

---

## 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\_a*

*Descrierea experimentelor: curbe de comportare materiale, date care descriu  
comportarea linkurilor în timpul încercărilor*

## *Cuprins*

<b>1</b>	<b>INTRODUCERE (SCOP)</b> .....	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>PROGRAMUL EXPERIMENTAL</b> .....	<b>4</b>
2.1	MONTAJUL EXPERIMENTAL .....	4
2.2	SPECIMENELE EXPERIMENTALE .....	4
2.3	CARACTERISTICILE MATERIALELOR .....	5
2.4	PROCEDURA DE INCARCARE .....	7
<b>3</b>	<b>PRELUCRAREA DATELOR EXPERIMENTALE</b> .....	<b>7</b>
3.1	INSTRUMENTAREA INCERCARILOR .....	7
3.2	COMPORTAREA SPECIMENELOR .....	8

## 1 Introducere (Scop)

Performanta seismică, capacitatea de re-centrare și fezabilitatea înlocuirii linkurilor din cadrele duale contravantuite excentric cu capacitate de re-centrare și linkuri demontabile cu placa de capăt și suruburi au fost studiate și validate experimental în cadrul proiectului FP7 SERIES DUAREM. Acolo s-au folosit linkuri foarte scurte (F) pentru a obține supra-rezistență îmbinării pentru a rămâne elastică în vederea eliminării linkului. Utilizarea unor linkuri atât de scurte a dus la cerințe de deformare mai mari în linkuri sub acțiunea seismică de proiectare. Prin urmare, cadrele EBF cu linkuri foarte scurte nu îndeplinesc cerințele de performanță la SLU atunci când sunt proiectate adoptând un factor de comportare corespunzător clasei de ductilitate înaltă ( $q=6$ ). Pentru a reduce aceste cerințe și a obține o performanță acceptabilă, 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 studiată încă. Unul dintre aceste detalii ar fi cel al linkurilor demontabile cu placa de capăt extinsă (E) și suruburi. Acestea au înălțimea secțiunii linkului mai mică decât cea a grinzii adiacente (linkul nefiind conectat direct la placa din beton armat), făcând posibilă dispunerea câte unui rând de suruburi deasupra talpii superioare și dedesubtul talpii inferioare. În acest fel se observă o ductilitate bună și o comportare stabilă a acestui detaliu, care are o îmbinare mai rigidă, cu o capacitate mai mare, linkurile putând fi proiectate mai lungi.

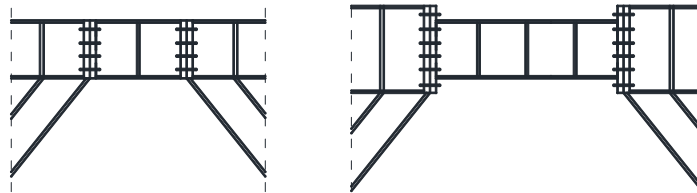


Figura 1. Linkuri cu placa de capăt (F) și cu placa de capăt extinsă (E)

Una dintre criticile aduse soluției linkului demontabil are legătura cu interacțiunea dintre elementul demontabil și placa din beton armat, observată parțial și în cadrul proiectului DUAREM. Pe de o parte, placa din beton poate afecta capacitatea la forfecare a linkului, precum și comportarea îmbinării link-grindă. Pe cealaltă parte, deformările mari aparute în linkuri pot deteriora considerabil placa din beton, ceea ce încalcă principiul conform căruia deformările plastice sunt izolate exclusiv în linkurile demontabile. Această problemă a fost studiată în două feluri în cadrul proiectului DUAREM: într-un cadru placa de beton a fost deconectată de link (oprind placa pe o grindă secundară interioară, paralelă cu linkul) și în celălalt cadru s-a folosit soluția convențională cu placa continuă peste link. În cazul ultimei soluții, pe lângă înlocuirea linkului, este necesară și repararea plăcii din beton după un eveniment seismic major.

Prin prezentul program experimental pe linkuri demontabile cu placa de capăt (F) și placa de capăt extinsă (E), cu și fără placa din beton (B), extrase din structurile prototip prezentate în livrabilul D1, se studiază:

- Comportarea (capacitatea, supra-rezistența, ductilitatea, rigiditatea) la încărcări ciclice a celor două tipologii de linkuri
- Influența locală a plăcii din beton asupra cadrelor EBF, cuantificând experimental rezistența, rigiditatea și ductilitatea linkurilor ;
- Necesitatea reparării plăcii din beton după deteriorarea linkurilor până la SLU (0.14 rad în linkuri) pentru o performanță seismică viitoare acceptabilă și repararea betonului, dacă este necesar.

## 2 Programul experimental

### 2.1 Montajul experimental

Schema standului experimental pentru încercarea linkurilor este prezentată în Figura 2 și cuprinde o porțiune a structurilor dimensionate în livrabilul D1. Forța generată de un actuator hidraulic de 1500 kN (prins de zidul de reacție al laboratorului CMMC - albastru) a fost aplicată linkurilor prin intermediul unui cadru exterior format din doi stalpi HEB340 articulați la baza și o grindă articulată IPE360 (prins pe grinzile foarte rigide ale plasei rigide al laboratorului CMMC - gri). Un alt cadru rigid (verde - prins pe grinzile rigide) restricționează mișcarea în afara planului.

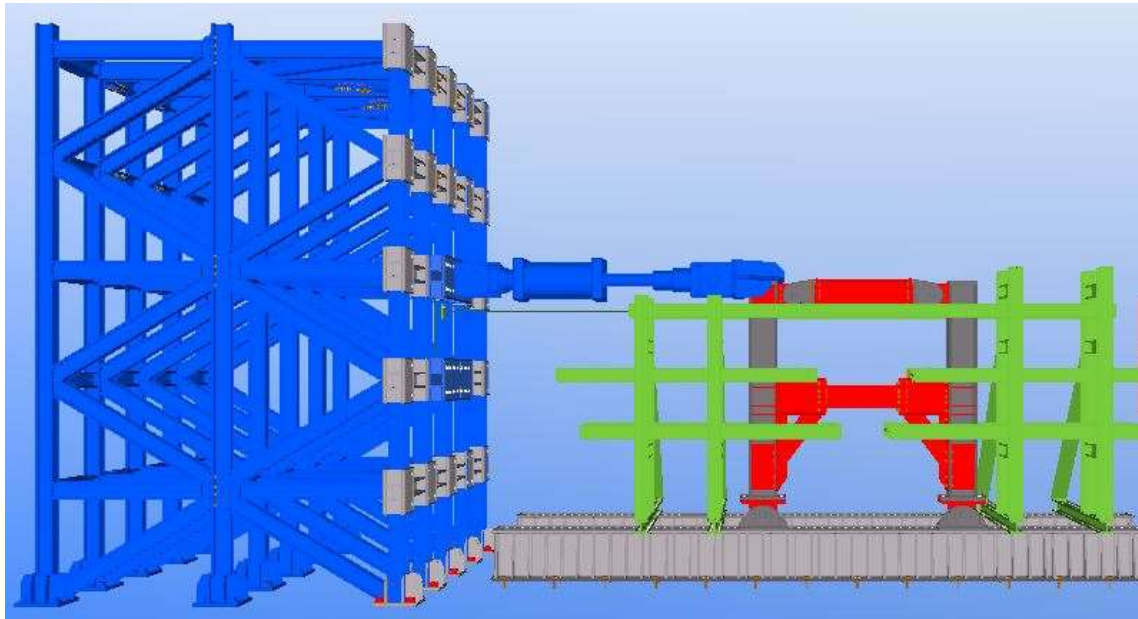


Figura 2. Standul pentru încercarea experimentală a linkurilor demontabile

### 2.2 Specimenele experimentale

Bara disipativă demontabilă, formată dintr-o secțiune transversală I sudată a fost executată din oțel S355, la fel și 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 capăt (F) și cu placa de capăt extinsă (E). Lungimea primei tipologie 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 prezența plăcii din beton armat (B). Astfel, cele 4 specimene experimentale care au rezultat în vederea încercării sunt prezentate în Table 1. 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 1. Programul experimental

Incarcare	Incarcare	e [mm]
F-m	monotona	500
F-c	ciclica	500
F-B-c1	ciclica	500
F-B-c2	ciclica	500
E-m	monotona	1000
E-c	ciclica	1000
E-B-c1	ciclica	1000
E-B-c2	ciclica	1000

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

### 2.3 Caracteristicile materialelor

Pentru determinarea caracteristicilor oțelului folosit la fabricarea linkurilor, au fost efectuate încercări la tracțiune pe epruvete extrase din acestea, folosind o masina hidraulica de 1000 kN INSTRON 8805. Alungirea a fost masurata cu ajutorul unui extensometru video.

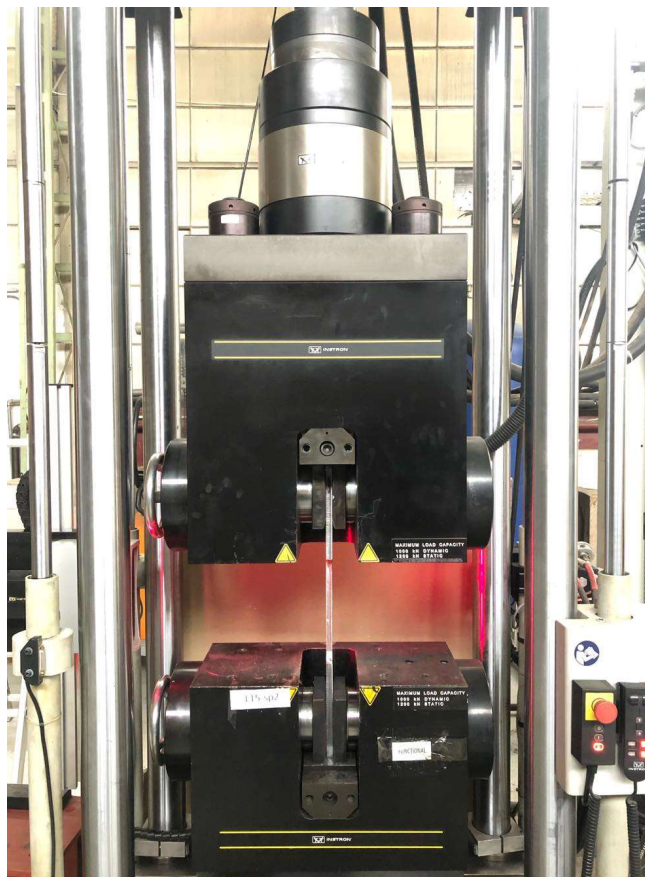


Figura 3. INSTRON 8805

Încercările pe epruvete proporționale (Figura 4) au fost efectuate conform ISO 6892-1.

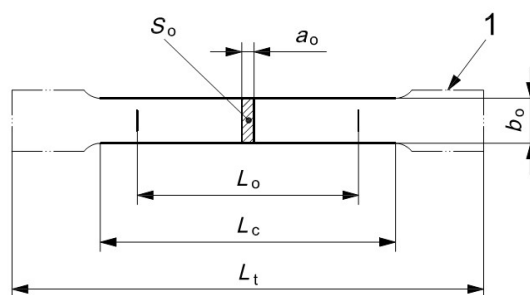


Fig. 4-1

Figura 4. Epruveta pentru incercarea la tractiune.

Proprietatile geometrice masurate ale epruvetelor incercate sunt prezentate in Table 2.

Table 2. Proprietatile geometrice masurate ale epruvetelor (media)

Element	Sample	Steel grade	Pieces	Thickness $a_0$ [mm]	Width $b_0$ [mm]	Parallel length $L_c$ [mm]	Original length $L_o$ [mm]	Total length $L_t$ [mm]
Inima link	L6	S355	3	5.95	49.48	135.31	100.60	608.33
Talpa link	L15	S355	3	15.08	37.79	180.00	140.40	658.33
Placa de capat link	L30	S355	3	29.85	28.67	217.00	142.80	694.00

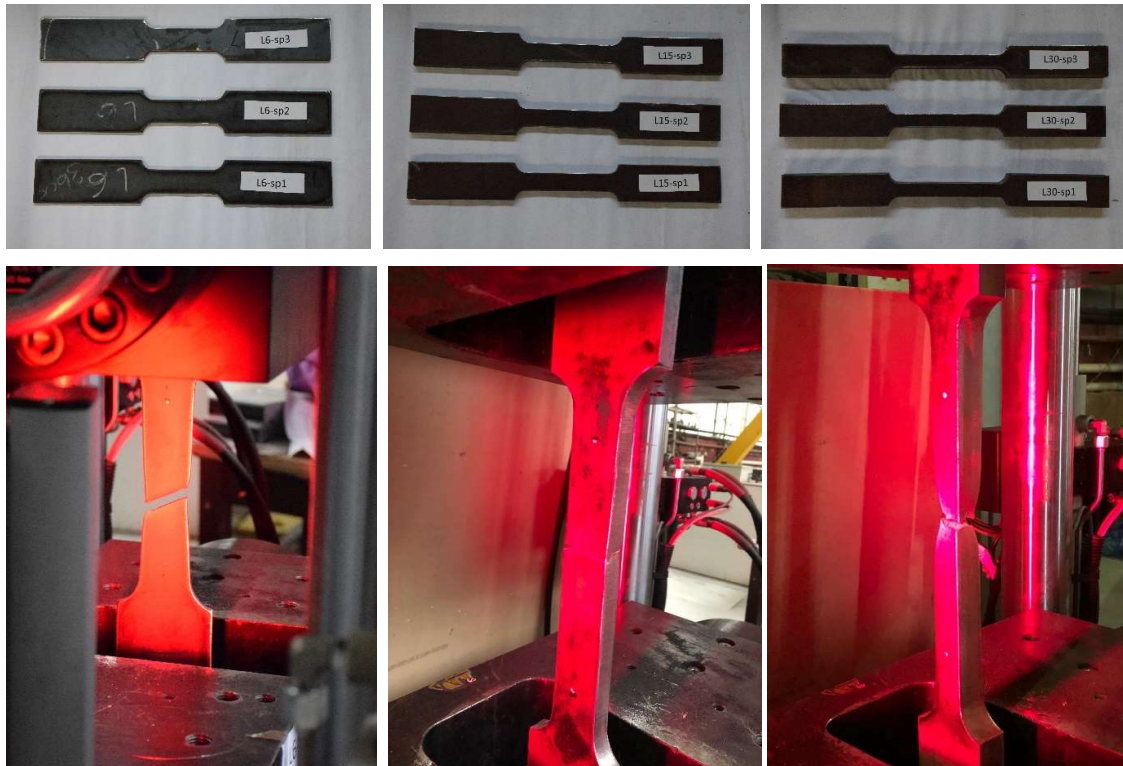


Figura 5. Incercarile la tractiune

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 3.

Table 3. Rezultate incercari la tractiune

Element	Sample	Steel grade	$f_y$ ( $R_{eH}$ ), N/mm <sup>2</sup>	$f_u$ ( $R_m$ ), N/mm <sup>2</sup>	$f_u/f_y$ , ( $R_m/R_{eH}$ )	$A$ , %
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 ( $\sigma$ - $\epsilon$ ) sunt prezentate în Figura 6.

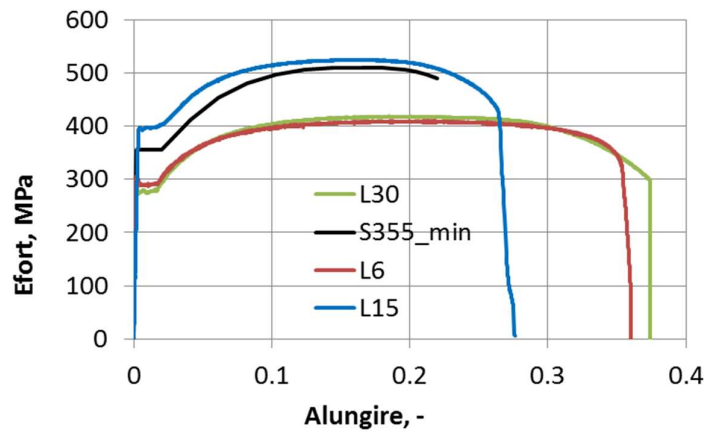


Figura 6. Curba caracteristica efort unitar – alungire

## 2.4 Procedura de incarcare

Încercarea specimenelor de link prevede o încercare monotonă, 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  $\alpha_y$  și o tangentă la curba F-e având panta de 10% din rigiditatea inițială (ECCS). Pentru incarcările ciclice se folosește protocolul de incarcare AISC pentru linkuri:

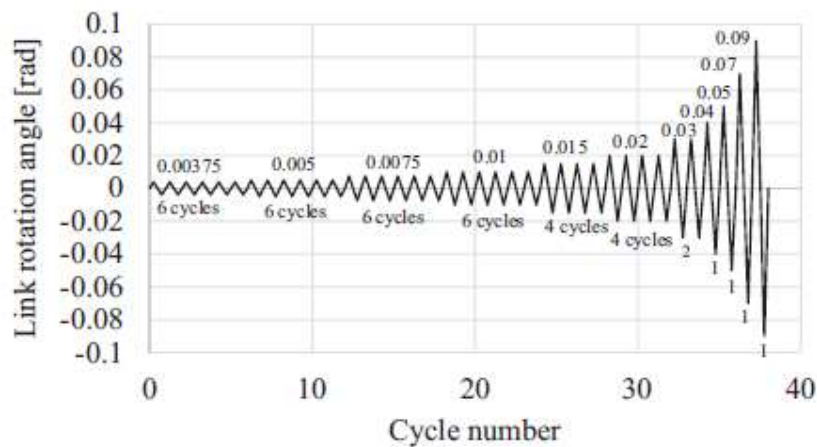


Figura 7. Protocol de incarcare AISC pentru linkuri.

## 3 Prelucrarea datelor experimentale

### 3.1 Instrumentarea incercarilor

Răspunsului specimenelor este monitorizat prin intermediul unor captori de deplasare și forță. Forța aplicată se măsoară prin intermediul celei de forță a actuatorului, ceilalți parametri (deformațiile) sunt înregistrați cu o serie de captori potențiometrici (tip TRS și LWH) și inductivi (LVDT). Schema de dispunere a captorilor este prezentată în Figura 8. Aceștia au fost fixați fie pe elemente diferite ale subansamblului structural, pentru măsurarea deplasărilor relative între componente, fie pe o structură secundară fără contact cu standul de încercare, pentru măsurarea deplasărilor absolute.



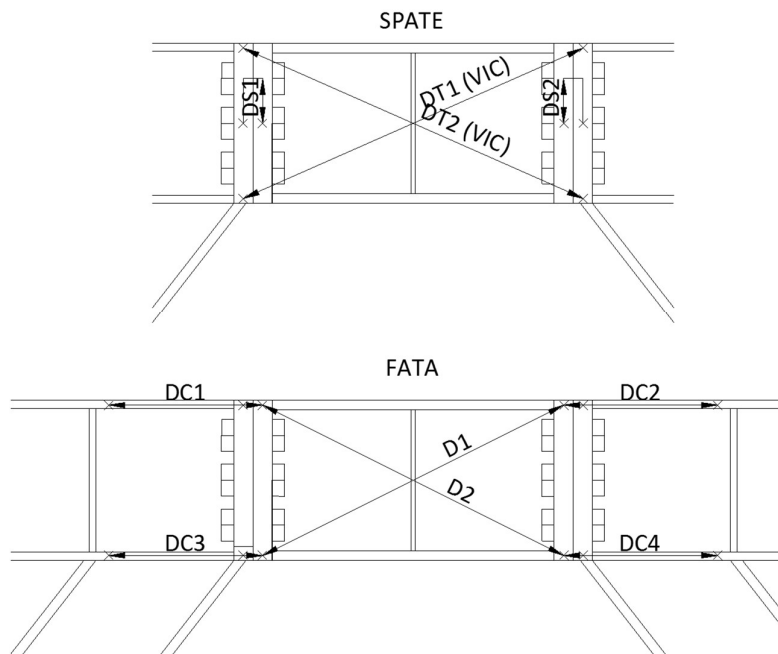


Figura 8. Schema de dispunere a captorilor pe linkuri

Captorii D1 si D2 sunt folositi pentru a masura deformatia la forfecare a barei linkului, DC1, DC2, DC3 si DC4 sunt folositi pentru a masura rotirile relative la extremitatile celor doua imbinari link-grinda, iar DS1 si DS2 sunt folositi pentru a masura lunecarile din cele doua imbinari link-grinda.

Pentru verificare, se foloseste sistemul de masurare video VIC 3D, pentru a obtine deformatia totala a linkului (care cuprinde toate cele trei componente mentionate anterior), masurand DT1 (VIC) si DT2(VIC).

Captorii DH1 si DH2 sunt folositi pentru masurarea deplasarilor orizontale, iar DV1 si DV2 sunt folositi pentru masurarea deplasarilor verticale din cele doua articulatii de la baza stalpilor standului experimental.

Captorul DHT este folosit pentru deplasarea orizontala totala a standului, pe stalpul din dreapta, iar DHR este folosit pentru a masura deplasarea orizontala relativa dintre cei doi stalpi ai standului.

### 3.2 Comportarea specimenelor

Se pregateste montajul experimental, folosind primul link demontabil cu placa de capat LF1, de 0.5 m lungime. Se monteaza actuatorul de 1500 kN, cu ajutorul caruia se introduce o incarcare monotona, impunand deplasare. Se incarca standul experimental pana la cedarea prin forfecare a primului link scurt, restul standului ramanand in domeniul elastic.

La sfarsitul primei incercari experimentale, se demonteaza linkul deteriorat, pentru a fi inlocuit cu cel de-al doilea link cu placa de capat LF2, folosit pentru incarcarea ciclica a acestuia, F-c.

In cadrul celei de-a doua incercari, se introduce o incarcare ciclica, folosind protocolul de incarcare prezentat in Capitolul 2.4, impunand deplasare. Restul standului ramane elastic, iar la sfarsitul incercarii, linkul deteriorat este eliminat si inlocuit cu unul nou, LF3.

Pentru ultimele incercari pe linkuri cu placa de capat, F-B-c1 si F-B-c2, se sudeaza conectori pe grinda care contine linkul si se toarna placa din beton armat pe cofraj pierdut din tabla cutata (vezi Figura 9).



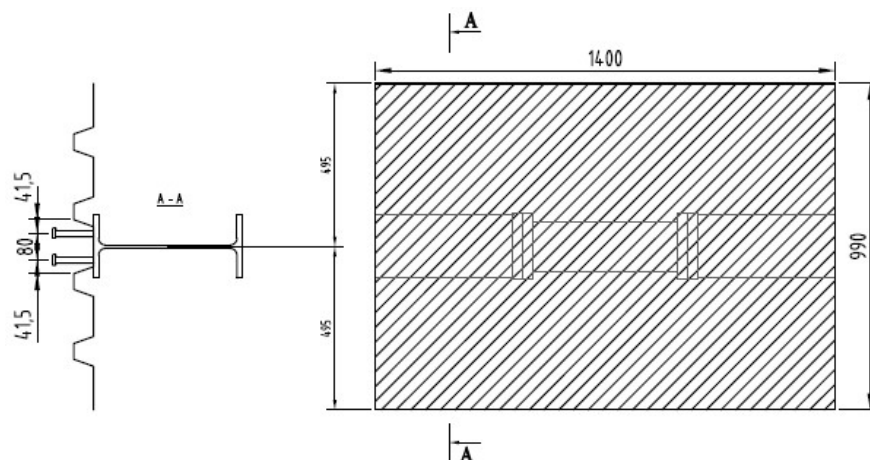


Figura 9. Placa din beton pentru linkurile cu placa de capat.

Dupa incercarea F-B-c1, linkul deteriorat este eliminat. Acesta se inlocuieste cu ultimul link cu placa de capat LF4, pentru cea de-a patra incercare F-B-c2, pentru care se repara si fisurile aparute in placa din beton armat. La sfarsitul acestei incercari se elimina si ultimul link cu placa de capat deteriorat. Pentru a doua serie de incercari, cu linkuri cu placa de capat extinsa, de 1 m lungime, montajul experimental este modificat, mutand stalpul din dreapta al standului, cu 300 mm in dreapta. Se pastreaza aceeasi succesiune de incercari, ca si in cazul primei serii: E-m (monotona), E-c (ciclica), E-B-c1 (ciclica, cu placa din beton armat – vezi Figura 10) si E-B-c2 (ciclica, cu placa din beton armat reparata).

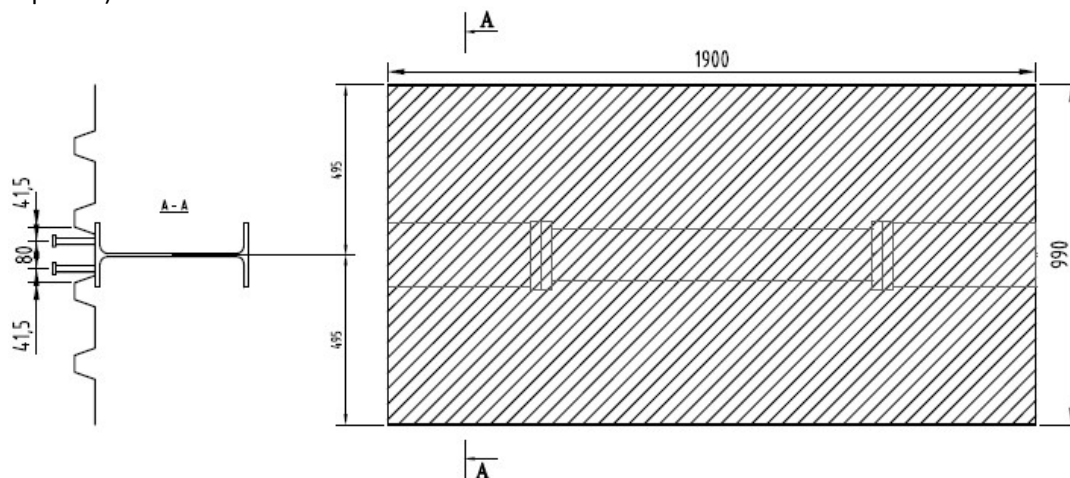


Figura 10. Placa din beton pentru linkurile cu placa de capat extinsa.

Linkurile cu placa de capat extinsa LE1, LE2, LE3 si LE4 sunt eliminate dupa deteriorarea in cadrul fiecarei incercari, si inlocuite cu urmatorul link nedeteriorat.