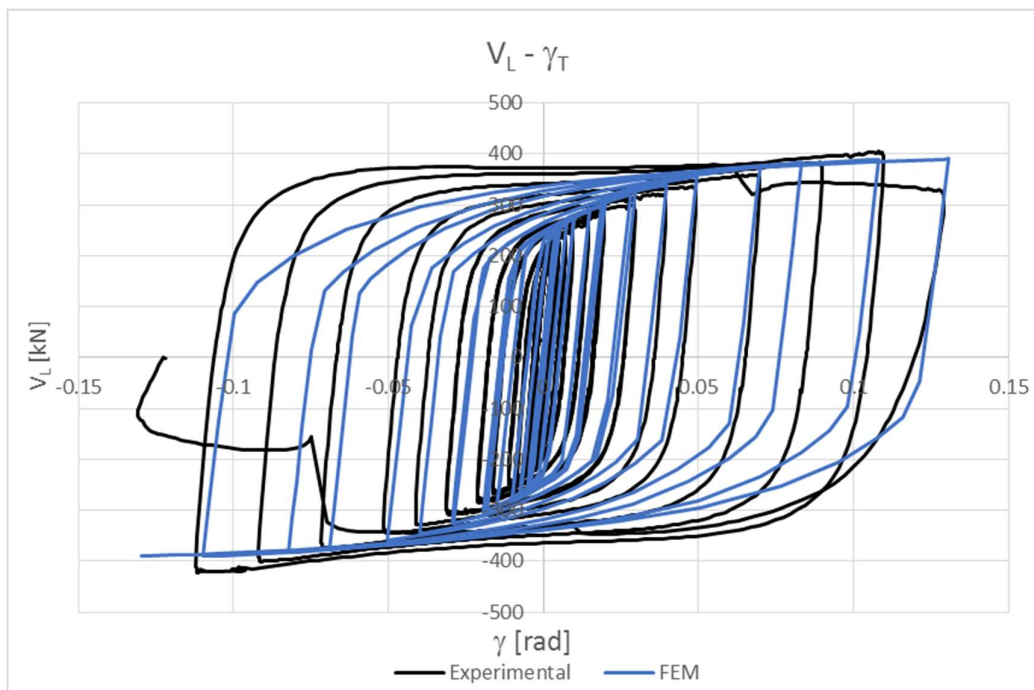


Fig. 28. Comparatia dintre rezultatele experimentale si simularea numerica pentru LE2-C

Mai multe detalii sunt cuprinse in Livrabilul D4\_b, care se regaseste pe site-ul proiectului: [https://www.ct.upt.ro/centre/cemsig/arnis\\_ro.htm](https://www.ct.upt.ro/centre/cemsig/arnis_ro.htm).

### 2.3.2 Cadre

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  $\lambda$  al acceleratiei de 0.2. In zonele de interes (rotirea la curgere a linkurilor si rotirea linkurilor la SLU), incrementul amplificatorului actiunii seismice  $\lambda$  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) de 0.11 radiani rotire plastica 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  $\lambda_u$  este amplificatorul actiunii seismice corespunzator rotirii ultime din linkuri (0.11 rad) si  $\lambda_d$  este amplificatorul actiunii seismice corespunzator nivelului actiunii seismice folosite in proiectare.

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

unde  $\lambda_1$  este amplificatorul actiunii seismice corespunzator rotirii de curgere din linkuri.

In proiectare, in analiza spectrala, s-a folosit spectrul de raspuns elastic din EC8 de tip 1, sol tip C (5% amortizare), redus cu un factor de comportare  $q=4$ . Astfel, amplificatorul nivelului actiunii seismice se considera  $\lambda_{d,sp}=0.25$  (1/4). Pentru a tine cont de tipul analizei dinamice si a unei amortizari diferite (de 2%), amplificatorul  $\lambda_d$  se ajusteaza folosind formula:

$$\lambda_d = \lambda_{d,sp} \frac{V_{d,SP}}{V_{d,TH}}$$

unde  $V_{d,SP}$  este forta taietoare de baza de proiectare din analiza spectrala (5% amortizare) si  $V_{d,TH}$  este the forta taietoare de baza dintr-o analiza dinamica liniara (2% amortizare) cu un amplificator de 0.25.

Raportul celor doi factori de comportare reprezinta supra-rezistenta de proiectare  $\Omega_d$ , calculata folosind formula:

$$\Omega_d = \frac{q_d}{q}$$

Supra-rezistenta totala  $\Omega_t$  se calculeaza ca produsul dintre supra-rezistenta structurii  $\Omega_s$  si supra-rezistenta de proiectare  $\Omega_d$ , folosind formulele:

$$\Omega_T = \Omega_S \Omega_d = \frac{V_u}{V_d}$$

unde  $V_u$  este forța tăietoare de baza corespunzătoare rotirii la SLU în linkuri de 0.11 rad și  $V_d$  este forța tăietoare de baza de proiectare (din analiza spectrală cu spectrul din EC8).

$$\Omega_S = \frac{V_u}{V_1}$$

unde  $V_1$  este forța tăietoare de baza corespunzătoare rotirii la curgere în linkuri.

$$\Omega_d = \frac{V_1}{V_d}$$

Mai multe detalii sunt cuprinse în Livrabilul D4\_b, care se regăsește pe site-ul proiectului: [https://www.ct.upt.ro/centre/cemsig/arnis\\_ro.htm](https://www.ct.upt.ro/centre/cemsig/arnis_ro.htm).

### 3 Concluzii

---

Raportul tehnic și științific a sintetizat activitățile desfășurate în cadrul etapei 3 / 2020 a 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. Se realizează încercarea experimentală dinamică pe masa vibranta a unui cadru portal 3D la scară redusă (activitatea 3.1), se interpretează rezultatele experimentale – a doua parte (cadre) (+continuare prima parte – linkuri) (activitatea 3.2) și se realizează studiul numeric pentru performanța cadrelor (+continuare calibrarea linkurilor) (activitatea 3.3). Rezultatele obținute sunt diseminate prin intermediul paginii web a proiectului.