

Colecția "INGINERIE CIVILĂ"

CONSOLIDAREA ANTISEISMICĂ A PANOURILOR MARI PREFABRICATE

APLICAȚII CU MATERIALE COMPOZITE

Lucrarea de față reprezintă o traducere în limba română a tezei de doctorat a autoarei, și conține informații importante recunoscute pe plan național și internațional. Volumul prezintă rezultatele studiilor teoretice și ale unui program experimental, fiind o abordare benefică pentru inginerul proiectant și pentru cel practicant. Lucrarea are ca finalitate modalități de executare a unor lucrări practice de consolidare a pereților prefabricați din beton armat.

Referent științific: Prof. dr. ing. Daniel DAN

Prin realizarea unui studiu bibliografic valoros, proiectarea, pregătirea și testarea elementelor experimentale, precum și analiza rezultatelor obținute, autoarea a reușit să formuleze concluzii importante referitoare la comportarea și calculul pereților prefabricați de beton armat situați în zone seismice. Lucrarea este întocmită într-o manieră sistematică ireproșabilă.

Referent științific: Prof. dr. ing. Valeriu STOIAN

Descrierea CIP a Bibliotecii Naționale a României

TODUȚ, CARLA

**Consolidarea antiseismică a panourilor mari prefabricate :
aplicații cu materiale compozite / Carla Toduț. – Timișoara : Editura
Politehnica, 2018**

Conține bibliografie

ISBN 978-606-35-0206-4

Dr.ing. CARLA TODUȚ

CONSOLIDAREA ANTISEISMICĂ A PANOURILOR MARI PREFABRICATE

APLICAȚII CU MATERIALE COMPOZITE

Colecția "INGINERIE CIVILĂ"

UNIVERSITATEA POLITEHNICA TIMIȘOARA BIBLIOTECA CENTRALĂ	
LOCĂȘIE:	AST
CUPRINS:	CON 1/70A
NR. INV.:	G77.870

EDITURA POLITEHNICA
TIMIȘOARA - 2018

BIBLIOTECA CENTRALĂ
UNIVERSITATEA POLITEHNICA
TIMIȘOARA

Copyright © Editura Politehnica, 2018

Nicio parte din această lucrare nu poate fi reprodusă, stocată sau transmisă prin indiferent ce formă, fără acordul prealabil scris al Editurii Politehnica.

EDITURA POLITEHNICA

Bd. Vasile Pârvan nr. 2b
300223 Timișoara, România

Tel./Fax. 0256/404.677

E-mail: editura@upt.ro

Consilier editorial: Prof. dr. ing. Sabin IONEL

Redactor: Claudia MIHALI

Bun de imprimat: 14.03.2018

Coli de tipar: 15,5

C.Z.U. 69

ISBN 978-606-35-0206-4

Tiparul executat sub comanda nr. 118
la Tipografia Universității Politehnica Timișoara

Prefață

Lucrarea de față reprezintă în esență o traducere în limba română a tezei de doctorat a autoarei, cu titlul „Seismic Strengthening of Precast Reinforced Concrete Wall Panels using FRP Composites” [1] publicată în anul 2015, în cadrul căreia se regăsesc informații importante recunoscute național și internațional.

Lucrarea dorește să vină în sprijinul cadrelor didactice, cercetătorilor și inginerilor din domeniul construcțiilor mai puțin familiarizați cu termenii consacrați utilizați în limba engleză.

Activitatea în lumea universitară, contactul cu cadrele didactice, studenții, dar și cu inginerii structuriști, sunt câteva dintre aspectele care au determinat alegerea de a investiga panourile prefabricate de perete de beton armat.

Având în vedere activitatea seismică semnificativă de pe teritoriul național, vechimea clădirilor din panouri mari prefabricate de beton armat, intervențiile structurale la care acestea au fost supuse, necesitatea de perfecționare a normativelor de proiectare, precum și modalitățile de refacere a capacității portante cu ajutorul materialelor compozite, autoarea a fost motivată pentru a aduce răspuns la întrebările legate de comportarea acestor elemente.

Interesul față de acest tip de elemente s-a dezvoltat în cadrul studiilor doctrale realizate la Departamentul de Construcții Civile și Instalații, Facultatea de Construcții, Universitatea Politehnica Timișoara, sub îndrumarea Prof.dr.ing. Valeriu Stoian.

Lucrarea cuprinde patru capitole și trei anexe, totalizând un număr de peste 200 pagini. Studiul este bazat pe unsprezece teste experimentale ciclice cvasi-stactice, efectuate pe panouri prefabricate de perete de beton armat la scară aproape reală, elemente reabilite/consolidate și de referință.

Primul capitol al lucrării prezintă cadrul de referință curent al cercetării, obiectivele cercetării, precum și o scurtă prezentare a clădirilor din panouri mari prefabricate de beton armat, cu evidențierea unor detalii arhitecturale din proiectul tip ales și pereții prototip de la care a început investigarea.

Capitolul 2 cuprinde o descriere detaliată a programului experimental. Capitolul începe cu prezentarea elementelor experimentale, considerentelor de material, schema experimentală de încercare, procedura de încărcare și sistemul de instrumentare folosit. Iar apoi este prezentată comportarea generală a elementelor de referință. Capitolul se încheie cu descrierea detaliată a procedurii de reparație și consolidare a elementelor.

Capitolul 3 însumează totalitatea rezultatelor investigate și analizate. Au fost realizate următoarele analize: modul de cedare al elementelor consolidate, răspunsul forță-drift, analiza rezistenței, analiza deplasărilor, disiparea de energie, ductilitatea elementelor, analiza deformațiilor și analiza rigidității. Pe lângă aceste analize au fost realizate analize numerice și analize teoretice pentru estimarea rezistenței la forță tăietoare a elementelor investigate. Capitolul se încheie cu prezentarea modului de fisurare final al elementelor bazat pe o hartă fotografică a elementelor experimentale.

În Capitolul 4 sunt prezentate concluziile studiului efectuat.

Autoarea a considerat importantă includerea unui număr de trei anexe pentru lucrarea curentă. Anexa A prezintă sub formă tabelară observațiile cu privire la gridul realizat pe fața panourilor experimentale, cum ar fi apariția fisurilor, detalii de cedare, la fiecare ciclu de încărcare. Anexa B prezintă descrierea detaliată a sistemului de instrumentare folosit în cazul fiecărui element. Anexa C furnizează un aspect important, legat de costurile de reparație și reabilitare al elementelor.

Autoarea este conștientă de faptul că realizarea studiului a fost posibilă atât datorită efortului depus, cât și a faptului ca a avut șansa să se dezvolte într-un colectiv de profesioniști, cu tradiție recunoscută în domeniul lor de activitate.

Doresc să mulțumesc din suflet tuturor celor care s-au implicat în realizarea programului de cercetare curent.

Timișoara, Martie 2018

Carla Toduț

CUPRINS

Prefață.....	05
1. Introducere.....	09
1.1. Prezentare generală.....	09
1.2. Clădiri din panouri mari prefabricate de beton armat în România.....	11
2. Încercări privind comportarea elementelor	17
2.1. Elementele experimentale și setarea testului.....	18
2.2. Considerente de material.....	25
2.3. Schema experimentală de încercare.....	28
2.4. Procedura de încărcare.....	31
2.5. Condiții de margine.....	31
2.6. Sistemul de instrumentare.....	32
2.7. Comportarea elementelor de referință.....	35
2.8. Repararea și consolidarea specimenelor.....	42
2.8.1. Reabilitarea elementului PRCWP (7-E1-T/R) folosind EBR-CFRP.....	42
2.8.2. Reabilitarea elementului PRCWP (8-E3-T/R) folosind EBR-CFRP.....	43
2.8.3. Consolidarea elementului PRCWP (9-E1/E3-T/R) folosind EBR-CFRP și NSM-CFRP.....	44
2.8.4. Reabilitarea elementului PRCWP (10-L1/L3-T/R) folosind TRM.....	44
2.8.5. Consolidarea elementului PRCWP (11-L1-T/R) folosind TRM.....	45
2.8.6. Consolidarea elementului PRCWP (12-E1-T/R) folosind NSM-CFRP și EBR-CFRP.....	46
3. Analiza rezultatelor experimentale	75
3.1. Comportarea generală și modul de cedare al elementelor consolidate.....	75
3.2. Răspunsul forță – deplasare și observații.....	94
3.2.1. Curbe de histereză forță – deplasare.....	97
3.2.2. Înfașurătoarea ciclică forță – deplasare.....	99
3.2.3. Înfașurătoarea monotonă forță – deplasare.....	102
3.2.4. Înfașurătoarea curbei de comportare forță-deplasare.....	105
3.2.5. Rezistența la forță tăietoare.....	110
3.2.6. Analiza deplasărilor.....	111
3.2.7. Analiza comparativă a curbelor de forță - deplasare	113
3.3. Energia disipată.....	116
3.4. Ductilitatea elementelor.....	127
3.5. Deformații specifice în armătură.....	130
3.6. Degradarea de rigiditate.....	133
3.7. Analiza numerică.....	135
3.8. Studiu teoretic pentru evaluarea rezistenței la forță tăietoare a elementelor investigate.....	144
3.8.1. Evaluarea rezistenței la forță tăietoare utilizând coduri de proiectare ...	144
3.8.2. Evaluarea pe baza modelului de mecanism plastic.....	145
3.9. Evaluarea reducerii performanțelor structurale datorate tăierii de goluri în pereți.....	145

3.10. Modelul de fisurare.....	149
4. Concluzii.....	153
Anexe.....	155
A Comportarea elementelor la fiecare ciclu de încărcare.....	155
B Sistemul de monitorizare al elementelor.....	191
C Evaluarea costurilor de consolidare.....	215
Bibliografie.....	245

1. INTRODUCERE

1.1. Prezentare generală

Lucrarea de față reprezintă în esență o traducere în limba română a tezei de doctorat a autoarei [1], în cadrul căreia se regăsesc informații importante recunoscute național și internațional. Lucrarea dorește să vină în sprijinul cadrelor didactice, cercetătorilor și inginerilor din domeniul construcțiilor mai puțin familiarizați cu termenii consacrați utilizați în limba engleză.

Misiunile de recunoaștere post-cutremur au raportat o bună comportare seismică a clădirilor din panouri prefabricate de beton armat, însă datorită perioadei de 50 ani de existență a lor și a nevoilor actuale de confort, utilizarea unui astfel de sistem structural necesită îmbunătățiri. În acest context, studiile experimentale sunt necesare atât pentru evaluarea performanțelor seismice și investigarea slăbirii structurii de rezistență datorată realizării de goluri ulterioare în panourile de perete, cât și pentru îmbunătățirea ductilității panourilor de perete și determinarea soluțiilor de îmbunătățire a performanțelor seismice ale acestor tipuri de clădiri. Considerentele inițiale arhitecturale specificau faptul că golurile în pereți ar trebui să fie limitate ca și număr, să aibă dimensiuni mici și să fie simetrice.

Cu toate acestea, nevoile actuale de confort, motivele arhitecturale și nevoile de acces, au condus la intervenții de tăieri de goluri în panourile de perete. Comparativ cu alte elemente structurale, literatura de specialitate existentă nu oferă suficiente informații cu privire la pereți din beton armat consolidați cu materiale compozite. Însă datorită varietății mari de materiale de consolidare și a tehnicilor de consolidare, cercetarea este recomandată pentru reducerea vulnerabilității clădirilor existente și pentru îmbunătățirea riscului seismic.

Printre cercetătorii cu studii similare din literatură se enumeră Fintel [2,3], Tomas și Sritharan [4], Park [5, 6], Vernu și Sritharan [7], Demeter [8], Dan [9], Greifenhagen și Lestuzzi [10], Orakcal și alții [11], Guan și alții [12], Moșoarcă [13].

Evaluarea seismică a clădirilor din panouri mari prefabricate din beton armat necesită instrumente adecvate pentru identificarea zonelor critice și consolidarea acestora. De aceea, cercetarea este bazată pe panouri prefabricate de perete din beton armat la scară aproape reală. Elementele de perete investigate au goluri inițiale și goluri realizate ulterior, iar conform Eurocod 8 îndeplinesc cerințele pereților de ductilitate medie (DCM). Datorită faptului că în general pereții slab armați dezvoltă o comportare casantă, estimarea rezistenței și a deformațiilor sunt conservative în cadrul evaluării seismice. Programul de cercetare curent are la bază încercări experimentale, analize numerice și analize teoretice realizate pentru determinarea comportării panourilor

prefabricate de perete din beton armat sub acțiunea încărcărilor ciclic reversibile. Performanța seismică este caracterizată prin modurile de cedare, relația forță-deplasare, disipare de energie, degradarea de rigiditate și ductilitate. Pentru evaluarea performanțelor seismice ale panourilor de perete, cercetarea curentă intenționează să aducă un progres cu privire la răspunsul la următoarele întrebări:

- Care este influența încărcărilor ciclic reversibile asupra modului de cedare?
- Cum influențează tipul golului și tăierea de goluri răspunsul structural?
- Ce tehnică de consolidare se potrivește la reabilitarea sau consolidarea acestor elemente?
- Care este ductilitatea panourilor de perete având diferite tipuri de goluri?
- Care sunt zonele panourilor de perete unde deformația este semnificativă?
- Este suficientă utilizarea unor modele numerice simple pentru estimarea rezistenței la forță tăietoare?
- Cât de precise sunt expresiile din norme pentru estimarea rezistenței la forță tăietoare?
- Este posibilă obținerea unei bune evaluări a efectului de slăbire a performanțelor elementelor datorat tăierii de goluri cu ajutorul expresiilor din norme și a modelelor numerice?
- Sunt rezultatele obținute în concordanță cu altele oferite în literatura de specialitate?

Cercetarea asupra acestor întrebări va duce la îmbunătățirea cunoștințelor pentru evaluarea seismică a panourilor prefabricate de perete din beton armat, și a clădirilor din panouri mari prefabricate din beton armat.

1.2. Clădiri din panouri mari prefabricate de beton armat din România

Perioada de construcție dintre anii 1950 și 1970 este caracterizată de o vastă utilizare a structurilor cu panouri mari, după care a urmat o perioadă de utilizare tot mai scăzută a acestora până în anii 1990, când a încetat folosirea acestora în România. Sistemul structural format din panouri prefabricate de beton armat este renumit pentru capacitatea acestuia de preluare a acțiunii seismice. Cu toate acestea, după 50 de ani de existență și intervenții la care au fost supuse unele dintre ele, este imperios necesară investigarea detaliată a acestor structuri.

În cadrul cercetării curente s-a ales proiectul tip 770-81 din România [14] pentru analiza panourilor prefabricate de perete din beton armat. Principala destinație a clădirii analizate este cea de locuință multifamilială. Planurile arhitecturale sunt reprezentate în Figura 1.1 – fațadă principală, Figura 1.2 – fațadă laterală, Figura 1.3 – secțiune verticală, Figura 1.4 – plan parter, and Figura 1.5 – detalii de execuție. Conform Figurii 1.4, panourile de perete au fost dispuse pe două direcții principale și au fost executate din beton de marcă B250 (care corespunde clasei C16/20). În funcție de poziția panourilor în structura clădirii, se definesc două tipuri de îmbinări ale panourilor și anume verticale și orizontale. Îmbinările verticale leagă fețele verticale ale panourilor de perete alăturate și preiau forțele tăietoare verticale din acțiunea seismică, iar îmbinările orizontale leagă fețele orizontale ale panourilor de perete cu panourile de placă și preiau atât încărcarea gravitațională cât și încărcarea seismică.

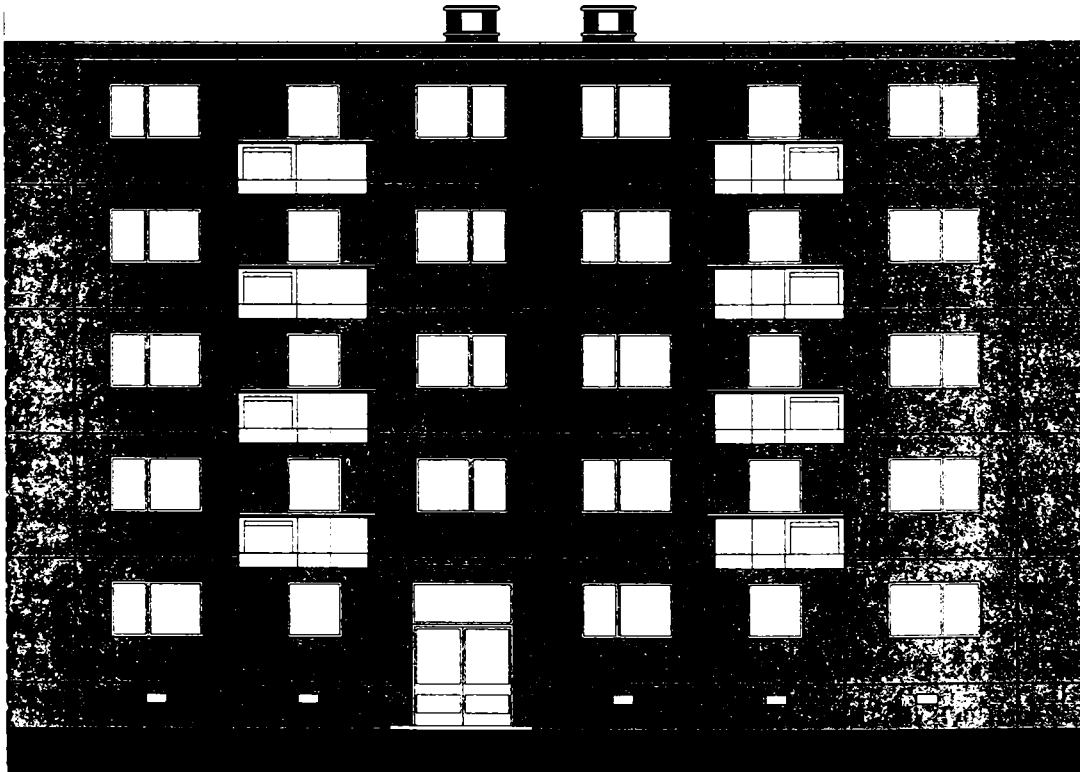


Figura 1.1 – Fațada principală

Îmbinarea panourilor s-a realizat prin monolitizare pe șantier. Pentru asigurarea continuității structurale ale elementelor, mustățile de armătură ale panourilor alăturate au fost sudate între ele, sau legate în zona de îmbinare înaintea turnării betonului.

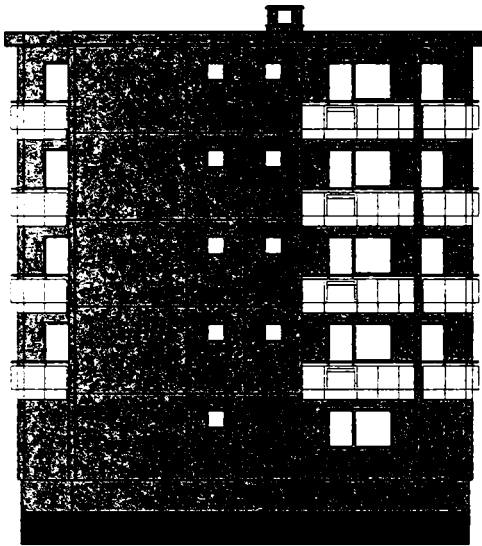


Figura 1.2 – Fațadă laterală

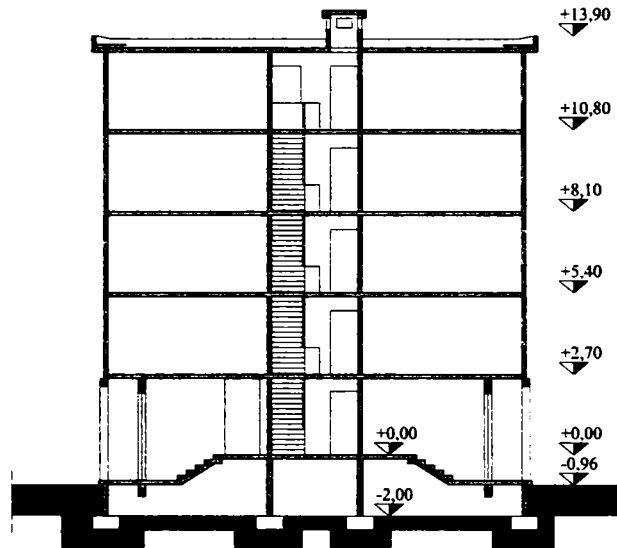


Figura 1.3 – Secțiune verticală

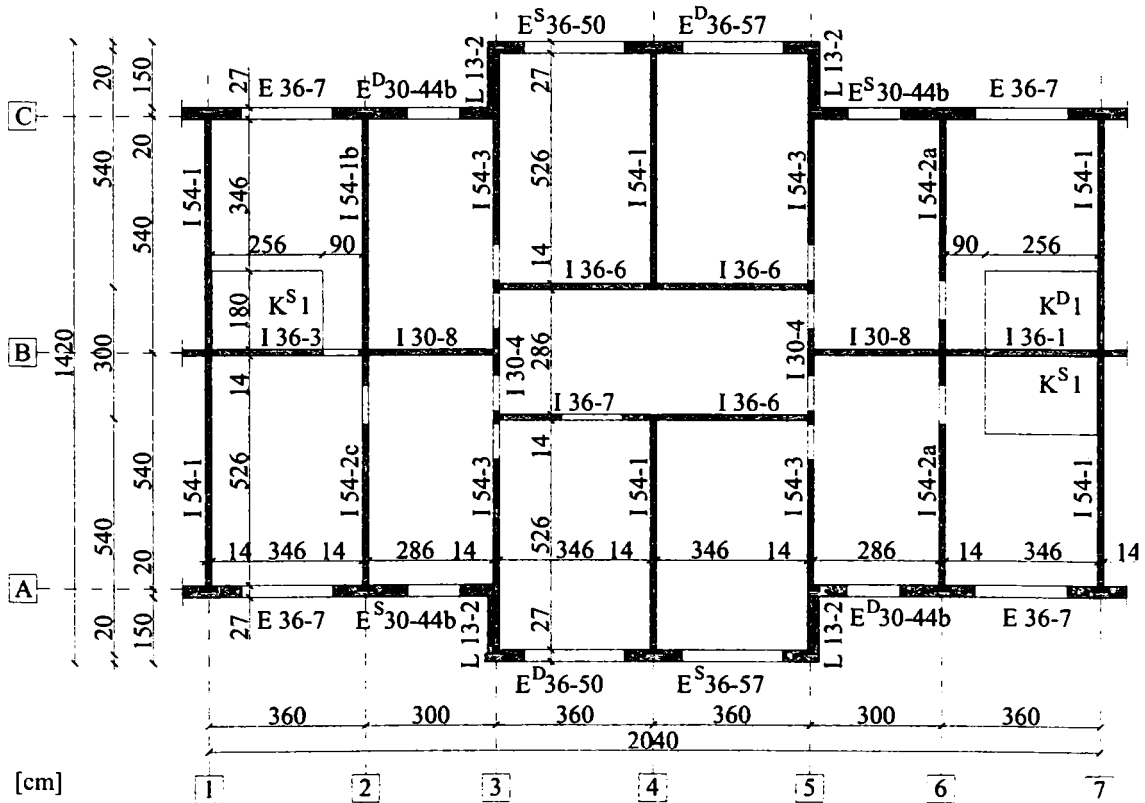


Figura 1.4 – Plan parter

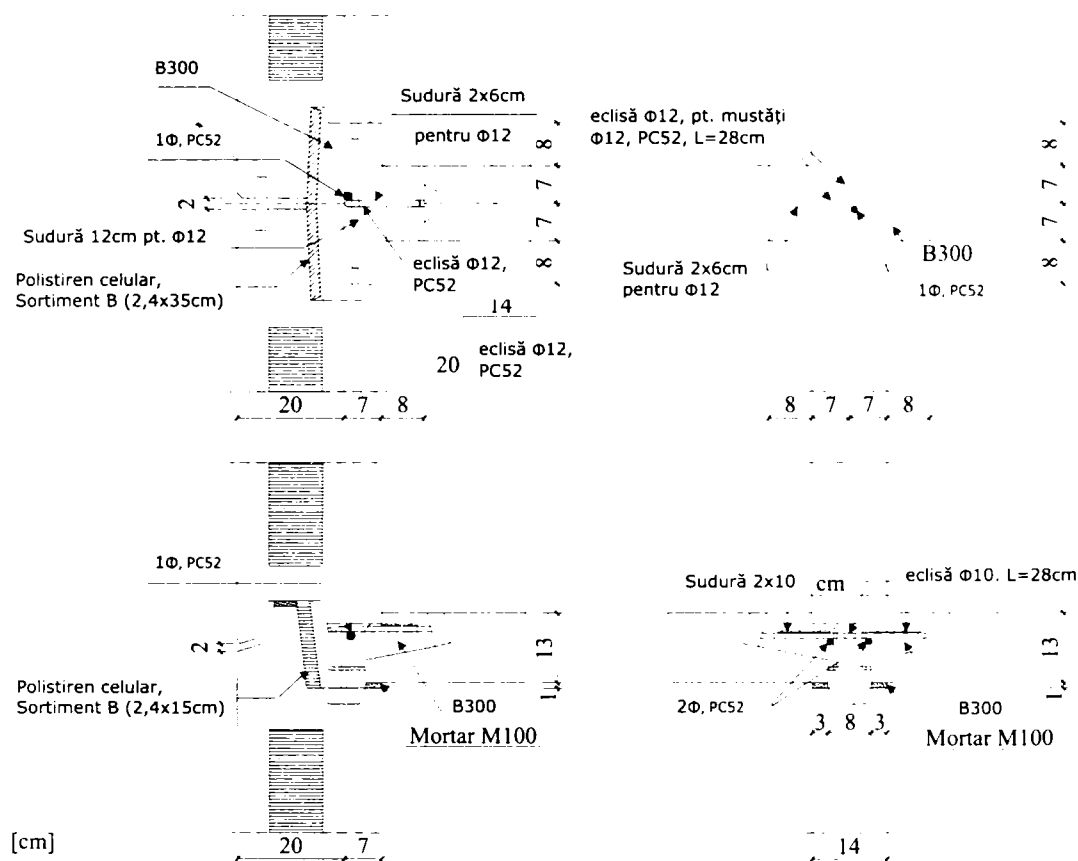


Figura 1.5 – Detalii de execuție

Clădirile din panouri prefabricate din beton armat au fost prima dată abordate în țară în codul de proiectare P100-81. Panourile de perete prototip alese în cadrul programului experimental au fost un panou de perete interior denumit I54-2a (vezi Figura 1.6 a) și un panou de perete exterior longitudinal denumit E 36-7 (vezi Figura 1.6 b). Pornind de la aceste panouri de perete prototip și încă unul investigat de către Demeter [8] (I36-1 – panou de perete interior), la Universitatea Politehnica Timișoara, Departamentul de Construcții Civile și Instalații s-a dezvoltat un program experimental.

Programul experimental a inclus un număr de 15 specimene până în momentul de față, cu/fără goluri sau tăieri de goluri. Obiectivele cercetării efectuate au fost determinarea performanțelor seismice ale panourilor prefabricate de perete din beton armat, evaluarea efectelor golurilor și tăierilor de goluri asupra performanțelor pereților, investigarea analizelor numerice și analitice, realizarea reabilitărilor structurale cu ajutorul armăturilor FRP și stabilirea soluțiilor optime de consolidare pentru speci-menele investigate

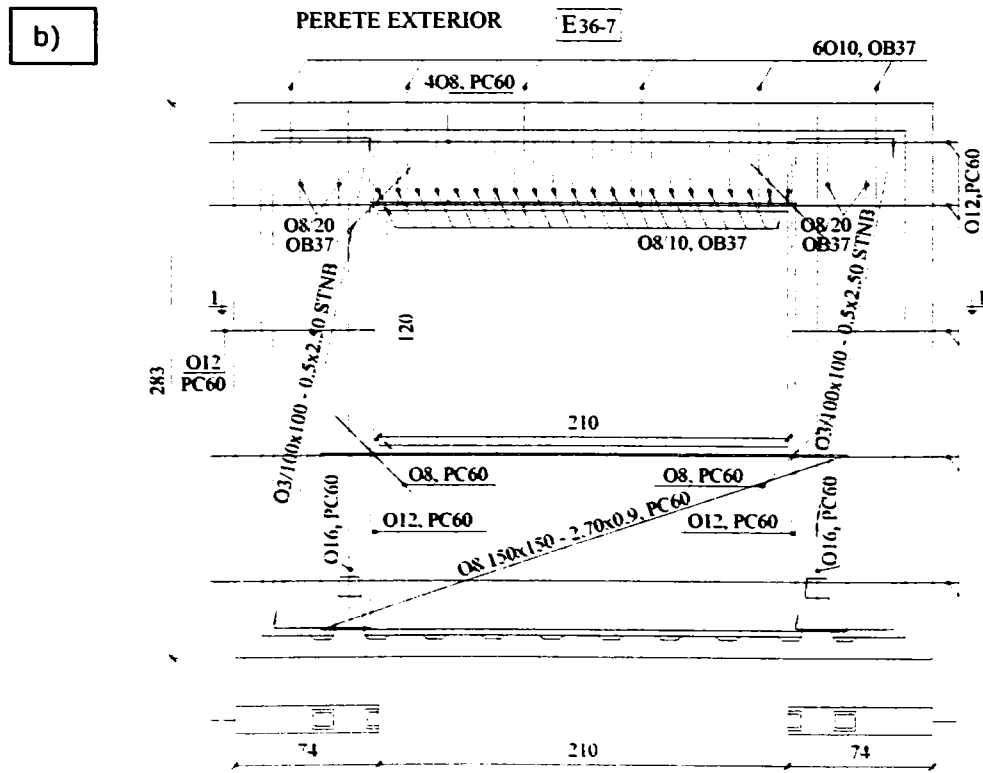
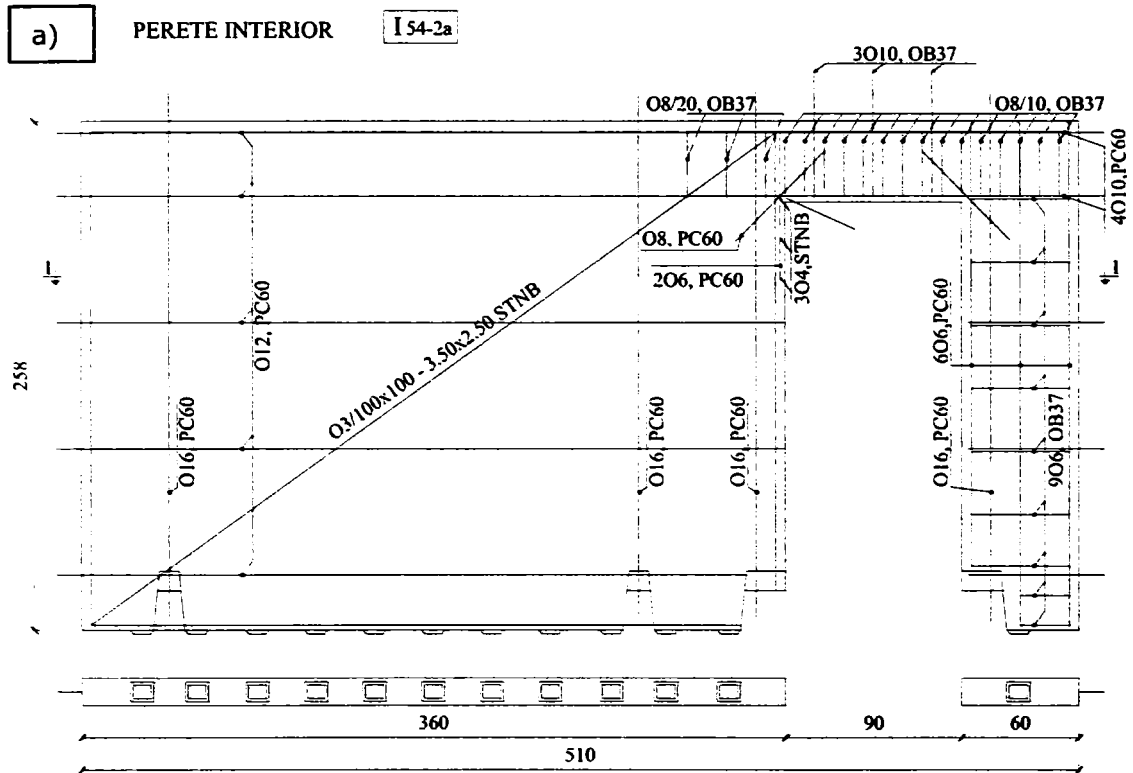


Figura 1.6 – Panouri de perete prototip investigate



Figura 1.7 – Clădiri din panouri prefabricate de beton armat în Timisoara

2. ÎNCERCĂRI PRIVIND COMPORTAREA ELEMENTELOR

Principalele obiective ale studiului au fost investigarea performanțelor seismice ale panourilor de perete prefabricate de beton armat, evaluarea reducerii performanțelor structurale datorate tăierii de goluri în pereți și realizarea strategiilor de reabilitare și consolidare structurală cu ajutorul materialelor compozite armate cu fibre (FRP). S-au realizat mai multe modele numerice și analitice, s-au evaluat costurile consolidărilor și s-au propus direcții pentru cercetările viitoare. Prezentarea generală a programului experimental este dată în Tabelul 2.1. Încercările experimentale au fost efectuate în Laboratorul de beton armat al Departmentului de Construcții Civile și Instalații, Facultatea de Construcții, Universitatea Politehnica Timișoara, România, începând cu luna aprilie, 2012 și până în luna aprilie, 2013 (vezi Fig. 2.1). Elementele testate au fost fixate de planșeu prin intermediul unei grinzi de fundare și au fost încărcate la partea superioară prin intermediul unei grinzi de încărcare (aranjament tip A [8]). Programul experimental prezentat aici a continuat o fază precedentă, unde șase elemente denumite PRCWP (1-6) au fost investigate de către Demeter [8]. Elementele testate în faza precedentă au fost panouri pline de perete cu/fără gol tăiat de ușă îngustă/lată, iar speciamele cu goluri tăiate au fost reparate și consolidate după încercarea inițială cu EBR-CFRP sau consolidate cu EBR-CFRP anterior încercării lor.

Tabel 2.1 – Prezentarea generală a programului experimental

Identitate program	Laborator	Beton armat Department Construcții Civile și Instalații Facultatea de Construcții Universitatea Politehnica Timișoara
	Țara	România
	Anul	2012-2013
	Denumire	PRCWP
Specimen	Tip construcție	civilă
	Tip specimen	Element perete
	Tehnologie beton	prefabricat
	Tip de gol	ușă; fereastră; tăieri și lărgiri de goluri;
	Consolidare	fără; EBR-CFRP; NSM-CFRP; TRM
	Nr. speciame	6
	Scara	0.83
Condiții de margine	Schema	Tip A
	Încărcare	Ciclică cvasi-statică
	Condiții de margine	Rotire împiedicată

677.870

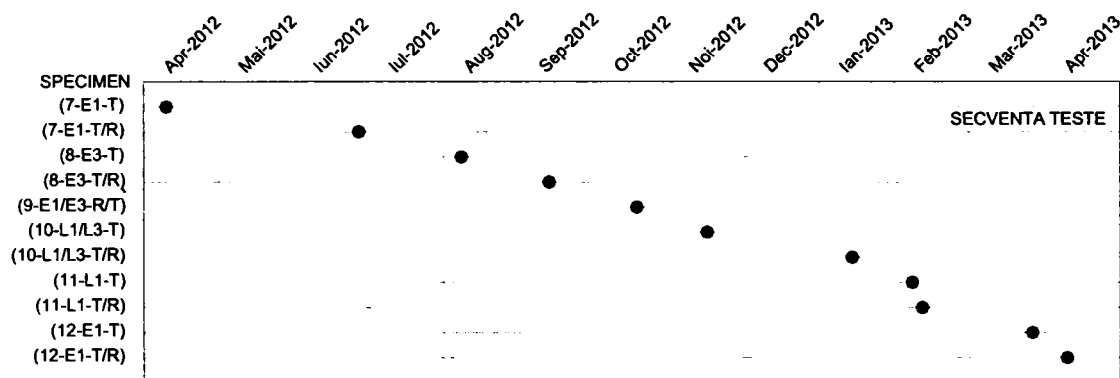


Figura 2.1 – Cronologia testării speci­menelor

2.1. Elementele experimentale și setarea testului

2.1. Elementele experimentale și setarea testului

Elementele analizate în cadrul programului experimental sunt prezentate în Figura 2.2, iar variabilele programului experimental sunt date în Tabelul 2.2. Elementele experimentale au fost proiectate și executate în conformitate cu Proiectul Tip din România 770-81 [14], [15]. Panourile de perete prototip alese pentru programul experimental au fost panoul de perete de interior I54-2a și panoul exterior longitudinal E 36-7, vezi Figura 1.6. Dimensiunile pereților prototip au fost de 5100 mm lungime, 2580 mm înălțime și 140 mm grosime (pentru I54-2a), și 3580 mm lungime, 2830 mm înălțime și 270 mm grosime (pentru E 36-7).

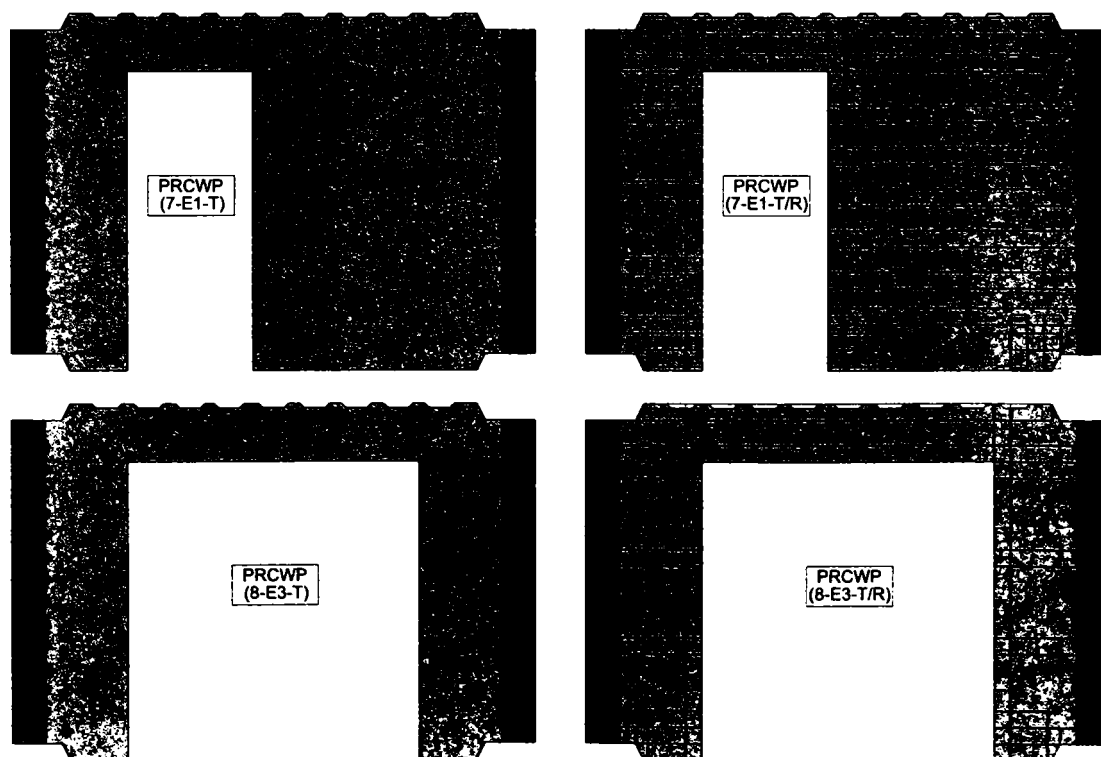


Figura 2.2 – Vederea generală a elementelor experimentale

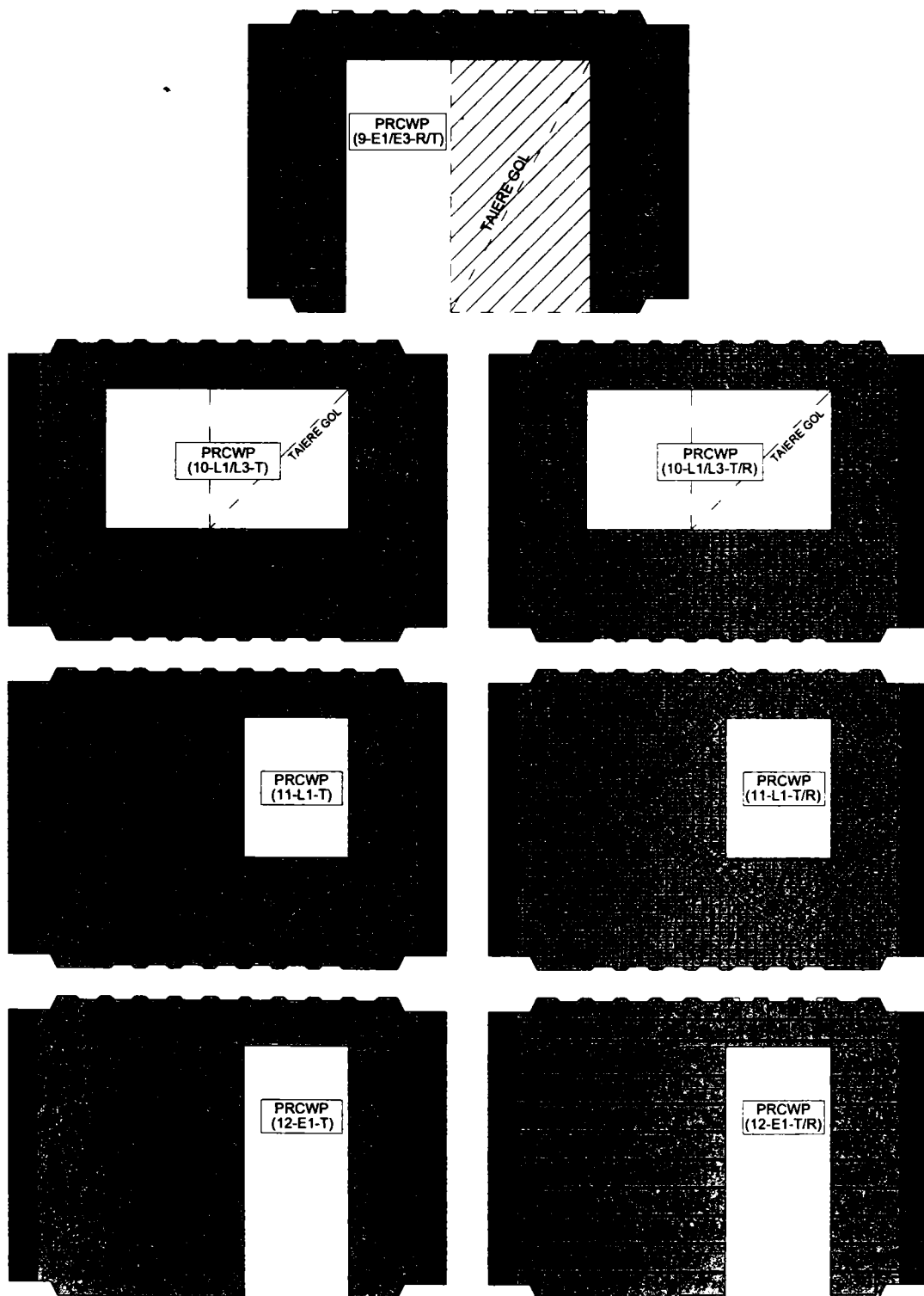


Figura 2.2 (continuare) – Vederea generală a elementelor experimentale

Tabel 2.2 Variabilele programului experimental

Denumire Element	Cu / fără tăiere de gol	Situație consolidare
PRCWP (7-E1-T)	Ușă îngustă (E1)	Fără (T)
PRCWP (8-E3-T)	Ușă mare (E3)	Fără (T)
PRCWP (10-L1/L3-T)	Fereastra mică / fereastră mare (L1/L3)	Fără (T)
PRCWP (11-L1-T)	Fereastra mică (L1)	Fără (T)
PRCWP (12-E1-T)	Ușă îngustă (E1)	Fără (T)
PRCWP (7-E1-T/R)	Ușă îngustă (E1)	După încercarea inițială (T/R)
PRCWP (8-E3-T/R)	Ușă mare (E3)	După încercarea inițială (T/R)
PRCWP (9-E1/E3-R/T)	Ușă îngustă / ușă mare (E1/E3)	Anterior încercării (R/T)
PRCWP (10-L1/L3-T/R)	Fereastra mică / fereastră mare (L1/L3)	După încercarea inițială (T/R)
PRCWP (11-L1-T/R)	Fereastră mică (L1)	După încercarea inițială (T/R)
PRCWP (12-E1-T/R)	Ușă îngustă (E1)	După încercarea inițială (T/R)

Elementele testate au fost scalate la scara 1:1,2 datorită capacității aparaturii de încercare disponibilă în laborator. Toate specițiile erau formate dintr-un panou de inimă și două elemente de margine. Elementele de margine au fost considerate pentru a preveni deplasarea în afara planului în timpul încărcării laterale în planul peretelui și de asemenea pentru a simula îmbinarea verticală. Specițiile au fost executate în Timișoara, pe un șantier, unde cofrajul de lemn a fost asamblat și armătura a fost poziționată, vezi Figura 2.3.

Betonul a fost turnat în două faze, după raportarea lui Demeter [8], în poziție orizontală și vibrat în cofraj pentru panoul de inimă, iar peste câteva zile de tratare a betonului, cofrajul de lemn a fost eliminat, carcasa de armătură a elementelor de margine a fost montată în cofrajul lor și s-au umplut cu beton, vezi Figura 2.4. Specițiile finalizate au fost adunate și transportate la laborator, unde au fost așezate în poziție orizontală unul peste altul.

Datorită faptului că programul experimental a implicat testarea specițiilor neconsolidate în primă fază, iar după a urmat repararea, consolidarea și reîncercarea lor, elementele au fost denumite prin notații specifice prin adăugarea sufixului T/R elementelor inițial încercate, iar apoi reabilitate și reîncercate; R/T pentru elementele consolidate inițial și testate; iar elementele de referință încercate inițial conțin sufixul (T).

Prin urmare, o scurtă menționare a elementelor investigate indică pe PRCWP (7-E1-T), (7-E1-T/R), (12-E1-T) și (12-E1-T/R) ca fiind specițiile cu gol de ușă îngustă (E1), pe PRCWP (8-E3-T) și (8-E3-T/R) ca fiind specițiile cu gl de ușă mare (E3), pe PRCWP (9-E1/E3-R/T) ca fiind specimen cu gol de ușă îngustă inițial și lărgit în gol de ușă mare (E1/E3), pe PRCWP (10-L1/L3-T) și (10-L1/L3-T/R) ca fiind

specimene cu gol de fereastră mică inițial și lărgit în gol de fereastră mare (L1/L3) și pe PRCWP (11-L1-T) și (11-L1-T/R) ca fiind specimene cu gol de fereastră mică (L1).

Schema și detaliile de armare ale speciimenelor testate sunt prezentate în Figura 2.5. Dimensiunile panoului de inimă au fost de 2750 mm lungime, 2150 mm înălțime și 100 mm grosime. Dimensiunile golurilor au fost de: 1800 mm înălțime și 750 mm lungime pentru golul de ușă îngustă; 1800 mm înălțime și 1750 mm lungime pentru golul de ușă lată; 1000 mm înălțime și 750 mm lungime pentru golul de fereastră mică; și 1000 mm înălțime și 1750 mm lungime pentru golul de fereastră mare. Elementele de margine au fost compuse dintr-o parte de legătură în planul peretelui și o talpă perpendiculară pe planul peretelui.

Detaliile de armare sunt date în Figura 2.5 și sunt descrise pentru fiecare tip de specimen după cum urmează: pentru specimenul cu gol de ușă îngustă inițial (E1) – armarea panoului de inimă a fost compusă din bare de armătură dispuse orizontal și vertical, plasă sudată în montantul din dreapta, carcasă spațială de armătură în montantul din stânga, carcasă spațială de armătură în rigla de cuplare,

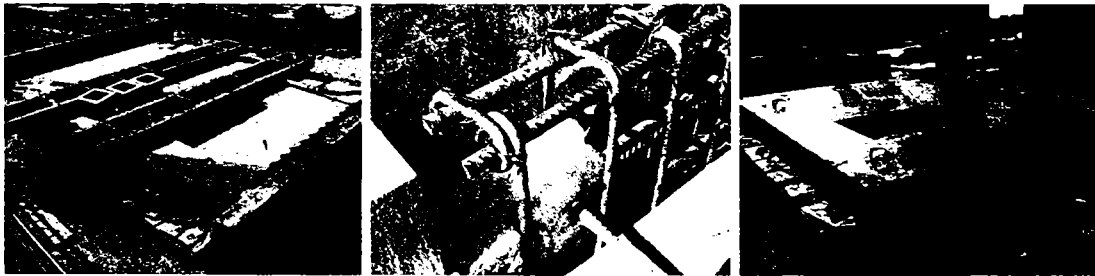


Figura 2.3 – Părți ale procesului de execuție

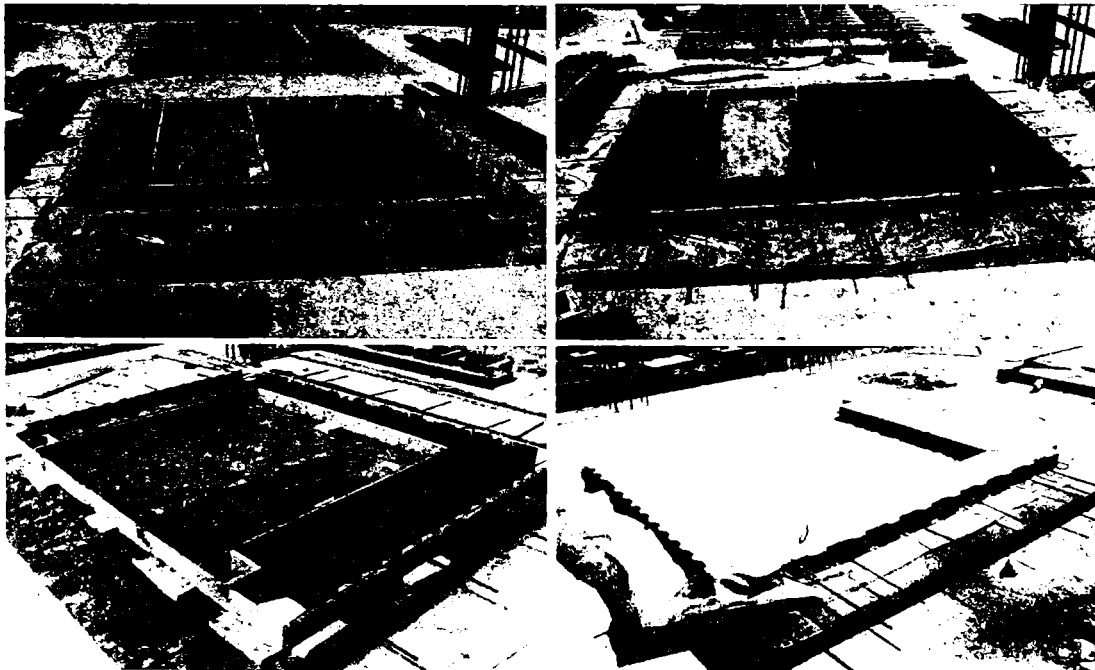


Figure 2.4 – Execuția elementelor experimentale pe șantier

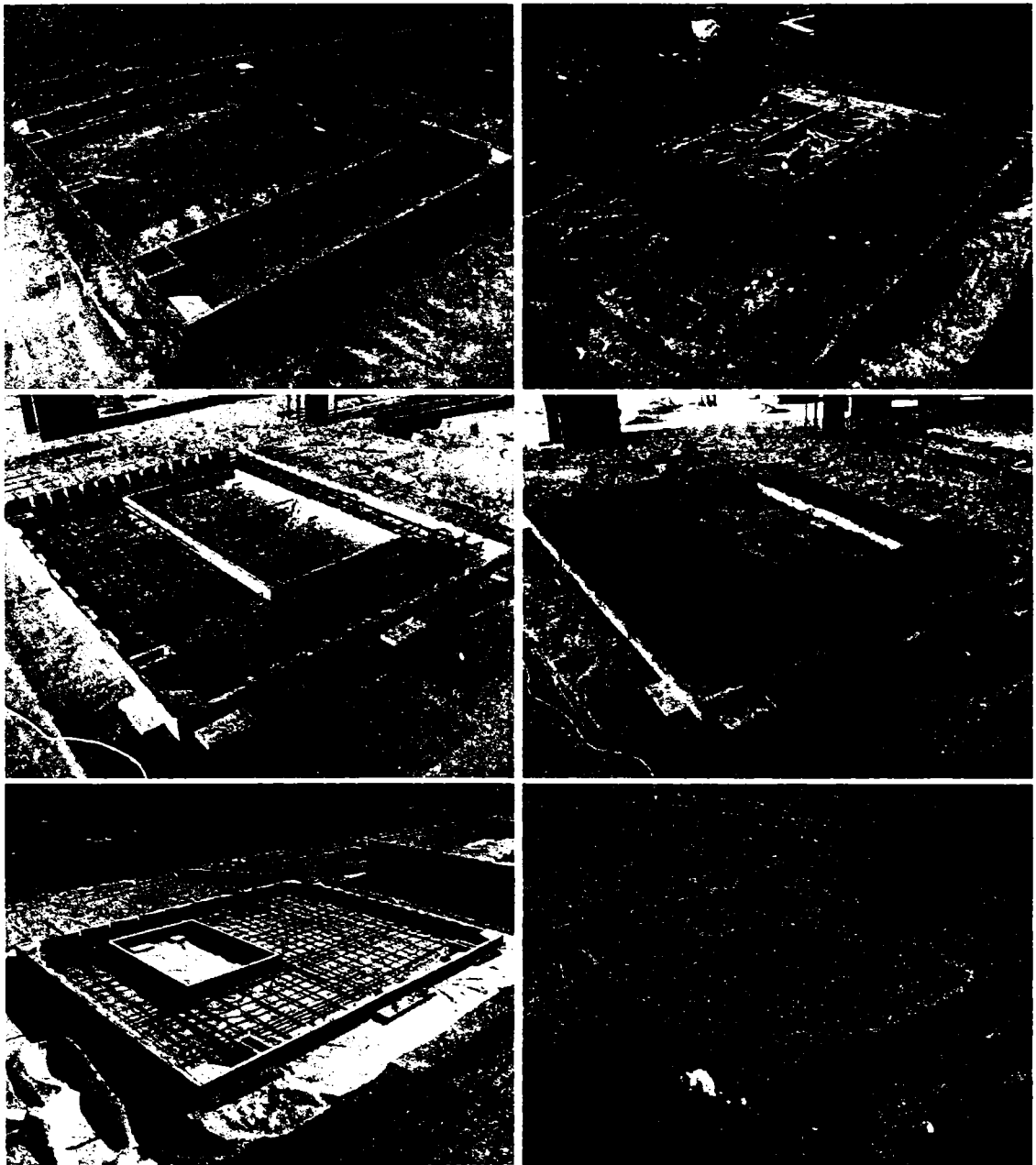


Figure 2.4 (continuare) – Execuția elementelor experimentale pe șantier

bare verticale de continuitate în rigla de cuplare, carcasă plană de armătură dispusă în colțul dreapta sus al golului de ușă, și două bare înclinate de armătură dispuse la colțurile de sus ale golului de ușă. Pentru specimenul cu gol de ușă mare (E3) armarea panoului de inimă a fost compusă din bare de armătură dispuse orizontal și vertical, carcasă spațială de armătură în montantul din stânga și din dreapta, carcasă spațială de armătură în rigla de cuplare, bare verticale de continuitate în rigla de cuplare, și două bare înclinate de armătură dispuse la colțurile de sus ale golului de ușă. Pentru specimenul cu gol de fereastră mică (L1) armarea panoului de inimă a fost compusă

din bare de armătură dispuse orizontal și vertical, plasă sudată în montantul din stânga și din dreapta, carcasă spațială de armătură în rigla de cuplare, patru bare înclinate de armătură dispuse la colțurile golului de fereastră, o bară de armătură verticală dispusă pe fiecare parte a golului pe înălțimea lui, și o plasă legată de armătură în parapet. Pentru specimenul cu gol inițial de fereastră mică și lărgit în gol de fereastră mare

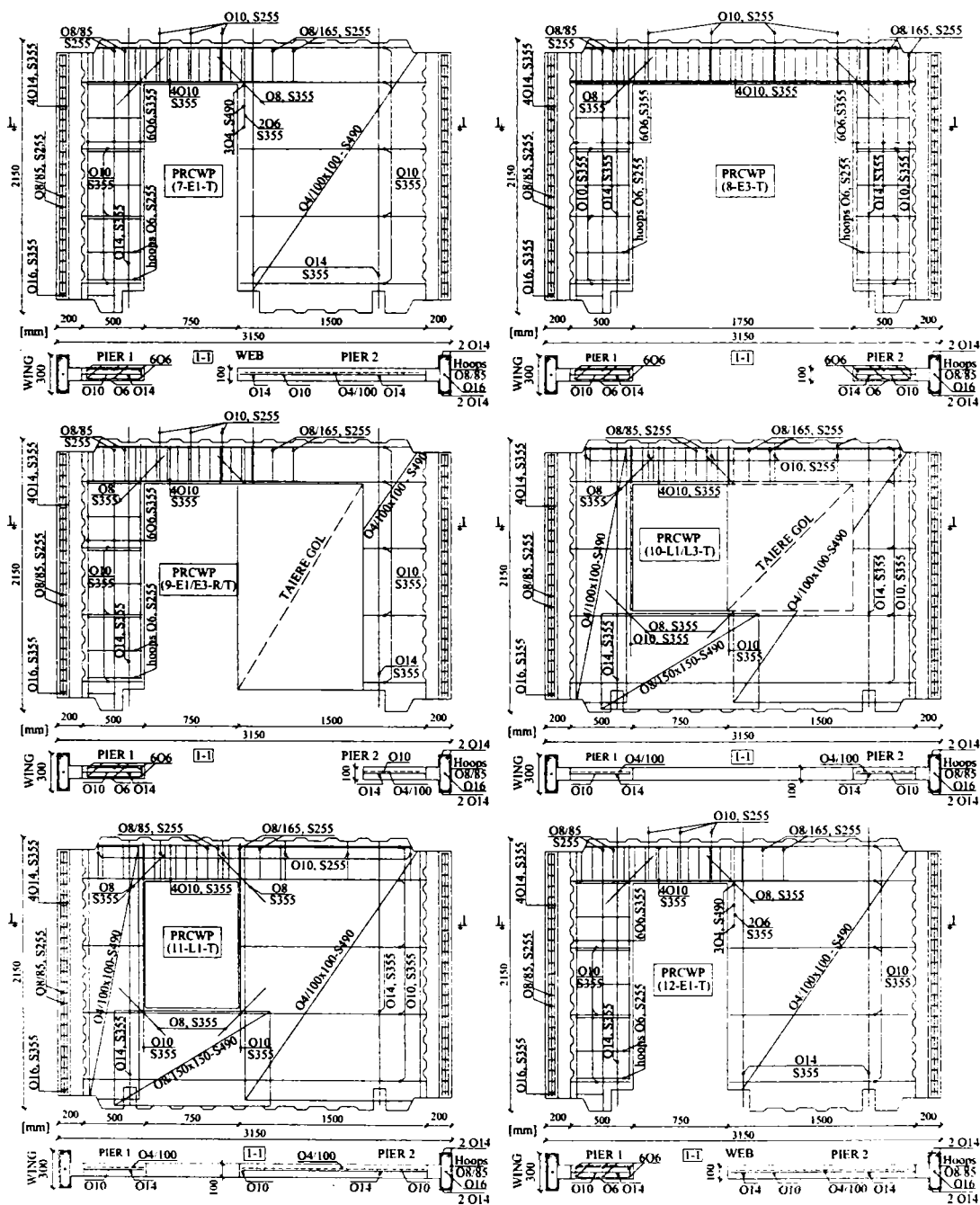


Figura 2.5 – Schema și detaliile de armare ale speciimenelor

(L1/L3) armarea panoului de inimă coincide cu cea a specimenului cu gol de fereastră mică (L1), dar redusă corespunzător noilor dimensiuni ale golului. Aceiași situație este valabilă și pentru specimenul cu gol inițial de ușă îngustă lărgit în gol de ușă mare (E1/E3). Cele două specimene care implicau tăieri de gol au fost executate pe șantier cu golul lărgit, tehnică preferată în defavoarea tăierii de gol, vezi Figura 2.5. Denumirea componentelor panourilor de perete, care conține montanți, riglă de cuplare și în unele cazuri parapetul, sunt prezentate în Figura 2.6. Dimensiunile tălpilor au fost de 300 mm lățime și 100 mm grosime. Urmând modelul original al panourilor mari prefabricate, alveolele și amprente au fost considerate în lungul marginilor panoului de inimă, iar la colțurile panoului de inimă s-au realizat retrageri mai mari pentru a îmbunătăți rezistența la lunecare, vezi detaliile în Figura 2.7. Tălpile elementelor de margine au fost armate cu carcasa spațială de armătură formate din bare verticale de armătură și etrieri, și o bară verticală de armătură de continuitate. Conexiunea dintre panoul de inimă și elementele de margine a fost realizată prin ancorarea barelor orizontale de armătură în inima confinată a tălpilor. Ancorajul dintre panoul de perete și grinda de fundare s-a realizat prin sudarea barelor de armătură verticale de continuitate de barele de armătură din grinda de fundare și de cornierele de oțel carbon în câmp, care au fost fixate de grinda de fundare, vezi Figura 2.8 și Figura 2.9. Mortarul de înaltă rezistență folosit pentru monolitizare a fost aplicat în zona dintre panoul de perete și grinda de fundare și între panoul de perete și grinda de încărcare.

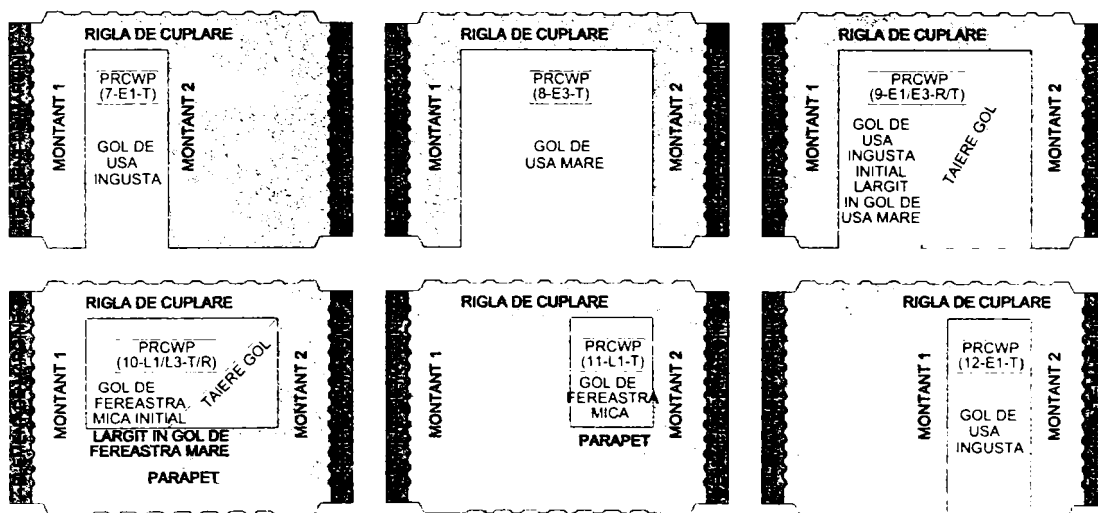


Figura 2.6 – Denumirea componentelor panourilor de perete

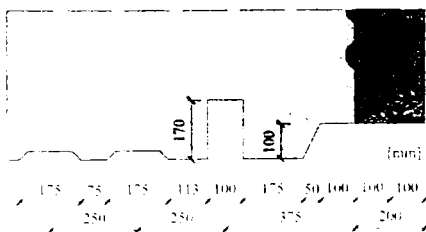


Figure 2.7 – Detaliu alveole, amprente

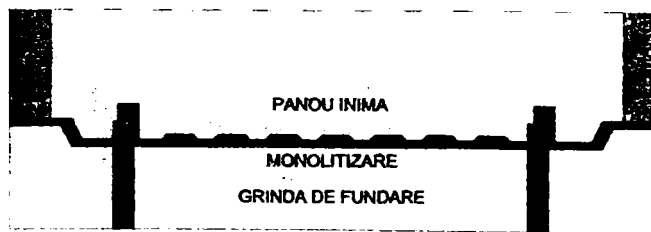


Figure 2.8 – Detaliu ancoraj perete-grindă de fundare

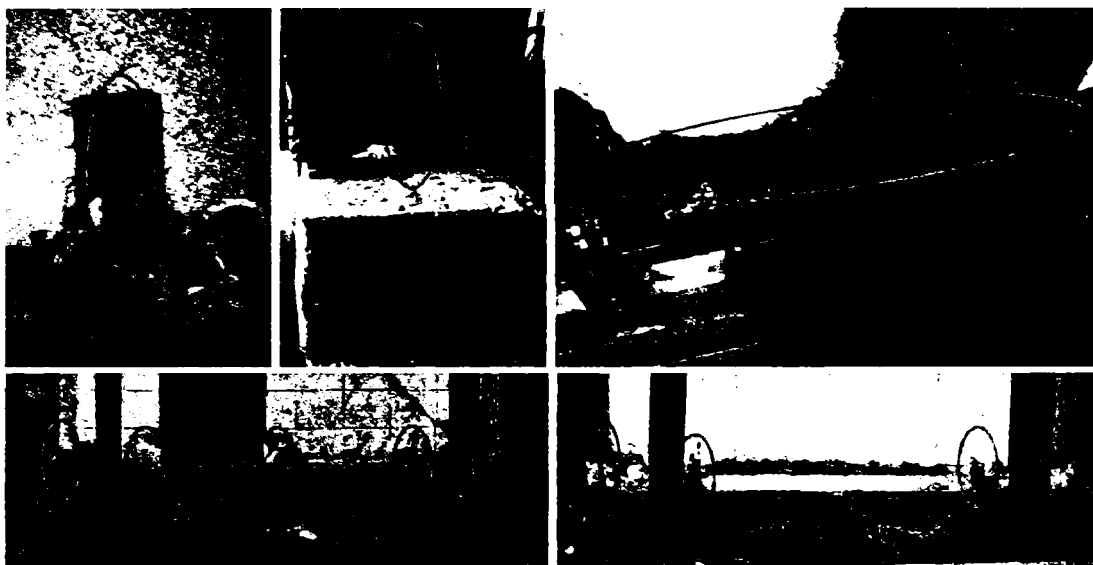


Figura 2.9 – Ancoraj perete experimental - fundație

2.2. Considerente de material

Materialele structurale folosite la speciemenle experimentale au fost betonul, armătura de oțel, armătura FRP și mortarul de reparație. S-au realizat teste pe materiale și anume pe beton și armătura de oțel de către Demeter [8], iar proprietățile compozitelor din FRP și ale mortarului de reparație s-au luat din specificațiile date în fișa tehnică a producătorului. Rezultatele încercării la compresiune obținute pe probe cubice sunt date în Tabelul 2.3. Se poate observa diversitatea claselor de beton obținute, iar pentru unele elemente diferă de clasa C16/20 a pereților prototip. Autorul a acceptat acest compromis și l-a transformat într-un parametru de variație în cadrul programului experimental, considerând că astfel de diferențe pot apărea frecvent în procesul de execuție. Încercarea la tracțiune s-a efectuat pe bare de oțel și anume OB37 și PC52 (bare laminate a cald) și STPB (sârmă trasă profilată) utilizând mașina universală de încercat a laboratorului de la Departamentul de Construcții Metalice și Mecanica Construcțiilor, Universitatea Politehnică Timișoara. Proprietățile măsurate ale armăturii de oțel sunt prezentate în Tabelul 2.4. Materialele de consolidare folosite au fost țesături unidirecționale din fibră de carbon (EBR) de la Sika (Fig. 2.10a) și Mapei (Fig. 2.10b), lamele din fibră de carbon (NSM) de la Sika (Fig. 2.10c) și Mapei (Fig. 2.10d), plasă din fibră de sticlă (la mortare amate cu plasă) de la Sika (Fig. 2.10e) și plasă din fibră de carbon (la mortare amate cu plasă) de la Mapei (Fig. 2.10f). Proprietățile geometrice și mecanice ale țesăturilor și lamelilor din fibră de carbon sunt date în Tabelul 2.5, iar proprietățile plasei folosite în sistemul TRM sunt date în Tabelul 2.6. Componenta mortar folosită (în TRM) a fost de două tipuri și anume amestecat cu apă și amestecat cu latex. Tot în cadrul sistemului TRM s-au utilizat două tipuri de ancoraje și anume punctual și de suprafață, pentru realizarea conexiunii dintre panoul de perete și sistemul TRM, prezentate în detaliu în Secțiunea 2.5.

Tabel 2.3 – Proprietățile betonului din inima panoului

Specimen experimental	$f_{cm,cub}$ (N/mm ²)	f_{ck} (N/mm ²)	Clasa de beton
PRCWP (7-E1-T)	45,48	30,17	C 30/37
PRCWP (8-E3-T)	17,48	12,28	C 12/15
PRCWP (9-E1/E3-R/T)	44,50	29,58	C 25/30
PRCWP (10-L1/L3-T)	27,26	18,78	C 16/20
PRCWP (11-L1-T)	27,26	18,78	C 16/20
PRCWP (12-E1-T)	44,74	29,73	C 25/30

Tabel 2.4 – Proprietățile măsurate ale armăturii de oțel

Tip armătură	Producere / suprafață	Φ (mm)	f_y (MPa)	f_t (MPa)	f_t / f_y	E_s (N/mm ²)
OB	Laminare la cald / bară netedă	6	400	550	1,38	207
		8	425	507	1,19	205
PC	Laminare la cald / bară striată	8	424	553	1,30	208
		10	450	564	1,25	210
		14	395	584	1,48	206
		16	385	613	1,59	210
STPB	Tras la rece / sârmă trasă profilată	4	618	667	1,08	208

Tabel 2.5 – Proprietăți geometrice și mecanice - țesătură și lamele din fibră de carbon [109]

Componentă	Țesătură din fibră de carbon	Lamele din fibră de carbon	Țesătură din fibră de carbon	Lamele din fibră de carbon
Denumire produs	SikaWrap 230C	Sika CarboDur S512	MapeWrap C UNI-AX	Carboplate E170/100/1.4
Grosime [mm]	0,131	1,2	0,166	1,4
Greutate [g/m ²]	230	96 g/ml	300	225 g/ml
Rezistență la alungire [MPa]	4300	3100	4830	3100
Modul de elasticitate [GPa]	238	165	230	170
Elongație la rupere [%]	1,8	1,7	2,0	2,0

Tabel 2.6 - Proprietățile geometrice și mecanice ale plasei folosite în sistemul TRM

Componentă	Greutate [g m ⁻²]	Dimensiune ochi [mm x mm]	Rezistență la alungire [MPa]	Modul de elasticitate [GPa]	Elongație la rupere [‰]	Componentă mortar
SikaWrap 350G grid	280	15.7 x 10.1	3400	73	3.5	Sika MonoTop 722 Mur
Mapegrid C170	170	5 x 5	4800	230	2.0	Planitop HDM

Tabel 2.7 – Proprietățile mortarului de reparație

Componentă	Reistența la compresiune la 28 zile [N·mm ⁻²]	Modul de elasticitate [GPa]	Consum specific [kg mp] pentru 1cm grosime
Sika MonoTop 614	55-60	24	19-20
Mapegrout Easy Flow GF	>60	27	18,5

Mortarul de reparație folosit pentru înlocuirea betonului zdrobit și pentru realizarea monolitizării dintre panoul de perete și grinzi, a fost Sika MonoTop 614 pentru PRCWP (7, 8, 10) și Mapegrout Easy Flow GF pentru PRCWP (11-12). În conformitate cu fișele tehnice ale produselor, mortarele folosite au o rezistență la compresiune de aproximativ 60 N/mm² la 28 zile (vezi Tabel 2.7). Pe lângă repararea convențională cu mortar de înaltă rezistență, într-un singur caz s-au injectat și fisurile din panou cu rășină epoxidică fluidă, utilizând packere mecanice de injectare și o pompă manuală.

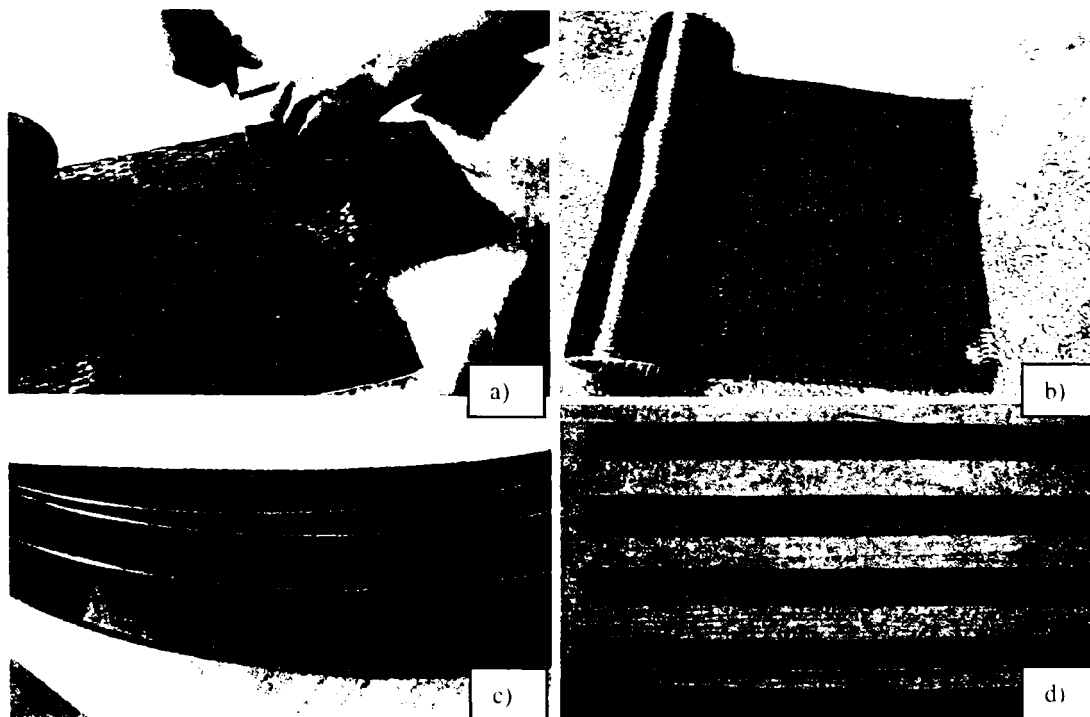


Figura 2.10 – Armătura FRP folosită în cadrul programului experimental

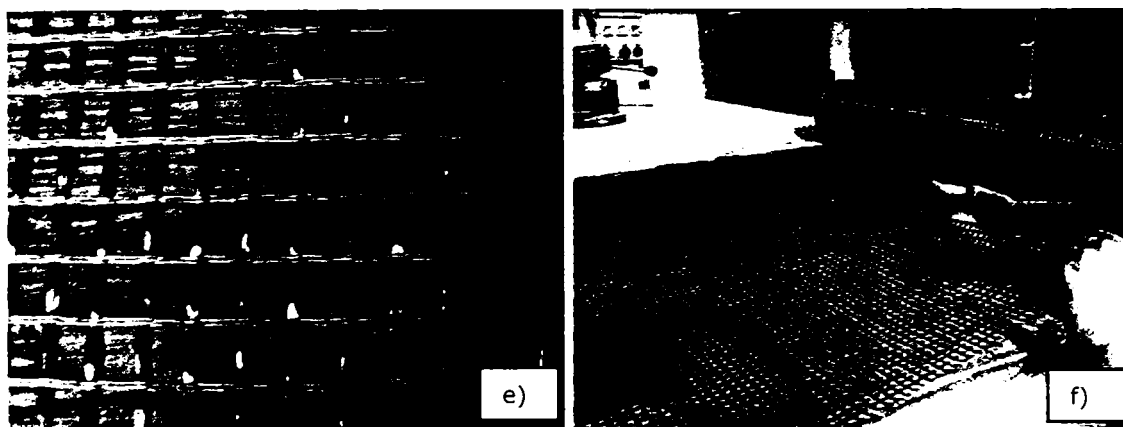


Figura 2.10 (continuare) – Armătura FRP folosită în cadrul programului experimental

2.3 Schema experimentală de încercare

Având în vedere faptul că studiul curent a continuat o fază precedentă, investigată de Demeter [8], același stand experimental a fost folosit și pentru speciunile prezentate aici. Configurația schemei experimentale a fost alcătuită din elementul perete care a fost fixat între două grinzi de reacțiune, patru cadre verticale de reacțiune din oțel și două cadre laterale de reacțiune din oțel, ancorate în canalele din placa laboratorului, și echipamentul hidraulic de încărcare compus din pompe electrice și pompe manuale, cricuri, pistoane și furtune. O vedere generală a standului de încercare este prezentat în Figura 2.11. Grinzile de reacțiune între care s-a fixat speciunul, s-au realizat în variantă mixtă oțel - beton, una servind ca și grindă de încărcare dispusă la partea superioară a elementului, iar cealaltă servind ca și grindă de fundare dispusă la partea inferioară a elementului. Datorită faptului că aceste grinzi urmau să fie folosite la toate încercările din cadrul programului experimental, acest aspect a fost luat în calcul pentru partea de proiectare de către Demeter, vezi Figura 2.12 [8], folosind două profile metalice U300 și o grindă T din beton armat, conectată prin tije filetate de $\phi 20$ mm. Amprețele și alveolele au fost de asemenea luate în considerare pentru grinzile de reacțiune (vezi Figura 2.13a și b). Extremitățile grinzii de fundare au fost fixate de cadrele laterale de reacțiune din oțel (vezi Figura 2.13c). Ancorajul dintre speciun și grinda de fundare s-a realizat prin sudarea celor 4 - 5 bare de armătură verticale de continuitate (în funcție de tipul de gol) de barele de armătură verticale din grinda de fundare și de cornierele metalice fixate de grinda de fundare (vezi Figura 2.13d). Monolitizarea dintre speciun și grinzile de reacțiune s-a realizat cu mortar de înaltă rezistență.

Patru cricuri hidraulice (vezi Figura 2.14) s-au folosit pentru aplicarea acțiunii din seism. Două cricuri au fost dispuse orizontal pentru aplicarea încărcării laterale, acționând la capetele grinzii de încărcare, puse în mișcare de o presă hidraulică (vezi Figura 2.15a), și două cricuri verticale pentru aplicarea încărcării axiale, acționate de două pompe manuale (vezi Figura 2.15b). Fiecare pompă de încărcare avea capacitatea de a genera o forță nominală de 1000 kN. După cum se poate observa în Figura 2.11,

notația $\pm V$ s-a folosit pentru încărcarea laterală și N1 și N2 pentru încărcarea verticală. Încărcarea axială a fost compusă dintr-o parte constantă și o parte variabilă, și este prezentată în detaliu în Secțiunea 2.4.). Aceiași configurație a standului experimental a fost pastrată pe tot parcursul programului experimental pentru specișenele investigate.

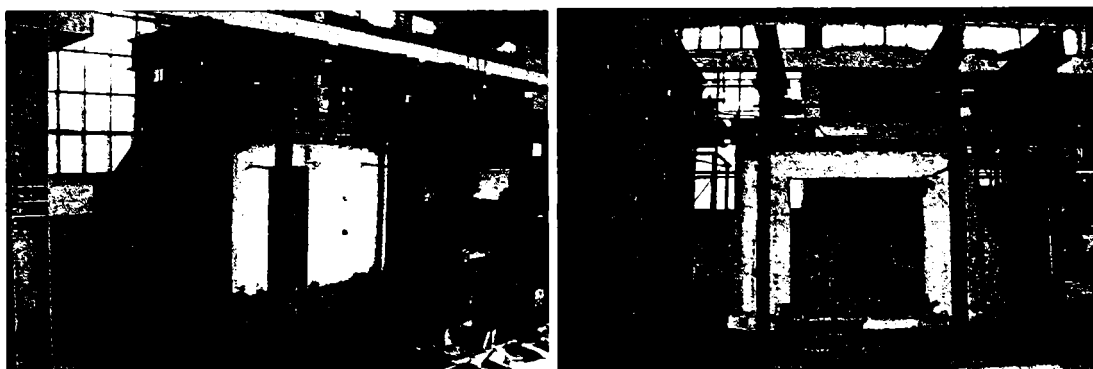
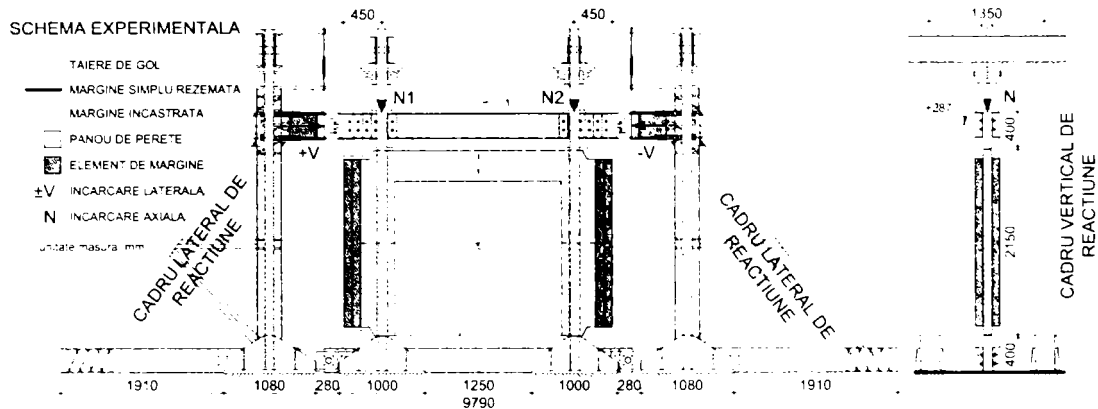


Figura 2.11 – Schema experimentală de încercare

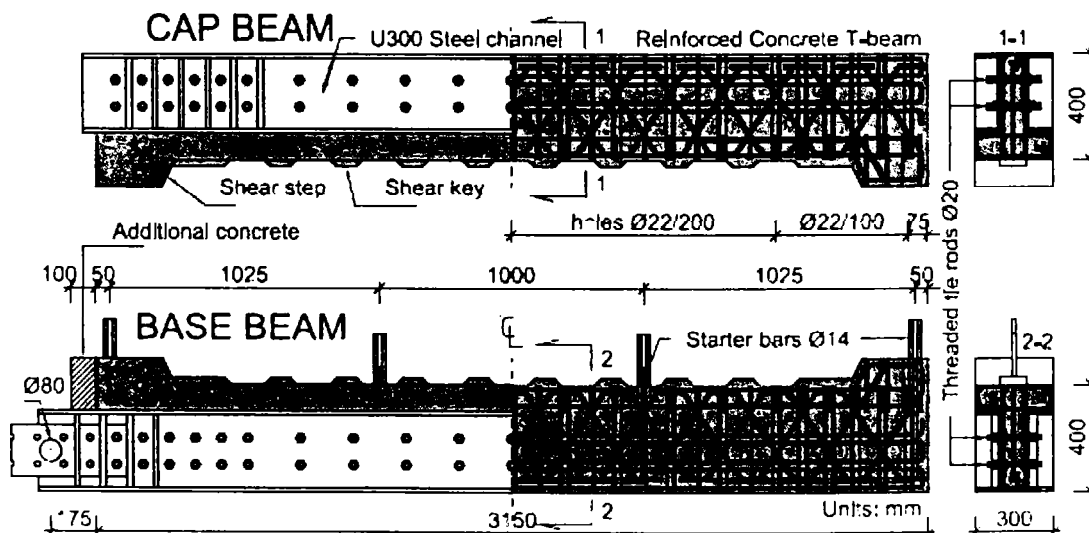


Figura 2.12 – Detaliile grinzilor de reacțiune [8]

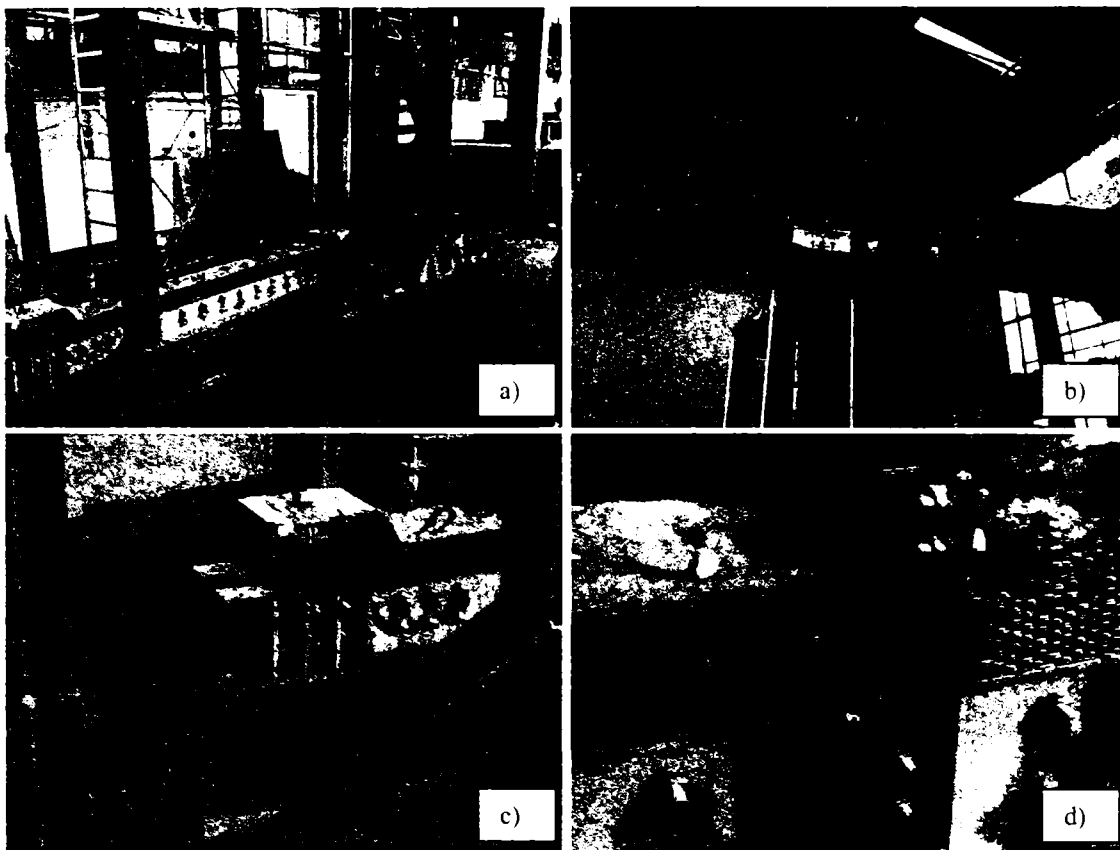


Figura 2.13 – Detaliile grinzilor de reacțiune



Figura 2.14 – Cricuri hidraulice

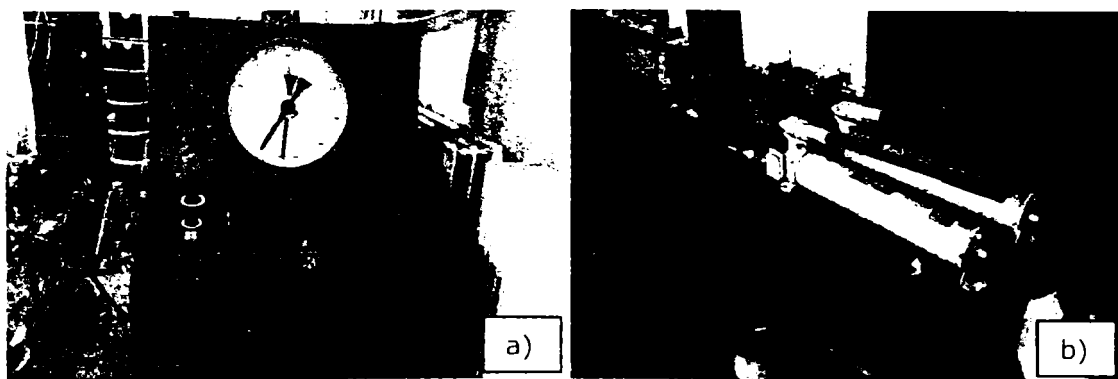


Figura 2.15 – Presă electrică și pompe manuale folosite

2.4 Procedura de încărcare

Procedura de încărcare a elementelor a fost compusă din încărcări ciclice laterale reversibile, cvasi-stactice în planul elementului și încărcări axiale. Procedura de încărcare adoptată s-a folosit și în programul de cercetare anterior și este bazată pe un studiu de literatură publicat de Demeter și colab. în [16, 17]. Elementele experimentale au fost încărcate lateral, ciclic reversibil – în control de deplasare cu ajutorul a două cricuri orizontale hidraulice care acționau la capetele grinzii de încărcare pentru a genera forțe tăietoare, și au fost încărcate vertical cu ajutorul a două cricuri hidraulice pentru a genera încărcarea axială. Deoarece înălțimea elementului a fost de 2150 mm, 21.5 mm corespunde la 1 % drift. Controlul de deplasare s-a considerat ca fiind 0.1 % drift, și anume 2.15 mm. S-au realizat două cicluri pe nivel de drift. Pe parcursul testelor experimentale, înainte de atingerea deplasării de 1 mm s-au aplicat încărcări în control de forță de 10, 50, 100, 150 kN. Sub încărcarea în control de forță s-au observat fisuri nesemnificative în elementele testate, și sunt prezentate în detaliu în Anexa A.

Încărcarea axială considerată (vezi Figura 2.16) a fost compusă dintr-o parte constantă folosită pentru a simula încărcarea gravitațională la baza panoului de perete și o parte alternantă folosită pentru a împiedica rotirea elementelor. Valoarea încărcării axiale constante s-a calculat luând în considerare rezistența la compresiune a betonului și aria comprimată de beton a fiecărui element. Datorită diferențelor obținute la proprietățile betonului din elementele testate s-a adoptat o valoare de 0.051 pentru încărcarea axială normalizată. Încărcarea axială variabilă s-a aplicat în increment de forță de 100 kN la fiecare ridicare a panoului cu 1 mm.

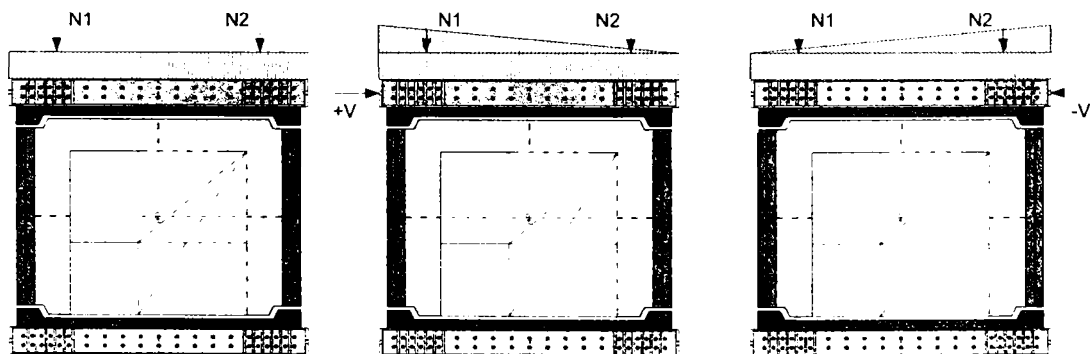


Figure 2.16 – Procedura de încărcare axială

2.5 Condiții de margine

Condițiile de margine din programul experimental curent și cel anterior a fost compus din rotirea împiedicată a elementelor experimentale, impunând astfel solicitarea elementelor la forță tăietoare. Prin aplicarea încărcărilor axiale variabile adiționale, dezvoltarea momentelor a fost limitată. În programul experimental curent s-a evitat cedarea prin lunecare a elementelor prin considerarea amprentelor și alveolelor,

mecanismul diagonalei întinse prin lipsa barelor de armătură verticale ancorate în grinda de încărcare și prin încărcarea axială variabilă de compresiune. Așadar, singurul mecanism permis a rămas transferul de forță tăietoare prin diagonala comprimată.

2.6 Sistemul de instrumentare

Elementele experimentale investigate au fost monitorizate pe parcursul testelor cu ajutorul traductorilor de presiune (P), traductorilor de deplasare (D) și mărcilor tensometrice montate pe armătura de oțel și FRP (G) (vezi Figura 2.17). Sistemul de instrumentare folosit în cazul elementelor testate este prezentat în Figura 2.18. Poziția traductorilor de deplasare s-a menținut aceeași pentru toate elementele. Sistemul de instrumentare al specimenelor a fost de asemenea prezentat în [18, 19]. După cum se poate observa în Figura 2.18, în cazul elementelor consolidate s-au montat mărci tensometrice pe țesătura din fibră de carbon lipită la exterior, pe lamelele din fibră de carbon montate în șlițuri, și de asemenea pe plasa din fibră de sticlă și pe plasa din fibră de carbon. Potențiometrele liniare (Almemo FWA100TR, FWA025TR și Almemo FA150T) s-au folosit pentru măsurarea deplasărilor, iar pe parcursul testelor s-au fixat pe cadrele metalice sau direct pe element. Sistemul de măsurare a deplasărilor a fost compus din patru măsurători de deplasare pentru a controla încărcarea elementelor (D1, D2, D7, D8), două măsurători de deplasare orizontală (D3, D4), două măsurători de deplasare în diagonală unind colțuri opuse (D9, D10), și două măsurători de deplasare orizontală în afara planului la fiecare capăt al grinzii de încărcare (D11, D12). O listă detaliată a sistemului de instrumentare folosită în cazul fiecărui test experimental este dată în Anexa B. Sistemul Almemo 5990 a fost folosit ca și stație de achiziție, vezi Figura 2.19. Mărcile tensometrice (HBM 1-LY18-6/120 și HBM 1-LY11-1.5/120) s-au folosit pentru a măsura deformațiile unitare ale barelor de armătură din oțel și FRP. Aceste mărci tensometrice s-au aplicat pe armături verticale, orizontale și înclinate, în diferite zone considerate critice de către autor. În cadrul programului experimental curent s-a folosit un număr de 78 de mărci tensometrice. Traductorii piezorezistivi s-au folosit pentru măsurarea presiunii din cele trei furtune ale cricurilor hidraulice, și anume unul pentru încărcarea laterală și două pentru încărcarea axială. Încărcarea rezultată s-a obținut prin înmulțirea presiunii măsurate cu suprafața pistonului cricului. Modul de fisurare de pe fața principală a panourilor s-a marcat la fiecare ciclu de încărcare. Pentru localizarea fisurilor s-a desenat un grid ortogonal de referință pe fața principală a panourilor, grid care a împărțit suprafața panourilor în 64 de dreptunghiuri (vezi Figura 2.20). După finalizarea testelor fiecare dreptunghi al gridului s-a fotografiat, rezultând prin asamblarea lor într-o hartă fotografică. Această hartă fotografică a ajutat la obținerea modului de fisurare final al panourilor experimentale. Detaliile legate de modul de fisurare sunt date în Secțiunea 3.10 și Anexa A.



Figure 2.17 – Sistemul de monitorizare

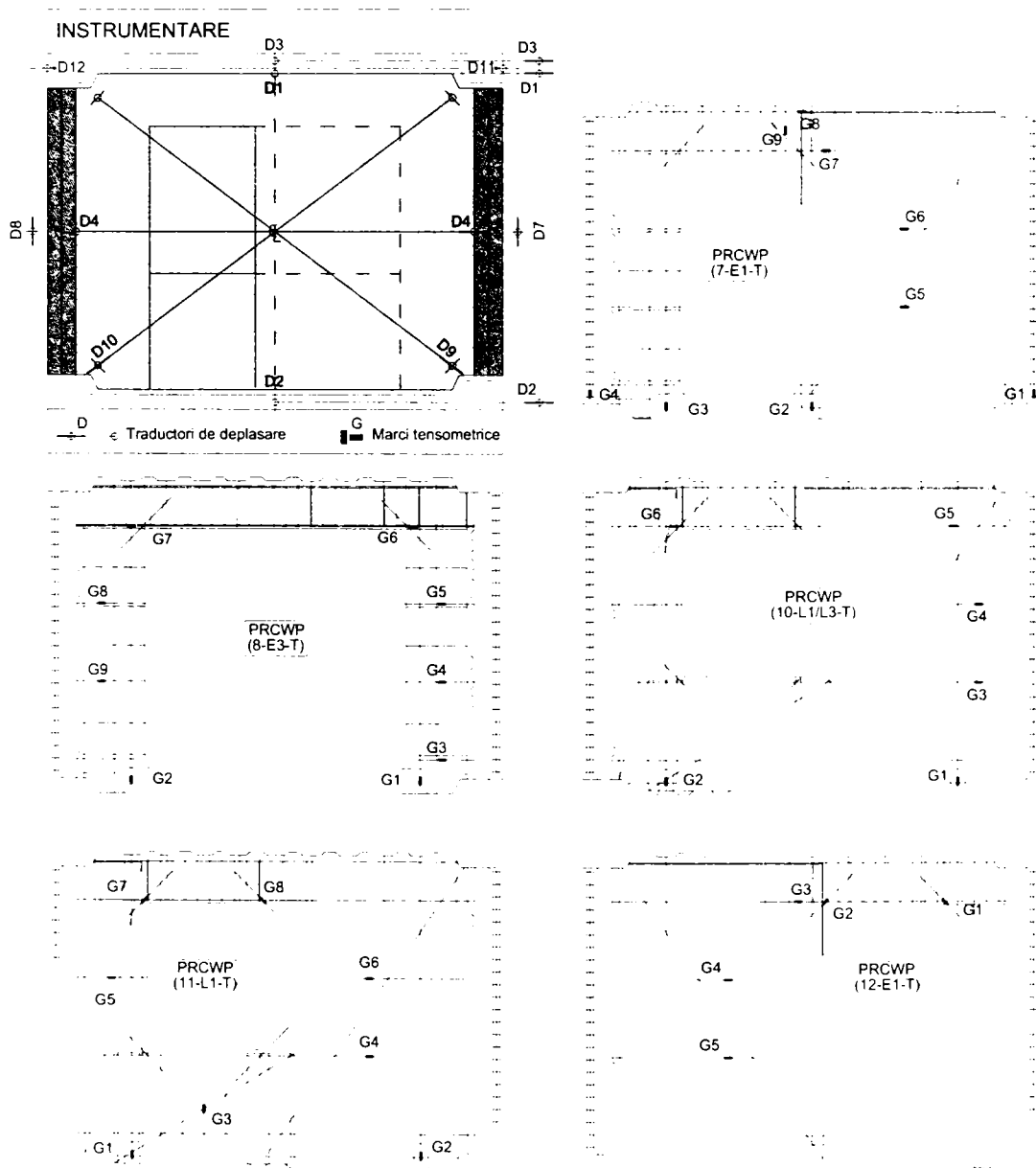


Figura 2.18 – Partea de instrumentare folosită la elementele testate

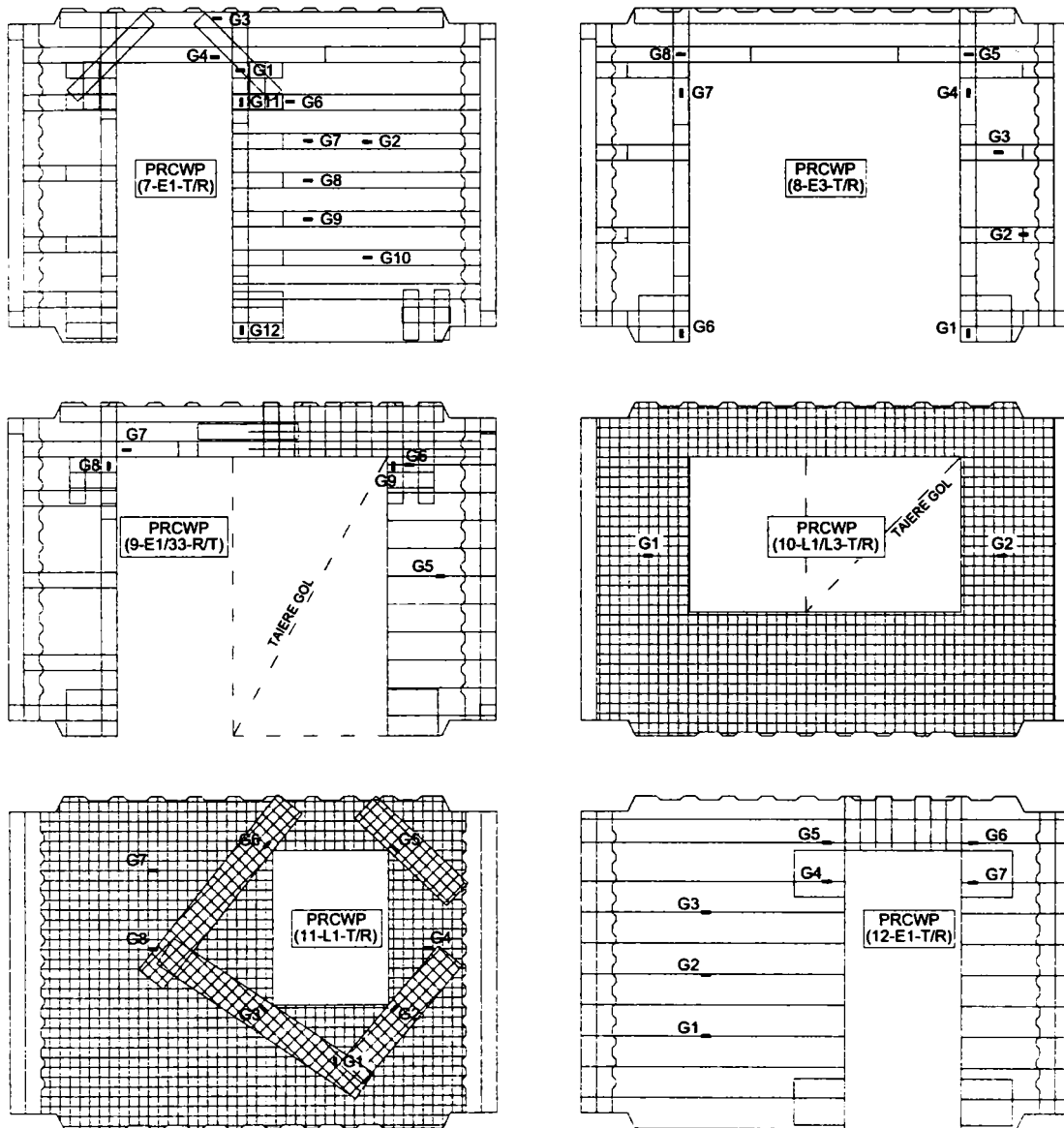


Figura 2.18 (continuare) – Partea de instrumentare folosită la elementele testate

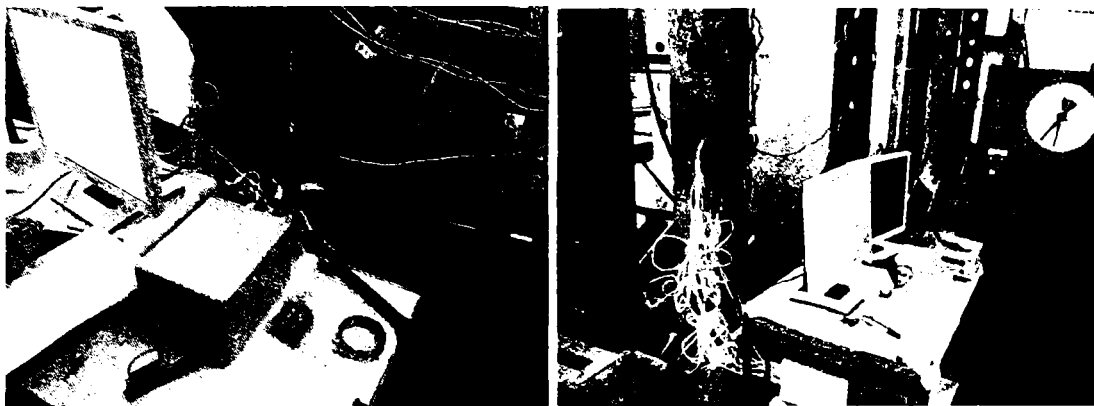


Figure 2.19 – Sistemul de date de achiziție folosit

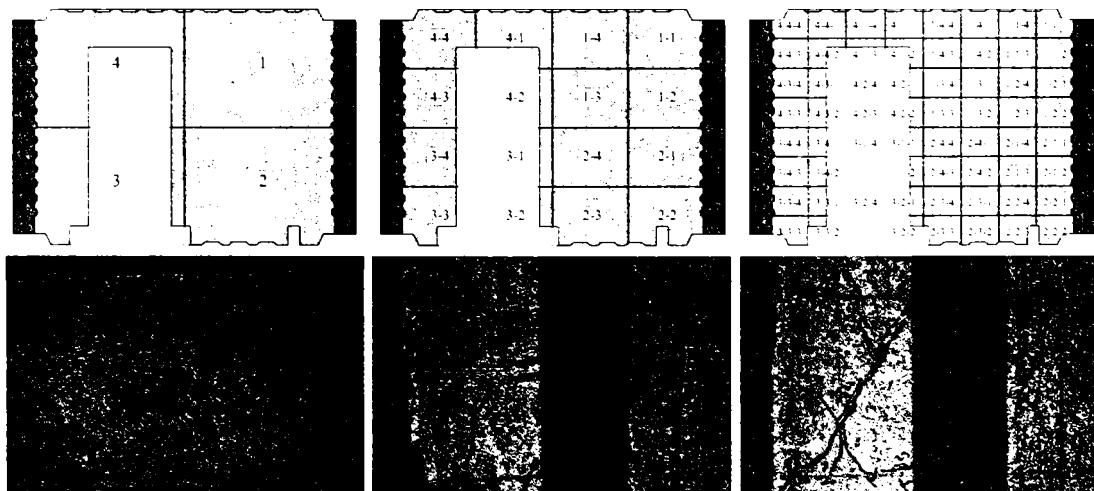


Figure 2.20 – Detalii de observare pe gridul folosit

2.7 Comportarea elementelor de referință

Comportarea generală a elementelor de referință pe parcursul testelor experimentale a fost compusă din apariția unui număr semnificativ de fisuri care au apărut în toate zonele elementului, zdrobirea betonului și curgerea armăturii de oțel, precum și ruperea armăturii de oțel într-un caz. Mai multe detalii legate de modul de cedare al fiecărui element sunt prezentate mai jos. Aspecte legate de curgerea armăturii de oțel sunt date în Secțiunea 3.5, iar comportarea pe fiecare ciclu de încărcare este prezentată în Anexa A.

În cazul elementului PRCWP (7-E1-T) s-au dezvoltat fisuri în rigla de cuplare, montanți, elemente de margine, zona de îmbinare riglă de cuplare – montant, extremitatea de jos a montanților (lângă gol) și în monolitizare. Prima fisură înclinată a apărut în montantul din dreapta la 0.5 % drift (10.75 mm), primul ciclu, încărcat din partea stângă. Zdrobirea betonului s-a observat în colțul din dreapta jos al panoului, în

zona de îmbinare riglă de cuplare – montant dreapta (montant 2) și în monolitizare la colțul din dreapta jos al golului de ușă. În cazul detaliilor de cedare la oțel s-a observat efectul de dorn în cazul barelor de armătură verticale ale plasei sudate, de-a lungul fisurii înclinată din montantul din partea dreaptă, și ruperea barelor orizontale ale plasei sudate în lungul fisurii înclinată în montantul din partea dreaptă la 0.8 % drift (17.2 mm). De asemenea s-a observat fenomenul de gătuire la unele bare de armătură orizontale. Toate aceste aspecte de cedare au condus la cedarea bruscă a elementului printr-o pierdere de capacitate portantă de 74%. Modurile de cedare prezentate au condus la o cedare bruscă a elementului PRCWP (7-E1-T), (vezi Figura 2.21).

Elementul PRCWP (8-E3-T) a dezvoltat fisuri în rigla de cuplare, montați, elemente de margine, zona de îmbinare riglă de cuplare – montant, extremitatea de jos a montaților (lângă gol), colțul dreapta jos al panoului, și în monolitizare. Prima fisură înclinată a fost observată în montantul din dreapta (2) la un nivel de 0.5 % drift (10.75 mm), primul ciclu, încărcat din partea dreaptă. Fenomenul de lunecare a fost observat în montantul din stânga (1) prin apariția unei fisuri orizontale, iar în montantul din partea dreaptă (2) a apărut o fisură verticală între panoul de inimă și elementul de margine. Zdrobirea betonului a fost observată în zona de îmbinare riglă de cuplare – montant (lângă gol) și în monolitizare. S-a observat de asemenea încovoierea barelor verticale de armătură ale carcasei spațiale din montantul din dreapta (2), (vezi Figura 2.22).

Elementul PRCWP (10-L1/L3-T) a dezvoltat fisuri în rigla de cuplare, montați, elemente de margine, zona de îmbinare riglă de cuplare – montant, zona de îmbinare parapet – montant, colțul dreapta jos al panoului, monolitizare și mai ales în parapet. Prima fisură înclinată a fost observată în montantul din stânga (1) la 0.2 % drift (4.3 mm), primul ciclu, încărcat din partea dreaptă; iar în montantul din dreapta (2) prima fisură înclinată a apărut la 0.3 % drift (6.45 mm), primul ciclu, încărcat din partea dreaptă. Zdrobirea betonului a fost observată în zona de îmbinare riglă de cuplare – montantul din stânga (1) și în zona de îmbinare parapet–montantul din stânga (1), (vezi Figura 2.23).

Elementul PRCWP (11-L1-T) a dezvoltat fisuri în rigla de cuplare, montați, parapet, elemente de margine, zona de îmbinare riglă de cuplare – montant (lângă gol), zona de îmbinare parapet – montant și în monolitizare. Prima fisură înclinată a fost observată în montantul din dreapta (2) la 0.3 % drift (6.45 mm), primul ciclu, încărcat din partea dreaptă. Zdrobirea betonului a fost observată în zona de îmbinare parapet – montantul din stânga (1), în parapet și în elementul de margine din partea dreaptă (vezi Figura 2.24).

Elementul PRCWP (12-E1-T) a dezvoltat fisuri în rigla de cuplare, montați, elemente de margine, zona de îmbinare riglă de cuplare – montant (lângă gol), extremitatea de jos a montaților (lângă gol) și în monolitizare. Prima fisură înclinată a fost observată în montantul din dreapta (2) la 0.2 % drift (4.3 mm), primul ciclu, încărcat din partea stângă. Zdrobirea betonului a fost observată în zona de îmbinare parapet – montantul din dreapta (2) și în monolitizare la partea de jos a montaților, lângă gol (vezi Figura 2.25).

Detaliile de cedare ale elementelor de referință testate au fost parțial prezentate în [18-26], iar detaliile de cedare ale elementelor consolidate sunt prezentate în Secțiunea 3.1.

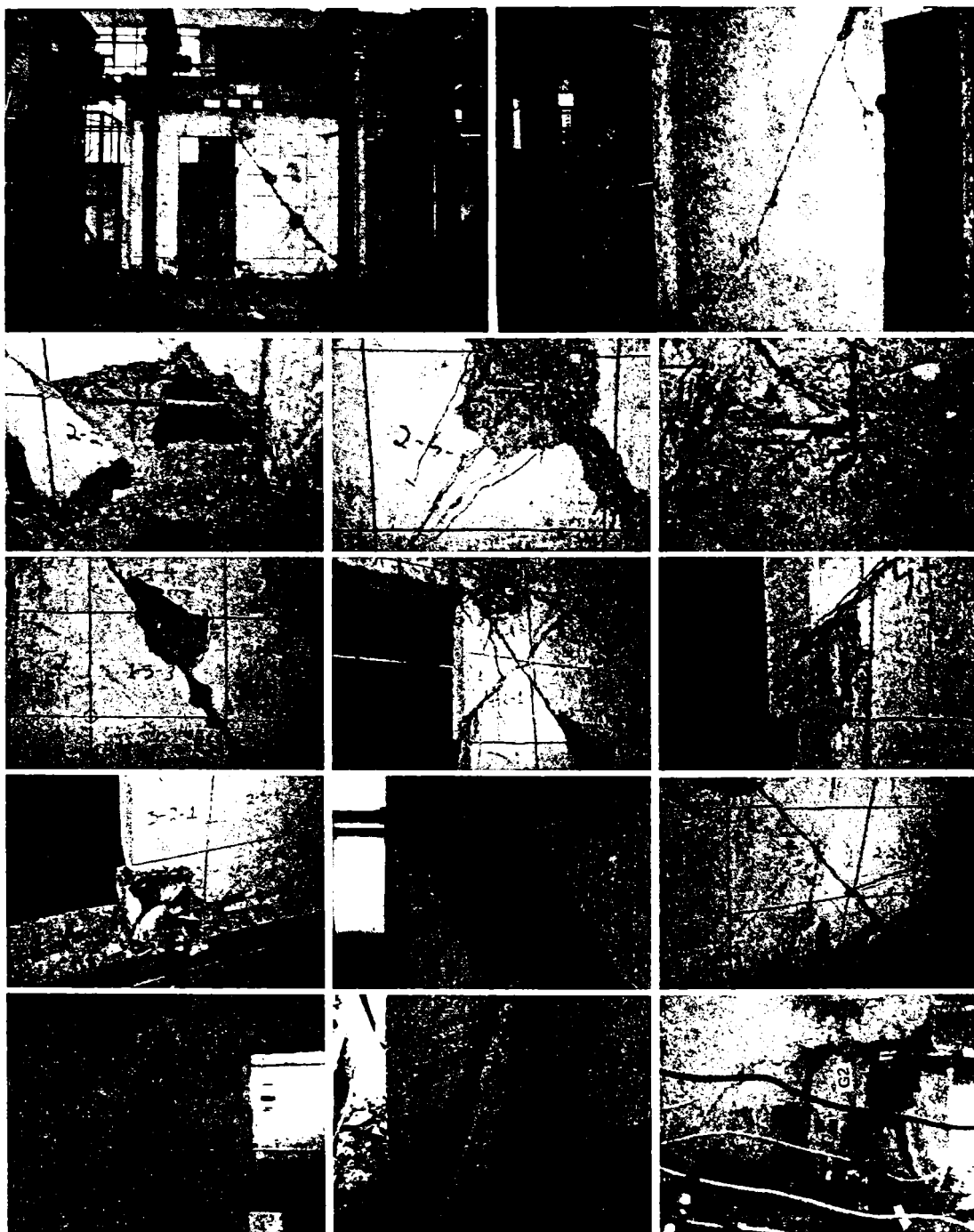


Figura 2.21 – Detalii de cedare ale elementului PRCWP (7-E1-T) [18-20, 22, 25]



Figura 2.22 – Detalii de cedare ale elementului PRCWP (8-E3-T) [18-19, 22, 25]



Figura 2.22 (continuare) – Detalii de cedare ale elementului PRCWP (8-E3-T) [18-19, 22, 25]



Figura 2.23 – Detalii de cedare ale elementului PRCWP (10-L1 L3-T) [18-19, 21-22, 26]

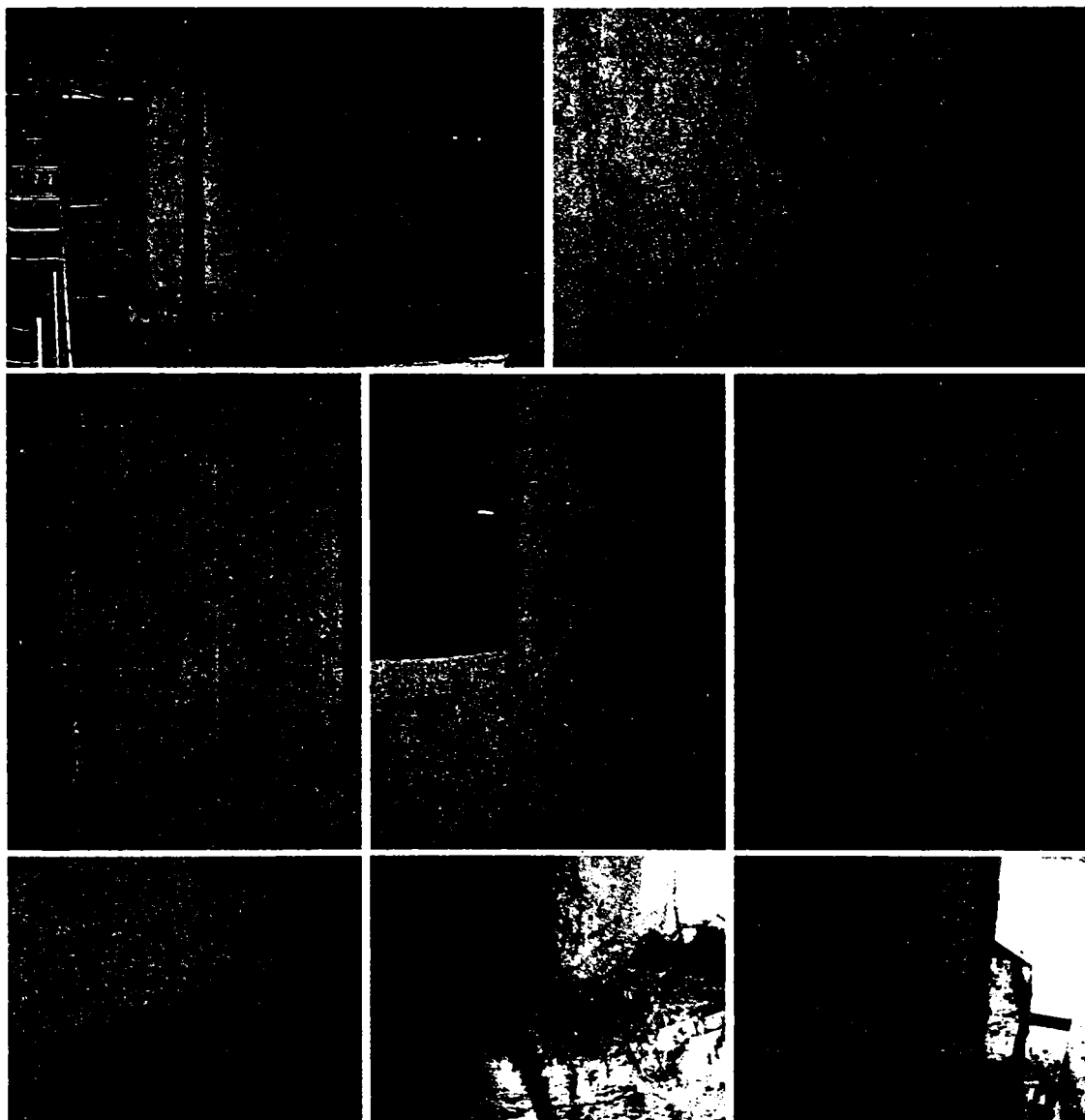


Figura 2.24 – Detalii de cedare ale elementului PRCWP (11-L1-T) [18-19, 23-24, 26]



Figura 2.25 - Detalii de la d. r. ale elementelor PRCWP (12-F1-1) [18-19]

2.8 Repararea și consolidarea specimenelor

După încercarea experimentală a elementelor de referință, procesul de reparare a început prin înlăturarea betonului zdrobit și înlocuirea acestuia cu mortar de înaltă rezistență, iar fisurile vizibile au fost curățate și umplute superficial cu rășină epoxidică. Într-un singur caz, și anume pentru elementul PRCWP (11-L1-T/R) s-au injectat fisurile cu rășină epoxidică fluidă. La finalizarea procesului de reparare al elementelor, s-a trecut la pregătirea suprafeței pentru strategia de consolidare corespunzătoare fiecărui caz. Sistemele de consolidare folosite în cadrul prezentului program experimental au inclus Polimeri Armați cu Fibră de Carbon (CFRP) și Polimeri Armați cu Fibră de Sticlă (GFRP), utilizând mai multe tehnici de aplicare cum ar fi Armătură Lipită Extern (EBR), Armătură Montată în Șlițuri (NSM) și Mortare Armate cu Plasă (TRM). Principalele obiective ale strategiilor de consolidare au fost restabilirea sau mărirea performanțelor seismice ale panourilor de perete deteriorate sau afectate de intervenții prin tăieri de goluri. Strategiile de consolidare adoptate și prezentate aici au la bază comportarea și modul de cedare al elementelor de referință, fiind centrate mai ales pe zonele critice.

Modurile de cedare identificate în cazul elementelor de referință au fost fisuri din încovoiere în zona de îmbinare montant – riglă de cuplare, fisuri din tăiere în montați, zdrobiri de beton în zona de îmbinare montant – riglă de cuplare și la extremitatea de jos a montaților. Așadar, principalele aspecte considerate în strategia de consolidare au fost îmbunătățirea capacității la încovoiere în lungul marginilor verticale și orizontale ale golurilor, mărirea capacității la tăiere a montaților, și asigurarea confinării la colțurile golurilor și la capetele elementelor de margine. În subcapitolele de mai jos sunt prezentate în detaliu pentru fiecare specimen analizat procesul de reparare și consolidare. Strategiile de consolidare considerate în cazul elementelor investigate au fost parțial discutate și prezentate în [18-30], iar proprietățile materialelor au fost date în Secțiunea 2.2.

2.8.1 Reabilitarea elementului PRCWP (7-E1-T/R) folosind EBR-CFRP

Specimenul deteriorat a fost reparat înaintea procesului de reabilitare, prin înlocuirea betonului zdrobit cu mortar de înaltă rezistență. Cu ajutorul unui polizor special, suprafața elementului a fost șlefuită în vederea obținerii unei suprafețe netede pentru aplicarea țesăturii din fibră de carbon, iar marginile specimenului au fost rotunjite la o rază de 20 mm pentru a obține eficiența sistemului de confinare. S-au realizat găuri locale de $\phi 10$ mm în panoul de perete, necesare pentru sistemul de ancoraj al reabilitării, după care s-a aspirat de praf suprafața elementului. În vederea restabilirii performanțelor seismice ale elementului, s-a întocmit o strategie de reabilitare bazată pe polimeri armați cu fibră de carbon lipite extern (EBR-CFRP), (vezi Figura 2.26). Pentru această tehnică s-a utilizat țesătura unidirecțională din fibră de carbon SikaWrap 230C, de 100 mm lățime, aplicată simetric pe ambele fețe ale elementului. Fâșiile de țesătură au fost denumite ca fâșii de încovoiere (f), fâșii de tăiere (sh) și fâșii de

confinare (c), în conformitate cu obiectivele reabilitării. În cadrul procesului de aplicare, țesătura din fibră de carbon a fost dispusă paralel cu forța de întindere pentru reabilitarea la încovoiere, paralel cu forța tăietoare pentru reabilitarea la tăiere și perpendicular pe forța de compresiune pentru confinare. Consolidarea la încovoiere a elementului a inclus fâșii verticale din țesătură de fibră de carbon, dispuse în lungul golului (f3) și orizontale în lungul riglei de cuplare (f1, f2). Adițional, fâșii scurte din țesătură de fibră de carbon s-au dispus înclinat la colțurile de sus ale golului de ușă (f7), orizontal (f4) și vertical (f5) în zona riglei de cuplare. Fâșii scurte din CFRP s-au folosit la ancorarea fâșiilor verticale (f3, f6) în grinda de fundare. Fâșii orizontale din țesătură de fibră de carbon (sh1, sh2) au fost aplicate pe montanți, ancorate la capătul dinspre gol prin fâșii înfășurate sub formă de U (sh3) și prin fâșii scurte de CFRP la capătul dinspre elementul de margine. Confinarea s-a realizat prin dispunerea fâșiilor din țesătură de fibră de carbon la colțurile golului, și anume în zona de îmbinare montant – riglă de cuplare și la extremitatea de jos a montanților pe partea dinspre gol (c1, c2, c4), în montantul din partea dreaptă (c3, c4) și la capetele elementelor de margine (c5). Detaliile de aplicare ale consolidării sunt date în Fig. 2.27. Potrivit strategiei de consolidare adoptate se așteaptă o comportare mai ductilă pentru elementul reabilitat, în comparație cu cedarea bruscă a elementului de referință.

Mai multe detalii legate de consumul de material și evaluarea costurilor pentru fiecare specimen în parte sunt date în Anexa C.

2.8.2 Reabilitarea elementului PRCWP (8-E3-T/R) folosind EBR-CFRP

Continuând ideea strategiei de reabilitare a elementului precedent, o proiectare similară a strategiei de consolidare s-a realizat și pentru elementul cu gol de ușă mare (vezi Figura 2.28). Fâșii unidirecționale din țesătură de fibră de carbon (SikaWrap 230C) au fost aplicate vertical în lungul golului de ușă (f3) și orizontal în lungul riglei de cuplare (f1, f6). Adițional, fâșii scurte din țesătură de fibră de carbon s-au dispus orizontal (f2) și vertical (f4) în zona riglei de cuplare. Fâșii scurte din CFRP s-au folosit la ancorarea fâșiilor verticale (f3, f5) în grinda de fundare. Fâșii orizontale din țesătură de fibră de carbon (sh1) au fost aplicate pe montanți, înfășurate de pe o față a montantului pe cealaltă și ancorate prin fâșii scurte de CFRP la capătul dinspre elementul de margine. Confinarea s-a realizat prin dispunerea fâșiilor din țesătură de fibră de carbon la colțurile de jos ale golului (c1), și la capetele elementelor de margine (c2). Luând în considerare fisura verticală apărută în timpul testului experimental al elementului de referință, între montantul din partea dreaptă și elementul de margine, fâșiile de confinare c3 s-au dispus pentru relegarea conexiunii dintre inima panoului și elementul de margine. Fâșiile c3 s-au înfășurat de pe o parte a montantului, prin elementul de margine pe cealaltă latură a montantului. Detaliile de consolidare sunt date în Figura 2.29.

2.8.3 Consolidarea elementului PRCWP (9-E1/E3-T/R) folosind EBR-CFRP și NSM-CFRP

Specimenul experimental cu gol inițial de ușă îngustă lărgit în gol de ușă mare, a fost singurul element din cadrul programului experimental care nu a fost testat inițial neconsolidat. Elementul a fost consolidat anterior încercării lui pe considerentul că elementul era slăbit datorită intervenției de mărire de gol. Luând în considerare armarea specimenului cu gol de ușă îngustă (E1), care în montantul din partea stângă avea pe lângă barele de armătură orizontale și verticale, o carcasă spațială dispusă pe întreaga înălțime a montantului, iar în montantul din partea dreaptă armarea a fost compusă pe lângă barele de armătură orizontale și verticale, din plasă sudată, strategia de consolidare a ținut cont de aceste diferențe de armare dintre montați. Consolidarea elementului a presupus dispunerea lamelilor NSM-CFRP (Sika CarboDur S512) în montantul din partea dreaptă, și țesături EBR-CFRP (SikaWrap 230C) în montantul din partea stângă (vezi Figura 2.30). În conformitate cu strategia de consolidare, fâșii unidirecționale din țesătură de fibră de carbon s-au aplicat vertical în lungul golului de ușă pe partea stângă (f3) și orizontal în lungul riglei de cuplare (f1, f2). Adicional, fâșii scurte din țesătură de fibră de carbon s-au dispus orizontal (f6) și vertical (f4) în zona riglei de cuplare. Fâșii scurte din CFRP s-au folosit la ancorarea fâșiilor verticale (f3, f5) în grinda de fundare. Fâșii orizontale din țesătură de fibră de carbon (sh1) au fost aplicate pe montantul din partea stângă, înfășurate de pe o față a montantului pe cealaltă și ancorate prin fâșii scurte de CFRP la capătul dinspre elementul de margine. Confinarea s-a realizat prin dispunerea fâșiilor din țesătură de fibră de carbon la colțurile golului (c1, Hst, Hdr), și la capetele elementelor de margine (c2). Lamelile NSM-CFRP (12 mm x 1.2 mm) s-au aplicat orizontal pe întreaga înălțime a montantului din partea dreaptă, la o distanță de 180 mm una de cealaltă, iar ultimele două de sus s-au realizat mai lungi până la mijlocul riglei de cuplare. Toate lamelile din CFRP au fost ancorate în elementul de margine cu rășină epoxidică (vezi Fig. 2.31). Datorită faptului că polizorul cu două discuri folosit pentru crearea șlițurilor (Figura 2.32) avea o grosime de 3 mm pentru un disc, nu s-a putut obține o grosime mai mică de 6 mm a șlițului. Fâșii orizontale adționale (f7) s-au dispus pentru asigurarea ancorajului în partea stângă a lamelilor. De asemenea, fâșii verticale s-au înfășurat de pe o față a riglei de cuplare pe cealaltă (ca etrieri), compensând astfel lipsa carcasei spațiale din rigla de cuplare pe acea zonă unde golul a fost tăiat. Detaliile de consolidare sunt date în Figura 2.33.

2.8.4 Reabilitarea elementului PRCWP (10-L1/L3-T/R) folosind TRM

Specimenul deteriorat a fost reparat înainte procesului de reabilitare, prin înlocuirea betonului zdrobit cu mortar de înaltă rezistență. Suprafața elementului a fost șlefuită, iar marginile au fost rotunjite la o rază de 20 mm. S-au realizat găuri locale în panoul de perete, necesare pentru sistemul de ancoraj al reabilitării, după care s-a aspirat de praf suprafața elementului. Sistemul de ancoraj mecanic a fost compus din tije filetate (6 cm lungime) care au fost fixate în perete cu rășină epoxidică. Scopul

ancorajului era să asigure conexiunea dintre element și sistemul de consolidare TRM. Sistemul de ancoraj folosit a fost mecanic, punctual, format din tije filetate, șaibe și piulițe. Sistemul TRM a folosit plasă din fibră de sticlă. Consolidarea a continuat prin aplicarea unei punți de aderență pentru consolidare, și anume Sika Monotop 910 N. Apoi s-a aplicat primul strat de mortar (Sika Monotop 722 Mur), după care plasa din fibră de sticlă (SikaWrap 350G) s-a montat pe poziție și s-au fixat șaibe și piulițele pe ancoraje. În cele din urmă s-a aplicat al doilea strat de mortar (vezi Figura 2.34). Sistemul de consolidare a fost aplicat simetric pe ambele fețe ale elementului (vezi Figura 2.35). În conformitate cu strategia de consolidare, bucățile de plasă numerotate 4 pe figură au fost aplicate pe fiecare parte a parapetului, urmate de bucățile de plasă numerotate 5, înfășurate pe parapet. Bucățile de plasă numerotate 2 au fost aplicate pe fiecare parte a montanților, urmate de bucățile de plasă numerotate 3 care înfășurau montanții pe partea golului. Iar apoi bucata de plasă numerotată 1 a fost înfășurată în jurul riglei de cuplare. Detaliile de consolidare sunt date în Figura 2.36.

2.8.5 Consolidarea elementului PRCWP (11-L1-T/R) folosind TRM

Specimenul deteriorat a fost reparat înaintea procesului de reabilitare, prin înlocuirea betonului zdrobit cu mortar de înaltă rezistență, suprafața elementului a fost șlefuită, iar marginile au fost rotunjite la o rază de 20 mm. S-au realizat găuri locale în panoul de perete, necesare pentru sistemul de ancoraj al reabilitării și pentru fixarea packerelor pentru injectarea fisurilor, după care s-a aspirat de praf suprafața elementului. Doar în acest caz s-au injectat fisurile cu rășină epoxidică fluidă folosind o pompă manuală. Considerând ineficient sistemul de ancoraj folosit în încercarea anterioară, de data aceasta s-a ales un sistem de ancoraj de suprafață, prin utilizarea unei corzi din fibre de oțel cu rezistență ridicată (MapeWrap S Fiocco). Coarda din fibre de oțel a fost tăiată în bucăți de 25 cm și 35 cm lungime, și a fost impregnată cu rășină cu o zi înaintea fixării în element cu rășină epoxidică. În cazul acestui sistem TRM nu a fost necesară folosirea unei punți de aderență deoarece mortarul component utilizat (Planitop HDM) a fost unul bicomponent amestecat cu latex. S-a aplicat primul strat de mortar, după care s-a dispus plasa din fibră de carbon proaspăt impregnată (Mapegrid C170), după care s-a aplicat al doilea strat de mortar. Consolidarea s-a realizat simetric pe ambele fețe ale elementului (vezi Figura 2.37). Figura 2.38 reprezintă planul de consolidare folosit și ordinea aplicării plasei din fibră de carbon, și anume bucățile de plasă numerotate 4 au fost aplicate pe fiecare parte a parapetului, urmate de bucățile de plasă numerotate 9 care s-au înfășurat pe parapet. Bucățile de plasă numerotate 2 și 2'' s-au montat pe fiecare parte a montanților, urmate de bucățile de plasă numerotate 3, care s-au înfășurat pe montantul din partea dreaptă la nivelul golului. Bucata de plasă numerotată 1 a fost înfășurată pe rigla de cuplare, iar bucățile de plasă numerotate 5, 8, 6, și 7 s-au montat înclinat la colțurile golului. La sfârșit, capetele ancorajelor s-au desfăcut, și s-au fixat pe element cu ajutorul unei șaibe prinse prin cuie de beton în rășina epoxidică, pentru a realiza ancorajul de suprafață. Detaliile de consolidare sunt date în Figura 2.39.

2.8.6 Consolidarea elementului PRCWP (12-E1-T/R) folosind NSM-CFRP și EBR-CFRP

Specimenul deteriorat a fost reparat înaintea procesului de reabilitare, prin înlocuirea betonului zdrobit cu mortar de înaltă rezistență, suprafața elementului a fost șlefuită, iar marginile au fost rotunjite la o rază de 20 mm. S-au realizat găuri locale în panoul de perete, necesare pentru sistemul de ancoraj al reabilitării, după care s-a aspirat de praf suprafața elementului. Consolidarea elementului a presupus utilizarea lamelelor NSM-CFRP (Carboplate E170/100/1.4) de 10 mm x 1.4 mm. Aceste lamele au fost montate orizontal folosind rășină epoxidică, în montanți și în rigla de cuplare, pe fiecare parte a elementului, la o distanță de 200 mm între ele (vezi Figura 2.40). Toate lamelele CFRP au fost ancorate în elementul de margine. Etrieri CFRP (MapeWrap C UNI-Ax) s-au aplicat în colțurile golului, înfășurate vertical pe rigla de cuplare, iar confinarea CFRP s-a dispus la capetele elementelor de margine (vezi Figura 2.41). Detaliile de consolidare sunt date în Figura 2.42.

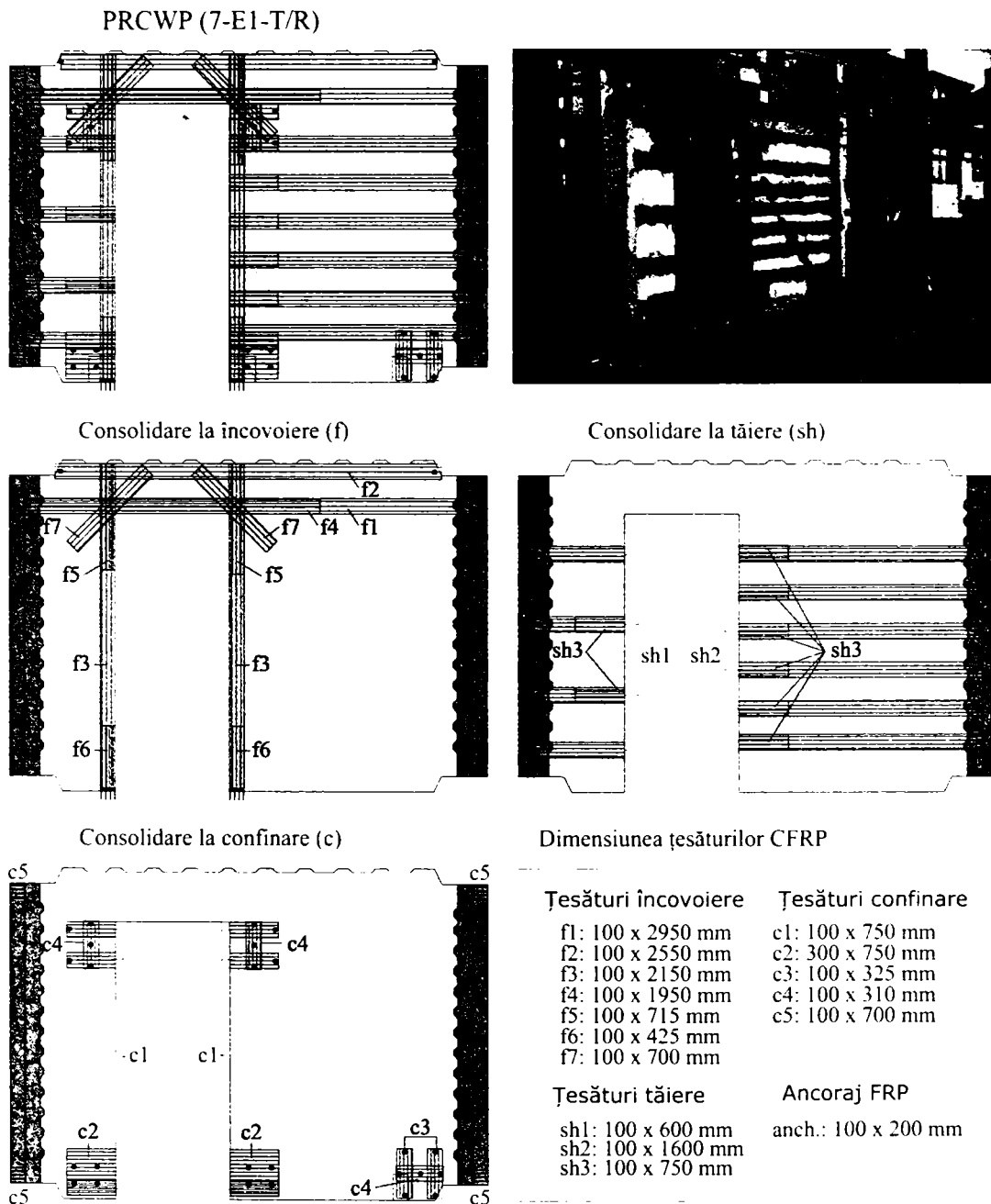


Figura 2.26 – Strategia de consolidare cu FRP pentru elementul PRCWP (7-E1-T.R)

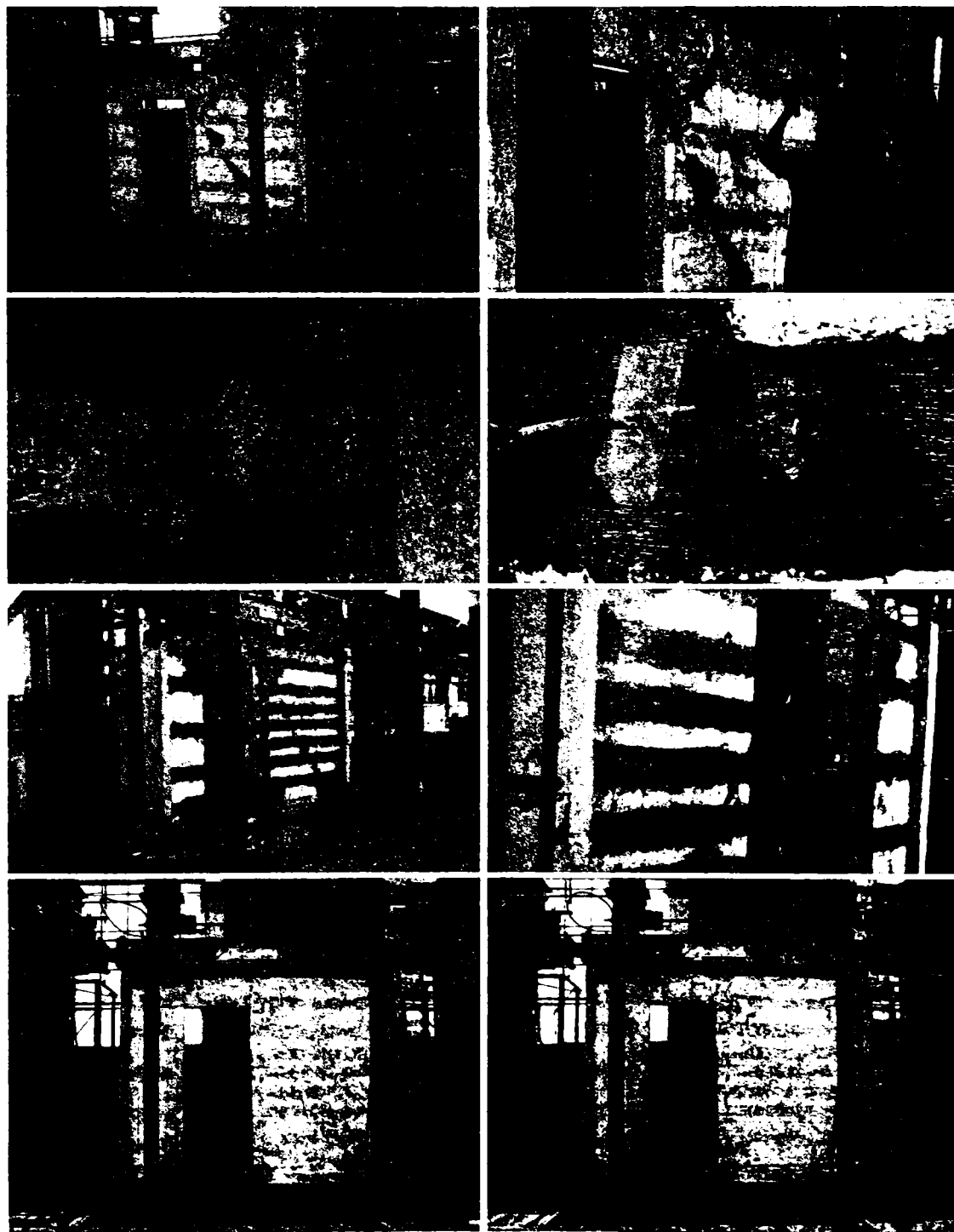


Figura 2.27 -- Detalii de consolidare cu FRP

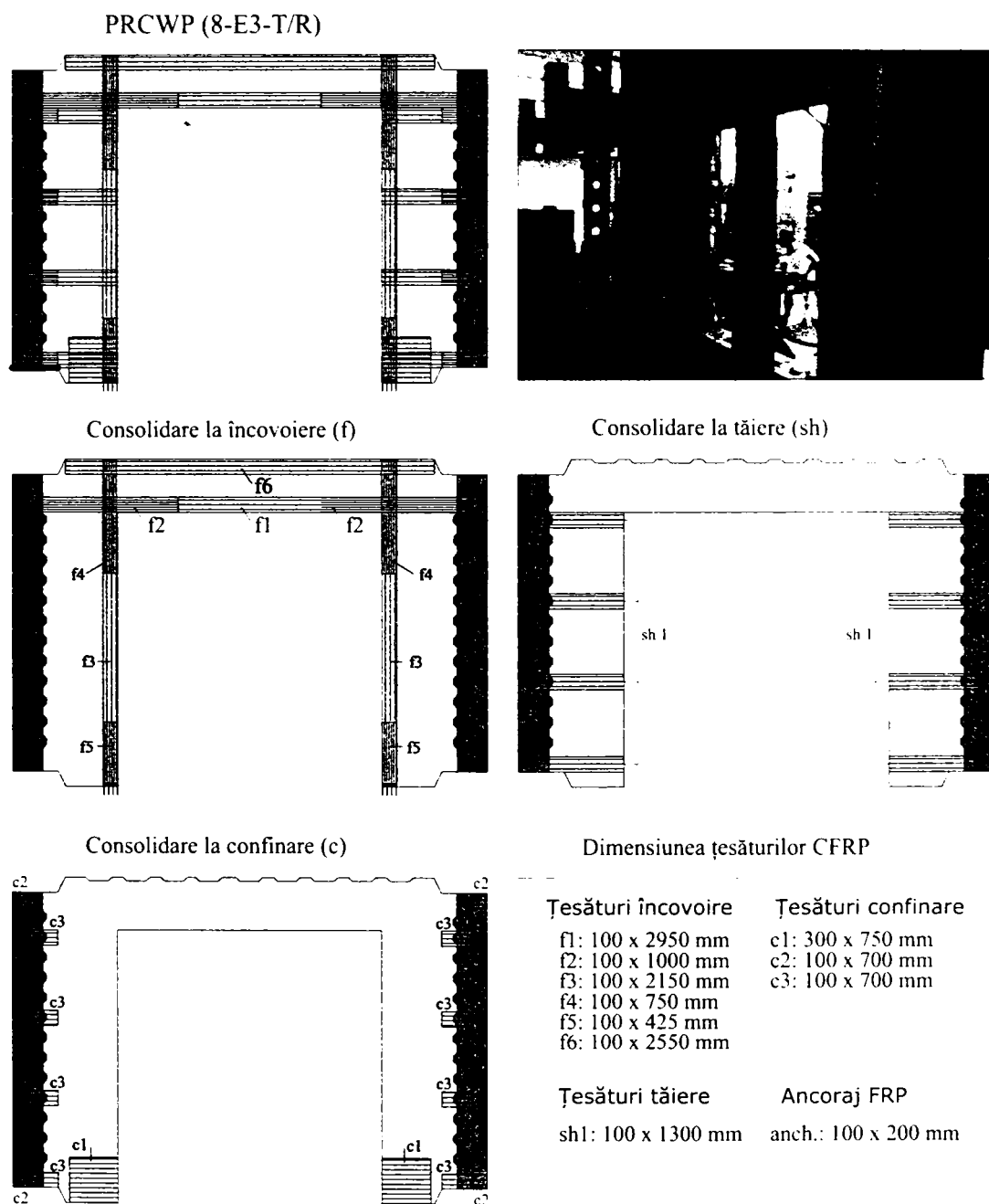


Figura 2.28 – Strategia de consolidare cu FRP pentru elementul PRCWP (8-E3-T-R)

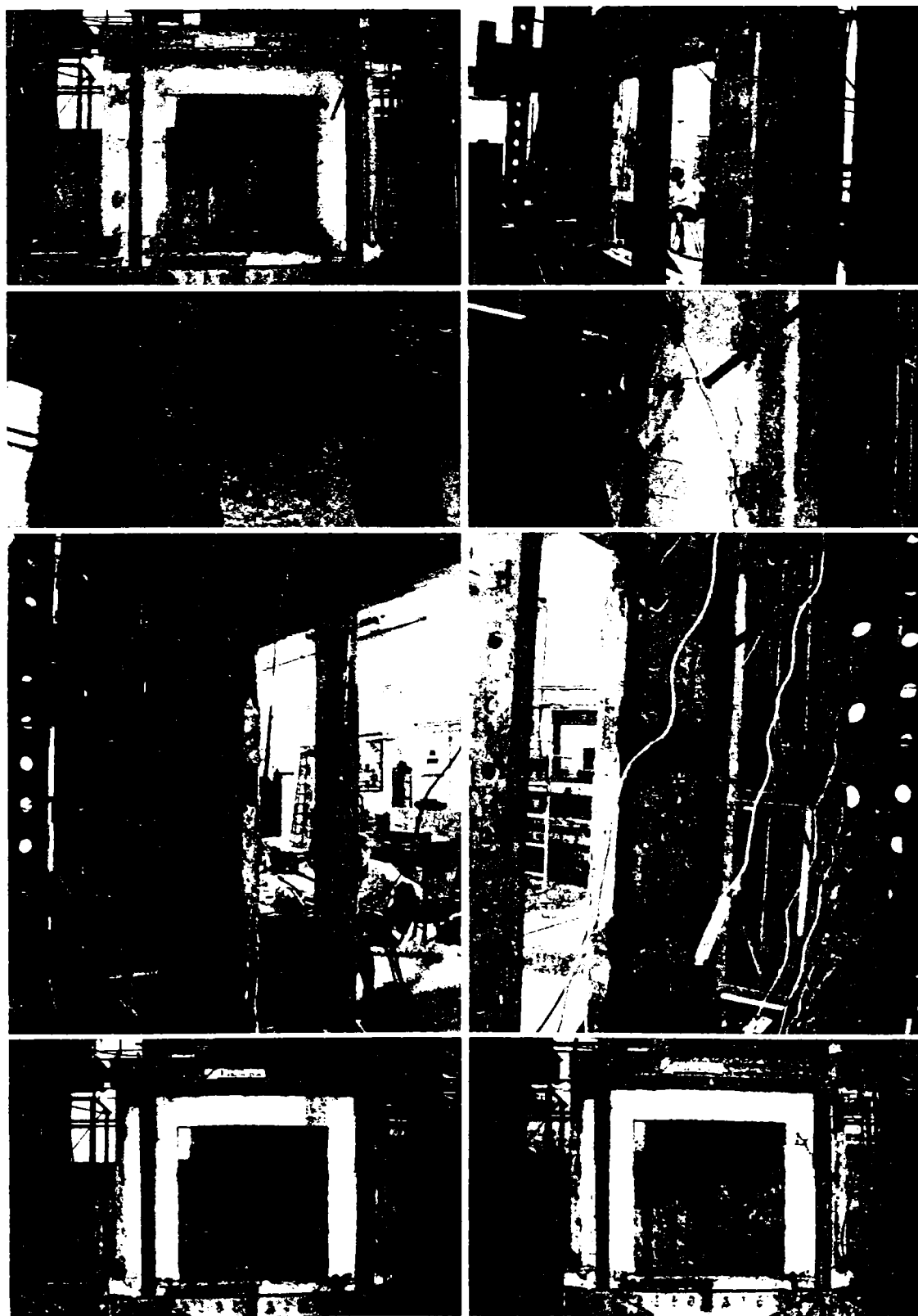


Figura 2.29 Detalii de consolidare cu FRP

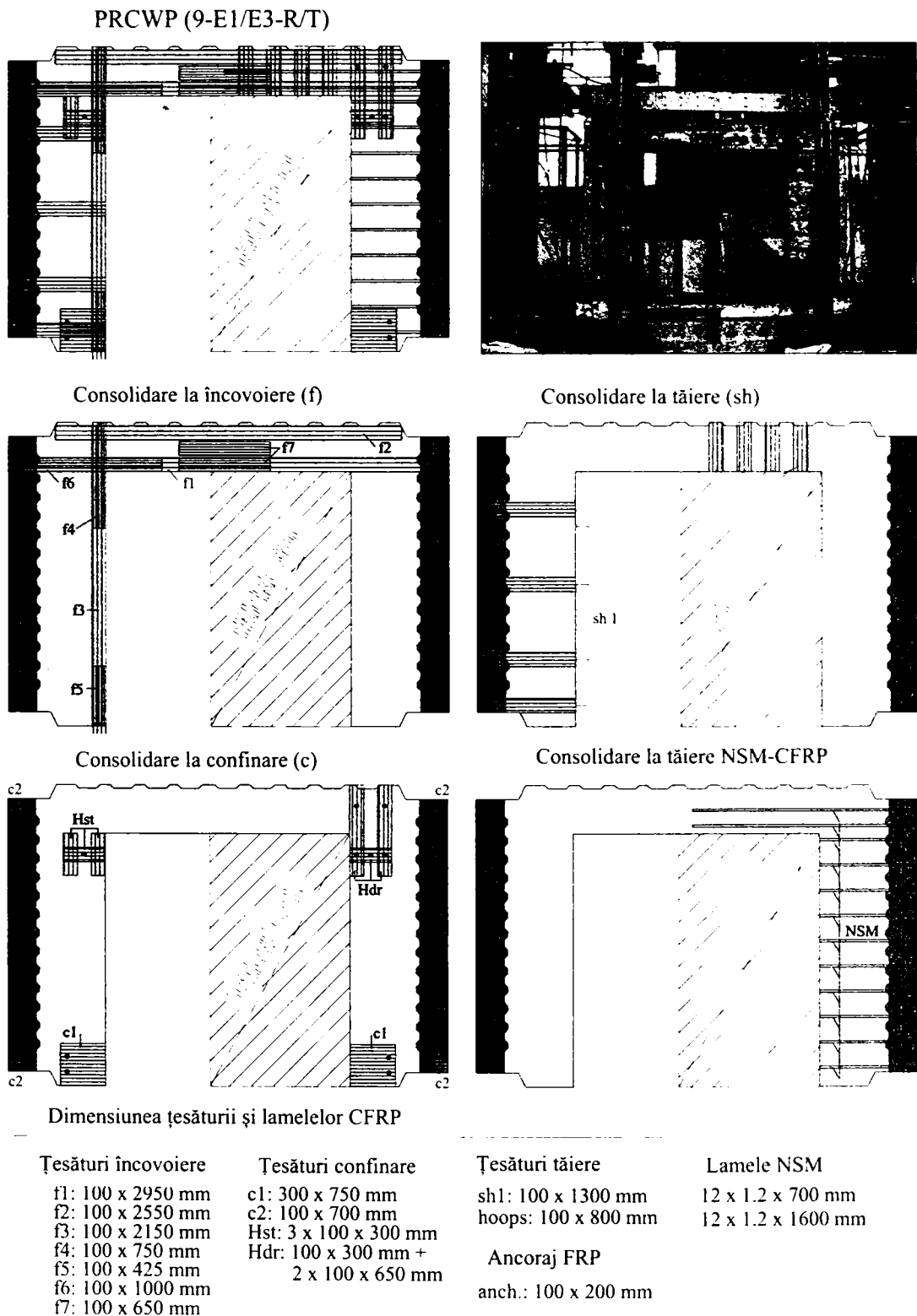


Figura 2.30 – Strategia de consolidare cu FRP pentru elementul PRCWP (9-E1 E3-R T)

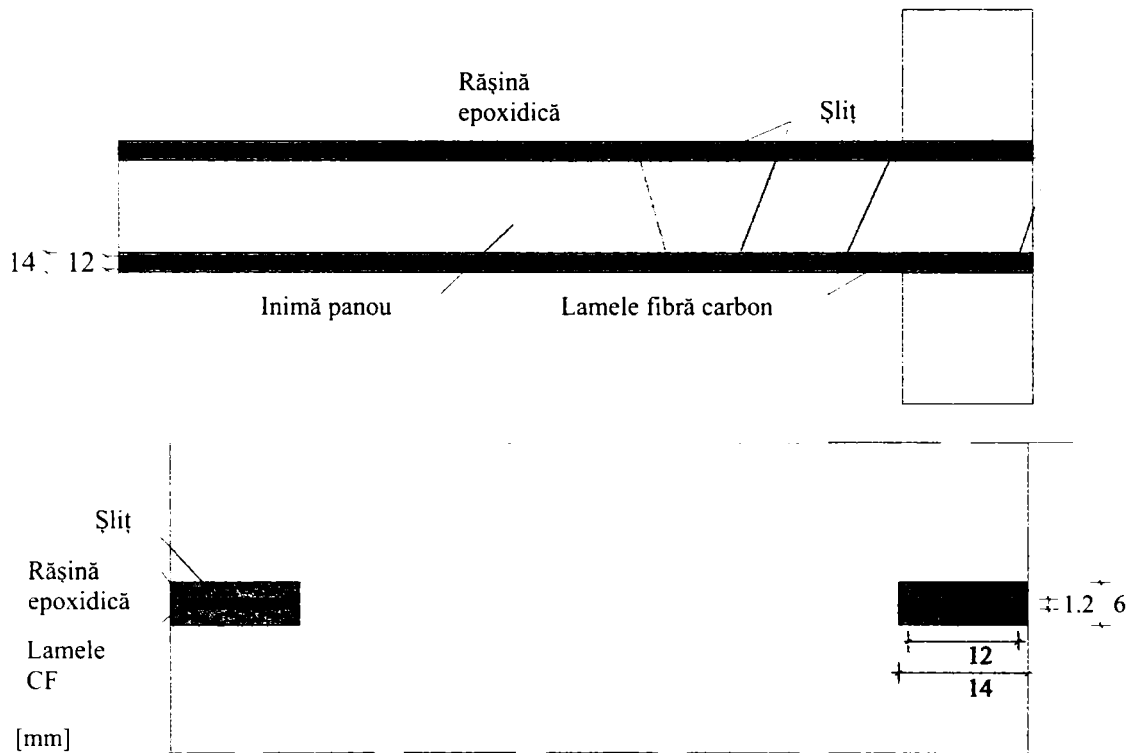


Figura 2.31 – Detalii de aplicare NSM-CFRP

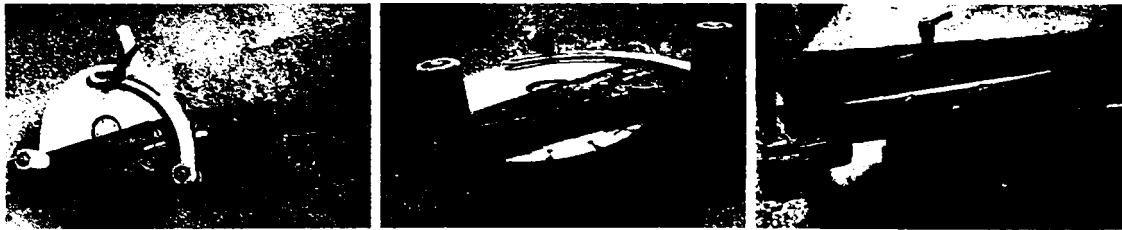


Figura 2.32 – Polizorul cu două discuri folosit pentru realizarea șlițurilor la NSM

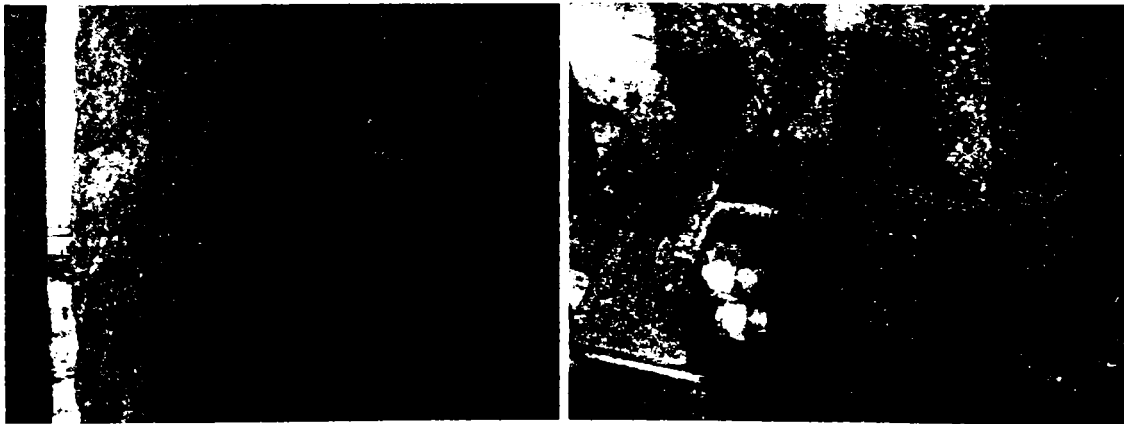


Figura 2.33 – Detalii de consolidare FRP



Figura 2.33 (continuare) – Detalii de consolidare FRP



Figura 2.33 (continuare) - Detalii de consolidare FRP

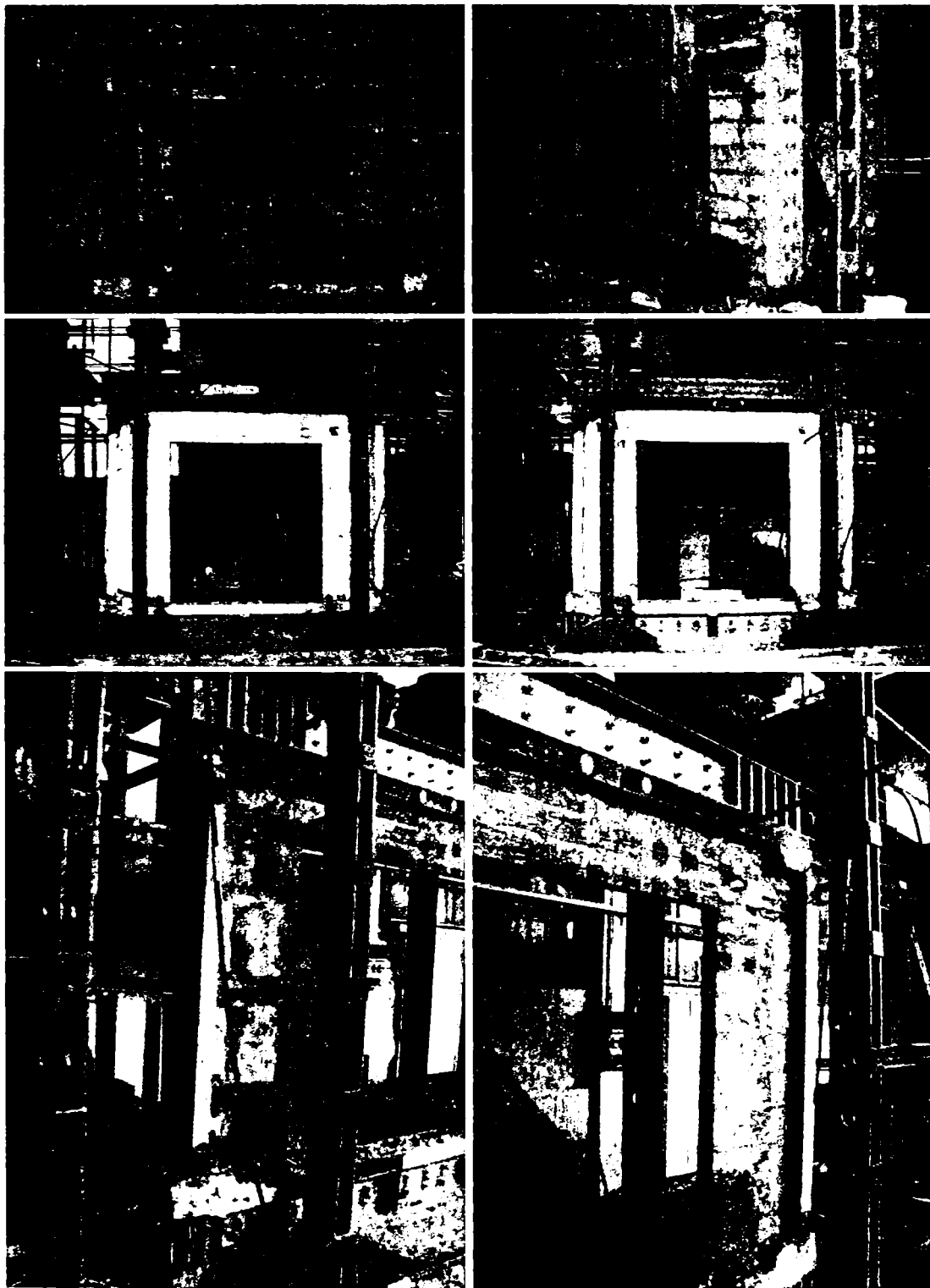


Figura 2.33 (continuare) - Detalii de consolidare FRP

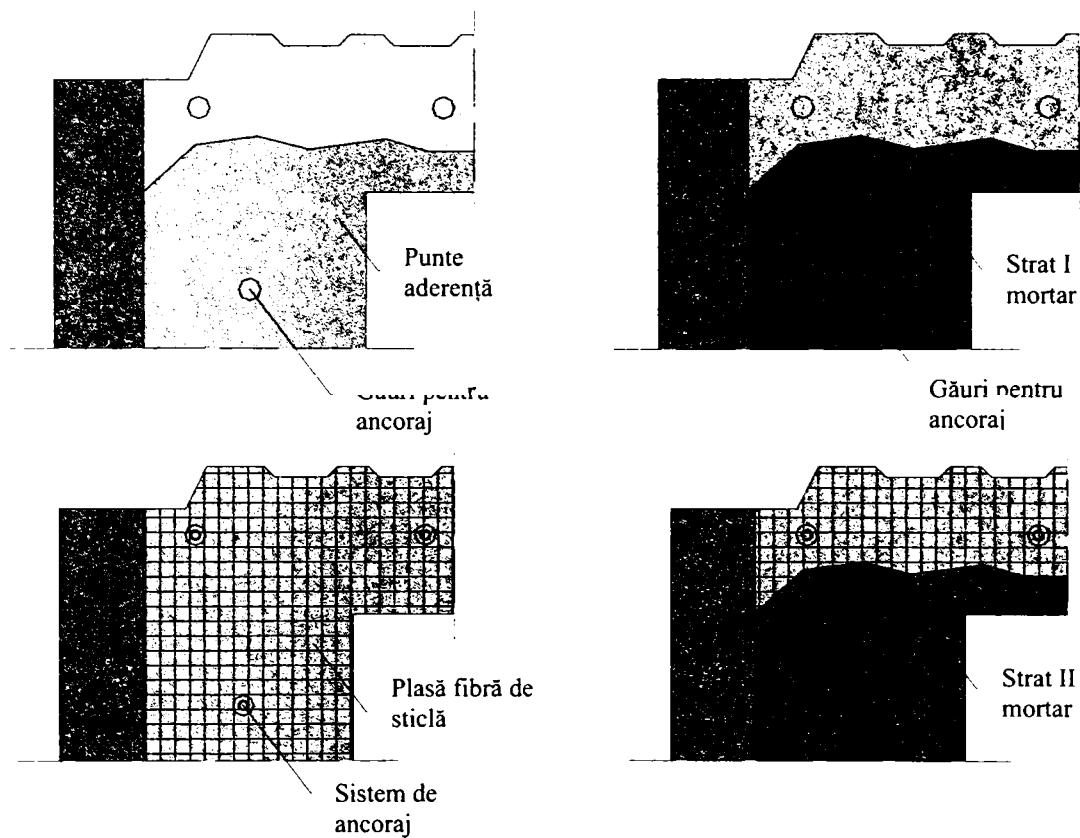


Figura 2.34 – Detalii de consolidare TRM

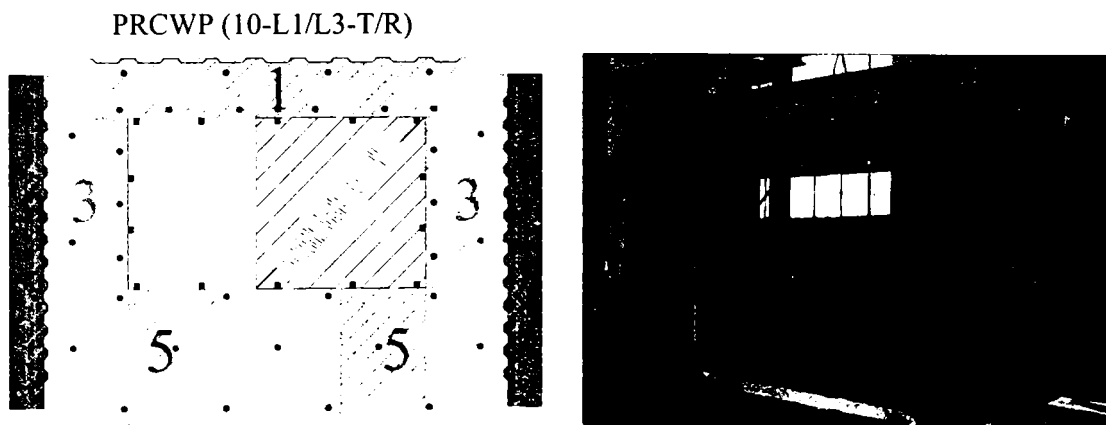


Figura 2.35 – Strategia de consolidare cu FRP pentru elementul PRCWP (10-L1/L3-T/R)

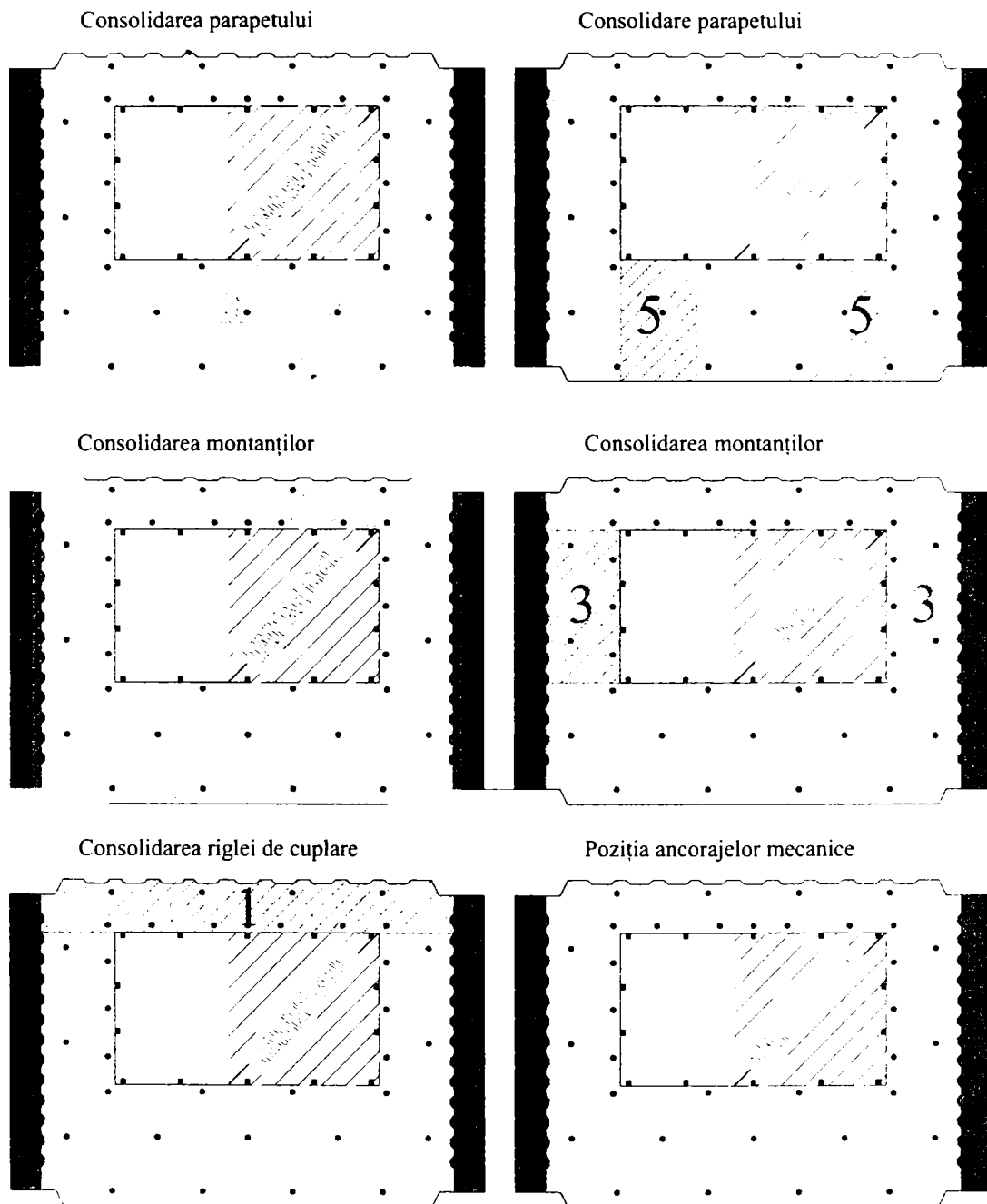


Figura 2.35 (continuare) – Strategia de consolidare cu FRP pentru elementul PRCWP (10-L1/L3-T/R)

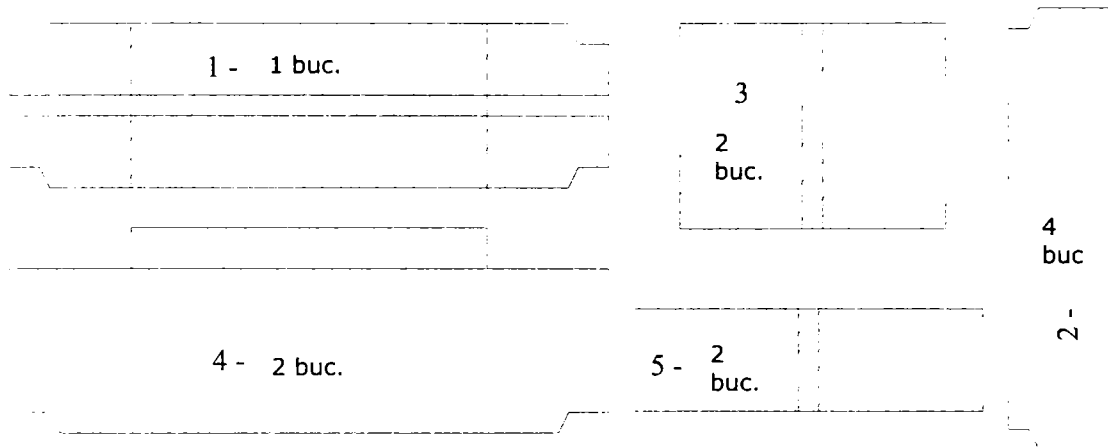


Figura 2.35 (continuare) – Strategia de consolidare cu FRP pentru elementul PRCWP (10-L1/L3-T/R)



Figura 2.36 - Detalii de consolidare cu FRP

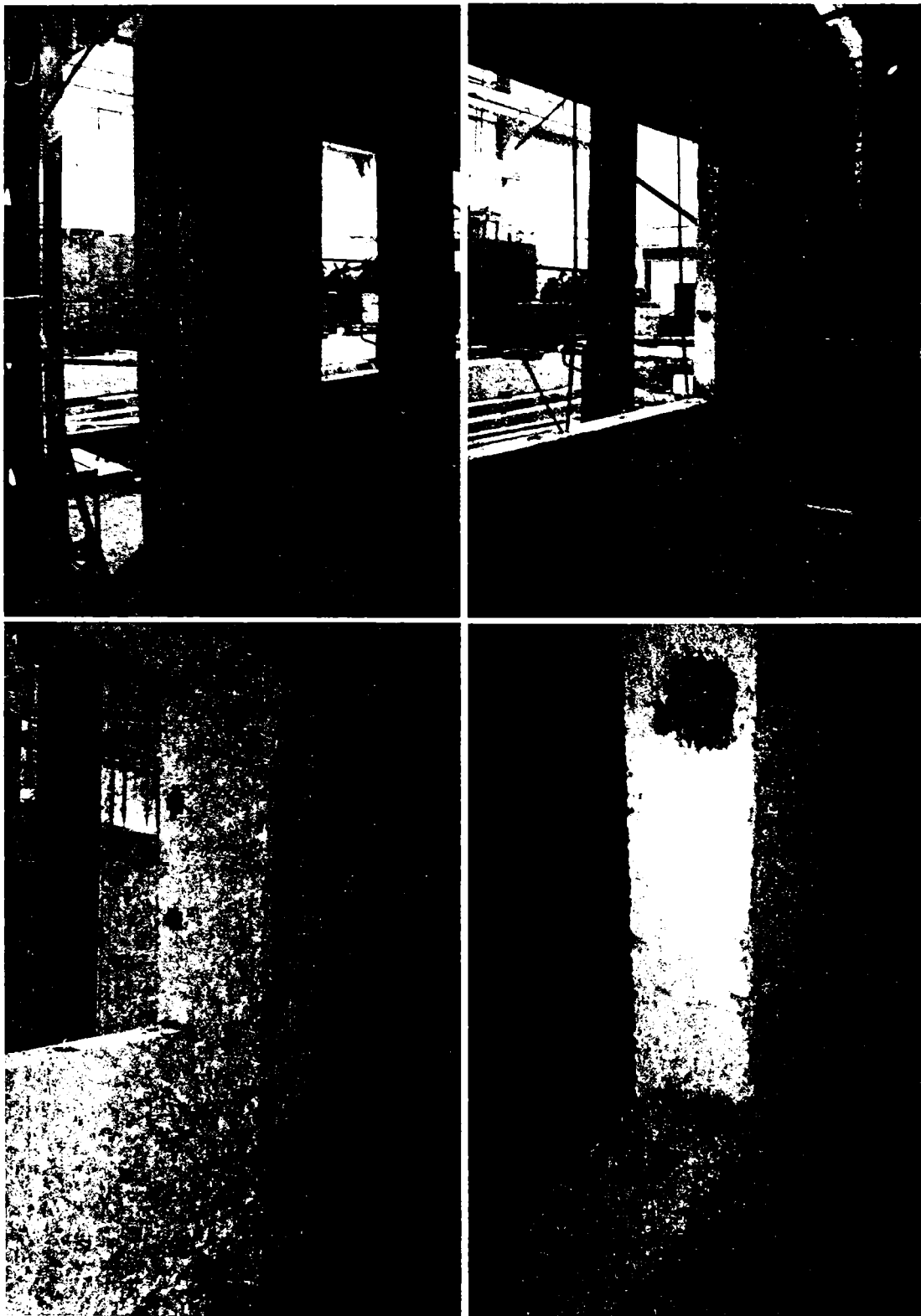


Figura 2.36 (continuare) - Detalii de consolidare cu FRP



Figura 2.36 (continuare) - Detalii de consolidare cu FRP

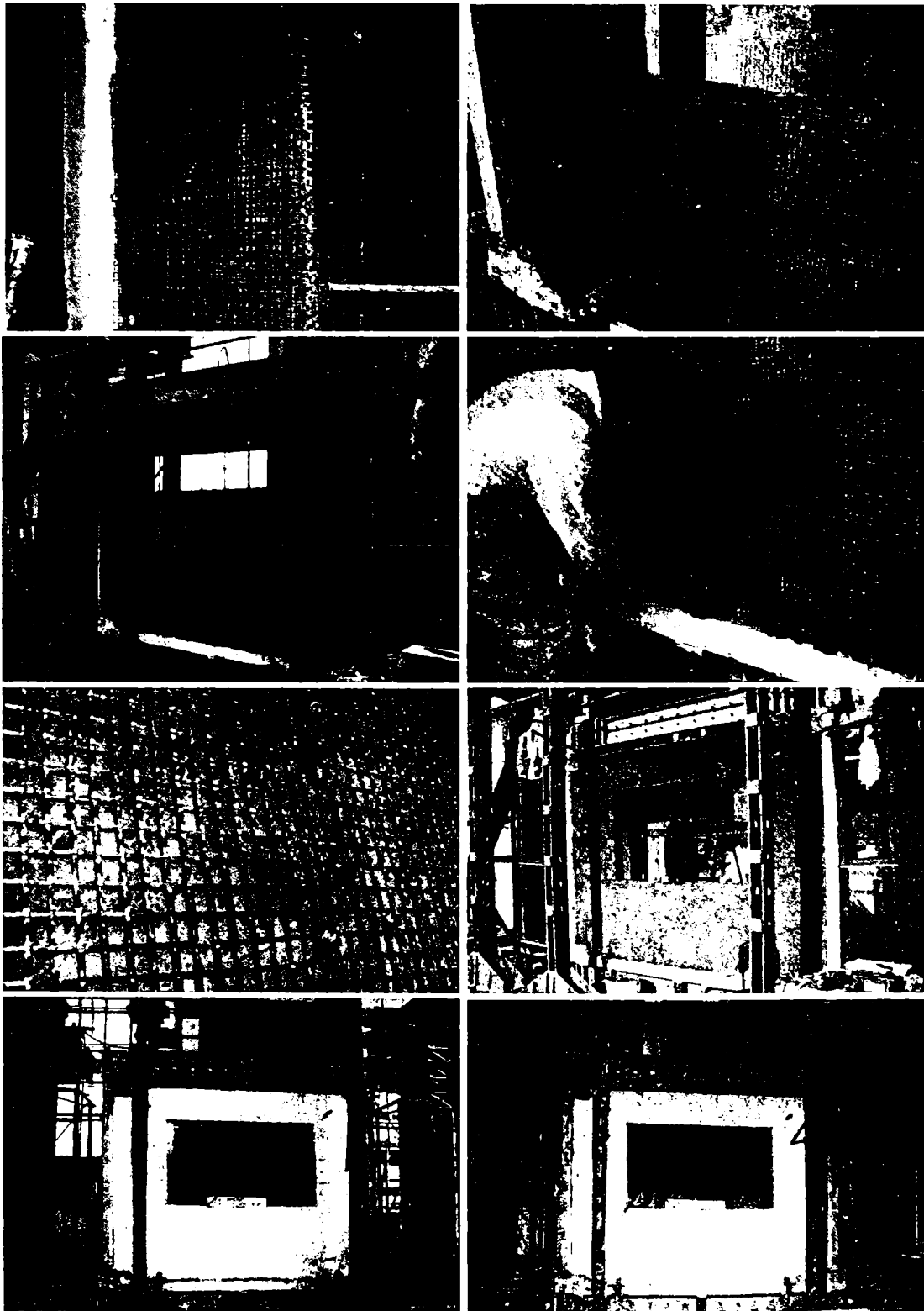


Figura 2.36 – Detalii de consolidare cu FRP

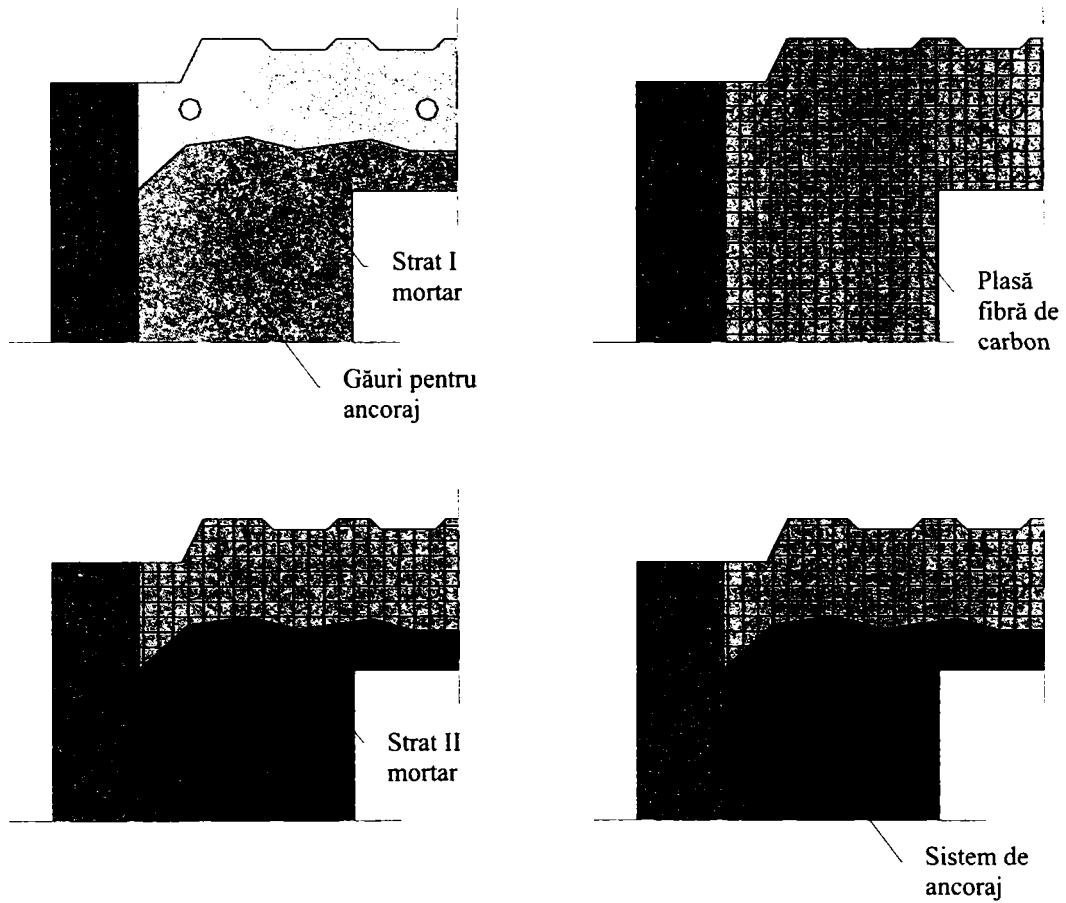


Figura 2.37 – Detalii de consolidare cu TRM

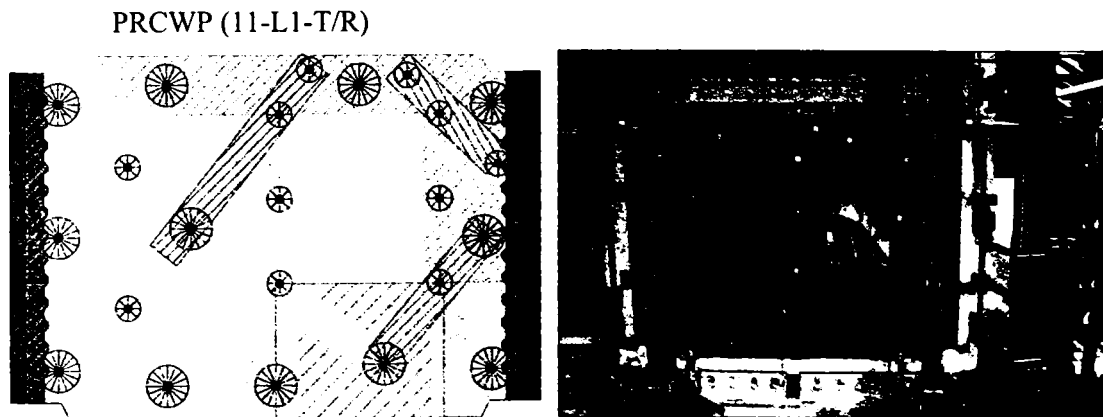


Figura 2.38 – Strategia de consolidare cu FRP pentru elementul PRCWP (11-L1-T/R)

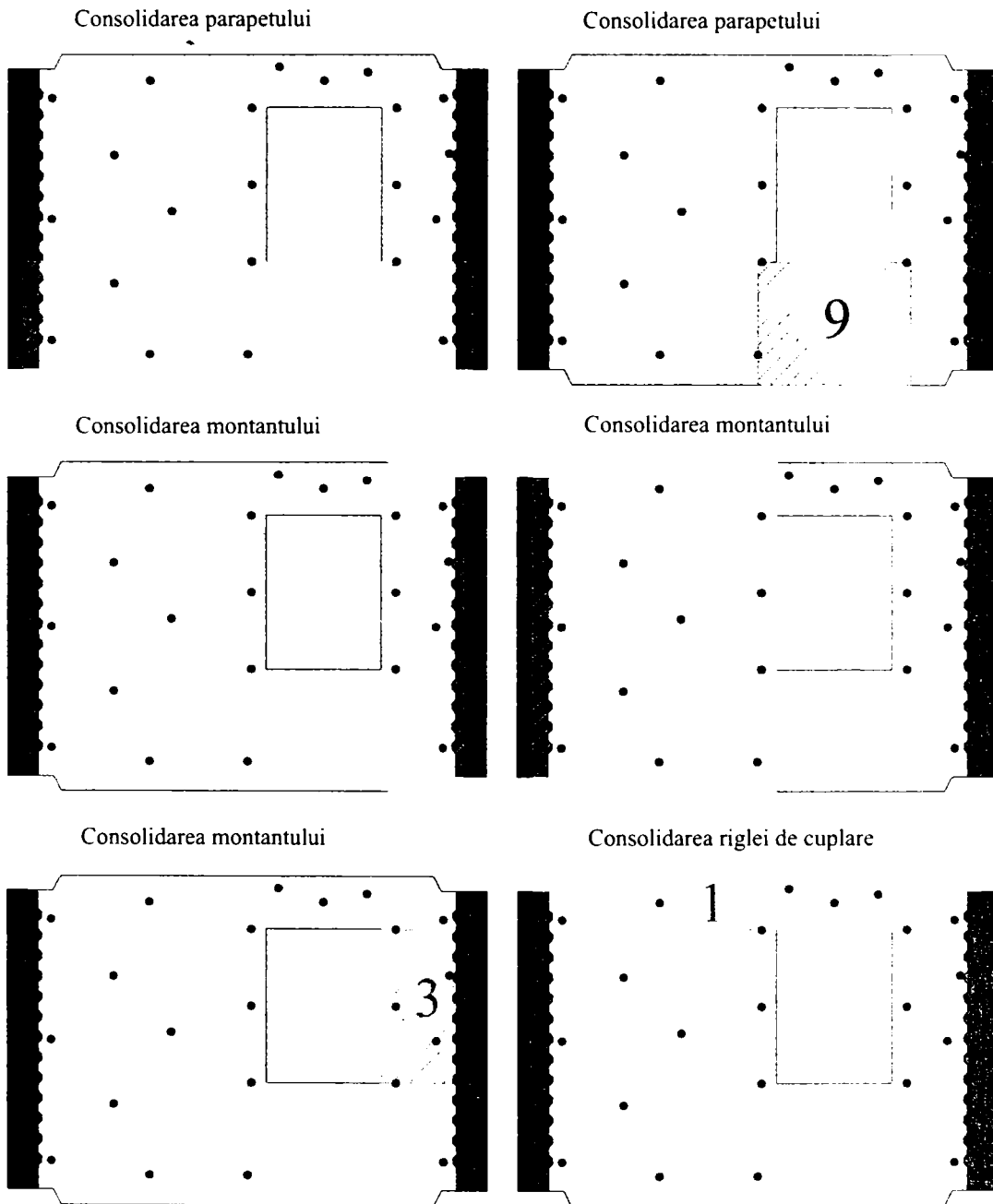


Figura 2.38 (continuare) – Strategia de consolidare cu FRP pentru elementul PRCWP (11-L1-T/R)

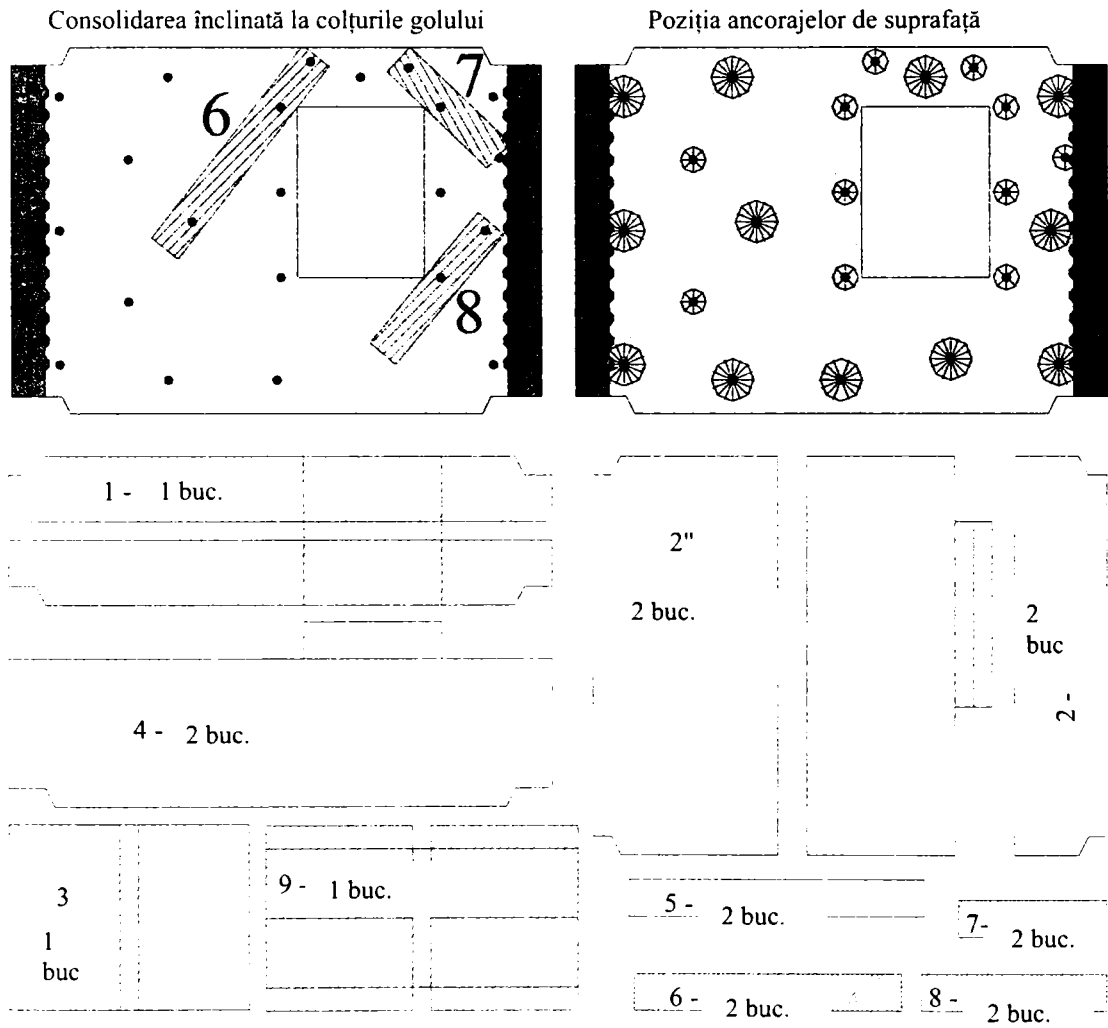


Figura 2.38 (continuare) – Strategia de consolidare cu FRP pentru elementul PRCWP (11-L1-T/R)

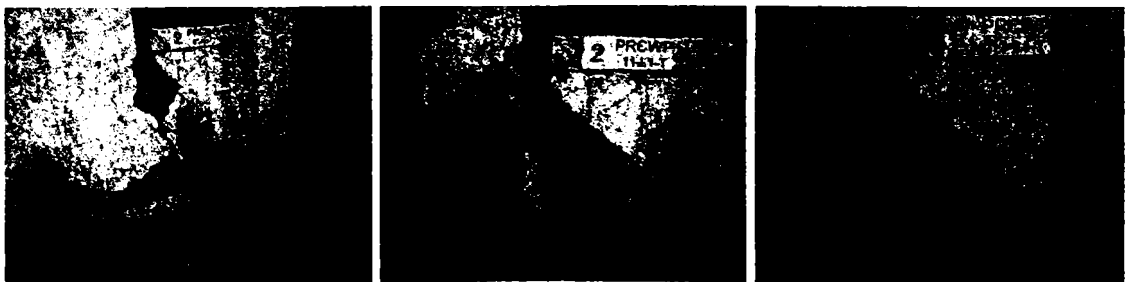


Figura 2.39 – Detalii de consolidare cu FRP [24]



Figura 2.39 (continuare) – Detalii de consolidare cu FRP [24]

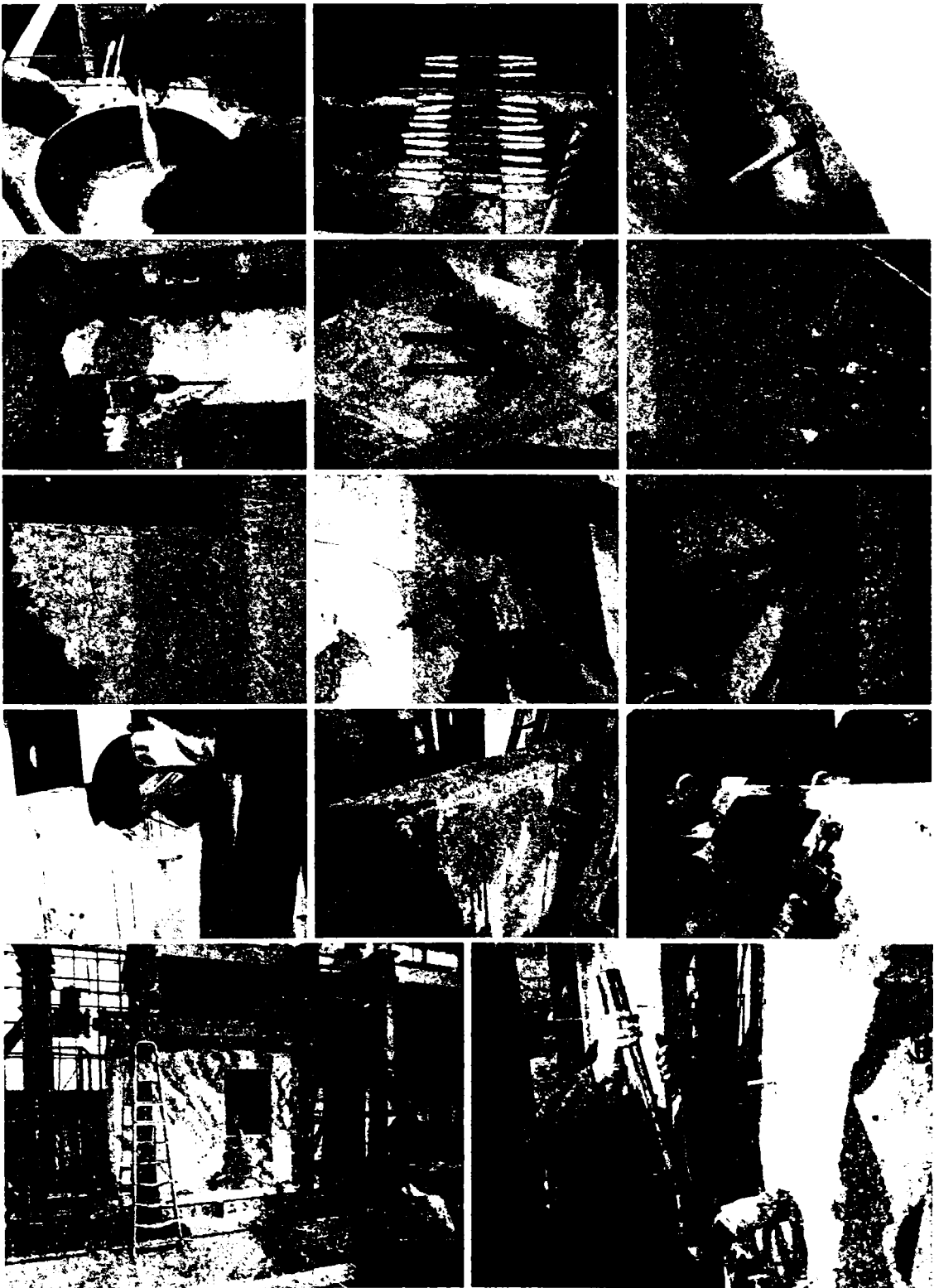


Figura 2.39 (continuare) - Detalii de consolidare cu FRP [24]

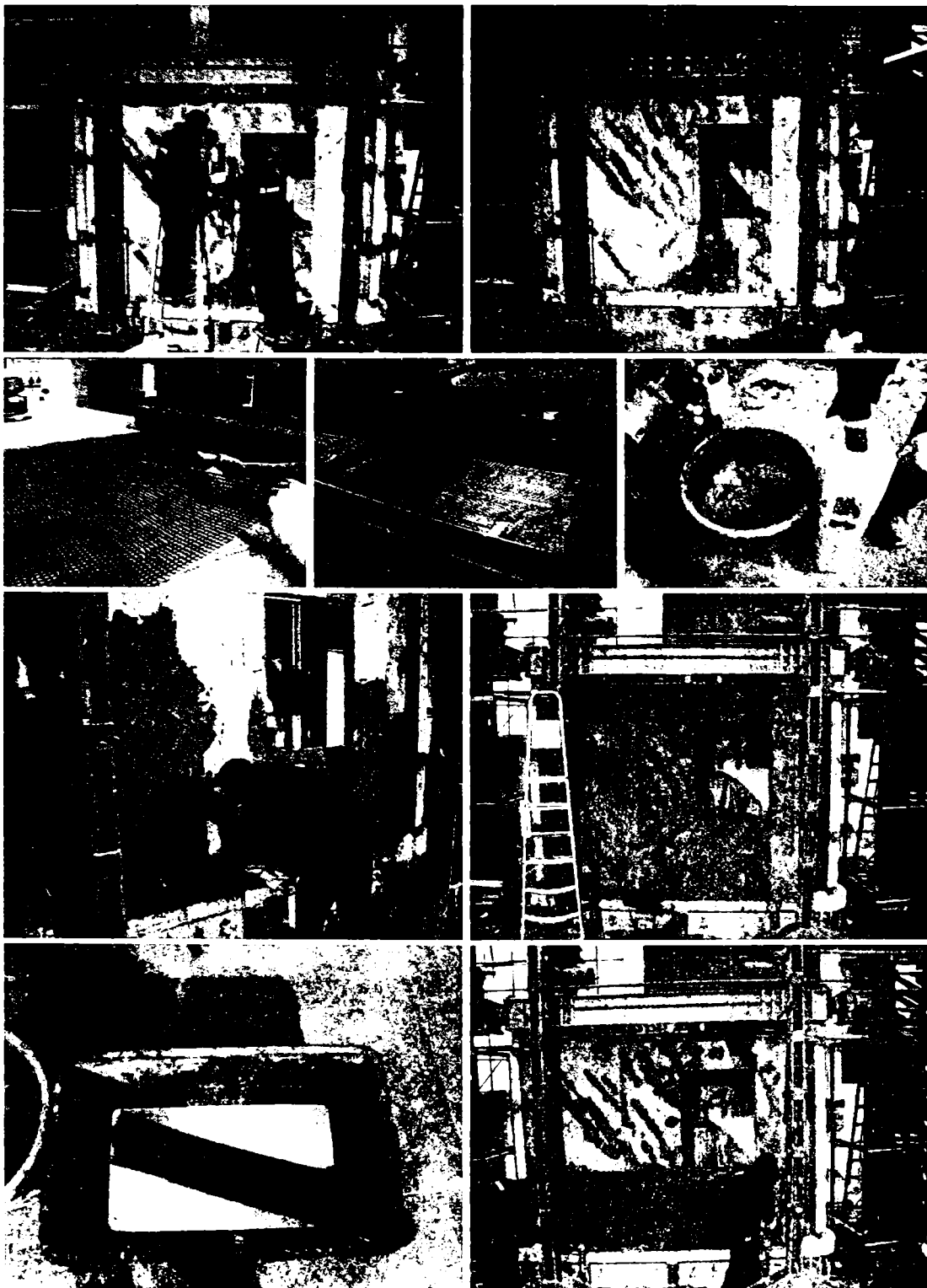


Figura 2.39 (continuare) – Detalii de consolidare cu FRP [24]

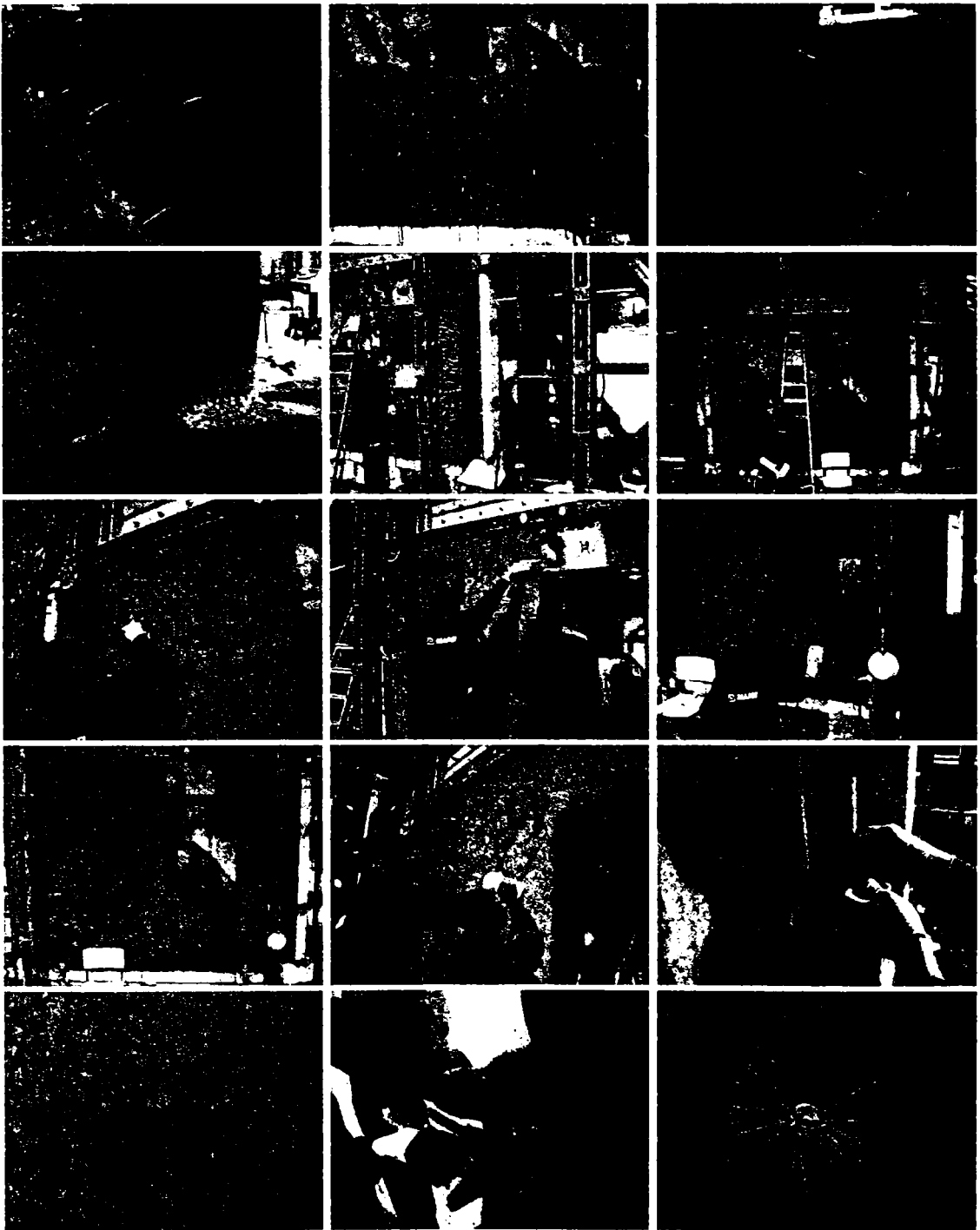


Figura 2.39 (continuare) – Detalii de consolidare cu FRP [24]

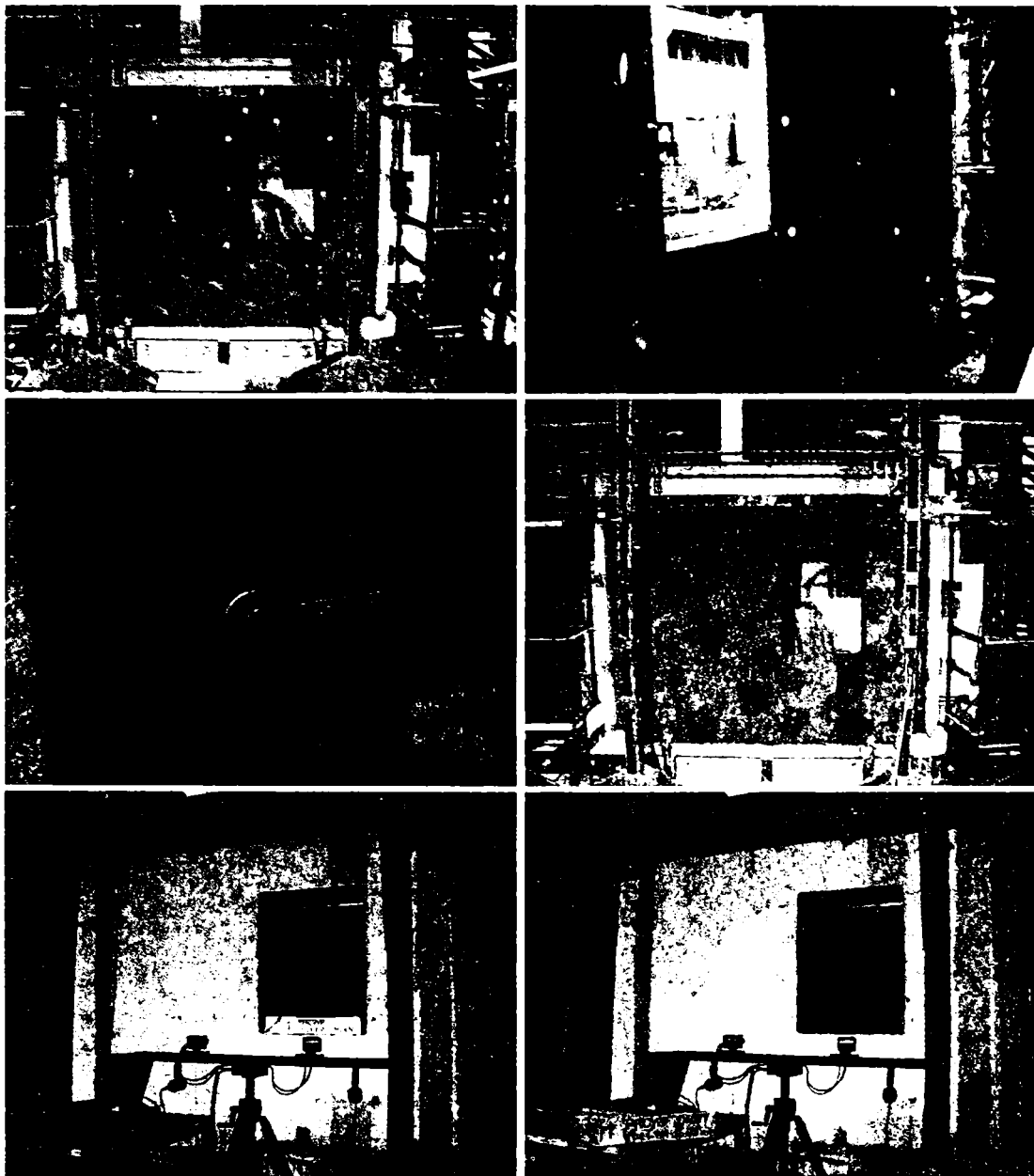


Figura 2.39 (continuare) – Detalii de consolidare cu FRP [24]

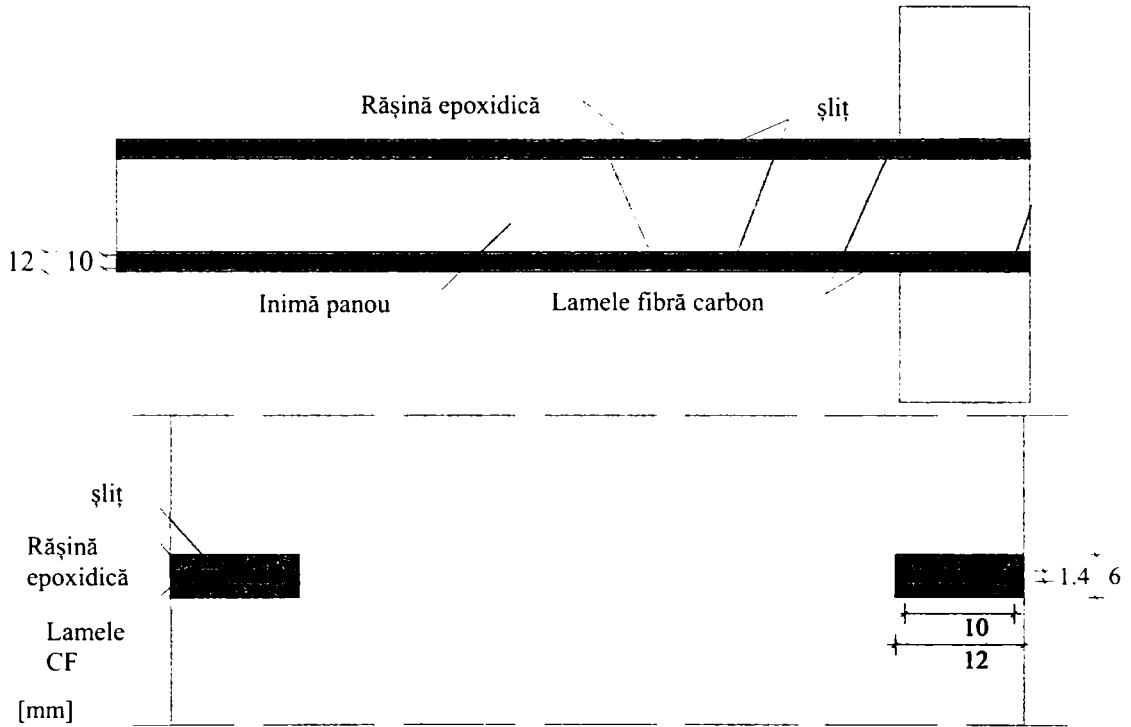


Figura 2.40 – Detalii de aplicare NSM-CFRP

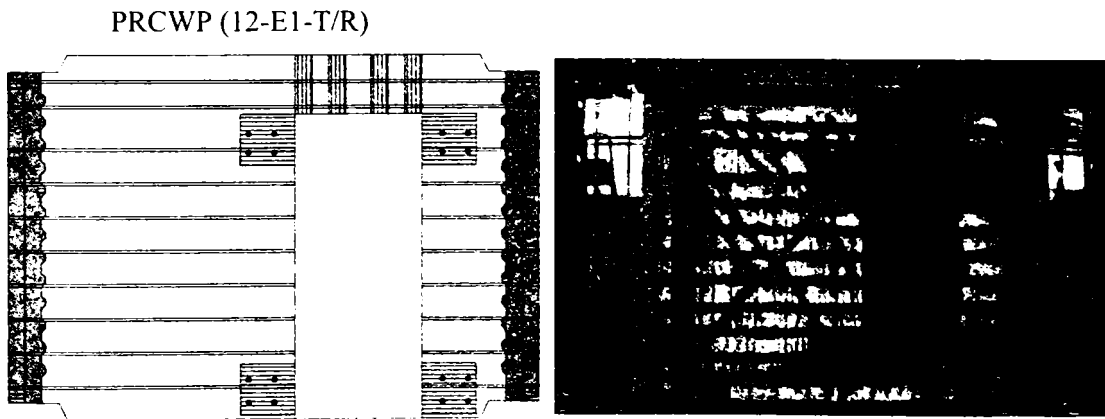
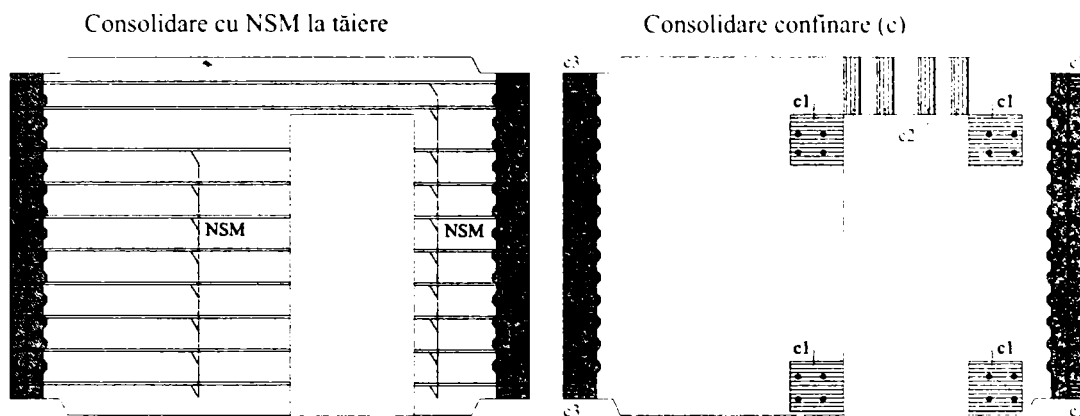


Figura 2.41 – Strategia de consolidare cu FRP pentru elementul PRCWP (12-E1-T/R)



Dimensiunea elementelor folosite

Fâșii confinare (c)

c1: 300 x 750 mm

c2: 100 x 800 mm

c3: 100 x 700 mm

Ancoraj FRP

anch.: 100 x 200 mm

Lamele NSM

10 x 1.4 x 700 mm

10 x 1.4 x 1700 mm

10 x 1.4 x 3150 mm

Figura 2.41 (continuare) – Strategia de consolidare cu FRP pentru elementul PRCWP (12-E1-T R)

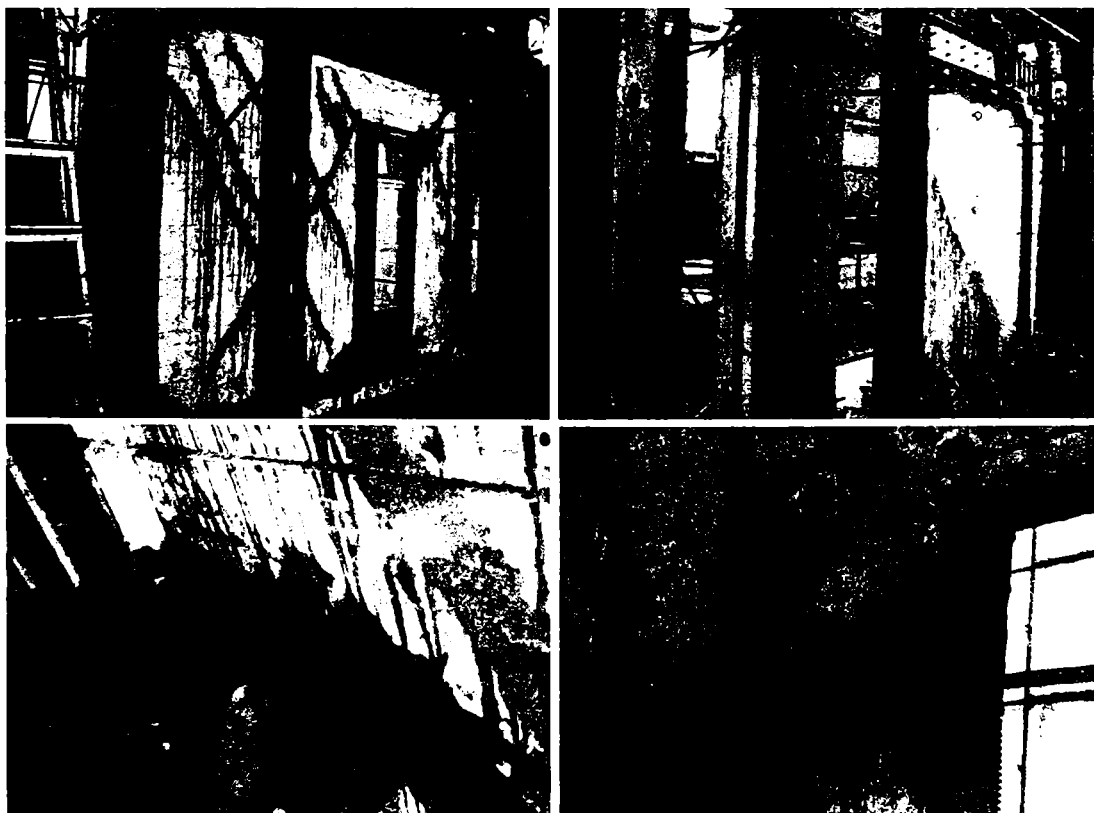


Figura 2.42 – Detalii de consolidare cu FRP



Figura 2.42 (continuare) – Detalii de consolidare cu FRP

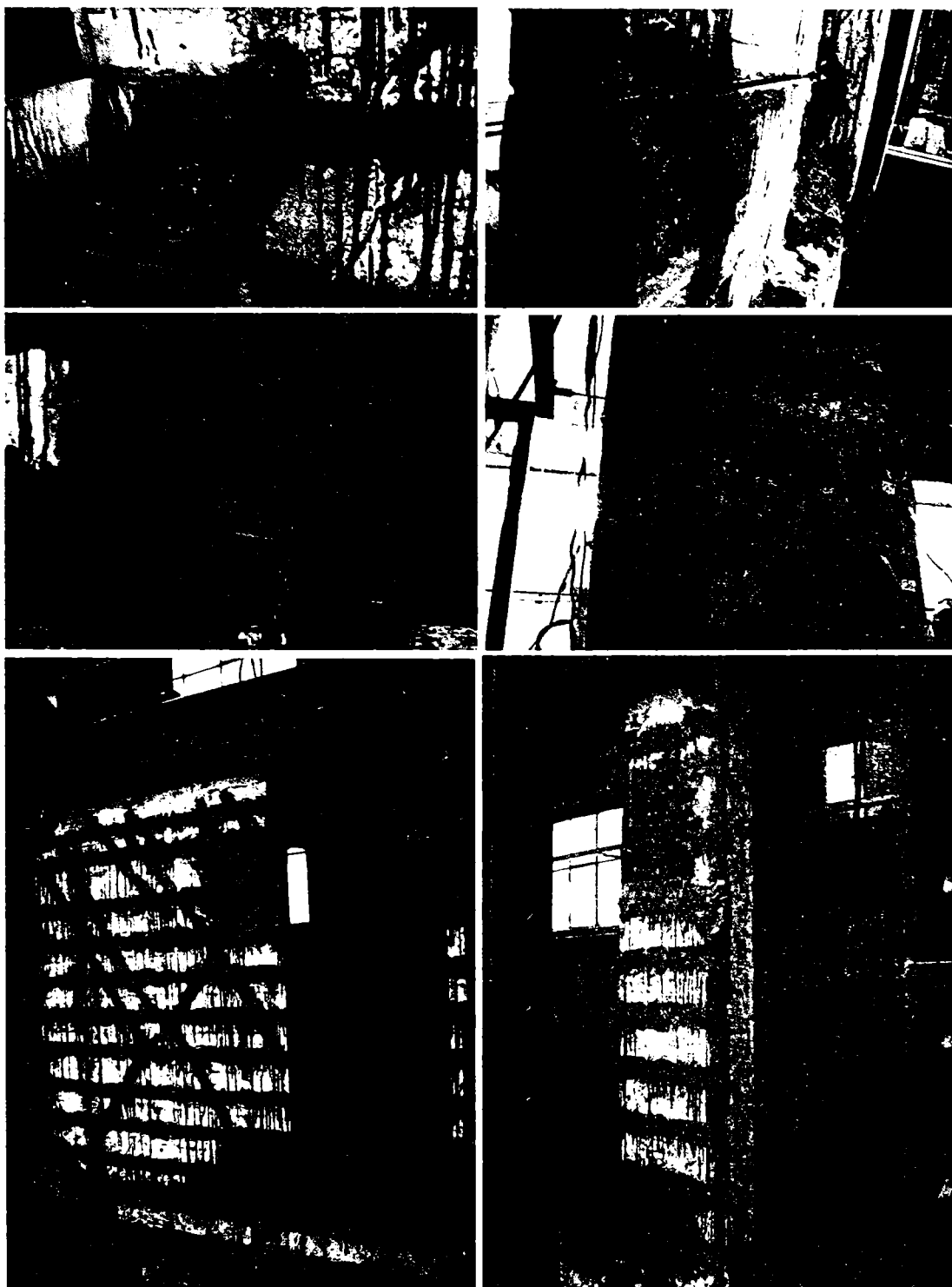


Figura 2.42 (continuare) – Detalii de consolidare cu FRP

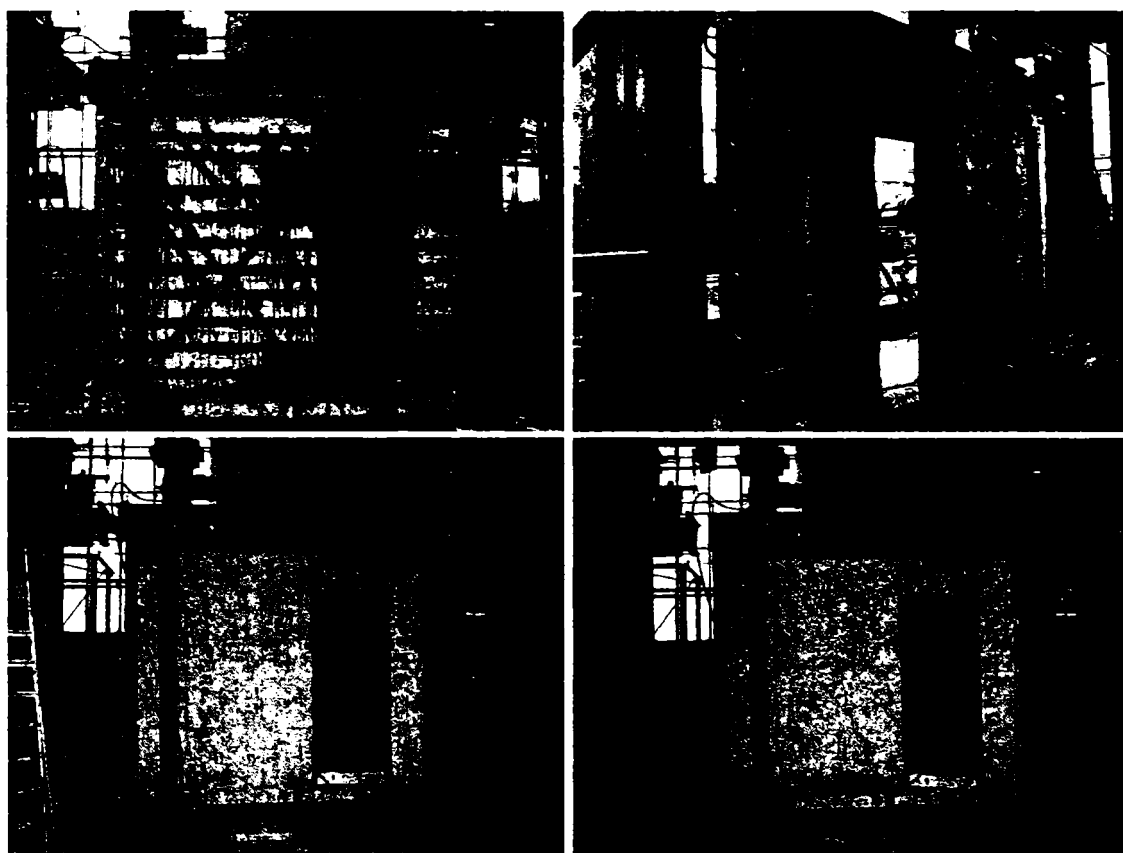


Figura 2.42 (continuare) – Detalii de consolidare cu FRP

Principalele obiective ale strategiilor de consolidare au fost restabilirea sau mărirea performanțelor seismice ale panourilor de perete deteriorate sau afectate de intervenții prin tăieri de goluri.

Strategiile de consolidare adoptate și prezentate aici au la bază comportarea și modul de cedare al elementelor de referință, fiind centrate mai ales pe zonele critice.

3. ANALIZA REZULTATELOR EXPERIMENTALE

Pentru a determina caracteristicile răspunsului la acțiunea seismică a elementelor testate, s-au procesat și analizat toate măsurătorile înregistrate, obținând ca și rezultat o evaluare a următoarelor aspecte importante: comportarea generală a specimenelor pe parcursul încercărilor experimentale, diagrama forță-deplasare, energia disipată, ductilitatea elementelor, deformații în armătură, degradarea de rigiditate a elementelor, analiza numerică, evaluarea forței tăietoare cu ajutorul normelor în vigoare și pe baza modelului de mecanism plastic, evaluarea slăbirii panourilor datorate tăierii de goluri cu ajutorul prescripțiilor din norme, și realizarea modului de fisurare final pe bază de fotografii. În subcapitolele de mai jos sunt prezentate în detaliu caracteristicile răspunsului elementelor investigate.

3.1. Comportarea generală și modul de cedare al elementelor consolidate

Comportarea elementelor investigate a fost în concordanță cu procedura de încercare și modul de consolidare al lor. Comportarea generală a elementelor consolidate pe parcursul testelor experimentale a fost compusă din apariția unui număr semnificativ de fisuri care au apărut în toate zonele elementului, zdrobirea betonului, desprinderea armăturii FRP, ruperea armăturii FRP și desprinderea sistemului TRM.

Pe parcursul încercărilor experimentale nu au fost observate detalii de cedare ale lamelelor din fibră de carbon. Aspectele legate de curgerea armăturii sunt date în Secțiunea 3.5, iar comportarea la fiecare ciclu de încărcare este prezentată în Anexa A. Detaliile de cedare observate pe parcursul testelor experimentale ale elementelor consolidate sunt:

- Elementul PRCWP (7-E1-T/R): pe parcursul primelor cicluri de încărcare s-au redeschis fisurile înclinate din încercarea elementului de referință, în timp ce alte fisuri noi apăreau în rigla de cuplare și în montantul din partea dreaptă. Printre primele detalii de cedare ale armăturii FRP apărute se enumeră desprinderea fâșiilor de confinare c1 care au fost aplicate în zona de îmbinare riglă de cuplare – montantul din partea dreaptă. Apoi, fâșiile de tăiere dispuse la partea de jos a montantului din partea dreaptă au început să se desprindă. În tot acest timp fisuri noi au continuat să apară în rigla de cuplare și în montantul din partea dreaptă până ce pe fața posterioară a elementului s-a observat desprinderea ultimelor patru fâșii de tăiere dispuse la partea inferioară a montantului din partea dreaptă.

S-a observat zdrobirea betonului și a monolitizării la partea de jos a elementului de margine din partea dreaptă, unde s-a produs și ruperea fâșiei de confinare c5. S-a observat de asemenea o fisură din lunecare pe partea posterioară a

panoului, apărută între ultimele două fâșii de tăiere de la partea de jos. Detaliile de cedare ale elementului PRCWP (7-E1-T/R) sunt date în Figura 3.1.

- Elementul PRCWP (8-E3-T/R): pe parcursul primelor cicluri de încărcare s-a observat apariția fisurilor în rigla de cuplare și în montanți. A urmat desprinderea celei de-a doua fâșii de tăiere de la partea superioară (sh1), precum și fâșia de tăiere de jos (sh1), ambele în montantul din partea dreaptă, unde s-a redeschis o fisură înclinată din testul precedent. Apoi, fâșiile de încovoiere (f3, f4) din zona de îmbinare riglă de cuplare – montantul din partea dreaptă, și fâșia de tăiere de jos (sh1) din montantul din partea stângă, au început să se desprindă. Noi fisuri au continuat să apară în element, în timp ce fâșiile FRP menționate au continuat să se desprindă, iar betonul a fost zdrobit în zona de îmbinare riglă de cuplare – montantul din partea dreaptă. Detaliile de cedare ale elementului PRCWP (8-E3-T/R) sunt date în Figura 3.2.

- PRCWP (9-E1/E3-R/T): Pe parcursul primelor cicluri de încărcare s-a observat apariția fisurilor în rigla de cuplare și în montanți. Apoi, fâșiile de încovoiere (f2), fâșiile de încovoiere (f1, f4) din zona de îmbinare riglă de cuplare – montantul din partea stângă, și fâșiile de confinare (Hdr) din zona de îmbinare riglă de cuplare – montantul din partea dreaptă au început să se desprindă.

S-a observat de asemenea zdrobirea betonului din zona de îmbinare riglă de cuplare – montantul din partea stângă. A urmat apoi desprinderea fâșiilor de confinare (Hst), și a primei fâșii de tăiere de sus (sh1) din montantul din partea stângă. S-a observat zdrobirea betonului și a monolitizării la partea de jos a elementului de margine din partea dreaptă, unde s-a produs și ruperea fâșiei de confinare (c2).

Detaliile de cedare ale elementului PRCWP (9-E1/E3-R/T) sunt prezentate în Figura 3.3.

- Elementul PRCWP (10-L1-/L3-T/R): Pe parcursul primelor cicluri de încărcare s-a observat apariția fisurilor în rigla de cuplare, montanți, parapet, zona de îmbinare riglă – montanți și parapet - montanți. Primele detalii de cedare ale sistemului TRM au fost observate în montantul din partea stângă. S-a observat exfolierea și zdrobirea mortarului component din sistemul TRM în zona de îmbinare parapet – montantul din partea stângă. Apoi s-a observat desprinderea sistemului TRM în zona de îmbinare riglă de cuplare – montantul din partea dreaptă. Majoritatea fisurilor observate pe parcursul încercării experimentale au fost în parapet, aspect care subliniază importanța lui în comportarea generală a elementului.

Anterior cedării elementului, s-au constatat desprinderi severe ale sistemului TRM în montantul din partea stângă, iar distanța măsurată între panou și sistem TRM a fost de până la 2.5 cm. În concluzie, eficiența sistemului TRM nu a putut fi realizată datorită sistemului de ancoraj folosit. La sfârșitul încercării experimentale, sistemul TRM a fost desprins de pe montanți, constatând astfel prezența unor fisuri înclinate severe, precum și zdrobirea betonului și încovoierea barelor de armătură verticale. Desprinderea sistemului TRM nu s-a produs împreună cu suprafața de beton a

elementului încercat. Din bucățile de sistem TRM desprinse s-au observat doar plasa din fibră de sticlă, puntea de aderență, mortarul component, precum și tije filetate folosite în sistemul de ancoraj. Detaliile de cedare ale PRCWP (10-L1/L3-T/R) sunt prezentate în Figura 3.4.

- Elementul PRCWP (11-L1-T/R): Pe parcursul primelor cicluri de încărcare s-a observat apariția fisurilor în rigla de cuplare, montanți, zona de îmbinare riglă – montanți și parapet - montanți. Din păcate, la nivelul de 0.4 % de drift s-a atins capacitatea maximă a presei de încercare. S-a observat zdrobirea mortarului component din sistemul TRM în zona de îmbinare parapet – montantul din partea stângă și în zona de îmbinare riglă de cuplare – montantul din partea stângă, precum și desprinderi locale ale sistemului TRM. Datorită faptului că cedarea elementului nu a putut fi atinsă cu ajutorul presei de încercare folosite, s-a montat o altă presă de capacitate mai mare pentru continuarea încercării experimentale. A urmat apariția altor fisuri și desprinderi în zona de îmbinare riglă – montanți, parapet – montanți, în rigla de cuplare și în montanți. S-a observat de asemenea zdrobirea betonului și a monolitizării în capătul din stânga sus al elementului de margine. Modul de fisurare al elementului a arătat o comportare similară cu cea a unui element solid (fără goluri). Detaliile de cedare ale elementului PRCWP (11-L1-T/R) sunt prezentate în Figura 3.5.

- Elementul PRCWP (12-E1-T/R): S-a observat apariția fisurilor în montanți, riglă de cuplare și în zona de îmbinare riglă de cuplare – montanți. S-a observat zdrobirea monolitizării dintre montantul din partea stângă și grinda de fundare. Fâșia de confinare C1 s-a desprins și rupt la partea din stânga jos a golului de ușă. Nu au fost observate detalii de cedare ale lamelelor din fibră de carbon. Cedarea elementului nu s-a produs pe parcursul încercării experimentale datorită capacității insuficiente a presei de încercat. Detaliile de cedare ale elementului PRCWP (12-E1-T/R) sunt prezentate în Figura 3.6.

Detaliile de cedare ale specimenelor consolidate au fost parțial discutate și prezentate în [19-26, 28, 30].

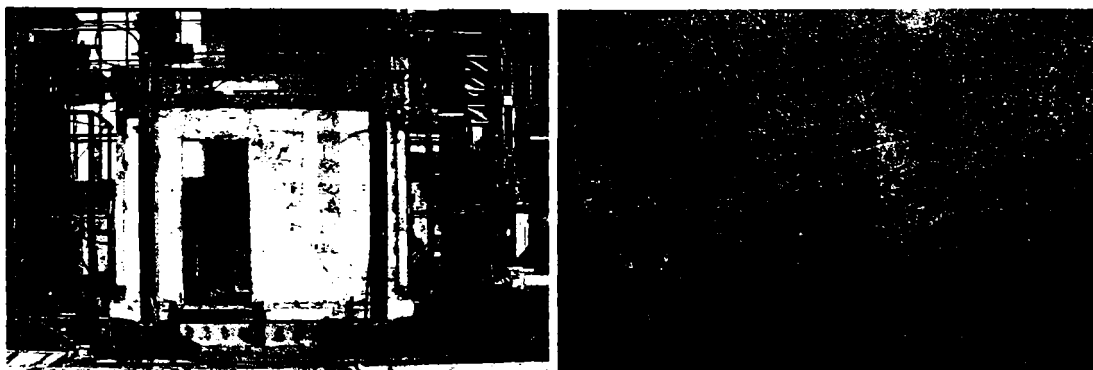


Figura 3.1 - Detalii de cedare ale elementului PRCWP (7-E1-T/R), [19-20, 22, 25]

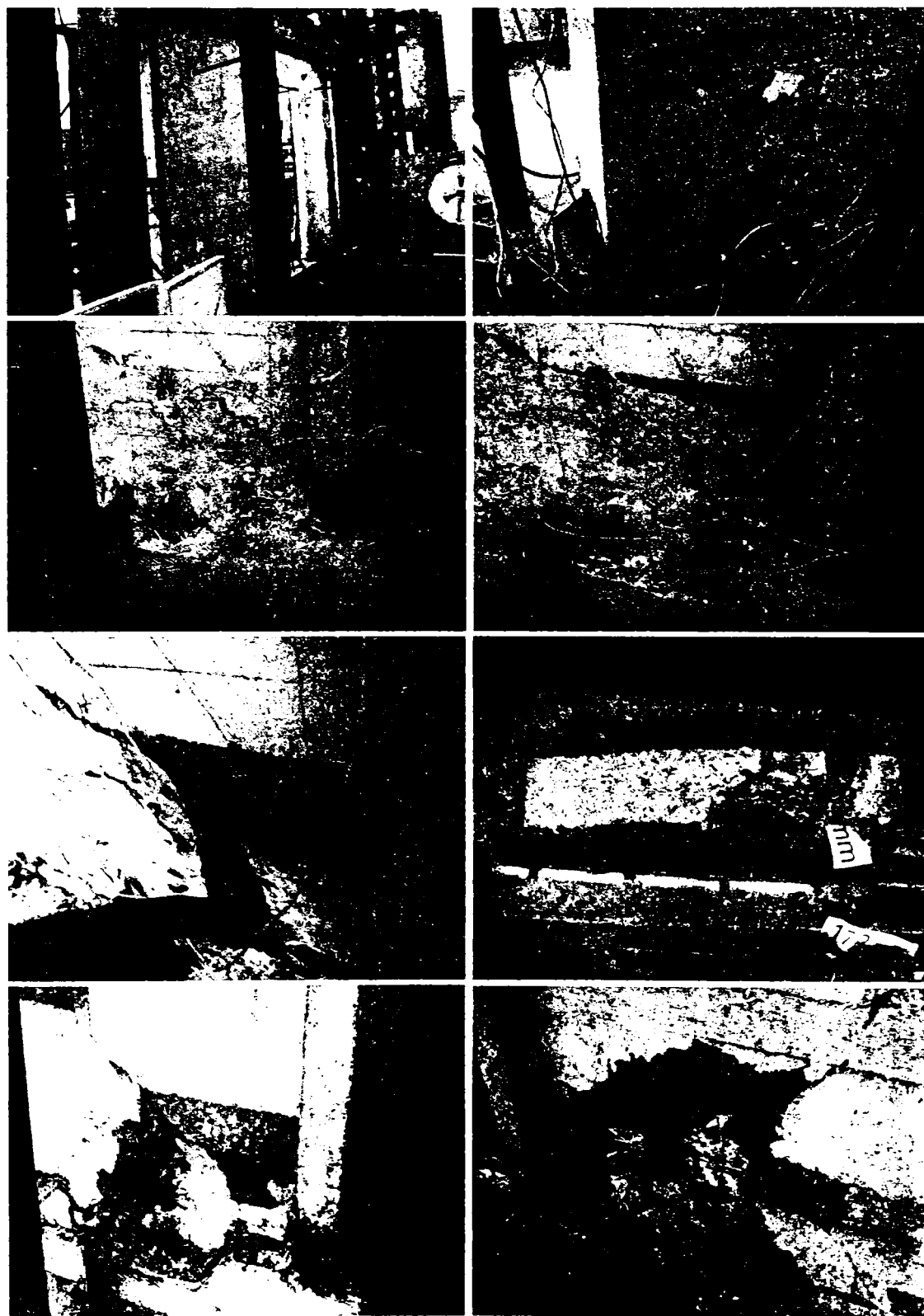


Figura 3.1 (continuare) - Detalii de cedare ale elementului PRCWP (7-E1-T R), [19-20, 22, 25]

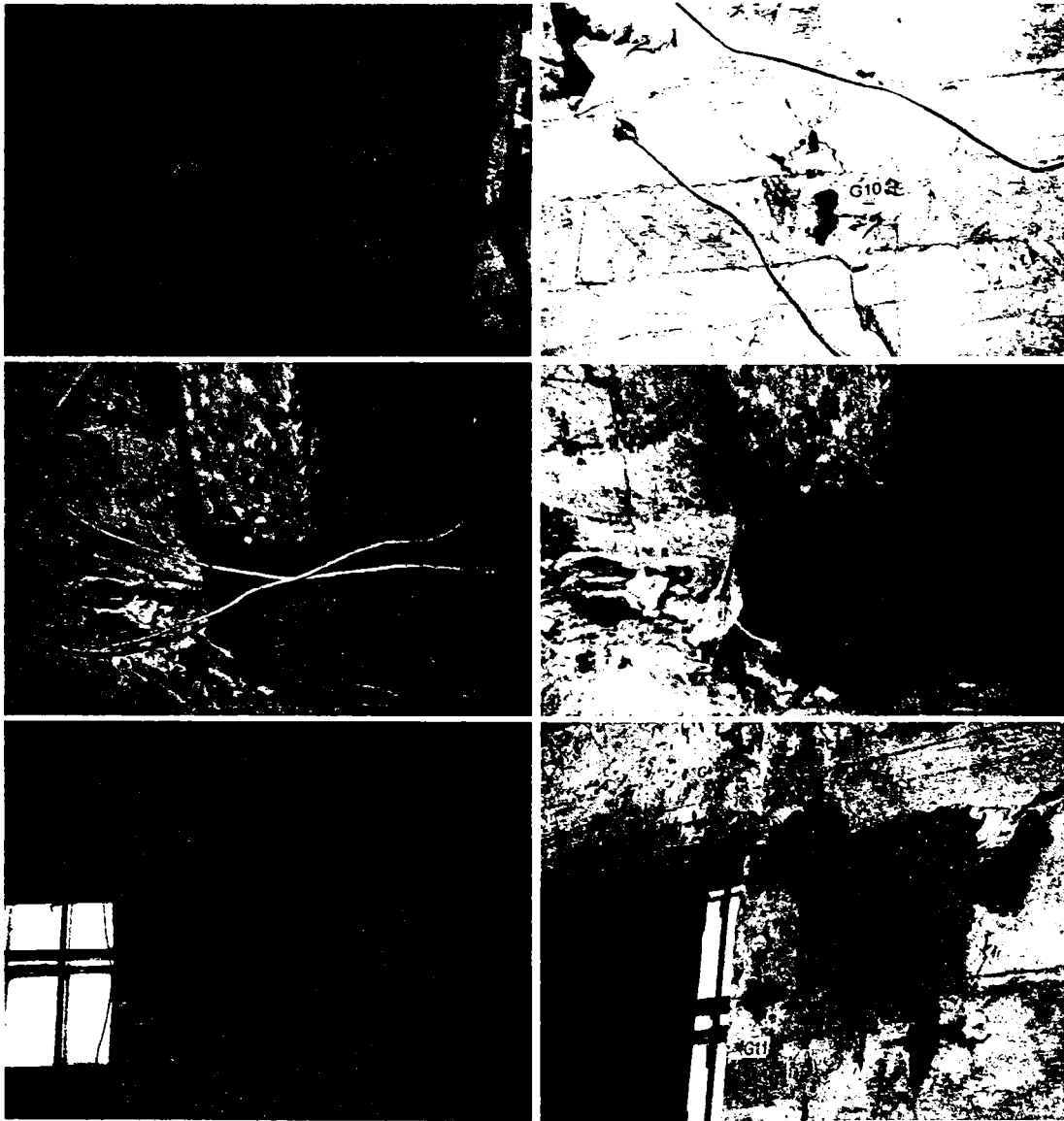


Figura 3.1 - Detalii de cedare ale elementului PRCWP (7-E1-T/R), [19-20, 22, 25]

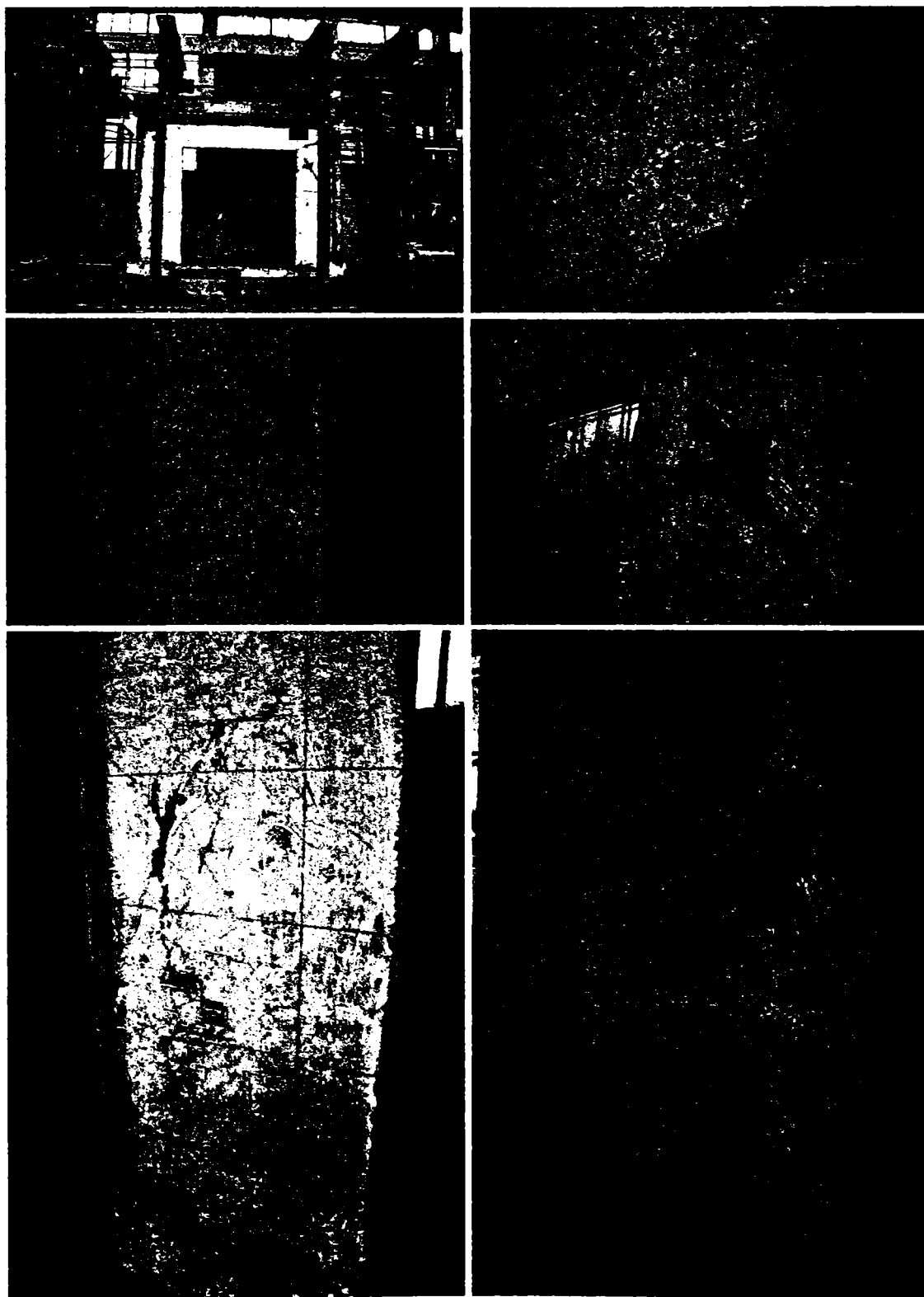


Figura 3.2 - Detalii de cedare ale elementului PRCWP (8-E3-T R), [19, 22, 25]

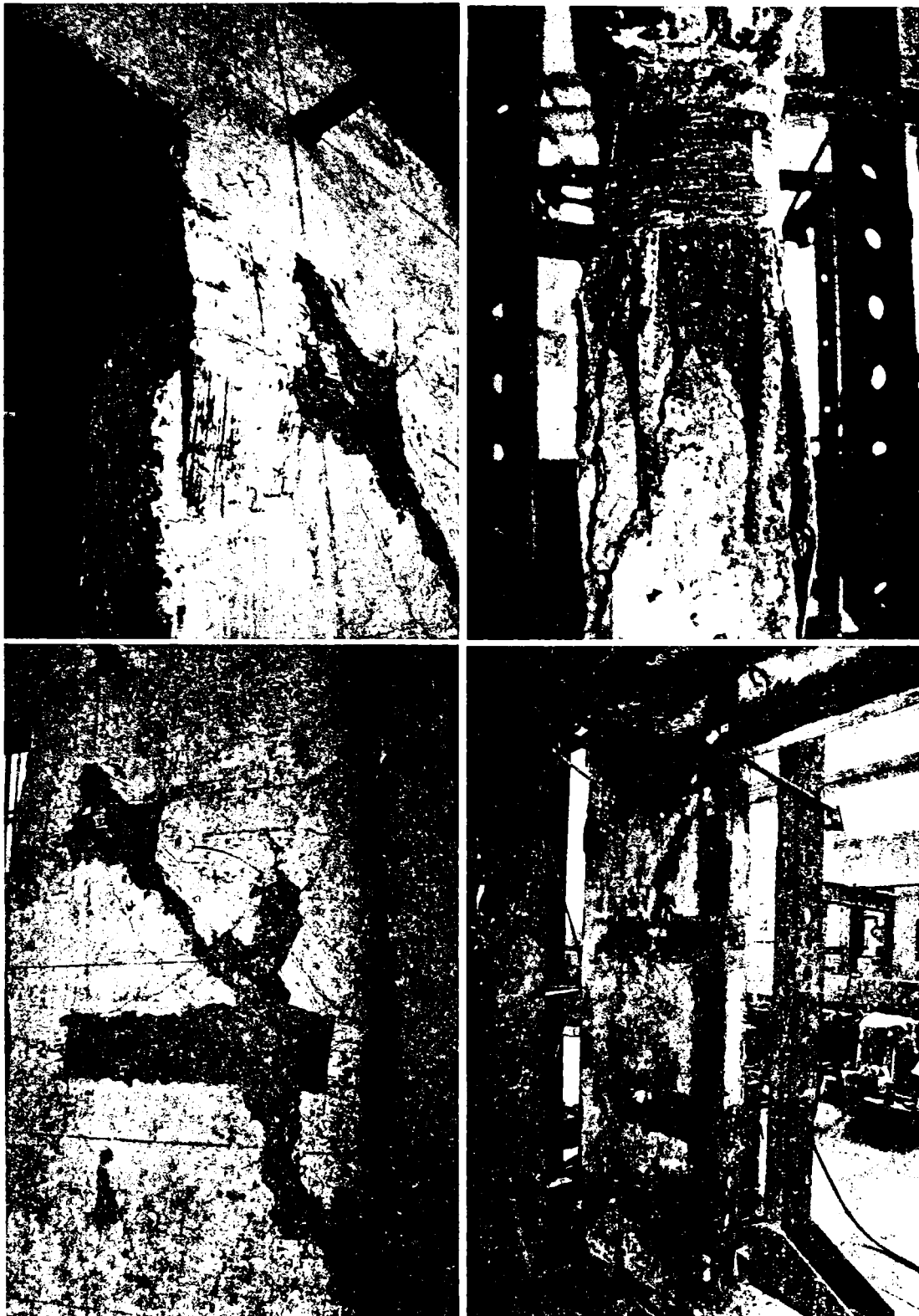


Figura 3.2 (continuare) - Detalii de cedare ale elementului PRCWP (S-F3-I R). [19, 22, 25]

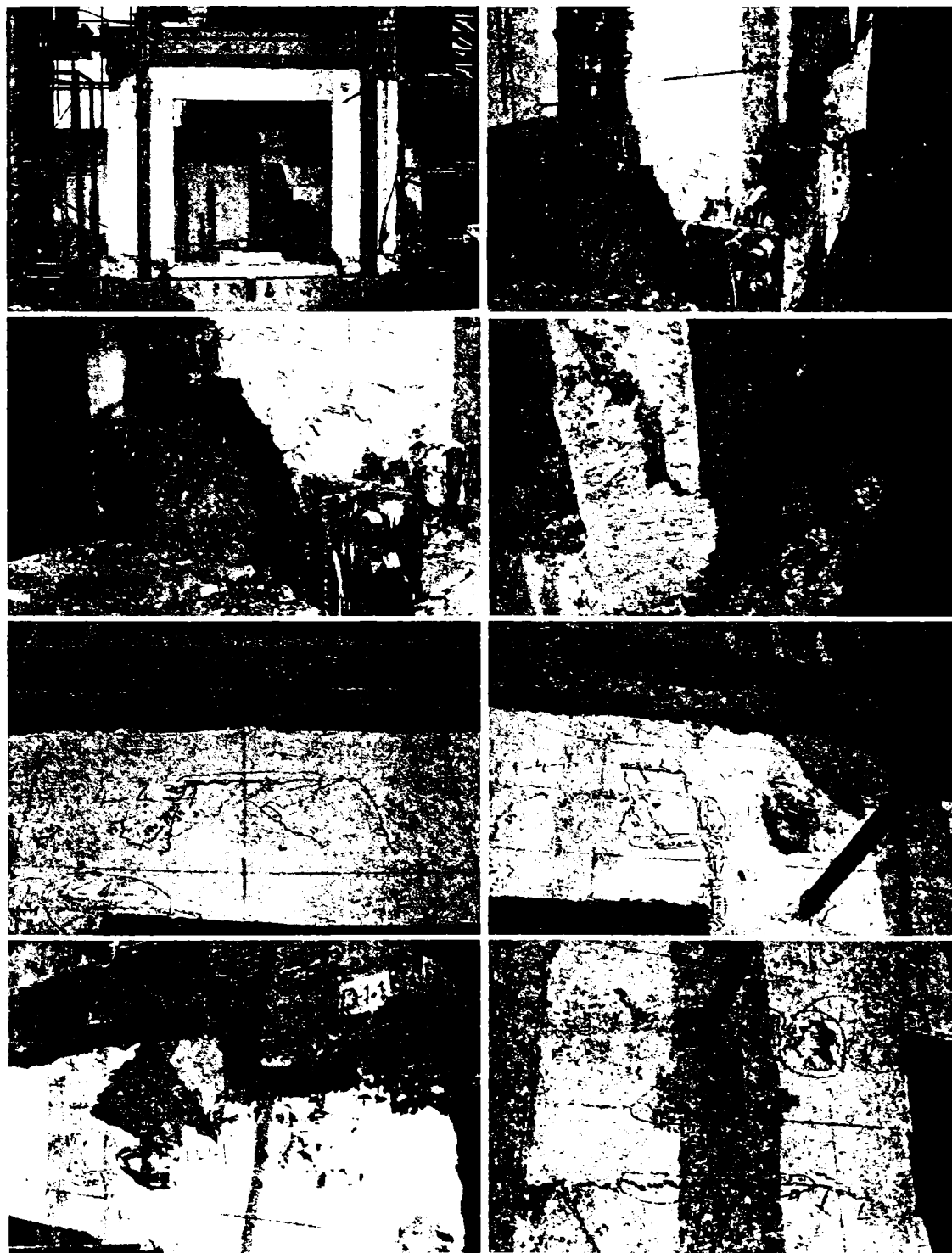


Figura 3.3 - Detalii de cedare ale elementului PRCWP (9-E1 E3-R T), [19, 22, 28]



Figura 3.3 (continuare) - Detalii de cedare ale elementului PRCWP (9-F1-E3-R1), [19, 22, 28]

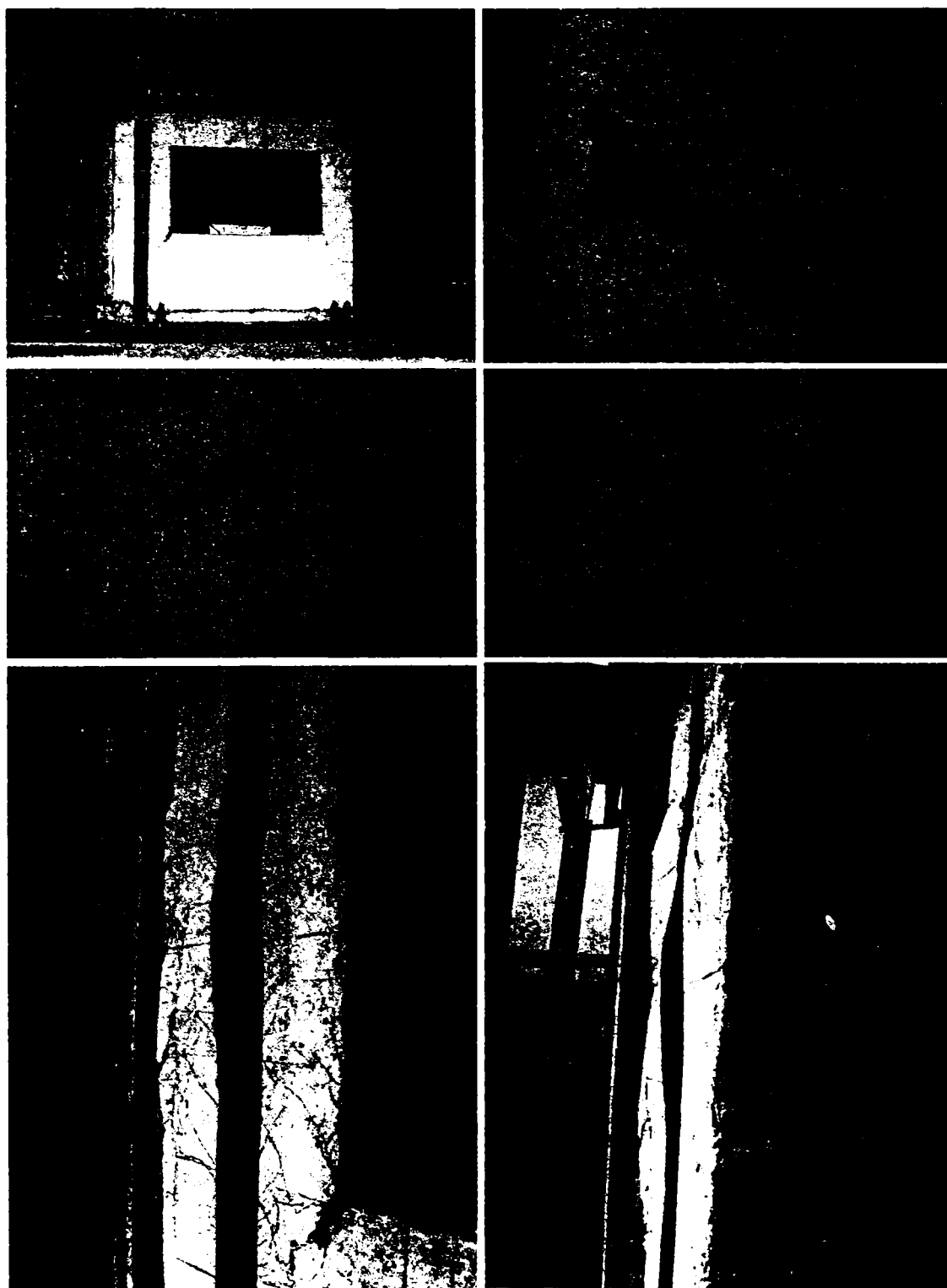


Figura 3.4 - Detalii de cedare ale elementului PRCWP (10-L1 L3-T R). [19, 21-23, 26]



Figura 3.4 (continuare) - Detalii de cedare ale elementului PRCWP (10-L1 L3-T R). [19, 21-23, 26]

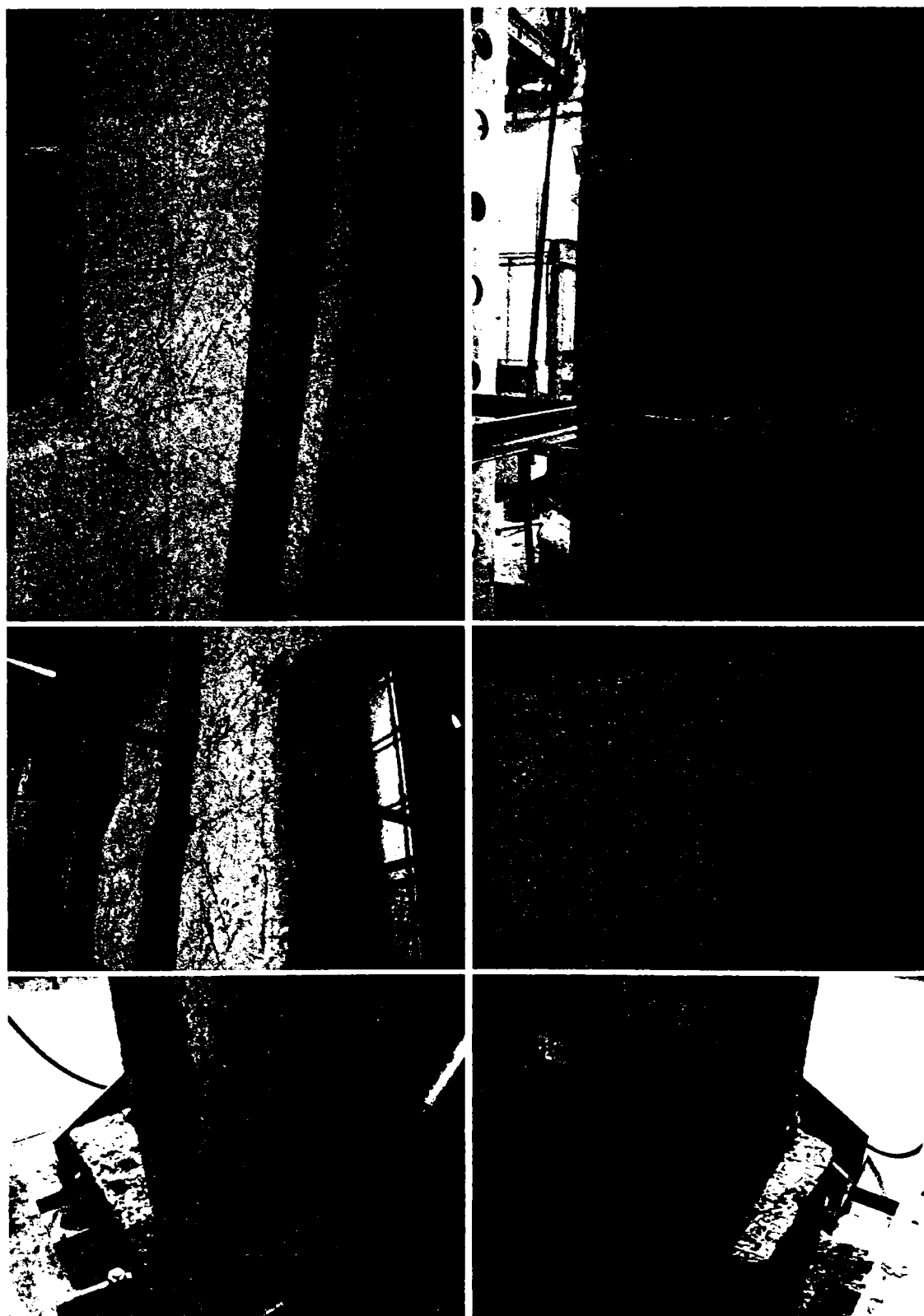


Figura 3.4 (continuare) - Detalii de cedare ale elementului PRCWP (10-L1 L3-T R), [19, 21-23, 26]

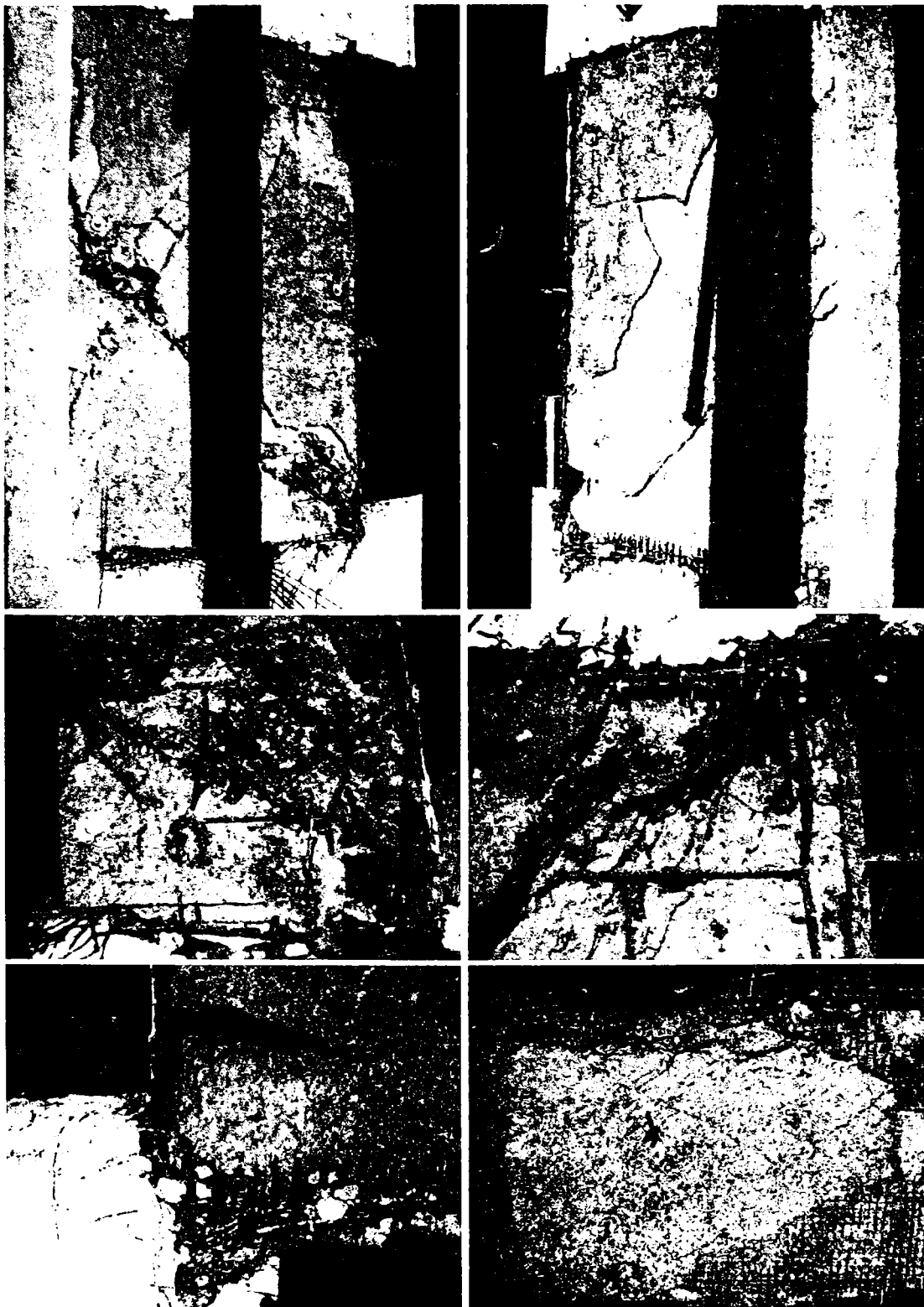


Figura 3.4 (continuare) - Detalii de cedare ale elementului PRCWP (10-I-1-13-I-R). [19, 21-23, 26]



Figura 3.5 - Detalii de cedare ale elementului PRCWP (11-L1-T R). [19, 23-24]

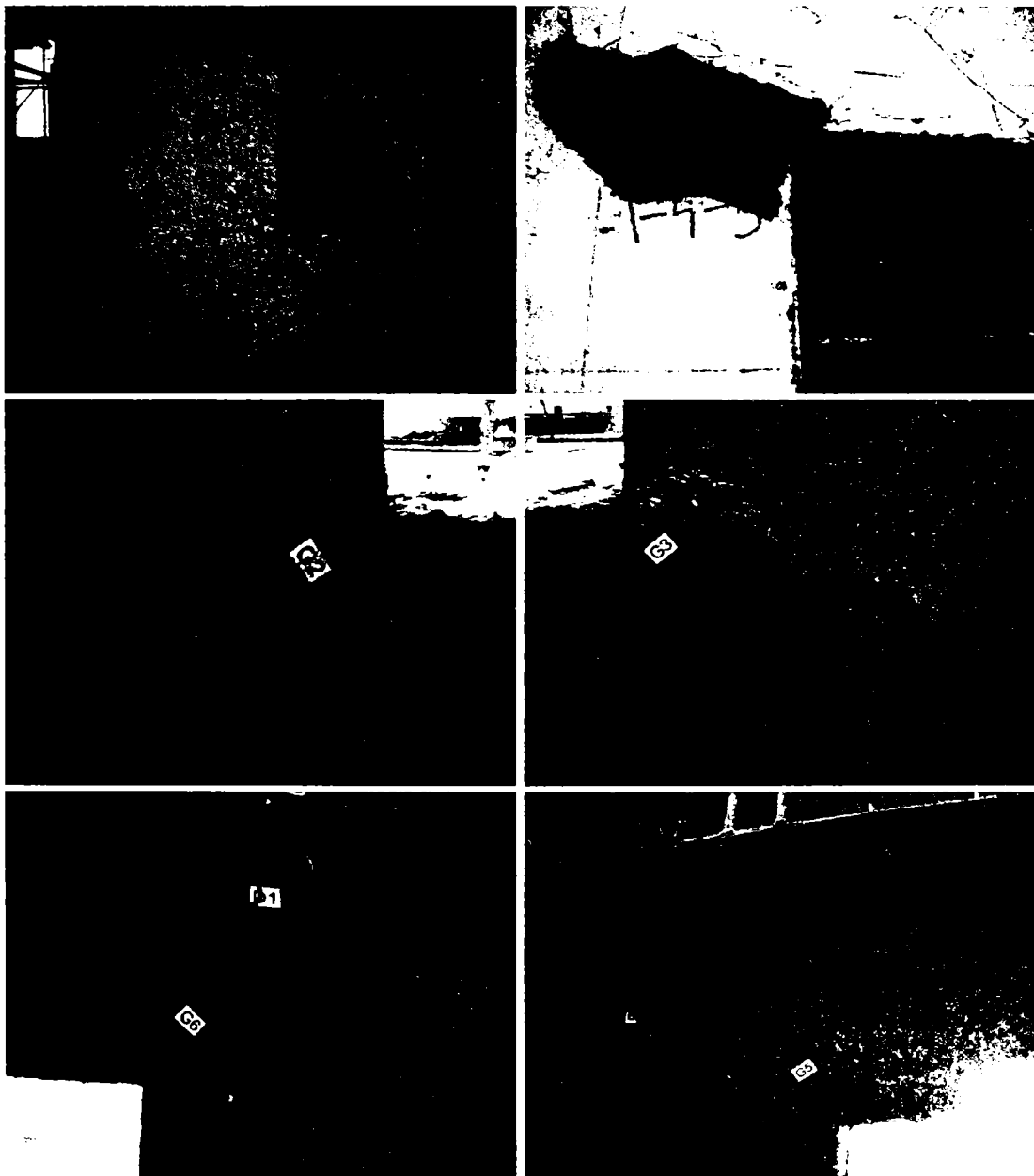


Figura 3.5 (continuare) - Detalii de cedare ale elementului PRCWP (11-L1-T R). [19, 23-24]

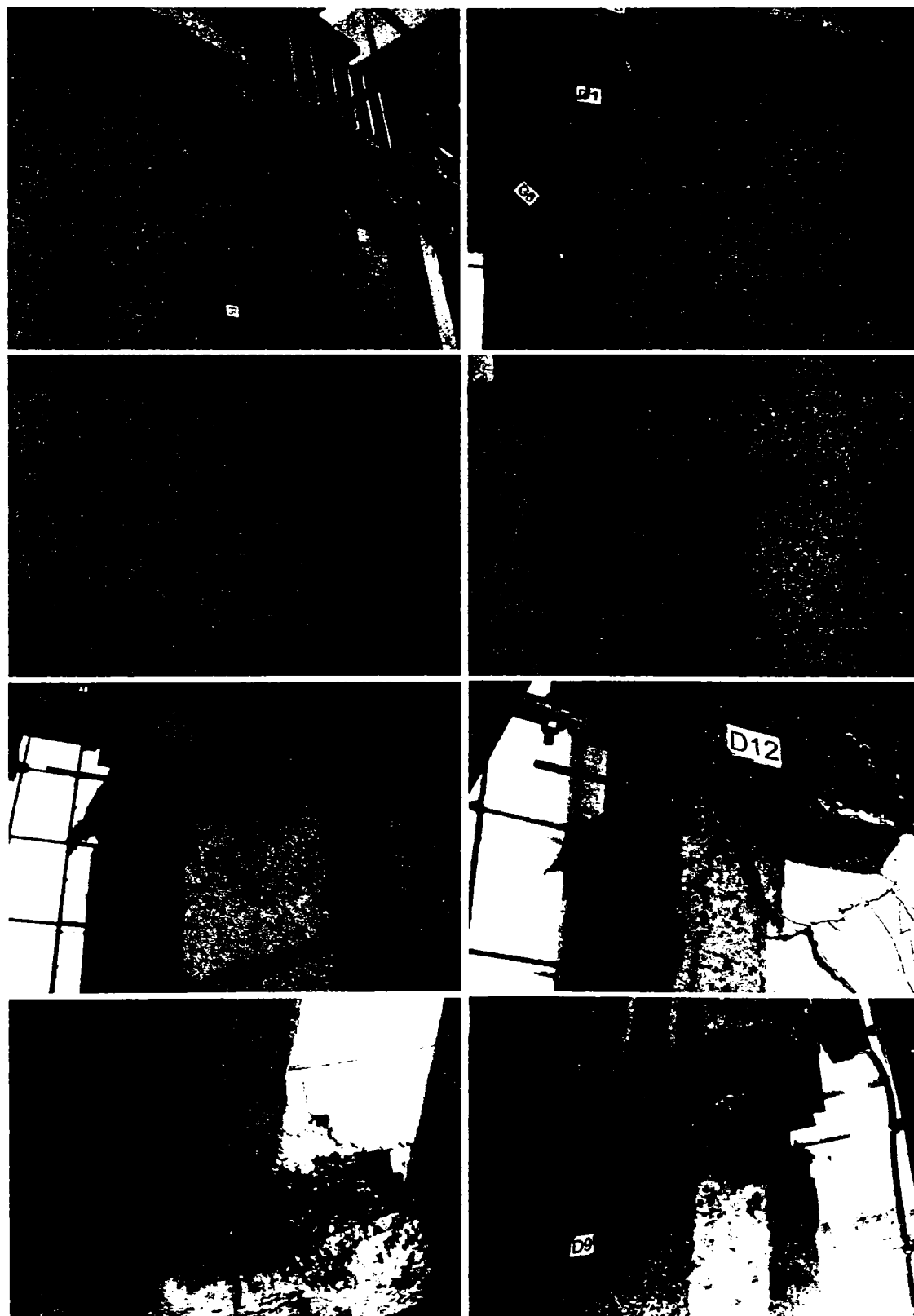


Figura 3.5 - Detalii de cedare ale elementului PRCWP (11-L1-T R). [19, 23-24]



Figura 3.5 (continuare) - Detalii de cedare ale elementului PRCWP (11-L1-T R). [19, 23-24]

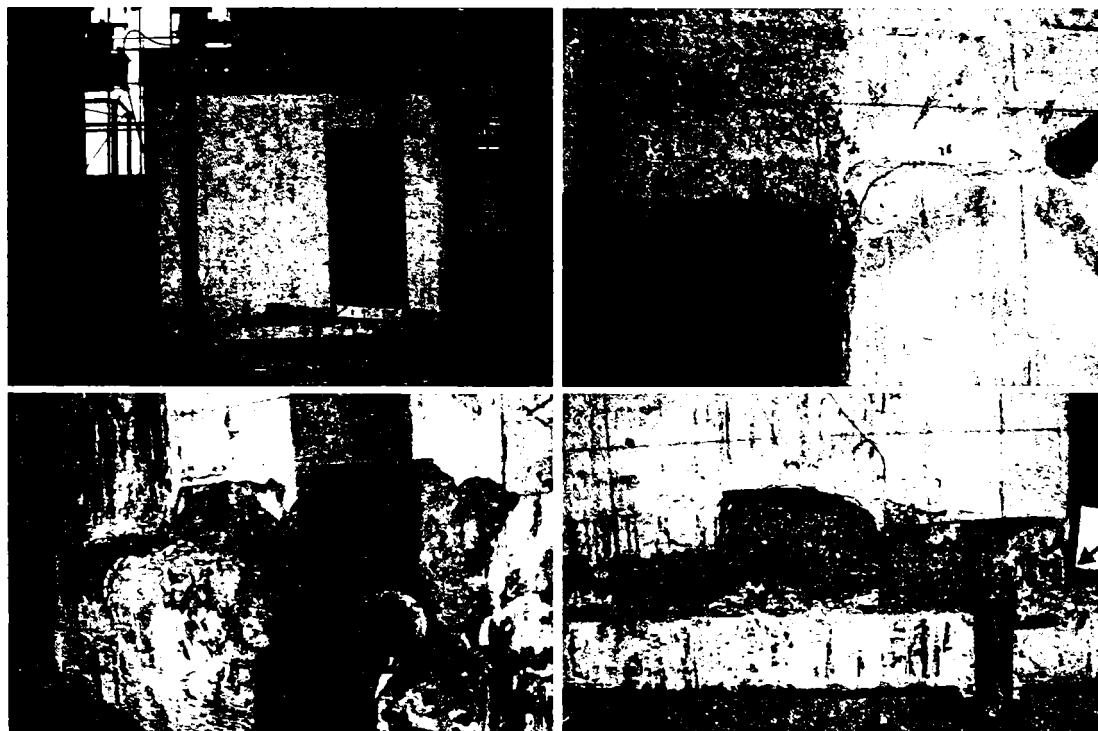


Figura 3.6 - Detalii de cedare ale elementului (12-E1-T R). [19, 30]



Figura 3.6 - Detalii de cedare ale elementului (12-E1-T R). [19, 30]

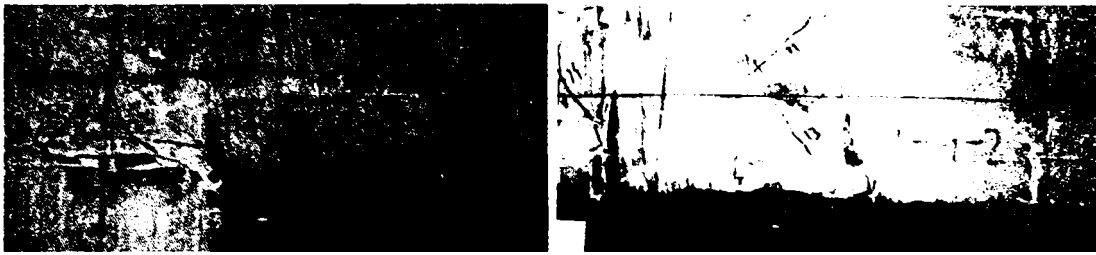


Figura 3.6 - Detalii de cedare ale elementului (12-E1-T'R), [19, 30]

Datorită faptului că programul experimental curent a continuat o fază anterioară investigată și raportată de către Demeter [8], și în care consolidarea speciilor solide cu gol tăiat de ușă îngustă sau ușă mare a fost realizată prin EBR-CFRP, ar merita făcută o comparație între modul de cedare obținut la fiecare program experimental.

Printre modurile de cedare ale speciilor consolidate raportate de către Demeter [8] se numără: redeschiderea fisurilor din încercarea elementului de referință, apariția noilor fisuri, ruperea fâșiilor verticale din FRP în zona de îmbinare riglă-montant, desprinderea fâșiilor orizontale din FRP la intersecția cu fisurile înclinate, zdrobirea betonului, ruperea fâșiilor de confinare FRP, flambarea din compresiune a fâșiilor FRP. Demeter [8] a concluzionat faptul că fâșiile de confinare au demonstrat cea mai bună eficiență, fâșiile de tăiere se desprind în vecinătatea fisurilor înclinate, iar fâșiile de încovoiere sollicitate la încărcări variabile reversibile și paralele cu direcția fibrei sunt predispușe cedării premature. Detalii de cedare similare au fost observate și în programul experimental curent, prezentate în Secțiunea 3.1.

3.2 Răspunsul forță – deplasare și observații

Rezultatele primare obținute pentru elementele testate sunt reprezentate în Tabelul 3.1. Pe parcursul încercărilor elementelor de referință și consolidate s-a observat apariția unui număr semnificativ de fisuri, zdrobirea betonului, curgerea armăturii din oțel, desprinderi și ruperi ale fâșiilor din FRP. Detaliile de cedare ale elementelor testate sunt prezentate în Fig. 2.21-2.25 pentru elementele de referință, și în Fig. 3.1-3.6 pentru elementele consolidate.

Capacitatea portantă a elementelor testate este reprezentată în Tabelul 3.2, unde se poate observa o variație a forței maxime între 54–111% pe ciclurile pozitive de încărcare și o variație a forței maxime între 93–132% pe ciclurile negative de încărcare, iar pentru nivelul de drift la cedare s-a obținut o variație între 101-151 % pe ciclurile pozitive de încărcare și o variație între 105-137% pe ciclurile negative de încărcare. În cazul elementelor PRCWP (11-L1-T/R) și (12-E1-T/R) nu s-a putut obține nivelul de drift la cedare, dar s-au observat performanțe mărite ale capacității portante și ale capacității de deplasare comparativ cu elementele de referință.

Conform Tabel 3.3 capacitatea portantă a elementului PRCWP (11-L1-T/R) a fost de 162%, iar a elementului PRCWP (12-E1-T/R) a fost de 132% față de elementele de referință PRCWP (11-L1-T) și (12-E1-T) la același nivel de deplasare.

Tabel 3.1 - Rezultatele primare ale elementelor de perete testate

Denumire specimen	Forța maximă (kN)	Driftul la curgere (%)	Driftul la forță maximă (%)	Driftul la cedare (%)	$\mu = \Delta u / \Delta y$	Valoare medie $\mu_{0,95}$
	+ - + - + - + - + -					
PRCWP (7-E1-T)	858	0,59	0,70	0,73	1,24	1,66
PRCWP (7-E1-T/R)	669,5	0,55	0,70	0,97	1,76	1,74
PRCWP (8-E3-T)	207,5	0,60	0,78	1,17	1,94	1,67
PRCWP (8-E3-T/R)	229,5	0,80	1,00	1,18	1,48	1,31
PRCWP (9-E1/E3-R/T)	360,5	0,60	0,89	1,12	1,87	1,82
PRCWP (10-L1/L3-T)	323	0,38	0,57	0,59	1,53	1,65
PRCWP (10-L1/L3-T/R)	291	0,48	0,80	0,89	1,85	1,73
PRCWP (11-L1-T)	550,5	0,37	0,68	0,73	1,95	1,87
PRCWP (11-L1-T/R)	462,5	0,27	0,38	-	-	-
PRCWP (12-E1-T)	656	0,49	0,70	0,76	1,55	1,78
PRCWP (12-E1-T/R)	355	0,38	0,49	-	-	-

Tabel 3.2 – Capacitatea portantă a elementelor și driftul la cedare

Denumire specimen	Forța maximă (kN)		Forța maximă (%)		Driftul la cedare (%)		Driftul la cedare (%)	
	+	-	+	-	+	-	+	-
PRCWP (7-E1-T)	858	723	100	100	0,73	0,79	100	100
PRCWP (7-E1-T/R)	669,5	698	78	96,5	0,97	1,08	133	137
PRCWP (8-E3-T)	207,5	247,5	100	100	1,17	1,08	100	100
PRCWP (8-E3-T/R)	229,5	249,5	111	101	1,18	1,13	101	105
PRCWP (9-E1/E3-R/T)	360,5	385,5	-	-	1,12	1,01	-	-
PRCWP (10-L1/L3-T)	323	344	100	100	0,59	0,65	100	100
PRCWP (10-L1/L3-T/R)	291	320	90	93	0,89	0,88	151	135
PRCWP (11-L1-T)	550,5	793,5	100	100	0,73	0,65	100	100
PRCWP (11-L1-T/R)	462,5	1005	84	127	-	-	-	-
PRCWP (12-E1-T)	656	763,5	100	100	0,70	0,76	100	100
PRCWP (12-E1-T/R)	355	1008	54	132	-	-	-	-

Tabel 3.3 – Rezultatele funcție de forța maximă obținută pentru elementele (11-12)

Denumire specimen	Forța maximă (kN)		Forța maximă (%)		Driftul la forța maximă (%)	
	+	-	+	-	+	-
PRCWP (11-L1-T)	446	619,5	100	100	0,38	0,36
PRCWP (11-L1-T/R)	462,5	1005	104	162	0,38	0,36
PRCWP (12-E1-T)	579	763,5	100	100	0,49	0,48
PRCWP (12-E1-T/R)	355	1008	61	132	0,49	0,49

3.2.1 Curbe de histereză forță - deplasare

Comportarea panourilor de perete investigate este reprezentată în Fig. 3.7 sub forma curbelor de histereză forță – deplasare pentru elementele de referință, în Fig. 3.8 pentru elementele consolidate, iar în Fig. 3.9 comparația lor prin suprapunerea curbelor. Fiecare curbă de histereză a fost compusă din patru ramuri, și anume de încărcare, descărcare, încărcare pe direcția opusă, și descărcare pe direcția opusă. Fiecare ramură a curbei a fost delimitată de două puncte: punctul de intersecție curbă - axa orizontală (punctul de reîncărcare) și punctul de încărcare maximă (corespunzător deplasării țintă). În baza rezultatelor obținute și reprezentate în Figura 3.7 și 3.8, se poate concluziona o reducere semnificativă a rezistenței laterale a elementelor cu goluri mari, și anume PRCWP (8-E3-T), PRCWP (10-L1/L3-T), PRCWP (8-E3-T/R), PRCWP (9-E1/E3-R/T) și PRCWP (10-L1/L3-T/R).

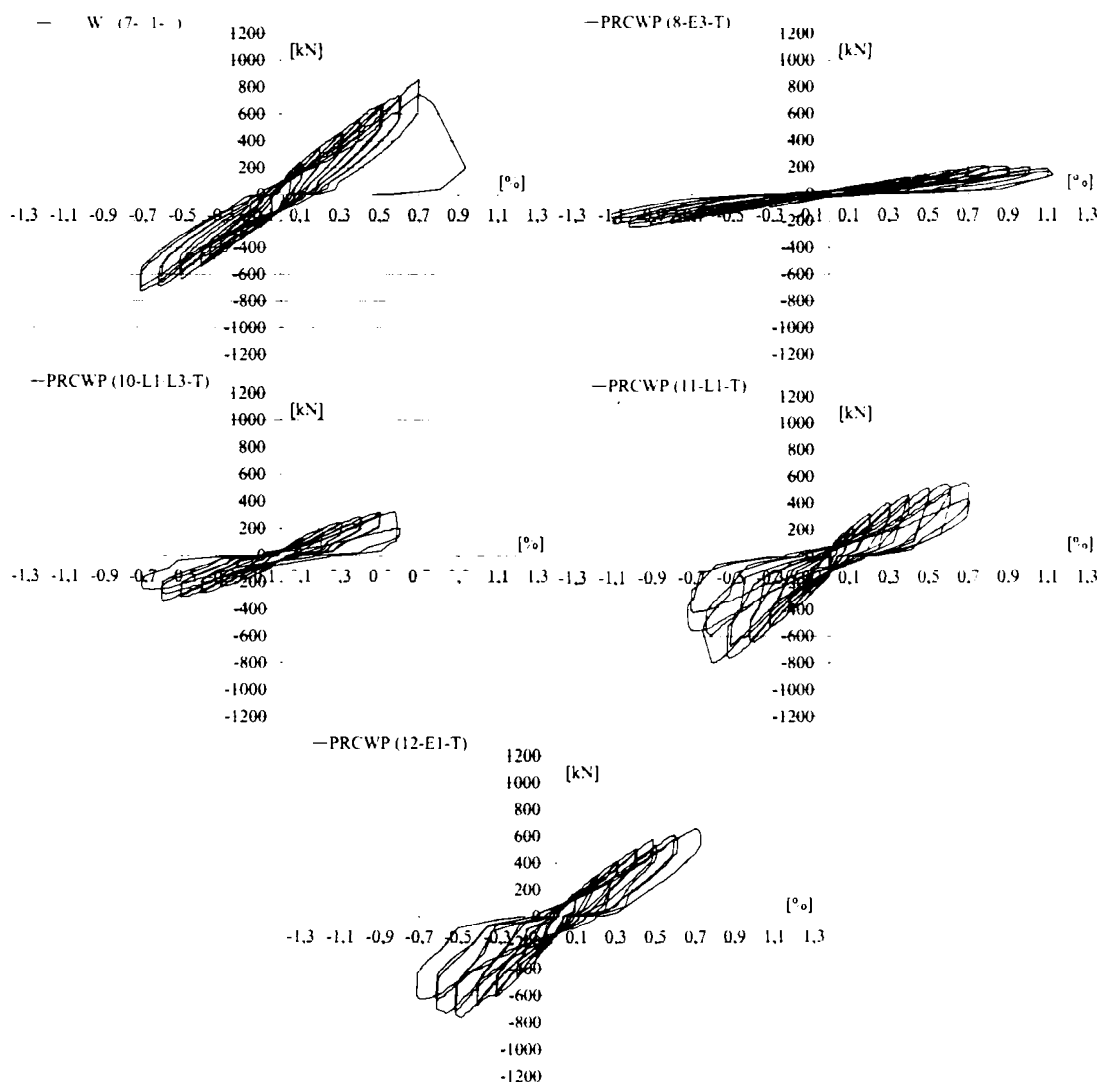


Figura 3.7 - Curbele de histereză forță – deplasare ale specișnelor de referință

Conform Figurii 3.9, capacitatea portantă a elementelor investigate a fost refăcută cu ajutorul strategiilor de rehabilitare aplicate, precum și mărită în unele cazuri, în timp ce capacitatea de deplasare a fost mai mare pentru elementele consolidate.

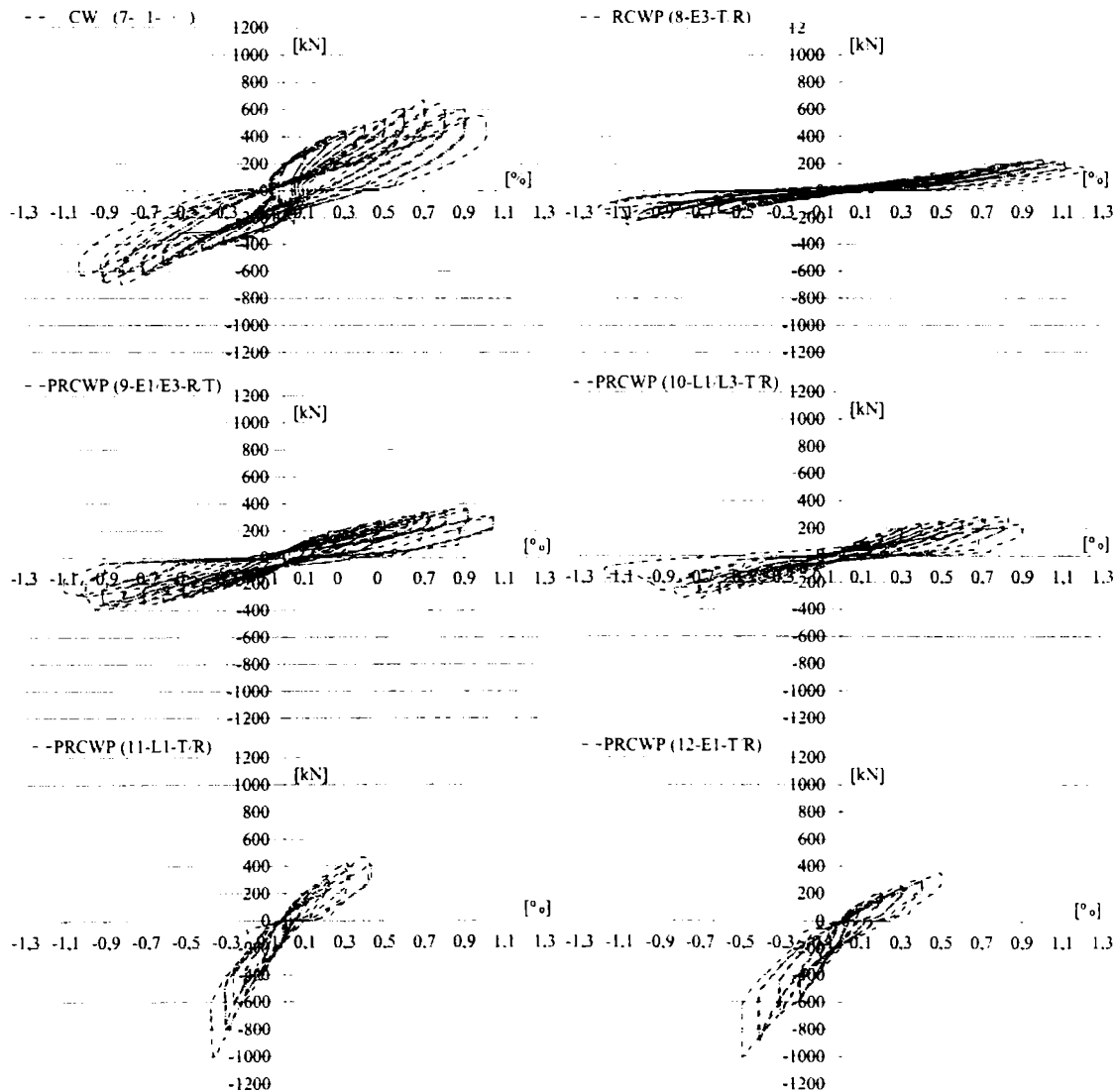


Figura 3.8 - Curbele de histereză forță – deplasare ale speciimenelor consolidate

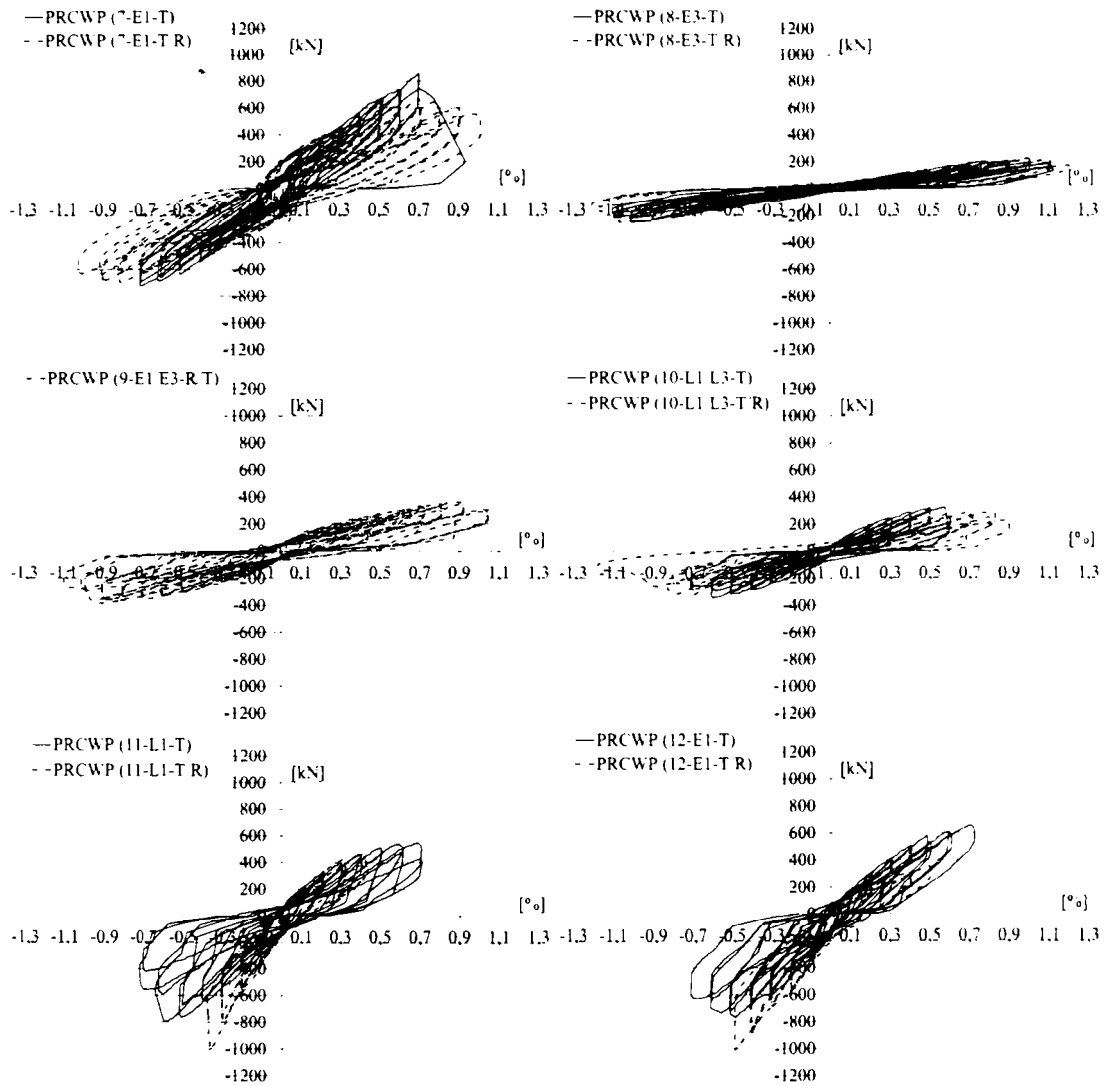


Figura 3.9 – Comparația curbelor de histereză forță – deplasare ale specimenelor testate

3.2.2 Înfășurătoarea ciclică forță – deplasare

Pe parcursul încercărilor experimentale s-au efectuat două cicluri pentru fiecare nivel de drift. Pentru obținerea înfășurătorii ciclice finale de forță - deplasare este necesară realizarea înfășurătorii de pe ciclul 1 și ciclul 2. Aceste curbe înfășurătoare s-au obținut prin conectarea punctelor de încărcare maxime de la fiecare nivel de drift. Apoi, media înfășurătorii ciclice (denumită “Înfășurătoarea M2”) s-a putut compune prin calcularea mediei aritmetice a celor două cicluri, prin conectarea punctelor medii de încărcare maxime de la fiecare nivel de drift.

Înfășurătoarea ciclică forță – deplasare este reprezentată în Fig. 3.10 pentru elementele de referință, în Fig. 3.11 pentru elementele consolidate și în Fig. 3.12 comparația lor.

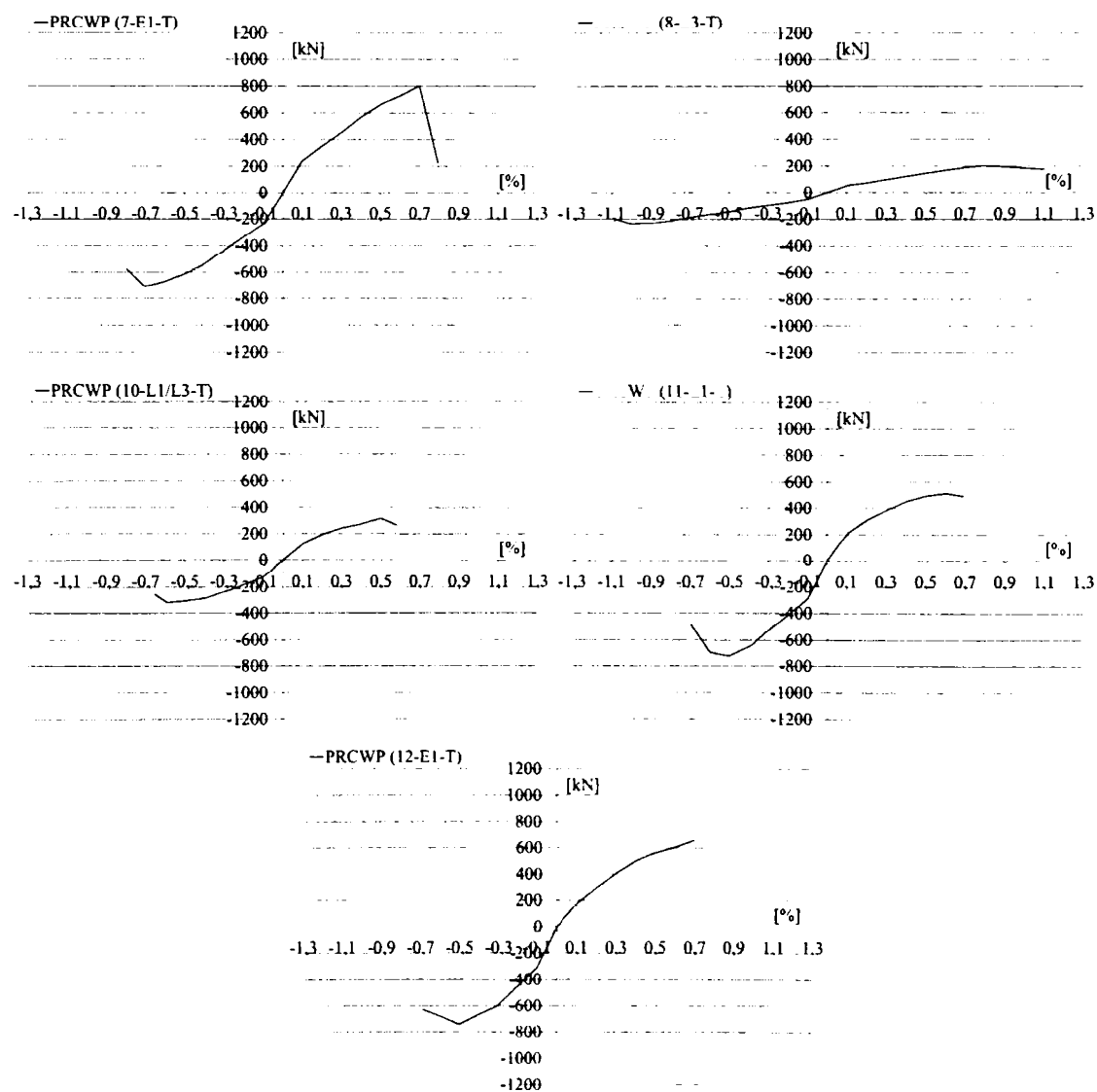


Figura 3.10 - Înfășurătoarea ciclică forță – deplasare a elementelor de referință

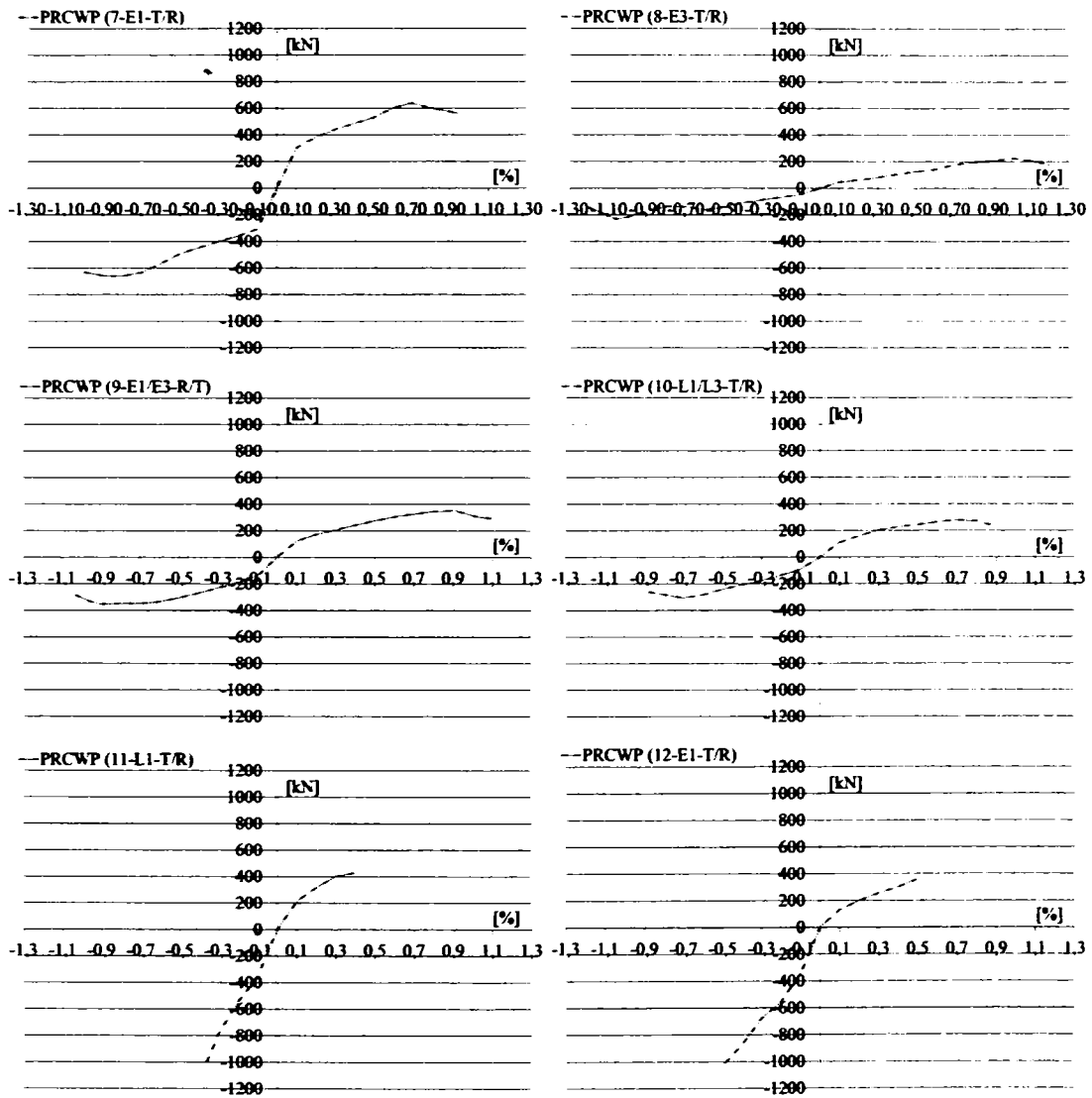
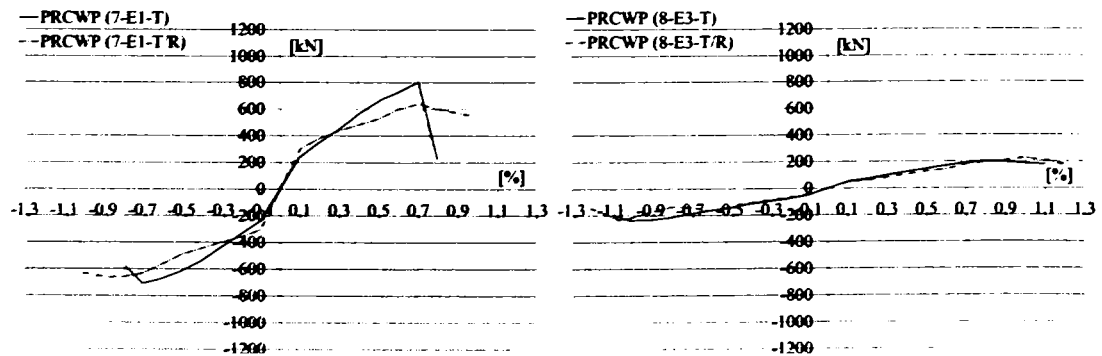


Figura 3.11 - Înfășurătoarea ciclică forță – deplasare a elementelor consolidate



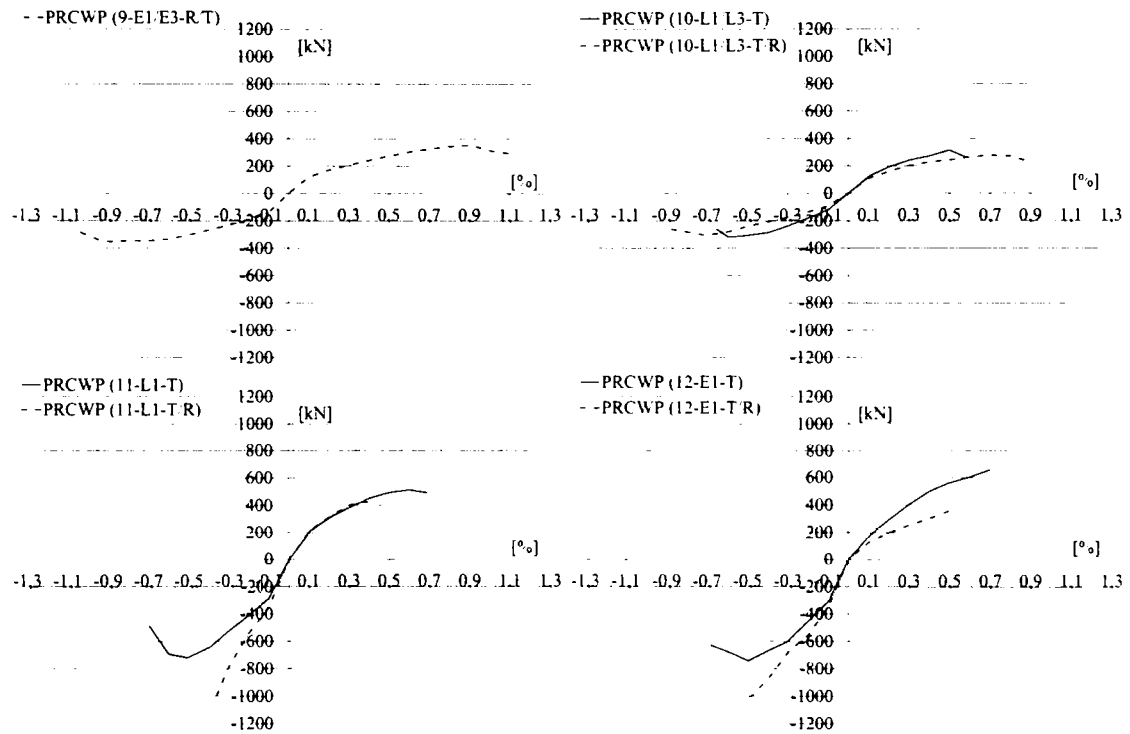


Figura 3.12 – Comparația înfășurătorii ciclice forță – deplasare a elementelor testate

3.2.3 Înfășurătoarea monotonă forță – deplasare

Înfășurătoarea monotonă forță – deplasare, denumită și „înfășurătoarea M1”, s-a obținut din media înfășurătorii ciclice (M2), prin calcularea mediei aritmetice a punctelor de încărcare maxime (luate ca valori absolute) de la fiecare nivel de drift. Înfășurătoarea monotonă forță – deplasare este reprezentată în Fig. 3.13 pentru elementele de referință, în Fig. 3.14 pentru elementele consolidate și în Fig. 3.15 comparația lor.

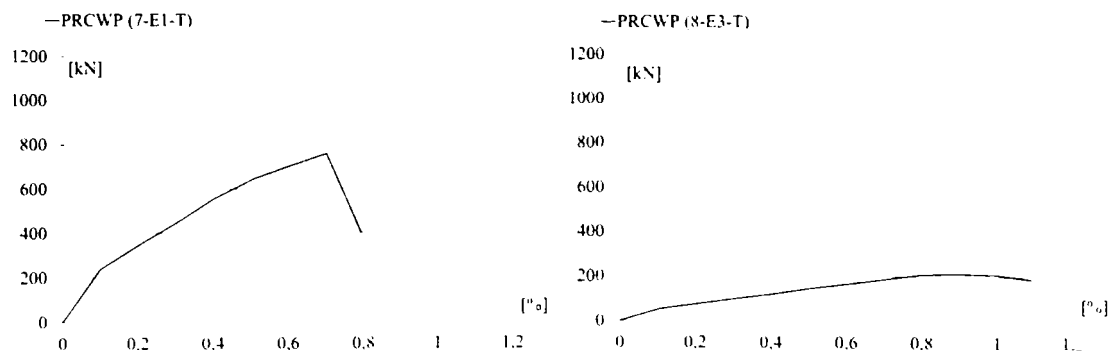


Figura 3.13 - Înfășurătoarea monotonă forță – deplasare a elementelor de referință

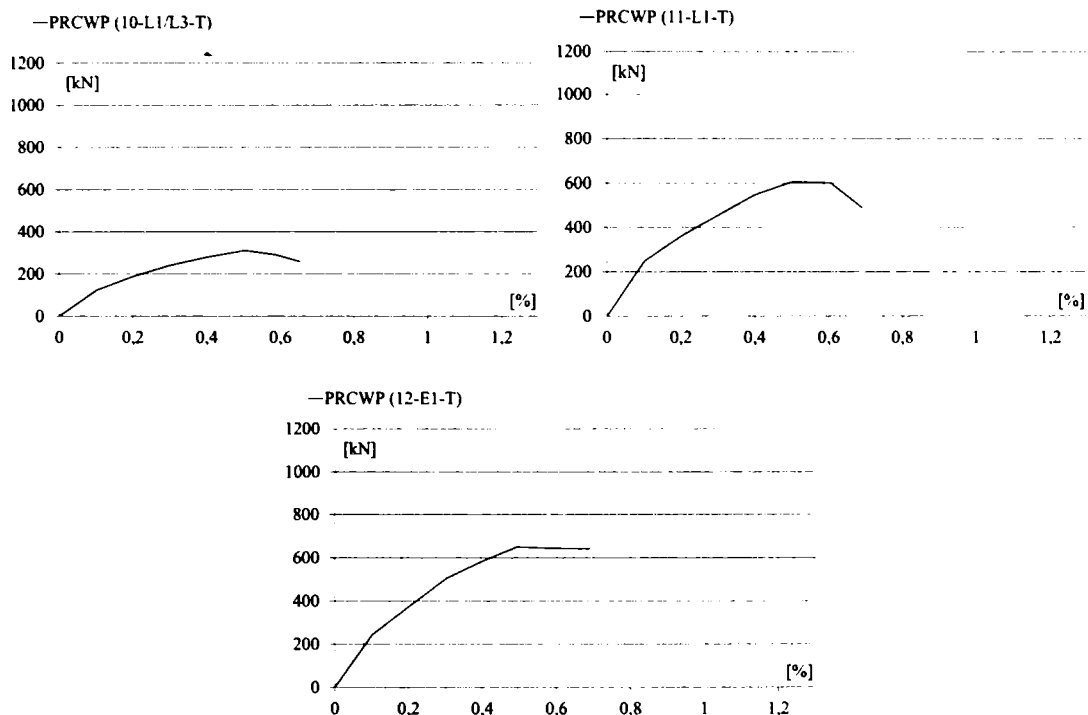


Figura 3.13 (continuare) - Înfășurătoare monotonă forță – deplasare a elementelor de referință

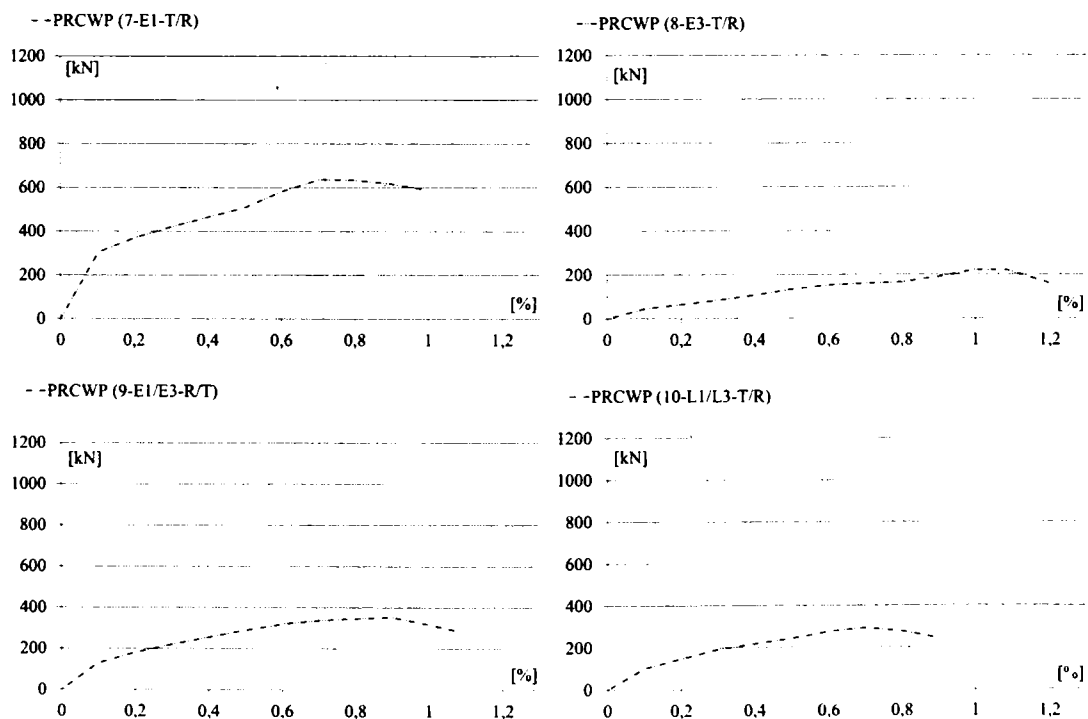


Figura 3.14 - Înfășurătoare monotonă forță – deplasare a elementelor consolidate

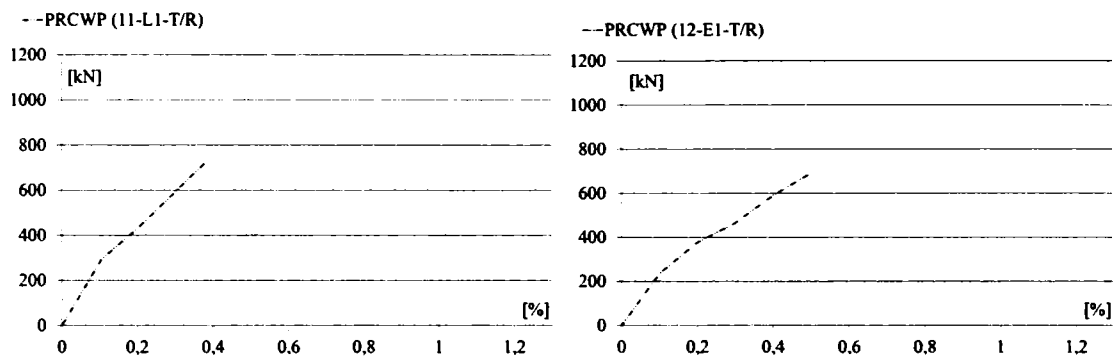


Figura 3.14 (continuare) - Înfășurătoarea monotonă forță – deplasare a elementelor consolidate

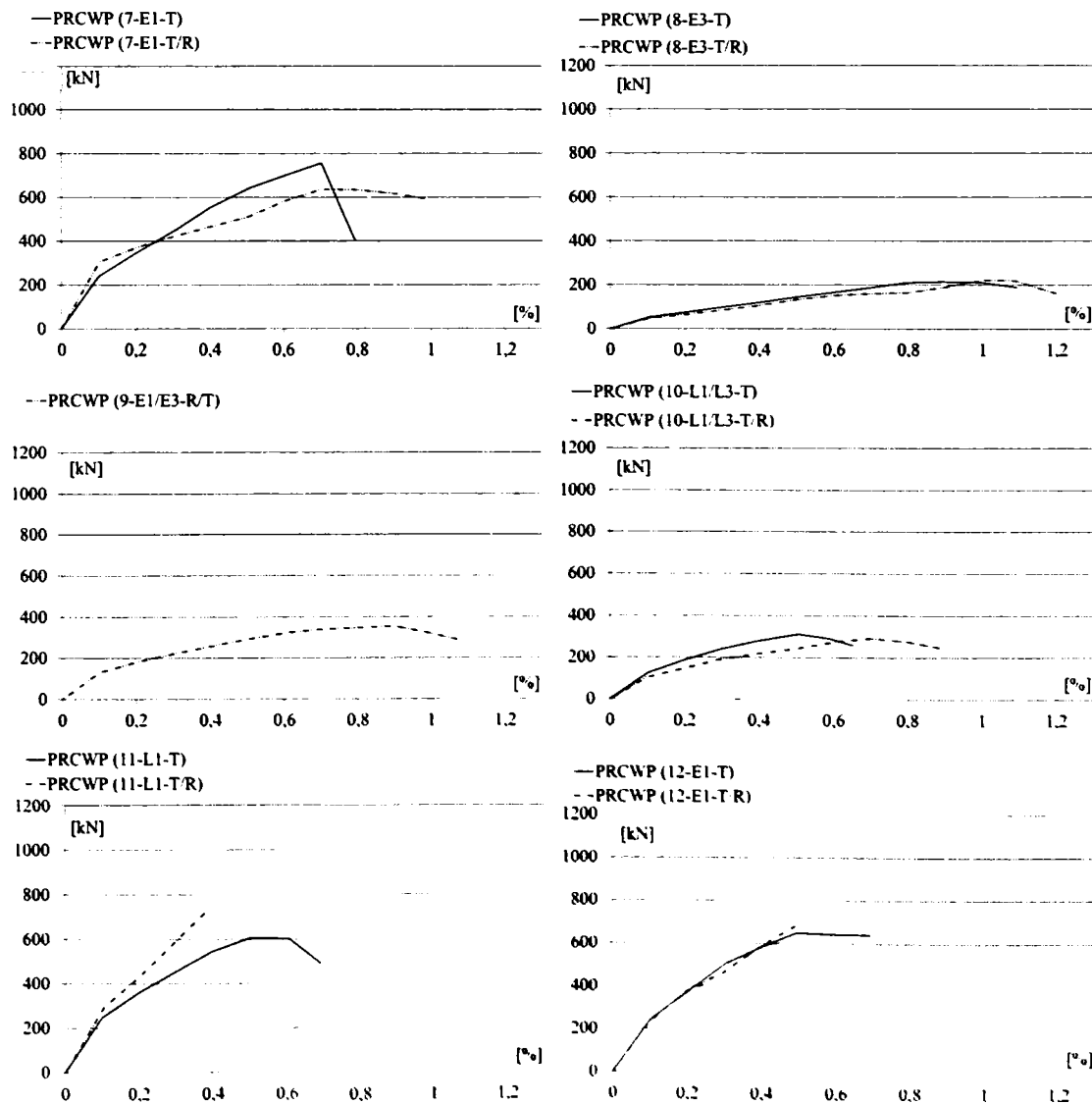


Figura 3.15 – Comparația înfășurătorii monotone forță – deplasare a elementelor testate

3.2.4 Înfășurătoarea curbei de comportare forță-deplasare

În cadrul cercetării curente s-au realizat două tipuri de curbe de comportare tri-liniare, denumite curba de comportare 1 și curba de comportare 2. Pentru realizarea curbei de comportare tip 1, s-au selectat trei puncte de forță – deplasare, și anume punctul de fisurare (la apariția primei fisuri înclinate), punctul de încărcare maximă (corespunzător forței maxime) și punctul de cedare (atunci când elementul își pierde 20% din capacitatea portantă). Pentru realizarea curbei de comportare tip 2, s-a ales un alt set de trei puncte de forță – deplasare, și anume punctul de curgere (la 0.85 din forța maximă), punctul de încărcare maximă (corespunzător forței maxime) și punctul de cedare (atunci când elementul își pierde 20% din capacitatea portantă). Conform Figurii 3.18, s-au obținut valori similare ale nivelului de deplasare la apariția primei fisuri înclinate la elementele consolidate și de referință. Valori similare ale nivelului de deplasare s-au obținut și pentru punctul de curgere, considerat la 0.85 din forța maximă, în cazul elementelor consolidate și de referință.

Curba tri-liniară de comportare (tip 1) este reprezentată în Fig. 3.16 pentru elementele de referință, în Fig. 3.17 pentru elementele consolidate și în Fig. 3.18 comparația lor. Curba tri-liniară de comportare (tip 2) este reprezentată în Fig. 3.19 pentru elementele de referință, în Fig. 3.20 pentru elementele consolidate și în Fig. 3.21 comparația lor.

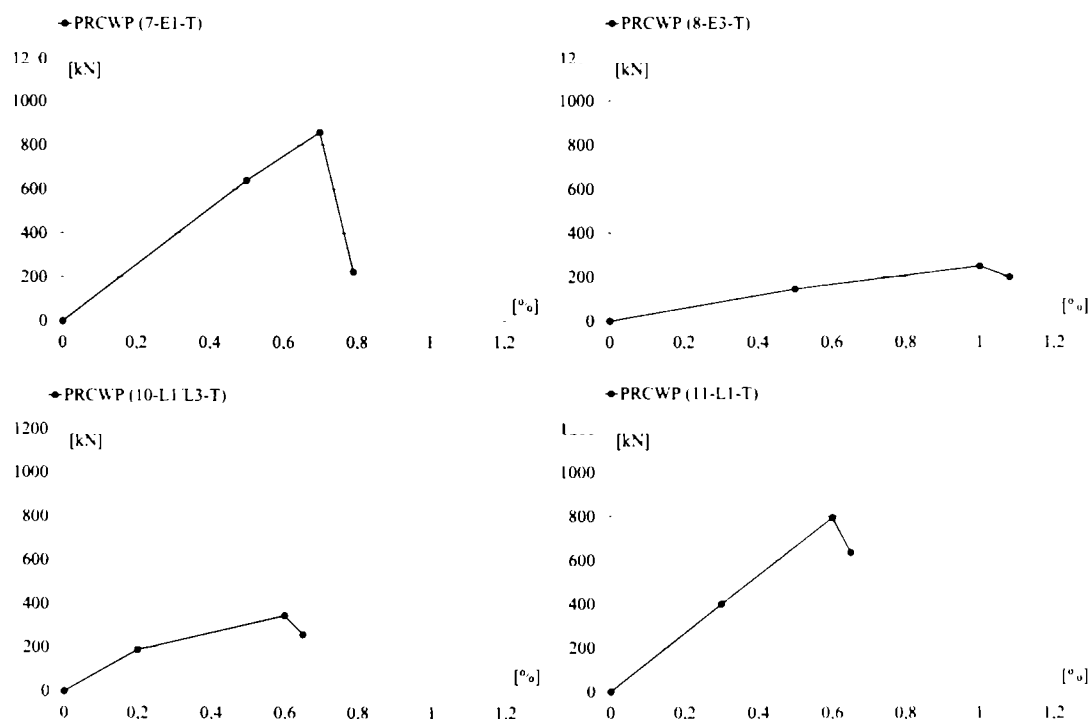


Figura 3.16 – Curba tri-liniară de comportare (tip 1) a elementelor de referință

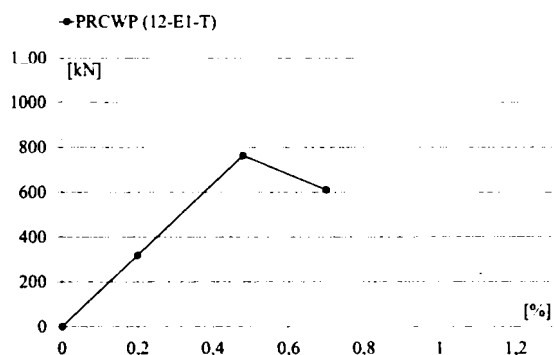


Figura 3.16 (continuare) – Curba tri-liniară de comportare (tip 1) a elementelor de referință

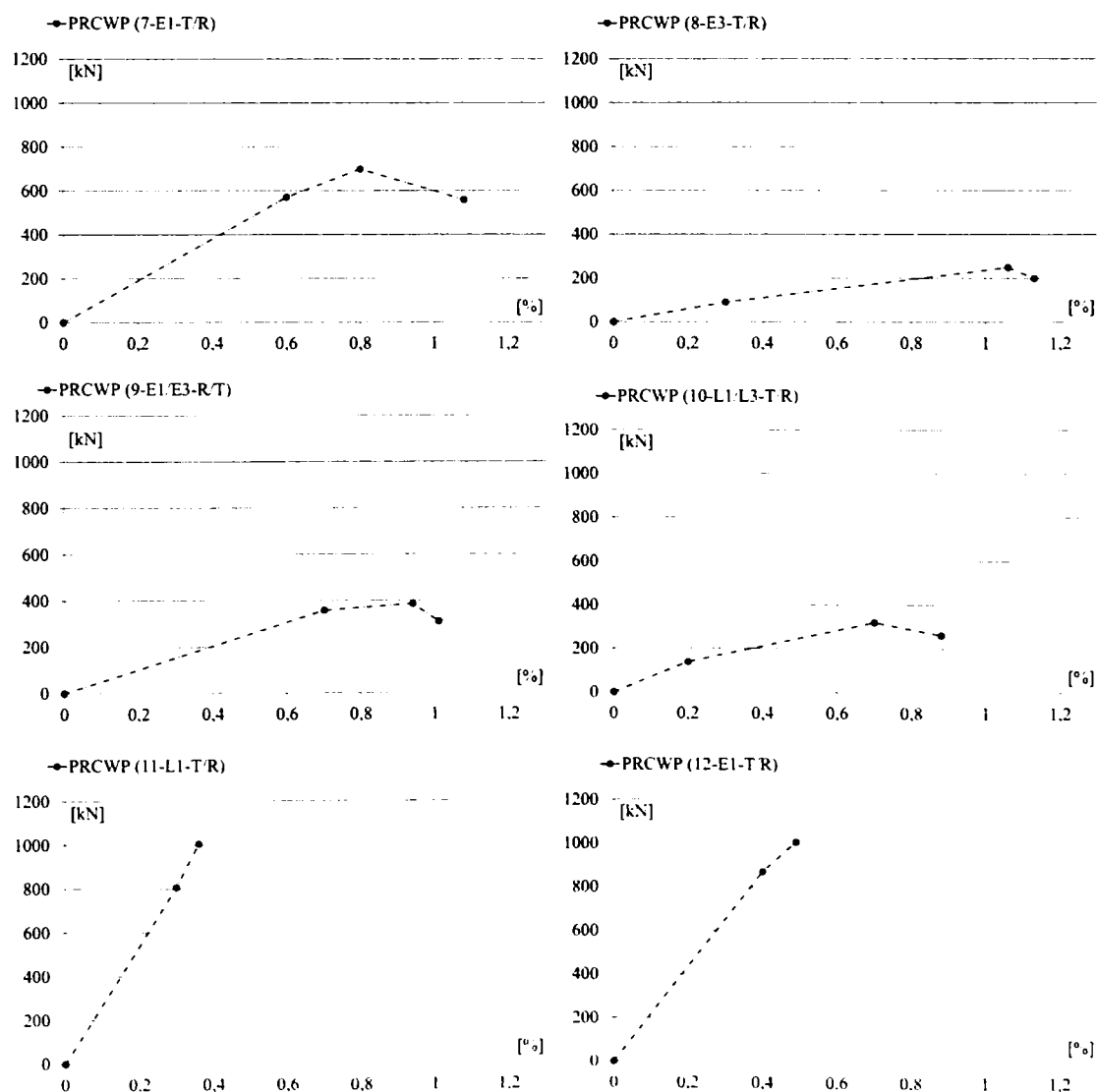


Figura 3.17 – Curba tri-liniară de comportare (tip 1) a elementelor consolidate

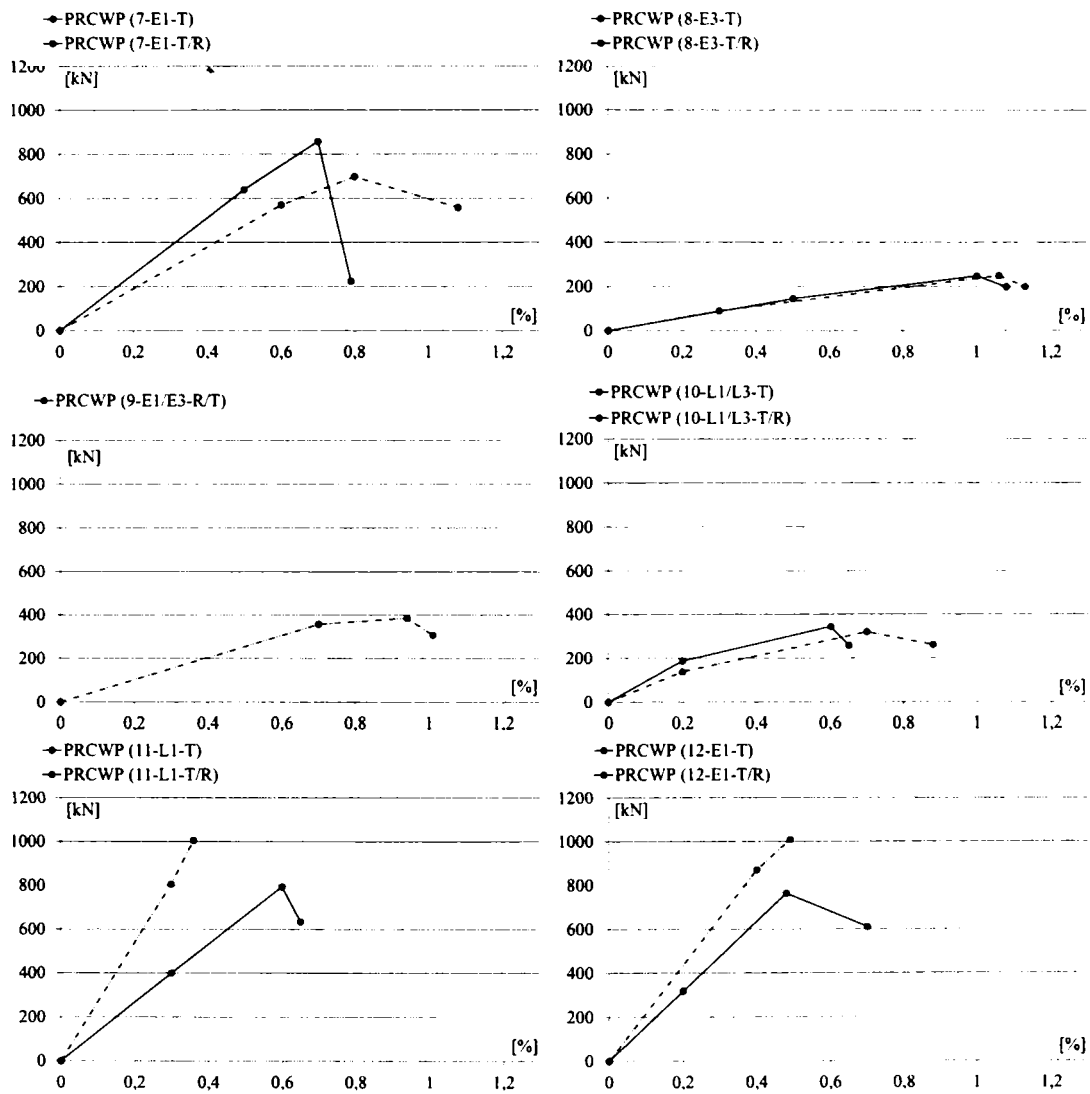


Figura 3.18 – Comparația curbei tri-liniare de comportare (tip 1) a elementelor testate

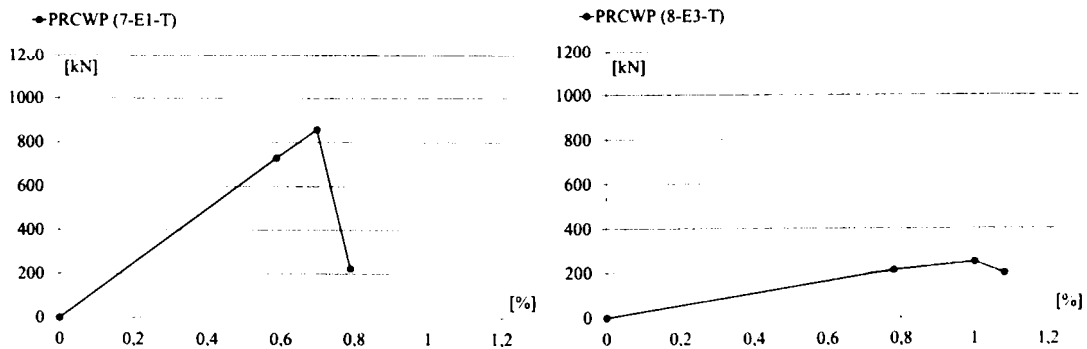


Figura 3.19 - Curba tri-liniară de comportare (tip 2) a elementelor de referință

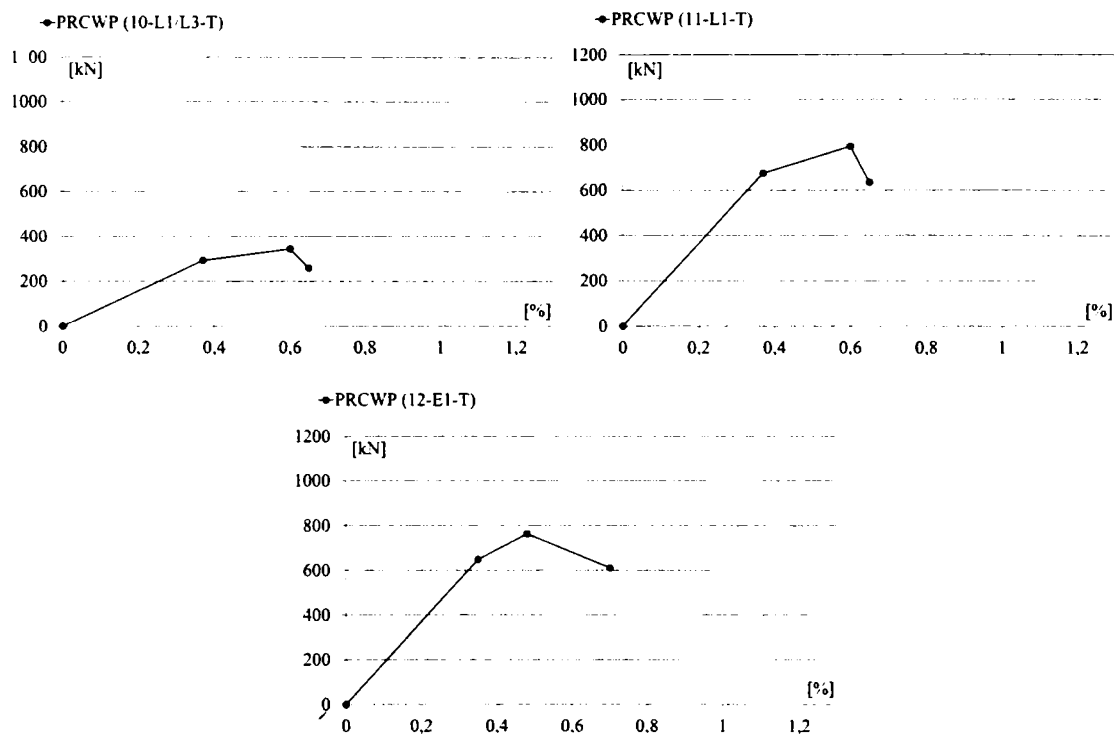


Figura 3.19 (continuare) - Curba tri-liniară de comportare (tip 2) a elementelor de referință

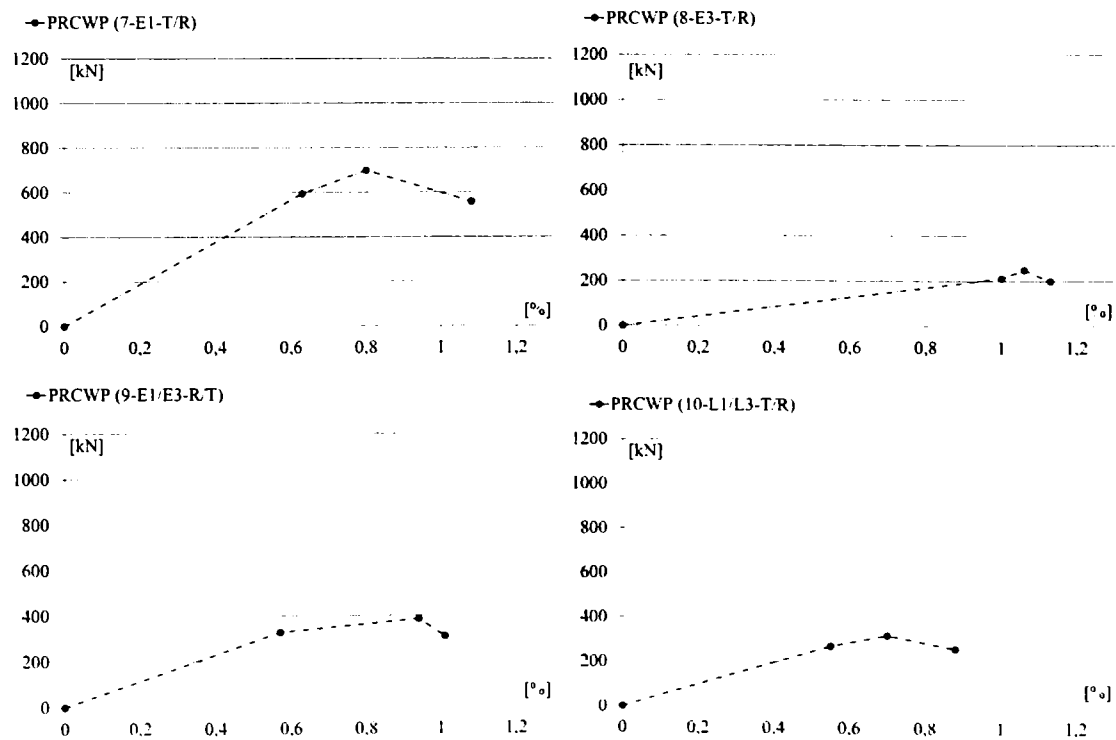


Figura 3.20 - Curba tri-liniară de comportare (tip 2) a elementelor consolidate

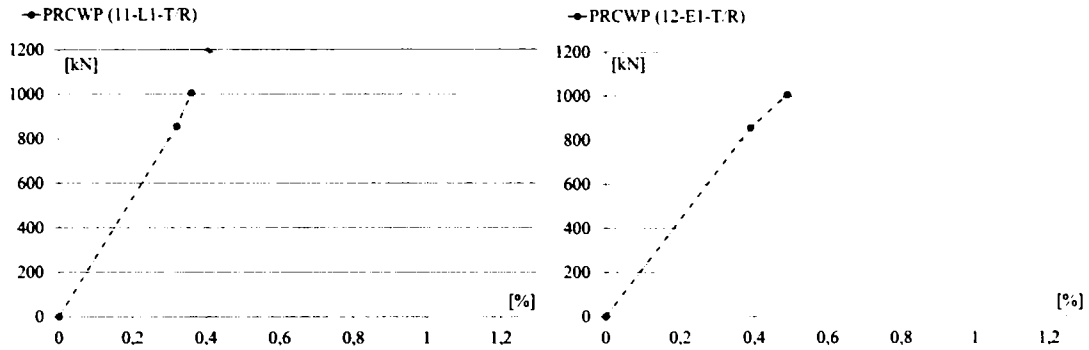


Figura 3.20 (continuare) - Curba tri-liniară de comportare (tip 2) a elementelor consolidate

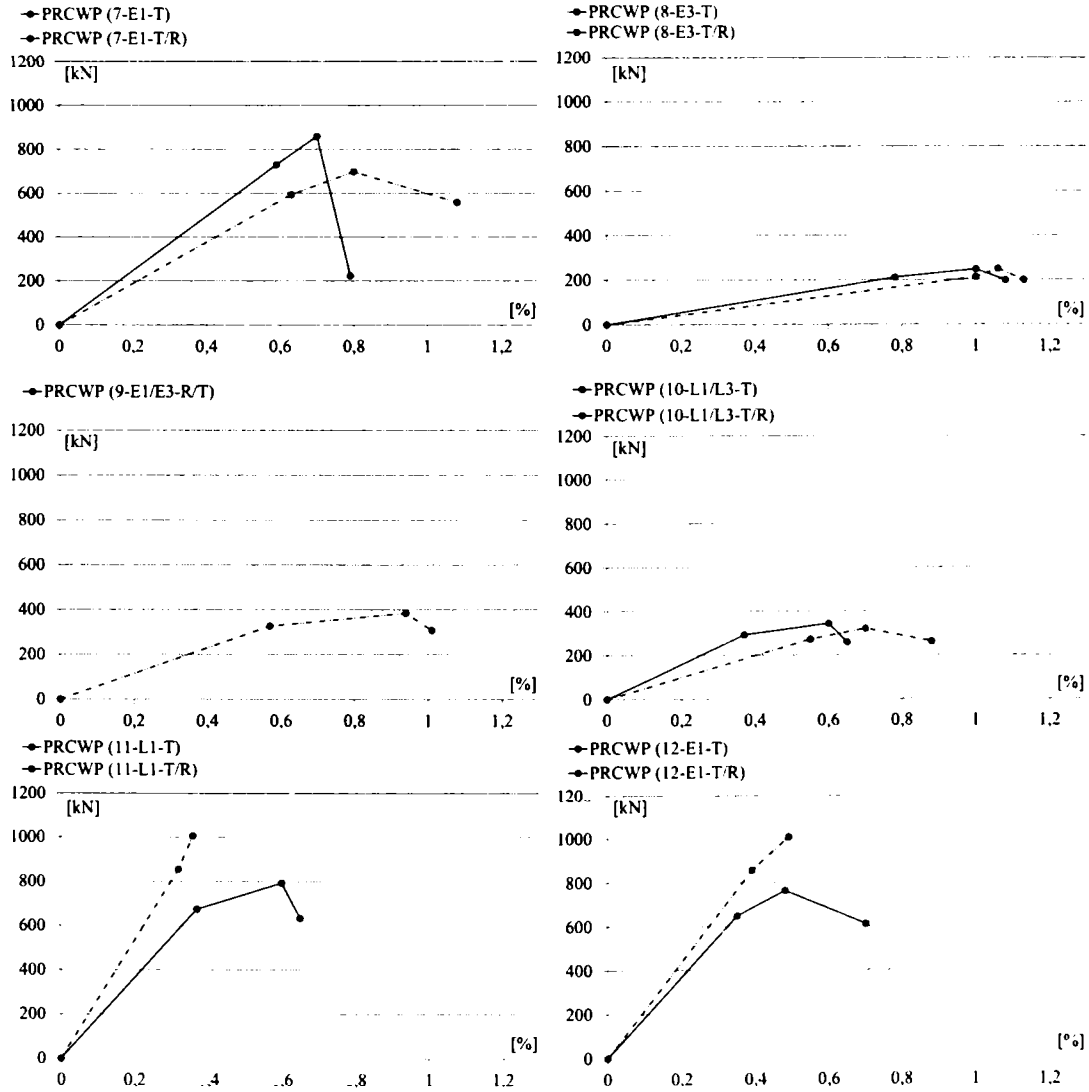


Figura 3.21 – Comparația curbei tri-liniară de comportare (tip 2) a elementelor testate

3.2.5 Rezistența la forță tăietoare

Rezistența la forță tăietoare a elementelor de referință este reprezentată în Figura 3.22 a), cu valoare absolută, și în Figura 3.22 b) normalizată față de valoarea maximă a rezistenței obținute, și anume pentru PRCWP (7-E1-T).

Conform histogramei de rezistență la forță tăietoare, aceasta a variat de la 247.5 kN până la 858 kN. Se poate concluziona în baza rezultatelor obținute că speciamele cu goluri mari au dezvoltat o rezistență laterală scăzută. Comparând rezistența la forță tăietoare a elementului cu gol îngust de ușă, cu cea a elementului cu gol de fereastră mică, s-au constatat valori similare. Luând în considerare diferența dintre clasa de beton a elementului cu gol îngust de ușă și cea a elementului cu gol de fereastră mică, precum și tipul de gol, care presupune în cazul golului de fereastră prezența parapetului, acești doi factori menționați par să nu influențeze în acest caz rezistența la forță tăietoare a elementelor.

Rezistența la forță tăietoare a elementelor consolidate este reprezentată în Figura 3.23 a), cu valoare absolută, și în Figura 3.23 b) normalizată față de valoarea maximă a rezistenței obținute, și anume pentru PRCWP (12-E1-T/R). Conform histogramei de rezistență la forță tăietoare, aceasta a variat de la 249.5 kN și până la 1008 kN. Este clar din nou faptul că speciamele cu goluri mari au dezvoltat o rezistență laterală scăzută, indiferent de strategia de consolidare folosită. Comparând rezistența la forță tăietoare a elementului cu gol îngust de ușă, și anume PRCWP (12-E1-T/R) cu a elementului cu gol de fereastră mică PRCWP (11-L1-T/R), s-au constatat valori similare.

Luând în considerare diferența dintre clasa de beton a elementului cu gol îngust de ușă și cea a elementului cu gol de fereastră mică, precum și tipul de gol, care presupune în cazul golului de fereastră prezența parapetului, precum și strategia de consolidare folosită, acești factori menționați par să nu influențeze în acest caz rezistența la forță tăietoare a elementelor (cu mențiunea că nu este vorba de rezistența maximă la forță tăietoare, datorită constrângerilor din capacitatea preseii de încercare, ci de rezistența maximă la forță tăietoare măsurată). Diferența dintre rezistența la forță tăietoare a elementului (7-E1-T/R) și PRCWP (12-E1-T/R), se datorează strategiei de consolidarea folosite, și a deteriorării excesive a elementului (7-E1-T).

Rezistența la forță tăietoare a elementelor testate este reprezentată în Figura 3.24 a), cu valoare absolută, și în Figura 3.24 b) normalizată față de valoarea maximă a rezistenței obținute. Conform Figurii 3.24, capacitatea portantă a elementelor testate a fost refăcută prin intermediul strategiilor de consolidare folosite, și chiar mărită în unele cazuri.

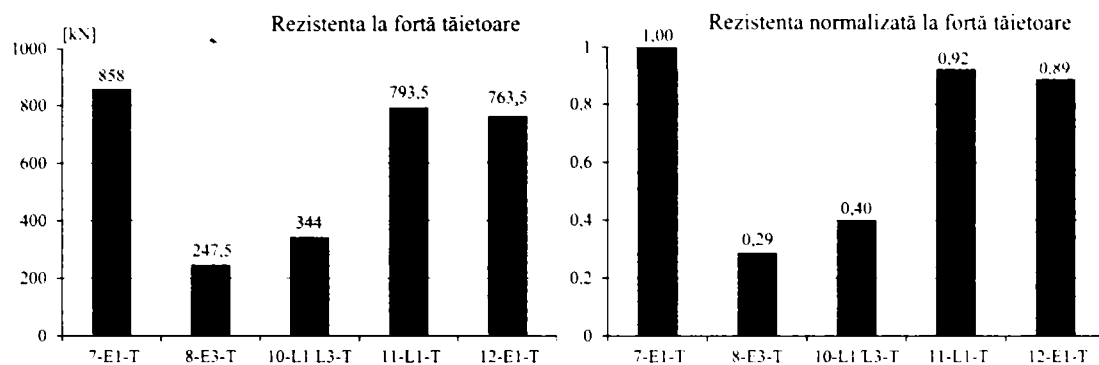


Figura 3.22 – Rezistența la forță tăietoare a elementelor de referință

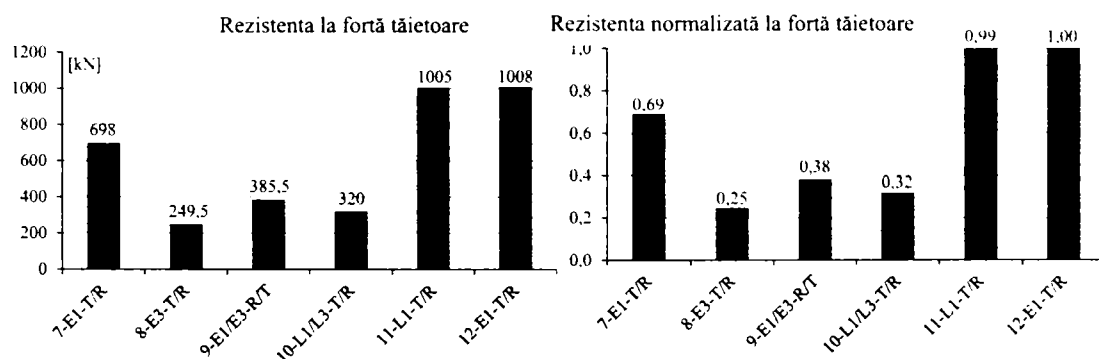


Figura 3.23 – Rezistența la forță tăietoare a elementelor consolidate

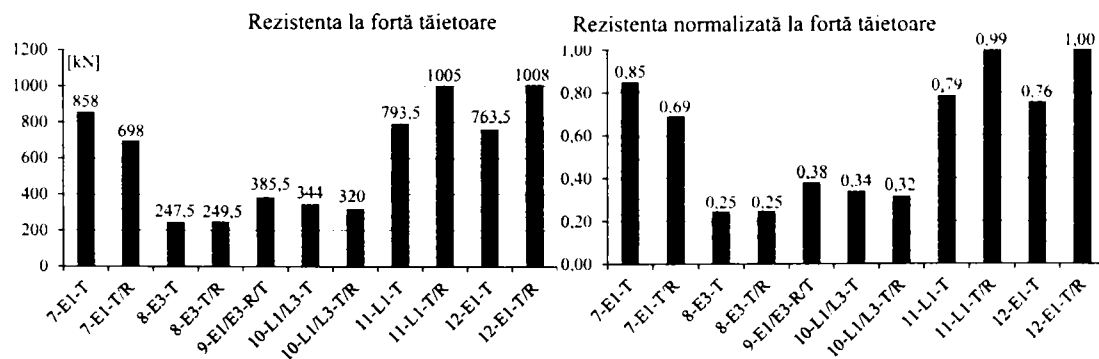


Figura 3.24 – Rezistența la forță tăietoare a elementelor investigate

3.2.6 Analiza deplasărilor

Driftul la cedare al elementelor de referință este reprezentat în Figura 3.25 a), cu valoare absolută, și în Figura 3.25 b) normalizat față de valoarea maximă a driftului

la cedare obținut, și anume pentru PRCWP (8-E3-T). Conform histogramei de drift la cedare, acesta a variat de la 0.65% până la 1.17%.

Driftul la cedare al elementelor consolidate este reprezentat în Figura 3.26 a), cu valoare absolută, și în Figura 3.26 b) normalizat față de valoarea maximă a driftului la cedare obținut și anume pentru PRCWP (8-E3-T/R).

Conform histogramei de drift la cedare, acesta a variat de la *0.40 % până la 1.18%. În cazul elementelor PRCWP (11-L1-T/R) și (12-E1-T/R), s-a folosit simbolul „*”, însemnând aici driftul maxim măsurat (datorită constrângerilor menționate). Valori similare ale driftului la cedare s-au obținut pentru elementele de referință cu gol îngust de ușă, gol de fereastră mică și gol de fereastră mare. Deplasări mai mari s-au obținut în cazul elementului de referință cu gol mare de ușă.

Comparând driftul la cedare al elementului de referință cu gol îngust de ușă, cu cel al elementului cu gol de fereastră mică, din nou s-a constatat faptul că prezența parapetului nu influențează semnificativ nivelul driftului la cedare.

Comparând însă driftul la cedare al elementului de referință cu gol mare de ușă, cu cel al elementului cu gol de fereastră mare, s-a constatat faptul că prezența parapetului a împiedicat aici capacitatea de deplasare a elementului.

În cazul elementelor consolidate, s-au obținut valori similare ale driftului la cedare pentru PRCWP (7-E1-T/R), PRCWP (8-E3-T/R) și PRCWP (9-E1-E3-R/T). În acest caz ar trebui luați în considerare mai mulți factori și anume, diferența dintre clasa de beton a elementelor, tipul de gol prezent în panoul de perete, armarea elementului, strategia de consolidare aplicată, deteriorarea excesivă a elementului (7-E1-T), deteriorarea recomandată a elementului PRCWP (8-E3-T/R), și anume până la pierderea a 20% din capacitate portantă, precum și nici o deteriorare anterioară suferită de elementul PRCWP (9-E1-E3-R/T).

În cazul elementului PRCWP (10-L1/L3-T/R), autorul consideră faptul că valoarea mică a driftului la cedare obținut se datorează sistemului de ancoraj folosit (care a condus la ineficiența consolidării).

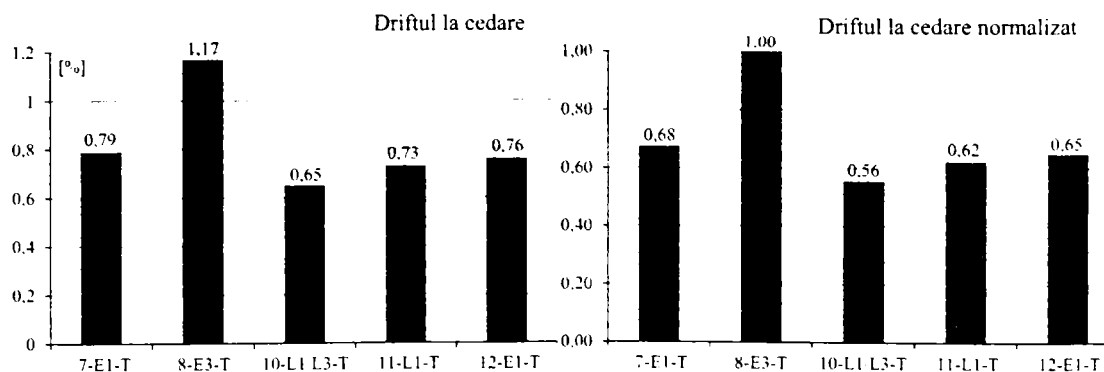


Figura 3.25 – Driftul la cedare al elementelor de referință

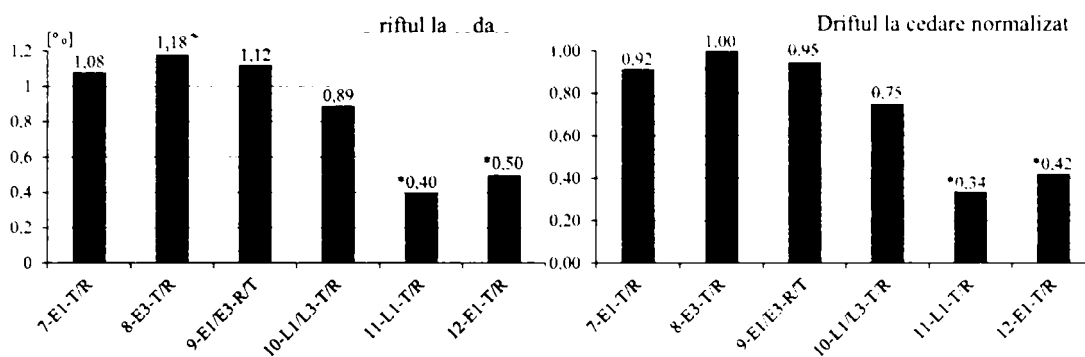


Figura 3.26 – Driftul la cedare al elementelor consolidate

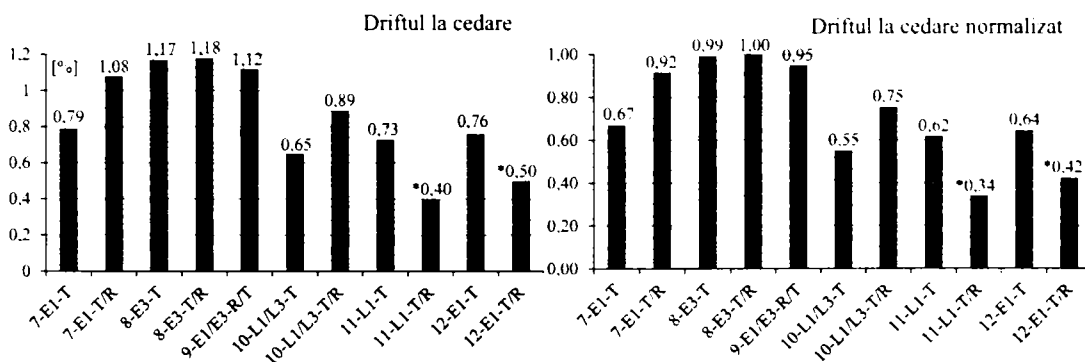


Figura 3.27 – Driftul la cedare al elementelor testate

3.2.7 Analiza comparativă a curbelor de forță - deplasare

Înfășurătoarea ciclică de forță – deplasare este reprezentată în Figura 3.28 a) pentru elementele de referință, iar pentru elementele consolidate în Figura 3.28 b). Figura 3.29 a) reprezintă înfășurătoarea monotonă de forță – deplasare a elementelor de referință, iar Figura 3.29 b) a elementelor consolidate.

În Figura 3.30 este reprezentată comparația înfășurătoarei M2 și M1 pentru elementele investigate în cadrul programului experimental curent. Curba de comportare tri-liniară (tip 1) a elementelor de referință este reprezentată în Figura 3.31 a), și în Figura 3.31 b) pentru elementele consolidate.

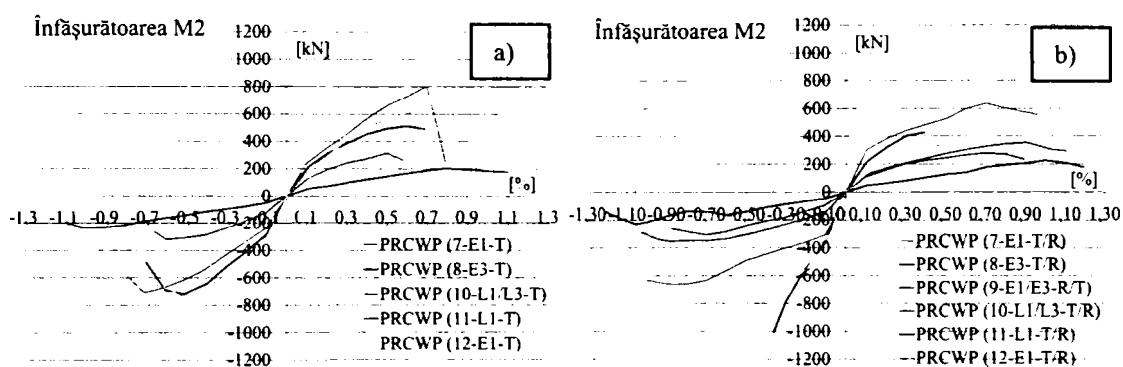


Figura 3.28 – Comparația înfășurătorii M2

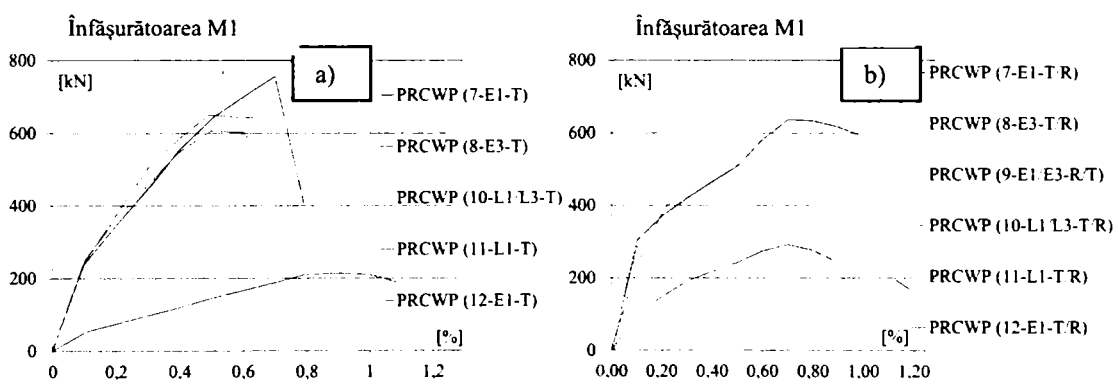


Figura 3.29 – Comparația înfășurătorii M1

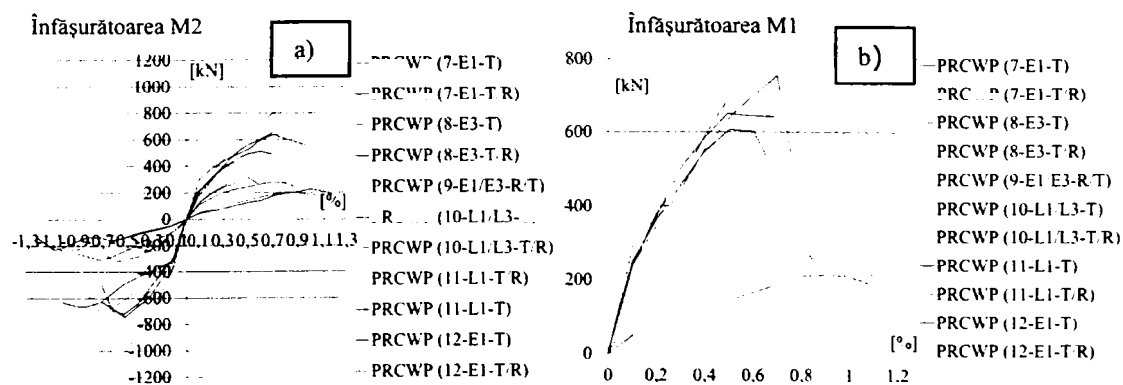


Figura 3.30 – Comparația înfășurătorii M2 și M1

Curba de comportare tri-liniară (tip 2) a elementelor de referință este reprezentată în Figura 3.32 a), iar în Figura 3.32 b) pentru elementele consolidate. În Figura 3.33 a) este reprezentată comparația curbelor de comportare (tip 1), iar în Figura 3.33 b) este reprezentată comparația curbelor de comportare (tip 2) pentru elementele investigate. Figurile din Secțiunea 3.2.7 sunt utile în descrierea caracteristicilor de comportare a specișenelor investigate.

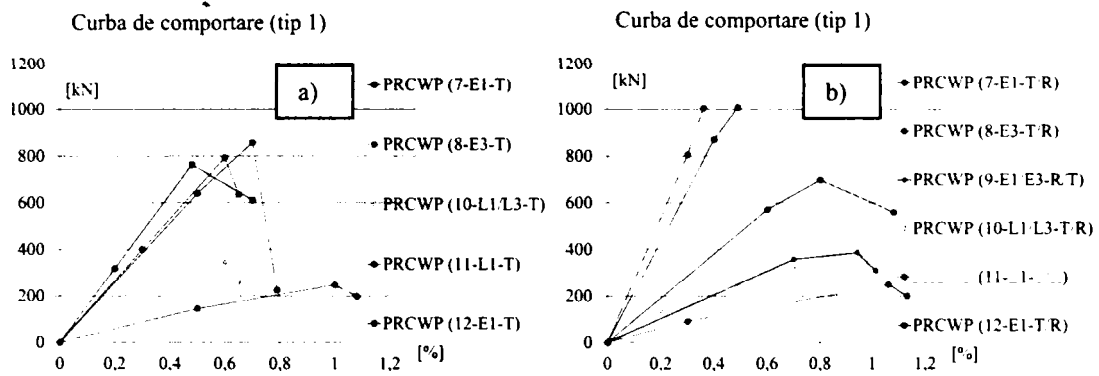


Figura 3.31 – Comparația curbelor de comportare (tip 1)

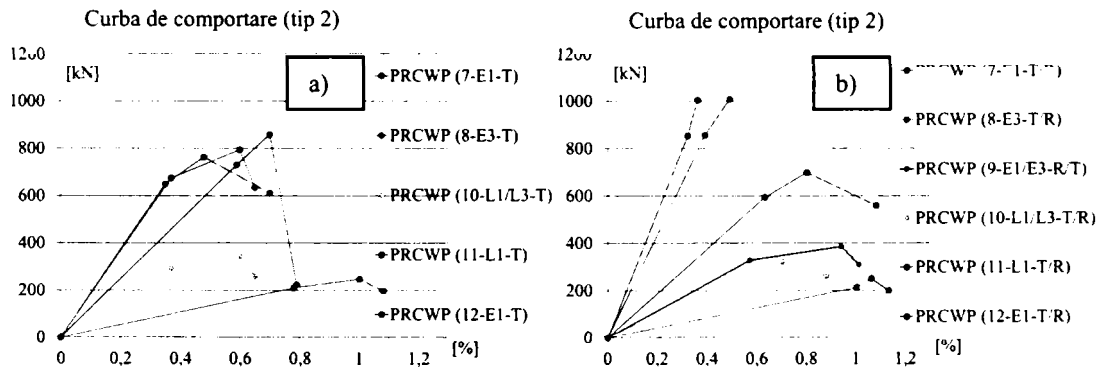


Figura 3.32 – Comparația curbelor de comportare (tip 2)

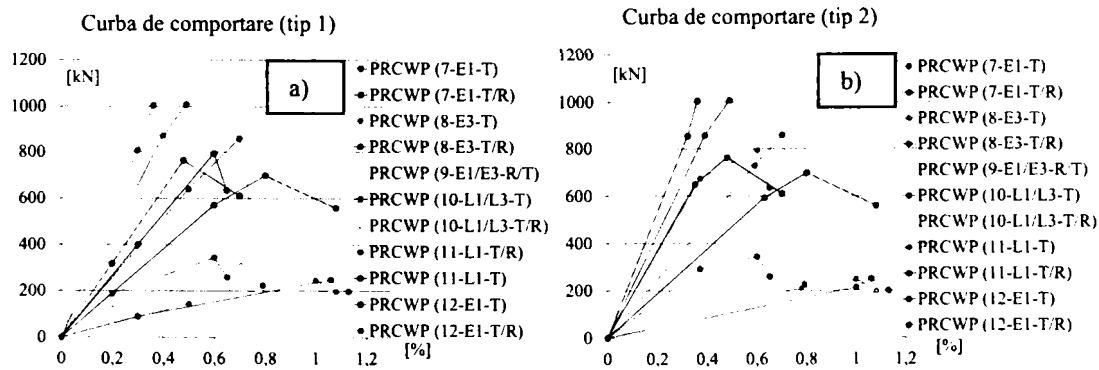


Figura 3.33 – Comparația curbelor de comportare

3.3 Energia disipată

Bazată pe procedura folosită și raportată de către Demeter în [8], energia disipată (E) s-a evaluat din curbele de histereză de forță orizontală – deplasare laterală, utilizând aria mărginită de bucla de histereză. Așadar, energia disipată cumulată s-a obținut prin integrarea continuă a răspunsului forță – deplasare, folosind următoarele ecuații:

$$CED_j = CED_{j-1} + (\delta_j - \delta_{j-1}) \cdot \left(\frac{V_j}{2} + \frac{V_{j-1}}{2} \right) \quad (3.1)$$

unde CED reprezintă energia disipată cumulată; j este un punct de pe curba forță - deplasare; iar δ_j și V_j sunt valoarea driftului și a forței laterale corespunzătoare.

Driftul cumulată (CD) s-a calculat incremental:

$$CD_j = CD_{j-1} + |\delta_j - \delta_{j-1}| \quad (3.2)$$

Raportul driftului cumulată (CR) s-a obținut prin ecuația:

$$CR_j \% = \left(\frac{CD_j}{310} \right) \cdot 100 \quad (3.3)$$

Pe baza relațiilor de mai sus se pot compune diverse reprezentări ale energiei disipate de către elementele investigate. Figura 3.34 reprezintă energia disipată cumulată vs drift pentru elementele de referință, iar în Figura 3.35 pentru elementele consolidate. Energia disipată cumulată vs driftul cumulată este reprezentată în Figura 3.36 pentru elementele de referință, iar în Figura 3.37 pentru elementele consolidate. Se poate concluziona în baza rezultatelor obținute faptul că specișenele cu goluri mari disipă mai puțină energie decât cele cu goluri mici. În Figura 3.38 și Figura 3.39 sunt reprezentate energia disipată de specișene pe fiecare ciclu. Se poate observa faptul că în majoritatea cazurilor energia disipată în al doilea ciclu este mai mică decât în primul.

În Figura 3.40 și Figura 3.41 sunt reprezentate energia disipată cumulată (pe jumătate de ciclu), iar în Figura 3.42 și Figura 3.43 sunt reprezentate energia disipată cumulată (pe ciclu). Din nou, se poate observa faptul că specișenele de referință cu goluri mari, și anume PRCWP (8-E3-T) și PRCWP (10-L1 L3-T), disipă mai puțină energie decât cele cu goluri mici. Specișenele cu goluri mari au arătat însă o capacitate de deformare mărită față de cele cu goluri mici, și anume, PRCWP (7-E1-T), (11-L1-T) și (12-E1-T). Valori mari ale energiei disipate s-au obținut în cazul specișenelor consolidate PRCWP (7, 10-11), față de elementele de referință, iar specișenele consolidate PRCWP (8, 12) au disipat o energie similară cu cele de referință. Elementul PRCWP (9-E1 E3-R T) a disipat mai multă energie decât (8-E3-T R), și mai puțină decât PRCWP (7-E1-T R) și (12-E1-T R).

Media energiei disipate cumulate (pe cele două cicluri) este prezentată în Tabelul 3.4. Energia disipată cumulată a variat între (19,58 ÷ 53,94) pentru elementele de referință și între (14,69 ÷ 78,90) pentru elementele consolidate.

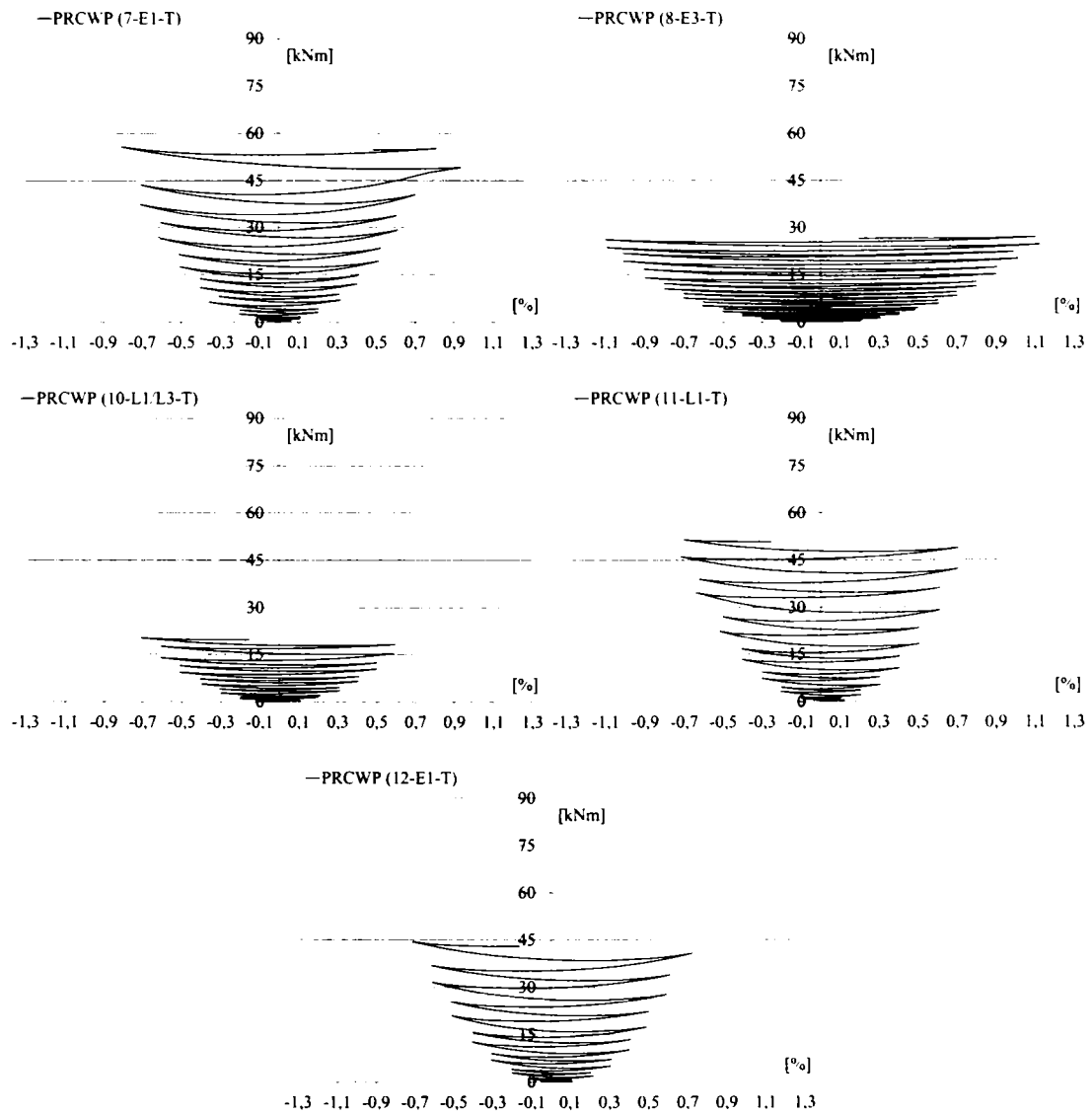


Figura 3.34 – Energia disipată cumulată vs drift, a elementelor de referință

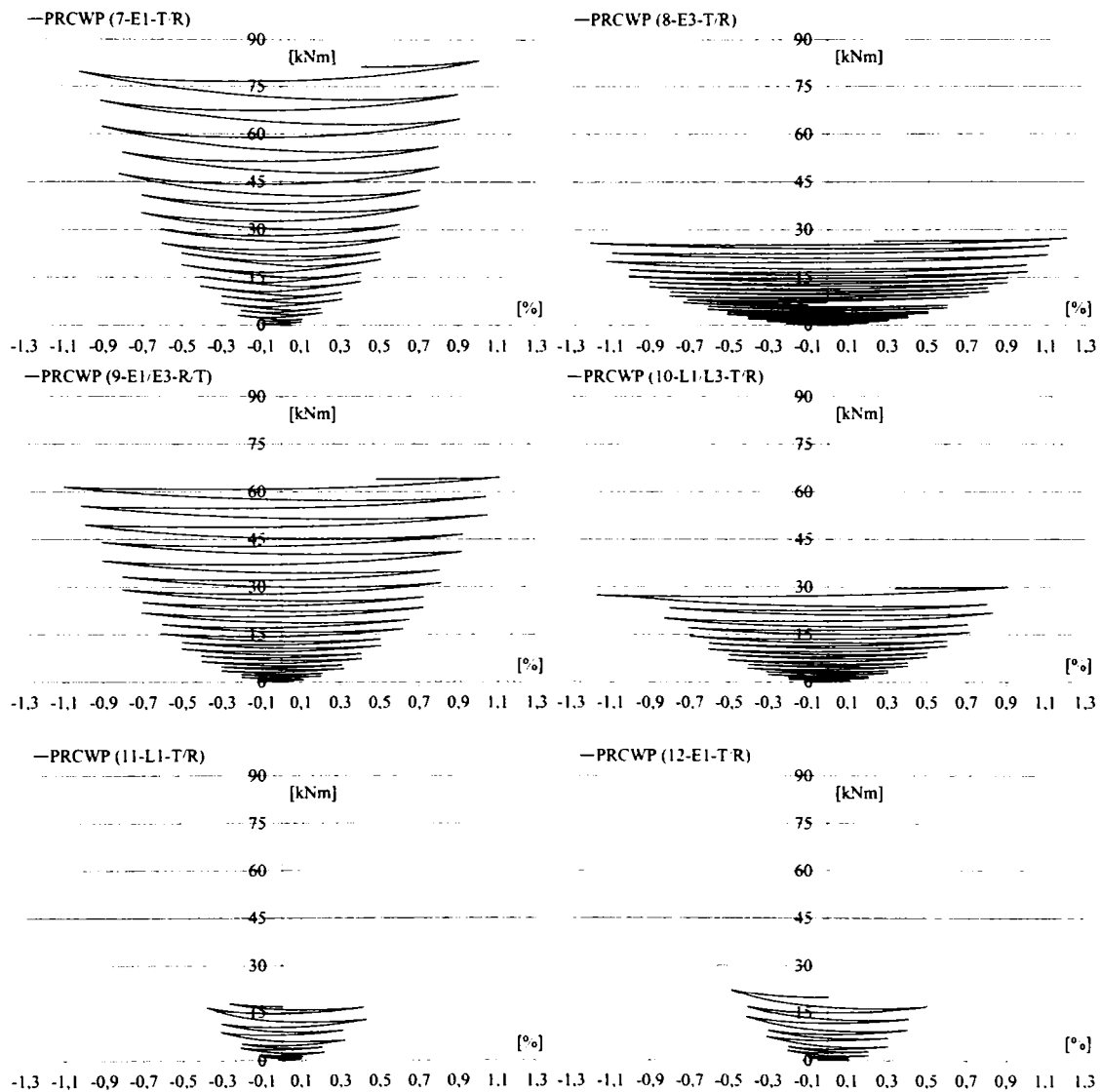


Figura 3.35 – Energia disipată cumulată vs drift, a elementelor consolidate

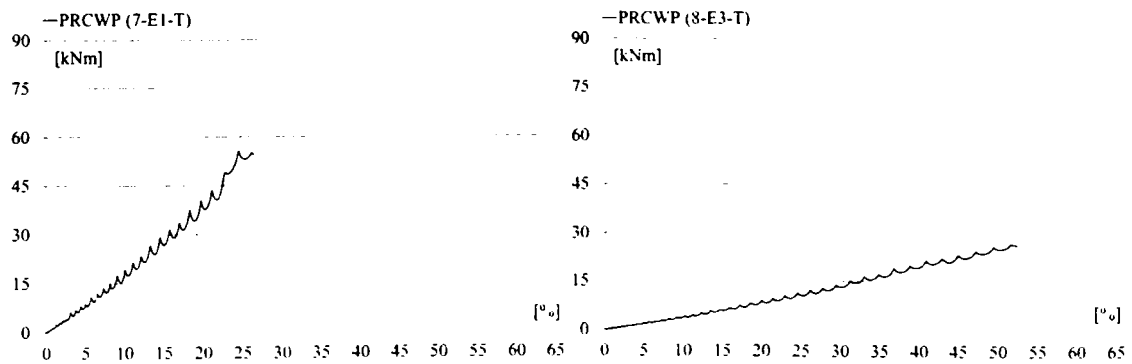


Figura 3.36 – Energia disipată cumulată vs driftul cumulată, a elementelor de referință

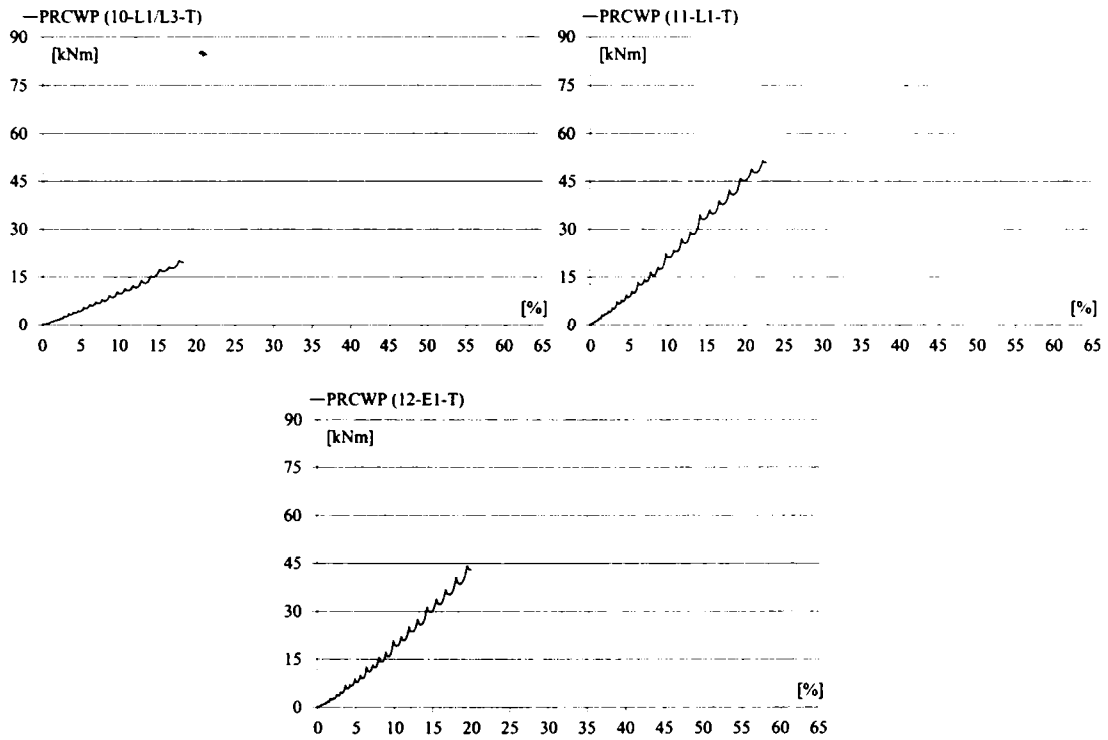


Figura 3.36 (continuare) – Energia disipată cumulată vs driftul cumulată, a elementelor de referință

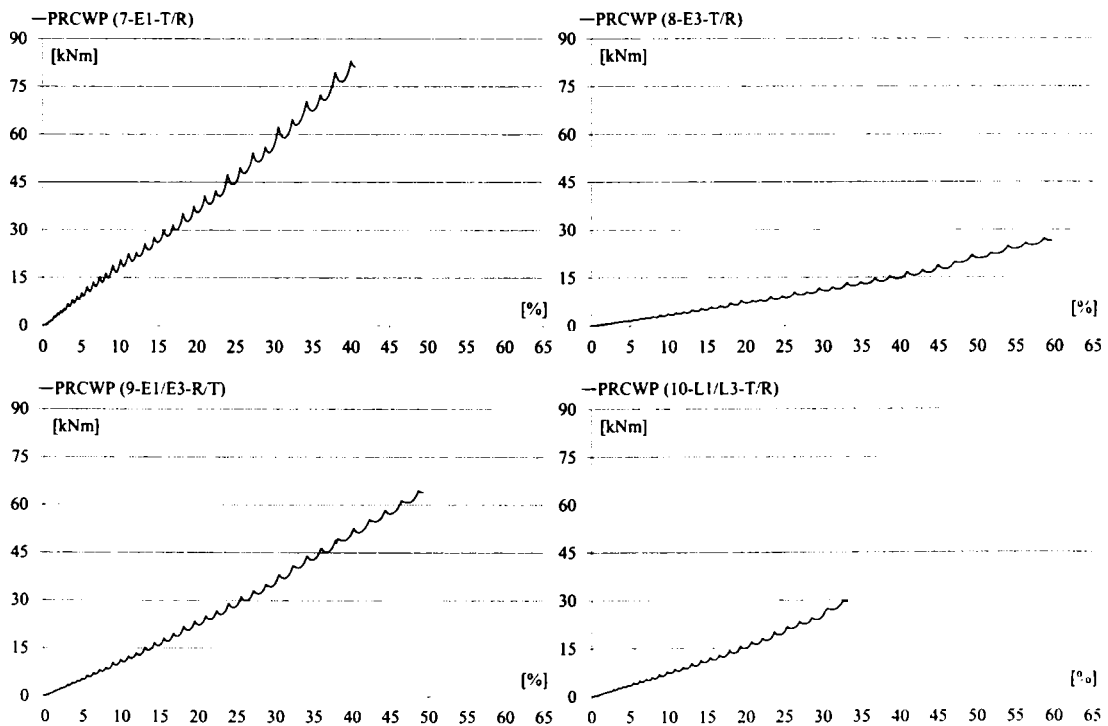


Figura 3.37 – Energia disipată cumulată vs driftul cumulată, a elementelor consolidate

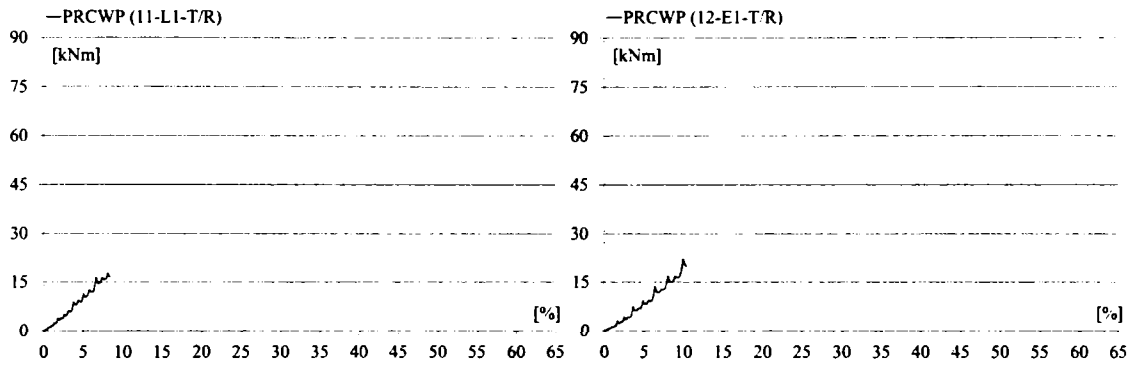


Figura 3.37 (continuare) – Energia disipată cumulată vs driftul cumulată, a elementelor consolidate

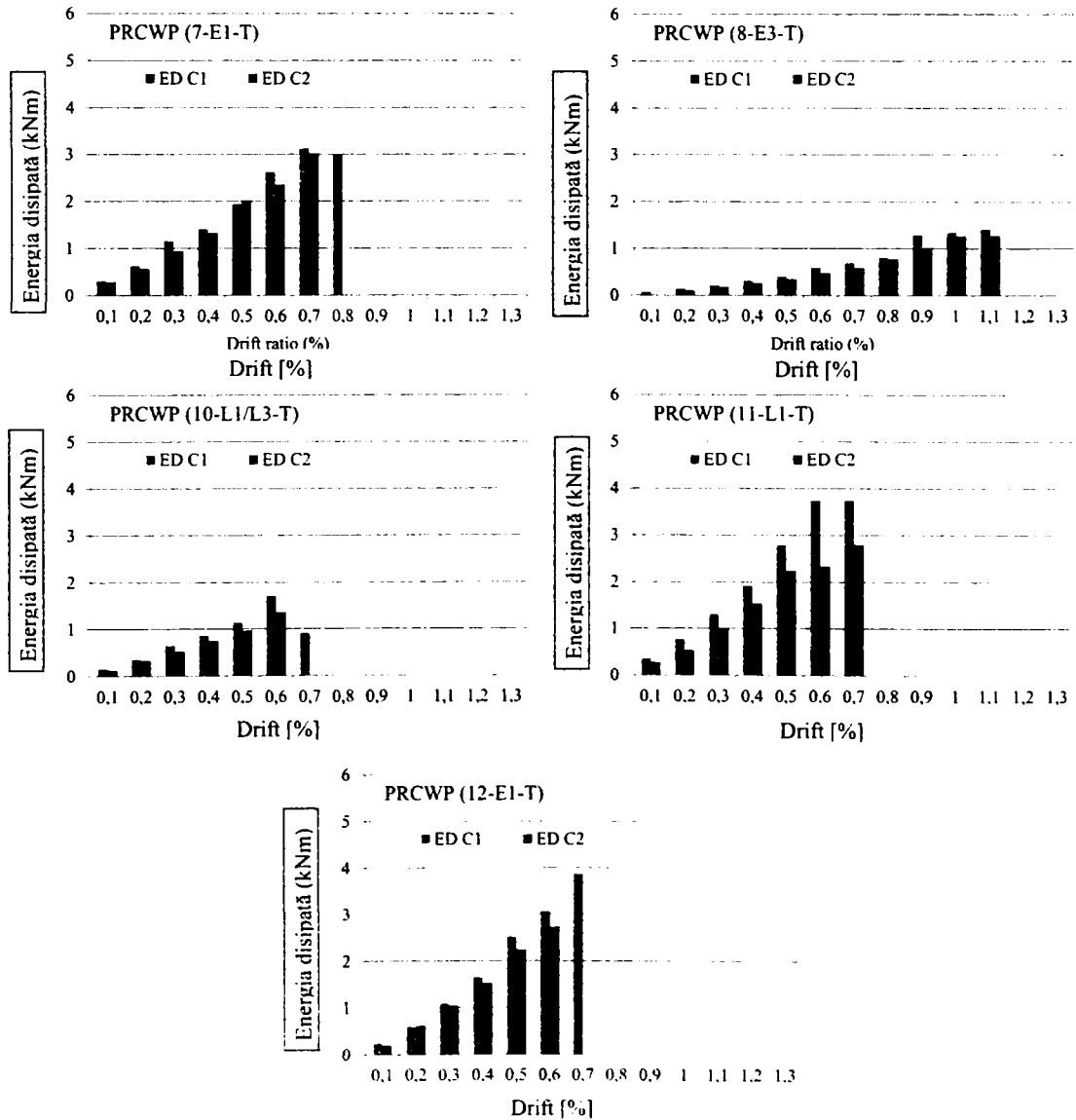


Figura 3.38 – Energia disipată – elemente de referință

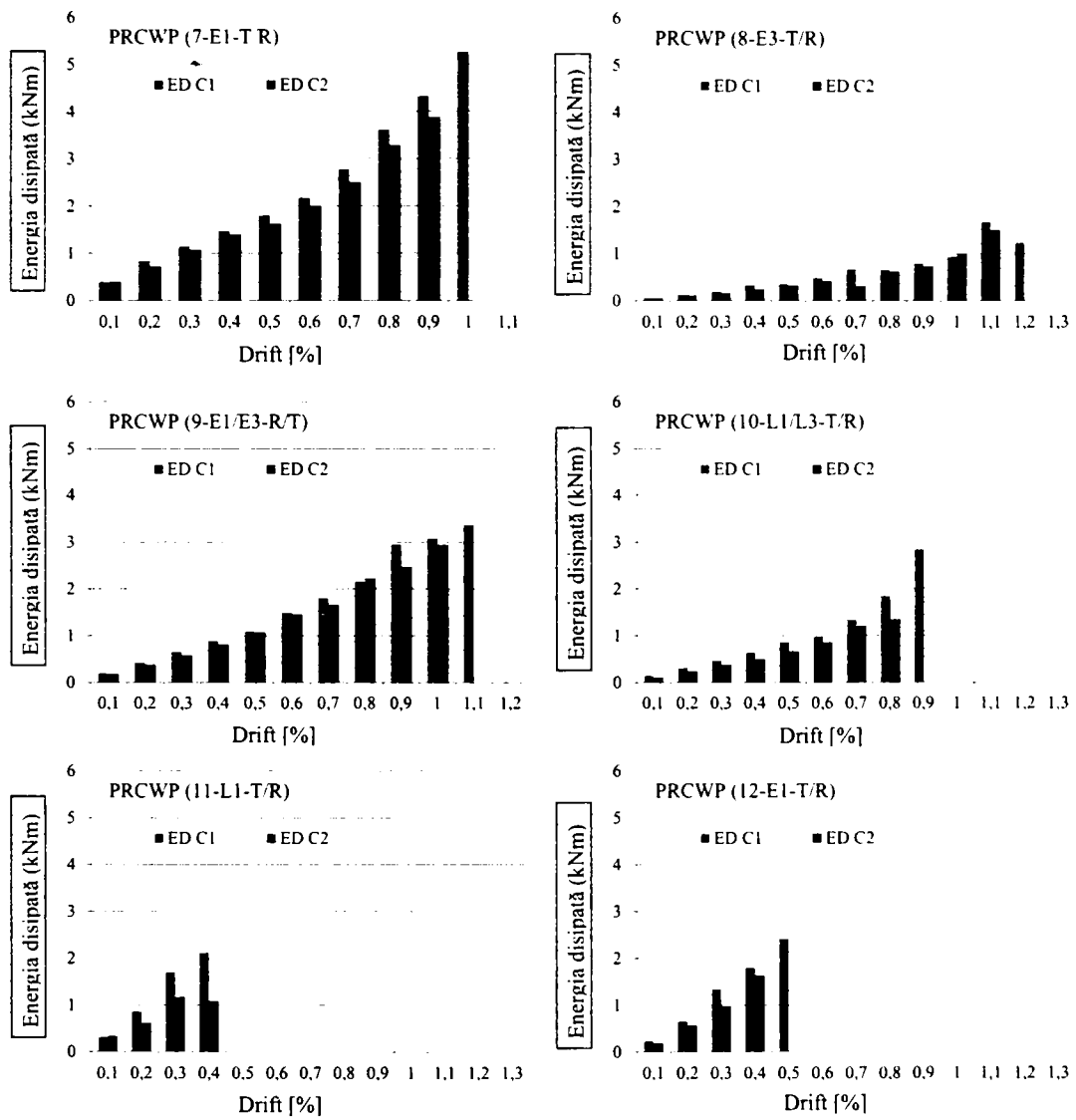


Figura 3.39 – Energia disipată – elemente consolidate

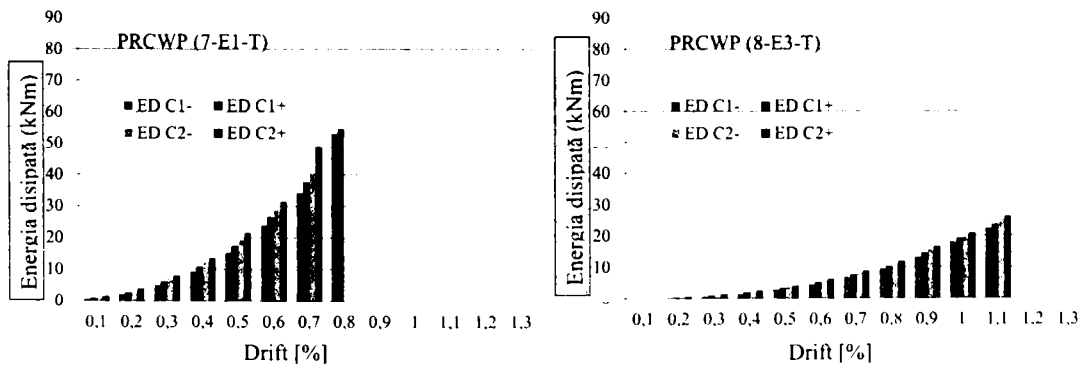


Figura 3.40 – Energia disipată cumulată (pe jumătate de ciclu) – elemente de referință

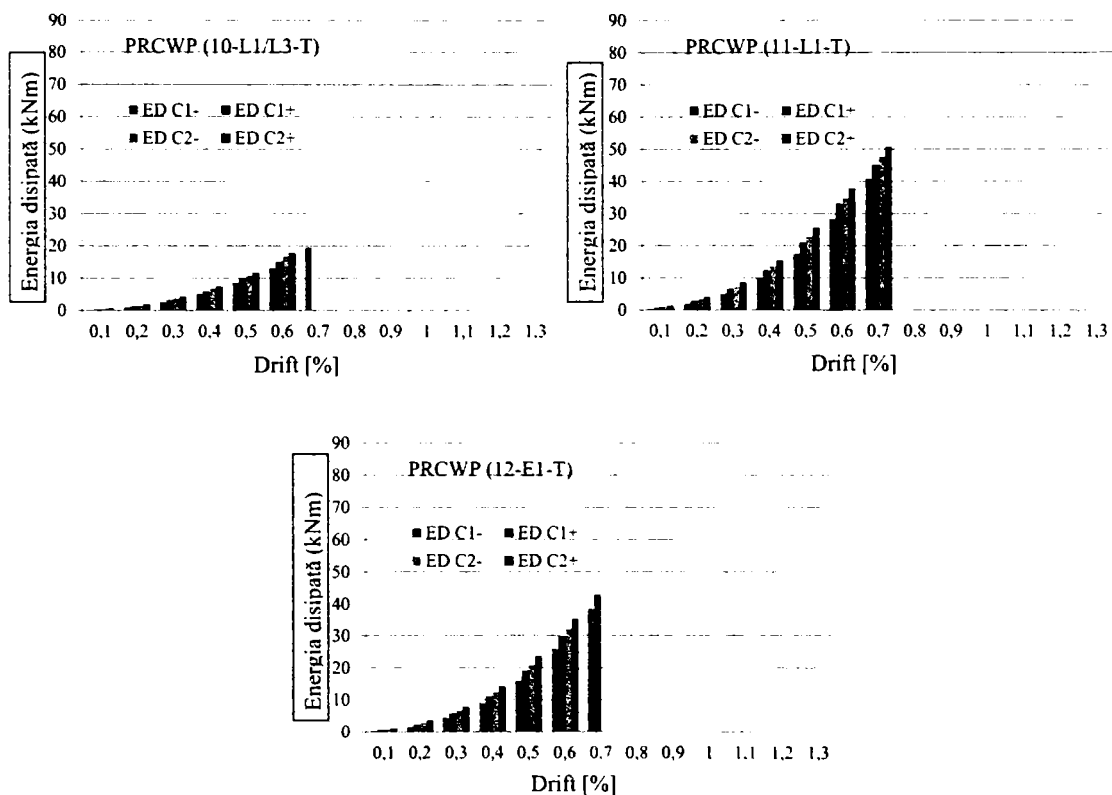


Figura 3.40 (continuare) – Energia disipată cumulată (pe jumătate de ciclu) – elemente de referință

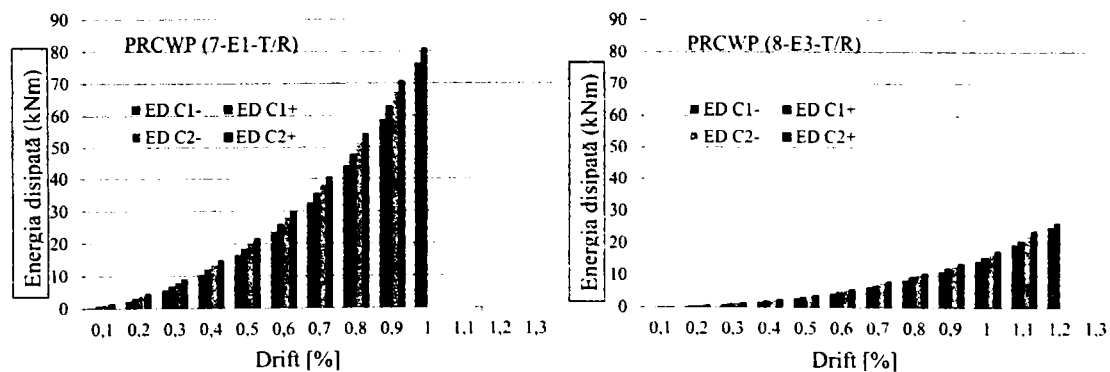


Figura 3.41 – Energia disipată cumulată (pe jumătate de ciclu) – elemente consolidate

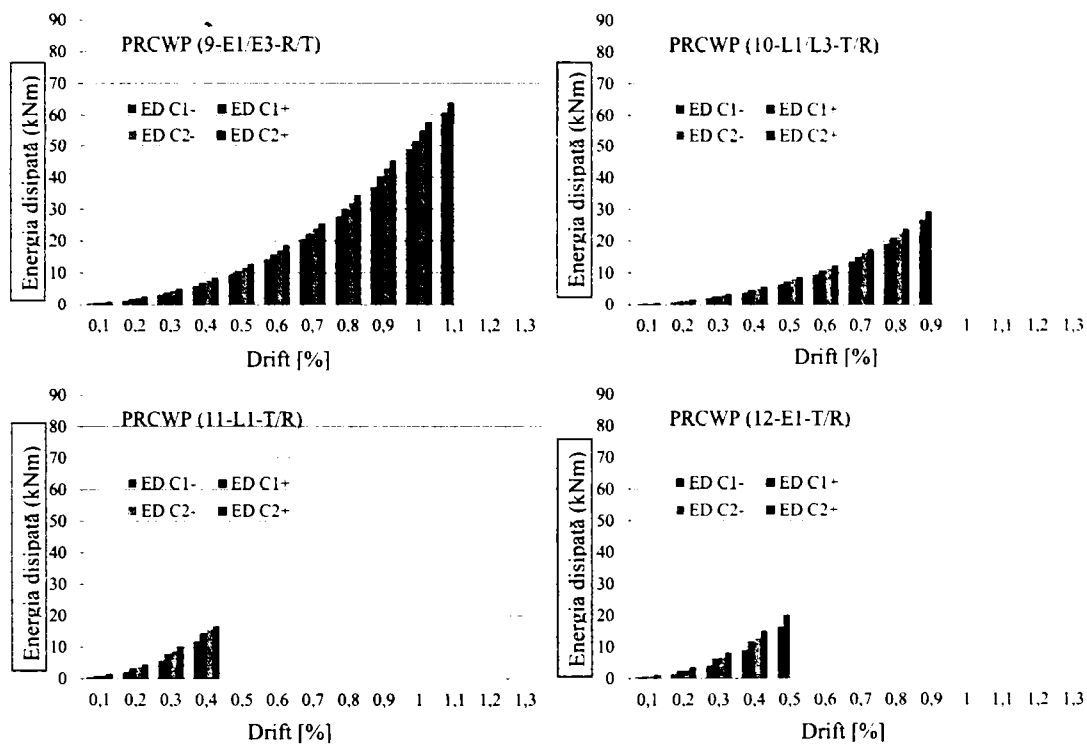


Figura 3.41 (continuare) – Energia disipată cumulată (pe jumătate de ciclu) – elemente consolidate

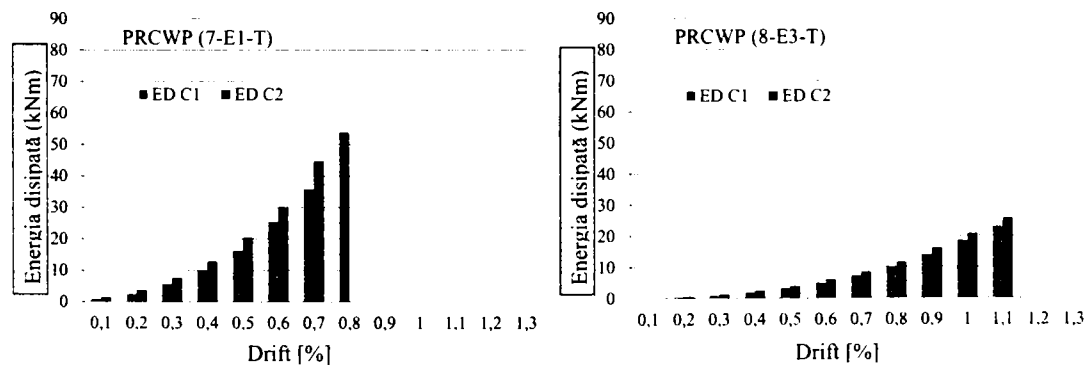


Figura 3.42 – Energia disipată cumulată (pe ciclu) – elemente de referință

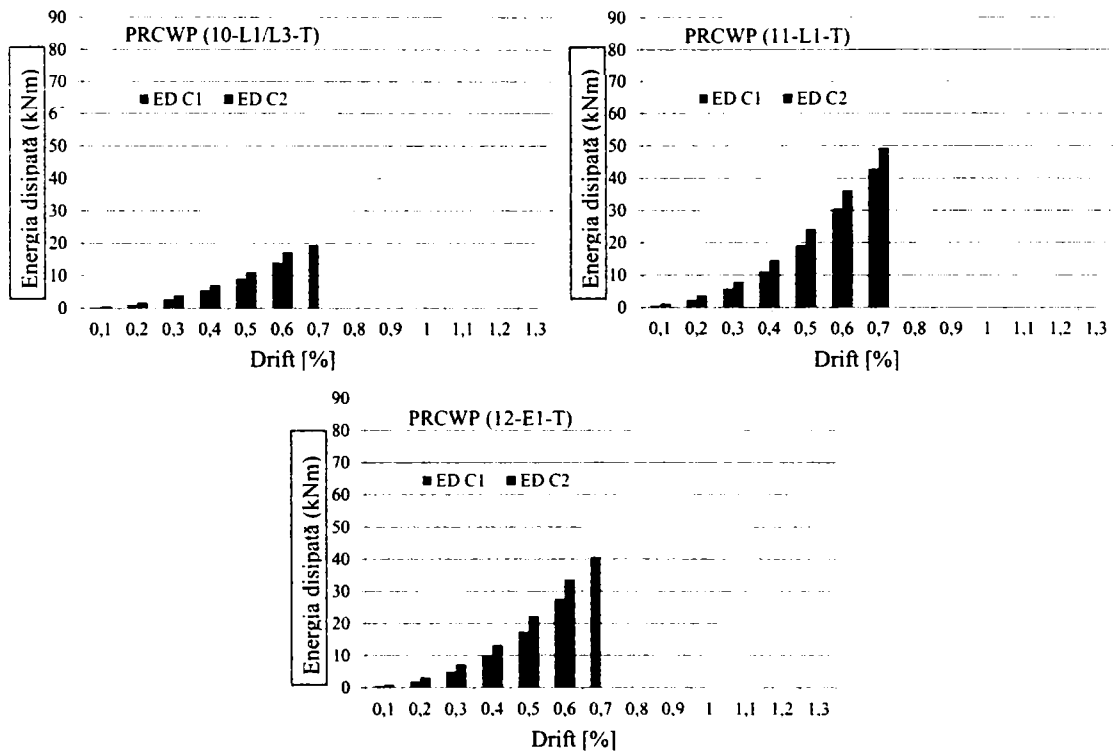


Figura 3.42 (continuare) – Energia disipată cumulată (pe ciclu) – elemente de referință

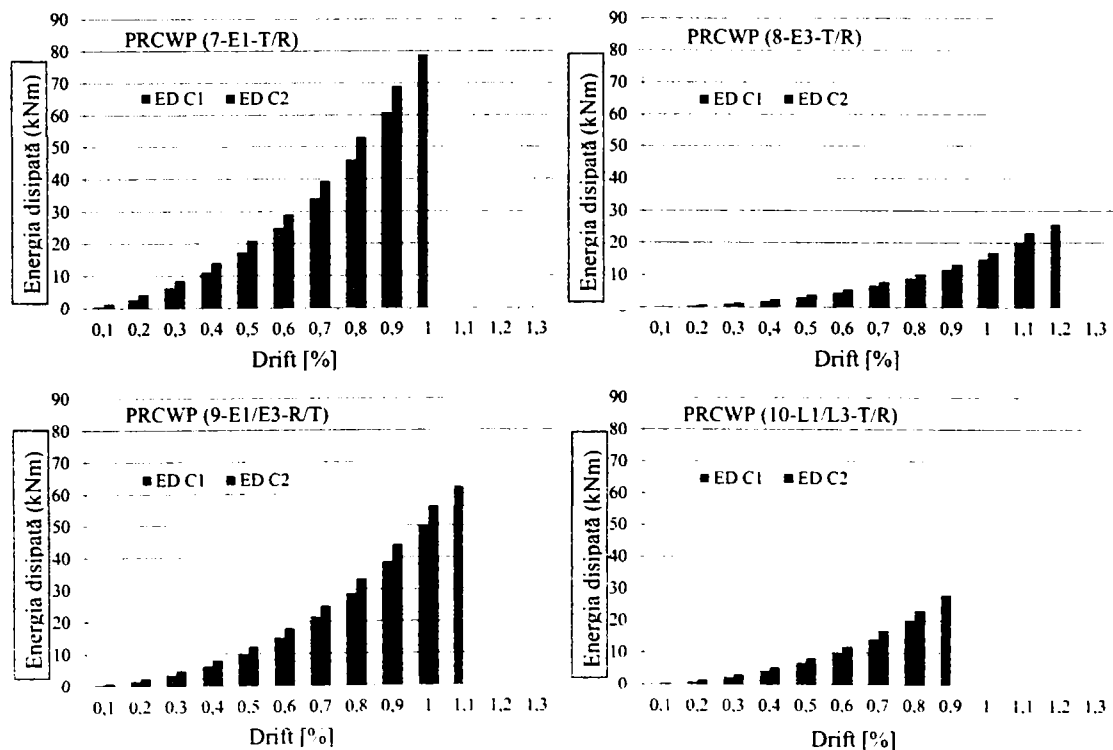


Figura 3.43 – Energia disipată cumulată (pe ciclu) – elemente consolidate

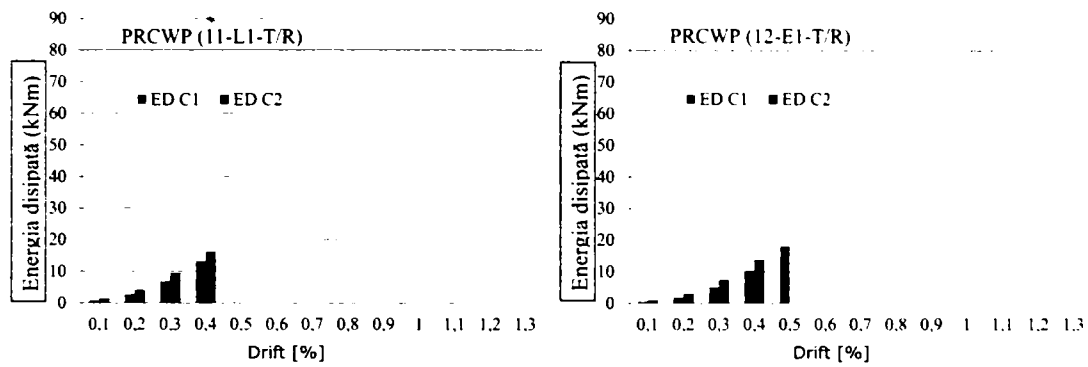


Figura 3.43 (continuare) – Energia disipată cumulată (pe ciclu) – elemente consolidate

Tabel 3.4 – Energia disipată cumulată pe fiecare ciclu

Denumire element	Energia disipată cumulată, CED (kNm)					
	Drift	Drift	Drift	Drift	Drift	Drift
	0,10%	0,20%	0,30%	0,40%	0,50%	0,60%
PRCWP (7-E1-T)	1,13	3,07	6,65	11,54	18,42	27,76
PRCWP (7-E1-T/R)	0,96	3,54	7,44	12,67	19,18	26,95
PRCWP (8-E3-T)	0,09	0,45	1,11	2,13	3,50	5,44
PRCWP (8-E3-T/R)	0,19	0,59	1,23	2,23	3,49	5,14
PRCWP (9-E1/E3-R/T)	0,68	1,98	4,15	7,20	11,19	16,47
PRCWP (10-L1/L3-T)	0,36	1,40	3,40	6,29	10,15	15,66
PRCWP (10-L1/L3-T/R)	0,37	1,26	2,75	4,82	7,60	10,98
PRCWP (11-L1-T)	0,87	3,03	6,88	12,88	21,72	33,46
PRCWP (11-L1-T/R)	1,03	3,43	8,18	14,69	-	-
PRCWP (12-E1-T)	0,75	2,49	6,10	11,61	19,86	30,70
PRCWP (12-E1-T/R)	0,72	2,48	6,29	12,09	18,06	-

Denumire element	Energia disipată cumulată, CED (kNm)					
	Drift	Drift	Drift	Drift	Drift	Drift
	0,70%	0,80%	0,90%	1,00%	1,10%	1,20%
PRCWP (7-E1-T)	40,29	53,94	-	-	-	-
PRCWP (7-E1-T/R)	36,72	49,45	65,03	78,90	-	-
PRCWP (8-E3-T)	7,82	10,70	14,93	19,62	24,33	-
PRCWP (8-E3-T/R)	7,36	9,74	12,60	16,08	21,72	25,80
PRCWP (9-E1/E3-R/T)	23,11	31,02	41,31	53,05	62,34	-
PRCWP (10-L1/L3-T)	19,58	-	-	-	-	-
PRCWP (10-L1/L3-T/R)	15,57	21,65	28,21	-	-	-
PRCWP (11-L1-T)	46,11	-	-	-	-	-
PRCWP (11-L1-T/R)	-	-	-	-	-	-
PRCWP (12-E1-T)	40,70	-	-	-	-	-
PRCWP (12-E1-T/R)	-	-	-	-	-	-

3.4 Ductilitatea elementelor

Datorită faptului că relația dintre rezistență și deformare nu are un punct de curgere bine definit, evaluarea ductilității elementelor rămâne convențională. Estimări ale deplasării la curgere au fost evaluate de către (2000), Park (1988), Salonikios et al. (2000), Carrillo et al. (2014). În cadrul cercetării curente, autorul a adoptat metoda $\mu_{0.85}$ pentru evaluarea ductilității specimenelor investigate. Metoda $\mu_{0.85}$ definește ductilitatea ($\mu = \Delta u / \Delta y$) ca și raportul dintre deplasarea ultimă (Δu – driftul corespunzător pierderii a 20% din capacitatea portantă) și deplasarea corespunzătoare la 0.85 din forța maximă de pe ramura ascendentă (Δy – driftul la curgere). Coeficientul de ductilitate $\mu_{0.85}$ al elementelor consolidate comparativ cu cel al elementelor de referință este prezentat în Fig. 3.44. Se poate observa faptul că ductilitatea a variat între 1.31 și 1.87. Pentru două cazuri s-a obținut la elementele consolidate o ductilitate mai mare decât a elementelor de referință. În cazul a două elemente consolidate care nu au putut fi duse la cedare, în baza formei curbei de forță – deplasare s-a observat mai degrabă o comportare rigidă decât ductilă. În Figura 3.45 sunt reprezentate comparații ale ductilității specimenelor. Elementul PRCWP (9-E1/E3-R/T) a dezvoltat o ductilitate mărită față de elementele consolidate PRCWP (7, 8, 10), iar elementul PRCWP (11-L1-T/R) a dezvoltat o ductilitate mărită față de elementele consolidate PRCWP (7, 10, 12). Valori similare ale ductilității au fost obținute pentru PRCWP (8-E3-T/R) și PRCWP (10-L1/L3-T/R). Comparația ductilității elementelor de referință este data în Figura 3.46 a), și în Figura 3.46 b) pentru elementele consolidate. Cu condiția excluderii din comparație a ductilității elementului PRCWP (7-E1-T) datorită modului de cedare brusc, se poate observa că elementele de referință cu goluri mari, ex: PRCWP (8-E3-T) a dezvoltat o ductilitate mai mică decât PRCWP (12-E1-T), iar elementul cu gol mare de fereastră, PRCWP (10-L1/L3-T), a dezvoltat o ductilitate mai mică decât unul cu gol mic de fereastră, PRCWP (11-L1-T). Conform rezultatelor prezentate în Figura 4.46 b), elementul PRCWP (9-E1/E3-R/T) a dezvoltat o ductilitate mărită față de PRCWP (8-E3-T/R) și PRCWP (10-L1/L3-T/R), demonstrând astfel contribuția consolidării. O comparație generală a coeficienților de ductilitate pentru elementele investigate este reprezentată în Figura 3.47 a), iar în Figura 3.47 b) este reprezentat coeficientul de ductilitate normalizat al specimenelor.

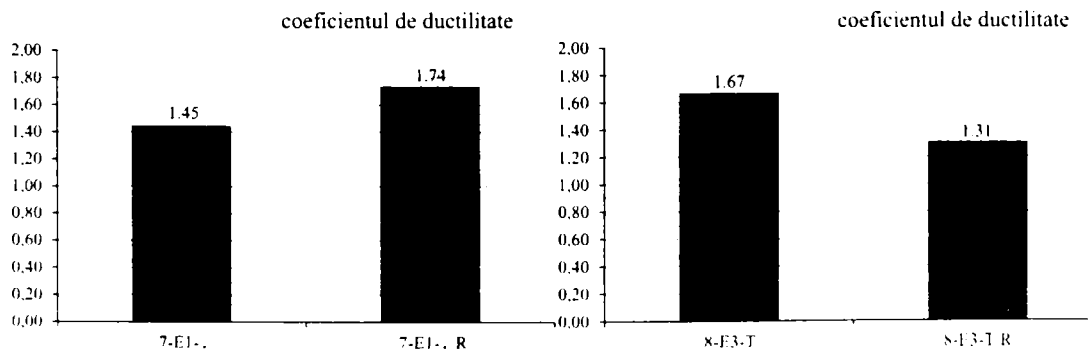


Figura 3.44 – Coeficientul de ductilitate al elementelor investigate

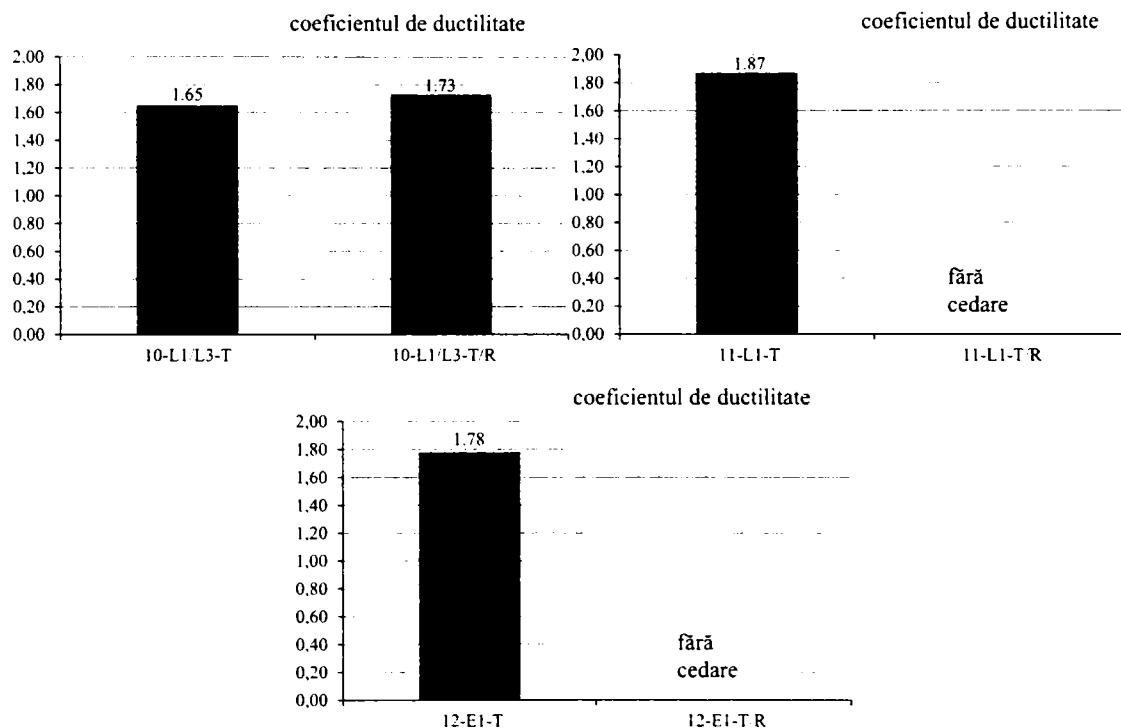


Figura 3.44 (continuare) – Coeficientul de ductilitate al elementelor investigate

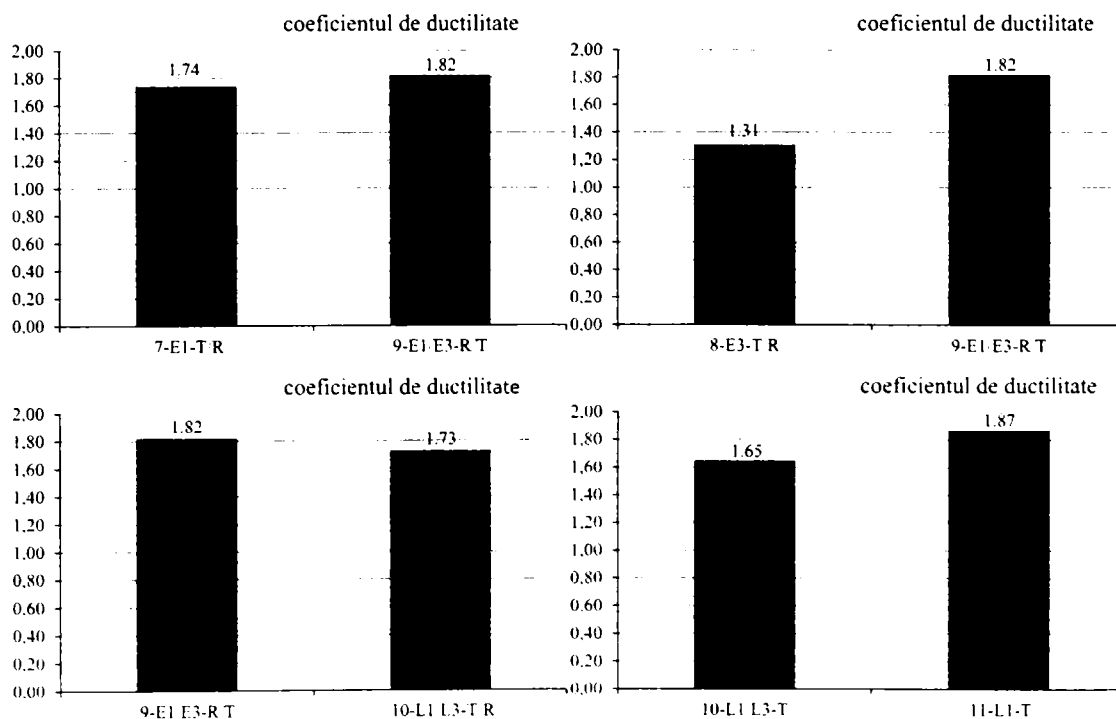


Figura 3.45 – Comparații ale coeficienților de ductilitate

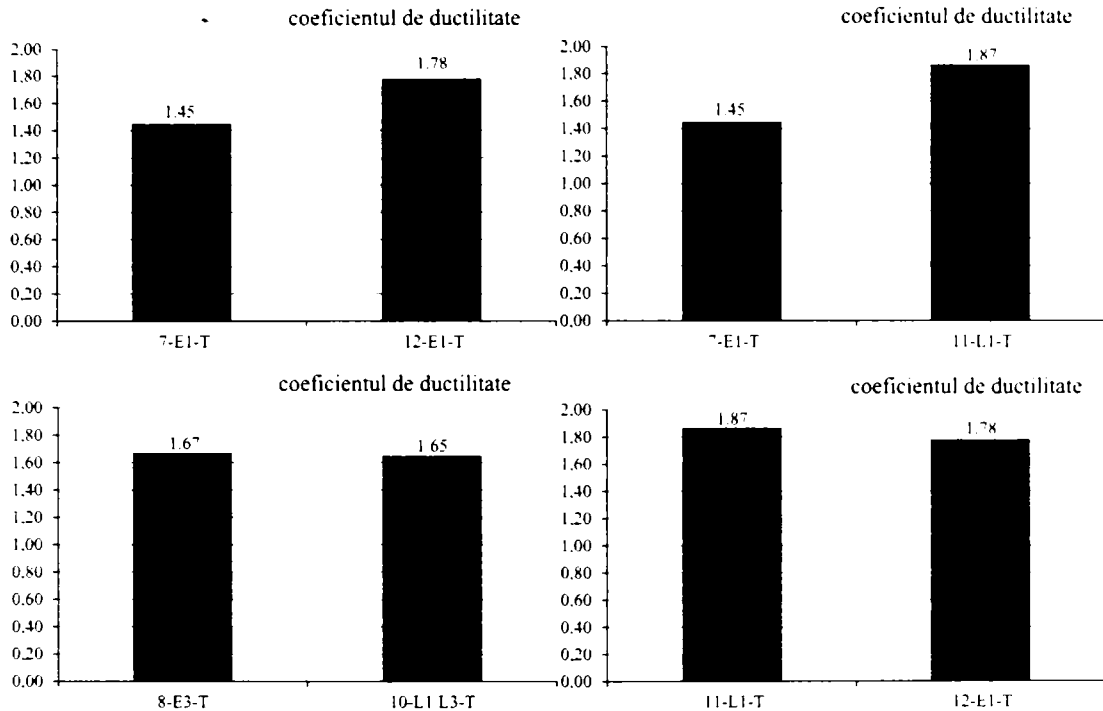


Figura 3.45 (continuare) – Comparații ale coeficienților de ductilitate

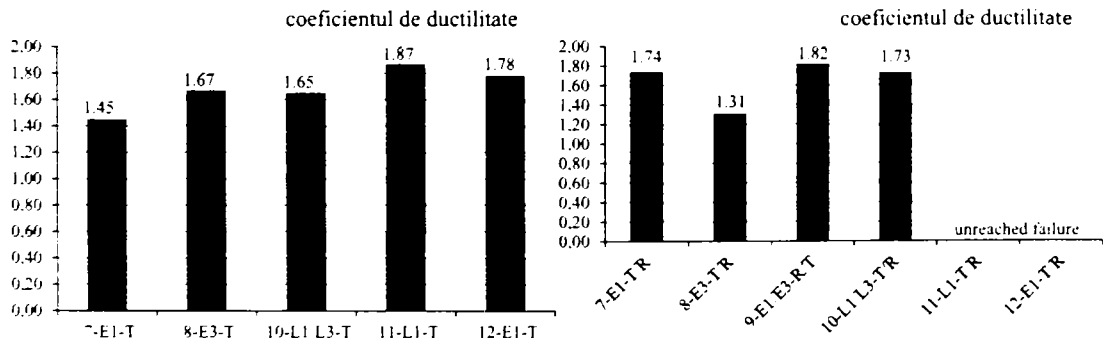


Figura 3.46 – Comparații ale coeficienților de ductilitate

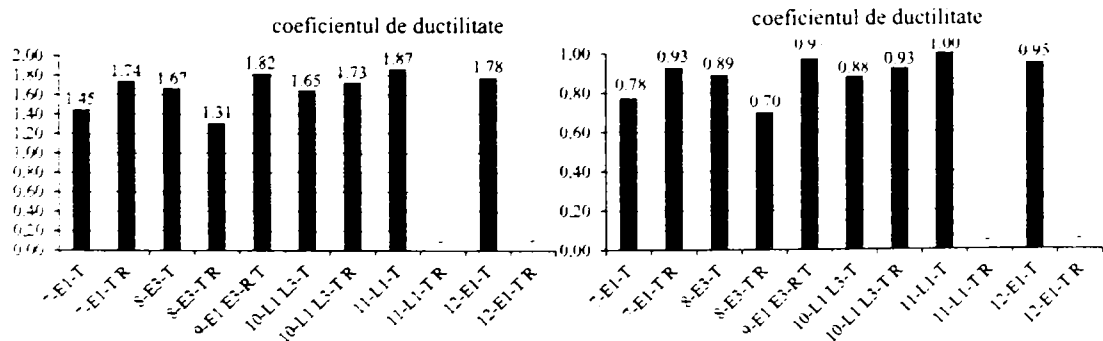


Figura 3.47 – Comparații ale coeficienților de ductilitate pentru elementele investigate

3.5 Deformații specifice în armătură

Deformațiile specifice s-au măsurat pe barele de armătură verticale, orizontale și înclinate ale elementelor de referință, și pe fâșiile din FRP verticale, orizontale și înclinate ale elementelor consolidate. Poziția mărcilor tensometrice este reprezentată în Fig. 2.18, Secțiunea 2.6. Deformația specifică ε (‰) versus drift este reprezentată în Figura 3.48 pentru elementele investigate. Curgerea armăturii a fost atinsă în majoritatea cazurilor la elementele de referință în zonele critice, ex: colțurile de sus ale golurilor (zona riglă - montant), montanți și parapet. Mărcile tensometrice aplicate pe fâșii din FRP nu au indicat valori mari ale deformației specifice, însă cu siguranță s-a constatat activitatea lor din timpul încercărilor experimentale, în special în colțurile golurilor (zona riglă – montant) și în montanți.

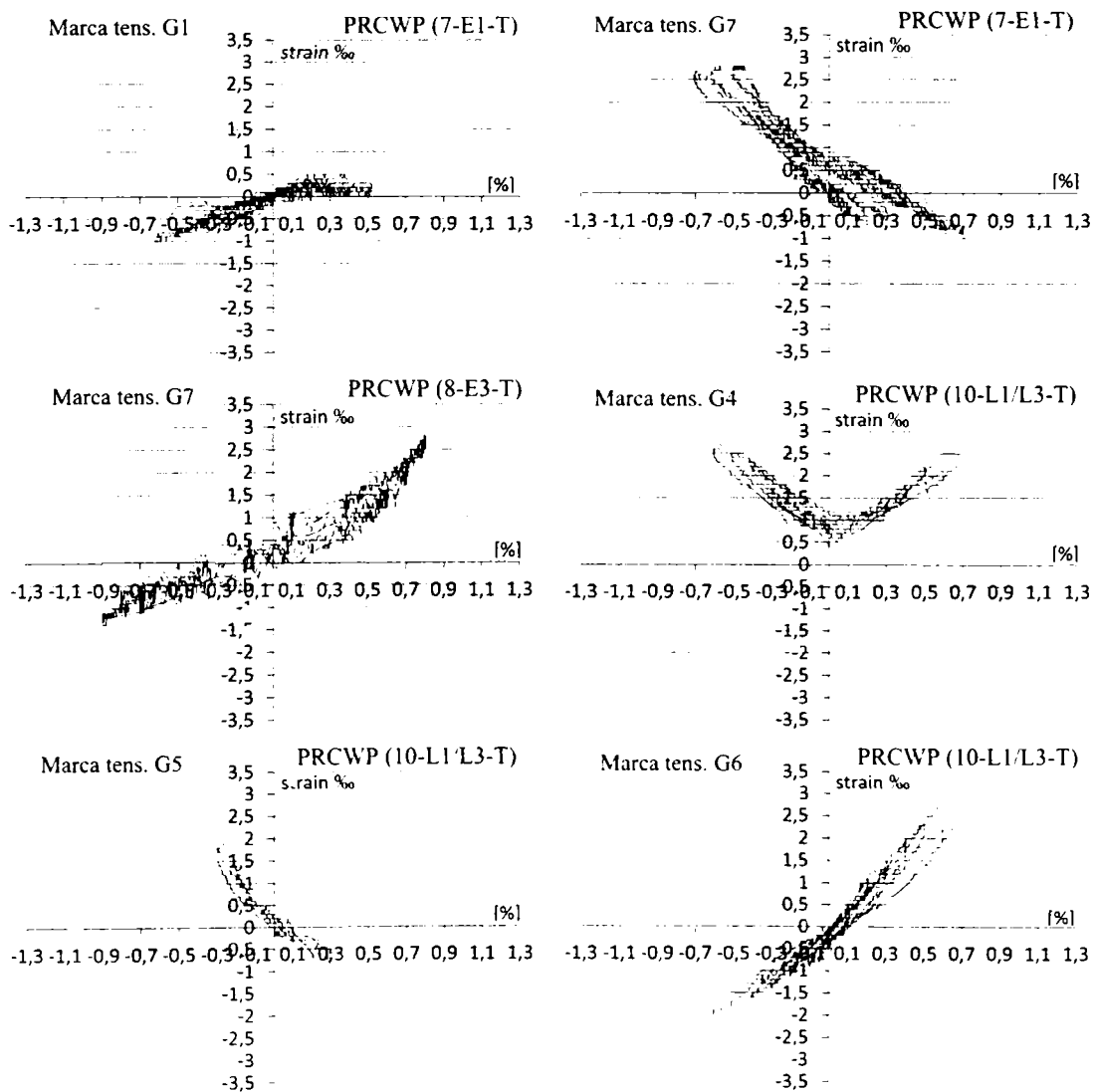
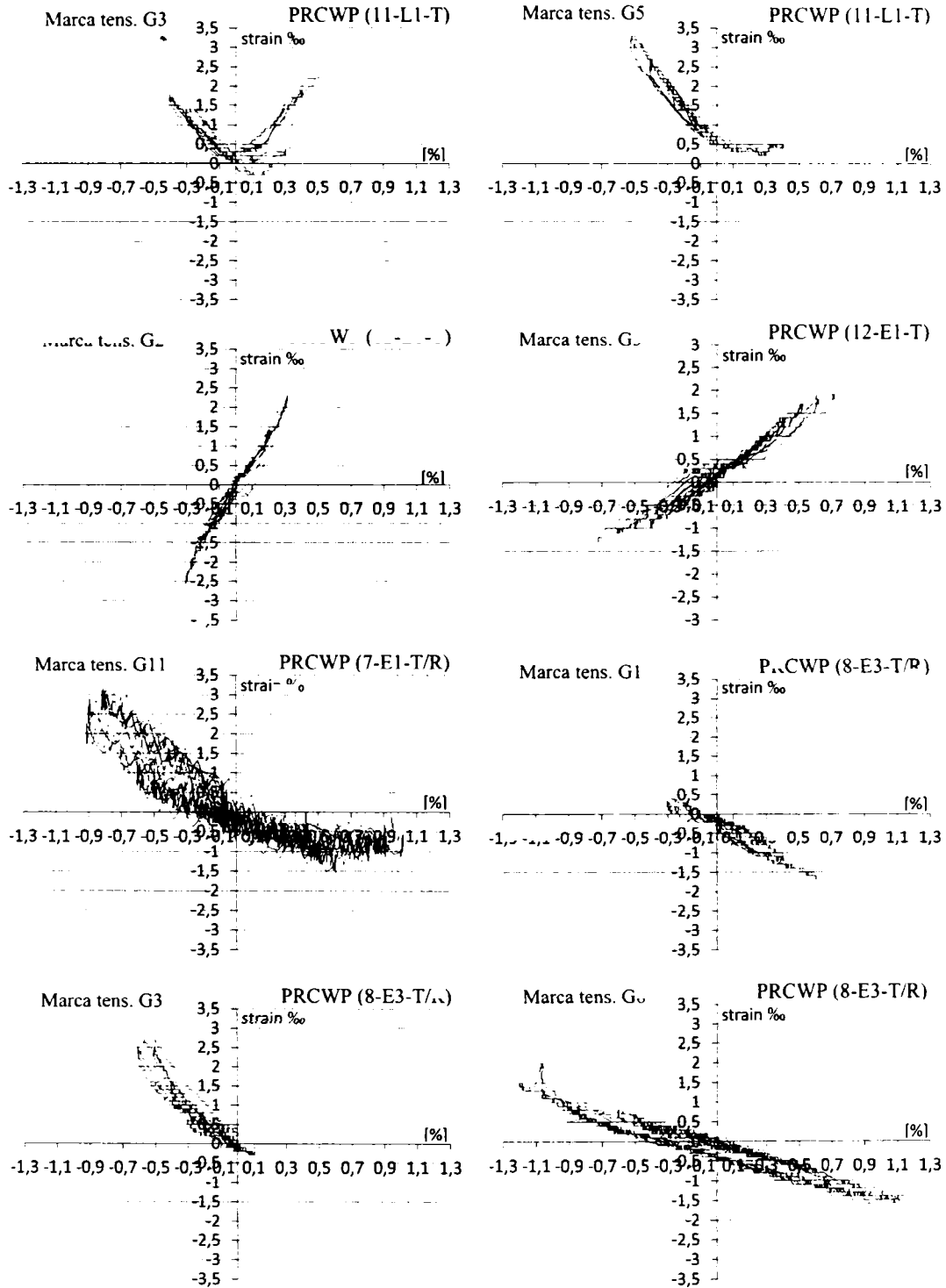


Figura 3.48 – Deformații specifice în armătură (ε) versus drift pentru elementele investigate

Figura 3.48 (continuare) – Deformații specifice în armătură (ϵ) versus drift pentru elementele investigate

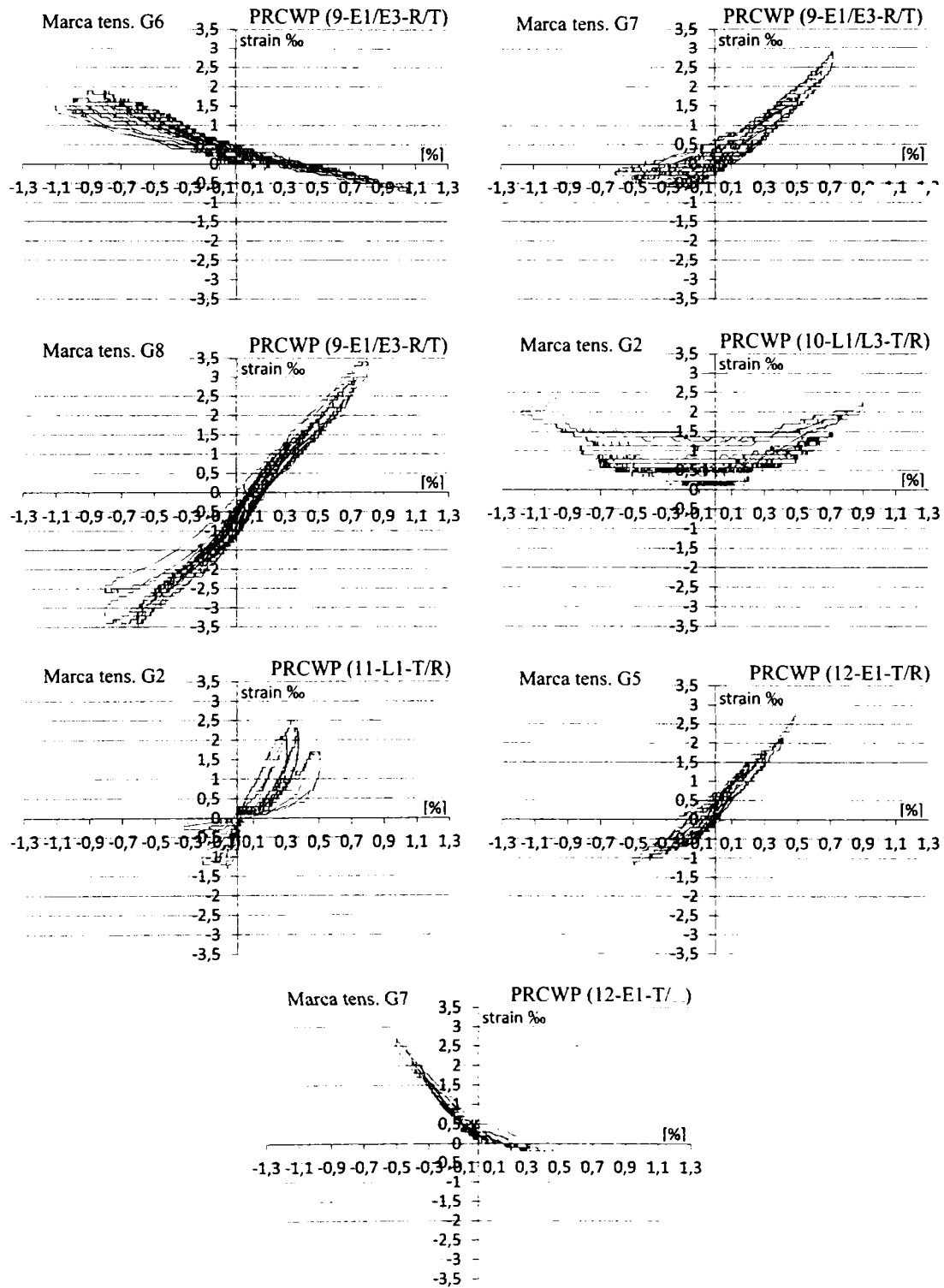


Figura 3.48 (continuare) – Deformații specifice în armătură (ϵ) versus drift pentru elementele investigate

Autorul consideră eficient sistemul de consolidare folosit, bazat pe comportarea generală a specimenelor, chiar dacă s-au dezvoltat cedări premature și desprinderi ale fâșiilor din FRP în unele cazuri.

3.6 Degradarea de rigiditate

Rigiditatea unui element este definită în literatură ca și măsura în care acel element rezistă deformațiilor sub acțiunea unei încărcări aplicate. Figura 3.49 prezintă comparații ale degradărilor de rigiditate între două elemente. În majoritatea cazurilor s-au obținut valori similare ale rigidității pentru elementele consolidate comparativ cu cele de referință. Diagrama de rigiditate versus drift pentru speciamele de referință este reprezentată în Figura 3.50 a). Se poate observa faptul că elementele cu goluri mari, și anume (PRCWP 8-E3-T, 10-L1/L3-T) au dezvoltat rigidități inițiale mai mici față de elementele cu goluri mici, și anume (PRCWP 7-E1-T, 11-L1-T, 12-E1-T). Conform Figurii 3.50 b), se poate observa faptul că elementele cu goluri mari, și anume (PRCWP 8-E3-T/R, 9-E1/E3-R/T, 10-L1/L3-T) au dezvoltat rigidități inițiale mai mici față de elementele cu goluri mici, și anume (PRCWP 7-E1-T/R, 11-L1-T/R, 12-E1-T/R). Rigiditatea inițială a elementelor investigate este reprezentată în Figura 3.51. Raportând rigiditatea inițială a elementului cu gol mare de ușă (PRCWP 8-E3-T) la rigiditatea inițială a elementului cu gol îngust de ușă (PRCWP 7-E1-T), s-a obținut o valoare de 1:4.75, iar raportând rigiditatea inițială a elementului cu gol mic de fereastră lărgit în gol mare de fereastră (PRCWP 10-L1/L3-T) la rigiditatea inițială a elementului cu gol mic de fereastră (PRCWP 11-L1-T) s-a obținut o valoare de 1:2.

Mai mulți factori sunt considerați importanți în influențarea comparațiilor făcute, cum ar fi clasa de beton, cantitatea de armătură de oțel, valoarea încărcării axiale constante, dimensiunea golului precum și tipul de gol. În cazul elementelor consolidate, rigiditatea inițială a elementului PRCWP (7-E1-T/R) s-a mărit cu 25% față de elementul de referință, iar elementul PRCWP (9-E1/E3-R/T) a dezvoltat o rigiditate inițială mai mare (2.88 ori) decât PRCWP (8-E3-T/R), și o rigiditate inițială mai mică (2.28 ori) decât PRCWP (7-E1-T/R) și (1.80 ori) decât PRCWP (12-E1-T/R). Diagrama de rigiditate versus drift pentru speciamele investigate este reprezentată în Figura 3.52 a), iar rigiditatea inițială a elementelor investigate este reprezentată în Figura 3.52 b).

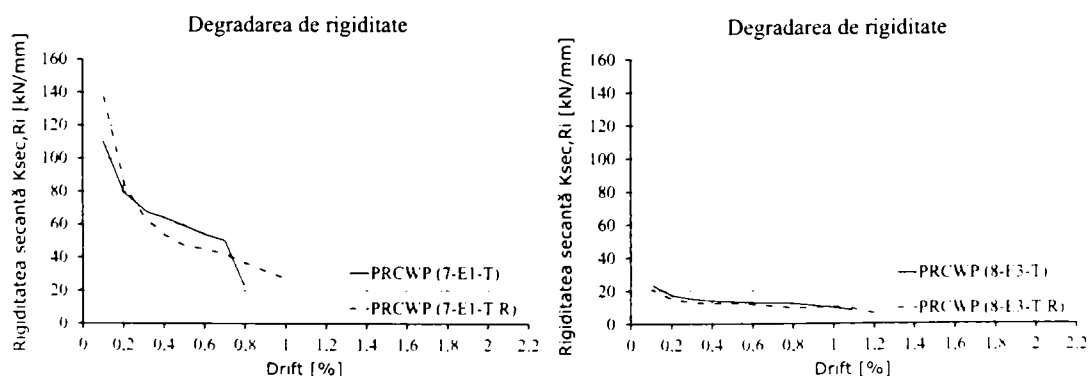


Figura 3.49 – Comparații ale degradării de rigiditate

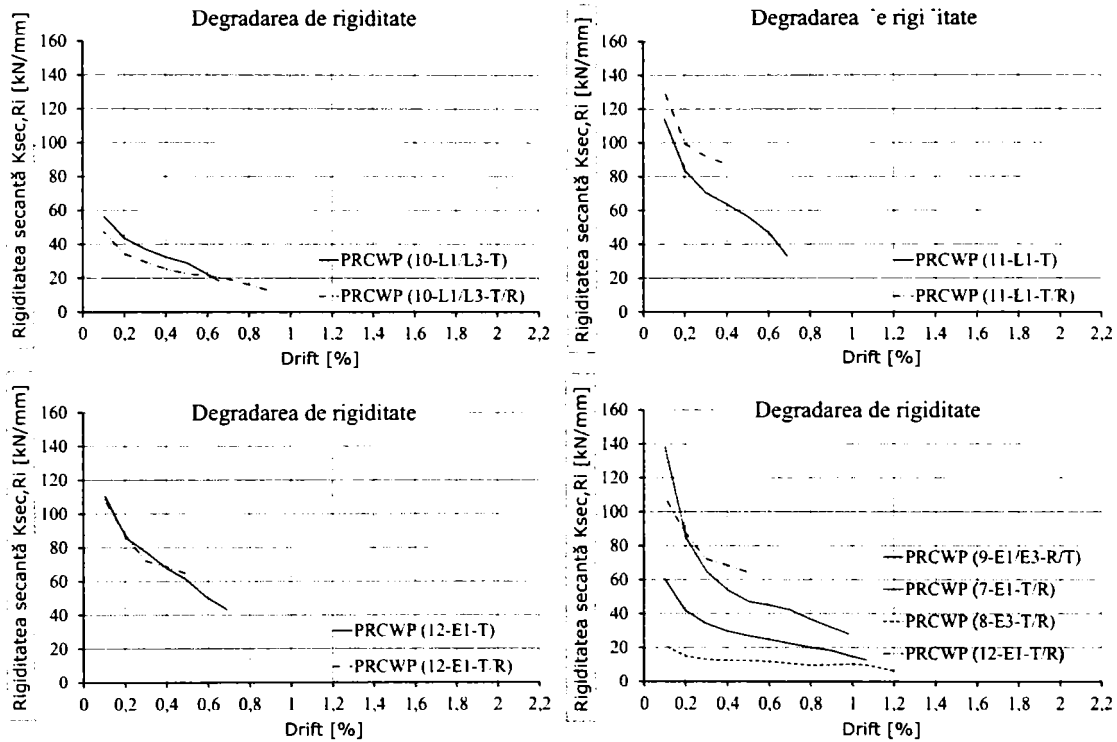


Figura 3.49 (continuare) – Comparații ale degradării de rigiditate

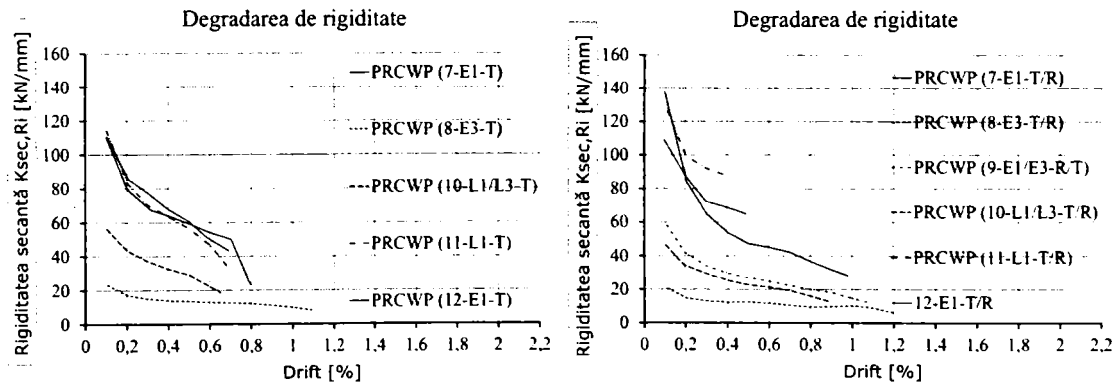


Figura 3.50 – Diagrama de rigiditate versus drift pentru speciunile investigate

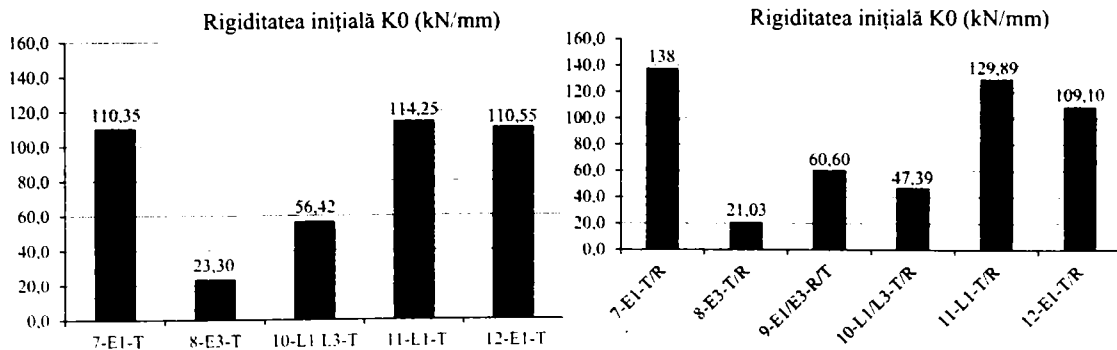


Figura 3.51 – Rigiditatea inițială a elementelor investigate

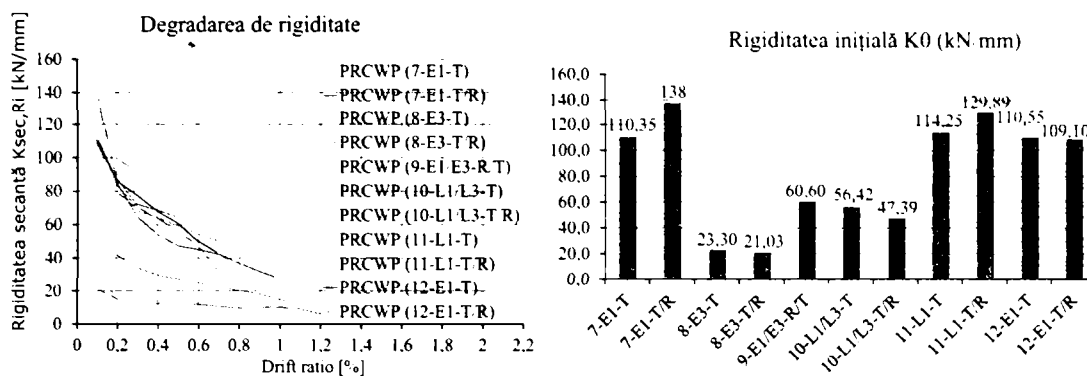


Figura 3.52 – Diagrama de rigiditate versus drift pentru speciunile investigate

3.7 Analiza numerică

Pentru estimarea rezistenței la forță tăietoare a elementelor experimentale, s-a utilizat programul de calcul ATENA 2D. Modelele folosite integrează caracteristici de material și de comportare, cum ar fi apariția primei fisuri înclinate, detalii de cedare, și comportarea neliniară la tăiere. Legea efort - deformație și criteriul de cedare pentru armătură și pentru beton sunt prezentate în Fig. 3.53. În cazul armăturii s-a adoptat un model biliniar de efort – deformație, elastic–perfect plastic, iar modelul de material SBETA s-a folosit pentru beton. Modelul SBETA include considerente importante de comportare a betonului, cum ar fi comportarea neliniară la compresiune, zdrobirea betonului la întindere, rezistența ultimă la compresiune biaxială, reducerea rezistenței la compresiune după apariția fisurilor, rigiditatea la întindere, precum și reducerea rigidității la tăiere după apariția fisurilor. Parametrii modelului SBETA au fost determinați în conformitate cu Eurocodul 2. În cazul elementelor consolidate, fâșile EBR-CFRP și lamelele NSM-CFRP au fost modelate ca bare independente, iar plasa sistemului TRM s-a introdus ca armătură distribuită. S-a adoptat o conexiune perfectă a sistemului de consolidare cu elementul testat, neglijând astfel sistemul de ancoraj în analiza numerică. S-a considerat de asemenea o conexiune perfectă între armătură și beton. Pentru modelarea interfaței dintre panoul de perete și grinzile de reacțiune s-a considerat un model de lunecare și cedare în interfață, având proprietățile prezentate în Tabelul 3.5. Valorile rigidității normale și tangențiale au fost calculate conform documentației programului Atena – Partea 1 (Teorie) [31], iar coeficientul de coeziune și coeficientul de frecare au fost calculați conform Model Code 2010 [32].

Conform descrierii din Secțiunea 3.1, barele de armătură verticale din oțel ale elementului au fost sudate de barele verticale de continuitate din grinda de fundare. În modelul numeric s-a neglijat sudura barelor, iar barele menționate s-au considerat în schimb continue din element până în grinda de fundare. Considerând grinzile de reacțiune dificile de modelat, datorită secțiunii transversale complicate pentru o modelare 2D, s-a adoptat un procent mare de armare pentru cele două grinzi de reacțiune pentru a mări rigiditatea elementelor și pentru a direcționa răspunsul sub acțiunea încărcărilor în panoul de perete. Condițiile de margine din modelul numeric

au considerat grinda de fundare încastrată. Luând în considerare recomandările de modelare ale programului Atena [33], discretizarea elementelor finite a fost raportată la grosimea fiecărui element (element de margine, panou de inimă, grinzi) și apropiată de modelele standard. De aceea, o grosime de element de 0.10 m s-a folosit pentru inima panoului și pentru grinzi, și o grosime de 0.05 m s-a folosit pentru elementele de margine. S-au folosit elemente finite de tip CCIsoQuad pentru grinda de încărcare și pentru plăcile metalice de încărcare, și elemente finite de tip CCQ10SBeta pentru inima panoului, elemente de margine și grinda de fundare. Elementele finite menționate sunt de tip cvadrilateral. O vedere generală a discretizării elementelor finite pentru speciamele modelate este reprezentată în Fig. 3.54. În modelul numeric s-a aplicat o încărcare laterală monotonă, de la stânga la dreapta, în control de deplasare de 0.2 mm. Încărcarea axială constantă a fost de asemenea considerată în model, având aceeași valoare ca și cea experimentală, iar pentru încărcarea axială variabilă, s-a adăugat câte o încărcare adițională la fiecare pas din analiza numerică. Conform documentației programului ATENA [33], metoda Newton–Raphson a fost folosită în analiză. S-au utilizat de asemenea două puncte de monitorizare pentru măsurarea driftului și a forței de reacțiune, unul localizat în vecinătatea punctului de încărcare (pentru forța de reacțiune), și celălalt localizat la mijlocul marginii de sus al panoului de perete (pentru deplasarea orizontală). Conform rezultatelor analizei numerice se poate concluziona că modelele folosite sunt eficiente în estimarea comportării speciame-

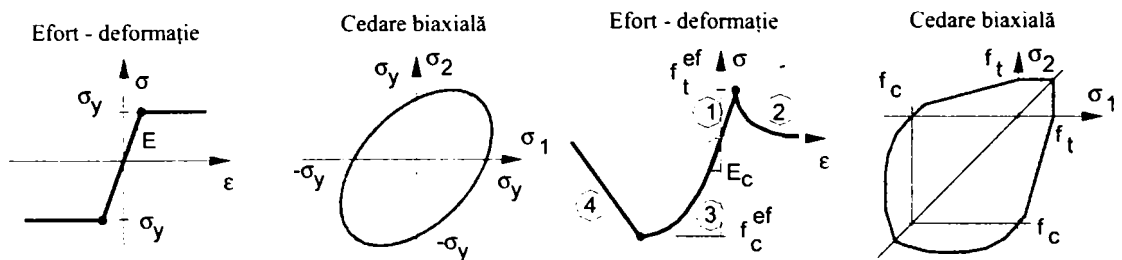


Figura 3.53 – Curba efort – deformație [108-109]

Tabel 3.5 – Proprietățile interfaței beton - beton (10 cm contact)

Denumire element	Rigiditate normală K _{nn} MN/m ³	Rigiditate tangențială K _{tt} MN/m ³	Rezistența la întindere f _t MPa	Coefficient de coeziune MPa	Coefficient de frecare φ -
PRCWP (7-E1)	1.82 x E05	1.52 x E05	0	0.5	0.9
PRCWP (8-E3)	1.37 x E05	1.14 x E05	0	0.5	0.9
PRCWP (9-E1'E3)	1.81 x E05	1.52 x E05	0	0.5	0.9
PRCWP (10-L1/L3)	1.56 x E05	1.30 x E05	0	0.5	0.9
PRCWP (11-L1)	1.56 x E05	1.30 x E05	0	0.5	0.9
PRCWP (12-E1)	1.81 x E05	1.51 x E05	0	0.5	0.9

nelor experimentale, excepție driftul corespunzător apariției primei fisuri înclinate. În modelul numeric apariția primei fisuri înclinate se dezvoltă mai repede decât în cazul experimental, fenomen care se poate datora apariției fisurilor subțiri, greu sesizabile ochiului. În Tabelul 3.6a și 3.6b sunt reprezentate comparații între rezultatele analizei numerice și experimentale obținute în termeni de forță maximă, driftul corespunzător forței maxime și apariția primei fisuri înclinate. În Figura 3.55 este reprezentată comparația curbelor de forță – deplasare obținute numeric și experimental pentru elementele investigate. S-a constatat obținerea unor forme similare ale curbelor experimentale cu cele numerice. Specimenele experimentale au dezvoltat o cedare mai bruscă față de cele numerice. După cum se poate observa în Figura 3.56 (pentru elementele de referință), modul de fisurare sub acțiunea încărcării monotone (dinspre partea stângă) a fost similar cu cel experimental. În Figura 3.56, la fotografiile de pe partea dreaptă se poate observa deformația ultimă la compresiune a speci­menelor.

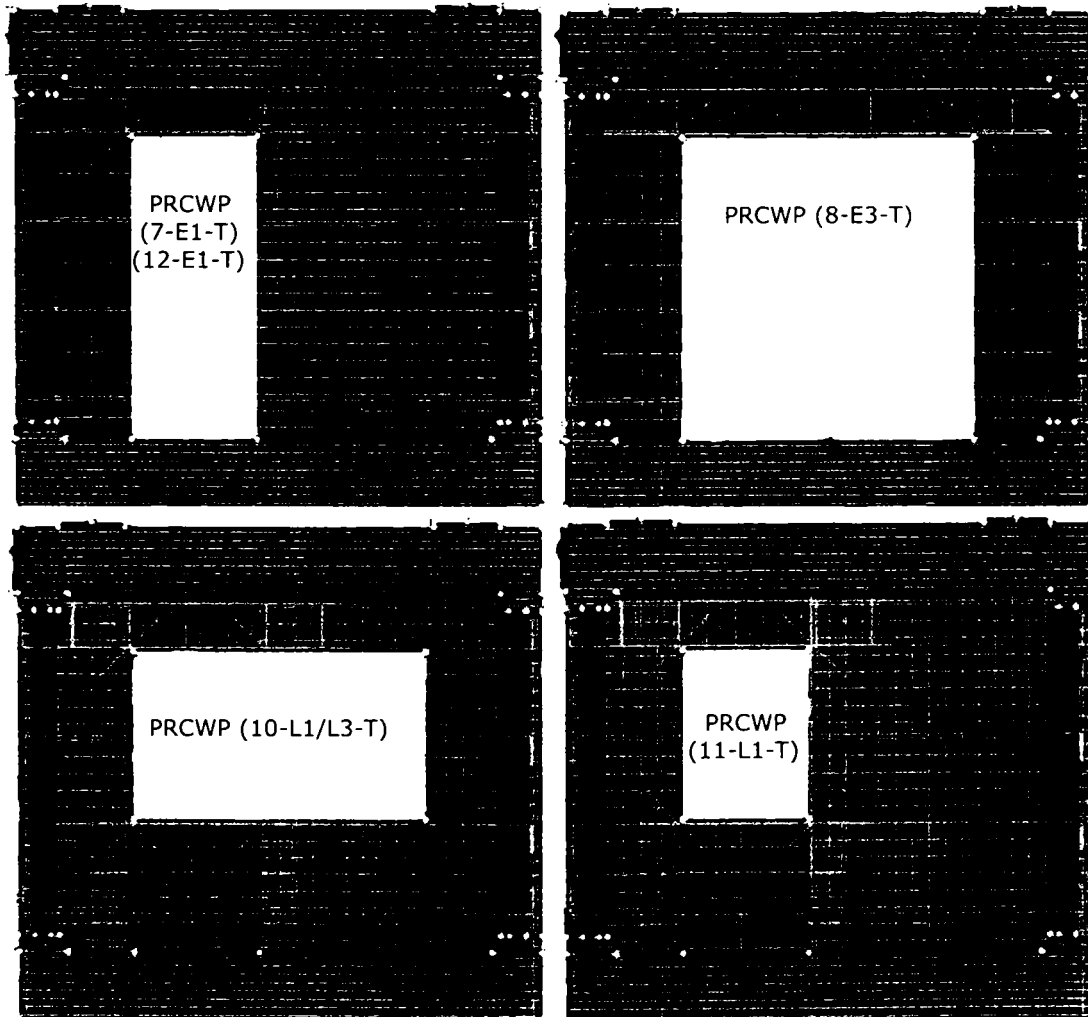


Figura 3.54 – Vederea generală și discretizarea elementelor finite ale speci­menelor numerice

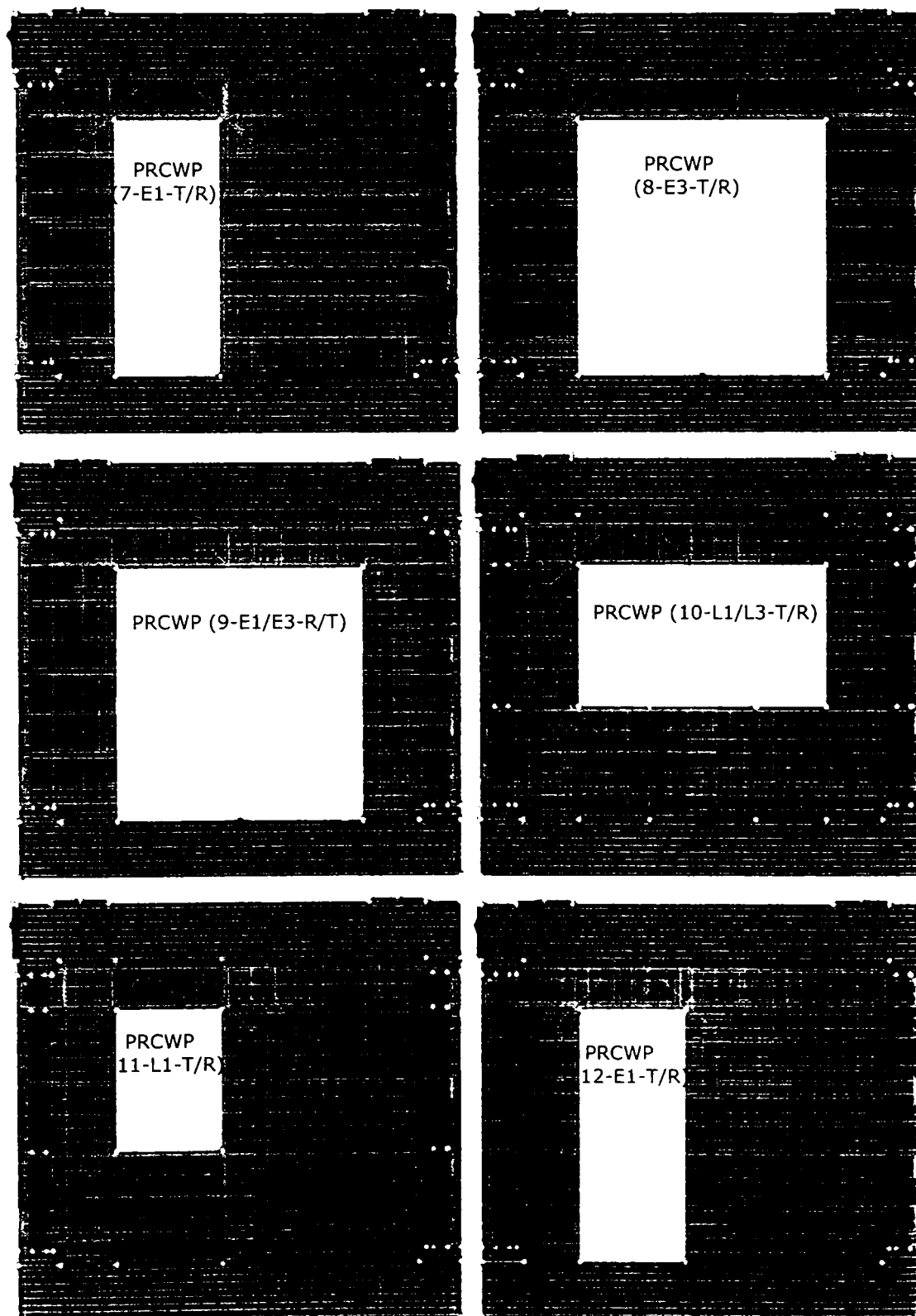


Figura 3.54 (continuare) – Vederea generală și discretizarea elementelor finite ale speciimenelor numerice

Tabel 3.6a – Comparație între rezultatele analitice și experimentale

Denumire element	Prima fisură înclinată [%]	Forța maximă [kN]	Driftul corespunzător forței maxime [%]
PRCWP (7-E1-T)			
Experimental	0,50	802,5	0,70
Numeric	0,14	620,3	0,86
PRCWP (7-E1-T/R)			
Experimental	0,60	638,8	0,70
Numeric	0,14	676,7	1,14
PRCWP (8-E3-T)			
Experimental	0,50	213,6	0,89
Numeric	0,21	205,3	1,19
PRCWP (8-E3-T/R)			
Experimental	0,30	221,0	1,00
Numeric	0,17	230,3	1,25
PRCWP (9-E1/E3-R/T)			
Experimental	0,70	352,8	0,90
Numeric	0,23	299,2	0,81
PRCWP (10-L1/L3-T)			
Experimental	0,20	311,5	0,50
Numeric	0,07	332,1	0,78
PRCWP (10-L1/L3-T/R)			
Experimental	0,20	291,9	0,70
Numeric	0,08	503,1	1,15
PRCWP (11-L1-T)			
Experimental	0,30	511,5	0,60
Numeric	0,11	510,2	0,55
PRCWP (11-L1-T/R)			
Experimental	0,30	425,8	0,39
Numeric	0,10	599,7	0,67
PRCWP (12-E1-T)			
Experimental	0,20	656	0,70
Numeric	0,15	606,4	0,66
PRCWP (12-E1-T/R)			
Experimental	0,40	355	0,49
Numeric	0,14	602,2	0,65

Table 3.6b – Comparație între rezultatele analitice și experimentale

Denumire element	Prima fisură îclinată [%]	Forța maximă [kN]	Driftul corespunzător forței maxime [%]
PRCWP (7-E1-T)			
Experimental	0,50	858	0,70
Numeric	0,14	620,3	0,86
PRCWP (7-E1-T/R)			
Experimental	0,60	669,5	0,70
Numeric	0,14	676,7	1,14
PRCWP (8-E3-T)			
Experimental	0,50	247,5	1,00
Numeric	0,21	205,3	1,19
PRCWP (8-E3-T/R)			
Experimental	0,30	249,5	1,06
Numeric	0,17	230,3	1,25
PRCWP (9-E1/E3-R/T)			
Experimental	0,70	385,5	0,94
Numeric	0,23	299,2	0,81
PRCWP (10-L1/L3-T)			
Experimental	0,20	344,0	0,60
Numeric	0,07	332,1	0,78
PRCWP (10-L1/L3-T/R)			
Experimental	0,20	320	0,70
Numeric	0,08	503,1	1,15
PRCWP (11-L1-T)			
Experimental	0,30	550,5	0,68
Numeric	0,11	510,2	0,55
PRCWP (11-L1-T/R)			
Experimental	0,30	462,5	0,38
Numeric	0,10	599,7	0,67
PRCWP (12-E1-T)			
Experimental	0,20	656	0,70
Numeric	0,15	606,4	0,66
PRCWP (12-E1-T/R)			
Experimental	0,40	355	0,49
Numeric	0,14	602,2	0,65

În Tabelul 3.6a și 3.6b sunt reprezentate comparații între rezultatele analizei numerice și cele experimentale obținute în termeni de forță maximă, driftul corespunzător forței maxime și apariția primei fisuri înclinate. Diferența dintre cele două tabele constă în faptul că în Tabelul 3.6a s-au utilizat valorile experimentale de la compunerea curbelor de forță –deplasare prezentate în Figura 3.55 și anume corespunzătoare valorilor pozitive ale curbei înfășurătoare M2 (pentru montanți inegali) și curbei înfășurătoare M1 (pentru montanți egali), iar în Tabelul 3.6b valorile experimentale corespund forței maxime măsurate în direcția pozitivă (pentru montanți inegali) și forței maxime măsurate, dintre ambele direcții (pentru montanți egali). Autorul consideră importantă diferența dintre cele două considerente, deoarece una corespunde situației reale, iar cealaltă consideră încărcarea monotonă precum cea din modelarea numerică.

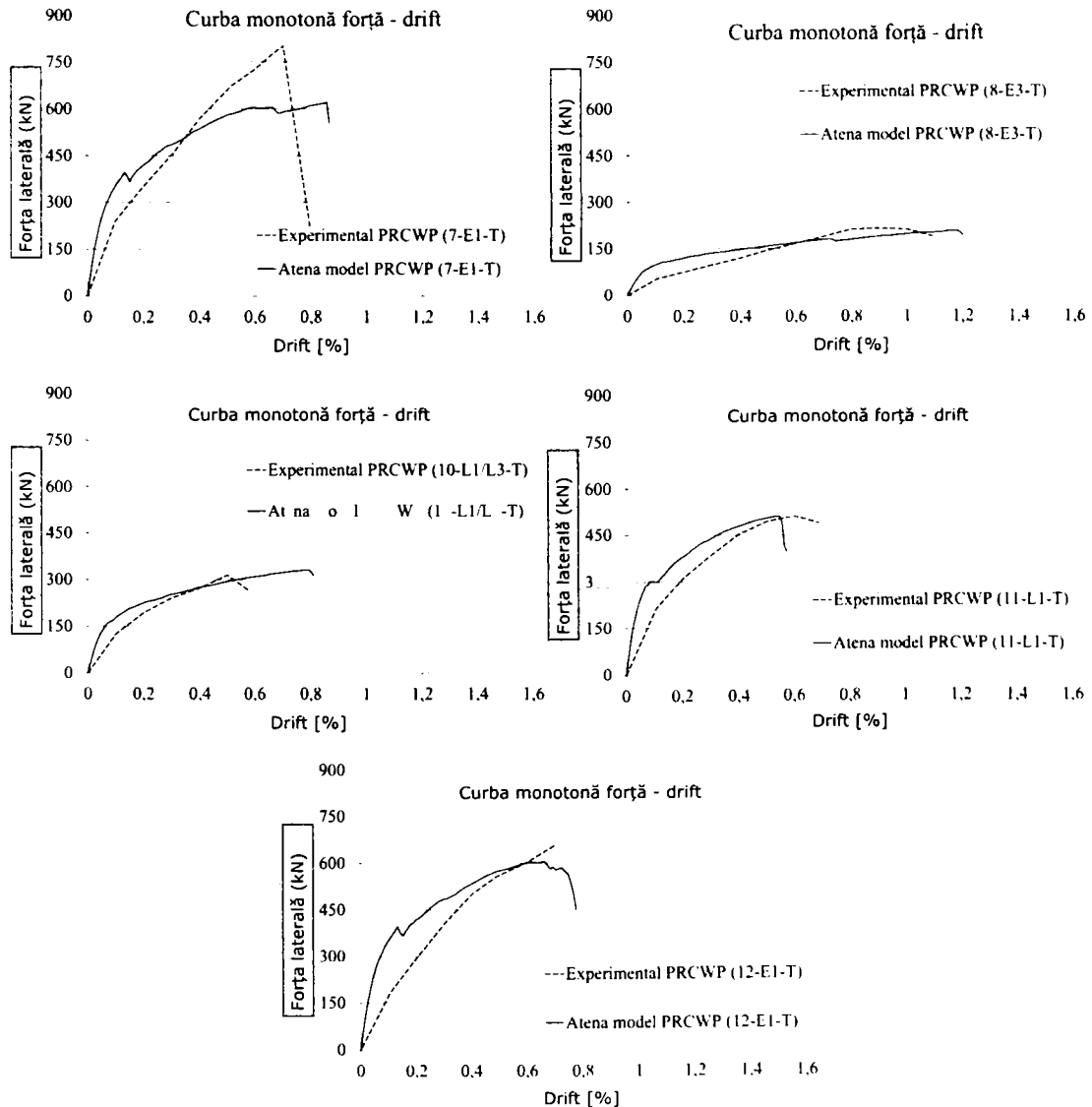


Figura 3.55 – Curba monotonă forță – deplasare a elementelor experimentale versus numerice

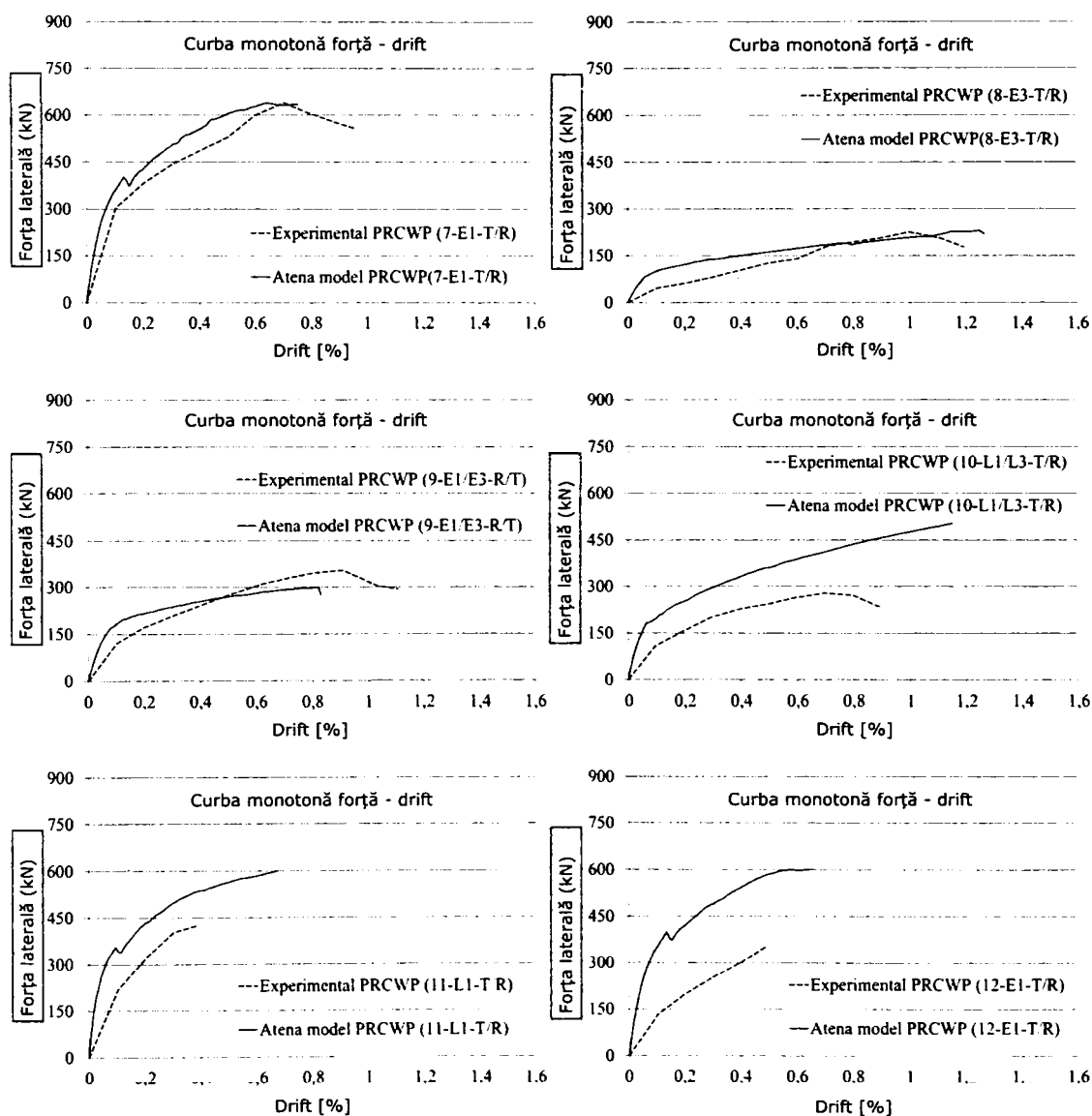


Figura 3.55 (continuare) – Curba monotonă forță – deplasare a elementelor experimentale versus numerice

În baza rezultatelor obținute se poate concluziona faptul că modelele numerice sunt eficiente pentru analizarea comportării panourilor de perete prefabricate din ba.

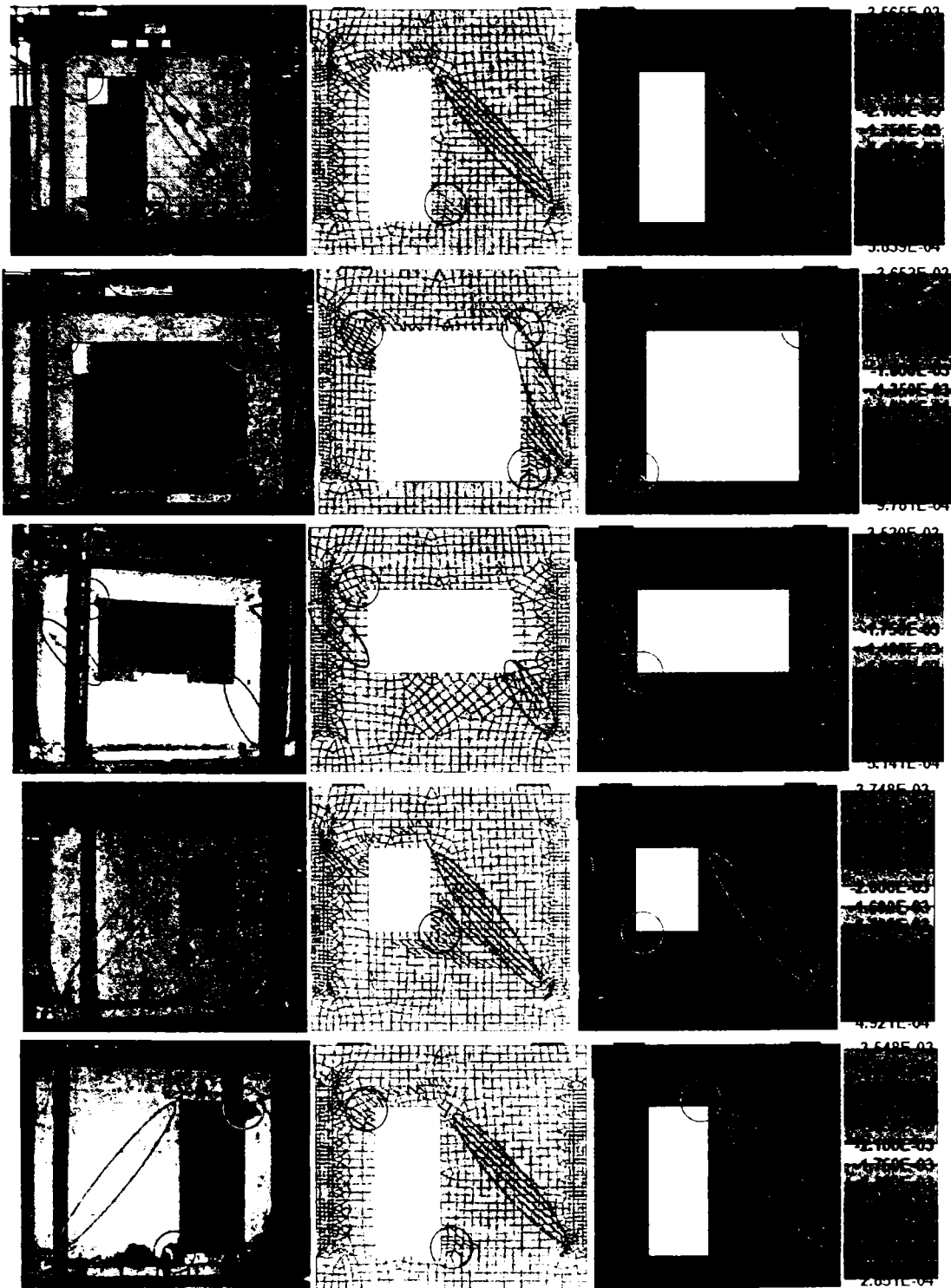


Figura 3.56 – Detalii de cedare experimentale versus numerice

3.8 Studiu teoretic pentru evaluarea rezistenței la forță tăietoare a elementelor investigate

3.8.1 Evaluarea rezistenței la forță tăietoare utilizând coduri de proiectare

Pentru evaluarea rezistenței la forță tăietoare a elementelor de referință, s-a utilizat Eurocodul 2 (Secțiunea 6), iar rezultatele obținute sunt prezentate în Tabelul 3.7 [18]. Luând în considerare rezultatele obținute, se poate observa că rezistența la forță tăietoare evaluată pare limitată de către curgerea armăturilor de preluare a forței tăietoare. De asemenea se poate observa faptul că valorile experimentale sunt semnificativ mai mari decât cele obținute pe baza formulelor din EC2. De aceea, s-ar putea considera norma de proiectare prea conservatoare pentru elementele studiate, probabil datorită altor efecte neacoperite de aceste expresii din normă, cum ar fi: efectul de dorn, redistribuția eforturilor și capacitatea de rotire.

Tabel 3.7 – Rezistența la forță tăietoare a elementelor de referință

ELEMENT	PRCWP (7-E1-T)		PRCWP (10-L1/L3-T)		PRCWP (11-L1-T)		PRCWP (12-E1-T)	
	Montant 1	Montant 2	Montant 1	Montant 2	Montant 1	Montant 2	Montant 1	Montant 2
Armătură	φ10	φ10, φ4	φ10, φ4	φ10, φ4	φ10, φ4	φ10, φ4	φ10	φ10, φ4
A_{sw} [mm ²]	78,5	78.5; 12.6	78.5; 12.6	78.5; 12.6	78.5; 12.6	78.5; 12.6	78,5	78.5; 12.6
s [mm]	530	530; 100	530; 100	530; 100	530; 100	530; 100	530	530; 100
z [mm]	560	1360	560	560	560	1360	560	1360
f_y [N/mm ²]	450	450; 618	450; 618	450; 618	450; 618	450; 618	450	450; 618
θ [°]	45	36	30	28	34	37	33	35
α_{cw}	1	1	1	1	1	1	1	1
b_w [mm]	100	100	100	100	100	100	100	100
v_1	0,53	0,53	0,55	0,55	0,55	0,55	0,53	0,53
f_{cm} [N/mm ²]	38	38	28	28	28	28	38	38
$V_{R,s}$ [kN]	37,32	270,45	140,17	152,23	120,02	260,82	57,48	280,67
$V_{R,s}$ (pier 1+2)	307,77		292,40		380,84		338,15	
$V_{R,max}$ [kN]	563,92	1302,44	373,50	357,40	399,63	1006,44	515,23	1287,14
$V_{R,max}$ (pier 1+2)	1866,36		730,89		1406,07		1802,37	
$0.4 \cdot V_{R,max}$ (1+2)	746,55		292,36		562,43		720,95	
$V_{exp,max}$ [kN]	858		344		793,5		763,5	

Urmărind alte recomandări din literatură, cum ar fi cele oferite de Biskinis et al. [124], forța tăietoare care poate fi preluată de element, înainte de zdrobirea bielor comprimate este supraestimată în unele cazuri, iar în cazul pereților proiectați pentru clasa de ductilitate înaltă, $V_{R,max}$ ar trebui luat ca 0.4 din valoarea determinată în alte zone decât cea critică de bază. Deși Eurocodul nu oferă un factor de reducere pentru pereți de clasă DCM, cel mai probabil datorită numărului limitat de încercări experimentale efectuate pe acest tip de pereți, factorul de reducere de 0.4 pare potrivit

și pentru pereți de clasă DCM. Postelnicu et al. [35] a raportat de asemenea despre supraestimarea forței tăietoare care poate fi preluată de element înainte de zdrobirea bielor comprimate și de factorul de reducere de 0.4.

3.8.2 Evaluarea pe baza modelului de mecanism plastic

Conform tipului de gol prezent în panoul de perete, PRCWP (8-E3-T) se comportă ca și un cadru sub acțiunea încărcărilor exterioare. Luând în considerare mecanismul de cedare, unde apar patru articulații plastice la partea superioară și inferioară a montanților, forța laterală corespunzătoare poate fi evaluată folosind schema prezentată în Figura 3.57.

$$M = A_{s1} \cdot f_{yk} \cdot z + N_c \cdot a_N = 47 \text{ kNm}$$

$$F_{t2} = \frac{4 \cdot M}{R_w} + N_c \cdot (a_N + a_2) = 177 \text{ kN} < 207.5 \text{ kN}$$

După cum se poate observa, evaluarea bazată pe modelul de mecanism plastic este eficientă în estimarea rezistenței la forță tăietoare a specimenelor de perete cu goluri mari, solificate la forță tăietoare.

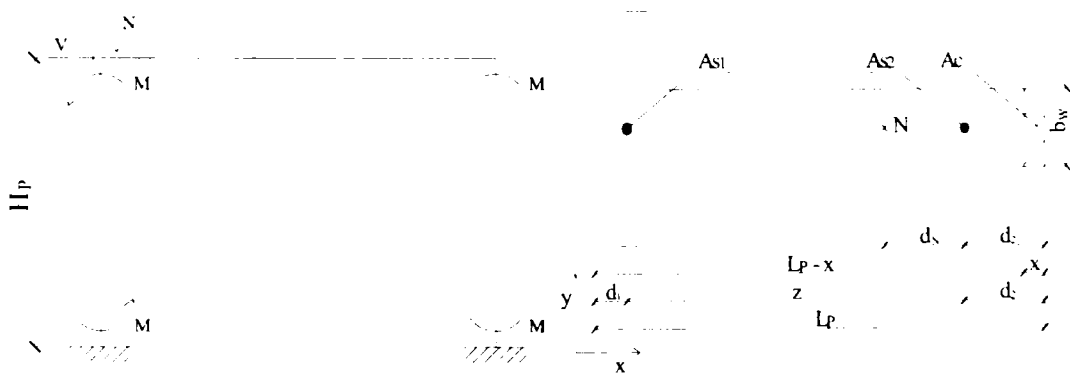


Figure 3.57 – Considerații ale modelului de mecanism plastic [18]

3.9 Evaluarea reducerii performanțelor structurale datorate tăierii de goluri în pereți

Printre obiectivele principale ale cercetării efectuate de către autor se enumără evaluarea reducerii performanțelor structurale datorate tăierii de goluri în pereți. Cercetarea este bazată pe evaluarea tăierii de goluri (lărgiri de goluri de ferăstră și goluri de ușă). Deoarece programul experimental curent are la bază doar două astfel de specimene, studiul necesită completat cu date numerice în momentul de față. Luând în calcul rezultatele bune obținute cu ajutorul analizei numerice, autorul consideră faptul că o varietate de specimene având caracteristici diferite poate fi astfel investigată cu

ușurință. Panourile experimentale selectate în această evaluare sunt PRCWP (10-L1/L3-T), (11-L1-T) și (12-E1-T).

Studiul curent a fost completat cu un număr de trei specimene numerice pentru evaluarea reducerii performanțelor structurale datorate tăierii de goluri în pereți. După cum se poate observa în Figura 3.58, speci­menele numerice au goluri intermediare (medii) de ușă și fereastră, precum și un gol de ușă mare. Date legate de tipul de gol și dimensiunile golurilor sunt date în Tabelul 3.8. Analiza numerică a fost realizată cu ajutorul programului ATENA 2D, utilizând aceleași recomandări descrise în Secțiunea 3.7. Curba monotonă de forță - deplasare a speci­menelor analizate este reprezentată în Figura 3.59, iar rezultatele primare sunt prezentate în Tabelul 3.9. Se poate observa că rezultatele numerice sunt în concordanță cu cele experimentale, iar reducerea rezistenței laterale este proporțională cu creșterea dimensiunii golului. Datorită faptului că speci­menele experimentale au fost testate sub încărcări cvasi-stactice ciclic reversibile în control de deplasare, iar speci­menele numerice au fost testate sub acțiunea unei încărcări monotone, pentru compararea rezultatelor se va lua în considerare ciclul pozitiv al curbei înfășurătoare M2 a speci­menelor experimentale.

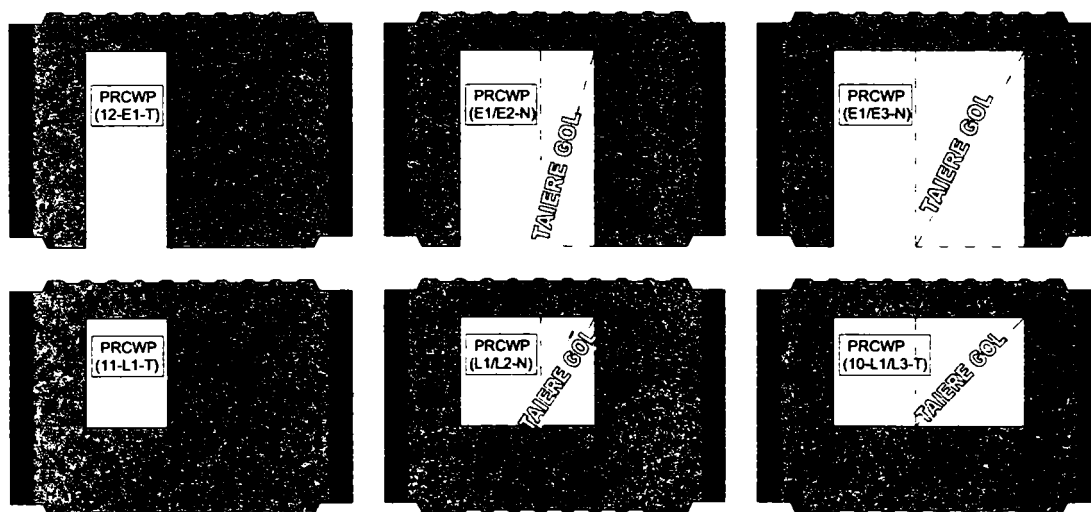


Figura 3.58 – Vederea generală a elementelor investigate.

Tabel 3.8 – Date despre golurile prezente în elementele investigate

Denumire element	gol inițial / gol tăiat	Dimensiuni gol b x h [mm]	Dovezi experimentale
PRCWP (11-L1-T)	fereastră mică (L1)	750 x 1000	da
PRCWP (L1/L2-N)	fereastră mică / fereastră medie (L1/L2)	1250 x 1000	nu
PRCWP (10-L1/L3-T)	fereastră mică / fereastră mare (L1/L3)	1750 x 1000	da
PRCWP (12-E1-T)	ușă îngustă (E1)	750 x 1800	da
PRCWP (E1/E2-N)	ușă îngustă / ușă medie (E1/E2)	1250 x 1800	nu
PRCWP (E1/E3-T)	ușă îngustă / ușă mare (E1/E3)	1750 x 1800	nu

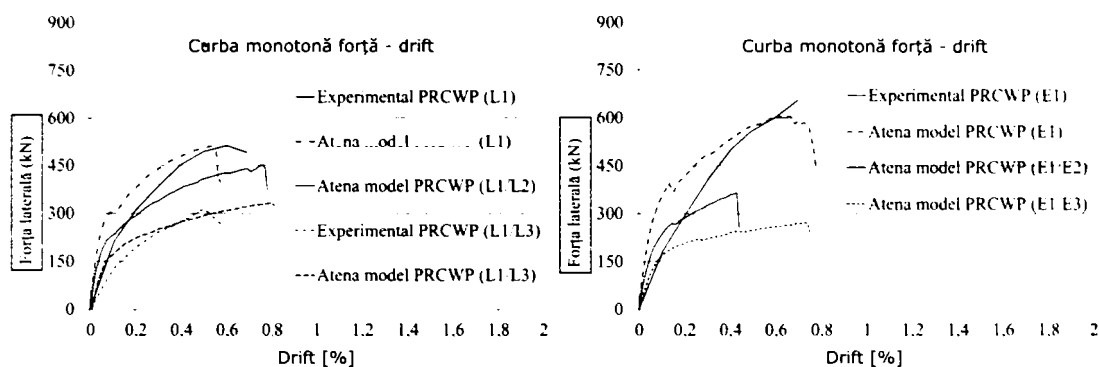


Figura 3.59 – Comparația curbelor de forță - deplasare

Tabel 3.9 Rezultatele primare ale speciimenelor investigate

Denumire element	Forța maximă [kN]	Driftul corespunzător forței maxime [mm]
Experimental PRCWP (L1)	511,50	0,60
Numeric PRCWP (L1)	510,20	0,55
Experimental PRCWP (L1/L2)	-	-
Numeric PRCWP (L1/L2)	451,30	0,76
Experimental PRCWP (L1/L3)	314,75	0,50
Numeric PRCWP (L1/L3)	332,10	0,78
Experimental PRCWP (E1)	656,00	0,70
Numeric PRCWP (E1)	606,40	0,66
Experimental PRCWP (E1/E2)	-	-
Numeric PRCWP (E1/E2)	366,70	0,43
Experimental PRCWP (E1/E3)	-	-
Numeric PRCWP (E1/E3)	271,46	0,72

Rezistența la forță tăietoare a unui perete structural cu gol poate fi estimată prin înmulțirea forței tăietoare a peretelui structural fără gol cu un factor de reducere, conform standardelor AIJ (AIJ 1999, AIJ 2010), cu condiția ca raportul golului să fie mai mic de 0.4 [36]. Rezistența la forță tăietoare a elementelor de perete având raportul golului până la 0.46, poate fi evaluată prin combinarea rezistenței la forță tăietoare a pereților structurali fără goluri utilizând ecuațiile mecanismului de grindă cu zăbrele și arc, și factorul de reducere al lui Ono, conform Taleb et al. [37]. Următoarele ecuații au fost preluate din AIJ 1999 [38]:

$$(R)_{weak} = (R)_{sound} \cdot \alpha_p \quad (3.4)$$

unde $(R)_{weak}$ este răspunsul caracteristic al membrului structural slăbit în termeni de rezistență la forță tăietoare, rigiditate inițială sau rata energiei disipate; $(R)_{sound}$ este răspunsul caracteristic al peretelui structural solid în termeni de rezistență la forță

tăietoare, rigiditate inițială sau rata energiei disipate; iar α_p este raportul de performanță, dat de:

$$\alpha_p = 1 - \eta \quad (3.5)$$

Raportul golului η este dat de următoarea relație:

$$\eta = P = \sqrt[4]{A_o/A_w} \quad \text{Pentru (R): rezistență la forță tăietoare și rigiditate} \quad (3.6)$$

unde P este raportul periferic, A_o și A_w sunt aria golului și aria peretului. Raportul de performanță indică răspunsul caracteristic al elementului slăbit normalizat la elementul de referință. În cadrul cercetării curente ecuațiile de mai sus au fost verificate pentru două raporturi periferice mai mari decât limita superioară dată în standardul AIJ și anume pentru 0.44 și 0.63 [39]. În Tabelul 3.10 este reprezentat răspunsul caracteristic al elementelor de referință, unde R_r reprezintă raportul răspunsului. Raportul răspunsului experimental și numeric a fost determinat prin împărțirea răspunsului elementului slăbit la răspunsul elementului de referință. În Fig. 3.60 sunt reprezentate rezultatele (experimentale și numerice) reducerii performanțelor structurale datorate tăierilor de goluri în termeni de rezistență la forță tăietoare. Complementaritatea dintre raportul de performanță și raportul golului tăiat este reprezentată cu o linie punctată care unește unitatea celor două axe [8]. Conform rezultatelor prezentate în Fig.3.60 se poate observa dovada experimentală a complementarității dintre performanța rezistenței și raportul golului. Este de asemenea evidentă reducerea rezistenței laterale proporțională cu creșterea dimensiunii golului. În urma analizei efectuate s-a constatat o bună concordanță a ecuațiilor puse la dispoziție în standardul AIJ cu rezultate experi-

Tabel 3.10 Răspunsul caracteristic în termeni de rezistență la forță tăietoare

Element	$R_{\text{sound.exp}}$	$R_{\text{sound.Atena}}$	R_{Atena}	R_{exp}	$R_{\text{weak.exp}}$	$R_{\text{weak.Atena}}$	P	α_p	$R_{r,\text{exp}}$	$R_{r,\text{Atena}}$
	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[%]	[%]	[%]	[%]
PRCWP (L1)	511,5	510,2	510,2	511,5	0,0	0,0	1,0	0,00	0,00	0,00
PRCWP (L1/L2)			451,3	-	352,9	352,0	0,31	0,69	-	0,88
PRCWP (L1/L3)			332,1	314,75	286,4	285,7	0,44	0,56	0,62	0,65
PRCWP (E1)	656	606,4	606,4	656	0,0	0,0	1,0	0,00	0,00	0,00
PRCWP (E1/E2)			366,7	-	367,4	339,6	0,44	0,56	-	0,60
PRCWP (E1/E3)			271,5	-	242,7	224,4	0,63	0,37	-	0,45

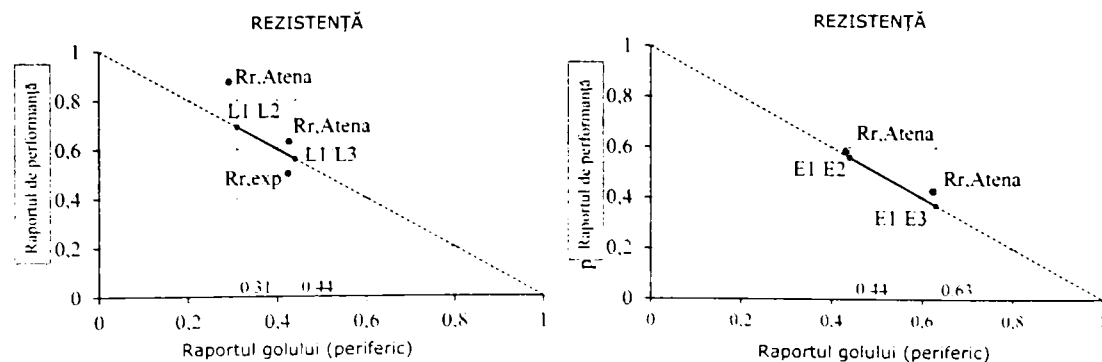


Figura 3.60 Efectul tăierii de gol asupra răspunsului seismic. [39]

mentale, chiar-dacă s-au utilizat raporturi periferice mai mari. Autorul consideră necesară realizarea unor teste și investigații viitoare legate de evaluarea efectului tăierii de goluri, pentru luarea în calcul a mai multor parametrii cum ar fi tipul de gol, dimensiuna golului, precum și strategia de consolidare folosită.

3.10 Modelul de fisurare

Ținând cont de importanța modelului de fisurare al elementelor, fața principală a panourilor a fost monitorizată în vederea apariției fisurilor pe parcursul încercărilor experimentale. Pentru asta, s-a desenat un grid de referință pe fața panourilor, grid care a cuprins un număr de 64 de dreptunghiuri (vezi Secțiunea 2.6). Aceste dreptunghiuri au fost fotografiate la final, rezultând după asamblare o hartă fotografică. Folosind programul AutoCAD, pe această hartă fotografică s-a marcat totalitatea fisurilor și s-a compus modelul de fisurare prezentat în Figura 3.61.

După cum se poate observa în Figura 3.61, un număr semnificativ de fisuri s-au dezvoltat pe parcursul încercărilor experimentale. Fisurile din încovoiere au apărut în zona montant – grinzi de reacțiune (mai ales în monolitizare). Câteva fisuri din încovoiere au apărut în lungul marginii verticale a montanților (între inima panoului și elementul de margine) și în rigla de cuplare. Un număr semnificativ de fisuri înclinate s-au dezvoltat în montanți, parapet și rigla de cuplare.

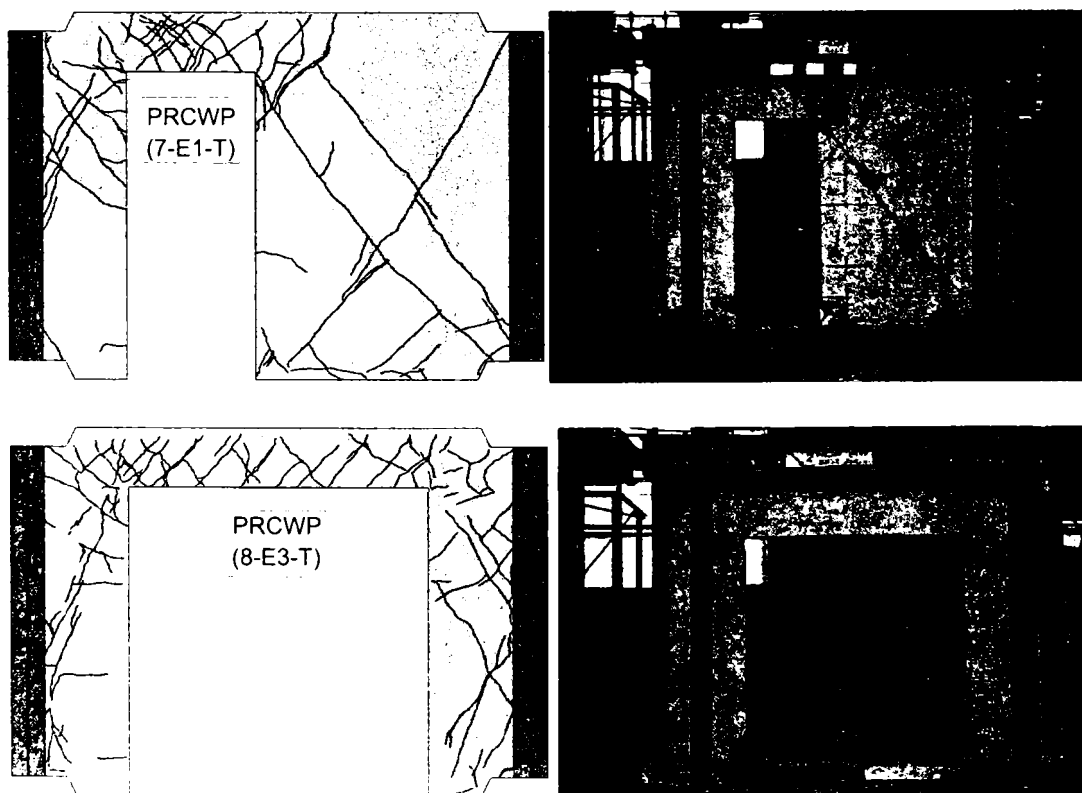


Figura 3.61 - Modelul de fisurare final al elementelor investigate

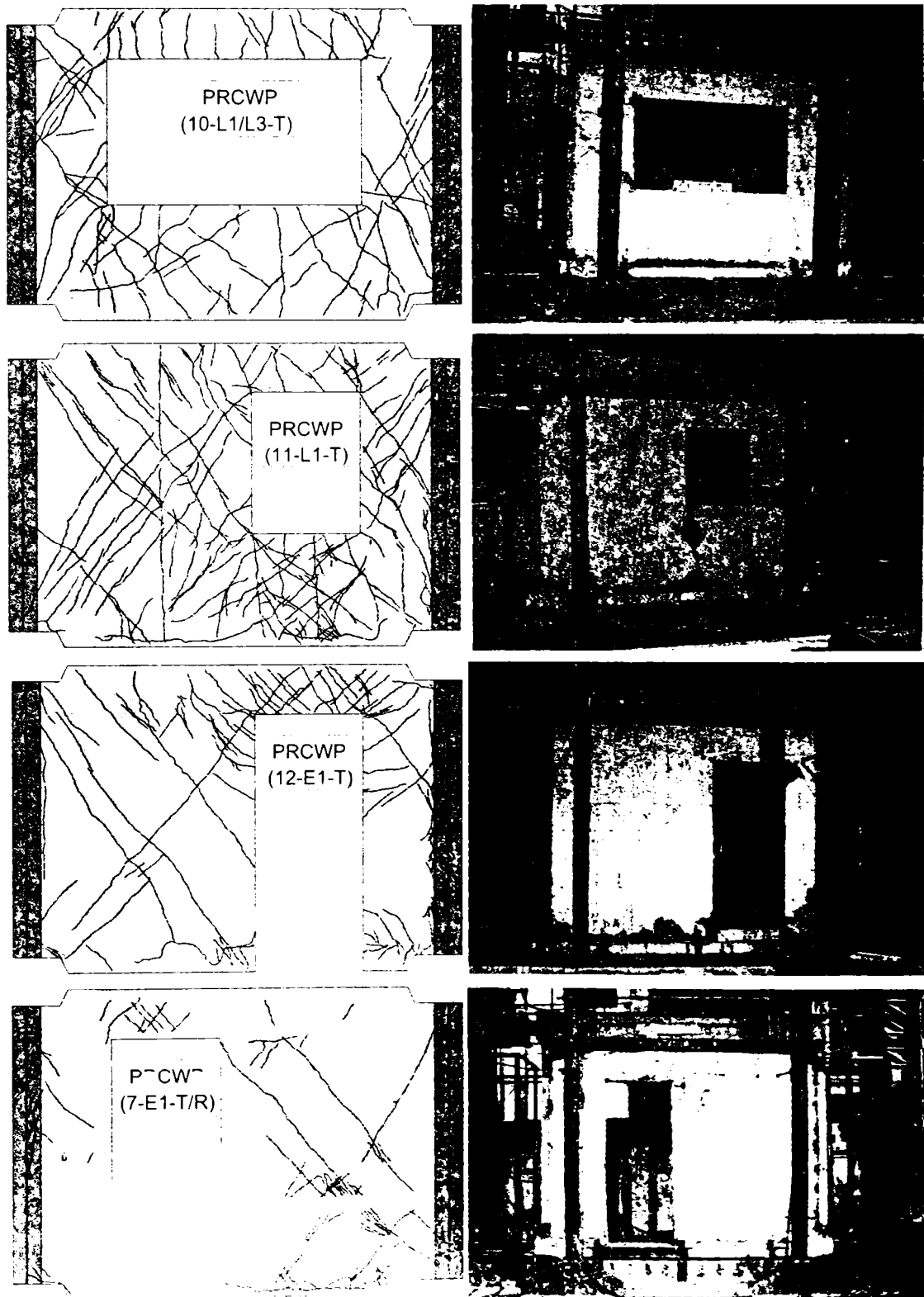


Figura 3.61 (continuare) - Modelul de fisurare final al elementelor investigate

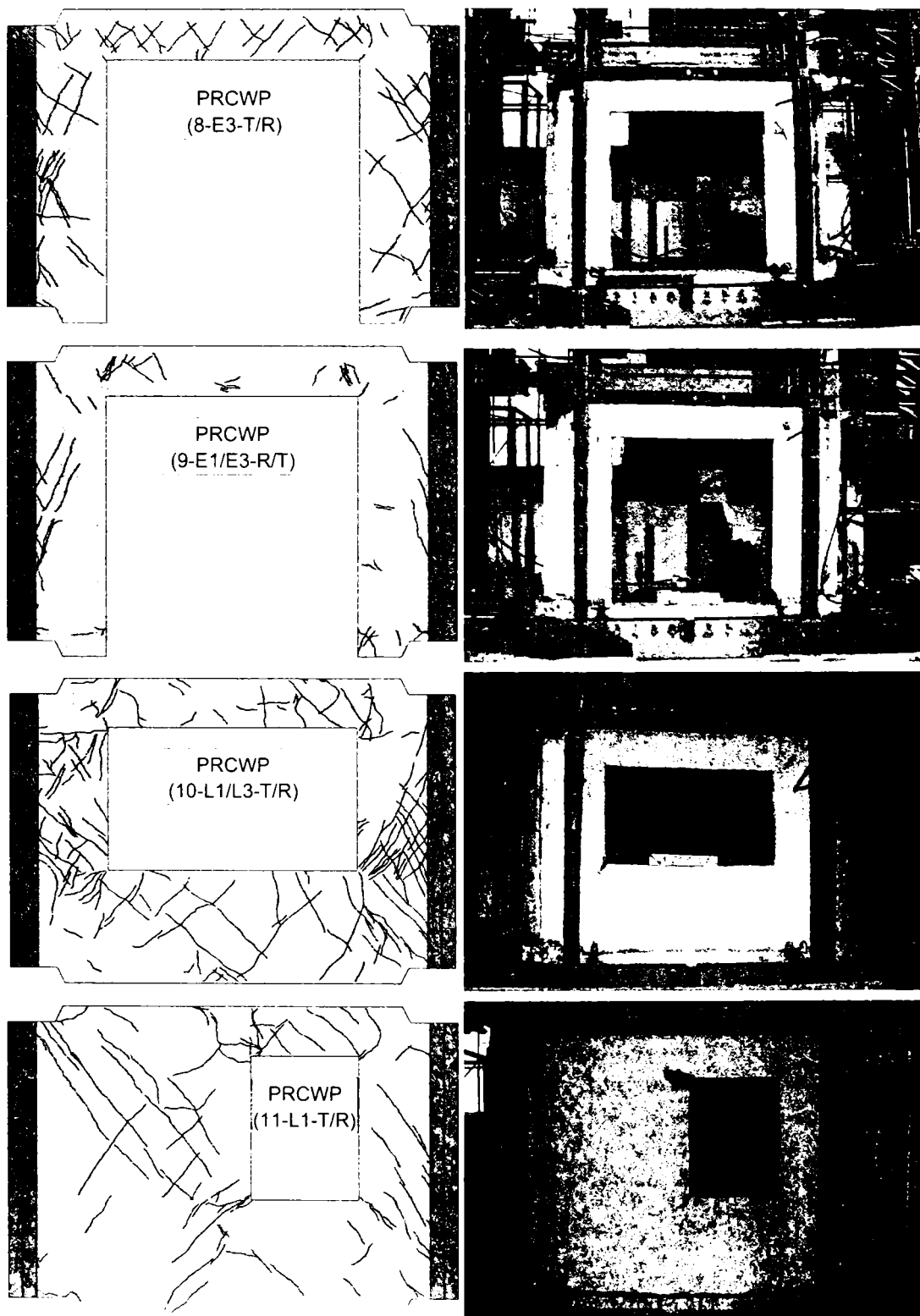


Figura 3.61 (continuare) - Modelul de fisurare final al elementelor investigate

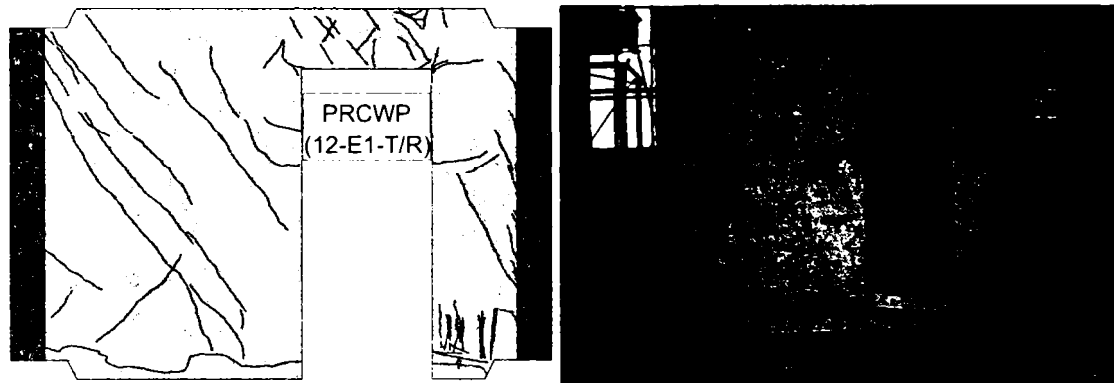


Figura 3.61 (continuare) - Modelul de fisurare final al elementelor investigate

Conform Anexei A, s-au observat aproximativ 45 de fisuri pe parcursul testului experimental al elementului PRCWP (7-E1-T), 70 de fisuri pentru elementul PRCWP (8-E3-T), 89 de fisuri pentru elementul PRCWP (10-L1/L3-T), 79 de fisuri pentru elementul PRCWP (11-L1-T), 57 de fisuri pentru elementul PRCWP (12-E1-T), 16 fisuri pentru elementul PRCWP (7-E1-T/R), 82 de fisuri pentru elementul PRCWP (8-E3-T/R), 57 de fisuri pentru elementul PRCWP (9-E1/E3-R/T), 115 fisuri pentru elementul PRCWP (10-L1/L3-T/R), 41 de fisuri pentru elementul PRCWP (11-L1-T/R), și 49 de fisuri pentru elementul PRCWP (12-E1-T/R).

4. Concluzii

În acest capitol sunt prezentate concluziile principale ale studiului efectuat pe un număr de șase panouri de perete prefabricate de beton armat la scară aproape reală (1:1.2).

– în cazul elementelor de referință s-a constatat apariția unui număr semnificativ de fisuri, curgerea armăturii din oțel, zdrobirea betonului la extremitățile diagonalei comprimate, în zona de îmbinare riglă – montanți, precum și la partea de jos a montanților lângă gol.

– în cazul elementelor consolidate s-a constatat desprinderea fâșiilor din FRP, ruperea fâșiilor de confinare, desprinderea sistemului TRM datorită ancorajului ineficient folosit, apariția fisurilor înclinate, zdrobirea betonului în zona de îmbinare riglă – montanți. Nu s-au observat detalii de cedare în cazul lamelelor NSM-CFRP.

– conform rezultatelor obținute se poate observa faptul că capacitatea portantă a elementelor a fost refăcută cu ajutorul strategiilor de consolidare aplicate și chiar mărită în unele cazuri. S-a obținut o variație a forței pe ciclurile pozitive de încărcare între 46.5% și 111%, și între 93% și 154% pentru ciclurile negative de încărcare. De asemenea s-a constatat o capacitate de deplasare sporită în cazul elementelor consolidate.

– energia disipată de către elementele cu goluri mici, cum ar fi PRCWP (7-E1-T, 11-L1-T, 12-E1-T) a fost mai mare față de cea a elementelor cu goluri mari, și anume PRCWP (8-E3-T, 10-L1/L3-T), unde capacitatea de deplasare a fost mai mare; de asemenea, energia disipată de către elementele consolidate PRCWP (7, 10, 11) a fost mai mare decât cea a elementelor de referință, iar pentru specișenele PRCWP (8, 12) energia disipată a elementelor consolidate a fost similară cu cea a elementelor de referință.

– ductilitatea elementelor evaluată cu ajutorul metodei $\mu_{0.85}$ a arătat că specișenele cu goluri mari dezvoltă o ductilitate inferioară celor cu goluri mici, ex: PRCWP (8-E3-T) față de PRCWP (12-E1-T) și PRCWP (10-L1/L3-T) față de PRCWP (11-L1-T); ductilitatea elementelor consolidate PRCWP (7, 10) a fost mai mare decât cea a elementelor de referință. Doar în cazul elementului consolidat PRCWP 8, s-a obținut o ductilitate mai mică decât în cazul elementului de referință; în cazul elementului PRCWP 9 s-a obținut o ductilitate mai mare decât a elementelor consolidate PRCWP (7, 8).

– curgerea armăturilor din oțel s-a înregistrat pentru majoritatea elementelor de referință în zonele critice, ex: zona de îmbinare riglă - montanți, montanți și parapet. Măsurătorile înregistrate pe fâșiile din FRP nu au indicat valori mari ale deformației specifice, însă erau active pe parcursul încercărilor experimentale.

– degradări semnificative de rigiditate s-au obținut în cazul elementelor cu goluri mari, cum ar fi PRCWP (8-E3-T, 10-L1/L3-T) față de elementele cu goluri mici, și anume PRCWP (7-E1-T, 11-L1-T, 12-E1-T); rigidități inițiale similare s-au obținut pentru majoritatea elementelor consolidate comparativ cu elementele de referință, și anume PRCWP (8, 10–12). În cazul elementului consolidat PRCWP 7, rigiditatea inițială s-a mărit (cu 25%) față de elementul de referință.

– Analiza numerică prezentată a demonstrat faptul că nu sunt necesare modelările sofisticate pentru estimarea rezultatelor în termeni de forță laterală maximă și deplasări. Se poate concluziona în baza concordanței obținute între analiza numerică și testele experimentale, că estimarea caracteristicilor importante de comportare a elementelor de diferiți parametrii se poate realiza cu ușurință. În cazul elementului consolidat PRCWP (10), analiza numerică a esimat valori mai mari ale forței laterale maxime față de modelul experimental, care a întâmpinat desprinderea sistemului TRM datorită sistemului de ancoraj folosit. Se poate presupune că în cazul în care s-ar fi folosit un sistem de ancoraj mai eficient, desprinderea prematură a sistemului TRM ar fi fost evitată, iar o capacitate portantă și de deplasare ar fi putut fi obținută.

– evaluarea rezistenței la forță tăietoare cu ajutorul expresiilor din EC2 au demonstrat faptul că forța tăietoare care poate fi preluată de armătura pentru forță la curgere este prea conservatoare comparativ cu rezultatele experimentale obținute; iar forța tăietoare care poate fi preluată de element, înainte de zdrobirea bielelor comprimate este supraestimată. Luând în considerare rezultatele obținute, factorul de reducere de ‘‘0.4’’ propus de Biskinis et al. [28] pare adecvat pentru estimarea rezistenței la forță tăietoare a pereților din clasa DCM. Este necesară realizarea mai multor teste experimentale pe pereți din clasa DCM pentru confirmarea și calibrarea acestui factor de reducere.

– Datorită prezenței golului de ușă mare, elementul PRCWP (8-E3-T) se comportă ca și un cadru sub acțiunea încărcărilor exterioare. Pentru estimarea rezistenței la forță tăietoare în acest caz s-a folosit un model simplificat de calcul bazat pe mecanismul plastic.

Autorul recomandă realizarea cercetărilor viitoare pentru determinarea ductilității și a celor mai convenabile strategii de consolidare. De asemenea este importantă determinarea experimentală a comportării panourilor de perete cu diferite tipuri de goluri și tăieri de goluri.

ANEXA A

Comportarea elementelor la fiecare ciclu de încărcare

Tabel A.1 – Observații pe grid pentru PRCWP (7-E1-T)

ELEMENT PRCWP (7-E1-T)			
Ciclu	Nivel drift (sau forță)	Direcție	Observații
1	10 kN	stânga dreapta	- -
1	50 kN	stânga dreapta	- -
1	100 kN	stânga dreapta	- -
1	150 kN	stânga dreapta	- -
1	1 mm	stânga dreapta	- -
			9 fisuri în rigla de cuplare, grid număr (4-4-2, 4-1-4, 4-1-1)
1	0.1 % (2.15 mm)	stânga dreapta	fisura nr. 13-15 în rigla de cuplare fisura nr. 10-12 în rigla de cuplare
2	0.1 % (2.15 mm)	stânga dreapta	fisura nr. 17 în rigla de cuplare fisura nr. 16 și extinderi ale fisurilor 7 și 10
1	0.2 % (4.30 mm)	stânga dreapta	extindere fisuri nr. 2, 4, și fisura 19 fisura nr. 18 în rigla de cuplare, fisura nr. 19 în monolitizare montant dreapta - grinda de fundare
2	0.2 % (4.30 mm)	stânga	extindere fisura nr. 9

	mm)	dreapta	-
1	0.3 % (6.45 mm)	stânga dreapta	fisura nr. 8 și extindere fisura 17, fisura nr. 22 în montantul stâng fisura nr. 20 și 21 în monolitizare panou-grinda de încărcare
2	0.3 % (6.45 mm)	stânga dreapta	extindere fisura nr. 8 extinderi fisuri inițiale panou
1	0.4 % (8.60 mm)	stânga dreapta	fisura nr. 25 în montantul stâng, extindere fisura nr. 19 fisura nr. 23 și 24 în rigla de cuplare, extindere fisura nr.10
2	0.4 % (8.60 mm)	stânga dreapta	extindere fisura nr. 6, 14, 22 și 25 extindere fisura nr. 24, marca tensometrică G2 indică curgerea armăturii
1	0.5 % (10.75 mm)	stânga dreapta	fisura 27 – prima fisură înclinată în montantul din dreapta (la 646 kN și 10.61 mm), extindere fisura nr. 13 fisura nr. 26 riglă-montant dreapta, extindere fisuri 5 și 7, marca tensometrică G7 indică curgerea armăturii
2	0.5 % (10.75 mm)	stânga dreapta	extindere fisuri 5, 17, 9 fisura nr. 28 - înclinată în montantul din dreapta, fisuri 29-32 în montantul din stânga, marca tensometrică G5 indică curgerea armăturii
1	0.6 % (12.90 mm)	stânga dreapta	fisura nr. 36 – a doua fisură înclinată în montantul din dreapta, fisura 37 în rigla de cuplare, extindere fisura nr. 14 fisura nr. 33-35 riglă-montant din dreapta, extindere fisuri 29-30, zdrobire beton în zona riglă de cuplare-montant din dreapta
2	0.6 % (12.90 mm)	stânga dreapta	- fisura nr. 38 în elementul de margine din dreapta
1	0.7 % (15.05 mm)	stânga	fisura nr. 39 – înclinată în montantul din stânga, extindere fisuri 8, 17 și 38, fisura

	mm)	nr. 40 în montantul din dreapta, fisura 41 în monolitizare montant -grinda
		de fundare, zdrobire monolitizare gol de ușă jos
		extindere fisuri 30 și 35
		deschidere fisura 27, exfoliere beton zona montant dreapta - riglă, fisura 43 în zona
2	0.7 % (15.05 mm)	riglă – montant dreapta, fisura 44 în montantul din stânga, zdrobire beton colț dreapta jos panou, fisura 45 în montantul din stânga
		fisura nr. 41 -- înclinată în montantul din dreapta, fisura nr. 42 în rigla de cuplare
1	0.8 % (17.20 mm)	elementul a pierdut mai mult de 20% din capacitate portantă
		deschidere fisuri 28 și 31, extindere fisura 41

Tabl. A.2 - Observații pe grid pentru PRCWP (8-E3-T)

ELEMENT PRCWP (8-E3-T)

Ciclu	Nivel drift (sau forță)	Direcție	Observații
1	10 kN	stânga dreapta	- -
1	50 kN	stânga dreapta	- -
1	100 kN	stânga dreapta	- -
1	150 kN	stânga dreapta	- -
1	1 mm	stânga dreapta	- -
1	0.1 % (2.15 mm)	stânga dreapta	- -
2	0.1 % (2.15 mm)	stânga dreapta	- -
1	0.2 % (4.30 mm)	stânga dreapta	fisuri nr. 1-4 în monolitizare stânga jos gol de ușă, fisuri nr. 5-6 zona montantului din stânga-rigla de cuplare -
2	0.2 % (4.30 mm)	stânga	fisura nr. 21 în rigla de cuplare

mm)	dreapta	fisuri nr. 7-20 în riglă și zona montanți-riglă
0.3 % (6.45 mm)	stânga	fisuri nr. 6, 8 și extindere fisura 26, exfoliere mortar în zona stânga jos gol de ușă
	dreapta	fisura 22 în rigla de cuplare, fisura 23 zona montan dreapta-riglă, fisuri 24-25 în mortar dreapta jos gol de ușă, fisura 26 în zona de jos a elementului de margine neconfinat din stânga
0.3 % (6.45 mm)	stânga	fisura nr. 31 în monolitizare zona panou-grinda de încărcare, fisura 29 stânga sus panou, fisura 30 în rigla de cuplare
	dreapta	extindere fisura nr. 11
0.4 % (8.60 mm)	stânga	extindere fisuri 7, 8, 9 și 28, fisuri 32-33 în rigla de cuplare
	dreapta	extindere fisura 23
0.4 % (8.60 mm)	stânga	fisura 35 în rigla de cuplare, fisura 37 monolitizare stânga jos gol de ușă, deschidere fisură nr. 2
	dreapta	fisura nr. 34 zona montan dreapta-riglă, extindere fisuri 10, 13 și 14
0.5 % (10.75 mm)	stânga	extindere fisura 14, fisura 38 – înclinată în montantul din dreapta, fisura 39 între montantul din dreapta și elementul de margine, fisura 40 elementul de margine neconfinat din dreapta, fisura 41 – înclinată în montantul din stânga, zdrobire mortar în zona montan dreapta-grindă de încărcare
	dreapta	fisura 36 - înclinată în montantul din dreapta, extindere fisura 23
0.5 % (10.75 mm)	stânga	extindere fisuri 30, 32, 35 și 41, fisuri 43, 44 în rigla de cuplare
	dreapta	extindere fisuri 17 și 39, fisura 42 - înclinată în montantul din dreapta, zdrobire mortar în zona montan stânga- grindă de încărcare
0.6 % (12.90 mm)	stânga	zdrobire mortar în zona stânga jos gol de ușă, extindere fisura 41, fisura 51 în rigla de cuplare, fisura 52 - înclinată în montantul din dreapta

			fisuri 45, 46 în riglă, fisuri 47,48 – înclinate în montantul din stânga, fisura 49 în elementul neconfinat din stânga, fisura 50 - orizontală în montant stânga
2	0.6 % (12.90 mm)	stânga dreapta	figura 53 – înclinată în montantul din dreapta, fisura 54 în elementul neconfinat din dreapta, fisura 55 - înclinată, extindere fisuri 42 și 49
1	0.7 % (15.05 mm)	stânga dreapta	extindere fisuri 48-49 figura 53 - înclinată în montantul din dreapta, fisura 54 în elementul neconfinat din stânga, fisura 55 -orizontală în montantul din stânga, extindere fisuri 25, 33, 38, 43, 44 și 52
2	0.7 % (15.05 mm)	stânga dreapta	extindere fisuri 36, 37, 47, 48
1	0.8 % (17.20 mm)	stânga dreapta	figura 56 în rigla de cuplare, fisura 57 în elementul neconfinat din stânga
2	0.8 % (17.20 mm)	stânga dreapta	extindere fisura 53, 46 și 49, fisuri în mortar dreapta jos gol ușă
1	0.9 % (19.35 mm)	stânga dreapta	figura 58 - orizontală în montantul din dreapta, exfoliere beton în zona montant-riglă de cuplare
2	0.9 % (19.35 mm)	stânga dreapta	deschidere fisuri 38, 32 și 52, extindere fisura 52, zdrobire beton în zona montant dreapta – riglă de cuplare
1	0.9 % (19.35 mm)	stânga dreapta	figura 59 - înclinată dreapta jos gol de ușă, deschidere fisuri 38, 52, 55, 14, 15, 37, 47, 48 și 49
2	0.9 % (19.35 mm)	stânga dreapta	deschidere fisuri 38, 40 și 52, fisura 61 și 62 - înclinată în montantul din dreapta, extindere fisura 23, fisura 63 în zona montant dreapta – riglă de cuplare, extindere fisuri 44, 54 și 57, fisura 64 -- înclinată în montantul stâng
1	0.9 % (19.35 mm)	stânga dreapta	figura 60- înclinată în montantul din dreapta, extindere fisuri 25, 31, 36, 48 și 54, zdrobire beton în zona montant dreapta-riglă de cuplare, deschidere fisuri 48, 49

1	1.0 % (21.50 mm)	stânga	deschidere fisuri 38 și 52, extindere fisuri 25, 41 și 60, fisura 65 în elementul de
		dreapta	marginile confinat din dreapta extindere fisuri 60, 6, 10, 53, 49, 5, 37, fisura 61 în elementul de margine confinat din dreapta
2	1.0 % (21.50 mm)	stânga	extindere fisura, fisura 68 - înclinată în elementul de margine confinat din stânga, zdrobire beton în zona montat dreapta – riglă de cuplare,
		dreapta	extindere fisuri 60 și 48, deschidere fisuri 38 și 52, fisura 66 dreapta jos panou, fisura 67 în rigla de cuplare
1	1.1 % (23.65 mm)	stânga	deschidere fisuri 38 și 52, fisura 70 -- înclinată în montantul din dreapta
		dreapta	zdrobire mortar dreapta jos montat dreapta, fisura 69 în zona montat dreapta-riglă de cuplare, zdrobire beton în zona montat stânga -riglă de cuplare
2	1.1 % (23.65 mm)	stânga	deschidere fisuri 38 și 52, elementul pierde 20% din capacitate portantă
		dreapta	deschidere fisuri 49 și 66, zdrobire beton în zona montat stânga -- riglă de cuplare, zdrobire beton în zona dreapta jos gol de ușă

Tabel A.3 - Observații pe grid pentru PRCWP (10-L1/L3-T)

ELEMENT PRCWP (10-L1/L3-T)

Ciclu	Nivel drift (sau forță)	Direcție	Observații
1	10 kN	stânga dreapta	fisuri inițiale în zona montan – riglă de cuplare -
1	50 kN	stânga dreapta	- -
1	100 kN	stânga dreapta	se atinge 1 mm nivel deplasare -
1	150 kN	stânga dreapta	- -
1	1 mm	stânga dreapta	- -
1	0.1 % (2.15 mm)	stânga	fisura nr. 1 și 2 în zona parapet – montan dreapta, fisura 3 în parapet, fisura nr. 4 în montan zona montan stânga - parapet zona de jos, fisura nr. 5 în zona montan stânga - parapet
2	0.1 % (2.15 mm)	dreapta stânga dreapta	- - extindere fisura 5
1	0.2 % (4.30 mm)	stânga	fisura 14 în montanul din dreapta, fisura 15 în parapet, fisura 16 – înclinată în montanul din stânga

			extindere fisuri inițiale și fisuri 1 și 5, fisura nr. 6 și 7 în rigla de cuplare , fisura 8 - înclinată în montantul din stânga, fisuri 9, 10 și 11 în parapet, fisura 12 – înclinată în montantul din stânga, fisura 13 în zona riglă – montant stânga
2	0.2 % (4.30 mm)	dreapta	<p>extindere fisuri 14 și 16, fisura 17 în parapet</p> <p>extindere fisuri 23 și 24 în montantul din dreapta, fisura 25 - înclinată în montantul din dreapta, fisura 26 în parapet, extindere fisuri 2 și 16, fisuri 27 și 28 (înclinate) în montantul din stânga, fisura 29 în rigla de cuplare</p> <p>extindere fisuri 19 și 20 - înclinate în montantul din dreapta, extindere fisuri 3 și 8, fisura 21 în parapet, fisura 22 - înclinată în montantul din stânga, fisuri în monolitizare în zona panou – grindă de încărcare</p>
1	0.3 % (6.45 mm)	dreapta	extindere fisuri 1 și 16, fisura 31 în parapet, fisura 32 în rigla de cuplare, exfoliere mortar în zona montant stânga - parapet zona de jos
2	0.3 % (6.45 mm)	stânga	extindere fisuri 29 și 30 în parapet, extindere fisura 10
		dreapta	<p>extindere fisuri 37 în zona de jos a montantului din dreapta, deschidere fisuri 1, 3 și 15,</p> <p>extindere fisuri 25, 28 și 8, fisura 38 în rigla de cuplare, fisura 39 în montantul din stânga, fisura 40 în zona montant stânga – riglă de cuplare</p> <p>extindere fisuri 33 și 34 – înclinate în montantul din dreapta, fisura 35 în rigla de cuplare, fisura 36 în zona de jos a parapetului</p>
1	0.4 % (8.60 mm)	stânga	extindere fisuri 43 în rigla de cuplare, fisura 44 în parapet, fisura 45 în montant stânga, fisura 41 în parapet, extindere fisuri 5, 8 și 11, fisura 42 – înclinată în montantul din stânga
2	0.4 % (8.60 mm)	dreapta	
		stânga	extindere fisuri 43, 32, 39, 11, fisura 49, 50, 57 și 58 în rigla de cuplare, fisura 51, 52, 53 și 54 în parapet, fisura 55 și 56 în zona parapet- montant dreapta
1	0.5 % (10.75 mm)	dreapta	extindere fisuri 17, 33, 34, 1, 9, 11, 22, fisura 45 în montantul din dreapta, fisura 46

		în zona riglă de cuplare- montan dreapta, fisura 47 în parapet, fisura 48 – înclinată în montanul din stânga
		extindere fisuri 24, 14, 15, 29, 39 și 8, fisura 72 în montanul din dreapta, fisura 73 și 74 în rigla de cuplare, fisura 75 și 76 în montanul din stânga, fisura 77 în elementul de margine neconfinat din stânga, fisura 79 în zona parapet-montan stânga, zdrobire beton în zona montan stânga - parapet
2	0.5 % (10.75 mm)	fisuri 59 - 64 în parapet, extindere fisuri 12 și 17, fisura 65 în zona montan stânga - parapet, fisura 66 - înclinată în montanul din stânga, fisuri 67 - 69 în rigla de cuplare, fisura 70 în zona dreapta sus a panoului, fisura 71 în zona dreapta jos a elementului de margine neconfinat
		deschidere fisura 1, extindere fisuri 3, 24, 25 și 16, fisura 84 în zona parapet-montan dreapta, zdrobire beton în zona parapet- montanul din stânga
1	0.6 % (12.90 mm)	extindere fisuri 1, 20, 45, 34, 19, 47 și 48, fisura 80 - înclinată în montanul din dreapta, fisura 81 în rigla de cuplare, fisura 82 și 83 în parapet
		extindere fisuri 18 și 22, deschidere fisuri 9, 15 și 16, elementul pierde 20% capacitate portantă
2	0.6 % (12.90 mm)	extindere fisuri 59, 48 și 66, fisura 85 în zona de sus a elementului de margine neconfinat din dreapta, fisura 86- orizontală în zona de sus a montanului din stânga, fisura 87 în montanul din stânga, fisura 88 în zona parapet - montan stânga
		-
1	0.7 % (15.05 mm)	extindere fisura 17, fisura 89 în zona montan stânga – riglă de cuplare, zdrobire beton în zona riglă de cuplare – montan stânga, cedarea elementului

Tabel A.4 - Observații pe grid pentru PRCWP (11-L1-T)

ELEMENT PRCWP (11-L1-T)			
Ciclu	Nivel dift (sau forță)	Direcție	Observații
1	10 kN	stânga dreapta	fisuri inițiale în parapet, riglă de cuplare, montantul din stânga
1	50 kN	stânga dreapta	-
1	100 kN	stânga dreapta	-
1	150 kN	stânga dreapta	-
1	1 mm	stânga dreapta	-
1	0.1 % (2.15 mm)	stânga dreapta	fisuri 1 - 3 în parapet, fisura 4 în montantul din dreapta, fisura 5 și 6 în rigla de cuplare, fisura 7 în zona montant stânga – riglă de cuplare, fisura 8 și 9 în parapet
2	0.1 % (2.15 mm)	stânga dreapta	fisura 15 -17 în parapet fisura 10 și 11 în parapet, fisura 12 în montantul din stânga, fisura 13 și 14 în zona montant dreapta – riglă de cuplare
1	0.2 % (4.30 mm)	stânga	extindere fisuri 2, 4, 5 și 10, fisura 20 - 22 în parapet, fisura 23 în zona riglă de

mm)		cuplare – montantul din stânga, fisura 24 în montantul din stânga
		extindere fisuri 8, 10 și 12, fisura 18 în montantul din stânga, fisura 19 în zona montant stânga -parapet
2	0.2 % (4.30 mm)	extindere fisuri 1, 3, 4, 7 și 20 extindere fisuri 11, 12 și 16
1	0.3 % (6.45 mm)	fisuri 34 - 37 în parapet, extindere fisuri 3 și 17, fisuri 38 - 40 – înclinate în montantul din dreapta, fisura 41 în montantul din stânga fisura 25 și 26 - înclinate în montantul din stânga, extindere fisuri 9, 10 și 28, fisura 27, 28, 29 și 33 în parapet, fisura 30 în montantul din dreapta, fisura 31 și 32 în rigla de cuplare extindere fisura 22
2	0.3 % (6.45 mm)	extindere fisuri 2, 11, 19, fisura 42 în parapet, fisura 43 în montantul din stânga, fisura 44 în rigla de cuplare, fisura 45 în montantul din dreapta
1	0.4 % (8.60 mm)	fisura 48 – înclinată în montantul din stânga, fisura 49 și 50 în montantul din stânga, extindere fisura 8 și 41, fisura 51 și 52 în montantul din dreapta, fisura 53 – înclinată în montantul din dreapta, fisura 54 în montantul din dreapta, fisura 55 în rigla de cuplare, marca tensometrică G5 indică curgera armăturii, iar G3 și G6 indică armături aproape de curgere
2	0.4 % (8.60 mm)	extindere fisura 42, fisura 46 în parapet, fisura 47 în montantul din stânga fisura 63 și 64 în parapet, extindere fisur 37, 4, 38, 6 și 41, fisura 65 în montantul din stânga, fisura 67 – înclinată în montantul din stânga fisuri 56 - 59 în parapet, extindere fisuri 42, 47, 12, 25 și 45, fisura 61 și 62 în rigla de cuplare
1	0.5 % (10.75 mm)	extindere fisuri 23, 53, 65, 16, 36, 3 și 67, fisura 70 în montantul din stânga,

	mm)	stânga	<p>fisura 71 și 72 – înclinate în montantul din stânga</p> <p>extindere fisuri 26 și 28, fisura 68 și 69 -înclinate în montantul din stânga, marca tensometrică G3 indică curgerea armăturii</p>
2	0.5 % (10.75 mm)	dreapta	<p>extindere fisuri 50 și 53</p> <p>cracks 28, 43, 47, 69, 25, 61 and 30 extension, concrete exfoliation at the bottom region of parapet</p>
1	0.6 % (12.90 mm)	stânga	<p>zdrobire beton în zona parapet- montanf stânga și parapet, deschidere fisuri 53, 47 și 16, fisura 76 în rigla de cuplare, extindere fisura 7, fisura 77 în montantul din stânga, zdrobire morta în partea de jos a parapetului</p> <p>zdrobire beton în elementul de margine din dreapta, fisura 73 înclinată în montantul din dreapta, extindere fisuri 30, 18 și 69, fisuri 74 și 75 înclinate în montantul din stânga</p>
2	0.6 % (12.90 mm)	dreapta	<p>extindere fisuri 20, 6, 47, și 77, zdrobire beton în zona stânga sus a panoului și parapet</p> <p>fisura 78 înclinată în montantul din dreapta</p>
1	0.7 % (15.05 mm)	stânga	<p>elementul pierde peste 20% din capacitate portantă</p> <p>zdrobire mortar între panou și grinda de fundare, extindere fisuri 18, 25 și 75, deschidere fisuri 11, 42 și 46</p>
2	0.7 % (15.05 mm)	dreapta	<p>-</p> <p>fisura 79 în montantul din stânga</p>

Table A.5 – Observații pe grid pentru PRCWP (12-EI-T)

ELEMENT PRCWP (12-EI-T)			
Ciclu	Nivel drift (sau forță)	Direcție	Observații
1	10 kN	stânga dreapta	- -
1	50 kN	stânga dreapta	- -
1	100 kN	stânga	fisura 1 și 2 în zona montant stânga – riglă de cuplare, fisuri 3,4,6,7 și 8 în zona montant dreapta – riglă de cuplare, fisuri 5, 9, 10, 11, 12 și 13 în rigla de cuplare, se atinge 1 mm nivel deplasare
1	150 kN	dreapta stânga dreapta	- - -
1	1 mm	stânga dreapta	- -
1	0.1 % (2.15 mm)	stânga	fisuri 17 - 21 în rigla de cuplare
2	0.1 % (2.15 mm)	dreapta stânga dreapta	fisuri 14 - 16 în rigla de cuplare fisura 22 în rigla de cuplare -
1	0.2 % (4.30	stânga	fisura 25 și 26 înclinate în montantul din stânga

	mm)		fisura 23 în rigla de cuplare, extindere fisuri 2, 5 și 8, fisura 24 în zona montant dreapta – riglă de cuplare
2	0.2 % (4.30 mm)	dreapta	-
		stânga	fisura 27 în rigla de cuplare
		dreapta	fisura 39 înclinată în montantul din stânga, fisura 31 și 32 înclinate în montantul din dreapta, fisura 30 în zona montant stânga – riglă de cuplare, fisuri 33 -38 în elementul de margine neconfinat din dreapta
1	0.3 % (6.45 mm)	stânga	fisura 28 și 29 în rigla de cuplare, extindere fisura 16, marca tensometrică G2 indică curgerea armăturii
		dreapta	Fisuri în monolitizare între panou și grinda de încărcare
2	0.3 % (6.45 mm)	stânga	-
		dreapta	-
		stânga	fisura 42 înclinată în montantul din stânga, fisura 43 și 44 în zona riglă de cuplare –montant dreapta, exfoliere mortar între montant stânga-grindă fundare
1	0.4 % (8.60 mm)	dreapta	extindere fisura 38, fisura 40 și 41 înclinate în ontantul din dreapta, deschidere fisura 10, marca tensometrică G1 indică curgerea armăturii
		stânga	fisura 45 și zdrobire mortar în dreapta jos a golului de ușă
2	0.4 % (8.60 mm)	dreapta	extindere fisuri 32, 33 și 41, exfoliere mortar în zona dreapta jos a golului de ușă
		stânga	deschidere fisuri 42 și 32, fisura 47 stânga sus panou, extindere fisuri 30,18 și 31, fisura 48 între panou și elementul de margine neconfinat din stânga, fisura 49 și 50 în montantul din stânga, fisura 51 în dreapta jos a golului de ușă
1	0.5 % (10.75 mm)	dreapta	crack 46 inclined in left pier, mortar crushing between base beam and left wing

2	0.5 % (10.75 mm)	stânga	deschidere fisuri 31, 32 și 42
		dreapta	fisura 52 în montantul din dreapta, extindere fisuri 38 și 41
1	0.6 % (12.90 mm)	stânga	fisura 57 înclinată în montantul din stânga, zdrobire mortar în zona stânga jos a golului de ușă
		dreapta	fisura 53 în rigla de cuplare, fisura 54 înclinată în montantul din stânga, fisura 55 și 56 în montantul din stânga
	0.6 % (12.90 mm)	stânga	extindere fisura 43, marca tensometrică G5 indică curgerea armăturii, zdrobire beton în zona riglă de cuplare -montant dreapta
		dreapta	-
1	0.7 % (15.05 mm)	stânga	cedarea elementului
		dreapta	zdrobire mortar între panou și grinda de fundare

Tabel A.6 – Observații pe grid pentru PRCWP (7-E1-T/R)

ELEMENT PRCWP (7-E1-T/R)				
Ciclu	Nivel drift (sau forță)	Direcție	Observații	
1	10 kN	stânga dreapta	fisuri inițiale în zona montant stânga-riglă de cuplare și montantul din dreapta	
1	50 kN	stânga dreapta	-	
1	100 kN	stânga dreapta	-	
1	150 kN	stânga dreapta	-	
1	1 mm	stânga dreapta	-	
1	0.1 % (2.15 mm)	stânga dreapta	-	
2	0.1 % (2.15 mm)	stânga dreapta	-	
1	0.2 % (4.30 mm)	stânga dreapta	fisura 1 (încercarea elementului de referință) redeschidere	
2	0.2 % (4.30 mm)	stânga dreapta	fisura 2 (încercarea elementului de referință) redeschidere	

1	0.3 % (6.45 mm)	stânga dreapta	extindere fisuri inițiale în zona riglă de cuplare – montant stânga
2	0.3 % (6.45 mm)	stânga dreapta	desprindere țesătură în zona (4-3-2)
1	0.4 % (8.60 mm)	stânga dreapta	fisuri în monolitizare între elementul de margine din stânga și grinda de fundare, deschidere fisură înclinată din montantul din dreapta (test referință)
2	0.4 % (8.60 mm)	stânga dreapta	Fisuri în monolitizarea dintre montantul din dreapta și grinda de fundare
1	0.5 % (10.75 mm)	stânga dreapta	deschidere fisură înclinată montant dreapta (test referință)
2	0.5 % (10.75 mm)	stânga dreapta	marca tensometrică G6 indică curgerea armăturii, fisura 5 și 6 în montantul din dreapta, desprindere țesătură în zona (2-2-1)
1	0.6 % (12.90 mm)	stânga dreapta	Extindere fisuri inițiale între montantul din stânga și elementul de margine neconfinat, desprindere fâșie c2 în dreapta jos a golului de ușă
2	0.6 % (12.90 mm)	stânga dreapta	deschidere fisură înclinată în montantul din dreapta, fisuri 13 - 15 în rigla de cuplare, desprindere fâșii tăiere pe fața posterioară a peretelui în zona (1-2-4)
1	0.6 % (12.90 mm)	stânga dreapta	exfoliere mortar în partea de jos a montantului din stânga, fisuri 8 - 10 în rigla de cuplare, fisura 11 în zona riglă de cuplare – montant dreapta
2	0.6 % (12.90 mm)	stânga dreapta	marca G6 aproape de indicarea curgerii armăturii, fisura 16 înclinată în montant dreapta, fisuri în zona montant dreapta -riglă de cuplare, fisură orizontală pe fața posterioară în montantul dreapta între primele două fâșii de tăiere de jos
1	0.7 % (15.05 mm)	stânga dreapta	desprecindere prima fâșie de tăiere de jos din montantul din dreapta, zdrobire mortar sub fâșia din dreapta c2
2	0.7 % (15.05 mm)	stânga dreapta	desprindere fâșie de tăiere nr.2 de jos în montantul din dreapta

	mm)		
		dreapta	zdrobire beton și mortar în partea de jos a elementului de margine din dreapta
2	0.7 % (15.05 mm)	stânga	marca G8 indică curgerea armăturii, pe fața posterioară -extindere fisură orizontală
		dreapta	-
1	0.8 % (17.20 mm)	stânga	fisuri orizontale în zona montant dreapta -riglă de cuplare, pe fața posterioară - extindere fisură orizontală
		dreapta	
2	0.8 % (17.20 mm)	stânga	desprindere fâșie confinare c1 în zona montant dreapta – riglă de cuplare
		dreapta	-
1	0.9 % (19.35 mm)	stânga	pe fața posterioară -extindere fisură orizontală, desprindere fâșie confinare c1 în zona montant dreapta – riglă de cuplare
		dreapta	pe fața posterioară -extindere fisură orizontală
2	0.9 % (19.35 mm)	stânga	desprindere fâșie de tăiere nr. 2 de jos în montantul din dreapta
		dreapta	elementul pierde 20% capacitate portantă
1	1.0 % (21.50 mm)	stânga	pe fața posterioară -extindere fisură orizontală
		dreapta	-

Tabel A.7 – Observații pe grid pentru PRCWP (8-E3-T/R)

ELEMENT PRCWP (8-E3-T/R)			
Ciclu	Nivel drift (sau forță)	Direcție	Observații
1	10 kN	stânga dreapta	- -
1	50 kN	stânga dreapta	- -
1	100 kN	stânga dreapta	- -
1	150 kN	stânga dreapta	- -
1	1 mm	stânga dreapta	- -
1	0.1 % (2.15 mm)	stânga dreapta	fisura 1 în montantul din stânga, fisura 2 în montantul din dreapta fisura 3 și 4 în montantul din dreapta, fisura 5 și 6 în montantul din stânga
2	0.1 % (2.15 mm)	stânga dreapta	fisura 7 în montantul din dreapta extindere fisura 4, fisura 8 în rigla de cuplare, fisura 9 în montantul din stânga
1	0.2 % (4.30 mm)	stânga dreapta	extindere fisuri 1, 2 și 7 extindere fisura 4 și 6, fisura 10, 11 în riglă, fisura 12 în montant stânga
2	0.2 % (4.30 mm)	stânga dreapta	- fisura 13 în rigla de cuplare, fisura 14 în montantul din stânga

1	stânga	0.3 % (6.45 mm)	fisura 14 - 17 în rigla de cuplare, fisura 18 – orizontală în montantul din stânga
	dreapta		fisura 19 și 20 în rigla de cuplare
2	stânga	0.3 % (6.45 mm)	extindere fisura 1
	dreapta		fisura 21 în rigla de cuplare, extindere fisura 9
1	stânga	0.4 % (8.60 mm)	fisuri 22 - 24 în elementul de margine neconfinat din dreapta, fisuri 25 - 27 în rigla de cuplare, extindere fisura 15, sunete pocnituri FRP
	dreapta		extindere fisura 5 și 10, fisura 28 și 29 în elementul de margine neconfinat din dreapta, fisura 30 și 31 în montan dreapta, fisura 32 în elementul de margine neconfinat din stânga, fisura 33 în montantul din stânga
	stânga	0.4 % (8.60 mm)	extindere fisura 7, fisura 34 în elementul de margine neconfinat din stânga, fisura 35 în elementul de margine neconfinat din dreapta
	dreapta		fisura 36, 37 în elementul de margine neconfinat din dreapta, extindere fisura 5
1	stânga	0.5 % (10.75 mm)	fisura 38 între montan stânga și elementul de margine neconfinat
	dreapta		extindere fisura 31, 4, 14, 32, 5
2	stânga	0.5 % (10.75 mm)	fisura 39 și 40 în montantul din dreapta, extindere fisura 1, fisura 41 în montantul din stânga, deschidere fisură verticală între montantul din stânga și clementul de margine neconfinat
	dreapta		extindere fisură 3, 31 și 14 extension, fisura 42 în rigla de cuplare
1	stânga	0.6 % (12.90 mm)	fisura 43 în elementul de margine neconfinat din dreapta, extindere fisura 17 și 26,
	dreapta		fisura 44 în rigla de cuplare, fisura 45 în montantul din stânga, fisura 46 între montantul din stânga și elementul de margine neconfinat
	stânga		extindere fisura 37, 8, 13, fisura 47 în rigla de cuplare
2	stânga	0.6 % (12.90 mm)	extindere fisura 2 și 16, fisura 48 în zona montan stânga-rigla de cuplare
	dreapta		fisura 49 și 50 în montantul din dreapta, fisuri în rășina epoxidică folosită la reparația fisurilor din testul de referință

			figura 51 și 52 – în montantul din dreapta, desprindere fâșie tăiere în zona (1-2-2) - montant dreapta, fisura 54 și 55 în zona montant stânga-rigla de cuplare
1	0.7 % (15.05 mm)	stânga	
		dreapta	desprinderea primei fâșii de tăiere de jos în montant dreapta, fisura 53 în elementul de margine neconfinat din dreapta, deschidere fisură înclinată montant dreapta
2	0.7 % (15.05 mm)	stânga	-
		dreapta	-
1	0.8 % (17.20 mm)	stânga	desprindere fâșie încovoiere în zona (1-1-3) și desprindere fâșie tăiere în zona (1-2) și (3-3-3)
		dreapta	exfoliere beton între elementul de margine neconfinat și montantul din stânga, extindere fisură înclinată montant dreapta în zona (1-1-3)
2	0.8 % (17.20 mm)	stânga	-
		dreapta	-
1	0.9 % (19.35 mm)	stânga	extindere fisura 16, 7 și 18, fisura 66 în zona de sus a elementului de margine neconfinat din stânga
		dreapta	figura 56 și 57 în mortar între montant dreapta-grindă de fundare, fisura 58 în montant dreapta, fisura 59 și 60 în rigla de cuplare, fisuri 61 - 65 în montant stânga, extindere fisura 9 și 12, fisura 67 în partea de jos a elementului de margine neconfinat din dreapta
2	0.9 % (19.35 mm)	stânga	figura 68 și 69 în rigla de cuplare, fisura 70 în montantul din stânga
		dreapta	figura 71 și 72 în montantul din dreapta
1	1.0 % (21.50 mm)	stânga	deschidere fisură înclinată în montantul din dreapta, desprindere fâșie tăiere în montantul din dreapta
		dreapta	extindere fisuri 71, 10, 21 și 14, fisuri în monolitizare între montantul din stânga și grinda de încărcare
2	1.0 % (21.50 mm)	stânga	desprindere fâșie tăiere în zona (1-2-2) și desprindere fâșie încovoiere în zona (1-

mm)	1-3), extindere fisura 14 și 25		
	dreapta	1	<p>1.1 % (23.65 mm)</p> <p>1.1 % (23.65 mm)</p>
	stânga	2	<p>1.1 % (23.65 mm)</p> <p>1.2 % (25.80 mm)</p>
	dreapta		<p>1-3), extindere fisura 72 în montantul din dreapta, desprindere fâșie tăiere în zona (3-4-3)</p> <p>1-3), extindere fisura 73 în montantul din dreapta, desprindere fâșie tăiere în zona (1-2-2), fisura 74 în montantul din dreapta, desprindere fâșie încovoiere în zona (1-1-3), fisura 75 în rigla de cuplare, fisuri 76 - 78 - înclinate în montantul din stânga</p> <p>dreapta</p> <p>1-3), extindere fisura 79 între elementul de margine necnfinat din dreapta și cel confinat, extindere fisura 31, desprindere fâșie tăiere în zona (4-3-3)</p> <p>stânga</p> <p>1-3), extindere fisura 39, cedare fâșie tăiere în (1-1-3) în zona montant dreapta - riglă de cuplare, zdrobire mortar în zona montant dreapta - riglă de cuplare</p> <p>dreapta</p> <p>1-3), extindere fisura 9, fisura 80 în montantul din stânga, desprindere fâșie tăiere în zona (3-3-3 și 3-3-2)</p>
	stânga	1	<p>1.2 % (25.80 mm)</p>
	dreapta		<p>1-3), extindere fisura 81 și 82 în elementul de margine necnfinat din dreapta, extindere fisura 1 și 41, elementul pierde 20% capacitate portantă</p> <p>1-3), extindere fisura 81 și 82 în elementul de margine necnfinat din dreapta, extindere fisura 1 și 41, elementul pierde 20% capacitate portantă</p>

Tabel A.8 – Observații pe grid pentru PRCWP (9-E1/E3-R/T)

ELEMENT PRCWP (9-E1/E3-R/T)			
Ciclu	Nivel drift (sau forță)	Direcție	Observații
1	10 kN	stânga	-
		dreapta	-
1	50 kN	stânga	-
		dreapta	-
1	100 kN	stânga	Se atinge 1 mm nivel deplasare
		dreapta	-
1	150 kN	stânga	-
		dreapta	-
1	1 mm	stânga	-
		dreapta	-
1	0.1 % (2.15 mm)	stânga	-
		dreapta	-
2	0.1 % (2.15 mm)	stânga	-
		dreapta	-
1	0.2 % (4.30 mm)	stânga	sunete pocnituri FRP
		dreapta	sunete pocnituri FRP
2	0.2 % (4.30 mm)	stânga	sunete pocnituri FRP, fisuri 2-5 în rigla de cuplare
		dreapta	sunete pocnituri FRP, fisura 1 în rigla de cuplare

			figura 6 în zona montant dreapta – riglă de cuplare, desprindere fâșia f2, sunete pocnituri FRP
1	0.3 % (6.45 mm)	stânga	figura 7 în rigla de cuplare, fisura 8 în zona montant stânga – riglă de cuplare, figura 9 în mortar în zona grindă de fundare – montant stânga
2	0.3 % (6.45 mm)	dreapta	-
		stânga	-
		dreapta	extindere fisura 8 și 10
1	0.4 % (8.60 mm)	stânga	figura 10 în mortar -partea dreapta jos a golului de ușă, fisura 11-12 rigla cuplare
2	0.4 % (8.60 mm)	dreapta	figura 14 în rigla de cuplare, fisura 15 și 16 în mortar în stânga jos a golului de ușă
		stânga	figura 13 în rigla de cuplare
		dreapta	extindere fisura 18
1	0.5 % (10.75 mm)	stânga	figura 17 în mortar în partea de jos a elementului de margine din stânga
2	0.5 % (10.75 mm)	dreapta	figura 20 în rigla de cuplare
		stânga	extindere fisura 11, fisura 19 în zona montant dreapta – riglă de cuplare
		dreapta	figura 28 în mortar între grinda de fundare – montant dreapta, zdrobire mortar în partea de jos a elementului de margine din stânga
1	0.6 % (12.90 mm)	stânga	figura 21 în rigla de cuplare, fisuri 22 - 27 în montantul din stânga
2	0.6 % (12.90 mm)	dreapta	figuri 31 - 33 în rigla de cuplare
		stânga	figura 29 în (4-4-4), fisura 30 în (3-3-2), tentativă smulgere ancoraj FRP în (3-3-2)
		dreapta	extindere fisura 14 și 28, sunete pocnituri FRP
1	0.7 % (15.05 mm)	stânga	figură înclinată 34 în montantul din stânga, extindere fisura 24 și 10, desprindere
2		dreapta	

		fâșii f1 și f6	
	stânga	extindere fisura 32, desprindere fâșii Hdr și f1 în zona montan dreapta -riglă de cuplare	
2	0.7 % (15.05 mm)	extindere fisura 24, 34, fisura 35 în rigla de cuplare, fisura 36 și 37 în zona montan dreapta-riglă de cuplare, fisura 38 în mortar în zona dreapta jos a golului	
1	0.8 % (17.20 mm)	extindere fisura 25, fisura 39 în mortar în zona dreapta jos a golului, desprindere fâșii în zona (1-1-3) și (4-4-2)	
2	0.8 % (17.20 mm)	- fisura 43 și 44 în rigla de cuplare, zdrobire mortar în partea dreaptă jos a golului desprindere fâșie Hdr, fisura 41 și 42 în montan stânga, fisura 40 în montan dreapta	
1	0.9 % (19.35 mm)	extindere fisuri 25 și 34, desprindere f2 pe partea dreaptă	
2	0.9 % (19.35 mm)	extindere fisura 45-46 în rigla de cuplare, fisura 47 în elem. margine neconfinat din stânga fisura 53 în elementul de margine neconfinat din stânga, extindere fisura 42, fisuri 49 - 52 în montan dreapta, zdrobire beton în zona montan stânga-riglă	
1	1.0 % (21.50 mm)	extindere fisura 34, fisura 48 în elementul de margine neconfinat din stânga fisura 53 în rigla de cuplare, fisura 54, 55, 56 în montan stânga	
2	1.0 % (21.50 mm)	extindere fisuri 46, 48, 26, 47, deschidere fisura 22, desprindere fâșie f2, desprindere fâșii în (4-4-2 și 4-4-3) și cedarea fâșiei Hst desprindere fâșii în (4-3-4 și 4-4-2), elementul pierde 20% capacitate portantă	
1	1.1 % (23.65 mm)	deschidere fisuri 22 și 34 - fisura 57 în partea de jos a elementului de margine din dreapta, desprindere fâșie f1, deschidere fisuri 48, 22, 26 și 34	

Tabel A.9 – Observații pe grid pentru PRCWP (10-L1/L3-T/R)

ELEMENT PRCWP (10-L1/L3-T/R)

Ciclu	Nivel drift (sau forță)	Direcție	Observații
1	10 kN	stânga dreapta	- -
1	50 kN	stânga dreapta	- -
1	100 kN	stânga dreapta	se atinge 2.15 mm nivel deplasare -
1	150 kN	stânga dreapta	- -
1	1 mm	stânga dreapta	- -
1	0.1 % (2.15 mm)	stânga dreapta	fisura 1 în rigla de cuplare, fisura 2 și 3 în parapet, fisura 4 în montant stânga sunete pocnituri FRP
2	0.1 % (2.15 mm)	stânga dreapta	fisura 6 în zona riglă de cuplare – montant stânga fisura 5 în parapet
1	0.2 % (4.30 mm)	stânga dreapta	fisura 15 în zona parapet - montant stânga, fisuri 16 - 18 în parapet, fisuri 19 - 22 în montant dreapta, fisura 23 în montant stânga, extindere fisura 4 fisuri 7 - 12 în zona parapet-montant stânga, fisura 13 în elementul de margine neconfinat din stânga, fisura 14 în rigla de cuplare

2	0.2 % (4.30 mm)	stânga dreapta	extindere fisura 2 fisura 24 în montantul din dreapta, fisuri 25 -27 în parapet
1	0.3 % (6.45 mm)	stânga	extindere fisuri 16, 3, 18, 20, 21, deschidere fisura 2, fisura 33 în montantul din dreapta, fisura 34 în rigla de cuplare, fisura 35 în zona montan stânga-riglă de cuplare, fisura 36 în monant stânga, fisura 37 și 38 în parapet fisura 28 și 29 în montantul din dreapta, fisuri 30 -32 în partea dreaptă jos a panoului, extindere fisura 14, deschidere fisura 13
2	0.3 % (6.45 mm)	dreapta stânga dreapta	extindere fisura 2 și 4, fisura 47 în parapet fisura 39 în montan dreapta, extindere fisuri 28, 26 și 19, fisuri 40 -43 în parapet, fisura 44 în montan stânga, fisura 45 și 46 în parapet, exfoliere mortar în montantul din stânga
1	0.4 % (8.60 mm)	stânga	fisura 55 în montantul din dreapta, extindere fisuri 2, 18, 30, 20, 34 și 15, fisuri 56 -58 în rigla de cuplare, fisura 59 și 60 în montan stânga, fisura 61 în parapet
2	0.4 % (8.60 mm)	dreapta stânga dreapta	fisura 48 în parapet, fisuri 49 - 51 în montan dreapta, fisura 52 în riglă, extindere fisuri 28, 10, 25, 5, 7, 46 și 41, fisura 53 și 54 în parapet fisura 63 în montan stânga, deschidere fisuri 2 și 7, exfoliere și desprindere sistem TRM în zona parapet-montan stânga fisura 62 în rigla de cuplare, extindere fisuri 39, 14 și 43
1	0.5 % (10.75 mm)	stânga dreapta	extindere fisuri 17, 37, 2, 19, 20, 36 și 37, fisura 65 în montan dreapta, desprindere sistem în zona (4-3-4) și în zona parapet-montan stânga
2	0.5 % (10.75 mm)	dreapta stânga dreapta	fisura 64 în partea dreapta jos a panoului, extindere fisuri 43, 8, 39 fisura 67 în montan dreapta, extindere fisura 24
1	0.6 % (12.90 mm)	stânga	extindere fisura 25, fisura 66 în montan stânga, desprindere în zona (4-3-3) extindere fisuri 20, 55, 67, 65, 18 și 16, desprindere sistem TRM în zona montan

	mm)	dreapta - riglă, fisura 74 în zona montant dreapta - riglă, fisura 75 în zona montant stânga-riglă, fisura 76 și 77 în montant stânga, fisura 78 -verticală în elementu de margine neconfinat din stânga, fisura 79 în montant stânga fisura 68 și 69 în montant dreapta, extindere fisuri 51, 28, 24, 29 și 62, fisuri 70 -73 în montant stânga
2	0.6 % (12.90 mm)	dreapta stânga extindere fisuri 4 și 15, fisuri 82 to 86 in the left pier, crack 87 in parapet extindere fisura 39, fisura 80 în montant dreapta, fisura 81 în zona montant dreapta – riglă de cuplare
1	0.7 % (15.05 mm)	stânga dreapta extindere fisura 64 și 32
2	0.7 % (15.05 mm)	stânga dreapta extindere fisura 2, extindere fisuri 37, 23, 85 și 86, fisura 89 - verticală în elementul de margine neconfinat din stânga, fisura 90 în montant stânga, zdrobire mortar în zona parapet – montant stânga, desprindere sistem TRM în zona (4-3-3 și 3-4-4)
1	0.8 % (17.20 mm)	stânga dreapta deschidere fisură verticală în zona montant dreapta -parapet, extindere fisuri 20, 65 și 89
2	0.8 % (17.20 mm)	stânga dreapta extindere fisura 40, desprinderi în zona parapet-montant dreapta (3-3.5 cm de suprafața peretelui), fisura 96 în montant deapta, fisura 97 în zona montant stânga-riglă de cuplare fisura 100 în parapet, extindere fisuri 64, 88 și 95, fisura 101 în montant dreapta, fisura 102 în montant stânga fisura 98 în zona montant dreapta -riglă de cuplare, fisura 99 în rigla de cuplare, elementul picerde 20% capacitate portantă

	0.9 % (19.35 mm)	stânga dreapta	desprindere în zona (2-1-2) fisuri 103 -105 în montan dreapta, extindere fisuri 24, 39, fisuri 106 -115 în montan dreapta, zdrobire mortar în zona elem. margine dreapta-grindă fundare
--	------------------	-------------------	--

Tabel A.10 – Observații pe grid pentru PRCWP (11-L1-T/R)

ELEMENT PRCWP (11-L1-T/R)

Ciclu	Nivel drift (sau forță)	Direcție	Observații
1	10 kN	stânga dreapta	- -
1	50 kN	stânga dreapta	- -
1	100 kN	stânga dreapta	- -
1	150 kN	stânga dreapta	- -
1	1 mm	stânga dreapta	- -
1	0.1 % (2.15 mm)	stânga dreapta	- -

2	0.1 % (2.15 mm)	stânga dreapta	- -
1	0.2 % (4.30 mm)	stânga dreapta	fisura 1 zona montant stânga –riglă, fisura 2 în zona montant dreapta- parapet
2	0.2 % (4.30 mm)	stânga dreapta	- -
1	0.3 % (6.45 mm)	stânga	fisura 7 - înclinată în montantul din stânga, fisura 8-12 în montantul din stânga, fisura 13 în zona montant stânga – riglă de cuplare, fisura 14 în rigla de cuplare, fisura 15 și 16 înclinate în montantul din dreapta, fisura 17 în parapet, fisura 18 în partea dreaptă jos a golului
2	0.3 % (6.45 mm)	dreapta stânga dreapta	fisura 3 înclinată în montantul din stânga, fisura 4 și 5 în montantul din stânga, sunete poenituri FRP, fisura 6 în zona parapet-montant stânga extindere fisuri 7-9, fisura 21 montant dreapta, fisura 22 elem. margine stânga fisura 19 și 20 în montant dreapta, extindere fisura 3
1	0.4 % (8.60 mm)	stânga dreapta	extindere fisuri 22, 5, 10, fisura 27 montant stânga, fisura 28-29 în riglă, elementul atinge 1003 kN la 7.85 mm nivel deplasare fisura 23 montant stânga, fisuri 24-25 în zona mntant dreapta - riglă de cuplare, fisura 26 în zona montant stânga - parapet
2	0.4 % (8.60 mm)	stânga dreapta	fisura 30,32 montant dreapta, fisura 31 riglă, elem.atinge 1000 kN forță laterală
1	0.5 % (10.75 mm)	stânga dreapta	extindere fisura 7, fisura 35 în montant dreapta, fisura 34 în rigla de cuplare, fisura 33 în partea stânga sus a panoului

2	0.5 % (10.75 mm)	stânga dreapta	- fisura 36 în montant stânga, zdrobire mortar în zona ontan stânga - parapet
1	0.6 % (12.90 mm)	stânga dreapta	fisura 39 în rigla de cuplare, extindere fisuri 7 și 11, fisuri în parapet extindere fisuri 20 și 23, fisura 37 și 38 în rigla de cuplare
1	0.7 % (15.05 mm)	stânga dreapta	fisuri montant stânga (3-1-3, 3-1-2, 3-4-2, 3-2-2, 4-1-2, 4-1-1, 4-1-2, 4-1-3, 1-4-4), desprindere în (4-1-1, 1-4-3, 1-1-3, 2-1-2, 2-2-1, 2-2-2, 2-1-1, 1-2-2) fisura 40 și 41 în montant stânga

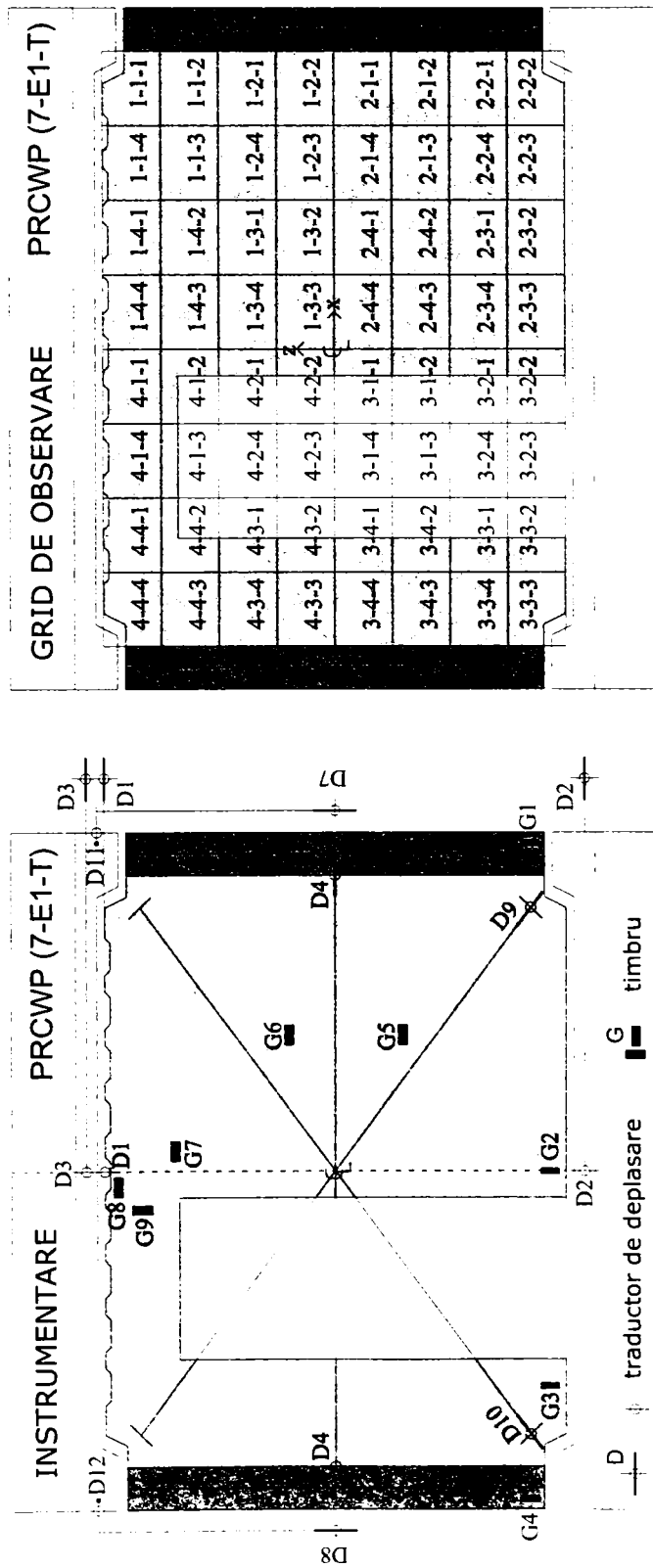
Tabel A.11 – Observații pe grid pentru PRCWP (12-E1-T/R)

ELEMENT PRCWP (12-E1-T/R)				
Ciclu	Nivel drift (sau forță)	Direcție	Observații	
1	10 kN	stânga dreapta	- -	
1	50 kN	stânga dreapta	- -	
1	100 kN	stânga dreapta	Se atinge 1 mm deplasare, fisuri inițiale 1-5 în montantul din dreapta -	
1	150 kN	stânga dreapta	- -	
1	1 mm	stânga dreapta	- -	
1	0.1 % (2.15 mm)	stânga dreapta	extindere fisura 5, redeschidere fisuri inițiale 7 - 9 fisura 6 în montantul din dreapta	
2	0.1 % (2.15 mm)	stânga dreapta	- -	
1	0.2 % (4.30 mm)	stânga dreapta	extindere fisura 8 și 9, fisuri 10-12 în mortar în stânga jos a golului, fisuri 13-18 în rigla de cuplare, fisura 19 și 20 în montantul din dreapta sunete pocnituri FRP	
2	0.2 % (4.30 mm)	stânga	-	

	mm)	dreapta	fisura 21 în rigla de cuplare
1	0.3 % (6.45 mm)	stânga	fisura 22-23 în zona montan stânga-riglă, exfoliere mortar în partea stângă jos a golului, desprindere fâșie c1
		dreapta	marca tensometrică G7 aproape de indicarea curgerii armăturii
2	0.3 % (6.45 mm)	stânga	fisura 27 - orizontală în mortar în dreapta jos a golului, fisura 28 în elementul de margine neconfinat din dreapta, extindere fisura 19, fisura 29 montan dreapta, fisuri 30-33 în rigla de cuplare, fisura 34 în montantul din stânga
		dreapta	fisura 24 și 26 în zona montan dreapta-riglă, fisura 25 în rigla de cuplare
1	0.4 % (8.60 mm)	stânga	desprindere fâșie c1 în partea stângă jos a golului, fisura 35-36, 38 în montantul din stânga, fisura 37 înclinată în montantul din stânga
		dreapta	-
2	0.4 % (8.60 mm)	stânga	extindere fisura 34, fisura 39 între elementul de margine neconfinat din dreapta și montan dreapta, fisura 45 în montan dreapta, fisura 46 în riglă, fisura 47 în zona montan stânga - riglă, fisura 48 înclinată în montantul din stânga
		dreapta	extindere fisura 2, fisura 40 în montantul din dreapta
1	0.5 % (10.75 mm)	stânga	elementul atinge 1000 kN la 10.50 mm deplasare, G5 indică curgerea armăturii, fisura 51 înclinată în montan stânga, fisura 50 în elementul de margine neconfinat dreapta
		dreapta	fisura 49 în rigla de cuplare
2	0.5 % (10.75 mm)	stânga	-
		dreapta	G7 indică curgerea armăturii, zdrobire beton în partea stângă jos a panoului

ANEXA B

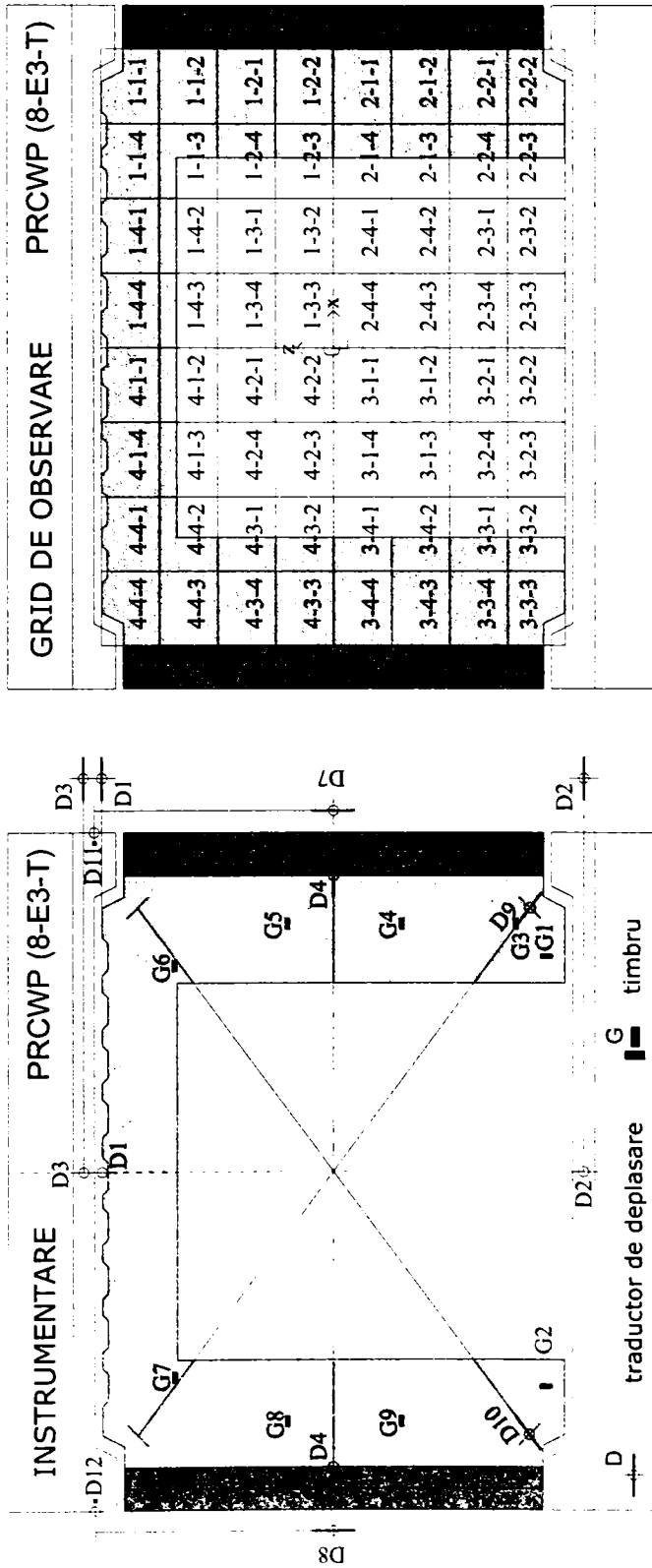
Sistemul de monitorizare al elementelor



Tabel B.1 – Sistemul de instrumentare pentru PRCWP (7-E1-T)

ID	Tip	Poziție	x (mm)	y (mm)	z (mm)
I 1	Deplasare, sus orizontal	(1-4-4); (4-1-1)	0	50	1075
I 2	Deplasare, jos orizontal	Grinda de fundare	0	150	-1160
3	Deplasare, sus orizontal	Grinda de încărcare	0	150	1160
D4 stânga	Deplasare, mijloc orizontal	(1-2-2); (2-1-1)	1375	50	0

D4 dreapta	Deplasare, mijloc orizontal	(4-3-3); (3-4-4)	-1375	50	0
D7	Deplasare, vertical	Grinda de încărcare	1575	0	1110
D8	Deplasare, vertical	Grinda de încărcare	-1575	0	1110
D9 stânga	Deplasare, diagonală	(2-2-2)	1225	50	-910
D9 dreapta	Deplasare, diagonală	(4-4-4)	-1225	50	910
D10 stânga	Deplasare, diagonală	(3-3-3)	-1225	50	-910
D10 dreapta	Deplasare, diagonală	(1-1-1)	1225	50	910
D11	Deplasare, în afara planului	Grinda de încărcare	1525	-150	1110
D12	Deplasare, în afara planului	Grinda de încărcare	-1525	-150	1110
G1	Marcă tensometrică, vertical	Element de margine, jos	1525	0	-990
G2	Marcă tensometrică, vertical	(2-3-3); (3-2-2)	0	0	-990
G3	Marcă tensometrică, vertical	(3-3-2)	-1005	0	-990
G4	Marcă tensometrică, vertical	Element de margine, jos	-1525	0	-990
G5	Marcă tensometrică, orizontal	(2-4-2)	635	0	-315
G6	Marcă tensometrică, orizontal	(1-3-2)	635	0	215
G7	Marcă tensometrică, orizontal	(1-4-3)	95	0	745
G8	Marcă tensometrică, orizontal	(4-1-1)	-75	0	1010
G9	Marcă tensometrică, vertical	(4-1-1)	-180	0	855
P1	Presiune, încărcare laterală V	Hidraulic	-	-	-
P2	Presiune, încărcare axială N1	Hidraulic	-	-	-
P3	Presiune, încărcare axială N2	Hidraulic	-	-	-



Tabel B.2 – Sistemul de instrumentare pentru PRCWP (8-E3-T)

ID	Tip	Poziție	x (mm)	y (mm)	z (mm)
D1	Deplasare, sus orizontal	(1-4-4); (4-1-1)	0	50	1075
D2	Deplasare, jos orizontal	Grinda de fundare	0	150	-1160
D3	Deplasare, sus orizontal	Grinda de încărcare	0	150	1160
D4 stânga	Deplasare, mijloc orizontal	(1-2-2); (2-1-1)	1375	50	0

D4 dreapta	Deplasare, mijloc orizontal	(4-3-3); (3-4-4)	-1375	50	0
D7	Deplasare, vertical	Grinda de încărcare	1575	0	1110
D8	Deplasare, vertical	Grinda de încărcare	-1575	0	1110
D9 start	Deplasare, diagonală	(2-2-2)	1225	50	-910
D9 end	Deplasare, diagonală	(4-4-4)	-1225	50	910
D10 stânga	Deplasare, diagonală	(3-3-3)	-1225	50	-910
D10 dreapta	Deplasare, diagonală	(1-1-1)	1225	50	910
D11	Deplasare, în afara planului	Grinda de încărcare	1525	-150	1110
D12	Deplasare, în afara planului	Grinda de încărcare	-1525	-150	1110
G1	Marcă tensometrică, vertical	(2-2-3)	1000	0	-985
G2	Marcă tensometrică, vertical	(3-3-2)	-1000	0	-985
G3	Marcă tensometrică, orizontal	(2-2-2)	1150	0	-845
G4	Marcă tensometrică, orizontal	(2-1-2)	1150	0	-315
G5	Marcă tensometrică, orizontal	(1-2-2)	1150	0	215
G6	Marcă tensometrică, orizontal	(1-1-3)	955	0	740
G7	Marcă tensometrică, orizontal	(4-4-2)	-955	0	740
G8	Marcă tensometrică, orizontal	(4-3-3)	-1150	0	215
G9	Marcă tensometrică, vertical	(3-4-3)	-1150	0	-315
P1	Presiune, încărcare laterală V	Hidraulic	-	-	-
P2	Presiune, încărcare axială N1	Hidraulic	-	-	-
P3	Presiune, încărcare axială N2	Hidraulic	-	-	-

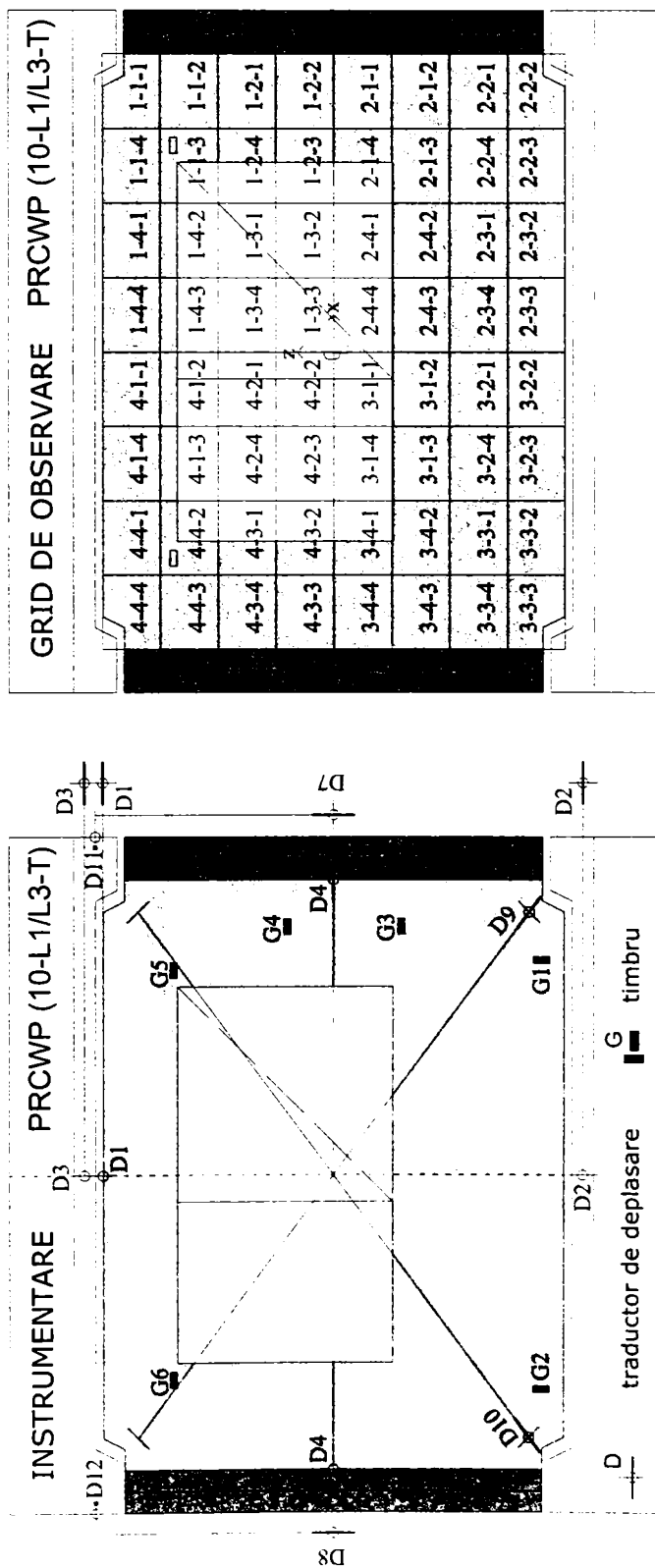
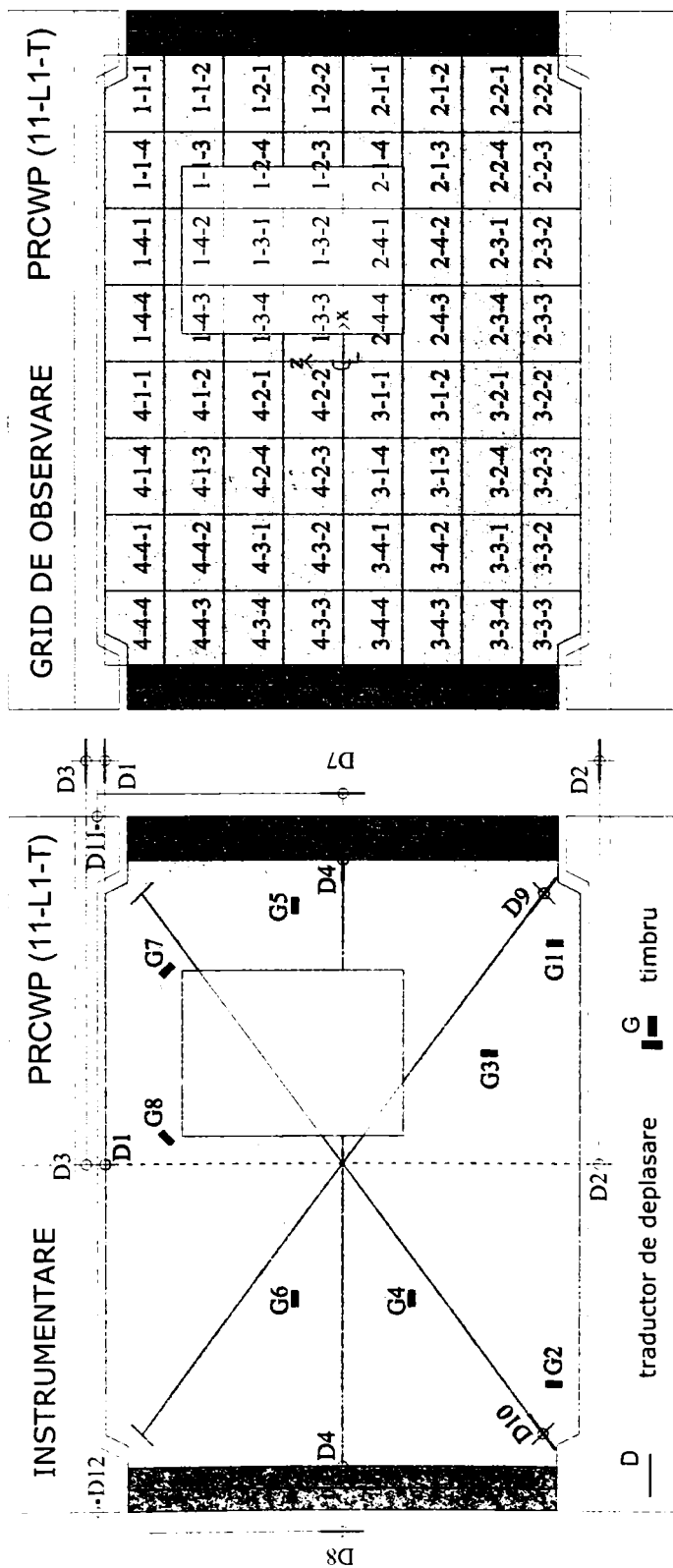


Tabela B.3 – Sistemul de instrumentare pentru PRCWP (10-L1/L3-T)

ID	Tip	Poziție	x (mm)	y (mm)	z (mm)
D1	Deplasare, sus orizontal	(1-4-4); (4-1-1)	0	50	1075
D2	Deplasare, jos orizontal	Grinda de fundare	0	150	-1160
D3	Deplasare, sus orizontal	Grinda de încărcare	0	150	1160
D4 stânga	Deplasare, mijloc orizontal	(1-2-2); (2-1-1)	1375	50	0

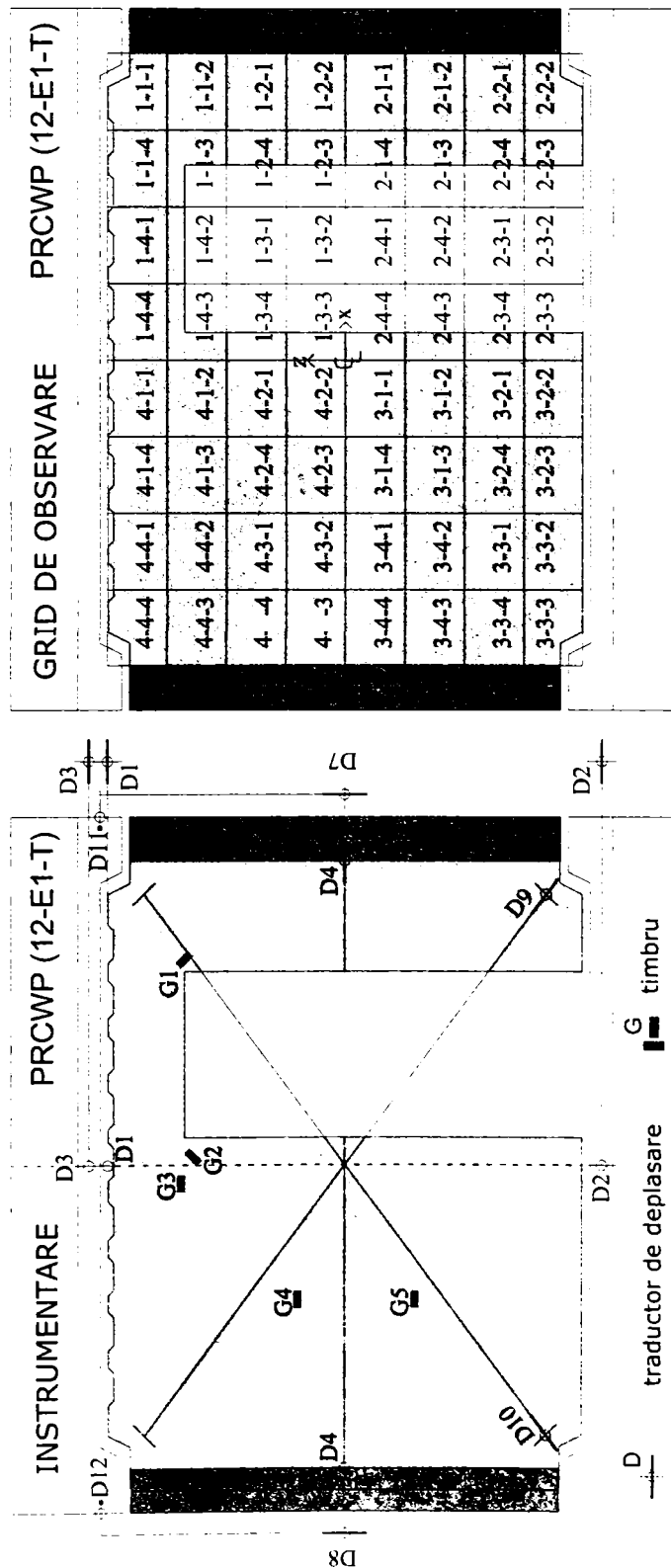
D4 dreapta	Deplasare, mijloc orizontal	(4-3-3); (3-4-4)	-1375	50	0
D7	Deplasare, vertical	Grinda de încărcare	1575	0	1110
D8	Deplasare, vertical	Grinda de încărcare	-1575	0	1110
D9 stânga	Deplasare, diagonală	(2-2-2)	1225	50	-910
D9 dreapta	Deplasare, diagonală	(4-4-4)	-1225	50	910
D10 stânga	Deplasare, diagonală	(3-3-3)	-1225	50	-910
D10 dreapta	Deplasare, diagonală	(1-1-1)	1225	50	910
D11	Deplasare, în afara planului	Grinda de încărcare	1525	-150	1110
D12	Deplasare, în afara planului	Grinda de încărcare	-1525	-150	1110
G1	Marcă tensometrică, vertical	(2-2-3)	1000	0	-985
G2	Marcă tensometrică, vertical	(3-3-2)	-1000	0	-985
G3	Marcă tensometrică, orizontal	(2-1-2)	1155	0	-315
G4	Marcă tensometrică, orizontal	(1-2-2)	1155	0	215
G5	Marcă tensometrică, orizontal	(1-1-3)	955	0	745
G6	Marcă tensometrică, orizontal	(4-4-2)	-955	0	745
P1	Presiune, încărcare laterală V	Hidraulic	-	-	-
P2	Presiune, încărcare axială N1	Hidraulic	-	-	-
P3	Presiune, încărcare axială N2	Hidraulic	-	-	-



Tabel B.4 – Sistemul de instrumentare pentru PRCWP (11-L1-T)

ID	Tip	Poziție
D1	Deplasare, sus orizontal	(1-4-4); (4-1-1)
D2	Deplasare, jos orizontal	Grinda de fundare
D3	Deplasare, sus orizontal	Grinda de încărcare

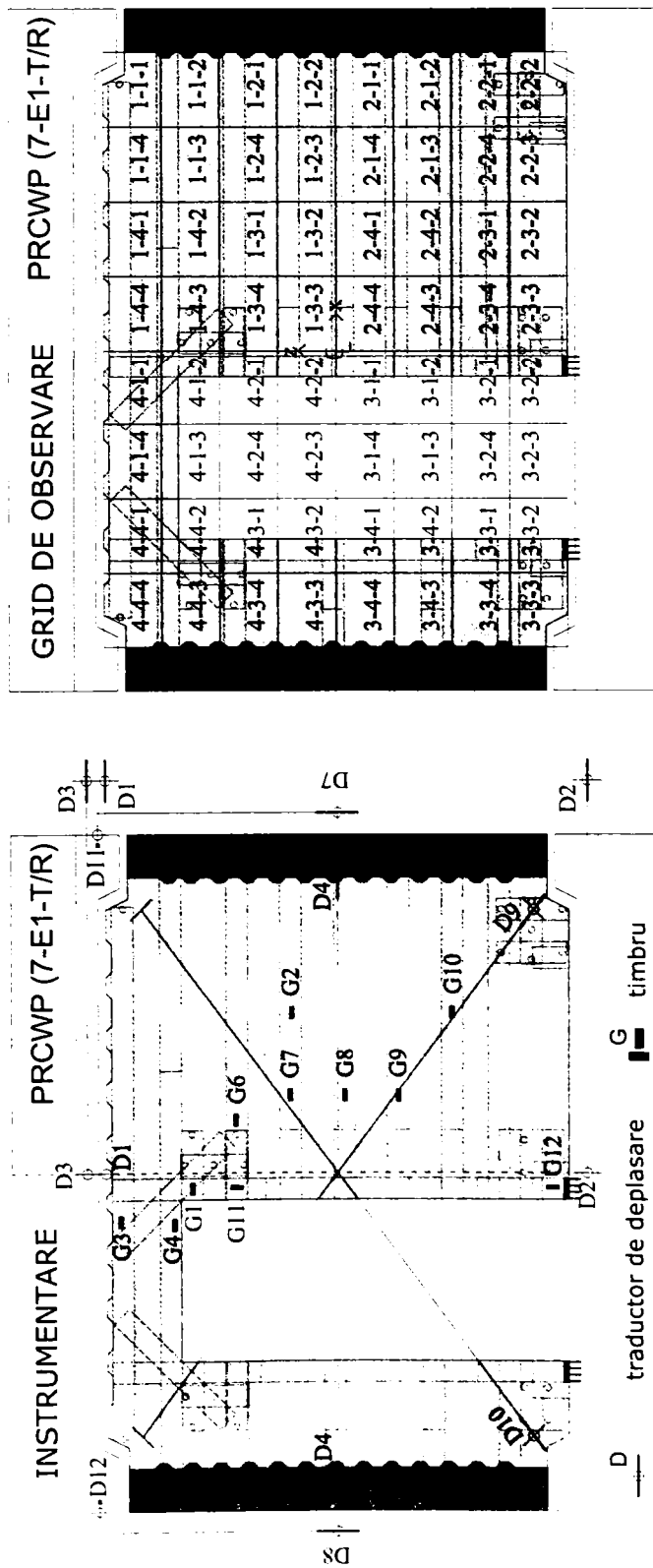
D4 stânga	Deplasare, mijloc orizontal	(1-2-2); (2-1-1)	1375	50	0
D4 dreapta	Deplasare, mijloc orizontal	(4-3-3); (3-4-4)	-1375	50	0
D7	Deplasare, vertical	Grinda de încărcare	1575	0	1110
D8	Deplasare, vertical	Grinda de încărcare	-1575	0	1110
D9 stânga	Deplasare, diagonală	(2-2-2)	1225	50	-910
D9 dreapta	Deplasare, diagonală	(4-4-4)	-1225	50	910
D10 stânga	Deplasare, diagonală	(3-3-3)	-1225	50	-910
D10 dreapta	Deplasare, diagonală	(1-1-1)	1225	50	910
D11	Deplasare, în afara planului	Grinda de încărcare	1525	-150	1110
D12	Deplasare, în afara planului	Grinda de încărcare	-1525	-150	1110
G1	Marcă tensometrică, vertical	(2-2-3)	1000	0	-985
G2	Marcă tensometrică, vertical	(3-3-2)	-1000	0	-985
G3	Marcă tensometrică, vertical	(2-3-1)	500	0	-675
G4	Marcă tensometrică, orizontal	(3-1-3)	-615	0	-315
G5	Marcă tensometrică, orizontal	(1-2-2)	1160	0	215
G6	Marcă tensometrică, orizontal	(4-2-3)	-615	0	215
G7	Marcă tensometrică, înclinat	(1-1-3)	880	0	790
G8	Marcă tensometrică, înclinat	(1-4-3)	125	0	790
P1	Presiune, încărcare laterală V	Hidraulic	-	-	-
P2	Presiune, încărcare axială N1	Hidraulic	-	-	-
P3	Presiune, încărcare axială N2	Hidraulic	-	-	-



Tabel B.5 – Sistemul de instrumentare pentru PRCWP (12-E1-T)

ID	Tip	Poziție	x (mm)	y (mm)	z (mm)
D1	Deplasare, sus orizontal	(1-4-4); (4-1-1)	0	50	1075
D2	Deplasare, jos orizontal	Grinda de fundare	0	150	-1160
D3	Deplasare, sus orizontal	Grinda de încărcare	0	150	1160

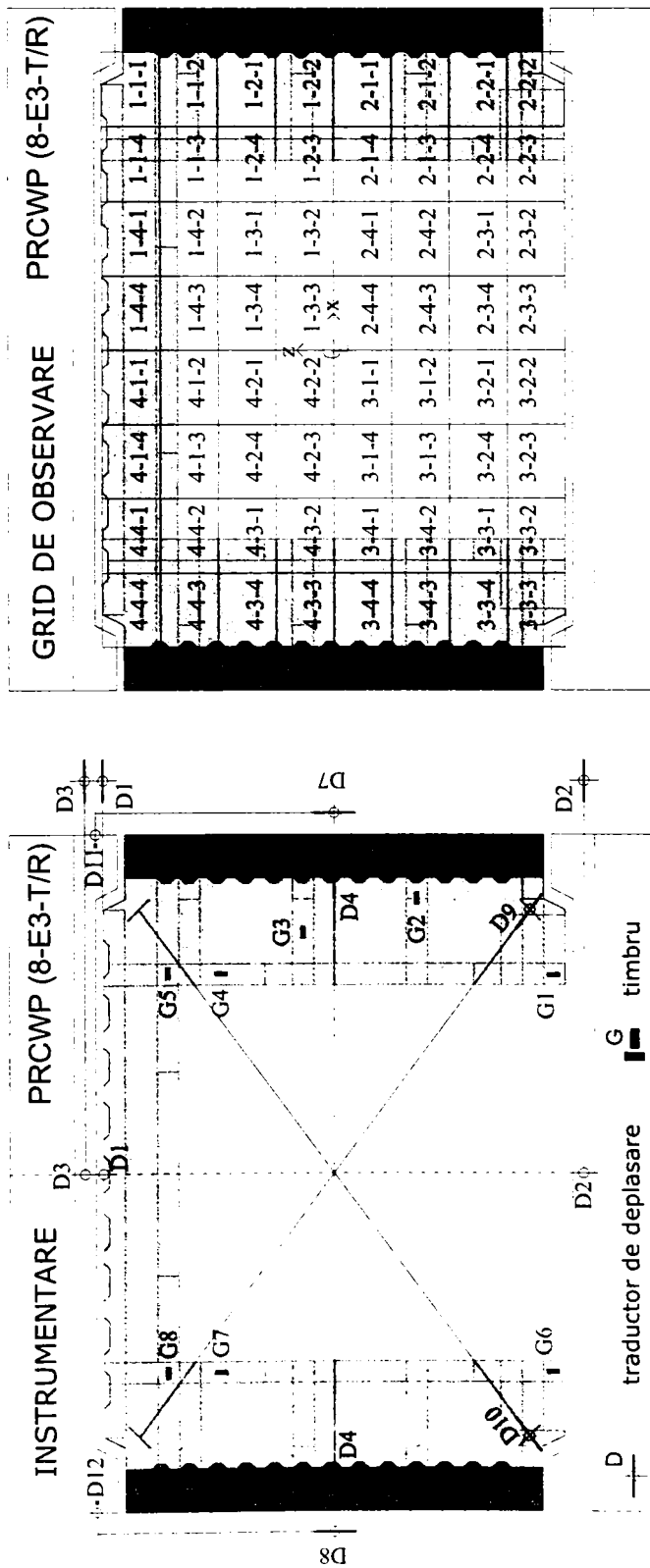
D4 stânga	Deplasare, mijloc orizontal	(1-2-2); (2-1-1)	1375	50	0
D4 dreapta	Deplasare, mijloc orizontal	(4-3-3); (3-4-4)	-1375	50	0
D7	Deplasare, vertical	Grinda de încărcare	1575	0	1110
D8	Deplasare, vertical	Grinda de încărcare	-1575	0	1110
D9 stânga	Deplasare, diagonală	(2-2-2)	1225	50	-910
D9 dreapta	Deplasare, diagonală	(4-4-4)	-1225	50	910
D10 stânga	Deplasare, diagonală	(3-3-3)	-1225	50	-910
D10 dreapta	Deplasare, diagonală	(1-1-1)	1225	50	910
D11	Deplasare, în afara planului	Grinda de încărcare	1525	-150	1110
D12	Deplasare, în afara planului	Grinda de încărcare	-1525	-150	1110
G1	Marcă tensometrică, înclinat	(1-1-3)	930	0	730
G2	Marcă tensometrică, înclinat	(1-4-3)	45	0	690
G3	Marcă tensometrică, orizontal	(4-1-2)	-85	0	745
G4	Marcă tensometrică, orizontal	(4-2-3)	-610	0	215
G5	Marcă tensometrică, orizontal	(3-1-3)	-610	0	-315
P1	Presiune, încărcare laterală V	Hidraulic	-	-	-
P2	Presiune, încărcare axială N1	Hidraulic	-	-	-
P3	Presiune, încărcare axială N2	Hidraulic	-	-	-



Tabel B.6 – Sistemul de instrumentare pentru PRCWP (7-E1-T/R)

ID	Tip	Poziție	x (mm)	y (mm)	z (mm)
D1	Deplasare, sus orizontal	(1-4-4); (4-1-1)	0	50	1075
D2	Deplasare, jos orizontal	Grinda de fundare	0	150	-1160
D3	Deplasare, sus orizontal	Grinda de încărcare	0	150	1160
D4 stânga	Deplasare, mijloc orizontal	(1-2-2); (2-1-1)	1375	50	0

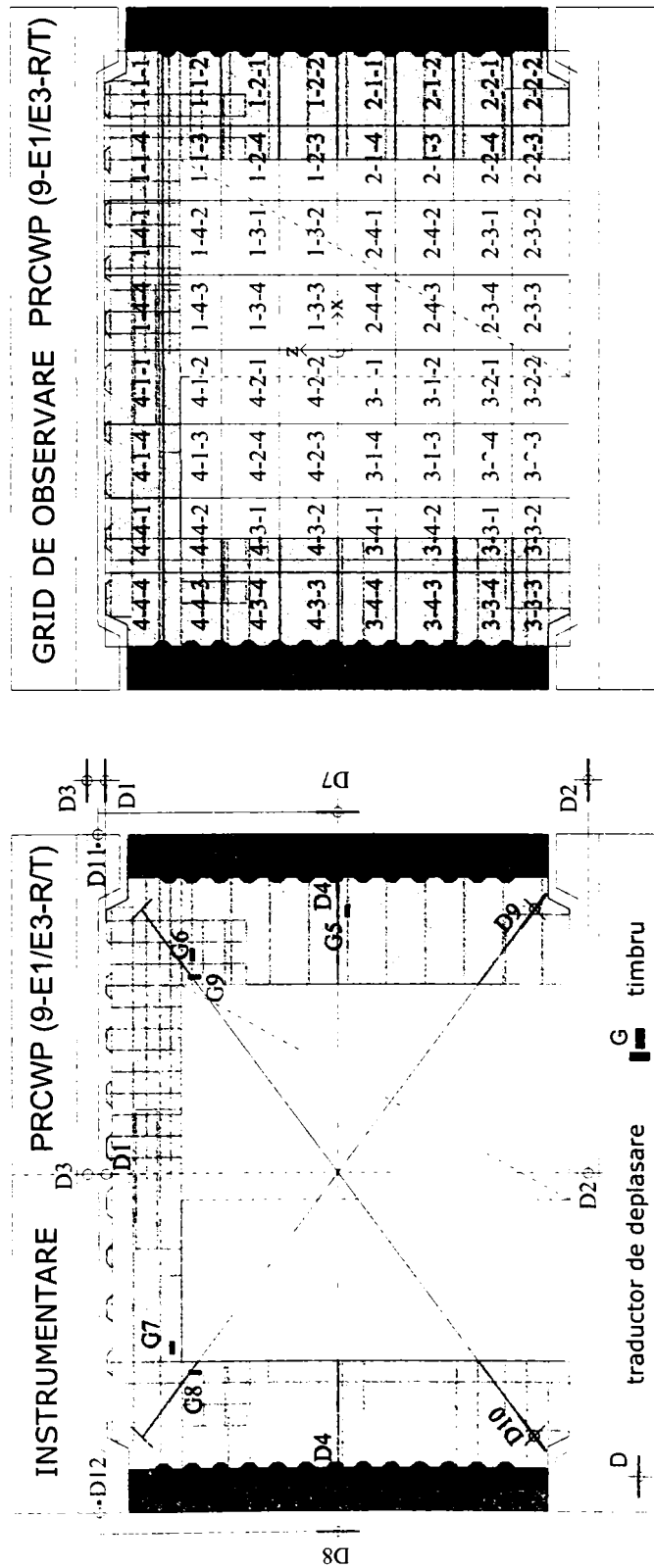
D4 dreapta	Deplasare, mijloc orizontal	(4-3-3); (3-4-4)	-1375	50	0
D7	Deplasare, vertical	Grinda de încărcare	1575	0	1110
D8	Deplasare, vertical	Grinda de încărcare	-1575	0	1110
D9 stânga	Deplasare, diagonală	(2-2-2)	1225	50	-910
D9 dreapta	Deplasare, diagonală	(4-4-4)	-1225	50	910
D10 stânga	Deplasare, diagonală	(3-3-3)	-1225	50	-910
D10 dreapta	Deplasare, diagonală	(1-1-1)	1225	50	910
D11	Deplasare, în afara planului	Grinda de încărcare	1525	-150	1110
D12	Deplasare, în afara planului	Grinda de încărcare	-1525	-150	1110
G1	Marcă tensometrică, orizontal FRP	(4-1-2)	-75	0	675
G2	Marcă tensometrică, orizontal FRP	(1-2-3)	745		215
G3	Marcă tensometrică, orizontal FRP	(4-1-1)	-225	0	1010
G4	Marcă tensometrică, orizontal FRP	(4-1-2)	-240	0	760
G6	Marcă tensometrică, orizontal FRP	(1-3-4)	245	0	475
G7	Marcă tensometrică, orizontal FRP	(1-3-2)	365	0	215
G8	Marcă tensometrică, orizontal FRP	(2-4-1)	365	0	-35
G9	Marcă tensometrică, orizontal FRP	(2-4-2)	365	0	-285
G10	Marcă tensometrică, orizontal FRP	(2-1-3)	745	0	-530
G11	Marcă tensometrică, vertical FRP	(4-2-1)	-65		470
G12	Marcă tensometrică, vertical FRP	(3-2-2)	-75	0	-995
P1	Presiune, încărcare laterală V	Hidraulic	-	-	-
P2	Presiune, încărcare axială N1	Hidraulic	-	-	-
P3	Presiune, încărcare axială N2	Hidraulic	-	-	-



Tabl B.7 – Sistemul de instrumentare pentru PRCWP (8-E3-T/R)

ID	Tip	Poziție	x (mm)	y (mm)	z (mm)
D1	Deplasare, sus orizontal	(1-4-4); (4-1-1)	0	50	1075
D2	Deplasare, jos orizontal	Grinda de fundare	0	150	-1160
D3	Deplasare, sus orizontal	Grinda de încărcare	0	150	1160
D4 stânga	Deplasare, mijloc orizontal	(1-2-2); (2-1-1)	1375	50	0

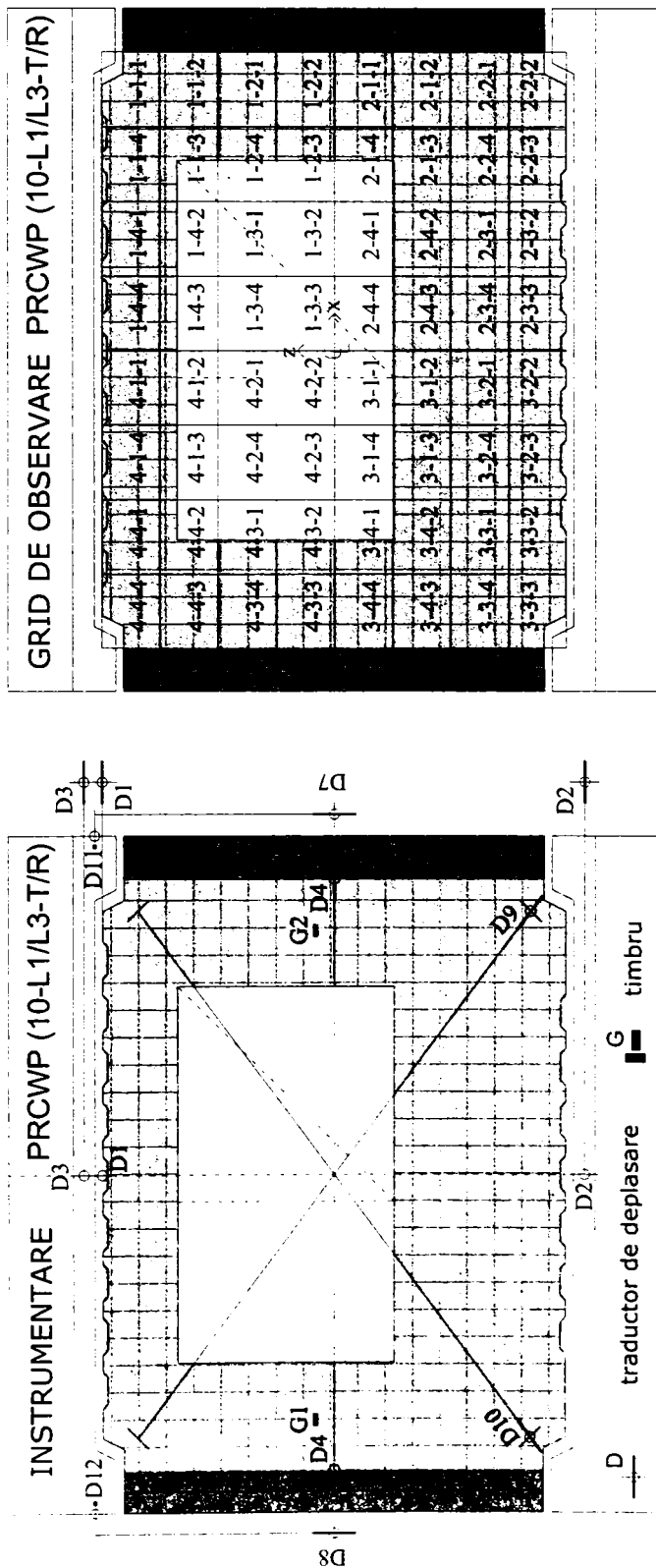
D4 dreapta	Deplasare, mijloc orizontal	(4-3-3); (3-4-4)	-1375	50	0
D7	Deplasare, vertical	Grinda de încărcare	1575	0	1110
D8	Deplasare, vertical	Grinda de încărcare	-1575	0	1110
D9 stânga	Deplasare, diagonală	(2-2-2)	1225	50	-910
D9 dreapta	Deplasare, diagonală	(4-4-4)	-1225	50	910
D10 stânga	Deplasare, diagonală	(3-3-3)	-1225	50	-910
D10 dreapta	Deplasare, diagonală	(1-1-1)	1225	50	910
D11	Deplasare, în afara planului	Grinda de încărcare	1525	-150	1110
D12	Deplasare, în afara planului	Grinda de încărcare	-1525	-150	1110
G1	Marcă tensometrică, vertical FRP	(2-2-3)	1010	0	-990
G2	Marcă tensometrică, orizontal FRP	(2-1-2)	1275	0	-385
G3	Marcă tensometrică, orizontal FRP	(1-2-3)	1120	0	145
G4	Marcă tensometrică, vertical FRP	(1-2-4)	925	0	525
G5	Marcă tensometrică, orizontal FRP	(1-1-3)	930	0	775
G6	Marcă tensometrică, vertical FRP	(3-3-2)	-1010	0	-990
G7	Marcă tensometrică, vertical FRP	(4-3-1)	-925	0	525
G8	Marcă tensometrică, orizontal FRP	(4-4-2)	-930	0	775
P1	Presiune, încărcare laterală V	Hidraulic	-	-	-
P2	Presiune, încărcare axială N1	Hidraulic	-	-	-
P3	Presiune, încărcare axială N2	Hidraulic	-	-	-



Tabel B.8 – Sistemul de instrumentare pentru PRCWP (9-E1/E3-R/T)

ID	Tip	Poziție	x (mm)	y (mm)	z (mm)
D1	Deplasare, sus orizontal	(1-4-4); (4-1-1)	0	50	1075
D2	Deplasare, jos orizontal	Grinda de fundare	0	150	-1160
D3	Deplasare, sus orizontal	Grinda de încărcare	0	150	1160

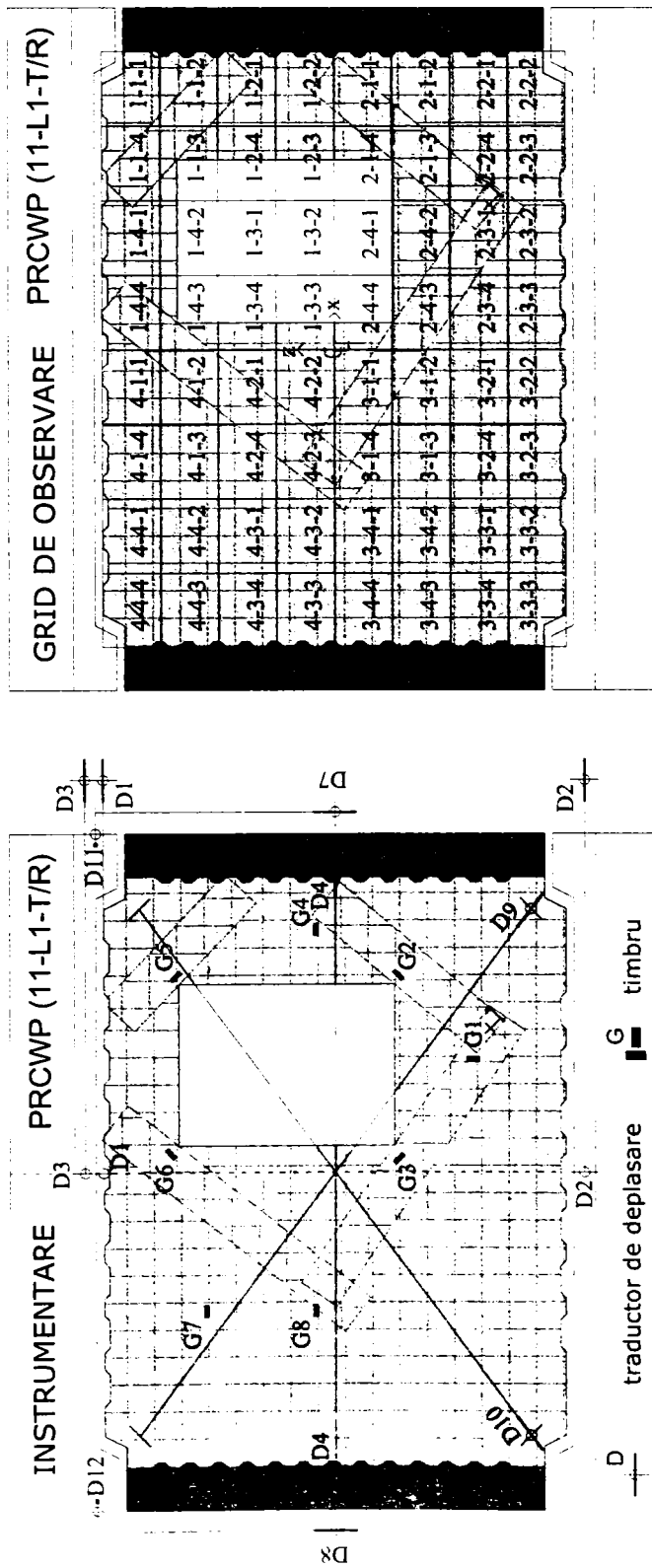
D4 stânga	Deplasare, mijloc orizontal	(1-2-2); (2-1-1)	1375	50	0
D4 dreapta	Deplasare, mijloc orizontal	(4-3-3); (3-4-4)	-1375	50	0
D7	Deplasare, vertical	Grinda de încărcare	1575	0	1110
D8	Deplasare, vertical	Grinda de încărcare	-1575	0	1110
D9 stânga	Deplasare, diagonală	(2-2-2)	1225	50	-910
D9 dreapta	Deplasare, diagonală	(4-4-4)	-1225	50	910
D10 stânga	Deplasare, diagonală	(3-3-3)	-1225	50	-910
D10 dreapta	Deplasare, diagonală	(1-1-1)	1225	50	910
D11	Deplasare, în afara planului	Grinda de încărcare	1525	-150	1110
D12	Deplasare, în afara planului	Grinda de încărcare	-1525	-150	1110
G5	Marcă tensometrică, orizontal FRP	(1-2-2), (2-1-1)	1215	0	-45
G6	Marcă tensometrică, orizontal FRP	(1-1-3)	1015	0	675
G7	Marcă tensometrică, orizontal FRP	(4-4-2)	-810	0	770
G8	Marcă tensometrică, vertical FRP	(4-4-2)	-925	0	665
G9	Marcă tensometrică, vertical FRP	(1-1-3)	925	0	665
P1	Presiune, încărcare laterală V	Hidraulic	-	-	-
P2	Presiune, încărcare axială N1	Hidraulic	-	-	-
P3	Presiune, încărcare axială N2	Hidraulic	-	-	-



Tabel B.9 – Sistemul de instrumentare pentru PRCWP (10-L1/L3-T/R)

ID	Tip	Poziție	x (mm)	y (mm)	z (mm)
D1	Deplasare, sus orizontal	(1-4-4); (4-1-1)	0	50	1075
D2	Deplasare, jos orizontal	Grinda de fundare	0	150	-1160
D3	Deplasare, sus orizontal	Grinda de încărcare	0	150	1160
D4 stânga	Deplasare, mijloc orizontal	(1-2-2); (2-1-1)	1375	50	0

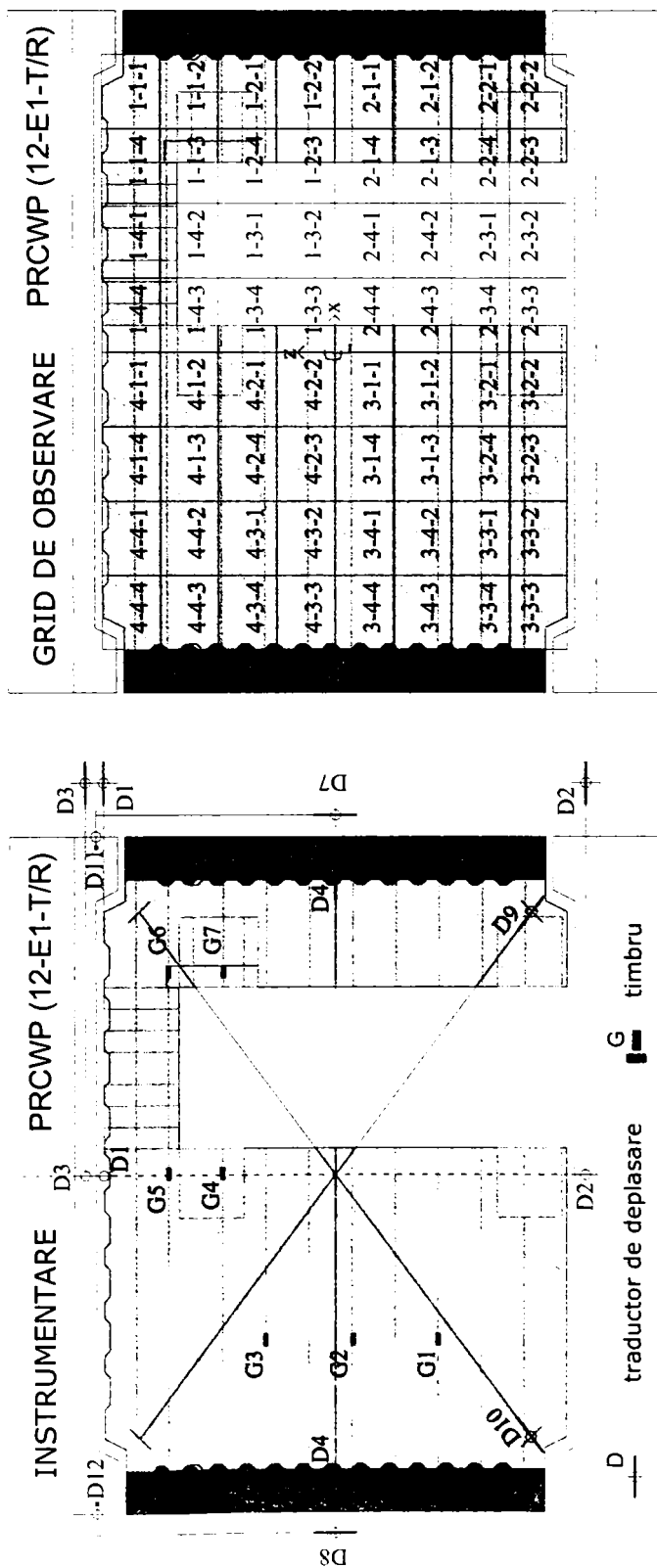
D4 dreapta	Deplasare, mijloc orizontal	(4-3-3); (3-4-4)	-1375	50	0
D7	Deplasare, vertical	Grinda de încărcare	1575	0	1110
D8	Deplasare, vertical	Grinda de încărcare	-1575	0	1110
D9 stânga	Deplasare, diagonală	(2-2-2)	1225	50	-910
D9 dreapta	Deplasare, diagonală	(4-4-4)	-1225	50	910
D10 stânga	Deplasare, diagonală	(3-3-3)	-1225	50	-910
D10 dreapta	Deplasare, diagonală	(1-1-1)	1225	50	910
D11	Deplasare, în afara planului	Grinda de încărcare	1525	-150	1110
D12	Deplasare, în afara planului	Grinda de încărcare	-1525	-150	1110
G1	Marcă tensometrică, orizontal FRP	(4-3-3)	-1145	0	85
G2	Marcă tensometrică, orizontal FRP	(1-2-2)	1135	0	85
P1	Presiune, încărcare laterală V	Hidraulic	-	-	-
P2	Presiune, încărcare axială N1	Hidraulic	-	-	-
P3	Presiune, încărcare axială N2	Hidraulic	-	-	-



Tabel B.10 – Sistemul de instrumentare pentru PRCWP (11-L1-T/R)

ID	Tip	Poziție	x (mm)	y (mm)	z (mm)
D1	Deplasare, sus orizontal	(1-4-4); (4-1-1)	0	50	1075
D2	Deplasare, jos orizontal	Grinda de fundare	0	150	-1160
D3	Deplasare, sus orizontal	Grinda de încărcare	0	150	1160
D4 stânga	Deplasare, mijloc orizontal	(1-2-2); (2-1-1)	1375	50	0
D4 dreapta	Deplasare, mijloc orizontal	(4-3-3); (3-4-4)	-1375	50	0

D7	Deplasare, vertical	Grinda de încărcare	1575	0	1110
D8	Deplasare, vertical	Grinda de încărcare	-1575	0	1110
D9 stânga	Deplasare, diagonală	(2-2-2)	1225	50	-910
D9 dreapta	Deplasare, diagonală	(4-4-4)	-1225	50	910
D10 stânga	Deplasare, diagonală	(3-3-3)	-1225	50	-910
D10 dreapta	Deplasare, diagonală	(1-1-1)	1225	50	910
D11	Deplasare, în afara planului	Grinda de încărcare	1525	-150	1110
D12	Deplasare, în afara planului	Grinda de încărcare	-1525	-150	1110
G1	Marcă tensometrică, vertical FRP	(2-3-1)	530	0	-640
G2	Marcă tensometrică, înclinat FRP	(2-1-3)	925	0	-300
G3	Marcă tensometrică, înclinat FRP	(2-4-3)	55	0	-300
G4	Marcă tensometrică, orizontal FRP	(1-2-2)	1130	0	90
G5	Marcă tensometrică, înclinat FRP	(1-1-3)	910	0	755
G6	Marcă tensometrică, înclinat FRP	(1-4-3)	90	0	755
G7	Marcă tensometrică, orizontal FRP	(4-1-3)	-645	0	600
G8	Marcă tensometrică, orizontal FRP	(4-2-3)	-645	0	90
P1	Presiune, încărcare laterală V	Hidraulic	-	-	-
P2	Presiune, încărcare axială N1	Hidraulic	-	-	-
P3	Presiune, încărcare axială N2	Hidraulic	-	-	-



Tabel B.11 – Sistemul de instrumentare pentru PRCWP (12-E1-T/R)

ID	Tip	Poziție	x (mm)	y (mm)	z (mm)
D1	Deplasare, sus orizontal	(1-4-4); (4-1-1)	0	50	1075
D2	Deplasare, jos orizontal	Grinda de fundare	0	150	-1160
D3	Deplasare, sus orizontal	Grinda de încărcare	0	150	1160
D4 stânga	Deplasare, mijloc orizontal	(1-2-2); (2-1-1)	1375	50	0

D4 dreapta	Deplasare, mijloc orizontal	(4-3-3); (3-4-4)	-1375	50	0
D7	Deplasare, vertical	Grinda de încărcare	1575	0	1110
D8	Deplasare, vertical	Grinda de încărcare	-1575	0	1110
D9 stânga	Deplasare, diagonală	(2-2-2)	1225	50	-910
D9 dreapta	Deplasare, diagonală	(4-4-4)	-1225	50	910
D10 stânga	Deplasare, diagonală	(3-3-3)	-1225	50	-910
D10 dreapta	Deplasare, diagonală	(1-1-1)	1225	50	910
D11	Deplasare, în afara planului	Grinda de încărcare	1525	-150	1110
D12	Deplasare, în afara planului	Grinda de încărcare	-1525	-150	1110
G1	Marcă tensometrică, orizontal FRP	(3-4-2)	770	0	-475
G2	Marcă tensometrică, orizontal FRP	(3-4-1)	770	0	-75
G3	Marcă tensometrică, orizontal FRP	(4-3-1)	770	0	325
G4	Marcă tensometrică, orizontal FRP	(1-3-4)	10	0	525
G5	Marcă tensometrică, orizontal FRP	(1-4-3)	10	0	775
G6	Marcă tensometrică, orizontal FRP	(1-1-3)	945	0	775
G7	Marcă tensometrică, orizontal FRP	(1-2-4)	945	0	525
P1	Presiune, încărcare laterală V	Hidraulic	-	-	-
P2	Presiune, încărcare axială N1	Hidraulic	-	-	-
P3	Presiune, încărcare axială N2	Hidraulic	-	-	-

ANEXA C

Evaluarea costurilor de consolidare

Tabel C.1 – Costuri de reparație și reabilitare pentru elementul PRCWP (7-EI-T/R)

PREGĂTIREA SUPRAFEȚEI							
MATERIAL	DETALII	UM	PREȚ [EURO]	CANTITATE	VALOARE [EURO]	TVA [EURO]	PREȚ [EURO]
Cofraj	Reparație perete	mp	3,00	2,00	6,00	1,44	7,44
Unelte	Reparație perete	buc.	10,00	0,50	5,00	1,20	6,20
Disc diamantat	Polizare suprafață beton	buc.	200	0,30	60,00	14,40	74,40
Burghiu	Ancoraje transversale	buc.	10,00	0,50	5,00	1,20	6,20
Saci aspirator	Curățare suprafață beton	buc.	5,00	0,50	2,50	0,60	3,10
Sika Monotop 614 (25 kg)	Mortar reparație	kg	0,94	25	23,47	5,63	29,10
Preț material pentru pregătirea suprafeței							126,44
MANOPERĂ	DETALII	UM	PREȚ [EURO]	CANTITATE	VALOARE [EURO]	TVA [EURO]	PREȚ [EURO]
Reparație perete	Fisuri, beton zdrobit	ore	5,00	3,00	15,00	3,60	18,60
Polizare suprafață	Pregătire suprafață	mp	10,00	10,42	104,0	25,01	129,21

Găurire beton	Ancoraj FRP	ore	5,00	1,00	5,00	1,20	6,20
Suflare suprafață cu aer comprimat	Pregătire suprafață	ore	5,00	0,50	2,50	0,60	3,10
Aspirare suprafață	Pregătire suprafață	ore	5,00	0,50	2,50	0,60	3,10
Preț manoperă pregătire suprafață 160,21							
ECHIPAMENT	DETALII	UM	PREȚ [EURO]	CANTITATE	VALOARE [EURO]	TVA [EURO]	PREȚ [EURO]
Mașină de găurit cu percuție	găurire, îndepărtare beton zdrobit, preparare mortar	ore	10	2,00	20,00	4,80	24,80
Polizor unghiular	Polizare suprafață de beton	ore	10,00	2,00	20,00	4,80	24,80
Aspiator profesional	Curățare suprafață de beton	ore	10,00	0,50	5,00	1,20	6,20
Compresor de aer	Curățare suprafață de beton	ore	10,00	0,50	5,00	1,20	6,20
Preț echipament pentru pregătirea suprafeței							62,00
Preț total pregătire suprafață							348,65

APLICARE REABILITARE

MATERIAL	DETALII	UM	PREȚ [EURO]	CANTITATE	VALOARE [EURO]	TVA [EURO]	PREȚ [EURO]
Sika wrap hex 230C (0.6 m x 50 m)	Țesătură din fibră de carbon	mp	32,55	8,40	273,45	65,63	339,08
Sika sikadur 330 (5kg)	Rășină epoxidică	kg	14,65	10,00	146,47	35,15	181,62
Colma cleaner (25 kg)	Curățare unelte, țesătură	kg	5,20	3,00	15,60	3,74	19,34
Folie protecție	Protecție praf	rolă	5,00	1,00	5,00	1,20	6,20
Spatule plastic	Aplicare rășină epoxidică	buc.	0,50	4,00	2,00	0,48	2,48
Foarfecă	Tăiere țesătură	buc.	10,00	0,20	2,00	0,48	2,48
Mănuși	Aplicare rășină epoxidică	buc.	2,50	2,00	5,00	1,20	6,20
Ochelari de protecție	Protecția muncii	buc.	5,00	0,50	2,50	0,60	3,10
Rolă de plastic	Aplicare consolidare	buc.	27,00	0,20	5,40	1,30	6,70
Preț material aplicare reabilitare							567,20

MANOPERĂ	DETALII	UM	PREȚ [EURO]	CANTITATE	VALOARE [EURO]	TVA [EURO]	PREȚ [EURO]
Curățare țesătură	Pregătire țesătură	ore	5,00	1,50	7,50	1,80	9,30
Tăiere țesătură	Pe fâșii	ore	5,00	2,00	10,00	2,40	12,40
Aplicare rășină	Amestecare și aplicare	mp	5,00	8,40	42,00	10,08	52,08
Aplicare țesătură	Aplicare țesătură	mp	5,00	8,40	42,00	10,08	52,08
Aplicare ancoraj FRP	Aplicare ancoraj	buc.	1,00	49,00	49,00	11,76	60,76
Preț manoperă aplicare reabilitare							186,62
ECHIPAMENT	DETALII	UM	PREȚ [EURO]	CANTITATE	VALOARE [EURO]	TVA [EUR]	PREȚ [EURO]
Mașină de găurit cu percuție	Amestecare rășină	ore	10,00	0,50	5,00	1,20	6,20
Cântar electronic	Cântărire rășină	ore	10,00	0,50	5,00	1,20	6,20
Preț echipament aplicare reabilitare							12,40
Preț total aplicare reabilitare							766,22

		PREȚ TOTAL REABILITARE	1114,9				
		PREȚ TOTAL REABILITARE / MP	106,99				
Tabel C.2 Costuri de reparație și reabilitare pentru elementul PRCWP (8-E3-T/R)							
PREGĂTIREA SUPRAFEȚEI							
MATERIAL	DETAILII	UM	PREȚ [EURO]	CANTITATE	VALOARE [EURO]	TVA [EURO]	PREȚ [EURO]
Cofraj	Reparație perete	mp	3,00	1,00	3,00	0,72	3,72
Unelte	Reparație perete	buc.	10,00	0,50	5,00	1,20	6,20
Disc diamantat	Polizare suprafață beton	buc.	200	0,20	40,00	9,60	49,60
burghiu	Ancoraje transversale	buc.	10,00	0,50	5,00	1,20	6,20
Saci aspirator	Curățare suprafață de beton	buc.	5,00	0,50	2,50	0,60	3,10
Sika Monotop 614 (25 kg)	Mortar de reparație	kg	0,94	10,00	9,39	2,25	11,64
Preț material pregătire suprafață							80,46

MANOPERĂ	DETALII	UM	PREȚ [EURO]	CANTITATE	VALOARE [EURO]	TVA [EURO]	PREȚ [EURO]	
Reparație perete	fisuri, beton zdrobotit	ore	5,00	1,5	7,50	1,80	9,30	
Polizare suprafață perete	Pregătire suprafață	mp	10,00	6,82	68,20	16,37	84,57	
Găurire beton	Ancoraj FRP	ore	5,00	2,00	10,00	2,40	12,40	
Suflare suprafață cu aer comprimat	Pregătire suprafață	ore	5,00	0,30	1,50	0,36	1,86	
Aspirare suprafață	Pregătire suprafață	ore	5,00	0,30	1,50	0,36	1,86	
Preț manoperă pregătire suprafață							109,99	
ECHIPAMENT	DETALII	UM	PREȚ [EURO]	CANTITATE	VALOARE [EURO]	TVA [EURO]	PREȚ [EURO]	
Mașină de găurit cu percuție	găurire, îndepărtare beton zdrobotit, preparare mortar	ore	10,00	2,00	20,00	4,80	24,80	
Polizor unghiular	Polizare suprafață de beton	ore	10,00	1,50	15,00	3,60	18,60	
Aspiator profesional	Curățare suprafață de beton	ore	10,00	0,30	3,00	0,72	3,72	

Compresor de aer	Curățare suprafață de beton	ore	10,00	0,30	3,00	0,72	3,72
					Preț echipament pregătire suprafață		50,84
					Preț total pregătire suprafață		241,29
APLICARE REABILITARE							
MATERIAL	DETALII	UM	PREȚ [EURO]	CANTITATE	VALOARE [EURO]	TVA [EURO]	PREȚ [EURO]
Sika wrap hex 230C (0.6 m x 50 m)	Țesătură din fibră de carbon	mp	32,55	4,42	143,9	34,53	178,42
Sika sikadur 330 (5kg)	Rășină epoxidică	kg	14,65	8,00	117,2	28,12	145,30
Colma cleaner (25 kg)	Curățare unelte, țesătură	kg	5,20	2,00	10,40	2,50	12,90
Folie protecție	Protecție praf	rolă	5,00	1,00	5,00	1,20	6,20
Spatule plastic	Aplicare rășină epoxidică	buc.	0,50	4,00	2,00	0,48	2,48
Foarfecă	Tăiere țesătură	buc.	10,00	0,20	2,00	0,48	2,48
Mănuși	Aplicare rășină epoxidică	buc.	2,50	2,00	5,00	1,20	6,20

Ochelari de protecție	Protecția muncii	buc.	5,00	0,50	2,50	0,60	3,10
Rolă plastic	Aplicare consolidare	buc.	22,00	0,20	4,40	1,06	5,46
Preț material aplicare reabilitare 362,53							
MANOPERĂ	DETALII	UM	PREȚ [EURO]	CANTITATE	VALOARE [EURO]	TVA [EURO]	PREȚ [EURO]
Curățare țesătură	Pregătire țesătură	ore	5,00	1,00	5,00	1,20	6,20
Tăiere țesătură	Pe fâșii	ore	5,00	1,50	7,50	1,80	9,30
Aplicare rășină	Amestecare și aplicare	mp	5,00	4,42	22,10	5,30	27,40
Aplicare țesătură	Aplicare țesătură	mp	5,00	4,42	22,10	5,30	27,40
Aplicare ancoraj FRP	Aplicare ancoraj	buc.	1,00	38,00	38,00	9,12	47,12
Preț manoperă aplicare reabilitare 117,43							
ECHIPAMENT	DETALII	UM	PREȚ [EURO]	CANTITATE	VALOARE [EURO]	TVA [EURO]	PREȚ [EURO]
Mașină de găurit cu percuție	Amestecare rășină	ore	10,00	0,30	3,00	0,72	3,72
Cântar electronic	Cântărire rășină	ore	10,00	0,30	3,00	0,72	3,72

	Preț echipament aplicare reabilitare	7,44
	Preț total aplicare reabilitare	487,40
	PREȚ TOTAL REABILITARE	728,69
	PREȚ TOTAL REABILITARE / MP	106,85

Tabel C.3 – Costuri de reparație și consolidare pentru elementul PRCWP (9-E1/E3-R/T) (9-E1/E3-R/T)

PREGĂTIREA SUPRAFEȚEI

MATERIAL	DETALII	UM	PREȚ [EURO]	CANTITATE	VALOARE [EUR]	TVA [EURO]	PREȚ [EURO]
Disc diamantat	Polizare suprafață beton	buc.	200	0,20	40,00	9,60	49,60
burghiu	Ancoraje transversale	buc.	10,00	0,50	5,00	1,20	6,20
Discuri diamantate	Tăiere șlițuri	buc.	200	0,50	100,00	24,00	124,00
Profil oțel	ghidaj tăiere șlițuri	buc.	10,00	0,20	2,00	0,48	2,48

Saci aspirator	Curățare suprafață beton	buc.	5,00	0,50	2,50	0,60	3,10
Preț material pregătire suprafață 185,38							
MANOPERĂ	DETALII	UM	PREȚ [EURO]	CANTITATE	VALOARE [EURO]	TVA [EURO]	PREȚ [EURO]
Polizare suprafață beton	Pregătire suprafață	mp	10,00	6,82	68,20	16,37	84,57
Găurire beton	Ancoraje FRP	ore	5,00	2,00	10,00	2,40	12,40
Fixare sistem ghidaj	Tăiere șlițuri	ore	5,00	1,50	7,50	1,80	9,30
Tăiere șlițuri	pentru NSM-CFRP	ore	5,00	3,00	15,00	3,60	18,60
Suflare aer comprimat	Pregătire suprafață	ore	5,00	0,30	1,50	0,36	1,86
Aspirare suprafață	Pregătire suprafață	ore	5,00	0,30	1,50	0,36	1,86
Preț manoperă pregătire suprafață 128,59							
ECHIPAMENT	DETALII	UM	PREȚ [EURO]	CANTITATE	VALOARE [EURO]	TVA [EURO]	PREȚ [EURO]
Mașină de găurit cu percuție	găurire, îndepărtare beton	ore	10,00	2,00	20,00	4,80	24,80

	zdrobit, preparare mortar	ore	10,00	1,50	15,00	3,60	18,60
Polizor unghiular	Polizare suprafață beton	ore	10,00	1,50	15,00	3,60	18,60
Polizor cu două discuri	Tăiere șlițuri	ore	10,00	3,00	30,00	7,20	37,20
Aspirator profesional	Curățare suprafață beton	ore	10,00	0,30	3,00	0,72	3,72
Compresor de aer	Curățare suprafață beton	ore	10,00	0,30	3,00	0,72	3,72
Preț echipament pregătire suprafață							88,04
Preț total pregătire suprafață							402,01

APLICARE CONSOLIDARE

MATERIAL	DETALII	UM	PREȚ [EURO]	CANTITATE	VALOARE [EURO]	TVA [EURO]	PREȚ [EURO]
Sika wrap hex 230C (0.6 m x 50 m)	Țesătură din fibră de carbon	mp	32,55	4,80	156,26	37,50	193,76
Sika sikadur 330 (5kg)	Rășină epoxidică	kg	14,65	7,00	102,53	24,61	127,14
Colma cleaner (25 kg)	Curățare unelte, țesătură	kg	5,20	2,00	10,40	2,50	12,90

Sika carbodur S512	Lamele fibră carbon	m	21,54	5,10	109,85	26,36	136,22
Sika sikadur 30 (6kg)	Rășină epoxidică	kg	8,01	9,00	72,09	17,30	89,39
Folie protecție	Protecție praf	rolă	5,00	1,00	5,00	1,20	6,20
Spatule plastic	Aplicare rășină	buc.	0,50	4,00	2,00	0,48	2,48
Foarfecă	Tăiere țesătură	buc.	10,00	0,20	2,00	0,48	2,48
Cutter	Tăiere lamele	buc.	10,00	0,20	2,00	0,48	2,48
Mănuși	Aplicare rășină	buc.	2,50	2,00	5,00	1,20	6,20
Ochelari protecție	Protecția muncii	buc.	5,00	0,50	2,50	0,60	3,10
Rolă plastic	Aplicare țesătură	buc.	22,00	0,20	4,40	1,06	5,46
Preț material aplicare consolidare 587,80							
MANOPERĂ	DETALII	UM	PREȚ [EURO]	CANTITATE	VALOARE [EURO]	TVA [EURO]	PREȚ [EURO]
Curățare țesătură și lamele	Pregătire țesătură	ore	5,00	2,00	10,00	2,40	12,40
Tăiere țesătură și lamele	Foarfecă, cutter	ore	5,00	3,00	15,00	3,60	18,60

Aplicare rășină țesătură	Amestecare și aplicare	mp	5,00	4,80	24,00	5,76	29,76
Aplicare rășină lamele	Amestecare și aplicare	m	2,50	20,00	50,00	12,00	62,00
Aplicare țesătură	Fibră carbon	mp	5,00	4,42	22,10	5,30	27,40
Aplicare lamele	Fibră carbon	m	2,50	20,00	50,00	12,00	62,00
Aplicare ancoraje	Ancoraje FRP	buc.	1,00	16,00	16,00	3,84	19,84
Preț manoperă aplicare consolidare 232,00							
ECHIPAMENT	DETALII	UM	PREȚ [EURO]	CANTITATE	VALOARE [EURO]	TVA [EURO]	PREȚ [EURO]
Mașină de găurit cu percuție	Amestecare rășină	ore	10,00	0,30	3,00	0,72	3,72
Cântar electronic	Cântărire rășină	ore	10,00	0,30	3,00	0,72	3,72
Preț echipament aplicare consolidare 7,44							
Preț total aplicare consolidare 827,24							
PREȚ TOTAL CONSOLIDARE 1229,25							
PREȚ TOTAL CONSOLIDARE / MP 180,24							

Tabel C.4 – Costuri de reparație și reabilitare pentru elementul PRCWP (10-LI/L3-T/R)

PREGĂTIREA SUPRAFEȚEI

MATERIAL	DETALII	UM	PREȚ [EURO]	CANTITATE	VALOARE [EURO]	TVA [EURO]	PREȚ [EURO]
cofraj	Reparație perete	mp	3,00	2,00	6,00	1,44	7,44
unelte	Reparație perete	buc.	10,00	0,50	5,00	1,20	6,20
Disc oală diamantat	Polizare suprafață beton	buc.	200	0,50	100,00	24,00	124,00
burghiu	Ancoraje transversale	buc.	10,00	0,70	7,00	1,68	8,68
Saci aspirator	Curățare suprafață beton	buc.	5,00	0,50	2,50	0,60	3,10
Sika Monotop 614 (25 kg)	Mortar reparație	kg	0,96	35	33,60	8,06	41,66
Preț material pregătire suprafață 191,08							
MANOPERĂ	DETALII	UM	PREȚ [EURO]	CANTITATE	VALOARE [EURO]	TVA [EURO]	PREȚ [EURO]
Reparație perete	fisuri, îndepărtare beton zdrobit	ore	5,00	2,00	10,00	2,40	12,40

Polizare suprafață beton	Pregătire suprafață	mp	10,00	9,62	96,20	23,09	119,29
Găurire beton	Ancoraje mecanice	ore	5,00	2,00	10,00	2,40	12,40
Suflare aer comprimat	Pregătire suprafață	ore	5,00	0,50	2,50	0,60	3,10
Aspirare suprafață	Pregătire suprafață	ore	5,00	0,50	2,50	0,60	3,10
Preț manoperă pregătire suprafață							150,29
ECHIPAMENT	DETALII	UM	PREȚ [EURO]	CANTITATE	VALOARE [EURO]	TVA [EURO]	PREȚ [EURO]
Mașină de găurit cu pereușic	găurire, îndepărtare beton zdrobit, preparare mortar	ore	10,00	2,50	25,00	6,00	31,00
Polizor unghiular	Polizare suprafață beton	ore	10,00	2,00	20,00	4,80	24,80
Aspirator profesional	Curățare suprafață beton	ore	10,00	0,50	5,00	1,20	6,20
Compresor de aer	Curățare suprafață beton	ore	10,00	0,50	5,00	1,20	6,20
Preț echipament pregătire suprafață							68,20
Preț total pregătire suprafață							409,57

APLICARE REABILITARE

MATERIAL	DETALII	UM	PREȚ [EURO]	CANTITATE	VALOARE [EURO]	TVA [EURO]	PREȚ [EURO]
Sika wrap 350G (1m x 50 m)	Plasă fibră de sticlă	mp	8,60	18,00	154,80	37,15	191,95
Sika Monotop 722 Mur (25kg)	Mortar pentru TRM	kg	1,12	175	196,00	47,04	243,04
Sika Monotop 910 N (25 kg)	Punte aderență TRM	kg	1,10	35	38,50	9,24	47,74
Sika sikadur 30 (6kg)	Rășină pentru ancoraje	kg	8,00	1,00	8,00	1,92	9,92
Colma cleaner (25 kg)	Curățare unelte	kg	5,20	1,00	5,20	1,25	6,45
Tije filtate, șabce, piulițe	Ancoraje mecanice	buc.	0,15	98,00	14,70	3,53	18,23
Folie protecție	Protecție praf	rolă	5,00	1,00	5,00	1,20	6,20
Spatule plastic	Aplicare rășină	buc.	0,50	4,00	2,00	0,48	2,48
Foarfecă	Tăiere plasă fibră de sticlă	buc.	10,00	0,20	2,00	0,48	2,48
Mănuși	Aplicare rășină	buc.	2,50	2,00	5,00	1,20	6,20

Ochelari de protecție	Protecția muncii	buc.	5,00	0,50	2,50	0,60	3,10
-----------------------	------------------	------	------	------	------	------	------

Preț material aplicare reabilitare

537,79

MANOPERĂ	DETALII	UM	PREȚ [EURO]	CANTITATE	VALOARE [EURO]	TVA [EURO]	PREȚ [EURO]
Tăiere plasă fibră de sticlă	Cu foarfeca	ore	5,00	2,00	10,00	2,40	12,40
Aplicare rășină	Amestecare și aplicare	ore	5,00	2,00	10,00	2,40	12,40
Aplicare plasă fibră de sticlă	Aplicare TRM	mp	5,00	18,00	90,00	21,60	111,60
Aplicare mortar	Aplicare TRM	mp	5,00	9,62	48,10	11,54	59,64
Aplicare ancoraje	Ancoraje mecanice	buc.	0,50	98,00	49,00	11,76	60,76

Preț manoperă aplicare reabilitare

256,80

ECHIPAMENT	DETALII	UM	PREȚ [EURO]	CANTITATE	VALOARE [EURO]	TVA [EURO]	PREȚ [EURO]
Mașină de găurit cu percuție	Amestecare rășină	ore	10,00	2,00	20,00	4,80	24,80
Cântar electronic	Cântărire rășină	ore	10,00	0,50	5,00	1,20	6,20

Preț echipament aplicare reabilitare	31,00
Preț total aplicare reabilitare	825,59
PREȚ TOTAL REABILITARE	1235,16
PREȚ TOTAL REABILITARE / MP	128,40

Tabel C.5 – Costuri de reparație și reabilitare pentru elementul PRCWP (11-L1-T/R)

PREGĂTIREA SUPRAFEȚEI

MATERIAL	DETALII	UM	PREȚ [EURO]	CANTITATE	VALOARE [EURO]	TVA [EURO]	PREȚ [EURO]
Cofraj	Reparație perete	mp	3,00	3,00	9,00	2,16	11,16
Unelte	Reparație perete	buc.	10,00	0,50	5,00	1,20	6,20
Disc oală diamantat	Polizare suprafață beton	buc.	200	0,50	100,00	24,00	124,00
Burghiu	Ancoraje transversale	buc.	10,00	0,50	5,00	1,20	6,20

Saci aspirator	Curățare suprafață beton	buc.	5,00	0,50	2,50	0,60	3,10
MapegROUT easy flow GF (25 kg)	Mortar reparație	kg	0,95	50	47,50	11,40	58,90
Preț material pregătire suprafață 209,56							
MANOPERĂ	DETALII	UM	PREȚ [EURO]	CANTITATE	VALOARE [EURO]	TVA [EURO]	PREȚ [EURO]
Reparație perete	Fisuri, beton zdrobit	ore	5,00	4,00	20,00	4,80	24,80
Polizare suprafață perete	Pregătire suprafață	mp	10,00	11,62	116,20	27,89	144,09
Găurire beton	ancoraje	ore	5,00	2,00	10,00	2,40	12,40
Suflare aer comprimat	Pregătire suprafață	ore	5,00	0,50	2,50	0,60	3,10
Aspirare suprafață	Pregătire suprafață	ore	5,00	0,50	2,50	0,60	3,10
Preț manoperă pregătire suprafață 187,49							
ECHIPAMENT	DETALII	UM	PREȚ [EURO]	CANTITATE	VALOARE [EURO]	TVA [EURO]	PREȚ [EURO]
Mașină de găurit cu percuție	găurire, îndepărtare beton zdrobit, preparare mortar	ore	10,00	2,50	25,00	6,00	31,00

Polizor unghiular	Polizare suprafață beton	ore	10,00	2,00	20,00	4,80	24,80
Aspirator profesional	Curățare suprafață beton	ore	10,00	0,50	5,00	1,20	6,20
Compresor de aer	Curățare suprafață beton	ore	10,00	0,50	5,00	1,20	6,20
				Preț echipament pregătire suprafață			68,20
				Preț total pregătire suprafață			465,25
APLICARE REABILITARE							
MATERIAL	DETALII	UM	PREȚ [EURO]	CANTITATE	VALOARE [EURO]	TVA [EURO]	PREȚ [EURO]
Mapegrid C170 (1 m x 50 m)	Plasă fibră carbon	mp	60,00	23,50	1410,00	338,40	1748,40
Planitop HDM (30.5kg)	mortiar pentru TRM	kg	1,40	396,5	555,10	133,22	688,32
Colma cleaner (25 kg)	Curățare unelte	kg	5,20	1,00	5,20	1,25	6,45
Epojet (4kg)	Rășină injectare fisuri	kg	21,70	2,50	54,25	13,02	67,27
Adesilex PG2 (6kg)	preimpregnare	kg	11,20	6,00	67,20	16,13	83,33

ancoraje									
Mapcwrap 11 (6kg)	Rășină fixare ancoraje	kg	10,70	6,00	64,20	15,41	79,61		
Mapcwrap S fiocco (25 m)	Coardă fibre oțel	m	24,00	8,00	192,00	46,08	238,08		
Sika mechanical packers (MPS)	Packere injectare fisuri	buc.	2,28	15,00	34,20	8,21	42,41		
Folii protecție	Proecție praf	rolă	5,00	1,00	5,00	1,20	6,20		
Spatule plastic	Aplicare rășină	buc.	0,50	4,00	2,00	0,48	2,48		
Foarfecă	Tăiere plasă fibră de carbon	buc.	10,00	0,20	2,00	0,48	2,48		
Manuși	Aplicare rășină	buc.	2,50	2,00	5,00	1,20	6,20		
Ochelari protecție	Protecția muncii	buc.	5,00	0,50	2,50	0,60	3,10		
Preț material aplicare reabilitare 2974,33									
MANOPERĂ	DETALII	UM	PREȚ [EURO]	CANTITATE	VALOARE [EURO]	TVA [EURO]	PREȚ [EURO]		
Impregnare plasă fibră de carbon	Pregătire plasă fibră de carbon	orc	5,00	0,50	2,50	0,60	3,10		
Tăiere plasă fibră de carbon	Cu foarfeca	orc	5,00	2,50	12,50	3,00	15,50		

Aplicare rășină	Amestecare, aplicare	ore	5,00	2,00	10,00	2,40	12,40
Pregătire ancoraje	preimpregnare	ore	5,00	2,00	10,00	2,40	12,40
Aplicare plasă fibră de carbon	Aplicare TRM	mp	5,00	23,50	117,50	28,20	145,70 *
Aplicare mortar	Aplicare TRM	mp	5,00	11,62	58,10	13,94	72,04
Aplicare ancoraje de suprafață	Aplicare ancoraje	buc.	1,00	23,00	23,00	5,52	28,52
Preț manoperă aplicare reabilitare							289,66
ECHIPAMENT	DETALII	UM	PREȚ [EURO]	CANTITATE	VALOARE [EURO]	TVA [EURO]	PREȚ [EURO]
Mașină de găurit cu percuție	Amestecare rășină, mortar	ore	10,00	2,00	20,00	4,80	24,80
Pompă manuală	Injectare fisuri	buc.	60,00	0,30	18,00	4,32	22,32
Cântar electronic	Cântărire rășină	ore	10,00	0,50	5,00	1,20	6,20
Preț echipament aplicare reabilitare							53,32
Preț total aplicare reabilitare							3317,31

		PREȚ TOTAL REABILITARE	3782,56				
		PREȚ TOTAL REABILITARE / MP	325,52				
PREGĂTIREA SUPRAFEȚEI							
Tabel C.6 – Costuri de reparație și reabilitare pentru elementul PRCWP (12-E1-T/R)							
MATERIAL	DETALII	UM	PREȚ [EURO]	CANTITATE	VALOARE [EURO]	TVA [EURO]	PREȚ [EURO]
Cofraj	Reparație perete	mp	3,00	2,00	6,00	1,44	7,44
Unelte	Reparație perete	buc.	10,00	0,50	5,00	1,20	6,20
Disc oală diamantat	Polizare suprafață beton	buc.	200	0,10	20,00	4,80	24,80
Burghiu	Ancoraje transversale	buc.	10,00	0,70	7,00	1,68	8,68
Discuri diamantate	Tăiere șlițuri	buc.	200	0,70	140,00	33,60	173,60
Profil metalic	Sistem ghidaj șlițuri	buc.	10,00	0,20	2,00	0,48	2,48
Saci aspirator	Curățare suprafață	buc.	5,00	1,00	5,00	1,20	6,20

Mapcgrout easy flow GF (25 kg)		beton		Mortar reparațic		kg	0,95	15	14,25	3,42	17,67
Preț material pregătire suprafață 247,07											
MANOPERĂ	DETALII	UM	PREȚ [EURO]	CANTITATE	VALOARE [EURO]	TVA [EURO]	PREȚ [EURO]				
Reparație perete	fisuri, beton zdrobit	ore	5,00	2,00	10,00	2,40					12,40
Polizare suprafață perete	Pregătire suprafață	mp	10,00	2,00	20,00	4,80					24,80
Găurire beton	Ancoraje FRP	ore	5,00	4,00	20,00	4,80					24,80
Sistem ghidaj	Pentru șlițuri	ore	5,00	3,00	15,00	3,60					18,60
Tăiere șlițuri	pentru NSM-CFRP	ore	5,00	6,00	30,00	7,20					37,20
Suflare aer comprimat	Pregătire suprafață	ore	5,00	0,50	2,50	0,60					3,10
Aspirare suprafață	Pregătire suprafață	ore	5,00	0,50	2,50	0,60					3,10
Preț manoperă pregătire suprafață 124,00											
ECHIPAMENT	DETALII	UM	PREȚ [EURO]	CANTITATE	VALOARE [EURO]	TVA [EURO]	PREȚ [EURO]				

Mașină de găurit cu percuție	găurire, îndepărtare beton zdrobit, preparare mortar	ore	10,00	4,50	45,00	10,80	55,80
Polizor unghiular	Polizare suprafață beton	ore	10,00	1,00	10,00	2,40	12,40
Polizor cu două discuri	Tăiere șlițuri	ore	10,00	6,00	60,00	14,40	74,40
Aspirator profesional	Curățare suprafață beton	ore	10,00	0,50	5,00	1,20	6,20
Compresor de aer	Curățare suprafață beton	ore	10,00	0,50	5,00	1,20	6,20
Preț echipament pregătire suprafață							155,00
Preț total pregătire suprafață							526,07

APLICARE REABILITARE

MATERIAL	DETALII	UM	PREȚ [EURO]	CANTITATE	VALOARE [EURO]	TVA [EURO]	PREȚ [EURO]
MapeWrap C UNI-AX 300/40 (1m x 50m)	Țesătură fibră de carbon	sqm	40,00	1,50	60,00	14,40	74,40
Mapewrap 31 (5kg)	Rășină epoxidică	kg	20,80	1,5	31,20	7,49	38,69

Colma cleancr (25 kg)	Curățare țesătură și unelte	kg	5,20	1,00	5,20	1,25	6,45
Carboplaste E170/100/1.4 (25 m)	Lamele fibră de carbon	m	85,00	6,25	531,25	127,50	658,75
Adesilex PG1 (6kg)	Rășină pentru lamele	kg	11,20	5,00	56,00	13,44	69,44
Folie protecție	Protecție praf	rolă	5,00	1,00	5,00	1,20	6,20
Spatule plastic	Aplicare rășină	buc.	0,50	4,00	2,00	0,48	2,48
Foarfecă	Tăiere țesătură	buc.	10,00	0,20	2,00	0,48	2,48
Cutter	Tăiere lamele	buc.	10,00	0,70	7,00	1,68	8,68
Mănuși	Aplicare rășină	buc.	2,50	2,00	5,00	1,20	6,20
Ochelari protecție	Protecția muncii	buc.	5,00	0,50	2,50	0,60	3,10
Rolă plastic	Aplicare țesătură	buc.	22,00	0,20	4,40	1,06	5,46
Preț material aplicare reabilitare 882,32							
MANOPERĂ	DETALII	UM	PREȚ [EURO]	CANTITATE	VALOARE [EURO]	TVA [EURO]	PREȚ [EURO]
Curățare țesătură și lamele	Pregătire material	ore	5,00	1,00	5,00	1,20	6,20

Tăiere țesătură și lamele	Foarfecă, cutier	ore	5,00	3,00	15,00	3,60	18,60
Aplicare rășină țesătură	Amestecare, aplicare	mp	5,00	1,50	7,50	1,80	9,30
Aplicare rășină lamele	Amestecare, aplicare	m	2,50	51,00	127,50	30,60	158,10
Aplicare țesătură	Aplicare EBR	mp	5,00	1,50	7,50	1,80	9,30
Aplicare lamele	Aplicare NSM	m	2,50	51,00	127,50	30,60	158,10
Aplicare ancoraje	Ancoraje FRP	buc.	1,00	20,00	20,00	4,80	24,80

Preț manoperă aplicare reabilitare							
ECHIPAMENT	DETALII	UM	PREȚ [EURO]	CANTITATE	VALOARE [EURO]	TVA [EURO]	PREȚ [EURO]
Mașină de găurit cu percuție	Amestecare rășină	hours	10,00	0,50	5,00	1,20	6,20
Cântar electronic	Cântărire rășină	hours	10,00	0,50	5,00	1,20	6,20
Preț manoperă aplicare reabilitare							12,40
Preț total aplicare reabilitare							1279,12

	PREȚ TOTAL REABILITARE	1805,19
	PREȚ TOTAL REABILITARE / MP	173,24
Tabel C.7 – Sumarul evaluării economice		
PRCWP (7-E1-T/R) – REABILITARE (EBR-CFRP)	PREȚ TOTAL (EURO/MP)	106,99
PRCWP (8-E3-T/R) – REABILITARE (EBR-CFRP)	PREȚ TOTAL (EURO/MP)	106,85
PRCWP (9-E1/E3-R/T) – CONSOLIDARE (EBR-CFRP + NSM-CFRP)	PREȚ TOTAL (EURO/MP)	180,24
PRCWP (10-L1/L3-T/R) – REABILITARE (TRM – GF GRID)	PREȚ TOTAL (EURO/MP)	128,40
PRCWP (11-L1-T/R) – REABILITARE (TRM – CF GRID)	PREȚ TOTAL (EURO/MP)	325,52
PRCWP (12-E1-T/R) – REABILITARE (NSM-CFRP + EBR-CFRP)	PREȚ TOTAL (EURO/MP)	173,24

BIBLIOGRAFIE

- [1] Toduț C. „Seismic Strengthening of Precast Reinforced Concrete Wall Panels using FRP Composites”. PhD thesis. Politehnica University Timișoara, 2015.
- [2] Fintel M. Performance of Buildings with Structural Walls in Earthquakes of the Last Thirty Years. *PCI Journal*, 40(3), (1995), pp. 62–80.
- [3] Fintel M. Shear Walls – An answer for Seismic Resistance? *Concrete International*, Vol. 13, No. 7, (1991), pp. 48–53.
- [4] Thomas D. J., Sritharan S. An evaluation of seismic design guidelines proposed for precast jointed wall systems. ISU-ERI-Ames Report ERI-04643; 2004.
- [5] Park R. A perspective on the seismic design of precast concrete structures in New Zealand. *PCI Journal*, Vol. 40, No. 3, May-June 1995.
- [6] Park R. The FIB state-of-the-art report on the seismic design of precast concrete building structures. 2003 Pacific Conference on Earthquake Engineering in Auckland, New Zealand, Paper number 11, Feb. 2003.
- [7] Vernu S., Sritharan S. Section, member and system level analyses for precast concrete hybrid frames. ISU-ERI-Ames Report ERI-04635, Department of Civil, Construction and Environmental Engineering, Iowa State University, Ames, Iowa, June 2004.
- [8] Demeter I. Seismic retrofit of precast RC walls by externally bonded CFRP composites. PhD thesis. Politehnica University of Timisoara; 2011.
- [9] Dan D, Fabian A, Stoian V. Theoretical and experimental study on composite steel–concrete shear walls with vertical steel encased profiles. *J Constr Steel Res* 2011; 67:800–13.
- [10] Greifenhagen C., Lestuzzi P. Static cyclic tests on lightly reinforced concrete shear walls. *Eng Struct* 2005; 27:1703–12.
- [11] Orakcal K., Massone L. M, Wallace J. W. Shear strength of lightly reinforced wall piers and spandrels. *ACI Struct J* 2009; July–August: 455–65.
- [12] Guan H., Cooper C., Lee D. Ultimate strength analysis of normal and high strength concrete wall panels with varying opening configurations. *Eng Struct* 2010; 32:1341-55.
- [13] Mosoarca M. Seismic behavior of reinforced concrete shear walls with regular and staggered openings after the strong earthquakes between 2009 and 2011. *Eng Fail Anal* 2013; 34:537–65.
- [14] IPCT: Cladiri de locuit P+4 din panourimari. Proiect 770-81, vol. D: Elemente prefabricate – Armari, Bucuresti, Romania; 1982. IPCT: precast reinforced concrete large panel buildings P+4. Project type 770-81, vol. D: precast elements – reinforcing, Bucharest, Romania; 1982.
- [15] IPCT: Cladiri de locuit P+4 din panourimari. Proiect 770-81, vol. C: Elemente prefabricate, Bucuresti, Romania; 1982. IPCT: precast reinforced concrete large panel

- buildings P+4. Project type 770-81, vol. C: Precast elements, Bucharest, Romania; 1982.
- [16] Demeter, I., Nagy-György, T. and Stoian, V. (2007), "Axial loading strategy for experimental tests on precast RC walls subjected to in-plane seismic actions", Scientific Bulletin of the "Politehnica" University of Timișoara, Vol. 52(66), No. 2, 11-16.
- [17] Demeter, I., Nagy-György, T., Stoian, V. and Dan, D. (2008), "Quasi-static loading strategy for earthquake simulation on precast RC shear walls", Proc., 12th WSEAS International Conference on Systems, WSEAS Press, Vol. 2, pp. 813-819.
- [18] C. Toduț, D. Dan, V. Stoian, "Theoretical and experimental study on precast reinforced concrete wall panels subjected to shear force", Engineering Structures 80, pp. 323–338, 2014.
- [19] Toduț C., D. Dan, Stoian V., "Numerical and experimental investigation on seismically damaged reinforced concrete wall panels retrofitted with FRP composites", Composite Structures, 119 (2015) 648–665, (Available online 28 September 2014).
- [20] C. Toduț, V. Stoian, I. Demeter, T. Nagy-György, V. Ungureanu, "Seismic Performance of a Precast RC Wall Panel Retrofitted using CFRP Composites", 12th International Scientific Conference on Planning, design, construction and building renewal - iNDiS 2012", November 2012.
- [21] C. Toduț, V. Stoian, I. Demeter, M. Fofiu, "Seismic Strengthening of a Precast Reinforced Concrete Wall Panel using Textile Reinforced Mortar", International Conference on Earthquake Engineering, Skopje, Macedonia, May 2013.
- [22] V. Ungureanu, L. Fülöp. Romanian-Finnish Seminar on Opportunities in Sustainably Retrofitting the Large Panel Reinforced Concrete Building Stock. Editura Orizonturi Universitare, Timișoara (2013), pp. 49-66.
- [23] C. Toduț, V. Stoian, I. Demeter, "Glass Fiber versus Carbon Fiber Grid used in Textile Reinforced Mortar Strengthening of Precast RC Walls", IACSIT International Journal of Engineering and Technology, vol.5, no.5, pp. 622-626, 2013.
- [24] Toduț C., Stoian V., Demeter I., Fofiu M., "Textile Reinforced Mortar Strengthening of a Precast Reinforced Concrete Wall Panel Using Carbon Fiber Grid", Symposium: Sustainable Construction: Efficient Solutions for the Design and Execution, and Building Rehabilitation, ZAT, Timisoara, Romania, pp. 56-62, 2013.
- [25] C. Toduț, V. Stoian, D. Dan, "Experimental Assessment of FRP Strengthening Strategies for Precast RC Wall Panels", 12th International Conference on Steel, Space and Composite Structures, Prague, Czech Republic, pp. 379-386, May 2014.
- [26] C. Toduț, D. Dan, V. Stoian, "TRM strengthening of precast reinforced concrete wall panel with cut-out opening - experimental investigation", Advances in Engineering Mechanics and Materials, ISBN: 978-1-61804-241-5, pp. 110-116, 2014.
- [27] C. Toduț, V. Stoian, I. Demeter, T. Nagy-György, V. Ungureanu, "Retrofitting of Earthquake Damaged Precast Concrete Wall Using FRP Composites", Fib Symposium "Engineering a Concrete Future: Technology, Modeling & Construction", Tel-Aviv, Israel, pp. 573-576, April 2013.
- [28] C. Toduț, V. Stoian, I. Demeter, T. Nagy-György, D. Dan, V. Ungureanu. "Seismic Strengthening of a Precast Reinforced Concrete Wall Panel Using Combined

- NSM and CFRP-EBR Method”, 11th International Symposium on Fiber Reinforced Polymers for Reinforced Concrete Structures (FRPRCS11), Guimarães, Portugal, pp. 269-270, June 2013.
- [29] T. Nagy-Gyorgy, C. Florut, I. Demeter, C. Todut, V. Stoian, “Solutii de consolidarea a panourilor prefabricate din beton armat utilizand materiale compozite” (Rehabilitation solutions for precast reinforced concrete panels using composite materials), Conferinta AICSP, Bucuresti, Romania, 2014.
- [30] C. Todut, V. Stoian, D. Dan, T. Nagy-Gyorgy, “Seismic Strengthening of a Precast Reinforced Concrete Wall Panel Using NSM-CFRP”, Proceedings of the
- [31] Ceřvenka J, Jendele L. ATENA program documentation. Part 1: theory. Section 2.6; 2011.
- [32] fib Bulletin 56: Model Code 2010. First complete draft – vol. 2. Published by the International Federation for Structural Concrete (fib); 2010. p. 41.
- [33] Ceřvenka J, Jendele L. ATENA program documentation. Part 3-1: example manual. Section 2.10; 2010.
- [34] Biskinis Dionysis, Roupakias George, Fardis Michael. Degradation of shear strength of reinforced concrete members with inelastic cyclic displacements. ACI Struct J 2004:773–81 [title no. 101-S76].
- [35] Damian I, Morariu E, Buzaianu B, Postelnicu T, Zamfirescu D. In: Postelnicu T, editor. Proiectarea structurilor de beton armat in zone seismice (Design of reinforced concrete structures placed in seismic areas – in Romanian). Bucharest: MarLink; 2012.
- [36] Warashina, M., Kono, S., Sakashita, M. and Tanaka, H. (2008). “Shear behavior of multi-story RC structural walls with eccentric openings”, Proc., 14th World Conf. On Earthquake Engineering (14WCEE), Beijing, China.
- [37] Taleb, R. and Kono, S. (2010), “Shear behavior of multi-story reinforced concrete walls with openings”, Bulletin of IISEE, 45, 55-60.
- [38] AIJ (1999), “AIJ Standard for Structural Calculation of Reinforced Concrete Structures Based on Allowable Stress Concept”, Architectural Institute of Japan.
- [39] C. Todut, V. Stoian, D. Dan, T. Nagy-György, “Numerical Assessment of the Weakening Induced by Cut-outs Made in Precast Reinforced Concrete Wall Panels”, 2nd International Conference for PhD students in Civil Engineering CE-PhD 2014, 10-13 December 2014, Cluj-Napoca, Romania, pp. 163-169.

677.870