
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

Livrabil D3_b

Descrierea experimentelor: date care descriu comportarea cadrelor în timpul încercărilor + completare D3_a: date care descriu comportarea linkurilor în timpul încercărilor – rezultate experimentale

Cuprins

1	INTRODUCERE (SCOP)	3
1.1	LINKURI	3
1.2	CADRE	4
2	COMPLETARE D3_A: REZULTATE EXPERIMENTALE ÎNCERCARI PE LINKURI	4
2.1	ÎNCECAREA LF1-M	5
2.2	ÎNCERCAREA LF2-C.....	5
2.3	ÎNCERCAREA LE1-M	6
2.4	ÎNCERCAREA LE2-C.....	7
2.5	COMPARAREA REZULTATELOR ÎNCERCĂRILOR PE LINKURI DIN OȚEL.....	9
2.6	ÎNCERCAREA LE3-C-B	10
2.7	ÎNCERCAREA LE4-C-BR	11
2.8	ÎNCERCAREA LF3-C-B	13
2.9	ÎNCERCAREA LF4-C-BR	15
2.10	COMPARAREA REZULTATELOR ÎNCERCĂRILOR PE LINKURI DIN OȚEL CU PLACĂ DIN BETON ARMAT	16
3	COMPORTAREA CADRELOR ÎN TIMPUL ÎNCERCĂRILOR	17

1 Introducere (Scop)

1.1 Linkuri

Performanta seismica, capacitatea de re-centrare si fezabilitatea inlocuirii linkurilor din cadrele duale contravantuite excentric cu capacitate de re-centrare si linkuri demontabile cu placa de capat si suruburi au fost studiate si validate experimental in cadrul proiectului FP7 SERIES DUAREM. Acolo s-au folosit linkuri foarte scurte (F) pentru a obtine supra-rezistenta imbinarii pentru a ramane elastica in vederea eliminarii linkului. Utilizarea unor linkuri atat de scurte a dus la cerinte de deformatie mai mari in linkuri sub actiunea seismica de proiectare. Prin urmare, cadrele EBF cu linkuri foarte scurte nu indeplinesc cerintele de performanta la SLU atunci cand sunt proiectate adoptand un factor de comportare corespunzator clasei de ductilitate inalta ($q=6$). Pentru a reduce aceste cerinte si a obtine o performanta acceptabila, s-a adoptat un factor de comportare mai mic ($q=4$).

Capacitatea de re-centrare a cadrelor EBF cu alte tipologii de linkuri demontabile nu a fost studiata inca. Unul dintre aceste detalii ar fi cel al linkurilor demontabile cu placa de capat extinsa (E) si suruburi. Acestea au inaltimea sectiunii linkului mai mica decat cea a grinzii adiacente (linkul nefiind conectat direct la placa din beton armat), facand posibila dispunerea cate unui rand de suruburi deasupra talpii superioare si dedesubtul talpii inferioare. In acest fel se observa o ductilitate buna si o comportare stabila a acestui detaliu, care are o imbinare mai rigida, cu o capacitate mai mare, linkurile putand fi proiectate mai lungi.

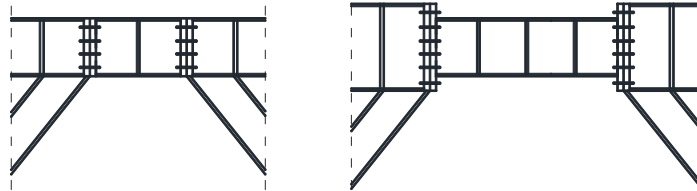


Figura 1. Linkuri cu placa de capat (F) si cu placa de capat extinsa (E)

Una dintre criticile aduse solutiei linkului demontabil are legatura cu interactiunea dintre elementul demontabil si placa din beton armat, observata partial si in cadrul proiectului DUAREM. Pe de o parte, placa din beton poate afecta capacitatea la forfecare a linkului, precum si comportarea imbinarii link-grinda. Pe cealalta parte, deformatiile mari aparute in linkuri pot deteriora considerabil placa din beton, ceea ce incalca principiul conform caruia deformatiile plastice sunt izolate exclusiv in linkurile demontabile. Aceasta problematica a fost studiata oin doua feluri in cadrul proiectului DUAREM: intr-un cadru placa de beton a fost deconectata de link (oprind placa pe o grinda secundara interioara, paralela cu linkul) si in celalalt cadru s-a folosit solutia conventionala cu placa continua peste link. In cazul ultimei solutii, pe langa inlocuirea linkului, este necesara si repararea placii din beton dupa un eveniment seismic major.

Prin prezentul program 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 (0.14 rad in linkuri) pentru o performanta seismica viitoare acceptabila si repararea betonului, daca este necesar.

1.2 Cadre

Scopul aceste activitati este acela de a simula experimental comportarea dinamica a unei structuri duale re-centrabile la scara redusa pe masa vibranta. Principalele obiective sunt de a valida capacitatea de re-centrare a specimenului si de a studia amplitudinea drifturilor remanente inregistrate in timpul simularilor experimentale.

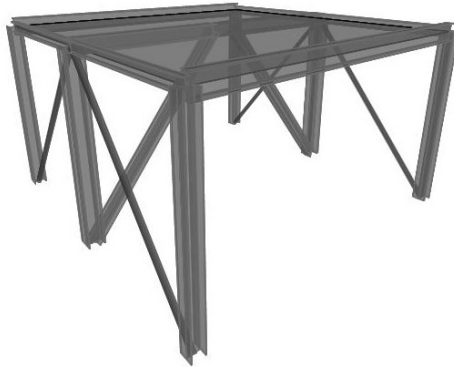


Fig. 1 – Cadrul experimental pe masa vibranta

2 Completare D3_a: rezultate experimentale încercari pe 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 in Fig. 2, folosind formula:

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

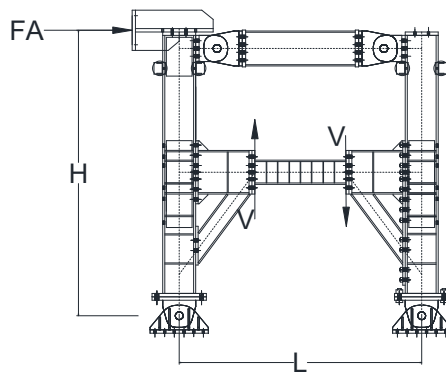


Fig. 2 – Geometria montajului experimental

Rotirea de forfecare din link (γ_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:

$$\gamma_T = \frac{2 * \sqrt{a^2 + b^2} * (DT2 - DT1) + (DT2^2 - DT1^2)}{4 * a * b} * \frac{b}{e}$$

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 γ_{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 specișenelor LF și doar la 75% în cazul specișenelor LE.

2.1 Încecarea LF1-M

Prima încercare din programul experimental a fost una monotună în control de deplasare, folosind primul link de forfecare cu placă de capăt LF1, aplicând deplasare până la cedarea din forfecare a specișenului, 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.

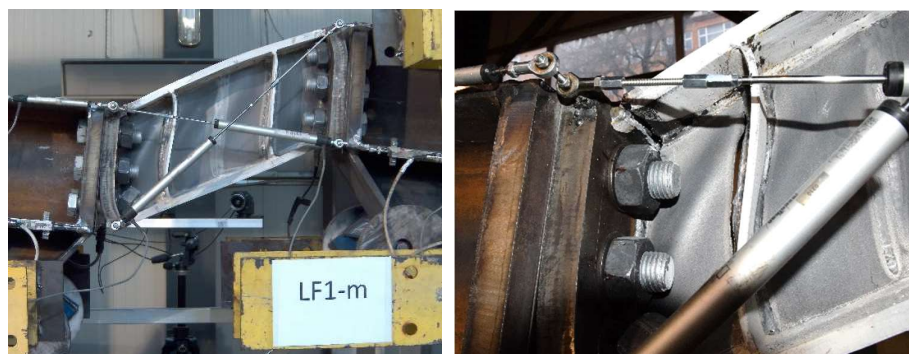


Fig. 3 – Modul de cedare și starea linkului la sfârșitul încercării LF1-M

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 γ_{Tu} .

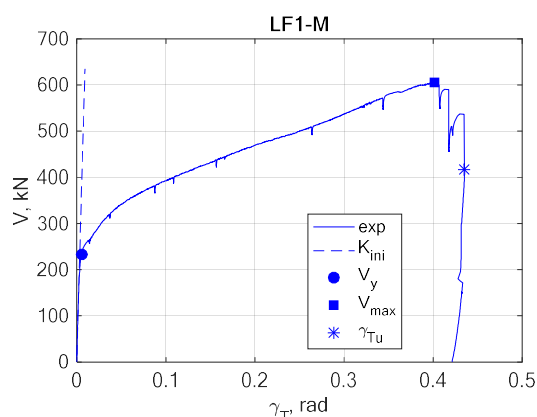


Fig. 4 – Relația experimentală forță tăietoare – deformație de forfecare pentru încercarea LF1-M

2.2 Încercarea 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 specișenului, 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. Înfășurătoarele pozitivă și negativă ale încercării ciclice sunt prezentate în Fig. 7, evidențiind rigiditatea inițială K_{ini} , forța tăietoare de curgere V_y , forța tăietoare maximă V_{max} și deformația de forfecare ultimă γ_{Tu} , pentru fiecare.

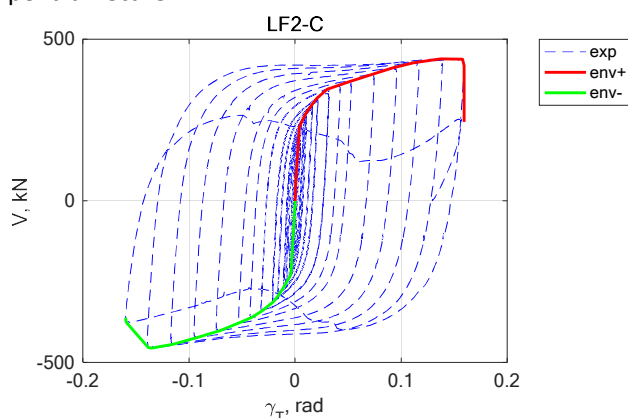


Fig. 6 - Relația experimentală forță tăietoare – deformație de forfecare pentru încercarea LF2-C

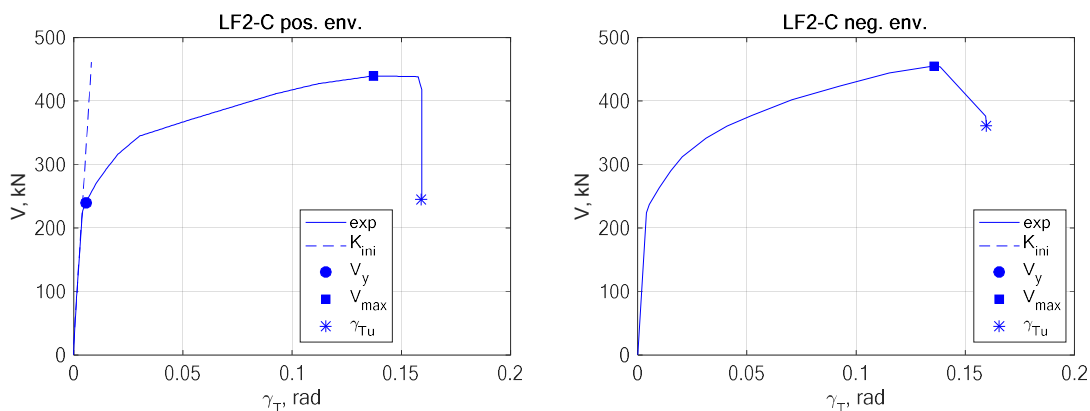


Fig. 7 – Înfășurătoarele pozitivă și negativă ale încercării LF2-C

2.3 Încercarea 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 Fig. 8), restul montajului rămânând elastic.



Fig. 8 – 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. 9, evidențiind rigiditatea inițială K_{ini} , forța tăietoare de curgere V_y , forța tăietoare maximă V_{max} și deformația de forfecare ultimă γ_{Tu} .

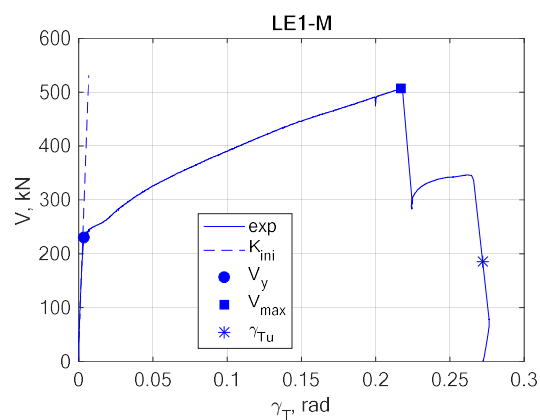


Fig. 9 - Relația experimentală forță tăietoare – deformație de forfecare pentru încercarea LE1-M

2.4 Încercarea 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. 10), restul montajului rămânând elastic.

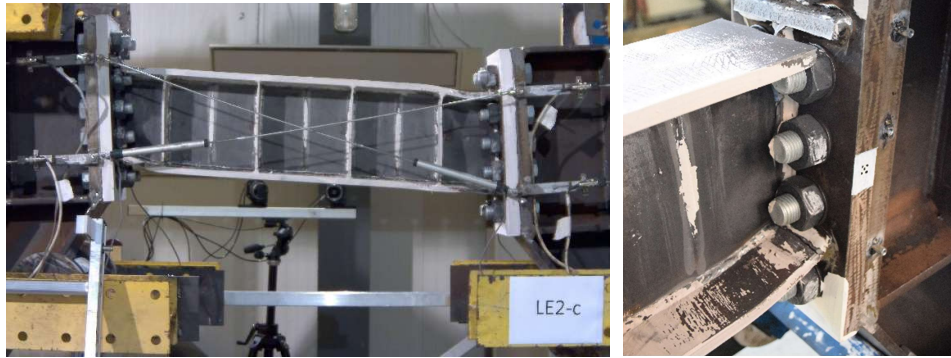


Fig. 10 – Deformația și cedarea și starea linkului la sfârșitul încercării LE2-C

Linkul deteriorat a fost eliminat prin deșurubare.

Relația experimentală forță tăietoare – deformație de forfecare pentru încercarea LE2-C este ilustrată în Fig. 11. Înfășurătoarele pozitivă și negativă ale încercării ciclice sunt ilustrate în Fig. 12, evidențiind rigiditatea inițială K_{ini} , forța tăietoare de curgere V_y , forța tăietoare maximă V_{max} și deformația de forfecare ultimă γ_{Tu} , pentru fiecare.

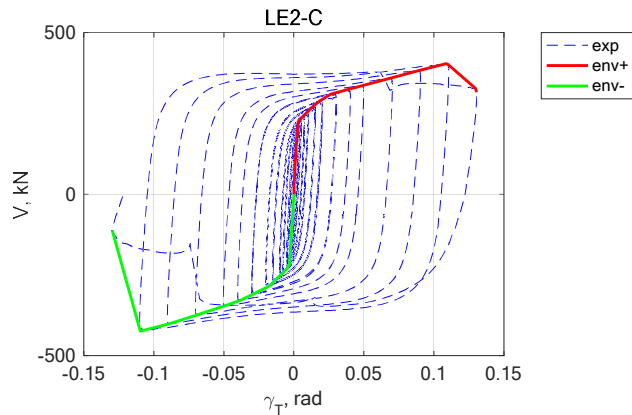


Fig. 11 - Relația experimentală forță tăietoare – deformație de forfecare pentru încercarea LE2-C

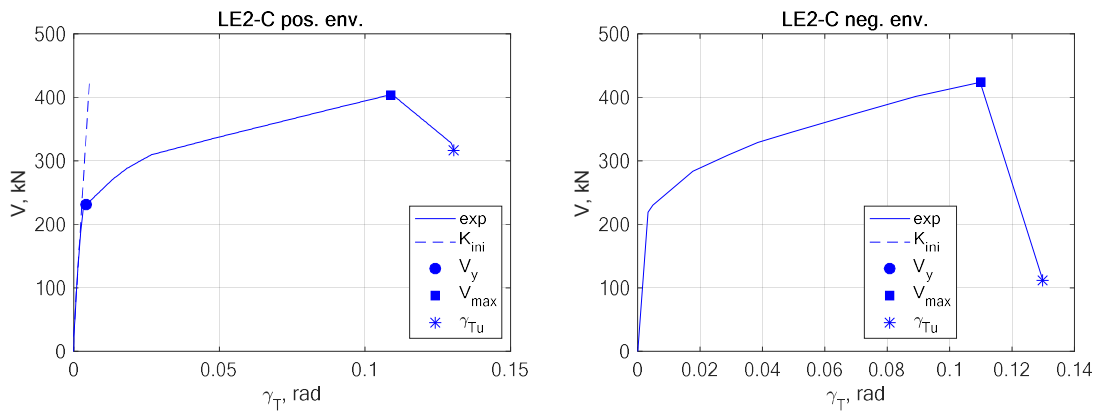


Fig. 12 – Înfășurătoarele pozitivă și negativă ale încercării ciclice LE2-C

2.5 Compararea rezultatelor încercărilor pe linkuri din oțel

Rigiditatea inițială K_{ini} , forța tăietoare de curgere V_y , forța tăietoare maximă V_{max} (atât pozitivă, cât și negativă, în cazul încercărilor ciclice), supra-rezistența V_{max} / V_y (atât pozitivă, cât și negativă, în cazul încercărilor ciclice) și deformația de forfecare ultimă γ_{Tu} (atât pozitivă, cât și negativă, în cazul încercărilor ciclice), pentru primele patru specimene sunt prezentate în Tabelul 1 și Fig. 13 și Fig. 14.

Tabelul 1 – Rezultatele încercărilor experimentale pe linkuri din oțel

Încercare	K_{ini} [kN/rad]	V_y [kN]	V_{max} -pos. [kN]	V_{max} -neg. [kN]	V_{max} / V_y pos.	V_{max} / V_y neg.	γ_{Tu} -pos. [rad]	γ_{Tu} -neg. [rad]
LF1-M	68174	233.9	605.0	-	2.59	-	0.435	-
LF2-C	54423	239.6	439.5	455.5	1.83	1.90	0.159	0.159
LE1-M	73608	231.1	506.2	-	2.19	-	0.272	-
LE2-C	73990	230.8	404.2	423.8	1.75	1.84	0.131	0.130

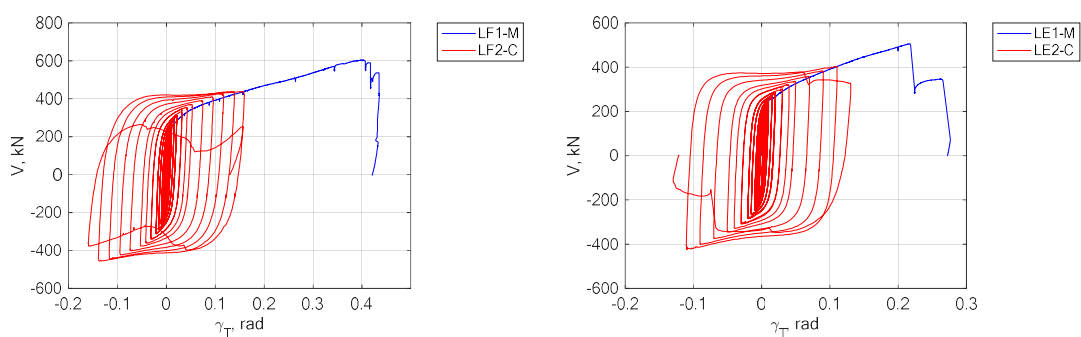


Fig. 13 – Comparație între încercările monotone și ciclice, atât pentru linkurile din oțel LF cât și pentru cele LE

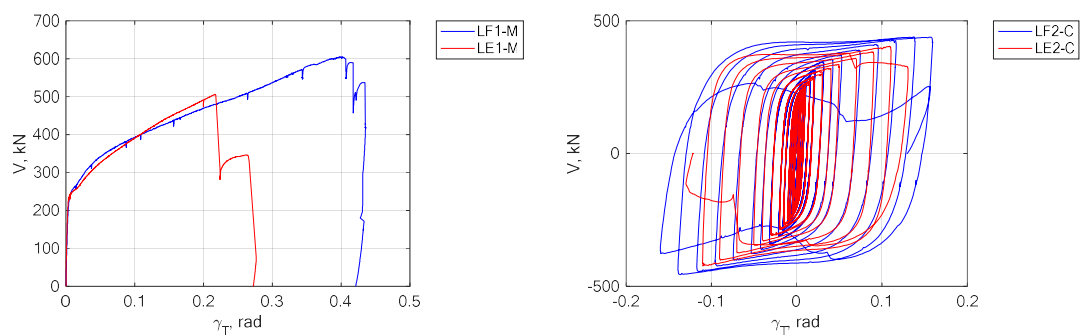


Fig. 14 – Comparație între comportările linkurilor din oțel LF și LE, atât monoton, cât și ciclic

Răspunsul elastic al speciemenelor încercate este descris de rigiditatea lor inițială K_{ini} . Se observă o scădere a rigidității inițiale în cazul încercării ciclice a speciemenului LF, față de încercarea monotonă (aproximativ 20%) care se poate datora unei diferențe de pretensionare a șuruburilor și/sau spațiului la montaj dintre plăcile de capăt (umplut cu placuțe suplimentare de 1-2 mm grosime).

Răspunsul inelastic al speci­menelor încercate este descris de următorii parametri.

Forța tăietoare de curgere V_y este simi­lara pentru toate cele patru speci­mene (diferență mai mică de 5%), toate linkurile de forfecare având aceeași secțiune. Se pot observa forte tăietoare maxime mai mici în cazul încercărilor ciclice, față de cele monotone: aproximativ 27% pentru speci­menul LF și 20% pentru speci­menul LE, deoarece deformațiile din încercările monotone nu au fost atinse în cadrul celor ciclice.

Supra-rezistența linkurilor de forfecare investigate s-a dovedit a fi mai mare decât cea estimată înainte de încercări, în special în cazul speci­menului LE: 1.83 (1.90 negativ) pentru speci­menul LF (foarte apropiată de estimarea de dinainte de încercare, de 1.80, cel puțin pentru ramura pozitivă) și 1.75 (1.84 negativ) pentru speci­menul LE (estimată înainte de încercare la 1.50).

În timpul încercărilor ciclice, speci­menul LF s-a dovedit a fi cu 20% mai ductil decât speci­menul LE: deformația de forfecare ultimă fiind de 0.159 rad pentru speci­menul LF și de 0.131 rad pentru speci­menul LE, comparativ cu capacitatea linkurilor de forfecare recomandată de ASCE 41-13 [6] - 0.15 rad. În cazul încercărilor monotone, speci­menul LF s-a dovedit a fi mult mai ductil decât speci­menul LE, cu 60%.

Dar valorile absolute ale deformațiilor de forfecare ultime (în mm), pentru speci­menul LE sunt mult mai mari (cu 65%) decât pentru speci­menul LF (131 mm comparativ cu 79.5 mm).

2.6 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 (a se vedea Fig. 15) 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. 16), restul montajului rămânând elastic.

Nu s-a intenționat obținerea/proiectarea unui link compus oțel-beton – conectorii au fost dispusi doar pe grinzi, nu și pe link, iar placa a fost turnată peste tablă cutată cu rol doar de cofraj pierdut. Placa a fost armată doar pe o direcție, cu armatura constructivă pe cealaltă direcție, considerand situația reală din structura prototip. Aceasta abordare nu a corespuns cu comportarea standului experimental, unde grinzile au fost foarte scurte comparativ cu structura reală, lucru ce a dus la deteriorarea semnificativă a plăcii din beton în zona conectorilor, provocand smulgerea conului din beton format în această zonă (vezi Fig. 16). Aceasta comportarea a plăcii din beton nu a adus modificări semnificative în comportarea linkului din oțel.



Fig. 15 – Placa din beton: armare și vedere 3D



Fig. 16 – Deformația și starea linkului și a plăcii din beton la sfârșitul încercării LE3-C-B

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 Fig. 19. Înfășurătoarele pozitivă și negativă ale încercării ciclice sunt ilustrate în Fig. 18, evidențiind rigiditatea inițială K_{ini} , forța tăietoare de curgere V_y , forța tăietoare maximă V_{max} și deformația de forfecare ultimă γ_{Tu} , pentru fiecare.

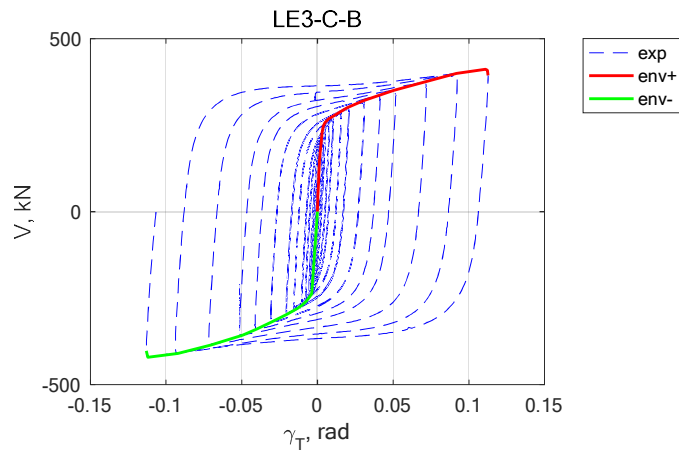


Fig. 17 - Relația experimentală forță tăietoare – deformație de forfecare pentru încercarea LE3-C-B

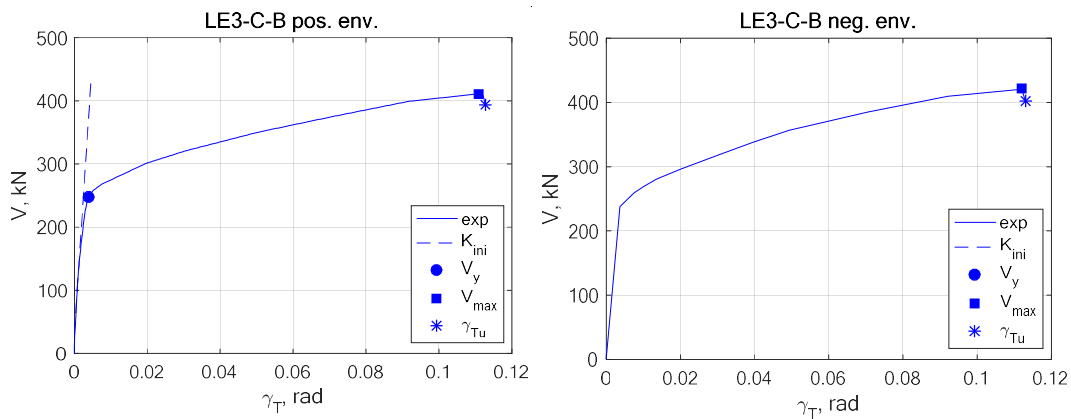


Fig. 18 – Înfășurătoarele pozitivă și negativă ale încercării ciclice LE3-C-B

2.7 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. 19), restul montajului rămânând elastic.



Fig. 19 – 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. 20. Înfășurătoarele pozitivă și negativă ale încercării ciclice sunt ilustrate în Fig. 21, evidențiind rigiditatea inițială K_{ini} , forța tăietoare de curgere V_y , forța tăietoare maximă V_{max} și deformația de forfecare ultimă γ_{Tu} , pentru fiecare.

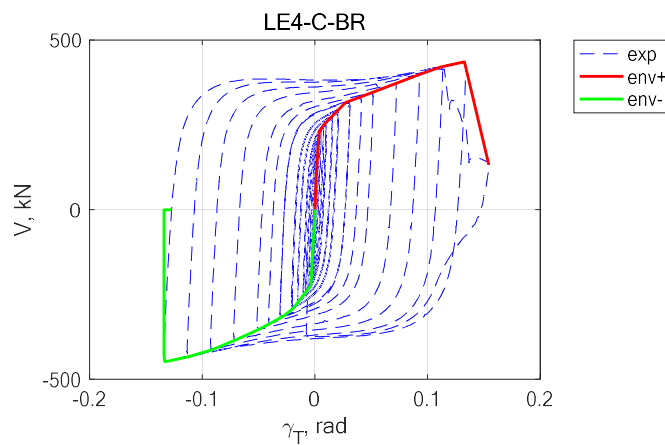


Fig. 20 - Relația experimentală forță tăietoare – deformație de forfecare pentru încercarea LE4-C-BR

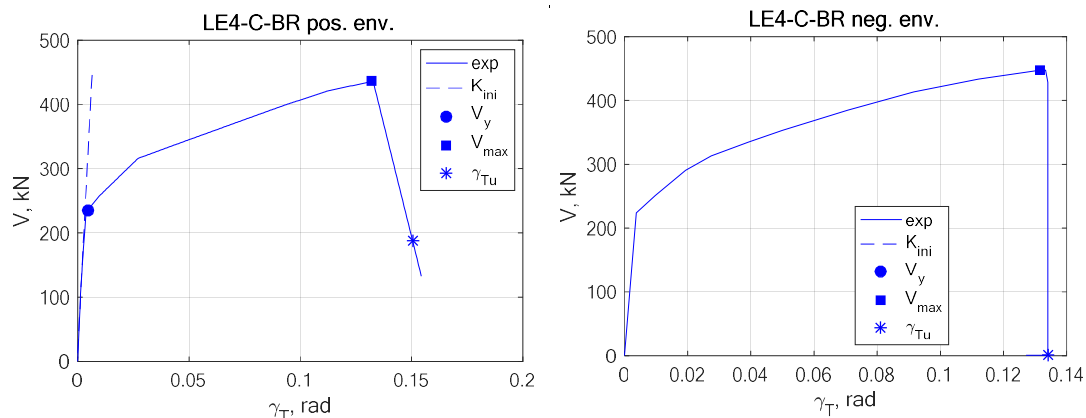


Fig. 21 – Înfășurătoarele pozitivă și negativă ale încercării ciclice LE4-C-BR

În final, au fost demontate și grinzile împreună cu placa din beton, stâlpul din dreapta a fost mutat cu 300 mm spre stânga, pregătind astfel montajul experimental pentru ultimele 2 încercări, cu linkurile mai scurte LF3 și LF4, cu placă de capăt.

2.8 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 (a se vedea Fig. 22) 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. 23), restul montajului rămânând elastic.

De această dată placa nu a mai fost turnată peste tablă cutată, ci a fost realizată ca un planșeu monolit cu o grosime constantă de 10 cm. O atenție sporită a fost acordată armării locale a plăcii din beton în zona conectorilor, calculând în detaliu rezistența conului din beton, a conectorilor și amplasând local armatura suplimentară [INFASO+] pentru împiedicarea smulgerii plăcii (a se vedea Fig. 22). Această nouă abordare a dus la o comportare mult îmbunătățită a plăcii din beton armat, care a provocat modificări sesizabile în comportarea linkului din oțel.



Fig. 22 – Placa din beton: armare și vedere 3D

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

După cum se poate observa în Fig. 23, la sfârșitul acestei încercări, placa din beton armat prezintă fisuri între 0.5 și 3 mm pe toată lățimea ei, la partea de sus, iar la partea de jos, se poate observa desprinderea acoperirii cu beton pe zone semnificative. Având în vedere acest nivel de deteriorare a plăcii din beton armat, s-a luat decizia reparării acesteia, pentru ultima încercare a programului experimental.



Fig. 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 Fig. 24).



Fig. 24 - Repararea placii din beton armat

Astfel, placa din beton armat a fost pregătită pentru următoarea (ultima) încercare experimentală a programului pe linkuri izolate (a se vedea Fig. 25).



Fig. 25 – Placa din beton armat reparata

Relația experimentală forță tăietoare – deformație de forfecare pentru încercarea LE3-C-B este ilustrată în Fig. 26. Înfășurătoarele pozitivă și negativă ale încercării ciclice sunt ilustrate în Fig. 27, evidențiind rigiditatea inițială K_{ini} , forța tăietoare de curgere V_y , forța tăietoare maximă V_{max} și deformația de forfecare ultimă γ_{Tu} , pentru fiecare.

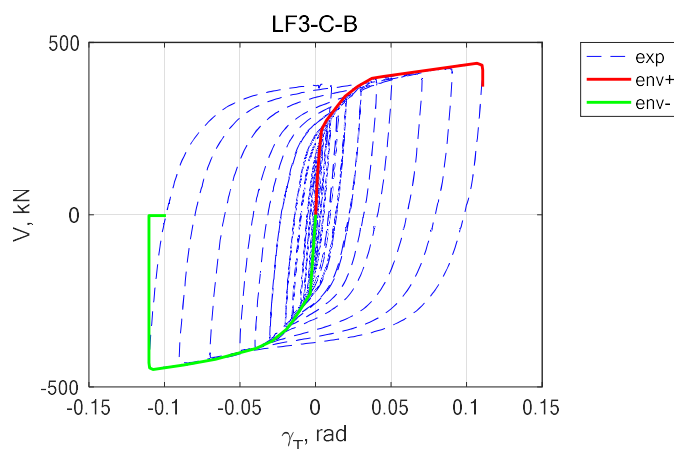


Fig. 26 - Relația experimentală forță tăietoare – deformație de forfecare pentru încercarea LF3-C-B

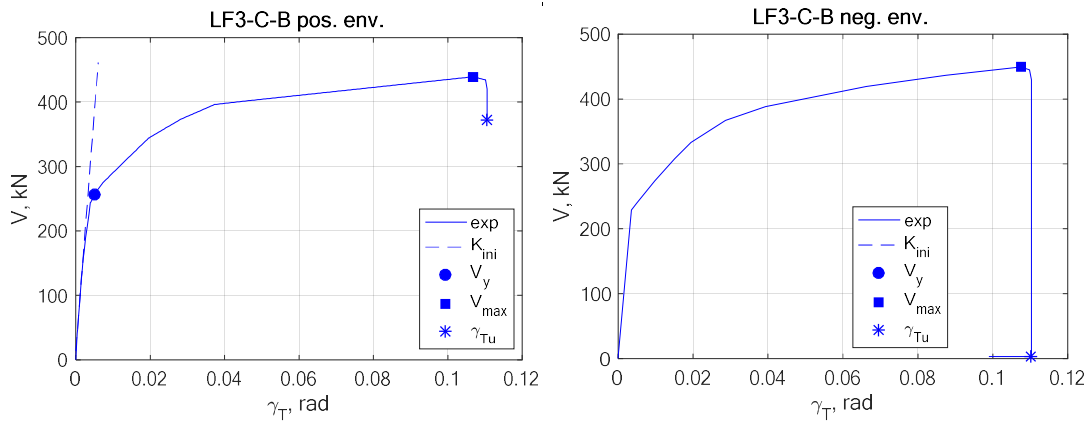


Fig. 27 – Înfășurătoarele pozitivă și negativă ale încercării ciclice LE3-C-B

2.9 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 Fig. 28), restul montajului rămânând elastic.



Fig. 28 – Deformația și cedarea și starea linkului la sfârșitul încercării LF4-C-BR

Placa din beton armat reparată s-a comportat foarte bine, foarte similar cu starea ei inițială, din încercarea precedentă (a se vedea Fig. 29).



Fig. 29 – Deteriorarea plăcii din beton armat la sfârșitul ultimei încercări

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

Relația experimentală forță tăietoare – deformație de forfecare pentru încercarea LE3-C-B este ilustrată în Fig. 30. Înfășurătoarele pozitivă și negativă ale încercării ciclice sunt ilustrate în Fig. 27, evidențiind rigiditatea inițială K_{ini} , forța tăietoare de curgere V_y , forța tăietoare maximă V_{max} și deformația de forfecare ultimă γ_{Tu} , pentru fiecare.

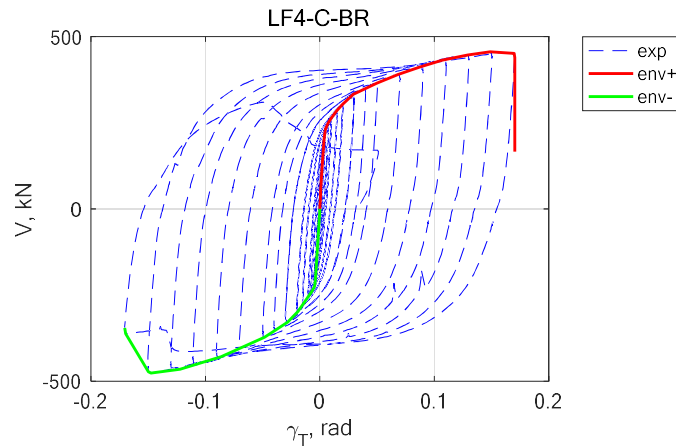


Fig. 30 - Relația experimentală forță tăietoare – deformație de forfecare pentru încercarea LF4-C-BR

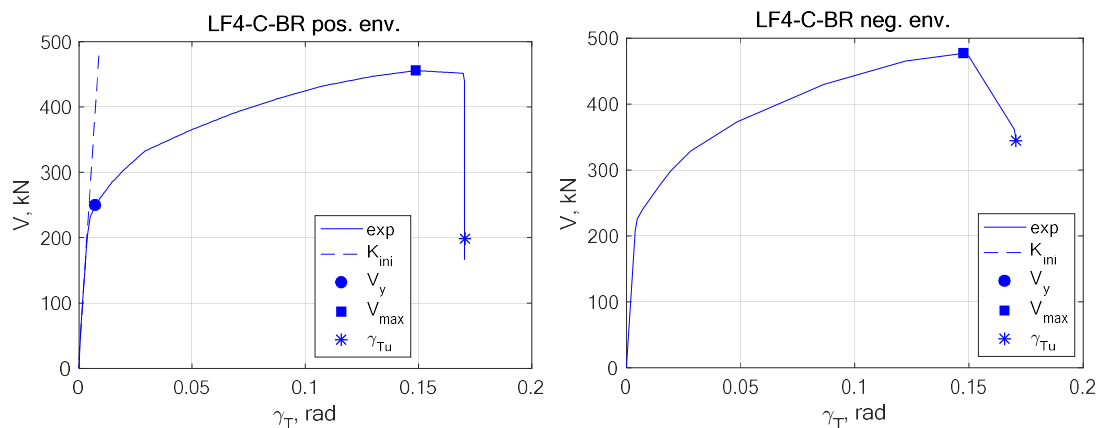


Fig. 31 – Înfășurătoarele pozitivă și negativă ale încercării ciclice LE4-C-BR

2.10 Compararea rezultatelor încercărilor pe linkuri din oțel cu placă din beton armat

Rigiditatea inițială K_{ini} , forța tăietoare de curgere V_y , forța tăietoare maximă V_{max} (atât pozitivă, cât și negativă), supra-rezistența V_{max} / V_y (atât pozitivă, cât și negativă) și deformația de forfecare ultimă γ_{Tu} (atât pozitivă, cât și negativă), pentru ultimele patru specimene sunt prezentate în Tabelul 1 și Fig. 32 și Fig. 33.

Tabelul 2 – Rezultatele încercărilor experimentale pe linkurile din oțel cu placa din beton armat

Încercare	K_{ini} [kN/rad]	V_y [kN]	V_{max} –pos. [kN]	V_{max} –neg. [kN]	V_{max} / V_y pos.	V_{max} / V_y neg.	γ_{Tu} -pos. [rad]	γ_{Tu} -neg. [rad]
LE3-C-B	87865	247.7	411.2	420.9	1.66	1.70	0.113	0.113
LE4-C-BR	66832	235.0	435.9	447.3	1.85	1.90	0.150	0.134
LF3-C-B	74223	257.0	439.3	449.2	1.71	1.75	0.111	0.110
LF4-C-BR	52796	249.2	455.7	477.1	1.83	1.91	0.170	0.171

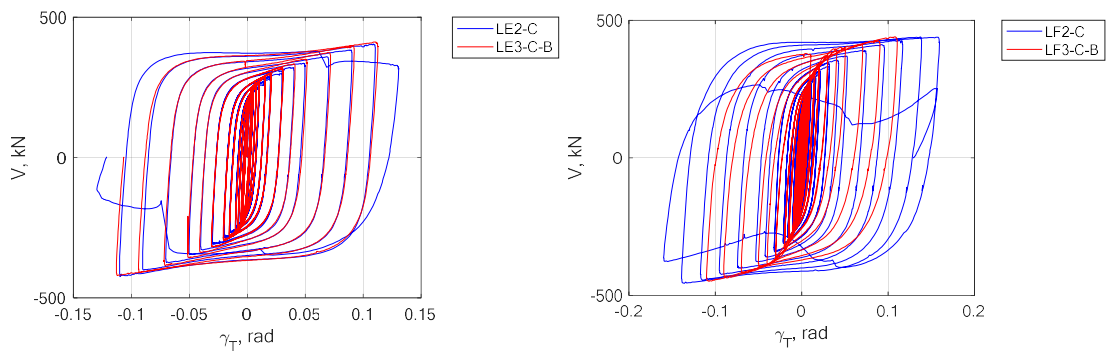


Fig. 32 – Comparație între încercările pe linkuri doar din oțel și cele din oțel cu placa din beton armat, atât pentru linkurile LE cât și pentru cele LF

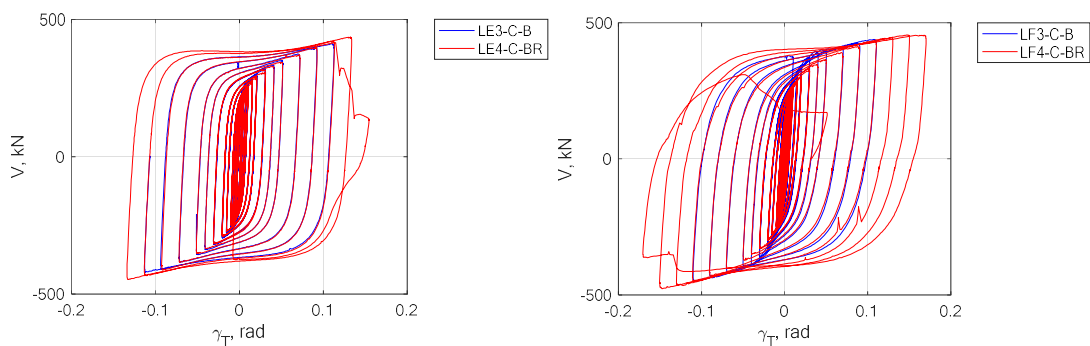


Fig. 33 – Comparație între comportările linkurilor din oțel cu placa din beton armat LE și LF, atât intacta, cât și reparata

Răspunsul elastic al specișenelor încercate ciclic este descris de rigiditatea lor inițială K_{ini} . Se observă o scădere a rigidității inițiale în cazul încercării specișenelor cu placa din beton armat reparata, față de încercările cu placa din beton armat intacta (aproximativ 25-30%). De asemenea, prezenta placii din beton armat duce la o creștere a rigidității inițiale a linkurilor cu 19% în cazul specișenelor LE și cu 36% în cazul specișenelor LF.

Răspunsul inelastic al specișenelor încercate este descris de următorii parametri.

Forța tăietoare de curgere V_y este similară pentru toate cele patru specișene cu placa din beton armat (diferență de aproximativ 5%), toate linkurile de forfecare având aceeași secțiune din oțel. Prezenta placii din beton armat crește forța tăietoare de curgere cu 7%.

Supra-rezistența linkurilor de forfecare cu placa din beton armat investigate s-a dovedit a fi mai mică decât cea a linkurilor doar din oțel în cazul specișenelor LE cu 5% (7% negativ), și cu 7% (8% negativ) în cazul specișenelor LF.

În cazul specișenelor LF s-a dovedit că placa din beton armat crește ductilitatea cu 7%, iar în cazul specișenelor LE, cu 15% (3% negativ).

3 Comportarea cadrelor în timpul încercărilor

Scalarea cadrului (specișenului) 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. Specișenul experimental a fost scalat geometric la scara de 1:4.8 pentru compatibilitate cu capacitatea masei vibrante (1.375 x 1.375 m).



Fig. 34. – 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 reala 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 contravantuit excentric cu link demontabil, pozitionat central, si doua cadre necontravantuite, pozitionate marginal, cu lungimea grinzilor de 1.25m, inaltimea stalpilor (articulati la baza) de 0.73 m, masa de 1 t, 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).