

UNIVERSITATEA "POLITEHNICA" DIN TIMISOARA
FACULTATEA DE CONSTRUCȚII ȘI ARHITECTURĂ
CONSTRUCTII CIVILE, INDUSTRIALE SI AGRICOLE

CONTRIBUȚII LA PERFECTIONAREA
SOLUTIILOR DE CONSOLIDARE
APPLICATE CLADIRILOR CIVILE

TEZĂ DE DOCTORAT

DOCTORAND

ING. TRAIAN BERAR

642. 450
369 E

CONDUCĂTOR ȘTIINȚIFIC

PROF. DR. ING. VALERIU STOIAN

2004

Teză de doctorat	Contribuții la perfecționarea soluțiilor de consolidare aplicate clădirilor civile	3
------------------------	---	---

CUPRINS

CAPITOLUL 1 : INTRODUCERE

1.1.	Motivația studiilor	7
1.2.	Prevederi referitoare la evaluarea nivelului de protecție a construcțiilor existente	22
1.3.	Conținutul lucrării	24
1.4.	Notații	26
	1.4.1. Definiții	26
	1.4.2. Simboluri	28

CAPITOLUL 2 : SISTEME DE ALCĂTUIRE ALE STRUCTURILOR CU PEREȚI STRUCTURALI DIN ZIDĂRIE

2.1.	Considerații privind alcătuirea structurilor la noi în țară și în străinătate. Particularități pentru zone seismice	33
	2.1.1. Alcătuirea de ansamblu și forma structurii	33
	2.1.2. Dimensiunile tronsoanelor de clădiri	34
	2.1.3. Rosturi dintre tronsoane	35
	2.1.4. Categoriile de pereți și structuri	35
	2.1.5. Alcătuirea și conformarea de ansamblu a structurilor cu pereți structurali din zidărie simplă	38
	2.1.6. Alcătuirea și conformarea de ansamblu a structurilor cu zidărie confinată	39
	2.1.7. Alcătuirea și conformarea structurilor din zidărie armată	39
	2.1.8. Alcătuirea și conformarea structurilor în zone seismice	40
	2.1.8.1. Alcătuirea pereților structurali	40
	2.1.8.2. Alcătuirea planșeelor	42
	2.1.8.3. Alcătuirea fundațiilor pereților structurali	43
	2.1.8.4. Alcătuirea pereților de subsol	43
	2.1.8.5. Alcătuirea soclurilor	43
	2.1.8.6. Alcătuirea centurilor	43
	2.1.8.7. Alcătuirea stâlpișorilor	44
	2.1.8.8. Alcătuirea pereților de zidărie confinată	45
	2.1.8.9. Alcătuirea pereților de zidărie armată	45
	2.1.9. Prevederi suplimentare pentru alcătuirea structurilor din zidărie portantă amplasate pe terenuri slabe și pe pământuri contractile	45
2.2.	Materiale utilizate pentru zidării simple, armate, mixte și complexe	46
	2.2.1. Materiale utilizate pentru zidării simple	46
	2.2.2. Materiale utilizate pentru alcătuirea structurilor în zone seismice	48

Teză de doctorat	Contribuții la perfecționarea soluțiilor de consolidare aplicate clădirilor civile	4
------------------	--	---

	2.2.2.1. Corpuri de zidărie	48
	2.2.2.2. Mortare	50
	2.2.2.3. Betoane	51
	2.2.2.4. Armături	51
	2.2.2.5. Alte materiale pentru armarea zidăriei	51
	2.2.2.6. Condiții de utilizare ale materialelor folosite pentru alcătuirea structurilor în zone seismice	52
2.3.	Măsuri pentru creșterea capacității portante a structurilor cu pereți structurali din zidărie	53
	2.3.1. Generalități	53
	2.3.2. Evitarea distrugerii și susceptibilitatea redusă la avarii	53
	2.3.3. Dispoziții anti-seismice	53
	2.3.4. Reguli de construcție	53
	2.3.4.1. Reguli generale	53
	2.3.4.2. Reguli specifice pentru "clădiri simple"	54

CAPITOLUL 3 :CAUZE CARE GENEREAZĂ AVARII ÎN STRUCTURILE CU PEREȚI STRUCTURALI

3.1.	Aprecieri generale	57
3.2.	Avarii generate de infrastructura construcțiilor	60
3.3.	Avarii generate de suprastructură	71
3.4.	Comportarea și calculul pereților structurali din zidărie la sarcini orizontale de tip seism	79
	3.4.1. Comportarea pereților structurali la sarcini orizontale de tip seism	79
	3.4.2. Concepția antiseismică a construcțiilor	82
	3.4.3. Comentarii privind stadiile de lucru ale zidăriei la sarcini orizontale (elastic, fisurare, ultim, ultim-plastic)	86

CAPITOLUL 4 : SOLUȚII DE CONSOLIDARE ALE STRUCTURILOR CU ELEMENTE STRUCTURALE DIN ZIDĂRIE

4.1.	Reparații prin injectarea zidărilor	91
4.2.	Consolidarea prin țeserea zidărilor	92
4.3.	Consolidarea pereților portanți	94
4.4.	Consolidarea sălpilor de zidărie	95
4.5.	Repararea pereților structurali cu elemente de beton	106
4.6.	Consolidarea zidărilor prin dispunerea de tiranți	108

CAPITOLUL 5 :CERCETĂRI EXPERIMENTALE PRIVIND COMPORTAREA PEREȚILOR STRUCTURALI DIN ZIDĂRIE CONSOLIDAȚI

5.1.	Metodologia de încercare	110
	5.1.1. Principiul de încercare, caracteristicile standului experimental și ale elementelor experimentele martor încercate	111

Teză de doctorat	Contribuții la perfecționarea soluțiilor de consolidare aplicate clădirilor civile	5
------------------------	---	---

5.1.2. Metodologia de încercare	113
5.2. Materiale utilizate pentru zidării simple, armate, mixte și complexe	114
5.2.1. Desfășurarea și rezultatele încercărilor experimentale pentru elementele martor	115
5.2.1.1. Încercarea experimentală a elementului martor de zidărie simplă ES	115
5.2.1.2. Încercarea experimentală a elementului martor de zidărie armată EA2	118
5.2.1.3. Încercarea experimentală a elementului martor de zidărie armată EA3	121
5.2.1.4. Încercarea experimentală a elementului martor de zidărie armată EA4	128
5.2.2. Desfășurarea și rezultatele încercărilor experimentale pentru elementele consolidate	133
5.2.2.1. Încercarea experimentală a elementului consolidat EP	133
5.2.2.2. Încercarea experimentală a elementului de zidărie consolidat EP2	137
5.2.2.3. Încercarea experimentală a elementului de zidărie consolidat EP3	144
5.2.2.4. Încercarea experimentală a elementului de zidărie consolidată prin cămășuire cu plase sudate EP4	154
5.3. Studiu comparativ al comportării elementelor martor și a elementelor consolidate cu plase	160
5.3.1. Studiu comparativ al comportării elementelor ES și EP	160
5.3.2. Studiu comparativ al comportării elementului de zidărie armată EA2 și elementului de zidărie consolidată prin cămășuire cu plase EP2	161
5.3.3. Studiu comparativ al comportării elementului de zidărie armată EA3 și elementului de zidărie consolidată prin cămășuire cu plase EP3	162
5.3.4. Studiu comparativ al comportării elementului de zidărie armată EA4 și elementului de zidărie consolidată prin cămășuire cu plase EP4	162
5.4. Concluzii comparative asupra comportării elementelor martor și a elementelor consolidate cu plase	164
5.4.1. Elementele ES - EP1	164
5.4.2. Elementele EA2 - EP2	164
5.4.3. Elementele EA3 – EP3	164
5.4.4. Elementele EA4 – EP4	165

Teză de doctorat	Contribuții la perfecționarea soluțiilor de consolidare aplicate clădirilor civile	6
------------------	--	---

CAPITOLUL 6 : CONTRIBUȚII LA STUDIUL TEORETIC AL ZIDĂRIILOR CONSOLIDATE ȘI COMPARAȚIE CU ÎNCERCĂRILE EXPERIMENTALE

6.1.	Determinarea pe cale experimentală a rezistențelor materialelor	166
6.1.1.	Determinarea rezistenței de rupere la compresiune și a modulului de elasticitate	166
6.1.2.	Determinarea rezistențelor de rupere ale mortarului și armăturilor	172
6.2.	Determinarea rezistențelor echivalente	174
6.2.1.	Determinarea rezistenței echivalente la compresiune a zidăriei cămășuite	174
6.2.2.	Determinarea rezistenței echivalente la eforturi principale de întindere a zidăriei cămășuite	175
6.2.3.	Determinarea rezistențelor echivalente la compresiune și la eforturi principale de întindere a zidăriei cămășuite pentru elementele experimentale studiate	175
6.3.	Calculul teoretic al capacității portante a elementelor și compararea cu rezultatele experimentale	176
6.3.1.	Calculul cu relațiile din P2/85	176
6.3.2.	Calculul cu relațiile din MP001-96 prin intermediul programului CAZIN 31	177
6.4.	Concluzii cu privire la rezultatele obținute	183

CAPITOLUL 7 : CONCLUZII FINALE ȘI CONTRIBUȚII PERSONALE

7.1.	Concluzii	193
7.2.	Contribuții personale	197
BIBLIOGRAFIE		199

Teză de doctorat	Contribuții la perfecționarea soluțiilor de consolidare aplicate clădirilor civile	7
------------------	--	---

CAPITOLUL 1

INTRODUCERE

1.1. Motivația studiilor

Pe parcursul utilizării fondului de construcții existent în România (locuințe, clădiri social-culturale, industriale, inginerești, agrozootehnice etc.), au apărut o serie de deficiențe datorită acțiunii unor factori nocivi de mediu, tasări, explozii, alunecări de teren, prăbușiri de galerii de mină și taluzuri de halde etc. și în special datorită acțiunii solicitărilor din cutremure.

Ca urmare, numeroase construcții nu mai au capacitatea portantă inițială pentru a mai putea prelua noi solicitări ale unor factori de degradare.

În aceste condiții, punerea în siguranță a fondului de construcții care prezintă avarii se impune ca o necesitate de primă urgență.

În perioada de după 1850 și în special după cel de-al doilea război mondial, în România s-a realizat un volum mare de construcții de locuințe, cu care să se poată acoperi necesitățile sporului de natalitate, ale procesului de industrializare și urbanizare, volum impus prin programele de modernizare ale perioadelor respective.

S-au construit numeroase capacități de producție pentru industriile extractivă, energetică, prelucrătoare, materiale de construcții etc., care au necesitat un volum important de construcții industriale, agricole, hidrotehnice, inginerești.

De asemenea, a fost construit un volum important de clădiri social-culturale, administrative, de sănătate și ocrotire socială, turistice, de cult etc.

Fondul de locuințe existent la 31 decembrie 1992, defalcat după structura constructivă, perioada în care au fost realizate construcțiile, pe categorii de localități, este cel prezentat în tabelul 1.1.

Pe zone seismice, locuințele, care cuprind volumul cel mai mare de construcții, se distribuie aproximativ ca în tabelul 1.2.

Din datele de mai sus constatăm că 63,8% din construcțiile de locuințe sunt situate în zone cu intensități seismice ridicate, din care 35,2% în zonele seismice cu accelerații de peste $2,0 \text{ m/s}^2$. În aceste zone se situează foarte multe municipii și orașe cu densități mari de construcții (București, Ploiești, Buzău, Pitești, Craiova, Slatina, Târgoviște, Galați, Brăila, Iași, Vaslui etc.), fapt care justifică constatarea că în aceste zone s-a produs, la ultimele cinci cutremure (10 noiembrie 1940, 4 martie 1977, 30 august 1986 și 31 mai 1990), volumul cel mai mare de avarii și colapsuri.

Fără să greșim, putem afirma, din datele de care dispunem, că peste 40% din numărul apartamentelor situate în fostele zone de grad 7-9 au degradări mari care obligă pe proprietari (stat sau particulari) să ia măsuri de consolidare și de retrofitare, pentru a se putea evita, la un eventual cutremur sever, pierderi mari de vieți omenești și de bunuri materiale.

La acest volum de locuințe cu degradări deosebite se mai adaugă și un volum important de clădiri avariate din categoria celor social-culturale, industriale, agrozootehnice etc. Sunt numeroase construcții degradate în zonele cu pământuri de fundare sensibile la umezire, pământuri care se întind pe o suprafață de peste 20% din suprafața țării, în : Moldova, Dobrogea, Oltenia, Muntenia, care sunt și zone cu intensități seismice ridicate.

Tabelul 1.1.

CATEGORII DE LOCALITĂȚI	TOTAL APT.	DIN CARE, PE STRUCTURI CONSTRUCTIVE				
		SCHELET DIN BETON	ZIDĂRIE ȘI PLANȘEE DIN BETON	ZIDĂRIE ȘI PLANȘEE DIN LEMN	LEMN ȘI BILE	PAIANȚA ȘI CHIRPICI
TOTAL ROMÂNIA Din acestea în:	7.828.171	2.164.053	1.135.945	1.708.800	808.681	2.010.692
MUNICIPII ȘI ORAȘE	4.054.362	2.134.246	880.278	590.016	106.551	343.271
COMUNE	3.773.809	29.807	255.667	1.118.784	702.130	1.667.421
DIN CARE REALIZATE ÎN PERIOADA: 1977-1992						
TOTAL ROMÂNIA Din acestea în:	1.628.855	1.393.155	129.941	79.465	11.218	15.076
MUNICIPII ȘI ORAȘE	1.454.670	1.370.000	73.152	8.800	1.218	1.500
COMUNE	174.185	23.155	56.789	70.665	10.000	13.576
1950-1976						
TOTAL ROMÂNIA Din acestea în:	3.800.001	756.864	752.848	947.262	422.376	900.651
MUNICIPII ȘI ORAȘE	1.723.383	750.307	584.530	219.184	47.003	112.359
COMUNE	2.076.618	6.557	168.318	728.078	395.373	778.292
1921-1949						
TOTAL ROMÂNIA Din acestea în:	2.038.574	14.034	186.589	387.899	355.087	1.094.965
MUNICIPII ȘI ORAȘE	629.817	13.939	161.862	176.274	58.330	219.412
COMUNE	1.408.757	95	24.727	211.625	196.757	875.553
ÎNAINTE DE 1921						
TOTAL ROMÂNIA Din acestea în:	360.741	-	66.567	294.174	-	-
MUNICIPII ȘI ORAȘE	246.492	-	60.734	185.758	-	-
COMUNE	114.249	-	5.833	108.416	-	-

Tabelul 1.2.

NR. APARTAMENTE	ZONE SEISMICE CU ACCELERAȚIE DE :			
	0,8 m/s ²	1,2-1,6 m/s ²	2,0-2,5 m/s ²	3,2 m/s ²
	6	7-7,5	8-8,5	9
7.828.171	2.833.798	2.238.857	2.692.891	62.625
100%	36,2%	28,6%	34,4%	0,8%

De asemenea, se prezintă cu avarii și un mare volum de construcții în regiunile miniere, cele cu halde de steril, precum și în regiunile cu masive de sare, alunecări de teren etc.

Menționăm că pot produce mari degradări construcțiilor de orice fel și cutremurele de pământ cu focare de mică adâncime, așa cum au fost cele din regiunea Banatului, la Banloc-Buziaș, Moldova Veche și Herculane, care au reactivat în perioada 12-16 iulie 1991, cu magnitudini care în general nu au depășit 5,4 grade pe scara Richter, dar care au avariat peste 2500 de locuințe și clădiri socio-culturale din zonele respective, neconformate și nedimensionate în mod corespunzător.

Teză de doctorat	Contribuții la perfecționarea soluțiilor de consolidare aplicate clădirilor civile	9
------------------	--	---

Ținând seama de volumul foarte mare de construcții cu avarii existent în fondul construit al țării care trebuie reparat, consolidat și chiar retrofitat, considerăm că este necesar să se ia măsuri tehnice și organizatorice de urgență în proiectare și execuție, care să grăbească reducerea riscului de colapsuri parțiale sau totale, sub acțiunea unor factori de risc de natura celor menționați.

Este de reținut faptul că acțiunea de consolidare a construcțiilor pune probleme deosebit de complexe, cu mult mai dificile decât se pun când se proiectează și se execută construcții noi. Pentru elaborarea proiectelor și execuția lucrărilor de consolidare se impune folosirea unor cadre tehnice cu pregătire specială și cu un înalt grad de conștiinciozitate.

Pentru a atrage atenția proprietarilor de construcții și constructorilor din România asupra necesității consolidării și retrofitării construcțiilor degradate, în cele ce urmează vom da și datele necesare, din care rezultă că întreg teritoriul țării este seismic.

Aceste date se constituie ca "ELEMENTE DE CARACTERIZARE A ZONELOR SEISMICE DIN ROMÂNIA" și considerăm că dau imaginea reală a potențialului pericol ce-l constituie multitudinea focarelor distribuite pe întreg teritoriul și a liniilor de culminație seismică ce împânzesc toate zonele țării.

Cutremurele de pământ sunt fenomene geologice naturale, cu caracter distructiv, de natură variată, dintre care prezintă o importanță deosebită pentru țara noastră cutremurele de origine tectonică, atât din punct de vedere seismologic, cât și al efectelor asupra construcțiilor.

Dacă acceptăm teoria tectonicii plăcilor și subplăcilor rigide, separate prin falii (și în deplasare continuă pe mantaua groasă aflată în profunzime la temperaturi și presiuni enorme), acestea dezvoltă la contactul dintre ele forțe de frecare și tensiuni interioare în masa materialului, acumulându-se astfel în zonele de margine ale acestora cantități enorme de energie de deformare.

Când echilibrul se rupe, se produce o alunecare bruscă a plăcilor în lungul faliilor, uneori cu tendințe de suprapunere și ruperi în interiorul masivelor scoarței, degajându-se în timp scurt, cu viteze foarte mari, enorme cantități de energie, care produc cutremurele de pământ cu caracter distructiv.

Fenomenul se diminuează pe măsură ce se stabilește noul echilibru între suprafețele laterale ale plăcilor, după care urmează acumulări de noi energii, care prin descărcare să producă noi cutremure în focare de adâncime sau de suprafață.

În sistemul structural și seismotectonic european, România constituie o zonă cu o tectonică variată, determinată în special de prezența spectaculoasei curburi a lanțului Munților Carpați, unde sunt grupate cele mai multe focare, care produc aleatoriu evenimente seismice mari.

Din punct de vedere al tectonicii plăcilor, platforma estică Moldova reprezintă marginea est-europeană a plăcii euro-asiatice, iar platforma moezică constituie o subplacă între Munții Carpați și Balcani, continuând în est și în bazinul Mării Negre.

Depresiunea Transilvaniei este un sector al unei subplăci intraalpine ce continuă pe marginea depresiunii Panonice, iar Orogenul Carpatic apare ca un echilibru structural născut prin strângerea unor fose geosinclinare, între plăcile și subplăcile menționate.

În condițiile existenței plăcilor și subplăcilor de pe teritoriul României, cât și a celor din afara țării, mai ales din Balcani, în decursul timpului s-au evidențiat, cu acțiune distrugătoare, peste 400 de focare și linii de sensibilitate seismică, cu precădere cele din zona Vrancea, care ocupă, de departe, cea mai mare pondere din numărul total de cutremure ce se fac

simțite pe teritoriul țării, având totodată și cele mai mari intensități, cu o periodicitate de 30-40 de ani a cutremurelor violente și cu o tendință de apariție a unor cutremure perechi, cu magnitudini din clasa 6 pe scara Richter și cu simetrii vizibile.

În afara cutremurelor din zona Vrancea se mai produc cutremure locale, cu intensități mai mici, cu focare de adâncime redusă și în alte regiuni, ca de exemplu :Moldova, cu epicentrele și liniile de sensibilitate seismică la Mărășești (fig.1.1) ; Tudor Vladimirescu-Piscu (fig.1.2) ; Bârlad-Zorleni-Tecuci (fig.1.3) ; Dobrogea (fig.1.4) ; Făgăraș (fig.1.5 și 1.6) ; Oltenia (fig.1.7) ; Bazinul Transilvaniei (fig.1.8) ; Regiunea Banatului (fig.1.9) ; Regiunea Crișurilor(Oradea-Cefa și Dealurile Barcăului (fig.1.10 și 1.11) ; Maramureș (fig.1.12).

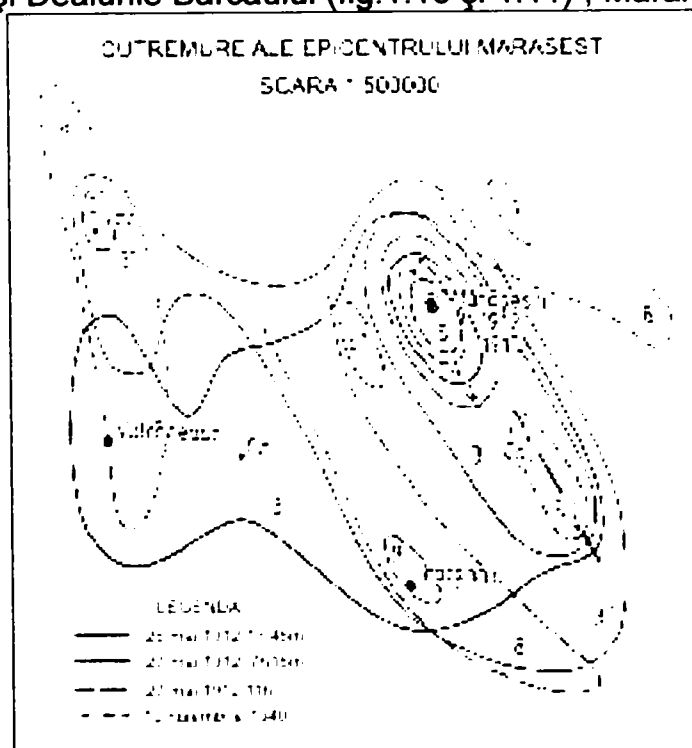


FIGURA 1.1.

Hărțile menționate sunt preluate din lucrarea "Cutremurele de pământ din România", elaborată de prof. Ion Atanasiu și apărută la Editura Academiei Române.

Se menționează că liniile de sensibilitate seismică a cutremurelor din Dobrogea se extind și în afara zonei seismice din figura 1.4, atingând orașe ca : Slatina, Roșiorii de Vede, Turnu Măgurele, Craiova, Drobeta Turnu-Severin, Târgu-Jiu etc.

Din hărțile expuse rezultă că întreg teritoriul României este seismic și, în consecință, toate construcțiile de orice fel trebuie să aibă o concepție de alcătuire specifică și o dimensionare a elementelor structurale corespunzătoare prevederilor normativelor tehnice, elaborate în funcție de posibilitățile economice ale fiecărei etape și de gradul de risc pe care îl poate accepta societatea, stabilit prin normele tehnice elaborate în acest sens.

Conform normativului P100-92, teritoriul țării este împărțit în șase zone seismice, cu următoarele accelerații :Zona A-3,2 m/s² ; Zona B-2,5 m/s² ; Zona C-2,0 m/s² ; Zona D-1,4 m/s² ; Zona E-1,2 m/s² ; Zona F-0,8 m/s² (fig.1.13).

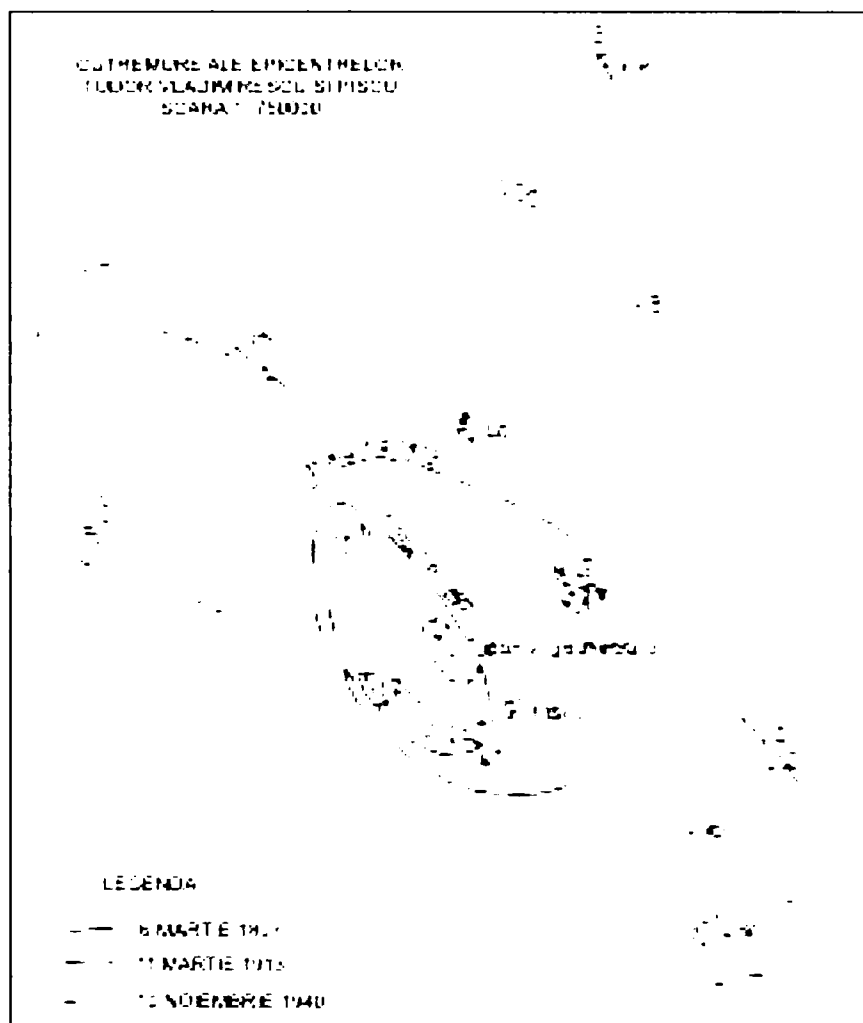


FIGURA 1.2.

Ponderile pe zone seismice din suprafața totală a țării se prezintă astfel : $a \leq 0,8 \text{ m/s}^2$ - circa 57% ; cu $0,8 < a \leq 1,2 \text{ m/s}^2$ - circa 31% ; cu $1,2 < a \leq 2 \text{ m/s}^2$ - circa 11% și cu $2,0 < a \leq 3,2 \text{ m/s}^2$ - circa 1%.

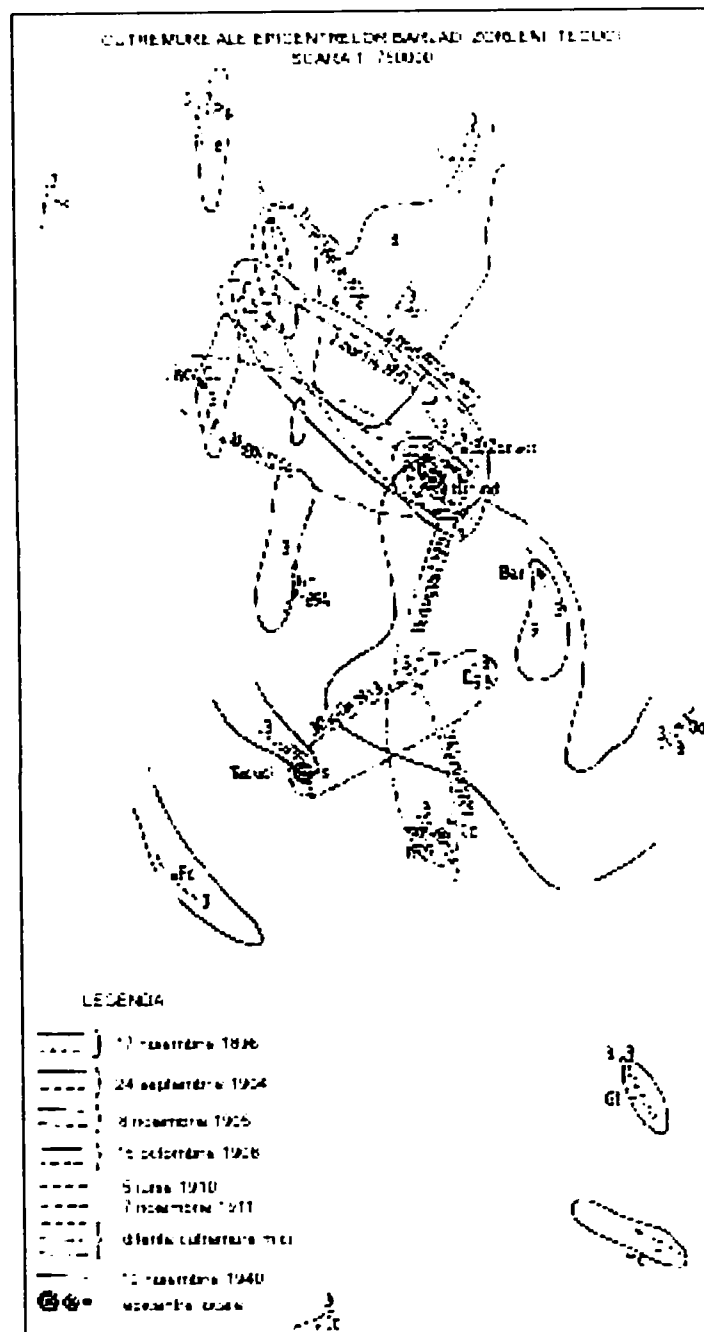


FIGURA 1.3.

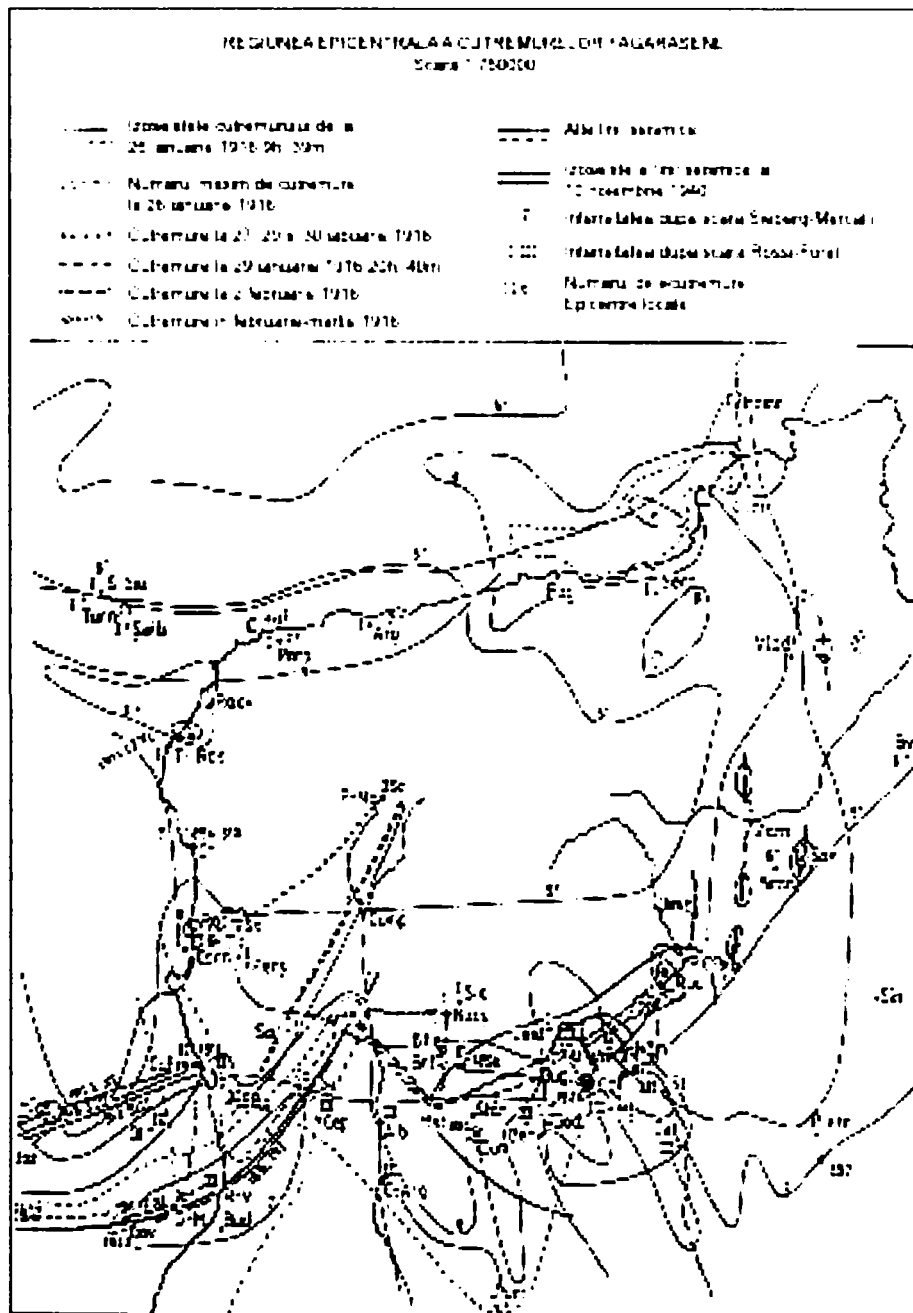


FIGURA 1.5.

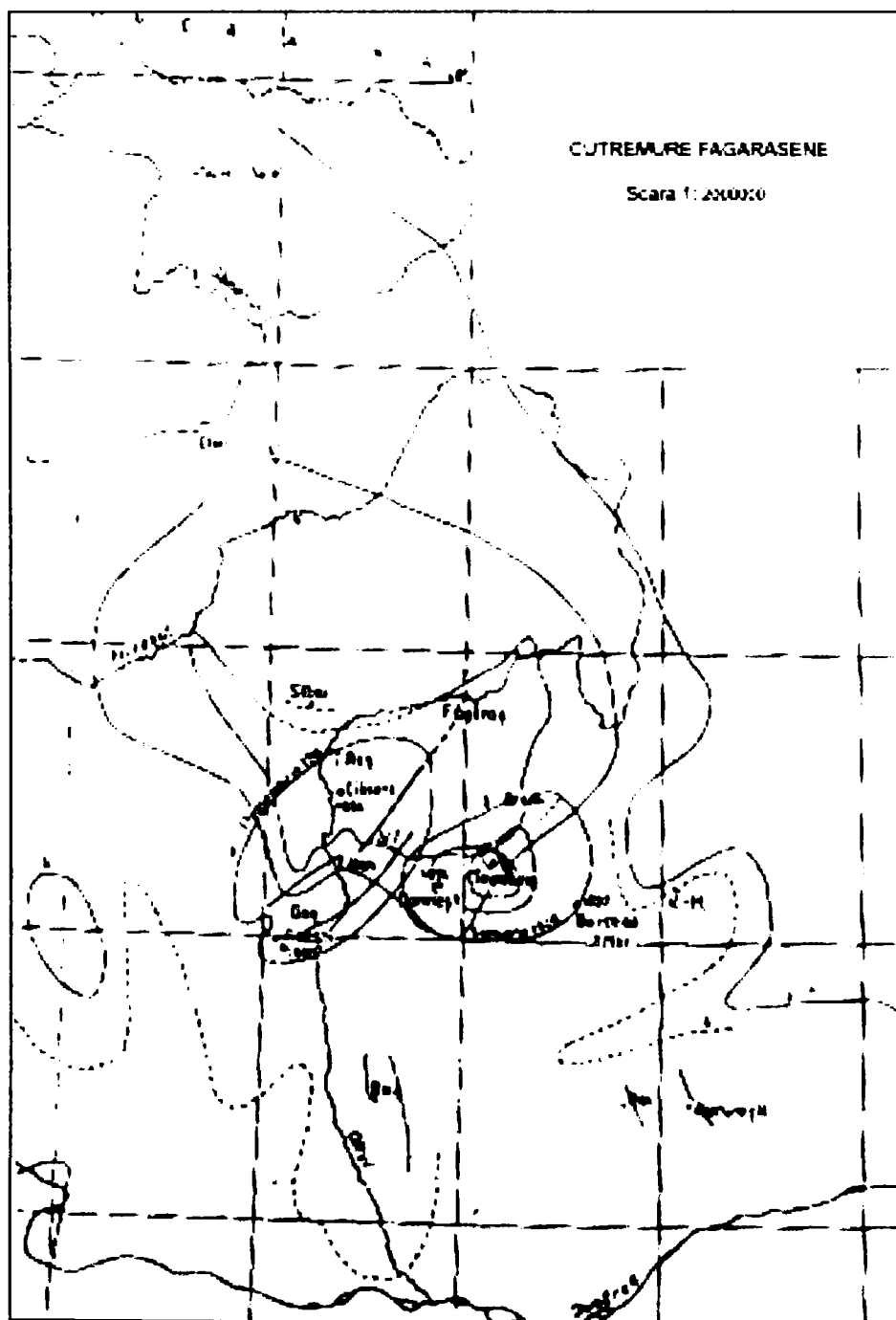
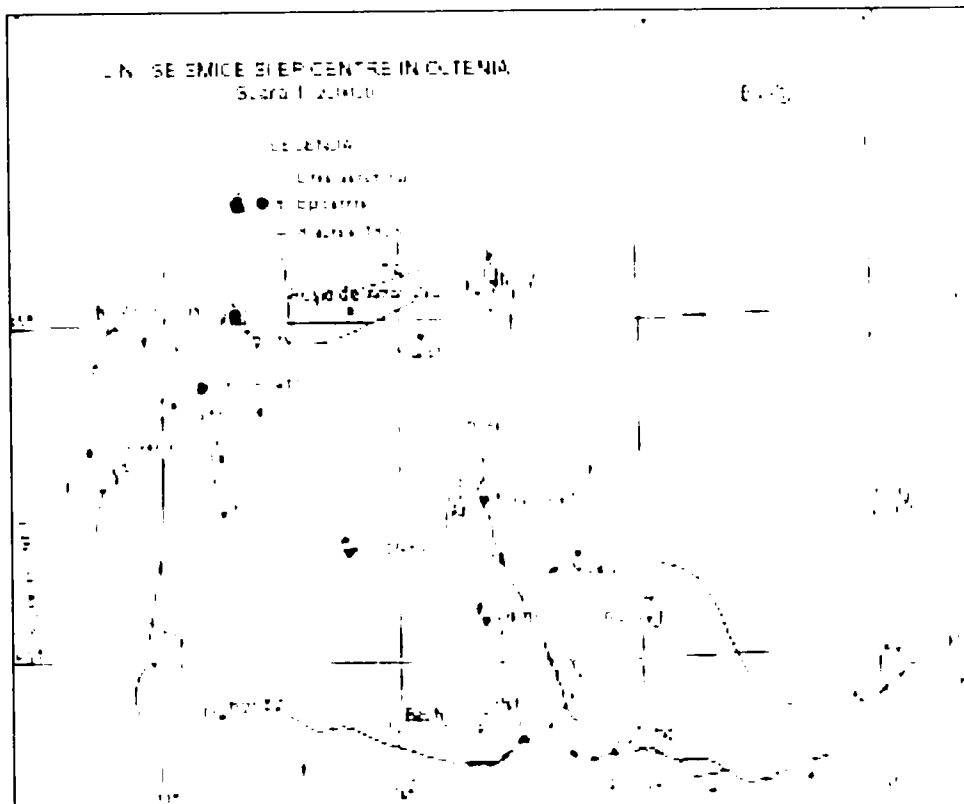


FIGURA 1.6.

**FIGURA 1.7.**

Se observă că zonele cu cea mai mare intensitate seismică au o pondere de circa 43%. De semnalat este faptul că pe această suprafață au fost realizate în ultimele decenii construcții civile, industriale și inginerești într-un volum foarte mare, datorită faptului că erau regiuni mai puțin dezvoltate față de restul țării (Oltenia, Muntenia, Moldova și Dobrogea).

După cum se știe, fenomenele seismice prezintă forme aleatoare deosebit de accentuate, atât din punct de vedere al producerii acestora, cât și din punct de vedere al modului de manifestare.

Din acest punct de vedere, rezultă că perioadele de revenire ale unor cutremure cu accelerații ale terenului la limita producerii degradării construcțiilor sunt relativ scurte.

Această constatare o demonstrează, în mod cert, cele cinci cutremure produse pe teritoriul țării noastre, într-un interval de numai 15 ani. Din aceste cinci cutremure, a căror magnitudine variază între 5,4 și 7,2 grade pe scara Richter, deci deloc de neglijat, patru cutremure au fost de tip Vrancea și unul de tip Banat.

În aceste condiții, este imperios necesar să se consolideze construcțiile degradate de cutremure în perioada dintre două seisme consecutive pentru a reduce astfel pierderile materiale și de vieți omenești, ținând seama că nerealizarea acestor consolidări face ca un nou cutremur să găsească construcțiile într-o situație necorespunzătoare din punct de vedere al comportării la acțiunea seismică.

În domeniul asigurării antiseismice a construcțiilor, în țara noastră s-au făcut progrese remarcabile, în special după cutremurul din 10 noiembrie 1940, care a avut o magnitudine de 7,4 grade pe scara Richter, cu epicentrul în comuna Naruja, județul Vrancea.

Pe lângă îmbunătățirea continuă a concepției construcțiilor și a dispunerii raționale a elementelor de rigidizare dinamică în ansamblul clădirilor, s-au îmbunătățit și coeficienții

seismici globali, cu care să se dimensioneze elementele de structură. Evoluția acestora, pe tipuri de structuri și zone seismice, este prezentată în tabelul 1.3.

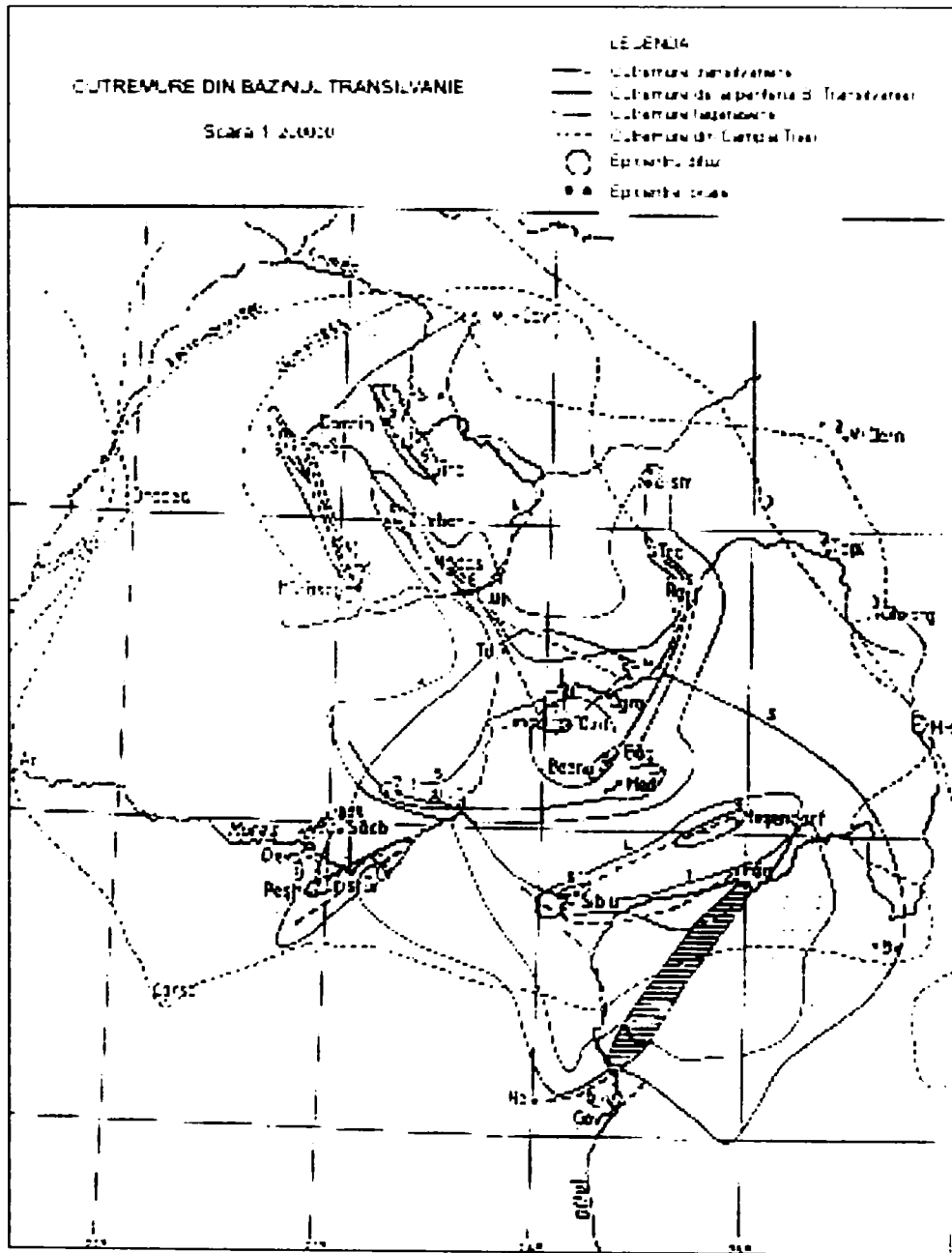


FIGURA 1.8.

Introducere

642 450
369 E

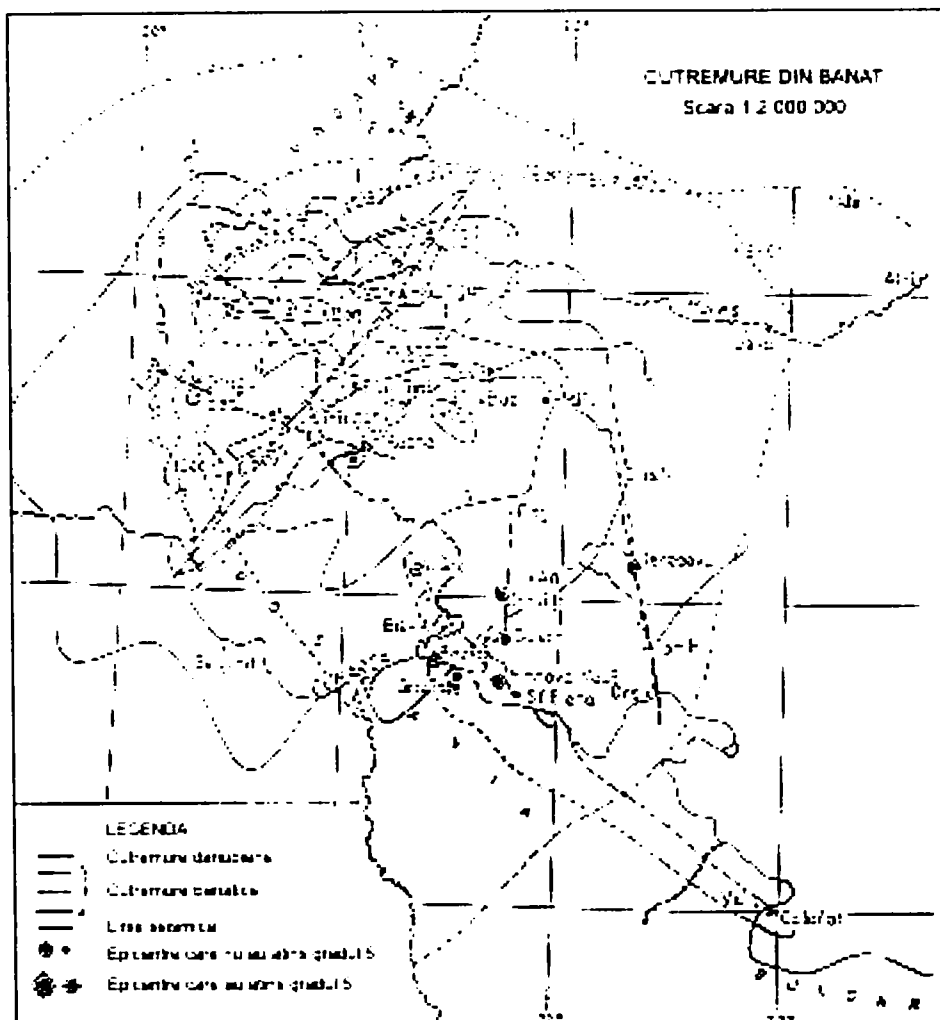


FIGURA 1.9.

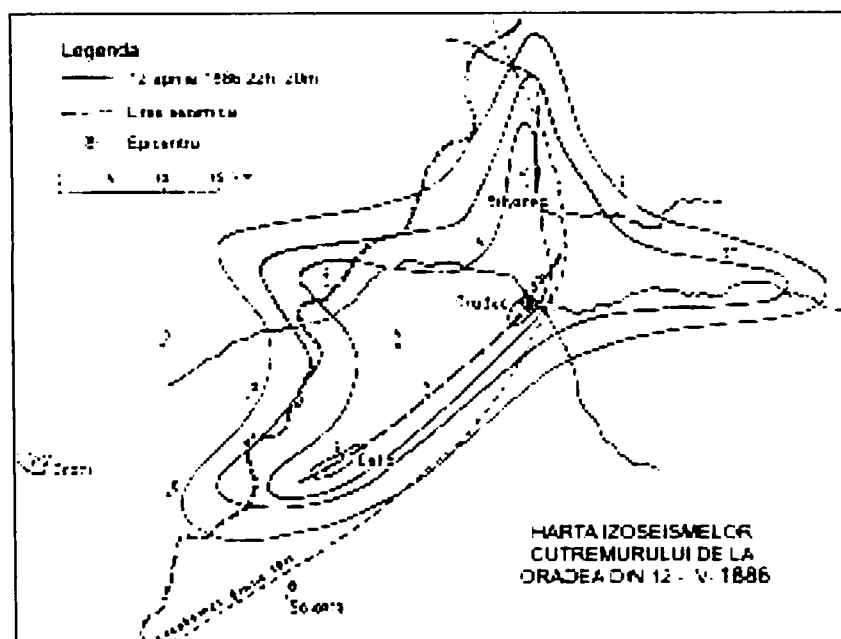


FIGURA 1.10.

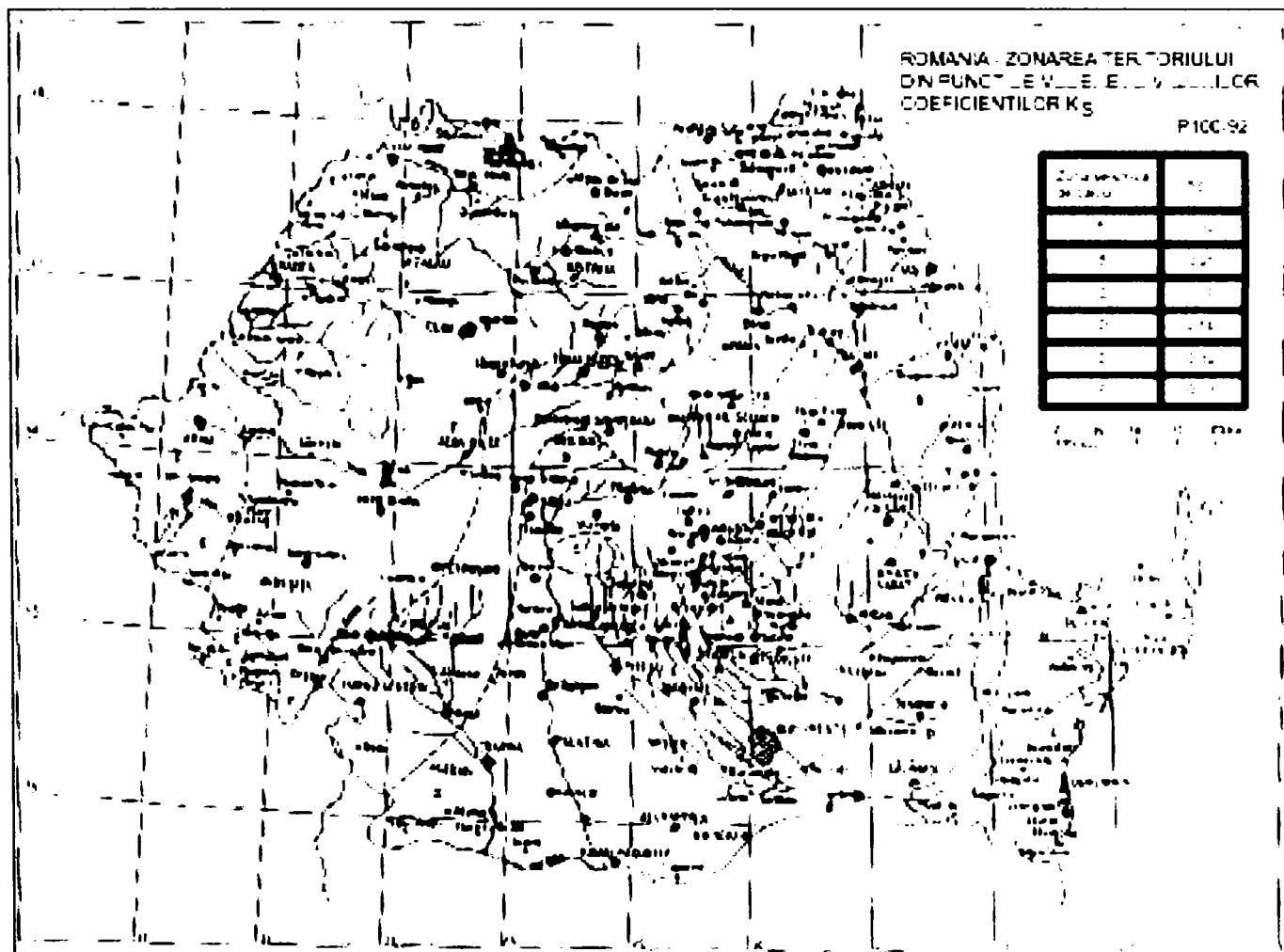


FIGURA 1.13.

TABEL 1.3.

Tipul construcției	ROMANIA																		
	Instrucțiuni provizorii MLP 1942	Perioada 1950-1963	P13-63			P13-70			P100-78			P100-81			P100-92				
	Gradul seismic																		
	A	B	7	8	7	8	9	7	8	9	7	8	9	7	8	9	7	8	9
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Clădiri de locuit cu structuri flexibile din cadre de beton armat-P+4E	5,0	-	2,5	5,0	4,3	8,6	17,2	3,8	6,4	10,2	3,8	6,4	10,2	3,8	6,4	10,2	4,8	8,0	12,5
Clădiri de locuit cu structura în cadre din beton armat și zidărie de umplură cu P+4E	5,0	-	2,5	5,0	6,0	12,0	24,0	4,9	8,2	13,1	5,4	9,0	14,4	5,4	9,0	14,4	6,0	10,0	16,0
Clădiri de locuit cu P+4E cu structura rigidă (diafragme de beton armat)	5,0	-	2,5	5,0	6,0	12,0	24,0	5,8	9,7	15,6	5,4	9,0	14,4	5,4	9,0	14,4	6,0	10,0	16,0
Clădiri P+4E cu structura rigidă (diafragme din zidărie)	5,0	-	2,5	5,0	6,0	12,0	-	6,3	10,5	-	5,4	9,0	14,4	5,4	9,0	14,4	6,0	10,0	16,0
Clădiri P+9E cu structura flexibilă, în cadre de beton armat	-	-	2,5	5,0	2,2	4,4	8,8	2,0	3,4	5,4	3,8	6,4	10,2	3,84	6,4	10,2	4,8	8,0	12,5
Clădiri P+9E cu structura mixtă (cadre și diafragme) din beton armat	-	-	2,5	5,0	3,1	6,1	12,2	4,0	6,5	10,4	4,6	7,6	12,2	4,6	7,6	12,2	6,0	10,0	16,0
Clădiri P+9E cu structura rigidă (diafragme) din beton armat	-	-	2,5	5,0	3,7	7,4	14,8	4,9	8,1	13,0	4,6	7,6	12,2	4,6	7,6	12,2	6,0	10,0	16,0
Coș de fum(160 m înălțime)	-	-	-	-	1,6	2,6	4,1	2,0	3,3	5,2	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Hale industriale parter (cadre beton armat)	-	-	-	-	2,7	5,4	10,8	2,4	4,0	6,4	3,6	6,0	9,6	3,6	6,0	9,6	4,8	8,0	12,8

Introducere

Teză de doctorat	Contribuții la perfecționarea soluțiilor de consolidare aplicate clădirilor civile	22
------------------	--	----

1.2. Prevederi referitoare la evaluarea nivelului de protecție a construcțiilor existente

Calitatea construcțiilor este rezultanta totalității performanțelor de comportare a acestora în exploatare, în scopul satisfacerii, pe întreaga durată de funcționare a exigențelor utilizatorilor și colectivităților.

Pentru obținerea unor construcții de calitate corespunzătoare sunt obligatorii realizarea și menținerea pe întreaga durată de existență a construcțiilor a următoarelor exigențe :

1. rezistență și stabilitate ;
2. siguranță în exploatare ;
3. siguranță la foc;
4. igiena, sănătatea oamenilor, refacerea și protecția mediului ;
5. izolația termică, hidrofuga și economia de energie ;
6. protecția împotriva zgomotului.

Sistemul calității în construcții se compune din :

1. reglementări tehnice în construcții ;
2. calitatea produselor folosite la realizarea construcțiilor ;
3. agremente tehnice utilizate pentru noi produse și procedee ;
4. verificarea proiectelor, a execuției lucrărilor și expertizarea proiectelor și construcțiilor ;
5. conducerea și asigurarea calității în construcții ;
6. autorizarea și acreditarea laboratoarelor de analize și încercări în construcții;
7. activitatea metrologică în construcții;
8. recepția construcțiilor;
9. comportarea în exploatare și intervenții în timp;
10. postutilizarea construcțiilor;
11. controlul de stat al calității în construcții.

Verificările execuției, proiectelor și realizarea expertizelor se face de către specialiști atestați ai MLPAT și anume :

- responsabili tehnici cu execuția lucrărilor ;
- verificatori de proiecte ;
- experți tehnici.

Reglementările tehnice în construcții referitoare la proiectarea și execuția zidărilor sunt :

- STAS 10109-81 ;
- Normativ P2-85 ;
- Normativ MP 001-96;
- Normativ MP 007-99;
- Normativ P100-92 ;
- Standardele de materiale pentru zidarii.

STAS 10109-81 reglementează calculul și alcătuirea elementelor din zidărie simplă, complexă, armată și mixtă la sarcini gravitaționale și vânt.

Normativul P2-85 reglementează alcătuirea structurilor din zidărie, inclusiv în zone seismice, precum și calculul structurilor la sarcini seismice.

Teză de doctorat	Contribuții la perfecționarea soluțiilor de consolidare aplicate clădirilor civile	23
------------------	--	----

Normativul MP 001-96 reglementează alcătuirea, calculul și executarea structurilor din zidărie nearmată.

Normativul MP 007-99 reglementează metodologia de investigare a zidărilor vechi.

Normativul P100-92 reglementează proiectarea antiseismică a construcțiilor cu indicații privind alcătuirea de ansamblu a construcțiilor. De asemenea, în capitolul 11 sunt prezentate "Prevederi referitoare la evaluarea nivelului de protecție antiseismică a construcțiilor existente", care se constituie ca un ghid obligatoriu pentru activitatea de expertizare a construcțiilor.

O construcție se expertizează obligatoriu sau condiționat de :

- Avarii ale sistemului structural provocate de cutremure anterioare, incendii, explozii, tasări ale terenului de fundare, coroziune ;
- Transformări funcționale sau ale arhitecturii exterioare ale clădirii, care conduc la modificări ale sistemului structural.

Expertizarea unei construcții existente are ca scop :

- Evaluarea nivelului de protecție la încărcări gravitaționale, la acțiuni cu intensități semnificative ;
- Fundamentarea și propunerea deciziei de intervenție.

Metodele de investigare pentru evaluarea nivelului de protecție a construcțiilor existente se clasifică în funcție de gradul lor de complexitate:

- **E1** – evaluare calitativă, apreciindu-se în primul rând dacă construcția respectă prescripțiile în vigoare referitoare la alcătuirea construcțiilor amplasate în zone seismice ;
- Încercări nedistructive pentru determinarea caracteristicilor materialelor, eventual a caracteristicilor dinamice ale ansamblului construcției ;
- **E2** – metode de calcul analitic pentru evaluarea capacității de rezistență, care pot fi :
 - **E2a** – metode de calcul curente ;
 - **E2b** – metode de calcul postelastice ;
 - **E2c** – metode de calcul dinamic postelastic.

În urma metodelor de investigare se stabilește gradul de asigurare al construcției (elementului) la tipul de acțiuni la care se face verificarea, de exemplu la seism :

$$R = S_{cap} / S_{nec}$$

În funcție de mărimea lui R se stabilește intervenția asupra construcției și gradul de urgență. În cazul structurilor din zidărie :

$$S_{cap} = m \sum T_{ci, min}$$

$$S_{nec} = \eta S_0$$

Încadrarea în clase de risc seismic servește la stabilirea:

- gradului de extindere a măsurilor de intervenție propuse ;
- gradului de urgență a executării măsurilor de intervenție. Încadrarea structurii expertizate în clase de risc seismic are ca bază rezultatele investigațiilor efectuate cu metodele de evaluare calitative și analitice.

În luarea deciziei de încadrare în clasele de risc seismic, expertul va avea în vedere zona seismică în care este amplasată construcția și criteriile privind alcătuirea construcției, comportarea în exploatare și la acțiuni seismice, cum sunt :

- Categoria sistemului structural ;

Teză de doctorat	Contribuții la perfecționarea soluțiilor de consolidare aplicate clădirilor civile	24
------------------	--	----

- Conformarea generală a construcției din punct de vedere al răspunsului seismic așteptat ;
- Gradul nominal de asigurare la acțiuni seismice (coeficientul R) ;
- Prezența zonelor slabe din punct de vedere al capacității de rezistență în raport cu cerințele, în elementele structurale cu rol major în preluarea încărcărilor seismice ;
- Natura probabilă a cedării elementelor structurale vitale pentru stabilitatea clădirii : ductilă, cu ductilitate limitată, fragilă ;
- Modul de rezolvare a detaliilor constructive ale secțiunilor (de exemplu : armarea transversală cu etrieri în zonele plastice, ancorarea armăturilor, înadrirea acestora etc.) ;
- Vechimea construcției (anul construcției) ;
- Numărul de cutremure semnificative prin care a trecut construcția ;
- Degradările structurale înregistrate în urma cutremurelor ;
- Starea elementelor nestructurale ;
- Regimul de înălțime și masa construcției etc.

Ponderea diverselor criterii de evaluare structurală este stabilită de expert. Din punctul de vedere al riscului seismic, în sensul efectelor probabile ale unor cutremure caracteristice amplasamentului asupra construcțiilor existente pe acel amplasament, se stabilesc 4 clase de risc seismic :

Clasa Rsl, corespunzând construcțiilor cu risc ridicat de prăbușire la cutremure, având intensitățile corespunzătoare zonelor seismice de calcul (cutremurului de proiectare) ;

Clasa RslI, corespunzând construcțiilor la care probabilitatea de prăbușire este redusă, dar la care sunt așteptate degradări structurale majore la incidența cutremurului de proiectare ;

Clasa RslII, corespunzând construcțiilor la care sunt așteptate degradări structurale care nu afectează semnificativ siguranța structurală, dar la care degradările elementelor nestructurale pot fi importante ;

Clasa RslIII, corespunzând construcțiilor la care răspunsul seismic așteptat este similar celui corespunzător construcțiilor noi, proiectate pe baza prescripțiilor în vigoare.

În principiu, procesul de elaborare al lucrărilor de reparare sau consolidare parcurge următoarele etape :

- Examinarea preliminară sau ancheta inițială ;
- Măsuri de urgență pentru siguranța și limitarea avariilor ;
- Expertizarea tehnică cu decizia de intervenție ;
- Proiectarea lucrărilor de intervenție ;
- Execuția lucrărilor de intervenție.

1.3. Conținutul lucrării

Lucrarea de față este structurată pe șapte capitole, după cum urmează :

Capitolul 1 intitulat “ **Introducere**” este alcătuit din patru subcapitole.

În prima parte, sub formă de motivație a studiilor, se face o prezentare generală a fondului de construcții existent în România (locuințe, clădiri social-culturale, industriale, inginerești, agro-zootehnice), la care au apărut o serie de deficiențe datorită acțiunii unor factori și în special, solicitărilor din cutremure. Din datele prezentate rezultă că întreg teritoriul

Teză de doctorat	Contribuții la perfecționarea soluțiilor de consolidare aplicate clădirilor civile	25
------------------	--	----

țării este seismic. Există un volum mare de construcții cu avarii care trebuie reparat, consolidat. Acțiunea de consolidare a construcțiilor pune probleme deosebit de complexe.

Autorul își propune prin lucrarea de față să-și aducă contribuția personală la studiul teoretic și experimental al structurilor de zidărie avariate și care trebuie consolidate.

În partea a doua a primului capitol sunt prezentate prevederi referitoare la evaluarea nivelului de protecție a construcțiilor existente, exigențele necesare pentru obținerea unor construcții de calitate. Sunt, de asemenea, prezentate reglementările tehnice în construcții referitoare la proiectarea și execuției zidărilor.

Paragraful de față, cea de-a treia parte a primului capitol, este un scurt rezumat al lucrării, prezentând în câteva fraze conținutul fiecărui capitol al tezei.

În ultima parte a primului capitol sunt definite notațiile care se întâlnesc în lucrare și sunt explicitate simbolurile utilizate la notarea mărimilor care intervin în calculul secțiunilor și structurilor din zidărie. Această parte este utilă, având în vedere că norme de calcul diferite dau simboluri diferite pentru aceleași mărimi.

Capitolul 2 intitulat “ **Sisteme de alcătuire ale structurilor cu pereți structurali din zidărie**” este structurat pe trei subcapitole.

În prima parte sunt prezentate considerații privind alcătuirea structurilor cu pereți structurali la noi în țară și în străinătate și particularități pentru zone seismice. Aceste considerații se referă la alcătuirea și forma structurii conform normativelor în vigoare, dimensiunile tronsoanelor de clădiri, rosturile dintre tronsoane, categoria de pereți.

Tot în prima parte a capitolului 2 sunt prezentate prevederile normativului CR6-2003 pentru alcătuirea structurilor cu pereți structurali din zidărie nearmată, zidărie confinată, zidărie armată. Sunt prezentate condițiile impuse de P100 în revizuire la alcătuirea pereților structurali, a planșeelor, pereților de subsol, fundații, centuri, socluri, stâlpișori.

În partea a doua a capitolului 2 sunt prezentate materialele utilizate pentru zidării simple, armate, mixte și complexe. Sunt prezentate corpurile de zidărie, mortarul, betonul, armătura și condițiile de utilizare ale acestora pentru alcătuirea structurilor în zone seismice.

În ultima parte a capitolului 2 sunt prezentate măsuri pentru creșterea capacității portante a structurilor cu pereți structurali din zidărie și reguli de construcție.

În **Capitolul 3** intitulat “ **Cauze care generează avarii în structurile cu pereți structurali** “, structurat pe patru subcapitole, sunt prezentate în prima parte etapele de investigare ce trebuie parcurse pentru a obține o evaluare precisă în vederea consolidării structurii.

În partea a doua a capitolului 3 sunt analizate avariile generate de infrastructura construcțiilor.

În cea de-a treia parte sunt prezentate avariile generate de suprastructură.

În ultimul subcapitol sunt tratate principii generale de proiectare ale structurilor de rezistență solicitate la sarcini orizontale de tip seism. Se face o sinteză a metodelor de calcul ale structurilor din zidărie la acțiuni seismice.

Capitolul 4 intitulat “ **Soluții de consolidare ale structurilor cu elemente structurale din zidărie** “ este structurat pe șase subcapitole.

În primul subcapitol este prezentată metoda reparațiilor prin injectarea zidărilor. Sunt prezentate materialele pentru injecție, pregătirea zidăriei, tehnologia de injecție și modul cum se face controlul calității execuției

În următorul subcapitol se tratează procedeul de consolidare prin țeserea zidărilor.

Teză de doctorat	Contribuții la perfecționarea soluțiilor de consolidare aplicate clădirilor civile	26
------------------	--	----

În partea a treia a capitolului 4 este tratată consolidarea pereților portanți prin cămășuire.

În continuare, în partea a patra, este prezentată consolidarea stâlpilor din zidărie cu juguri sau profile metalice dispuse pe contur.

În partea a cincea este prezentată consolidarea zidăriei fisurate local cu elemente din beton armat.

În ultima parte a capitolului este tratată consolidarea zidărilor prin dispunerea de tiranți.

Capitolul 5 intitulat **“Cercetări experimentale privind comportarea pereților structurali din zidărie consolidată”** prezintă programul de cercetări experimentale derulat în vederea cunoașterii comportării elementelor de zidărie simplă, armată și consolidată cu plase sub acțiunea încărcărilor statice, gravitaționale și orizontal-crescatoare și pentru compararea rezultatelor reale cu rezultatele încercărilor elementelor martor.

Capitolul este structurat pe trei subcapitole.

În prima parte este descrisă metodologia de încercare, principiul de încercare, caracteristicile standului experimental și a elementelor experimentale încercate.

În partea a doua a capitolului este prezentată desfășurarea încercărilor, modul de rupere a elementelor, precum și rezultatele înregistrate și sunt prezentate în imagini, diagrame, tabele și grafice sugestive.

În urma cercetărilor experimentale proprii, dar și preluate din literatură, se constată influența încărcărilor gravitaționale asupra capacității portante la încărcări orizontale.

În ultima parte se face un studiu comparativ al comportării elementelor martor și a elementelor consolidate cu plase.

Capitolul 6, intitulat **„ Contribuții la studiul teoretic al zidărilor consolidate și comparație cu încercările experimentale”** este structurat pe patru subcapitole.

În prima parte este prezentată determinarea pe cale experimentală a rezistențelor reale ale materialelor la compresiune și a modulului de elasticitate. Acest prim subcapitol este la rândul său alcătuit din două subcapitole. În prima parte este prezentată metoda experimentală a determinării rezistenței la compresiune a elementului de zidărie simplă și armată, iar în cel de-al doilea subcapitol rezistența de rupere a mortarului și armăturii.

În subcapitolul doi al capitolului 6 este determinată rezistența echivalentă la compresiune și întindere a zidăriei cămășuite.

În subcapitolul 3 este prezentat calculul teoretic al capacității portante a elementelor de zidărie și compararea cu rezultatele experimentale, calcul efectuat cu relațiile din MP001-96, prin intermediul programului CAZIN 31.

Ulimul subcapitol al capitolului 6 prezintă rezultatele concluzii comparative-teoretice și experimentale cu privire la rezultatele obținute.

În ultimul capitol al tezei, **capitolul 7**, sunt prezentate concluziile finale și contribuțiile personale la cunoașterea structurilor din zidărie, la elaborarea unei metode de verificare/dimensionare a consolidării diafragmelor izolate din zidărie avariate de sarcini orizontale.

1.4. Notății

1.4.1 Definiții

Introducerea codurilor românești în acord cu eurocodurile, iar în particular referitor la structurile din zidărie CR6 elaborat conform EUROCODE 6, pune problema și a definirii

Teză de doctorat	Contribuții la perfecționarea soluțiilor de consolidare aplicate clădirilor civile	27
------------------	--	----

tuturor termenilor de specialitate utilizați. În continuare se dă un “dicționar” al acestor termeni conform CR6 pentru noțiunile la care se face referire în prezenta lucrare.

- **Construcție:** Tot ce este construit sau care rezultă din procesul de construcție. Acest termen acoperă atât clădirile, cât și construcțiile civile. El se referă la construcția în întregime cuprinzând atât elementele structurale, cât și pe cele nestructurale.
- **Execuție:** Activitatea de executare a clădirilor sau a construcțiilor civile.
- **Structură:** Ansamblu realizat din elemente structurale legate între ele, proiectat să asigure o anumită rigiditate. Acest termen se referă la elemente portante.
- **Tip de clădire sau construcție civilă:** Tip de “construcție” desemnând destinația propusă, de exemplu: clădire de locuit, clădire industrială, pod rutier.
- **Tip de structură:** Tip structural desemnând configurația elementelor structurale, de exemplu: grindă, structură triunghiulară, arc, pod suspendat.
- **Material de construcție:** Un material utilizat în lucrări de construcție, de exemplu: beton, oțel, lemn, zidărie.
- **Tip de construcție:** Indicație privind materialul preponderent în structură, de exemplu: construcție din beton armat, construcție din oțel, construcție din lemn, construcție din zidărie.
- **Metodă de execuție:** Modul în care construcția va fi realizată, de exemplu, monolită, prefabricată, în consolă.
- **Sistem structural:** Un ansamblu de elemente structurale ale clădirii sau construcției civile și modul în care aceste elemente se presupune că vor lucra, în vederea modelării pentru calcul.
- **Zidărie:** Ansamblu realizat din corpuri de zidărie, așezate după reguli specificate și legate între ele cu mortar.
- **Zidărie simplă (nearmată):** Zidărie care nu conține suficientă armătură astfel încât să fie considerată zidărie armată.
- **Zidărie armată:** Zidăria în care sunt înglobate, în mortar sau beton, bare sau plase, de regulă din oțel, astfel încât toate materialele să participe împreună la capacitatea de rezistență.
- **Zidărie precomprimată:** Zidărie în care au fost induse intenționat eforturi interne de compresiune prin intermediul unor armături întinse.
- **Zidărie confinată:** Zidărie prevăzută cu elemente de confinare din beton armat sau din zidărie armată, pe direcție verticală și orizontală.
- **Țesere:** Dispunerea corpurilor de zidărie după anumite reguli, care să asigure conlucrarea acestora.
- **Rezistența caracteristică a zidăriei:** O valoare a rezistenței zidăriei ce are o probabilitate prescrisă de 5% de a nu fi realizată în ipoteza unui număr nelimitat de încercări. Această valoare corespunde, în general, fractilului specificat al unei distribuții statistice a proprietăților specifice ale unui material sau produs. În anumite situații se folosește drept valoare caracteristică o valoare nominală.
- **Rezistența la compresiune a zidăriei:** Valoarea rezistenței la compresiune a zidăriei neluând în considerare efectele de confinare produse de platanele presei, zveltețea elementelor și excentricitatea încărcărilor.
- **Rezistența la forfecare a zidăriei:** Rezistența zidăriei supuse la eforturi de forfecare.
- **Rezistența la încovoiere a zidăriei:** Rezistența zidăriei supuse la solicitarea de încovoiere pură.

Teză de doctorat	Contribuții la perfecționarea soluțiilor de consolidare aplicate clădirilor civile	28
------------------	--	----

- **Aderență:** Efectul prin care mortarul dezvoltă o rezistență la întindere la suprafața de contact cu blocurile de zidărie.
- **Corp de zidărie:** Element prefabricat, destinat utilizării la lucrări de zidărie.
- **Mortar de zidărie:** Amestec din unul sau mai mulți lianți anorganici, agregate și apă și uneori, aditivi și/sau alte amestecuri folosit în rosturile zidăriei.
- **Mortar de zidărie de uz curent:** Mortar de zidărie fără caracteristici speciale.
- **Beton pentru zidărie confinată și zidărie armată:** Beton utilizat pentru realizarea elementelor de confinare și umplerea unor goluri din corpurile speciale pentru zidărie armată.
- **Oțel pentru armături:** Armăturile din oțel destinate a fi utilizate împreună cu zidăria.
- **Armătura pentru rosturi:** Armătura din oțel fasonată pentru montarea ei în rosturile orizontale.
- **Rost orizontal:** Strat de mortar între fețele de pozare ale corpurilor de zidărie.
- **Rost transversal:** Rost de mortar perpendicular pe rostul orizontal și pe fața peretelui de zidărie.
- **Rost longitudinal:** Rost de mortar vertical în grosimea peretelui, paralel cu fața peretelui.
- **Rost subțire:** Rost realizat din mortar pentru rosturi suțiri.
- **Rostuire:** Mod de finisare a rostului în fațadă.
- **Refacerea rosturilor:** Mod de umplere și finisare a rosturilor, curățate în prealabil.
- **Perete portant:** Perete destinat în principal preluării unei încărcări impuse, suplimentare greutății sale proprii.
- **Perete simplu:** Perete fără gol sau rost vertical continuu în planul său.
- **Perete dublu:** Perete constituit din două ziduri paralele, cu rostul dintre ele umplut complet cu mortar și legate solidar cu dispozitive de legătură, astfel încât acestea să lucreze împreună sub efectul încărcărilor.
- **Perete dublu cu beton de umplutură:** Perete constituit din două ziduri paralele, cu spațiul dintre ele umplut cu beton legate solidar cu dispozitive de legătură sau cu armăturile din rosturile orizontale, pentru a asigura conlucrarea lor sub efectul încărcărilor (este utilizat în România sub denumirea de zidărie cu inimă armată – ZIA).
- **Perete din zidărie aparentă:** Perete realizat din corpuri de zidărie care rămân aparente pe una din fețe țesute cu corpuri de zidărie obișnuite pe cealaltă față și care conlucrează sub acțiunea încărcărilor.
- **Perete structural:** Perete capabil să reziste la forțe orizontale în planul său. Perete care participă la asigurarea capacității de rezistență și a stabilității, a rigidității și, după caz, a disipării energiei induse de acțiuni accidentale.
- **Perete de rigidizare:** Perete dispus perpendicular pe un alt perete, pentru a contribui la preluarea forțelor laterale sau a evita flambajul, asigurând astfel stabilitatea construcției.
- **Perete neportant:** Perete care se consideră că nu preia solicitări astfel încât poate fi suprimat fără să prejudicieze integritatea restului structurii.

1.4.2. Simboluri

În acest paragraf se prezintă simbolurile mărimilor ce intervin în calculul zidărilor prezentând în paralel notațiile noi adaptate la eurocoduri și pe cele din vechile normative și stas-uri la care se va renunța în viitor. Simbolurile vechi sunt de cele mai multe ori inițiale din

cuvinte românești iar simbolurile din normativele noi adaptate după normele europene reprezintă inițialele cuvintelor din limba engleză. În tabelul 1.4 sunt prezentate simbolurile unor mărimi ce se regăsesc în CR6 –“Cod de proiectare și execuție a structurilor din zidărie” [83] și la care se face referire în lucrarea de față.

Tabelul 1.4.

Simbol	Mărimă	Simbol vechi
A	aria peretelui;	A
A_m	aria zidăriei;	A_z
A_{ef}	arie (utilă) efectivă a peretelui;	A_{ef}
A_{mr}	aria zidăriei armate, incluzând umplutura de beton;	A_{za}
A_s	aria de armătură;	a_a
b	lățimea secțiunii;	b
b_{ef}	lățimea efectivă a unui element cu talpă;	b_i
C	clasa de rezistență la compresiune a betonului;	C
d	înălțimea efectivă a secțiunii;	l
E	modul de elasticitate;	E
E_s	modulul de elasticitate al armăturii;	E_a
e	excentricitate;	e
F	clasa de rezistență la încovoiere;	-
F_c	forța de calcul de compresiune din încovoiere în element;	-
F_s	forța de calcul de întindere în armătură;	-
f	rezistența la compresiune a zidăriei;	R_c
f_b	rezistența normalizată la compresiune a unui corp de zidărie;	R
f_c	rezistența la compresiune a betonului;	R_b
f_{cv}	rezistența la forfecare a betonului;	R_f
f_d	rezistența de calcul la compresiune a zidăriei;	R_c
f_m	rezistența medie la compresiune a mortarului;	R_m
f_{tk}	rezistența caracteristică la întindere a armăturii;	R_t
f_v	rezistența la forfecare a zidăriei;	R_f
f_{vd}	rezistența de calcul la forfecare a zidăriei;	R_f
f_{vk}	rezistența caracteristică la forfecare a zidăriei sau a betonului;	-
f_x	rezistența la încovoiere a zidăriei;	R_i
f_y	rezistența la curgere a armăturii;	R_a
G	modulul de elasticitate la forfecare;	G
H	înălțimea peretelui până la nivelul încărcării concentrate;	H
h	înălțimea liberă a peretelui (de asemenea h_1 sau h_2);	h
h_{ef}	înălțimea (de calcul) efectivă a peretelui;	-
h_m	înălțimea totală a secțiunii;	l

Introducere

h_{tot}	înălțimea totală a structurii;	H
I_n	momentul de inerție al ariei unui element	I
K	constantă referitoare la rezistența caracteristică la compresiune a zidăriei;	σ_c
L_{ef}	lungimea (de calcul) efectivă a peretelui;	L_c
l	deschiderea liberă a planșeului (de asemenea l_3 sau l_4);	l_0
l_b	lungimea de ancoraj a armăturii;	l_a
l_c	lungimea comprimată a peretelui;	x
l_{ef}	deschiderea (de calcul) efectivă a unui element;	l_c
M	clasa de rezistență la compresiune a mortarului;	M
M_d	moment încovoietor de calcul;	M
N	încărcarea verticală de calcul pe unitatea de lungime;	N
N_{Sd}	încărcarea verticală de calcul pe un perete;	N
S	clasa de plasticitate a betonului;	T
t	grosimea unui perete sau a unui strat de perete (de asemenea t_1 și t_2);	b
t_{ef}	grosimea de calcul (efectivă) a peretelui;	b_{ef}
V_{Rd}	capacitatea de rezistență de calcul la forfecare a zidăriei (de asemenea V_{Rd1});	T_{cf}
V_{Sd}	forța tăietoare de calcul;	T
δ	factor referitor la înălțimea și lățimea corpurilor de zidărie;	-
ϵ_m	deformația specifică în zidărie;	ϵ
ϵ_s	deformația specifică în armătură;	ϵ_a
ϵ_{uk}	valoarea caracteristică a alungirii unitare la efortul maxim de întindere în armătură;	-
ϵ	deformație specifică;	ϵ
σ	efortul unitar normal;	σ
σ_d	efortul unitar de calcul vertical de compresiune;	σ_0
Φ	diametrul armăturii;	ϕ

Până la încetățenirea definitivă a noilor notații se vor folosi cu siguranță încă multă vreme vechile notații.

În tabelul 1.5 este dată lista cu semnificația simbolurilor utilizate în calculul zidărilor la încărcări orizontale conform MP001-96 și preluate în metoda propusă de verificare a structurilor la seism din capitolul 5.

Tabelul 1.5.

„F”	STADIUL FISURARE – stadiul de deformație corespunzător anulării efortului de compresiune în una din fibrele extreme ale secțiunii elementului
„C”	STADIUL CURGERE – stadiul de deformație corespunzător atingerii rezistenței la compresiune a zidăriei și a deformației specifice de curgere la compresiune în fibra extremă cea mai

Introducere

	comprimată
„U”	STADIUL ULTIM - stadiul de deformație corespunzător atingerii deformației specifice limită la compresiune în ipoteza unei distribuții elasto-plastice a eforturilor de compresiune
σ_0	efortul de compresiune mediu din încărcări gravitaționale = N/A_{TOT}
$T_{0, cap, F}$	efortul tangențial nominal capabil în stadiul „FISURARE” corespunzător ruperii în secțiuni înclinate
$T_{0, cap, C}$	efortul tangențial nominal capabil în stadiul „CURGERE”
$T_{0, cap, U}$	efortul tangențial nominal capabil în stadiul „ULTIM”
$T_{0, asoc, F}$	efortul tangențial nominal asociat capacității de rezistență la încovoiere în stadiul „FISURARE”
$T_{0, asoc, C}$	efortul tangențial nominal asociat capacității de rezistență la încovoiere în stadiul „CURGERE”
$T_{0, asoc, U}$	efortul tangențial nominal asociat capacității de rezistență la încovoiere în stadiul „ULTIM”
$Q_{cap, F}$	forța tăietoare asociată fisurării din eforturi principale de întindere în secțiune înclinată în stadiul „FISURARE”
$Q_{cap, C}$	forța tăietoare asociată fisurării din eforturi principale de întindere în secțiune înclinată în stadiul „CURGERE”
$Q_{cap, U}$	forța tăietoare asociată fisurării din eforturi principale de întindere în secțiune înclinată în stadiul „ULTIM”
$Q_{asoc, F}$	forța tăietoare asociată fisurării la bază din moment încovoietor, în stadiul „FISURARE”
$Q_{asoc, C}$	forța tăietoare asociată capacității de rezistență la compresiune excentrică în stadiul „CURGERE”
$Q_{asoc, U}$	forța tăietoare asociată capacității de rezistență la compresiune excentrică în stadiul „ULTIM”
R_c	rezistența la compresiune axială
R_2	rezistența la eforturi principale de întindere
R_m	rezistența la întindere din încovoiere
R_i	rezistența la întindere centrică
R_t	rezistența la efort tangențial în rost orizontal
H	înălțimea montantului deasupra secțiunii calculate sau a șpaletului de zidărie
D	lungimea secțiunii montantului sau șpaletului
λ	H/D raportul dintre înălțimea și lungimea secțiunii elementului
Z	distanța de la punctul de aplicație al rezultantei acțiunii seismice la baza elementului
β	Z/H
b	grosimea secțiunii elementului
$\epsilon_{0, F}$	$e_{0, F}/D$ excentricitate adimensională a efortului de compresiune în stadiul „FISURARE”
$\epsilon_{0, C}$	$e_{0, C}/D$ excentricitate adimensională a efortului de compresiune în stadiul „CURGERE”
$\epsilon_{0, U}$	$e_{0, U}/D$ excentricitate adimensională a efortului de compresiune în

	stadiul „ULTIM”
$e_{0(F, C, U)}$	distanța de la centrul de greutate al secțiunii la punctul de aplicație a forței axiale la baza profilului pentru fiecare nivel
ϵ_F	deformația specifică de compresiune în stadiul „FISURARE”
ϵ_C	deformația specifică de compresiune în stadiul „CURGERE”
ϵ_U	deformația specifică de compresiune în stadiul „ULTIM”
α	ϵ_C / ϵ_U
t	grosimea tălpii pentru secțiuni cu talpă
b_t	lățimea tălpii
A_T	aria tălpii
A_i	aria inimii
t_1, t_2	grosimea tălpilor pentru secțiuni cu două tălpi
b_{t1}, b_{t2}	lățimea tălpilor pentru secțiuni cu două tălpi
A_{T1}, A_{T2}	ariile tălpilor secțiuni cu două tălpi

În metoda propusă de verificare a structurilor la seism se introduc și următoarele notații în plus față de cele de mai sus:

Tabelul 1.6.

ζ_{max}	efortul tangențial capabil maxim
ζ_c	efortul tangențial capabil
Q_{cap}	forța tăietoare capabilă
G	greutatea construcției
F	forța seismică de proiectare
c	coeficientul seismic global
β_x, β_y	coeficienți de distribuție a încărcărilor verticale pe cele două direcții de calcul x și y
α_x, α_y	coeficienții globali de distribuție a greutateii construcției pe cele două direcții de calcul x și y

CAPITOLUL 2

SISTEME DE ALCĂTUIRE ALE STRUCTURILOR CU PEREȚI STRUCTURALI DIN ZIDĂRIE

2.1. Considerații privind alcătuirea structurilor cu pereți structurali la noi în țară și în străinătate. Particularități pentru zone seismice

2.1.1. Alcătuirea de ansamblu și forma structurii

La amplasarea și alcătuirea de ansamblu a structurilor din zidărie portantă se va ține seama de prevederile "Normativului P 100-92", precum și de prevederile normativelor P2-85, respectiv MP001-96.

Structurile din zidărie portantă trebuie concepute ca sisteme spațiale, alcătuite din pereți dispuși, de regulă, după două direcții ortogonale și diafragme (șaibe) orizontale realizate de planșeele clădirilor.

Se aleg de preferință construcții cu forme în plan regulate, compacte și simetrice din punctul de vedere al distribuției în plan a maselor, rigidităților și capacităților de rezistență ale elementelor structurale, în vederea limitării efectelor defavorabile de torsiune generală, provocate de acțiunea seismică.

În vederea obținerii unei comportări corespunzătoare a structurilor sub acțiunea seismică, se urmărește asigurarea unei variații cât mai uniforme pe verticală a rigidităților și capacităților de rezistență, atât a ansamblului structurii, cât și a elementelor structurale componente. Se evită alcătuirii structurale cu rigidități și capacități de rezistență mai reduse la un nivel inferior față de cele superioare.

Clădirile cu forme neregulate în plan, de exemplu cele în formă de L, T, U, precum și cele cu zone având înălțimi, mase sau rigidități diferite, se vor separa prin rosturi în tronsoane de forme apropiate de dreptunghi (fig.2.1.). Se admit și forme în plan diferite de dreptunghi, de preferință simetrice.

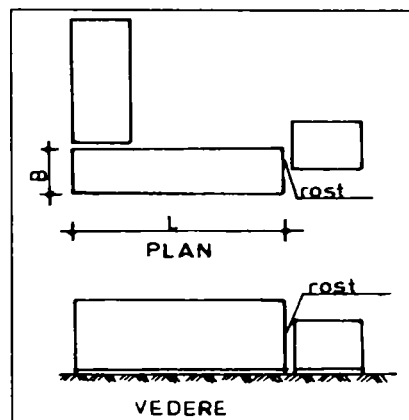


Figura 2.1. Fragmentarea prin rosturi a clădirilor

În cazul în care condițiile funcționale impun forme nesimetrice, dimensiunile în plan ale porțiunilor ieșinde față de formă dreptunghiulară se determină din condiția de limitare a efectului torsiunii generale. Se respectă în acest sens prevederile din "Normativul P 100-92".

Alcătuirea planșeelor va asigura de regulă realizarea unor șaibe (diafragme) orizontale cât mai rigide pentru asigurarea conlucrării spațiale a elementelor structurale sub acțiunea sarcinilor seismice.

În cazul în care alcătuirea constructivă a planșeelor nu conduce la realizarea unor șaibe orizontale rigide, repartiția sarcinilor orizontale seismice la elementele verticale structurale se va face ținând seama de deformabilitatea planșeelor și de prevederile din Normativul MP001-96.

Infrastructura va fi alcătuită astfel încât să formeze un sistem rigid, capabil să transmită la teren încărcările gravitaționale seismice ale terenului.

Capacitatea de rezistență a elementelor structurale din zidărie se poate spori după necesități prin :

- Prevederea de materiale (cărămidă sau bloc și mortare) de mărci superioare ;
- Îngroșarea unor pereți structurali în limite raționale ;
- Înglobarea în zidărie a unor elemente de beton armat monolit, verticale și orizontale (stâlpișori și centuri), solidarizate cu zidăria (confinarea zidăriei) ;
- Armarea zidăriei.

2.1.2. Dimensiunile tronsoanelor de clădiri

Clădirile din zidărie portantă având dimensiuni mari în plan, cu forme neregulate sau cu zone având înălțimi, mase sau rigidități diferite se vor separa în tronsoane prin rosturi.

Lungimile tronsoanelor de clădiri se determină în funcție de :

- Tipul planșeului ;
- Gradul de protecție antiseismică ;
- Natura terenului de fundare.

Lungimile maxime admise ale tronsoanelor, în funcție de tipul planșeului și de gradul de protecție antiseismică, pentru clădiri fondate pe terenuri normale sunt date în tabelul 2.1.

La construcțiile fondate pe terenuri slabe, lungimile tronsoanelor se stabilesc în conformitate cu prevederile „Normativului P7-77”, iar cele fondate pe pământuri cu umflături și construcții mari (pământuri contractile) în conformitate cu „Instrucțiunile tehnice P 70-79”.

Tabelul 2.1.

Lungimi maxime pentru tronsoane (m)

Tipul de planșeu	Grad de protecție antiseismică			
	6	7	8	9
Planșeu monolit sau prefabricat cu suprabetonare	50	50	50	40
Panouri sau semipanouri prefabricate monolitizate	60	60	50	40
Fâșii prefabricate cu bucle monolitizate	60	50	50	-
Fâșii prefabricate fără bucle, grinzi cu corpuri de umplutură fără suprabetonare	60	50	-	-

Înălțimea clădirii și numărul maxim de niveluri sunt prezentate în tabelul 2.2.

Tabelul 2.2.
Înălțimea și numărul maxim de niveluri

Gradul de protecție antiseismic	Înălțimea (H) în m și numărul de niveluri (n) pe categorii de structuri				
	Tip fagure		Tip celular		Tip sala H
	H	N	H	n	
6	15	5	15	4(5)	12
7	15	5	12	3(4)	10
8	12	4	10	3	8
9	9	3	7	2	-

2.1.3. Rosturi dintre tronsoane

Funcție de rolul pe care îl îndeplinesc, rosturile dintre tronsoanele de clădiri pot fi :

- rosturi de tasare ;
- rosturi de dilatare-contrație ;
- rosturi antiseismice.

De regulă, rosturile dintre tronsoane cumulează două sau chiar toate funcțiile de mai sus și se vor realiza prin dublarea pereților tronsoanelor alăturate, fiecare având grosimea de cel puțin o cărămidă. Se vor evita rosturile șicanate.

Rosturile de tasare au rolul de limitare a influenței eventualelor tasări neuniforme ale terenului de fundare asupra structurii de rezistență a clădirii. Ele separă atât suprastructura, cât și infrastructura celor două tronsoane alăturate.

În cazul clădirilor fundate pe terenuri slabe (sensibile la umezire etc.), stabilirea lățimii rosturilor de tasare se va face ținând seama de valorile maxime probabile ale tasărilor tronsoanelor alăturate, calculate în conformitate cu prescripțiile tehnice specifice (P 7-77, P 70-79).

Rosturile de dilatare-contrație au rolul de a împărți construcțiile în tronsoane cu lungimi moderate (vezi paragraful 2.1.2), cu scopul de a nu introduce în structură eforturi mari, necontrolate, provenite din dilatarea sau contrația acesteia.

Rosturile antiseismice se prevăd cu scopul de a separa între ele tronsoanele de clădiri cu caracteristici dinamice diferite, permițându-le să oscileze independent sub acțiunea mișcărilor seismice ale terenului.

Dimensionarea rosturilor antiseismice se va face conform prevederilor "Normativului P 100-92".

Rosturile antiseismice se pot opri la nivelul pardoselii parterului sau subsolului, în cazul când acestea nu îndeplinesc și funcția de rosturi de tasare.

2.1.4. Categoriile de pereți și structuri

Funcție de rolul pe care-l îndeplinesc în clădire, pereții din zidărie pot fi :

- pereți structurali portanți, cu rolul de a prelua sarcini verticale și orizontale ;

Teză de doctorat	Contribuții la perfecționarea soluțiilor de consolidare aplicate clădirilor civile	36
------------------	--	----

- pereți structurali de contravântuire, cu rolul de a prelua sarcinile orizontale și greutatea lor proprie ;
- pereți nestructurali, ce îndeplinesc numai un rol de compartimentare a volumului clădirii. Greutatea lor este preluată prin intermediul planșelor de pereții structurali portanți.

În raport cu modul de dispunere a pereților structurali, se disting 3 categorii caracteristice de structuri, definite după cum urmează :

- a) structuri de tip fagure sau cu compartimentare deasă, sunt acelea la care distanțele dintre pereții structurali sunt de max. 5m, suprafața în plan delimitată de pereții structurali de până la 25m², iar înălțimea nivelului până la 3m (fig.2.2.a) ;
- b) structuri de tip celular sau cu compartimentare rară, la care distanțele dintre pereții structurali sunt de 6..9m, iar suprafețele delimitate de aceștia sunt de până la 75m² (fig.2.2.b) ; înălțimea nivelului poate depăși 3m ;
- c) structurile de tip sală, la care distanțele dintre pereții structurali sunt cuprinse între 9 și 18m, iar înălțimea de nivel depășește de regulă 4m (fig.2.2.c).

În cadrul fiecărei categorii de mai sus vor fi preferate structurile având pereți structurali portanți pe ambele direcții ortogonale ale clădirii. În cazul utilizării planșelor cu descărcare pe o singură direcție, dimensionarea pereților structurali de contravântuire, paraleli cu direcția de descărcare, se va face ținând seama de sarcinile verticale reale ce le revin.

În cazul în care sunt necesare spații libere mai mari la parter se recomandă utilizarea structurilor de tip celular.

Pereții structurali poziționați de regulă după două direcții ortogonale conlucrează între ei sub acțiunea încărcărilor, se rigidizează reciproc, intersecțiile lor constituind " puncte fixe" favorabile asigurării stabilității pereților de pe ambele direcții.

Distanțele maxime admise între pereții structurali pentru fiecare din cele două direcții, în funcție de tipul planșei, gradul de protecție antiseismică și de înălțimea construcției, sunt date în tabelul 2.3. (fig. 2.3.).

La elaborarea proiectelor de arhitectură și de structură, în vederea alcătuirii judicioase a structurii și utilizării elementelor prefabricate tipizate de mare serie pentru planșee, scări etc., precum și a cofrajelor de inventar se va urmări :

- conceperea unor moduli funcționali și constructivi repetabili și asamblabili în tronsoane de clădiri ;
- alcătuirea unor partiuri simetrice și evitarea utilizării tronsoanelor cu disimetrii pronunțate ;
- folosirea unui număr cât mai redus de tipuri de travei și deschideri ;
- modularea traveilor și deschiderilor pe baza modulului de 30 cm ; pentru dimensiuni mai mari de 4,20 m se recomandă folosirea modulului de 60 cm ;
- asigurarea continuității în plan în sens transversal și longitudinal și pe înălțime a pereților structurali ;
- evitarea fracționării și slăbirii excesive a pereților structurali prin goluri numeroase de uși și ferestre ;
- plasarea golurilor de uși și ferestre în aceeași poziție la toate nivelurile structurii.

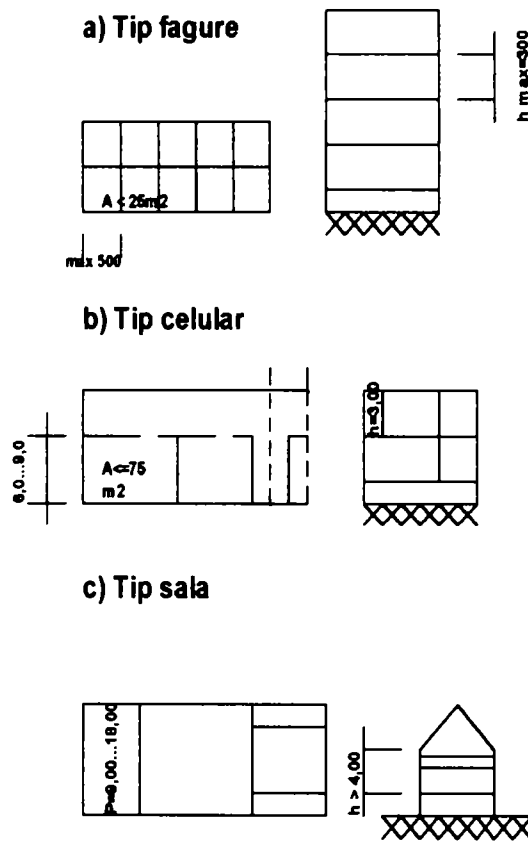


Figura. 2.2.

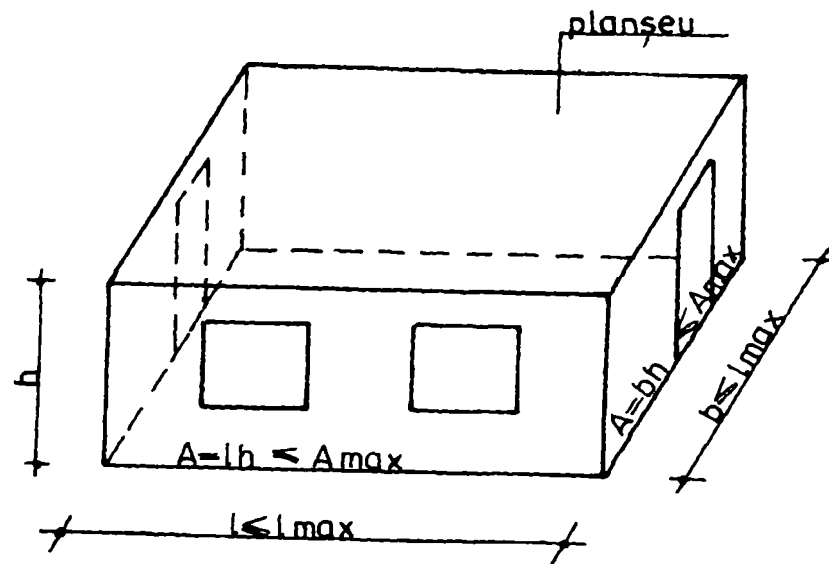


Figura 2.3. Distanțe dintre pereții de rigidizare

Sisteme de alcătuire ale structurilor cu pereți structurali din zidărie

Tabelul 2.3.
Distanța maximă admisă între pereții structurali și aria maximă a panourilor de pereți

Tipul planșeului	Înălțimea maximă a construcției (m)	Număr maxim nivele (n)	Distanța maximă l_{max} (m) / aria maximă $A_{max} = l \cdot h$ (m ²) pentru gradul de protecție antiseismică			
			6	7	8	9
a , b	4	1	14/18	12/40	10/36	8/28
	9	3	12/42	12/36	10/32	6/18
	16	5	12/36	10/32	-	-
c	4	1	12/40	10/36	8/28	-
	9	3	10/36	10/32	6/21	-
	15	5	10/32	8/28	-	-
d	4	1	8/30	6/21	-	-
	9	3	8/24	6/18	-	-
	15	5	6/18	-	-	-

Din punct de vedere al protecției antiseismice, planșeele se pot clasifica în funcție de rigiditatea în planul lor și de modul de rezemare, în următoarele categorii :

- Tip a – beton armat monolit sau din elemente prefabricate cu suprabetonare continuă de minim 4cm grosime ;
- Tip b – panouri sau semipanouri prefabricate din beton armat, îmbinate pe toate 4 laturile cu bare sudate sau bucle și prin monolitizare ;
- Tip c – prefabricate din beton de tip fâșie, având bare sau bucle de legătură la extremități ;
- Tip d – prefabricate de tip grinzișoare din beton armat și corpuri de umplură, fără suprabetonare sau fâșii fără bare sau bucle de legătură la extremități.

2.1.5. Alcătuirea și conformarea de ansamblu a structurilor cu pereți structurali din zidărie simplă

Clădirile cu pereți structurali din zidărie nearmată sunt acelea la care pereții nu sunt întăriți cu stâlpișori din beton armat monolit sau cu armături dispuse în masa zidăriei sub diferite alcătuiuri. În afară de pereții structurali, care au atât rol portant (gravitațional) cât și antiseismic, sistemul structural poate include și stâlpi numai cu rol portant. În toate cazurile, la clădirile noi este obligatorie dispunerea centurilor din beton armat monolit.

Planșeele acestor clădiri trebuiesc de regulă realizate din beton armat monolit sau din elementele prefabricate monolitizate, pentru realizarea efectului de diafragmă pe fiecare nivel al clădirii.

La unele clădiri existente din zidărie nearmată, există și planșee din lemn sau planșee prefabricate fără monolitizări. La proiectarea clădirilor noi se permite, în condiții de limitare a numărului de nivele, folosirea de planșee fără rol de diafragmă.

Teză de doctorat	Contribuții la perfecționarea soluțiilor de consolidare aplicate clădirilor civile	39
------------------	--	----

Conform CR6-2003 (sub tipar), se prevede în zonele seismice ca în planul peretelui să fie prevăzute grinzi orizontale din beton (centuri) sau, ca soluție alternativă, tiranți metalici la nivelul fiecărui planșeu, la distanțe ce nu depășesc 4,0m. Acești tiranți sau aceste grinzi trebuie să constituie elemente continue de contur, legate unele de altele pe întregul perimetru exterior al clădirii.

O altă cerință impusă de CR6 în zonele seismice cu $a_g \geq 0,30$ g o reprezintă neacceptarea zidăriei simple pentru clădirile cu mai mult de 2 niveluri.

Cea de-a treia cerință se referă la grinzile orizontale (centurile) din beton, care vor avea armătura longitudinală cu secțiunea de cel puțin 200mm.

2.1.6. Alcătuirea și conformarea de ansamblu a structurilor cu zidărie confinată

În conformitate cu prevederile din CR6-2003 (în apariție), elementele orizontale (centurile) și verticale (stâlpișorii) de confinare trebuie să fie legate unele de altele și să fie ancorate de sistemul structural principal.

În vederea obținerii unei aderențe bune între elementele de confinare și cele de zidărie, betonul elementelor de confinare trebuie turnat după ce a fost executată zidăria.

Suprafața secțiunii transversale a elementelor de confinare, atât verticale cât și orizontale, trebuie să fie mai mare de $150 \times 150 \text{ mm}^2$.

Elementele verticale de confinare (stâlpișorii) vor fi prevăzute în următoarele poziții:

- La intersecțiile pereților structurali ori de câte ori elementele de mărginire se află la distanțe mai mari de 1,5m;
- La marginile libere ale fiecărui element de perete structural;
- La ambele părți ale oricărui gol în perete, care are suprafața mai mare de $1,5 \text{ m}^2$;
- În interiorul peretelui dacă este necesar, pentru a nu depăși distanța de 5m între două elemente de margine.

Continuitatea armăturilor trebuie să fie realizată prin suprapunerea barelor pe o lungime de 60 diametre.

Elementele de confinare (centurile) trebuie să fie dispuse în planul peretelui la nivelul fiecărui planșeu și la distanțe pe verticală ce nu depășesc 4,0 m.

În fiecare element de confinare (vertical și orizontal), secțiunea de armătură (longitudinală) va fi mai mare de 300 mm^2 . Aceste armături vor fi legate cu etrieri dispuși la distanțe egale.

2.1.7. Alcătuirea și conformarea structurilor din zidărie armată

Pentru zidăria armată, codul CR6 prevede următoarele cerințe:

- Armătura orizontală trebuie să fie dispusă în rosturile orizontale sau în caneluri speciale, prevăzute în blocurile de zidărie, la distanțe pe verticală de cel mult 60cm;
- Armăturile pentru buiandrugii și parapetei vor fi așezate în blocuri cu șanțuri speciale;
- La marginile peretelui vor fi dispuse armături din oțel cu diametru de cel puțin 4mm, îndoite în jurul barelor verticale;
- Procentul minim al armăturilor orizontale, raportat la aria totală a secțiunii, va fi de cel puțin 0,05%;

Teză de doctorat	Contribuții la perfecționarea soluțiilor de consolidare aplicate clădirilor civile	40
------------------	--	----

- Se va evita folosirea procentelor ridicate de armături longitudinale, care vor duce la ruperea la compresiune a blocurilor înainte de curgerea armăturilor;
- Procentul minim al armăturilor verticale raportat la aria totală a secțiunii va fi de cel puțin 0,10% ;
- Armăturile verticale trebuie dispuse în goluri speciale, prevăzute în corpurile de zidărie;
- Buiandrugii și parapeții trebuie să fie țesuți continuu de zidăria pereților alăturați și legați de aceștia prin armături orizontale;
- Armăturile verticale cu secțiunea de cel puțin 300 mm² vor fi dispuse în următoarele poziții:
 - la fiecare intersecție de pereți;
 - la ambele capete libere ale fiecărui element de perete;
 - în interiorul peretelui, astfel încât să nu se depășească distanța de 5m între aceste armături.

2.1.8. Alcătuirea și conformarea structurilor în zone seismice

În conformitate cu P100 în apariție (revizuire P100-1992), construcțiile cu pereți structurali de zidărie vor fi alcătuite astfel încât să se realizeze o structură spațială, alcătuită din:

- pereți structurali dispuși pe cel puțin două direcții ortogonale;
- planșee care formează șaiba rigidă în plan orizontal.

Legăturile dintre pereții structurali se realizează prin:

- țesere la colțuri, intersecții și ramificații și armături în rosturi orizontale;
- stâlpișori de beton armat, plasați la colțuri, intersecții și ramificații.

Legătura între planșee și pereți se realizează prin:

- pentru zidăria nearmată: centuri de beton armat turnate pe toți pereții;
- pentru zidăria confinată: ancorarea armăturilor din stâlpișori în sistemul de centuri;
- pentru zidăria cu inimă plină: ancorarea armăturilor din stratul median în sistemul de centuri.

2.1.8.1. Alcătuirea pereților structurali

Pereții structurali care alcătuiesc o structură de zidărie sunt de două categorii:

- pereți izolați (montanți), cu schema statică de consolă;
- pereți cuplați (cu goluri de uși sau ferestre), constituiți din montanți legați între ei la nivelul fiecărui planșeu prin grinzi de cuplare de beton armat.

Pereții de zidărie ce nu îndeplinesc condițiile de mai sus vor fi considerați pereți nestructurali.

Teză de doctorat	Contribuții la perfecționarea soluțiilor de consolidare aplicate clădirilor civile	41
------------------	--	----

Structurile construcțiilor etajate de zidărie se clasifică în funcție de distanțele maxime între pereții structurali și de aria maximă a celulei formate de pereții dispuși pe cele două direcții principale în două categorii:

- structuri cu pereții deși (sistem fagure), cu înălțimea de nivel mai mică sau egală cu 3,20m, având:
 - distanțele maxime între pereți pe cele două direcții principale $\leq 5,00\text{m}$;
 - aria celulei pe cele două direcții principale $\leq 25,0\text{m}^2$.
- structuri cu pereții rari (sistem celular), cu înălțimea de nivel $\leq 4,00\text{m}$, având:
 - distanțele maxime între pereți pe cele două direcții principale $\leq 9,00\text{m}$;
 - aria celulei formată de pereții de pe cele două direcții principale $\leq 75,00\text{m}^2$.

Structurile construcțiilor tip „sală”, „hală”, cu deschideri mici, au de obicei următorii parametrii geometrici:

- distanțele maxime între pereți $\leq 18,00\text{m}$;
- înălțimea de nivel $\leq 9,00\text{m}$.

Planșeele intermediare, parțiale ale construcțiilor tip „sală”, „hală”, vor avea structură verticală proprie, independentă de structura ce susține acoperișul construcției principale. În cazul în care această condiție nu poate fi îndeplinită, zona cu planșee intermediare va fi separată prin rost de restul construcției.

Valorile minime ale ariilor nete de zidărie pe ambele direcții principale se vor stabili în funcție de tipul zidăriei, zona seismică și numărul de niveluri al construcției.

Lungimea minimă a șpaletilor adiacenți golurilor de uși și ferestre se stabilește în funcție de înălțimea cea mai mare a golurilor adiacente sau de grosimea peretelui, în felul următor:

- pentru zidăria nearmată:
 - șpaletii marginali la pereți de fațadă și interiori: $l_{\min}=0,6h_{\text{gol}} \geq 1,20\text{m}$;
 - șpaletii intermediari la pereți de fațadă și interiori: $l_{\min}=0,5h_{\text{gol}} \geq 1,00\text{m}$.
- pentru zidăria confinată:
 - șpaletii marginali la pereți de fațadă și interiori: $l_{\min}=0,5h_{\text{gol}} \geq 1,00\text{m}$;
 - șpaletii intermediari la pereți de fațadă și interiori: $l_{\min}=0,4h_{\text{gol}} \geq 0,80\text{m}$.
- pentru zidăria armată:
 - $l_{\min} = 3t$, unde t - grosimea peretelui.

În cazul în care lungimile de mai sus nu pot fi respectate, se vor introduce stâlpișori de beton armat.

Grosimea minimă a pereților structurali de zidărie de toate tipurile va fi de 240mm (dimensiunea standardizată 25cm).

Valoarea raportului între înălțimea efectivă a peretelui (h_{ef}) și grosimea efectivă a acestuia (t_{ef}), determinată conform CR6, indiferent de zona seismică și de numărul de niveluri al construcției, este următorul:

- pentru zidăria nearmată: $h_{\text{ef}}/t_{\text{ef}} \leq 12$;
- pentru zidăria confinată și armată : $h_{\text{ef}}/t_{\text{ef}} \leq 15$.

Teză de doctorat	Contribuții la perfecționarea soluțiilor de consolidare aplicate clădirilor civile	42
------------------	--	----

Golurile pentru uși și ferestre vor fi amplasate în aceeași poziție la toate nivelurile construcției.

Nu se admite ca secțiunea orizontală a pereților structurali să fie slăbită prin:

- goluri verticale pentru coșurile de fum sau ventilație;
- șlițuri orizontale sau oblice pentru instalații.

În cazul în care se prevăd șlițuri verticale executate prin zidărie, adâncimea acestora va fi \leq cu $\frac{1}{2}$ din grosimea peretelui.

Se acceptă executarea doar prin frezare a șlițurilor verticale sau oblice cu adâncimea de maxim 2,0cm pentru instalații electrice, fără a afecta barele longitudinale din centuri.

2.1.8.2. Alcătuirea planșeelor

În conformitate cu P100 redactarea I-a (P100-92 în revizuire), planșeele construcțiilor cu pereți structurali sunt clasificate în două categorii:

- planșee rigide în plan orizontal;
- planșee fără rigiditate în plan orizontal.

Următoarele categorii de planșee sunt considerate rigide în plan orizontal:

- planșee de beton armat monolit sau predale cu suprabetonare continuă cu grosimea mai mare de 6,0cm, armată cu plasă de oțel beton cu aria $\geq 2,0\text{cm}^2/\text{m}$;
- planșee din panouri prefabricate din beton armat îmbinate pe contur cu piese metalice sudate, bucle de hotel beton și beton de monolitizare;
- planșee executate din prefabricate de tip fâșie, cu bare de legătură la extremități și cu suprabetonare continuă, cu grosime $\geq 6,0\text{cm}$, armată cu plasă din oțel beton cu aria $\geq 2,0\text{cm}^2/\text{m}$.

Următoarele categorii de planșee sunt considerate fără rigiditate în plan orizontal:

- planșee din fâșii prefabricate cu bare de legătură la extremități, fără suprabetonare armată sau cu șapa nearmată cu grosimea $\leq 3,0\text{cm}$;
- planșee din prefabricate de mici dimensiuni, cu suprabetonare armată;
- planșee din lemn.

Planșeele fără rigiditate în plan orizontal nu sunt acceptate pentru zonele A+F.

Planșeele fără rigiditate în plan orizontal pot fi folosite numai pentru:

- toate planșeele construcțiilor cu maxim 3 niveluri (P+2E), din clasele de importanță III și IV în zona seismică G;
- planșeul peste ultimul nivel al construcțiilor cu maxim 2 niveluri (P+1E), din clasa de importanță IV în zonele seismice E și F.

Fața superioară a planșeului va avea aceeași cotă de nivel pe toată suprafața construcției. În mod excepțional, pot fi acceptate decalări ale feței superioare a planșeului mai mici decât înălțimea curentă a centurilor (20-30cm).

În cazul construcțiilor fără subsol situate în zonele seismice A+E, placa suport a pardoselii de la parter se va executa din beton armat, legată cu centurile de la partea superioară a soclurilor. Planșeele nivelurilor supraterane pot fi executate din grinzi și podina din lemn.

Teză de doctorat	Contribuții la perfecționarea soluțiilor de consolidare aplicate clădirilor civile	43
------------------	--	----

În cazul construcțiilor cu subsol, placa planșeului peste subsol va avea aceeași grosime cu plăcile etajelor supraterane.

2.1.8.3. Alcătuirea fundațiilor pereților structurali

Fundațiile pereților structurali vor fi de tip „talpă continuă”. Tălpile de fundație pot fi realizate din beton simplu sau beton armat. În cazul construcțiilor fără subsol, fundațiile vor fi axate față de pereții structurali.

2.1.8.4. Alcătuirea pereților de subsol

Pereții de subsol vor fi dispuși axat sub toți pereții structurali din parter. Aceștia se realizează de regulă din beton armat. Amplasarea golurilor de uși și ferestre în pereții de subsol va fi făcută astfel încât să nu se creeze zone slăbite în perete.

În cazul în care pereții de subsol sunt executați din beton simplu, peretele de subsol va fi prevăzut cu două centuri: la baza peretelui și la nivelul planșeului peste subsol. Mustățile pentru elementele de suprastructură (stâlpișori) vor fi ancorate în centura inferioară a peretelui sau vor fi înădite cu mustățile din talpa de fundare.

2.1.8.5. Alcătuirea soclurilor

În cazul construcțiilor fără subsol, soclul va fi axat față de pereții structurali. Lățimea soclului va fi cel puțin egală cu grosimea peretelui de la parter. Se admite o retragere de maxim 5cm a feței exterioare a soclului, în raport cu planul zidăriei de la parter. Soclul se va executa din beton armat. Se poate executa și din beton simplu, în cazul amplasamentelor cu teren normal de fundare, pentru construcții de importanță III, cu regim de înălțime $\leq P+2E$ în zonele seismice E+G, precum și pentru construcțiile din clasa de importanță IV în toate zonele seismice.

În cazurile amintite mai sus, în socluri, la nivelul pardoselii parterului se va prevedea un sistem de centuri, care formează contururi închise. În cazul în care înălțimea soclului peste nivelul tălpii de fundare este $\geq 1,50m$ se va prevedea și o centură la baza soclului cu aceeași armatură ca și centura de la nivelul pardoselii. Centurile nu vor fi întrerupte de golurile pentru instalații.

2.1.8.6. Alcătuirea centurilor

Centurile vor fi continue pe toata lungimea peretelui și vor alcătui contururi închise. La colțurile, intersecțiile și ramificațiile pereților structurali se va asigura legătura monolită a centurilor amplasate pe cele doua direcții, iar continuitatea armăturilor va fi realizată prin ancorarea barelor longitudinale în centurile perpendiculare pe o lungime de 60Φ .

Centurile vor fi prevăzute în următoarele poziții:

- la nivelul fiecărui planșeu al construcției, inclusiv în cazul în care ultimul planșeu este realizat din grinzi și podină;
- în poziție intermediară la construcțiile etajate cu pereți rari (sistem celular) și la construcțiile tip „sală” sau „hală”, ale căror pereți structurali au înălțimea mai mare de 3,20m în zonele seismice A+D sau mai mare de 4,00m în zonele seismice E+G.

Teză de doctorat	Contribuții la perfecționarea soluțiilor de consolidare aplicate clădirilor civile	44
------------------	--	----

Centurile de la nivelul planșeelor curente și de acoperiș ale construcțiilor din zonele seismice A+D nu vor fi întrerupte de goluri.

Pentru construcțiile din zonele seismice E+G, se acceptă să se întrerupă:

- centura planșeului curent în dreptul casei scării, cu condiția să se prevadă doi stâlpișori de beton armat la marginea golurilor și o centură –buiandrug - la podestul intermediar, legată de cei 2 stâlpișori;
- centura zidului de la mansardă în dreptul lucarnelor, cu condiția să se prevadă 2 stâlpișori de beton armat monolit la marginea golurilor cu armăturile longitudinale ancorate în centura planșeului inferior și o centură peste parapetul de zidărie al ferestrei legată de cei 2 stâlpișori.

Secțiunea transversală a centurilor trebuie să respecte următoarele condiții minime:

- aria secțiunii transversale $\geq 500\text{cm}^2$ (25x20cm);
- lățimea minimă $\geq 25\text{cm}$;
- înălțimea minimă 20cm.

Pentru armarea centurilor se vor respecta următoarele condiții:

- procentul minim de armare longitudinală va fi:
 - 1% pentru zonele seismice A+D;
 - 0,8% pentru zonele seismice E+G.
- diametrul barelor longitudinale va fi $\geq 10\text{mm}$;
- armarea transversală $\geq \Phi 6/15\text{cm}$ în câmp curent și $\Phi 6/10\text{cm}$ pe lungimea de înădire.

Înădirea barelor longitudinale din centuri se va face prin suprapunere fără cârlige pe o lungime de 60Φ . Secțiunile de înădire vor fi decalate cu 1,00m într-o secțiune și se vor înădi cel mult 50% din barele centurii.

2.1.8.7. Alcătuirea stâlpișorilor

Stâlpișorii din beton armat vor fi prevăzuți în următoarele situații:

- la capetele libere ale fiecărui perete;
- la ambele părți ale oricărui gol cu o suprafață $\geq 1,5\text{m}^2$;
- la toate colțurile de pe conturul construcției;
- în lungul peretelui, astfel încât distanța dintre stâlpișori să nu depășească 4,0m;
- la intersecțiile pereților, dacă cel mai apropiat stâlpișor se află la o distanță mai mare de 1,5m.

Stâlpișorii vor fi executați pe toată înălțimea construcției. Secțiunea transversală a stâlpișorilor va respecta următoarele condiții:

- aria secțiunii transversale $\geq 625\text{cm}^2$ (25*25cm);
- latura minimă $\geq 25\text{cm}$.

Armarea stâlpișorilor va respecta următoarele condiții:

- procentul minim de armare longitudinală va fi:
 - 1% pentru zonele seismice A+D;
 - 0,8% pentru zonele seismice E+G;
- diametrul barelor longitudinale va fi $\geq 12\text{mm}$.

Armarea transversală $\geq \Phi 6/15\text{cm}$ în câmp curent și $\Phi 6/10\text{cm}$ pe lungimea de înădărire prin suprapunere a armăturilor longitudinale.

Înnădirile barelor longitudinale din stâlpișori se fac prin suprapunere, fără cârlige, pe o lungime de 50Φ .

2.1.8.8. Alcătuirea pereților de zidărie confinată

Alcătuirea construcțiilor cu pereți structurali din zidărie confinată și armată în rosturi orizontale se face respectând următoarele condiții:

- distanța dintre rosturile orizontale armate va fi $\leq 40\text{cm}$;
- armătura dispusă într-un rost orizontal va fi $\geq 1,0\text{cm}^2$.

Armăturile dispuse în rosturile orizontale vor fi ancorate în stâlpișori sau prelungite în zidărie dincolo de marginea opusă a stâlpișorului, pentru a se realiza o lungime de ancoraj de cel puțin 60Φ . Barele se vor face fără cârlige.

2.1.8.9. Alcătuirea pereților de zidărie armată

Pereții de cărămidă din straturile marginale vor avea grosimea de minimum cărămidă, executați cu zidărie țesută și cu rosturile verticale umplute cu mortar.

Grosimea stratului de beton sau mortar-beton va fi $\geq 10\text{cm}$. Diametrul minim al barelor va fi $\geq 8\text{mm}$, iar distanța dintre bare va fi $\leq 15\text{cm}$.

Tabelul 2.4.

Zona seismică de calcul	Barele orizontale		Barele verticale	
	OB37	PC52	OB37	PC52
A+E	0,30%	0,25%	0,25%	0,20%
F+G	0,25%	0,20%	0,20%	0,15%

Pentru construcțiile cu înălțime mai mică decât P+2E și pentru nivelurile de peste parter ale construcțiilor cu înălțime $\geq P+2E$, procentele minime de armare se vor lua egale cu 0,80 din valorile din tabelul 2.4. Diametrul minim al barelor va fi $\geq 6\text{mm}$, iar distanța între bare va fi $\leq 1,5t$ (t - grosimea stratului median).

2.1.9. Prevederi suplimentare pentru alcătuirea structurilor din zidărie portantă amplasate pe terenuri slabe și pe pământuri contractile

Proiectarea și execuția structurilor amplasate pe terenuri slabe și pământuri contractile se va face ținând seama de prevederile :

”Normativului privind proiectarea și executarea construcțiilor pe terenuri slabe” indicativ P7-92 pentru structurile amplasate pe pământuri sensibile la umezire (PSU) sau pe terenuri slabe (de tipul argile moi, mături, nisipuri afânate, umpluturi etc.) ;

“Instrucțiunilor tehnice pentru proiectarea și executarea construcțiilor fundate pe pământuri cu umflări și contracții mari (PUCM)” indicativ P70-79 pentru structurile fundate pe terenuri contractile.

La proiectarea structurilor din zidărie portantă fundate pe terenuri slabe specificate mai sus la care pot să apară tasări mari și inegale, pe lângă prevederile din actele normative indicate, se va ține seama și de următoarele :

- Structurile de rezistență vor fi de tip “fagure”, având forme în plan compacte, cât mai aproape de pătrat ;
- Înălțimea clădirilor va fi de max. 3,5m, respectiv parter ;
- Dimensionarea centurilor se va face ținând cont și de efectul eventualelor tasări neuniforme posibile ale terenului de fundare ;
- Pentru execuția zidăriei portante se vor utiliza cărămizi de marca C100 și mortar de marca M50.

Proiectarea fundațiilor structurilor din zidărie portantă amplasate pe terenuri slabe și pământuri contractile se va face ținând seama de prevederile actelor normative menționate mai sus și de cele din Normativul P10-86 cu specificările de la paragrafele anterioare.

Tabelul 2.5.
Distanța maximă admisă între pereții structurali și aria maximă a panourilor de pereți

Tipul planșeului	Înălțimea maximă a construcției (m)	Număr maxim nivele	Distanța maximă l_{max} (m) / aria maximă $A_{max} = l \cdot h$ (m ²) pentru gradul de protecție antiseismică	
			F	C,D,E
a , b	3,5	1	14/49	
	6,0	2	12/36	12/36
	15	5	12/36	12/33
c	3,5	1	12/36	-
	6,0	2	10/30	10/30
	15	5	10/30	10/27
d	3,5	1	8/28	-
	6,0	2	8/24	6/18
	15	5	6/18	6/16
				-

2.2. Materiale utilizate pentru zidării simple, armate, mixte și complexe

2.2.1. Materiale utilizate pentru zidării simple

În piesele scrise și desenate ale proiectului de execuție, se vor preciza următoarele caracteristici ale materialelor prevăzute pentru executarea zidăriei : tipul, calitatea și marca cărămizilor sau blocurilor, tipul și marca mortarului și eventualii aditivi ce se vor utiliza.

Cărămizile și blocurile ceramice care se utilizează la zidării sunt arătate în tabelul 2.5. și trebuie să îndeplinească condițiile prevăzute în standardele respective, indicate în același tabel.

Diferitele formate de cărămizi și de blocuri ceramice sunt precizate în tabelul 2.6. și se utilizează la zidările portante ale clădirilor, în funcție de raportul de țesere la punerea în operă. Raportul de țesere se exprimă prin raportul dintre lungimea de suprapunere a 2 cărămizi sau blocuri (l) și înălțimea cărămizii (h), (fig.2.4.). Valoarea recomandată a acestui raport este : $l/h > 0,8$, iar valoarea minimă $l/h = 0,4$. Lungimea de suprapunere va fi cel puțin 1/4 din lungimea cărămizii și a blocului.

Tipul de cărămidă sau bloc se alege în funcție de condițiile de rezistență și stabilitate, de gradul de protecție antiseismică, de gradul de protecție termică, de economisirea combustibilului în exploatare, reducerea manoperei pe șantier, reducerea consumului de ciment, reducerea greutății construcției etc.

Tabelul 2.6.

Nr. crt.	Material STAS	Format	Domeniul de utilizare		
			Zona seismică	Înălțime clădire [m]	Observații
1.	Cărămizi STAS 457-86	240*115*63	Fără restricții		
2.	Cărămizi și blocuri ceramice cu goluri verticale STAS 5185/2-86	290*140*88	Fără restricții		Nu se admit la executarea pereților rezistenți la explozie
		290*240*138			
		365*180*138			
		240*115*88			
		290*240*188	E	≤6	
		290*115*138	F	≤12	
		290*140*138	C,D,E	≤6	
3.	Cărămizi și blocuri ceramice cu goluri orizontale STAS 8560-86	290*240*138 290*290*138			Se utilizează la pereți neportanți. Nu se admit la pereți antifoc și nici la cei rezistenți la explozie.
4.	Blocuri mici din beton cu agregate ușoare STAS 6029/89	290*240*188	F	≤6,0	
5.	Blocuri mici din beton cu agregate grele Normativ 14/1-94	290*240*188	F	≤6,0	Nu se admit la realizarea coșurilor de fum și a zidărilor subterane

Mortarele folosite la executarea zidăriei trebuie să îndeplinească condițiile tehnice prevăzute în STAS 1030-85 " Mortare obișnuite pentru zidărie și tencuieli"-clasificare și condiții tehnice-și în "Instrucțiunile tehnice C17-82".

Mărcile cărămizilor și mortarelor pentru structurile din zidărie se vor alege astfel încât să fie satisfăcute condițiile de rezistență și stabilitate ale elementelor structurale. Mărcile minime de cărămidă sau blocuri ceramice și de mortar pentru structurile de zidărie portantă

pentru diferite zone de protecție antiseismică, în funcție de înălțimea clădirilor, sunt date în tabelul 2.7.

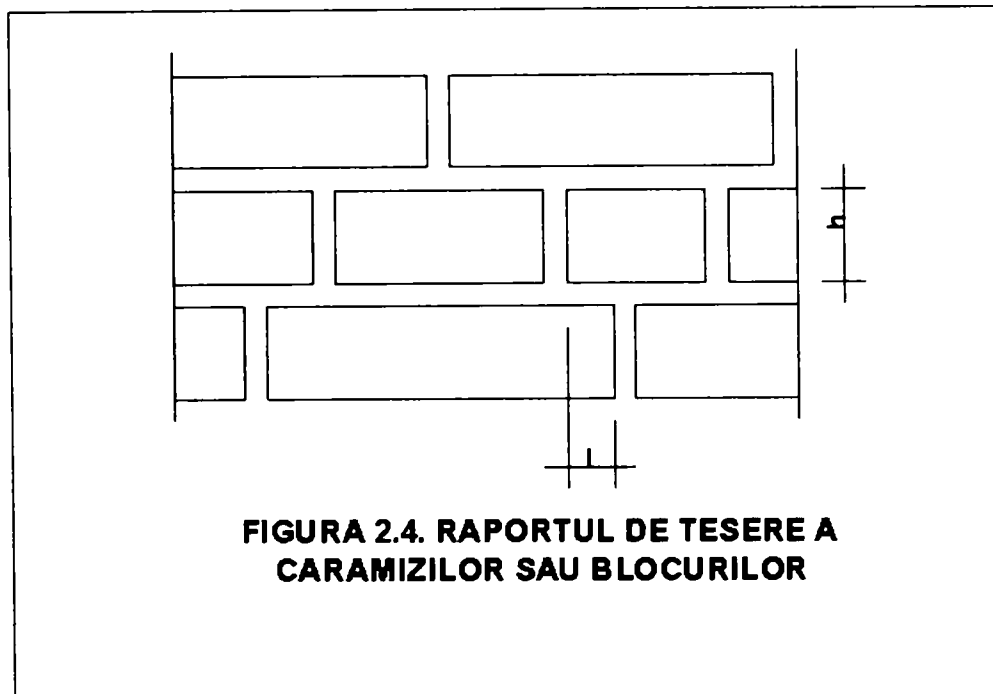


FIGURA 2.4. RAPORTUL DE TESERE A CARAMIZILOR SAU BLOCURILOR

Tabelul 2.7.

Nr. crt.	Înălțimea clădirii H (m)	Număr maxim de niveluri (n)	Mărci minime de cărămizi și mortar în funcție de zona seismică de calcul			
			F		E,D,C	
			Marcă cărămidă	Marcă mortar	Marcă cărămidă	Marcă Mortar
1.	$H \leq 3,5$	1	50	10	50	10
2.	3,5..H..6	2	75	25	75	25
3.	6..H..15	5	100	25	100	50

2.2.2. Materiale utilizate pentru alcătuirea structurilor în zone seismice

2.2.2.1. Corpuri de zidărie

Conform P100 în revizuire, redactarea I-a, pentru realizarea elementelor structurale și nestructurale de zidărie se pot folosi corpuri de zidărie cu înălțimea rândului $\leq 150\text{mm}$. Se mai pot folosi cărămizi pline (STAS 457-86) și cărămizi și blocuri ceramice verticale (STAS 5185/1-86).

Teză de doctorat	Contribuții la perfecționarea soluțiilor de consolidare aplicate clădirilor civile	49
------------------	--	----

Zidăriile realizate din blocuri mici cu goluri verticale de beton cu agregate ușoare (STAS 6029-80) și din blocuri pline din BCA (STAS 10833-80), pot fi folosite pentru realizarea elementelor structurale și nestructurale, în condițiile prevăzute în normele tehnice specifice, numai pentru construcții din clasa de importanță IV.

Corpurile de zidărie cu goluri orizontale (STAS 8560-80) pot fi folosite pentru pereți structurali numai la construcții cu un singur nivel cu funcțiunea de anexe gospodărești și la construcții provizorii, precum și pentru pereți nestructurali la construcții din clasa de importanță IV.

Corpurile de zidărie cu goluri verticale > 150mm din producția internă (290*240*188 – STAS 5185/2 -86), cele din import, pentru toate tipurile și toate categoriile de înălțime, precum și corpurile de zidărie cu legături mecanice de tip „nut și feder / lamba și uluc” produse în țară sau din import, se vor folosi pentru realizarea elementelor structurale și nestructurale numai în conformitate cu reglementările specifice.

Caracteristicile mecanice, geometrice, de formă și de aspect, inclusiv toleranțele de fabricație, ale corpurilor de zidărie vor fi conforme standardelor de produs.

În scopul de a evita ruperile fragile, corpurile de zidărie cu goluri realizate la turnare, trebuie să satisfacă următoarele cerințe geometrice:

- Volumul de goluri $\leq 50\%$ din volumul blocului;
- Grosimea fețelor exterioare $\geq 15\text{mm}$ și cea a nervurilor interioare $\geq 10\text{mm}$;
- Nervurile interioare verticale ale blocurilor cu goluri sau celulare sunt continue pe toată lungimea orizontală a blocului.

Pentru executarea elementelor structurale de zidărie se vor folosi corpuri de zidărie de categoria I. Corpurile din categoria II pot fi folosite numai pentru:

- Elemente structurale la construcții din clasa de importanță IV în zonele F și G;
- Elemente nestructurale la construcții din clasele de importanță III și IV în zonele seismice E, F și G;
- Anexe gospodărești și construcții provizorii în toate zonele seismice.

Cărămizile pline și cu goluri cu rezistența medie la compresiune $\geq C100$, folosite în condițiile prezentului Cod, vor fi de calitate A, conform STAS 5185/1-86. Cărămizile C75 pot fi de calitate I.

La proiectarea pereților structurali și nestructurali de zidărie, rezistența necesară la compresiune a corpurilor de zidărie va fi stabilită de către proiectant prin calcul, în funcție de mărimea eforturilor din încărcările verticale și seismice, respectând valorile minime următoare:

- Pereți structurali:
 - Normal pe fața rostului orizontal : $f_b = 7,5 \text{ N/mm}^2$;
 - Paralel cu fața rostului orizontal, în planul peretelui : $f_{bh} = 2,0 \text{ N/mm}^2$.
- Pereți nestructurali:
 - $f_b = 7,5 \text{ N/mm}^2$ – pentru construcțiile din clasele de importanță I și II;
 - $f_b = 5,0 \text{ N/mm}^2$ – pentru construcțiile din clasele de importanță III și IV.

Teză de doctorat	Contribuții la perfecționarea soluțiilor de consolidare aplicate clădirilor civile	50
------------------	--	----

Valorile rezistențelor caracteristice folosite la proiectare sunt valori minimale, garantate printr-un certificat de conformitate cu norma de produs.

2.2.2.2. Mortare

Pentru executarea elementelor structurale și nestructurale de zidărie se vor folosi mortare de zidărie cu compoziție prescrisă, definite conform CR6. Mortarul de zidărie de uz curent, fără proprietăți speciale, va putea fi folosit numai pentru:

- construcții din clasa de importanță IV, în zonele seismice F și G;
- elemente nestructurale la construcții din clasele de importanță III și IV, în zonele seismice E, F și G;
- anexe gospodărești și construcții provizorii în toate zonele seismice.

Folosirea altor tipuri de mortare (mortar pentru rosturi subțiri, mortar ușor) se va face pe baza reglementărilor specifice elaborate și aprobate conform legislației din România.

Pentru proiectarea pereților structurali și nestructurali de zidărie, rezistența minimă a mortarului se va stabili prin calcul, în funcție de mărimea eforturilor provenite din încărcările verticale și seismice:

- Pereți structurali:
 - M10 pentru zidărie executată cu corpuri cu rezistența la compresiune $> C100$;
 - M5 pentru zidărie executată cu corpuri cu rezistența la compresiune $\leq C100$;
 - M2.5 pentru zidăria de la anexe gospodărești și construcții provizorii.
- Pereți nestructurali:
 - M5 pentru zidărie executată cu corpuri cu rezistența la compresiune $> C100$;
 - M2.5 pentru zidărie executată cu corpuri cu rezistența la compresiune $\leq C100$;
 - M1 pentru zidăria de la anexe gospodărești și construcții provizorii.

Consistența mortarului folosit în zidărie va fi:

- zidărie din cărămizi pline : 8÷13cm;
- zidărie din cărămizi / blocuri cu goluri : 7÷8cm;
- zidărie cu inima armată : 7÷8cm.

Pentru asigurarea lucrabilității, la prepararea mortarelor se pot folosi aditivi.

Elementele structurale la care se folosesc corpurile de zidărie menționate vor fi realizate cu zidărie „șesută”, conform CR6.

Zidăriile neșesute, la care rosturile verticale de capăt, din asizele succesive, se află pe aceeași verticală, nu sunt acceptate pentru elementele structurii principale a construcțiilor pentru nici o zonă seismică de calcul. Acest procedeu de executare a zidăriei poate fi acceptat numai pentru șpaieți nestructurali care au lungimea egală cu lungimea blocului.

Pentru pereții structurali ai construcțiilor situate în zone seismice nu se acceptă utilizarea zidăriei fără rosturi verticale umplute cu mortar și nici a zidăriei cu rosturi întrerupte.

Teză de doctorat	Contribuții la perfecționarea soluțiilor de consolidare aplicate clădirilor civile	51
------------------	--	----

2.2.2.3. Betoane

Clasa betonului pentru centuri și stâlpișori și pentru zidăria cu inimă armată va fi stabilită prin calcul în funcție de mărimea eforturilor provenite din încărcările verticale și seismice.

Clasa minimă a betonului folosit pentru elementele de confinare va fi C12/15.

Pentru stratul median al pereților din zidărie cu inimă armată se va folosi mortar-beton cu rezistența medie la compresiune $f_m \geq 15\text{N/mm}^2$ sau beton din clasă $\geq \text{C12/15}$.

Valorile caracteristicilor mecanice ale betonului folosit pentru pereții de zidărie sunt cele stabilite în STAS 10107/0-90 pentru clasa de beton respectivă.

Pentru elementele de zidărie armată se va folosi beton cu agregat mărunț ($\leq 12\text{mm}$) sau cu mortar beton cu compoziția stabilită astfel încât să se obțină rezistența la compresiune luată în calcul la proiectare.

Pentru a se asigura betonarea corectă a elementelor, clasele de consistență ale betonului proaspăt, definite conform NE 012-99, se vor lua după cum urmează:

- Pentru stâlpișori cu secțiune $\leq 750\text{cm}^2$: T4;
- Pentru stâlpișori cu secțiune $> 750\text{cm}^2$ și pentru centuri – indiferent de dimensiunea secțiunii transversale - : T3/T4;
- Pentru zidăria cu inimă armată cu grosimea stratului median $\geq 10\text{cm}$: T4.

2.2.2.4. Armături

Armăturile folosite pentru zidăria armată în rosturi orizontale, pentru elementele de confinare, pentru riglele de cuplare în cazul pereților cu goluri, precum și pentru stratul median al pereților din zidăria cu inimă armată, vor fi de tip OB37/ PC52 / .

Fasonarea, înădirea și ancorarea armăturilor vor respecta STAS 10107/0-90.

Folosirea plaselor sudate –STNB - pentru armarea stratului median al pereților din zidărie cu inimă armată este permisă numai dacă, prin calcul, se demonstrează că, în toate ipotezele de calcul relevante, armăturile rămân în domeniul elastic de comportare.

Limita de curgere a oțelurilor pentru armarea pereților de zidărie va fi $\leq 400\text{MPa}$.

Modulul de elasticitate al oțelului se va lua $E_a = 2,1 \cdot 10^5\text{MPa}$.

Diagrama „efort unitar - deformație specifică” pentru oțel va fi luată conform STAS 10107/0-90.

Pentru asigurarea durabilității armăturilor, se vor lua următoarele măsuri:

- Grosimea stratului de acoperire cu beton pentru elementele de confinare se va lua conform STAS 10107/0-90;
- Acoperirea laterală cu mortar a barelor dispuse în rosturile orizontale va fi cel puțin 20mm la pereții care se tencuiesc ulterior și cel puțin 35mm la pereții care rămân netencuiți.

2.2.2.5. Alte materiale pentru armarea zidăriei

Zidăria poate fi armată și cu grile polimerice de înaltă densitate și rezistență printr-unul din următoarele procedee:

- Inserția grilelor în asize;

Teză de doctorat	Contribuții la perfecționarea soluțiilor de consolidare aplicate clădirilor civile	52
------------------	--	----

- Inserția grilelor în tencuială.

Domeniile de utilizare, metodologia de calcul și tehnologia de execuție pentru zidăria armată cu grile polimerice vor fi stabilite prin reglementări specifice elaborate și aprobate conform legislației din România.

2.2.2.6. Condiții de utilizare ale materialelor folosite pentru alcătuirea structurilor în zone seismice

Din cauza capacității scăzute de a disipa energia seismică, datorită rezistenței mici la întindere și a ductilității reduse, se recomandă ca utilizarea structurilor de zidărie nearmată să fie evitată.

Structurile de zidărie nearmată pot fi folosite numai dacă sunt îndeplinite toate condițiile de mai jos:

- Structura se încadrează în categoria „structuri regulate” (cu regularitate în plan și în elevație);
- Sistemul de așezare al pereților este de tip „pereți deși” (sistem fagure);
- Aria minimă netă a zidăriei pe ambele direcții principale va fi stabilită prin calcul, astfel încât efortul tangențial mediu pe fiecare din direcții să fie cel mult 85% din efortul tangențial de calcul f_{vd} ;
- Înălțimea nivelului $h_{etaj} \leq 3,00m$;
- Regimul maxim de înălțime al construcției este limitat în funcție de zona seismică a amplasamentului, după cum urmează:
 - În zonele seismice A și B : $1(P)$;
 - În zonele seismice C ÷ F : $2(P+1E)$;
 - În zona seismică G : $n \leq 3 (P+2E)$.
- Sunt respectate cerințele de alcătuire.

Structurile de zidărie nearmată pot fi folosite indiferent de zona seismică pentru construcții cu un singur nivel, cu funcțiunea de anexe gospodărești, precum și pentru construcții provizorii.

Construcțiile cu structuri de zidărie confinată, cu sau fără armături în rosturile orizontale, și cele de zidărie cu inimă armată pot fi utilizate în condițiile de calcul, dimensionare și alcătuire, indiferent de zona seismică.

Regimul de înălțime maxim al construcțiilor cu structuri din zidărie simplă, zidărie armată și zidărie confinată va fi limitat în funcție de zona seismică, după cum urmează:

- În zonele seismice A+B : $n \leq 2(P+1E)$;
- În zonele seismice C+D : $n \leq 3(P+2E)$;
- În zonele seismice E+F : $n \leq 4(P+3E)$;
- În zona seismică G : $n \leq 5(P+4E)$.

Teză de doctorat	Contribuții la perfecționarea soluțiilor de consolidare aplicate clădirilor civile	53
------------------	--	----

2.3. Măsuri pentru creșterea capacității portante a structurilor cu pereți structurali din zidărie

2.3.1. Generalități

Prezentul capitol se aplică la structurile din zidărie calculate în acord cu definițiile date de EC6, pentru zidăria nearmată (simplă), zidăria combinată (înramată) și zidăria armată. Regulile care urmează se referă numai pentru utilizarea lor în zone seismice.

În virtutea rezistențelor și ductilității scăzute, zidăria nearmată (simplă) nu corespunde unei acțiuni seismice puternice. Asocierea zidăriei cu armătura poate asigura o ductilitate suficientă și limitează degradările de rezistență la acțiuni ciclice.

2.3.2. Evitarea distrugerii și susceptibilitate redusă la avarii

Regulile de detaliu și de verificare conținute în acest capitol permit obținerea nivelurilor cerute de fiabilitate vis-a-vis de distrugere.

Având în vedere rigiditatea pereților de zidărie și, în același timp, structural și nestructural susceptibilitatea la avarii este limitată de aceleași reguli, cu adăugarea numai a unor măsuri suplimentare.

2.3.3. Dispoziții anti-seismice specifice

Pentru a micșora incertitudinile inerente privind concepția paraseismică și consecințele lor, trebuie satisfăcute următoarele condiții :

- pentru că sistemul structural se comportă ca un ansamblu, trebuie asigurate legături orizontale eficiente între pereți și planșee ;

(P2-85, cap. 3.1.2, 4.4 – satisface aceste exigente impunându-le și totodată stabilind modul de realizare al centurilor și al stâlpișorilor. De asemenea, cap. 5, "Alcătuirea planșeeilor" asigură realizarea acestei cerințe).

- pereții portanți trebuie să se rezeme pe fundații rigide, de o manieră care să permită considerarea unor încastrări la bază ;

(P2-85, cap.6 – " Alcătuirea infrastructurii" satisface această cerință).

- proiectul de execuție trebuie să sublinieze detaliile care implică rezistențele seismice.

2.3.4. Reguli de construcție

2.3.4.1. Reguli generale

Clădirile realizate din zidărie trebuie să se comporte ca structuri spațiale compuse din pereți și planșee, toate elementele participând la preluarea încărcărilor.

Trebuie dispuși pereți-diafragmă după ambele direcții. Trebuie verificat dacă planșeele sunt capabile să transmită pereților sarcinile orizontale.

Următoarele reguli se aplică planșeeilor :

- Toate planșeele pot fi utilizate dacă îndeplinesc condițiile generale de continuitate ;

- În particular, pentru planșeele din dale de beton armat este necesară o suprabetonare de minim 40mm, dacă alte măsuri nu asigură comportarea de diafragmă.
- P2-85 - stabilește foarte concret tipurile de planșee pe număr de niveluri și G.P.A., fiind foarte precis ;
- Suprabetonarea planșeelor prefabricate minim 40mm ;
- Planșeele trebuie armate pe două direcții ortogonale și armăturile trebuie ancorate în centurile periferice care înrămează planșeul ;
- În cazul planșeelor cu nervuri paralele, trebuie plasați tiranți intermediari ortogonal armăturilor principale, la o distanță de maxim 5m ;
- Acești tiranți trebuie să aibă cel puțin 6cm^2 de armătură, ancorată la extremități;
- Dalele precomprimate trebuie armate pe două direcții ortogonale și legate de grinzile suport și între ele cu conectări de forfecare, de o manieră care să confere ansamblului caracterul de diafragmă continuă ;
- Planșeele metalice sau de lemn pot fi folosite dacă sunt asigurate exigențele de diafragmă, capabilă să transmită sarcinile orizontale pereților de tăiere (diaframelor).

2.3.4.2. Reguli specifice pentru " clădiri simple"

În cadrul Eurocod 8, o clădire satisfăcând prescripțiile paragrafului 2.3.4.1., precum și cele care urmează, este definită ca și " clădire simplă" :

- Numărul etajelor supraterane nu depășește valorile următoare :

	accelerația de vârf a solului		
	< 0,20g	≥0,20g	≥0,30g
	<C(8)	≥C(8)	≥ A(9)
zidărie simplă	4	3	2
zidărie înrămată	4	3	3
zidărie armată	5	4	3

- Planul este aproximativ rectangular, cu un raport nu mai puțin de 0,25 între cote și cu intrânduri sau ieșinduri nu mai mari de 15% sau 2m ;
P2-85 - acceptă un nivel în plus la sistemul fagure ;
P100-92- acceptă intrânduri sau ieșinduri de 25% ;
- Cel puțin 75% din sarcina verticală este preluată de perete ;
- Dispoziția în plan a pereților principali este simetrică față de axele ortogonale ;
- Doi pereți paraleli, de o lungime minim 50% din lungimea clădirii paralele cu pereți, sunt dispuși la o distanță între ei de cel puțin 75% din dimensiunea perpendiculară a clădirii ;
- Diferența între masele nivelelor și între secțiunile pereților între etaje nu trebuie să depășească 20% ;

- Grinzile tirant și armăturile minime sunt dispuse conform tipului zidăriei (nearmată, combinată sau armată) ;
- Aria secțiunii pereților portanți determinată în procente față de aria planșeului superior, trebuie să corespundă valorilor din tabel :

	acelerația de vârf a solului		
	< 0,20g	>=0,20g	>=0,30g
zidărie simplă	3	5	6
zidărie înrămată	3,5..5	5..6	7
zidărie armată	2	4	5

- Montanții cu raport H / L superior valorilor date în 2.3.4.1. nu vor fi considerați în calculul de mai sus;
- Pentru clădirile din zidărie simplă, pereții vor fi conectați la maxim 7m cu pereți perpendiculari.

Conform P100-2003, forma în plan a construcției trebuie să fie aproximativ dreptunghiulară. Se admit retrageri sau proeminente care nu depășesc:

- 15% din aria planșeului;
- 15% din dimensiunea construcției pe direcția considerată.

Raportul dintre latura mare și latura mică a dreptunghiului în care se înscrie planul este ≤ 3 . Ariile planșeelor nu depășesc pe înălțime cu mai mult de 15%.

Tabelul 2.10.

Tipul sursei seismice		Vrancea		Banat
Coeficientul de calcul		$K_s=0,08$	$K_s=0,12$	$K_s=0,12$
Tipul zidăriei	Număr de niveluri	Procentul minim al ariei orizontale a pereților la aria planșeului		
Zidărie simplă	1	3%	4%	4,5%
	2	4%	6%	7%
	3	6%	nu se acceptă	
Zidărie confinată	1	2,5%	3,5%	4%
	2	3,5%	5,5%	6,5%
	3	4,5%	7%	8%
Zidărie cu inimă armată	1	2%	3%	3,5%
	2	3%	5%	4,5%
	3	4%	6%	7%
	4	5%	7%	8%

Pereții structurali vor fi continui pe întreaga înălțime a construcției, până la fundație. În cazul pereților cu goluri, golurile vor fi suprapuse pe aceeași verticală. Pereții structurali vor fi dispuși aproximativ identic pe ambele direcții. Se admite prevederea unor stâlpi pentru preluarea locală a încărcărilor verticale, cu condiția ca suma încărcărilor verticale aferente acestora să nu fie mai mare de 20% din greutatea totală a construcției.

Planșeele vor fi executate din beton armat. Prin excepție, se admite ca pentru construcțiile cu unul și două niveluri să fie realizat din grinzi și podină de lemn. Conform CR6,

Sisteme de alcătuire ale structurilor cu pereți structurali din zidărie

în funcție de accelerația de calcul a terenului din amplasament și de valoarea minimă a ariei orizontale totale a pereților structurali, numărul nivelurilor supraterane nu trebuie să depășească valorile date în tabelul 2.11.

Peste numărul maxim de niveluri construit cu pereți structurali din zidărie, se acceptă și un pod.

Configurația în plan a clădirii satisface următoarele condiții:

- planul este aproximativ dreptunghiular;
- raportul dintre latura scurtă și latura lungă nu este mai mic de 0,25;

abaterile de la forma dreptunghiulară (intrânduri și proeminențe) nu sunt mai mari de 15% din lungimea laturii paralele cu direcția respectivă.

Tabelul 2.11.

Accelerația de calcul la amplasament $a_g \cdot S$		$\leq 0,03g$	$\leq 0,06g$	$\leq 0,12g$
Tipul zidăriei	Numărul de niveluri	Valoarea minimă a ariei secțiunii orizontale a pereților structurali, exprimată în procente din aria totală a planșeelor peste nivelul considerat		
Zidărie simplă (nearmată)	1	2,0%	2,5%	6,0%
	2	2,5%	5,0%	nu se acceptă
	3	3,0%	6,5%	nu se acceptă
	4	3,5%	nu se acceptă	nu se acceptă
Zidărie confinată	2	2,0%	3,0%	5,0%
	3	2,0%	4,0%	nu se acceptă
	4	2,5%	5,0%	nu se acceptă
Zidărie armată	3	2,0%	3,0%	5,0%
	4	2,0%	4,0%	nu se acceptă
	5	2,5%	5,0%	nu se acceptă

Pereții structurali ai clădirii satisfac următoarele condiții:

- clădirea este rigidizată prin pereți structurali care sunt dispuși aproape simetric în plan pe două direcții perpendiculare;
- cel puțin câte doi pereți structurali sunt dispuși pe 2 direcții perpendiculare, lungimea fiecărui perete fiind mai mare decât 30% din lungimea clădirii pe direcția peretelui considerat;
- distanța între acești pereți este mai mare decât 75% din lungimea clădirii în cealaltă direcție;
- cel puțin 75% din încărcările verticale sunt preluate de pereții structurali;
- pereții structurali sunt continui de la partea superioară până la partea inferioară a clădirii.

Sisteme de alcătuire ale structurilor cu pereți structurali din zidărie

CAPITOLUL 3

CAUZE CARE GENEREAZĂ AVARII ÎN STRUCTURILE CU PEREȚI STRUCTURALI

3.1. Aprecieri generale

În vederea obținerii unei evaluări precise și apoi realizarea reconstrucției clădirii, se impune a se efectua o suită de cercetări calitative asupra fenomenelor de dezastre, o analiză amănunțită a structurilor de zidărie. În prima etapă de cercetare, investigațiile sunt limitate din punct de vedere tehnic și economic. În cazul în care se fac intervenții structurale este necesar să se verifice siguranța noii construcții și să se facă o analiză a materialelor utilizate.

În cazul în care, în urma investigațiilor, concluzia proiectantului este că nu există o motivație pentru soluții de consolidare, el trebuie să aducă justificări prin calculele pe care le-a efectuat, fiind necesar să evidențieze coeficienții de siguranță ai fiecărui element structural.

Punctul de plecare esențial pentru studierea structurilor de zidărie este analiza încărcărilor.

Se va alege un număr suficient de zone semnificative unde se fac verificări ale solicitărilor maxime. În cele mai simple cazuri se pot alege 3 zone separate, din cele mai critice, pentru a studia greutatea încărcărilor, întinderile sau acțiunea compresiunilor. Analiza zonei alese trebuie să fie făcută în toate secțiunile orizontale.

Rezistența unui element structural poate fi obținută în laborator prin încercări, prelevând un eșantion din element. Se pot face probe directe pentru a obține graficul de deformare, de unde rezultă modulul lui Young. Modulul de elasticitate longitudinal are valoarea $E = f_k$, de unde se poate afla f_k . De asemenea, se poate afla rezistența în mod indirect, în urma analizei zidăriei, a tipului de mortar utilizat și a materialelor componente.

Rezistența caracteristică la compresiune f_k a unei zidării de piatră este dată de clasa mortarelor utilizate și de rezistența la compresiune a elementelor componente.

Efortul admisibil la compresiune al zidăriei trebuie să fie conform formulei :

$$\sigma = f_k / 5$$

Se consideră un coeficient de siguranță egal cu 5.

În lucrarea « Diagnosi dei dissesti e consolidamento delle costruzioni » a autorilor Leopoldo Baruchello și Giorgio Assenza sunt date valori medii ale rezistenței pentru diferite tipuri de zidării :

Tabelul 3.1.

Tipul de zidărie	Valoare minimă Kg/cm ²	Valoare maximă Kg/cm ²
Zidărie din piatră executată cu mortar de var	10	14
Zidărie din piatră executată cu mortar de ciment	14	20

Teză de doctorat	Contribuții la perfecționarea soluțiilor de consolidare aplicate clădirilor civile	58
------------------	--	----

Zidărie din piatră calcaroasă cu mortar de var	4	6
Zidărie din piatră calcaroasă cu mortar de ciment	8	10
Zidărie din cărămidă obișnuită executată cu mortar de var	3	6
Zidărie din cărămidă obișnuită executată cu mortar de var cu rezistența > 140 kg/cm ²	7	9
Zidărie din cărămidă obișnuită executată cu mortar de ciment cu rezistența > 140 kg/cm ²	9	11
Zidărie din cărămidă obișnuită executată cu mortar de var cu rezistența > 220 kg/cm ²	9	11
Zidărie din cărămidă obișnuită executată cu mortar de ciment cu rezistența > 220 kg/cm ²	11	14

Pentru elementele nestructurale se va face o probă « in-situ » și se vor confrunta valorile cu cele din tabel, adăugându-se un coeficient C=0,8. Deoarece elementele componente ale zidăriei nu formează un tot unitar omogen și izotrop, legea lui Hook nu este valabilă. Relația dintre solicitări și deformații este una exponențială și nu una liniară. Structura se poate verifica cu cele 4 formule ale lui Euler. Pe baza celei de-a doua formule a lui Euler, se poate calcula valoarea limită a zvelteții pentru zidărie :

$$\lambda \leq \pi \sqrt{E / \sigma_r} \quad \lambda \leq \pi \sqrt{\frac{E}{\sigma}}$$

Verificarea elementelor structurale se face pentru fiecare eșantion cu relația :

$$\sigma = N / \Phi * A \leq \sigma_m$$

N – sarcina verticală totală la baza zidăriei;

A – aria secțiunii orizontale la baza zidului;

Φ – coeficient de reducere pentru încărcări transversale.

Se pot trasa diagrame ce evidențiază pentru fiecare etaj solicitările unitare medii, intermediare și cele admisibile afectate de coeficientul de reducere. Aceste diagrame prezintă evoluția încărcărilor, evidențiind imediat zonele critice.

Rezistența la solicitările orizontale ale unei structuri de zidărie depinde de comportamentul ei la încărcările verticale preluate de planșee și de tipul de structură. De asemenea, acest comportament depinde de eficiența legăturilor dintre pereți și dintre pereți și planșee.

Primele fisuri care apar într-o structură de zidărie solicitată la încărcări orizontale sunt cele din zidăria dintre cele 2 nivele. Aceste fisuri apar înainte ca zidăria să atingă stadiul limită de încărcare. Când centurile se deteriorează, dispăre legătura dintre zidărie și acestea, apărând pericolul de prăbușire. Se începe cu refacerea legăturilor dintre pereți și planșee

Cauze care generează avarii în structurile cu pereți structurali

Teză de doctorat	Contribuții la perfecționarea soluțiilor de consolidare aplicate clădirilor civile	59
------------------	--	----

pentru a putea prelua încărcările la forțele orizontale. Intervențiile de consolidare cu metode de injectare de mortar sau consolidare cu ajutorul armăturilor metalice sau altele se vor face la elementele verticale și vor avea o eficacitate limitată, dacă nu sunt însoțite de intervenții la elementele orizontale.

Aceste intervenții la nivelul planșeelor încep cu amplasarea unei plase de armătură rigidă, bine ancorată în zidărie pentru creșterea rezistenței la compresiune și a tiranților metalici amplasați în planul planșeului (intern) sau în planul zidăriei (extern), cu scopul de a reduce forțele principale de tracțiune care apar.

Pentru a verifica tipul forței la care este supus fiecare perete de către un alt perete cu o forță orizontală, de exemplu din cauza prezenței unui arc care generează împingeri, este necesară calcularea rigidității (în particular):

$$1 / K_i = h_i^3 / 12 * E * J_i + 2 * h_i / G * A_i$$

h_i – înălțimea centurii;

G – modulul de elasticitate tangențial;

A – aria secțiunii orizontale a peretelui;

J_i – momentul de inerție al secțiunii normale;

K_i – rigiditatea.

Forța care acționează asupra centurii, rezultă din formula:

$$F_i = (K_i / \sum K_i) * F_t$$

F_t – forța totală

Ruptura care apare la atingerea valorii limită a lui σ se manifestă prin fisuri înclinate la 45° și care au extensii spre centrul peretelui. Ameliorarea comportamentului zidăriei în asemenea cazuri se face utilizând armături metalice orizontale care pot fi interne în planul zidăriei sau externe (placaje armate). Datorită fisurilor din pereții care nu au fost consolidați inițial, forțele orizontale variază în funcție de tipul de armătură, cu valori de 0,2 – 0,4 din sarcina totală.

Formulele ce exprimă tensiunea maximă principală de tracțiune sunt următoarele :

$$\sigma_p = - 0,823 * \zeta - \sigma_c + \sqrt{(1,566 * \zeta)^2 + \sigma_c^2} / 4$$

$$\sigma_p = - \sigma_c / 2 + \sqrt{\zeta^2 + \sigma_c^2} / 4$$

$$\sigma_p = - \sigma_c / 2 + \sqrt{(1,5 * \zeta)^2 + \sigma_c^2} / 4$$

ζ – efortul tangențial mediu;

σ_c – efortul normal pe secțiune.

Când $\sigma_p \leq$ rezistența la tracțiune a materialului, apar primele fisuri înclinate. Rezistențele la tracțiuni ale zidăriei sunt valori subiective care depind de caracteristicile structurale, de punerea în operă și de conservarea structurilor. Se pot adopta, ca și interval caracteristic de rezistență, valori cuprinse între 1 și 4 kg/cm². Se consideră că raportul dintre rezistența la compresiune și cea la tracțiune (pentru valori normale) este cuprins între 15 și 40, considerându-se optim în jur de 30.

Amplasarea armăturilor din oțel, dispuse intern sau extern structurii de zidărie, are drept efect anularea micilor deplasări la sfârșitul solicitării, datorită elasticității acestora.

Din punct de vedere cantitativ, se poate considera că armătura puternic ancorată în zona de maximă solicitare își asumă sarcina de a reacționa asupra întregului sistem de forțe

externe. O armătură verticală cuprinsă între 0,1 – 0,4 % din secțiunea orizontală crește considerabil ductilitatea peretelui.

Armătura orizontală în cadrul forțelor orizontale se verifică luând în considerare numărul de bare de armătură intersectate de fisura efectivă a peretelui supus unei tensiuni maxime admise.

Efectul unei armări cu 2 plase metalice cu țesătura simetrică pe 1 metru de zidărie, la limita de fisurare, rezultă când avem:

$$F_{lim} = (2 \cdot D \cdot \pi \cdot n \cdot \sigma_f) / 4 + (2 \cdot 0,3 \cdot D^2 \cdot \pi \cdot n \cdot \sigma_f) / 4 = (D^2 \cdot \pi \cdot n \cdot \sigma_f / 2) \cdot 1,3$$

D – diametrul armăturii ;

n – numărul de bare de armătură ;

σ_f – rezistența oțelului la întindere.

3.2. Avarii generate de infrastructura construcțiilor

Analizând în ansamblu capacitatea de rezistență a structurilor din zidărie prin prisma cauzelor care pot produce deteriorarea sub încărcări sau apariția defectelor, se întâlnesc următorii factori esențiali:

- modul și măsura în care capacitatea de rezistență a fost asigurată inițial, la proiectarea construcțiilor, prin concepție, dimensionare și alcătuirea acesteia;
- modul în care capacitatea de rezistență a structurii a fost realizată efectiv la execuție (respectare proiect, materiale, controlul lucrărilor ascunse, etc.);
- modul în care capacitatea de rezistență a fost conservată în timp, ținând seama de influențele și acțiunile exterioare intervenite pe parcurs (acțiuni seismice, tasări sau rotiri ale reazemelor, modificări structurale, schimbări de destinație, condiții de exploatare și întreținere, etc.).

Dintre factorii enumerați mai sus, cel mai important este cel legat de acțiuni exterioare.

Nu se pot neglija însă alte cauze care se adaugă la efectul produs de acțiuni exterioare, în multe situații amplificându-se efectele, de exemplu:

- la clădiri vechi, mișcări seismice anterioare și la care nu au fost executate consolidările, care au condus la scăderea rezistențelor;
- modificări ulterioare execuției, prin practicarea dezordonată a unor goluri noi în pereții structurali, modificarea poziției pereților de compartimentare, schimbări de destinație ale unor spații, etc;
- umplerea unor goluri în pereți fără a lega prin țesere umplutura de plinuri;
- infiltrații de apă, din diverse surse, la terenul de fundare, cu consecință deplasarea sau rotirea fundațiilor.

Avariile au în general următoarele cauze exterioare:

- degradarea materialelor (îmbătrânirea, agenți atmosferici, umiditate, etc.);
- creșterea încărcărilor de exploatare (schimbare de destinație, supraetajare);
- acțiuni dinamice (vibrații din trafic, acțiuni seismice);
- evenimente excepționale (alunecări de teren, explozii, ciocniri, incendii, cutremure în zone seismice).

Tipurile de avarii pot fi:

- deformații (schimbări de configurație structurală);
- fisuri sau crăpături (deplasări relative ale unor părți din construcție).

Cauze care generează avarii în structurile cu pereți structurali
--

Cauzele care produc avariile pot demara:

- la nivelul fundațiilor;
- la nivelul suprastructurii.

Fiecare din cauzele menționate poate fi singură producătoare de pagube și deteriorări sau în asociere între ele. Pagubele, deteriorările observate la un moment dat rezultă dintr-o conjunctură de cauze mecanice și fizico-chimice care au între ele efecte multiplicative, explicând forma curbei prezentate în graficul din fig. 3.1. O analiză corectă a unui caz implică, deci, cunoașterea fenomenelor fizico-chimice de degradare.

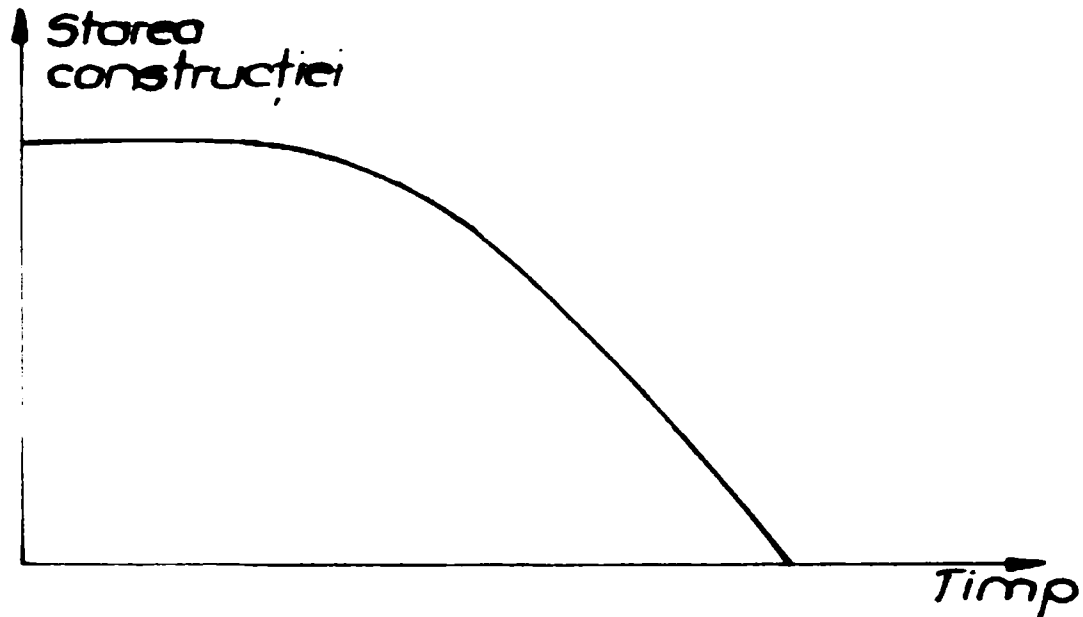


Fig.3.1. Efectul multiplicativ al degradărilor și forma curbei de stare

Pentru buna desfășurare a reparațiilor și consolidărilor este necesar un studiu al cauzelor mecanice. Este necesar de știut că cele mai multe din problemele structurilor sunt rezultate ale ignoranței de diferite tipuri considerate, pe nedrept, ca și secundare (efecte termice, oboseală, vibrații, efecte ale deformărilor elementelor de susținere).

Supraîncărcările sau supradimensionările structurilor nu fac obiectul aplicațiilor particulare prezentate, apărând ca două cauze potențiale de degradare evidente, ale căror patologii sunt foarte cunoscute.

Orientarea fisurilor structurii

Fisurile structurii au caracteristici comune:

- fisurile se localizează pe suprafața unde valoarea raportului R este mai mare:
 - $R = \text{forța de compresiune aplicată} / \text{efortul admisibil}$.
- într-un mediu omogen, ele sunt perpendiculare pe forțele principale de acțiune;
- într-un mediu eterogen, ele se grupează acolo unde raportul R este mare (la rosturile din zidărie, în zona unde grosimea betonului de acoperire este mică).

În figurile prezentate se dau câteva cazuri de fisuri tipice. Sunt prezentate o serie de situații ale elementelor solicitate la încovoiere, întindere, forfecare, torsiune, lipsă de aderență, sarcină concentrată.

Teză de doctorat	Contribuții la perfecționarea soluțiilor de consolidare aplicate clădirilor civile	62
------------------	--	----

Fisurile mecanice tipice ale elementelor de beton armat, sunt prezentate în fig.3.2.

Avariile produse de fundații sunt generate de deplasări ale acestora în plan

- orizontal;
- vertical;
- rotiri.

În plan orizontal, deplasările sunt caracteristice fundațiilor de suprafață, pe nisip sau soluri argiloase ca o consecință a deformațiilor periodice provocate de absorbția de apă.

Aceste deplasări pot fi:

- longitudinale;
- transversale;
- oblice (fig. 3.3.)

Fenomenul poate fi eliminat prin realizarea unor rețele de grinzi, scăderea nivelului apelor freactice sau dispunerea unor grinzi-tiranți.

În plan vertical, deplasările pot fi:

- de capăt;
- intermediare (fig. 3.4.)

În ambele situații, deplasările pot avea loc pe o lungime mică, medie sau mare, predominante fiind în consecință eforturile din T sau M (fig. 3.5.)

Deplasările verticale sunt cauzate de:

- soluri compresibile, mai ales dacă sunt soluri argiloase;
- permeabilitatea la apă a terenului;
- realizarea unor clădiri învecinate, în etape diferite;
- supraetajarea, mai ales dacă este parțială;
- lipsa de omogenitate a terenului de fundație;
- alunecări de teren;
- avarii ale suprastructurii, care conduc la o redistribuție a solicitărilor.

Avariile maxime sunt semnalate atunci când o singură parte a construcției este supusă la deplasări verticale. La execuția unei construcții noi lângă una existentă, trebuie acordată o atenție deosebită evitării suprapunerii efectelor celor două fundații. O fundație nouă, adâncă, poate evita acest fenomen.

Deplasările rigide pot să nu afecteze structura, dar modifică poziția centrului de greutate, aspectul clădirii, etc. (fig. 3.6.)

Defecțiuni de drenaje sau efectul înghețului

Prin inspectarea subsolului sau a grupului sanitar se poate stabili cauza mișcării fundațiilor (fig. 3.11.).

Dacă fisurile au o deschidere uniformă de sus în jos, aceasta indică faptul că colțul a fost afectat de acțiunea înghețului.

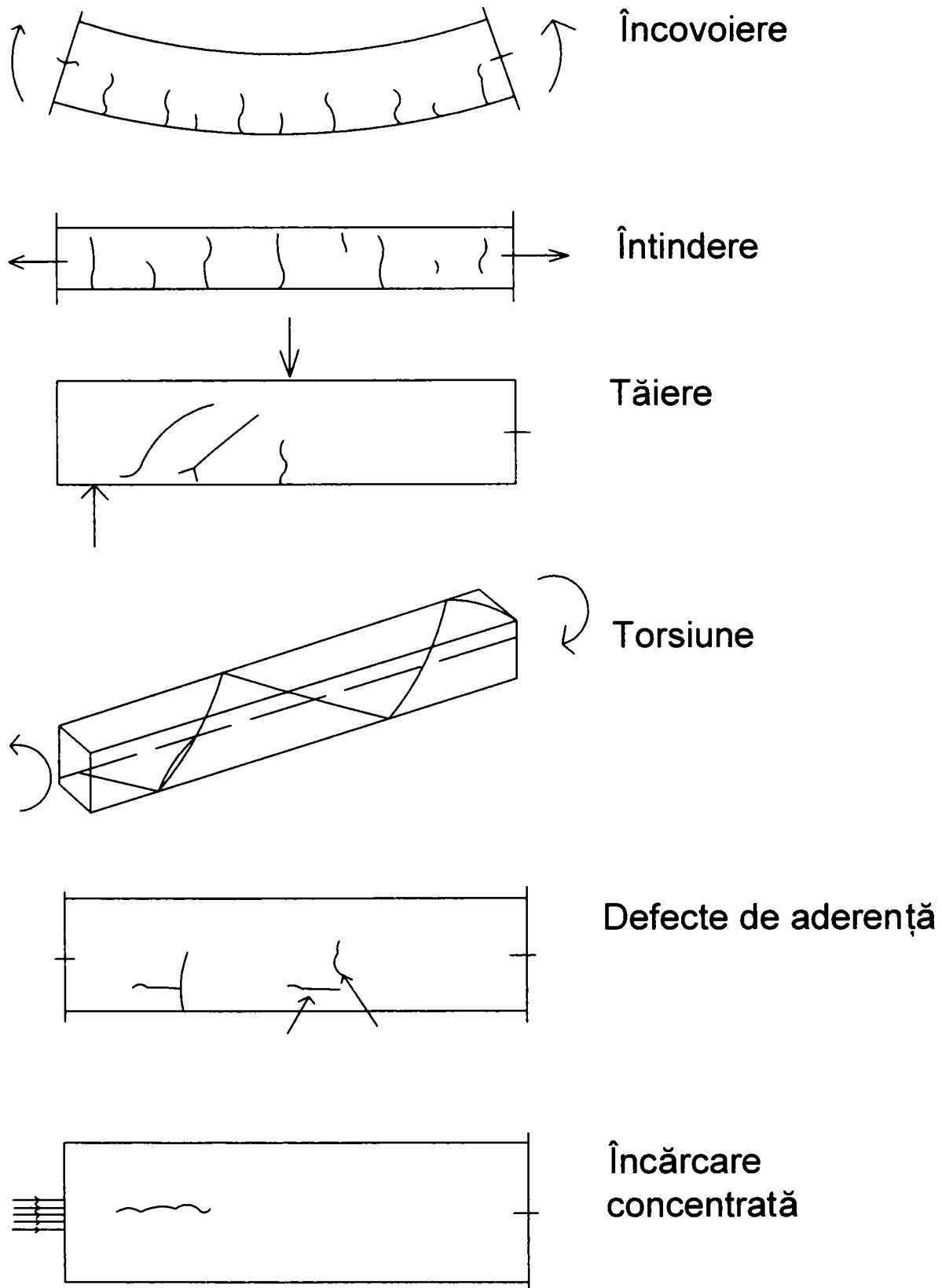
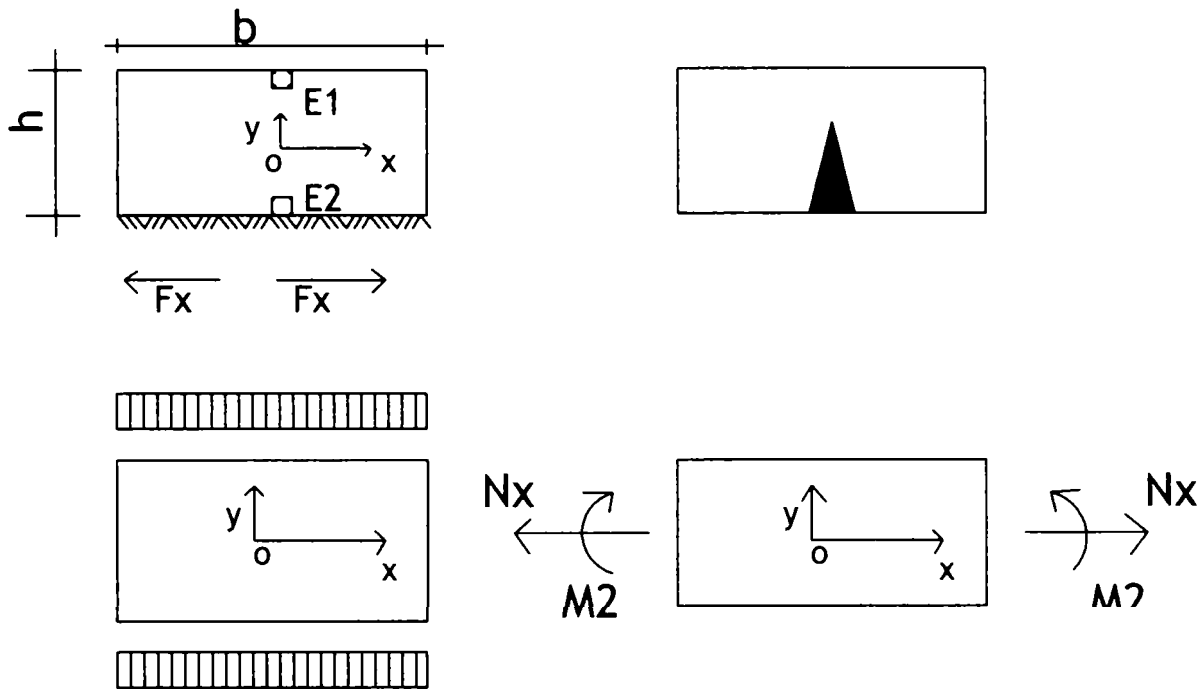
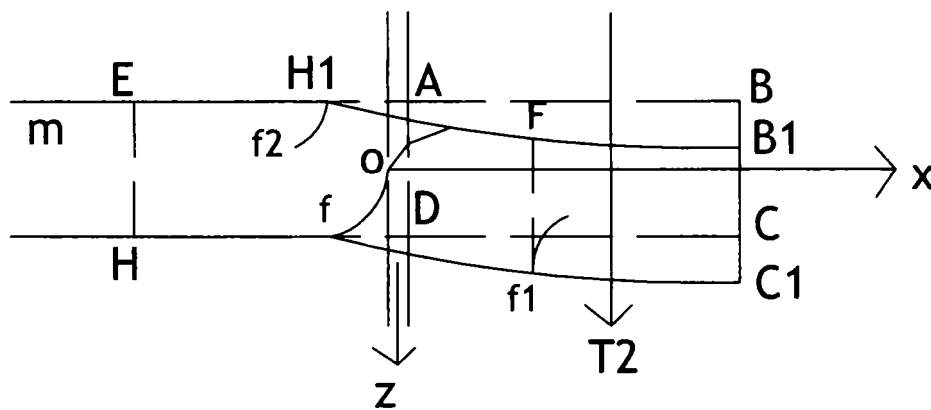


Fig. 3.2. Fisurile mecanice tipice ale elementelor de beton armat

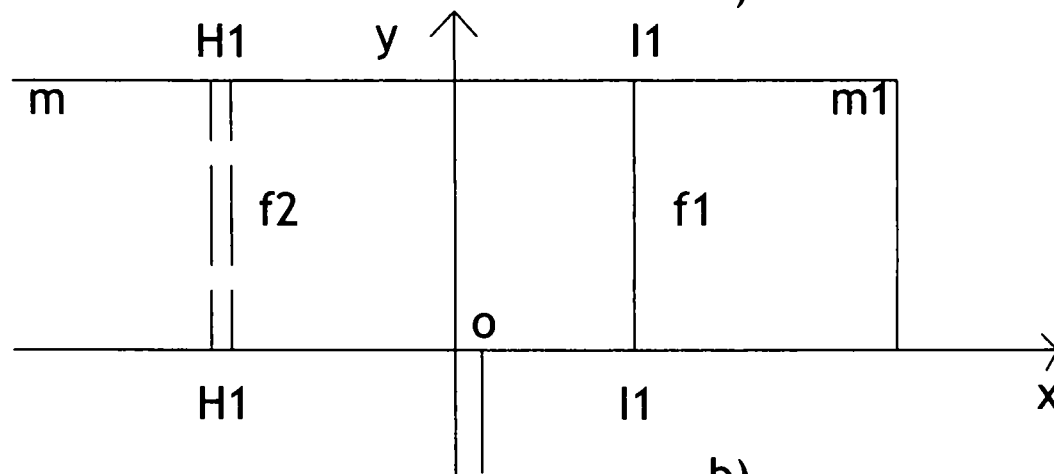
Cauze care generează avarii în structurile cu pereți structurali



a. Longitudinale



a)



b)

b. Transversale

Cauze care generează avarii în structurile cu pereți structurali

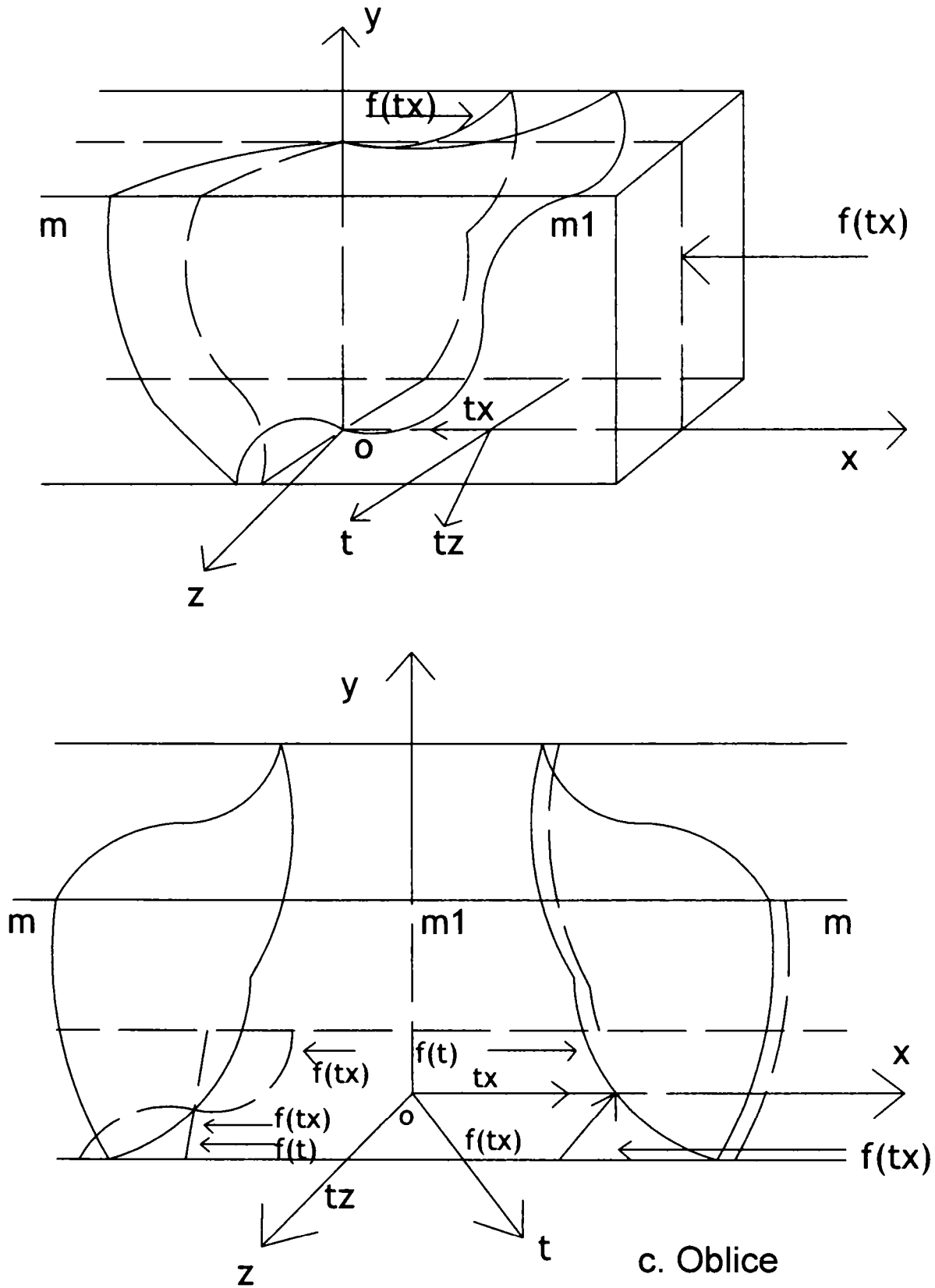
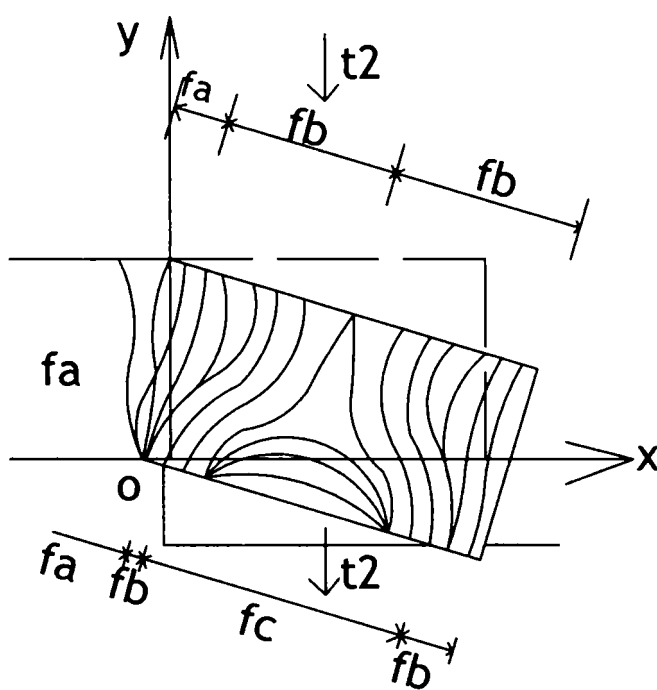
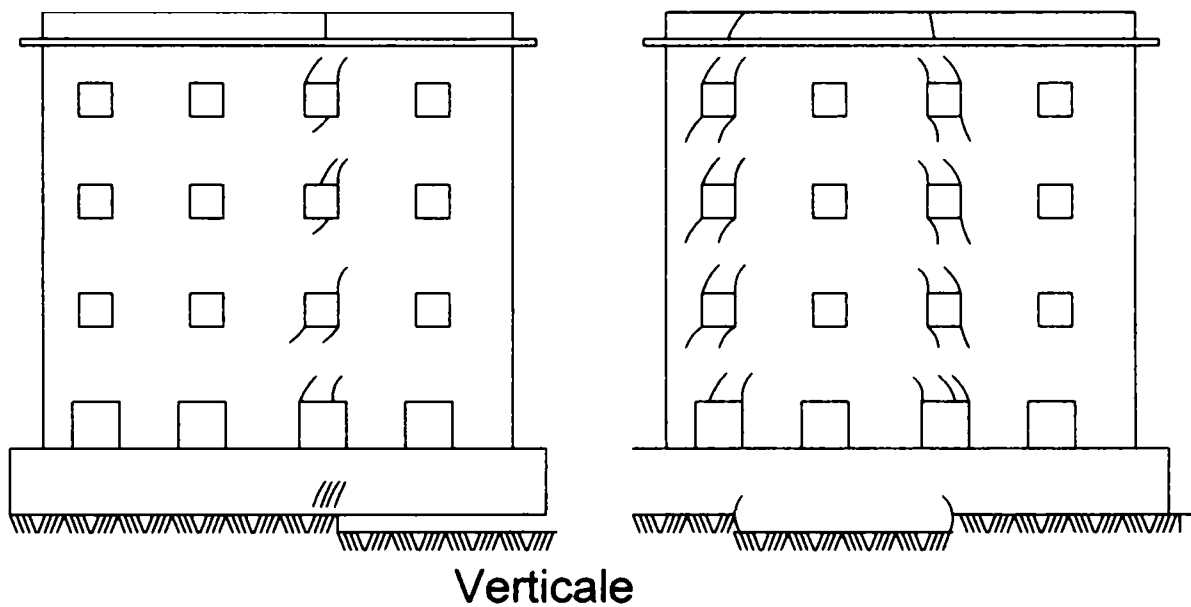


Fig. 3.3. Deplasări horizontale
a. Longitudinale; b. Transversale; c. Oblice

Cauze care generează avarii în structurile cu pereți structurali



Verticale și orizontale

Cauze care generează avarii în structurile cu pereți structurali

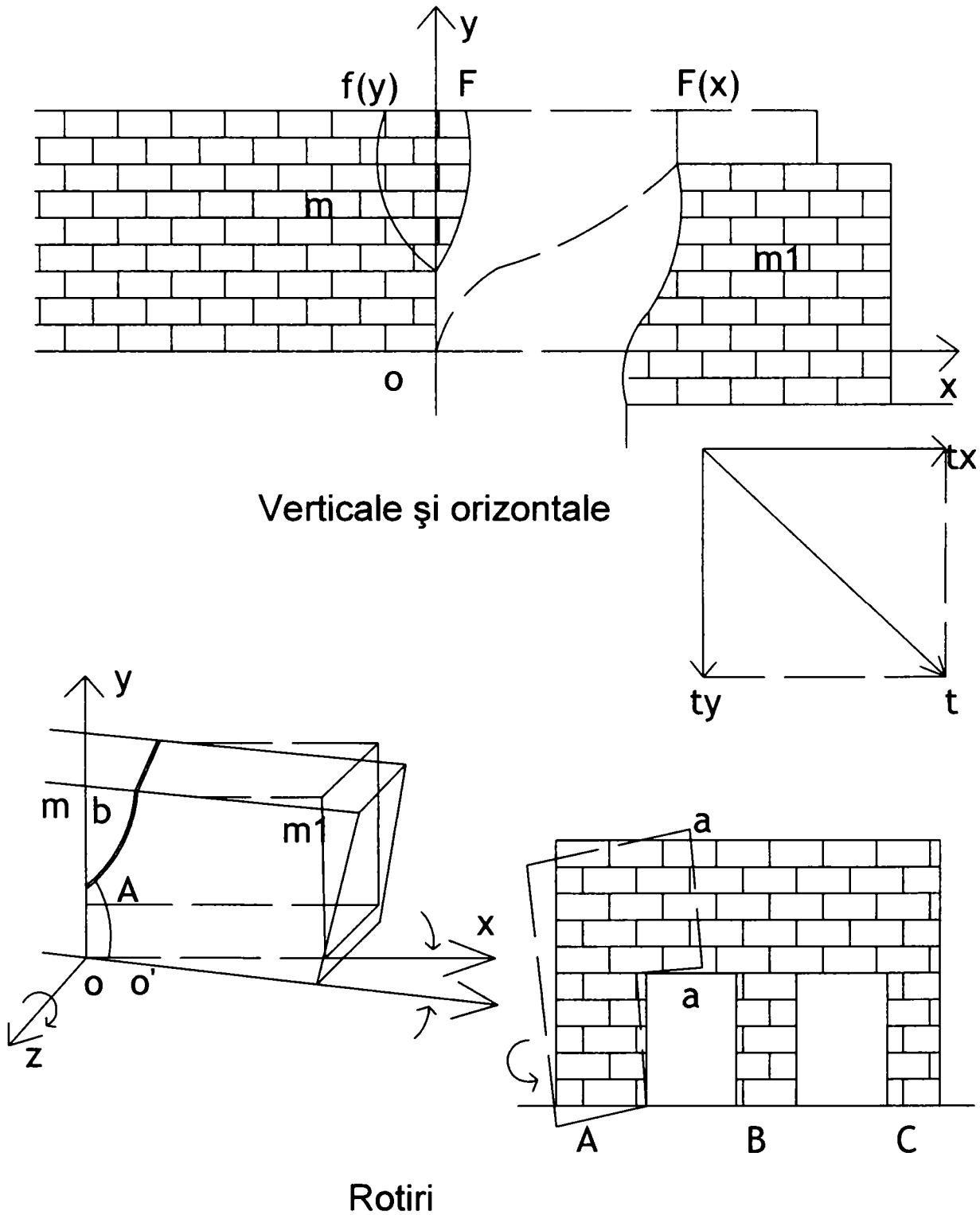
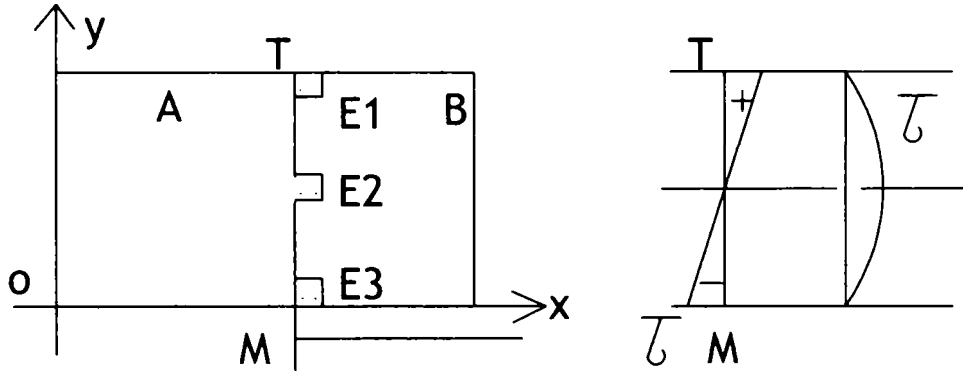
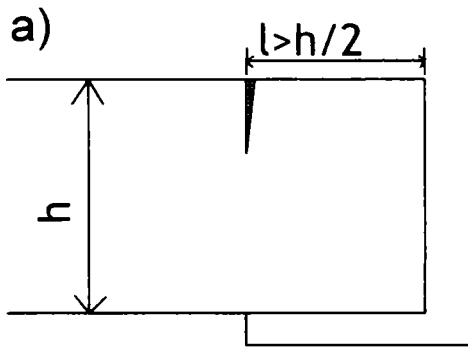


Fig. 3.4. Distribuția fisurilor din deplasări

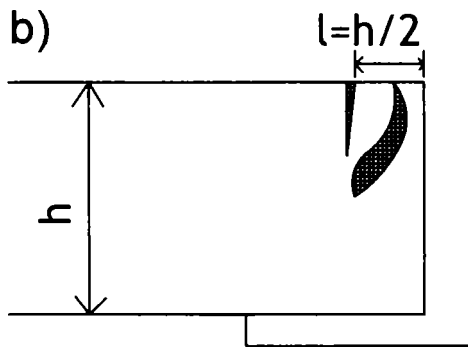
Cauze care generează avarii în structurile cu pereți structurali



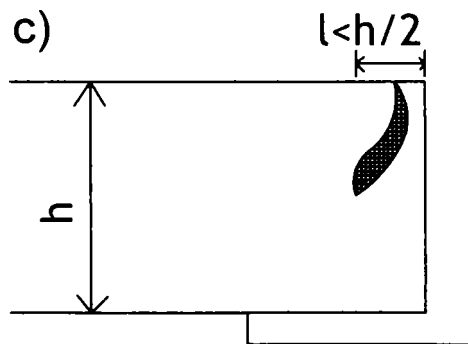
Deplasare de capăt



Deplasare lungă (M)

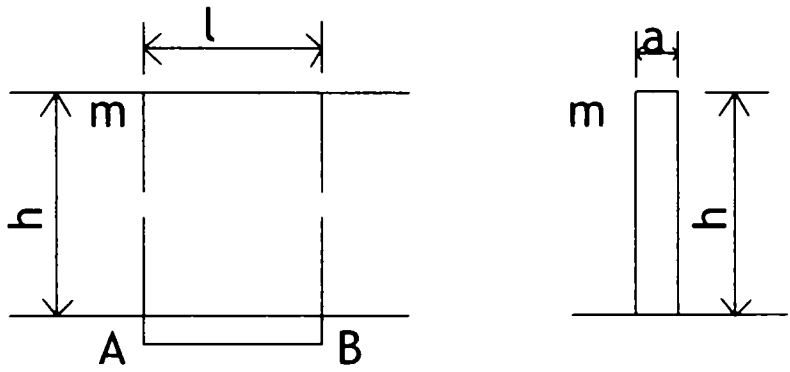


Deplasare medie (M+T)

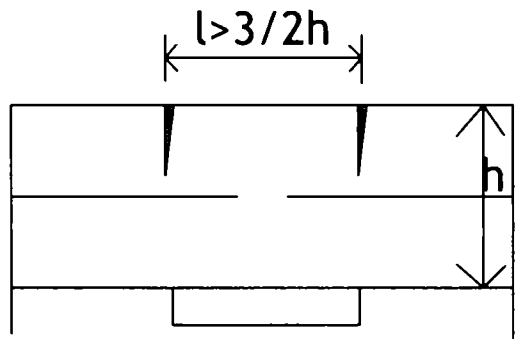


Deplasare scurtă (T)

Cauze care generează avarii în structurile cu pereți structurali

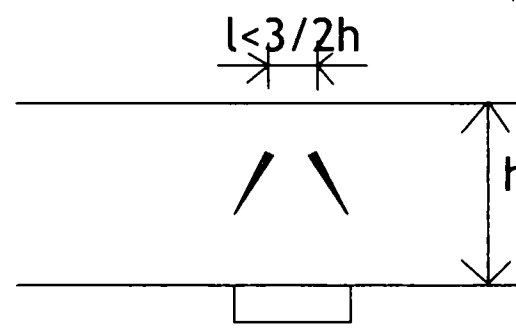


Deplasare intermediară



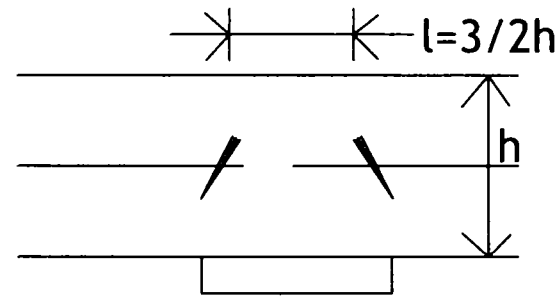
Deplasare lungă

$$\nabla > \tau$$



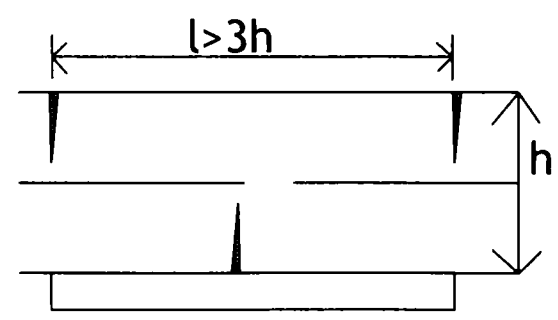
Deplasare scurtă

$$\nabla < \tau$$



Deplasare medie

$$\nabla \approx \tau$$



Deplasare foarte lungă

Fig. 3.5. Deplasări verticale

Cauze care generează avarii în structurile cu pereți structurali

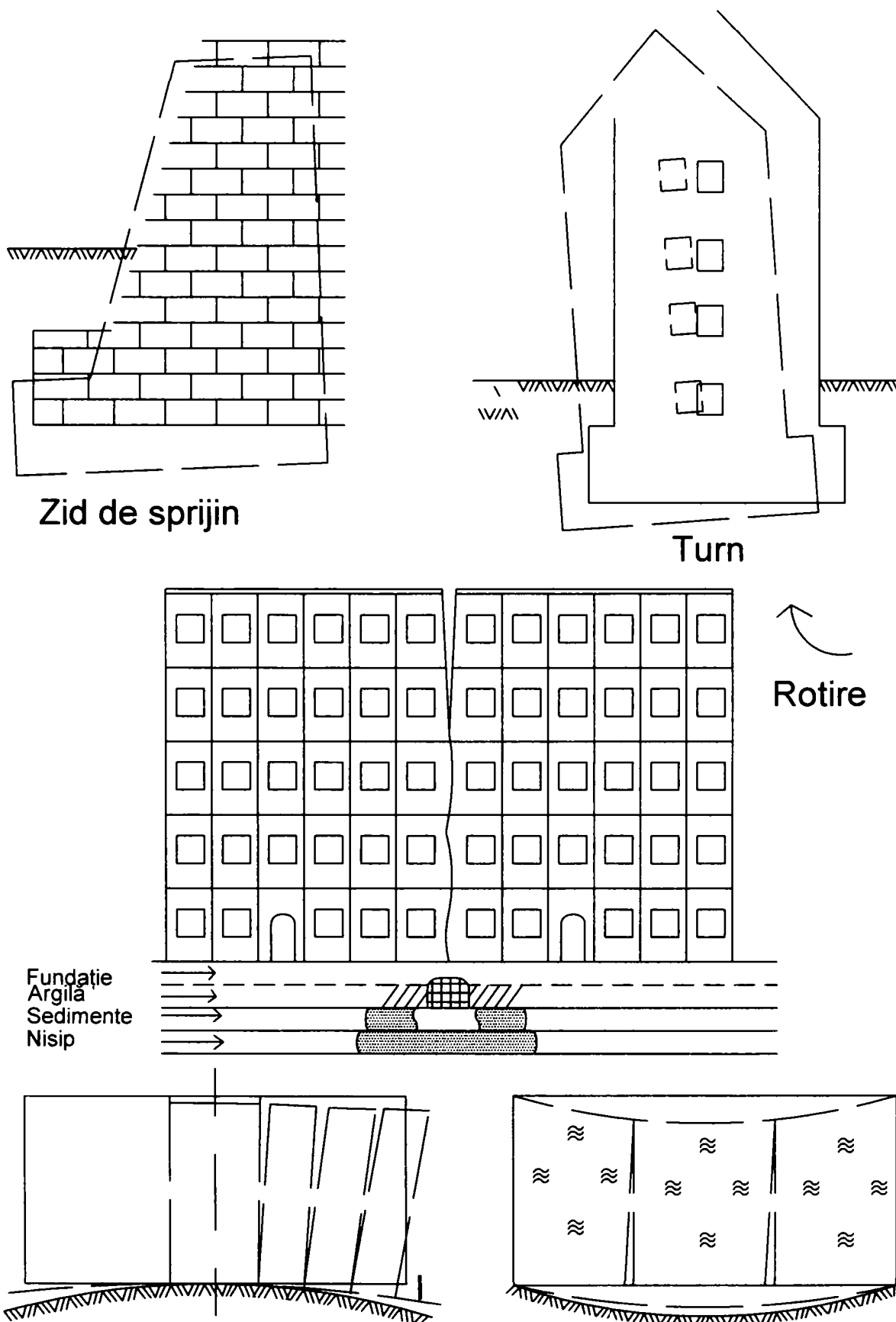


Fig. 3.6. Avarii structurale la deplasări rigide

Cauze care generează avarii în structurile cu pereți structurali

3.3. Avarii generate de suprastructură

Se iau în considerare numai avariile independente de deplasările orizontale sau verticale ale fundațiilor.

Acestea pot fi cauzate de:

- a) **tasări ale structurii verticale** (deformații pe verticală), provocând avarii de continuitate structurală. Acestea apar în zidării, în funcție de:
- caracteristicile mecanice ale mortarului;
 - numărul și grosimea rosturilor orizontale;
 - dimensiunea și forma pietrelor de zidărie;
 - tehnologia de execuție, condiții de mediu.

- b) **compresiuni mari** care conduc la zdrobirea zidăriei și la deformații transversale mari (fig.3.7.).

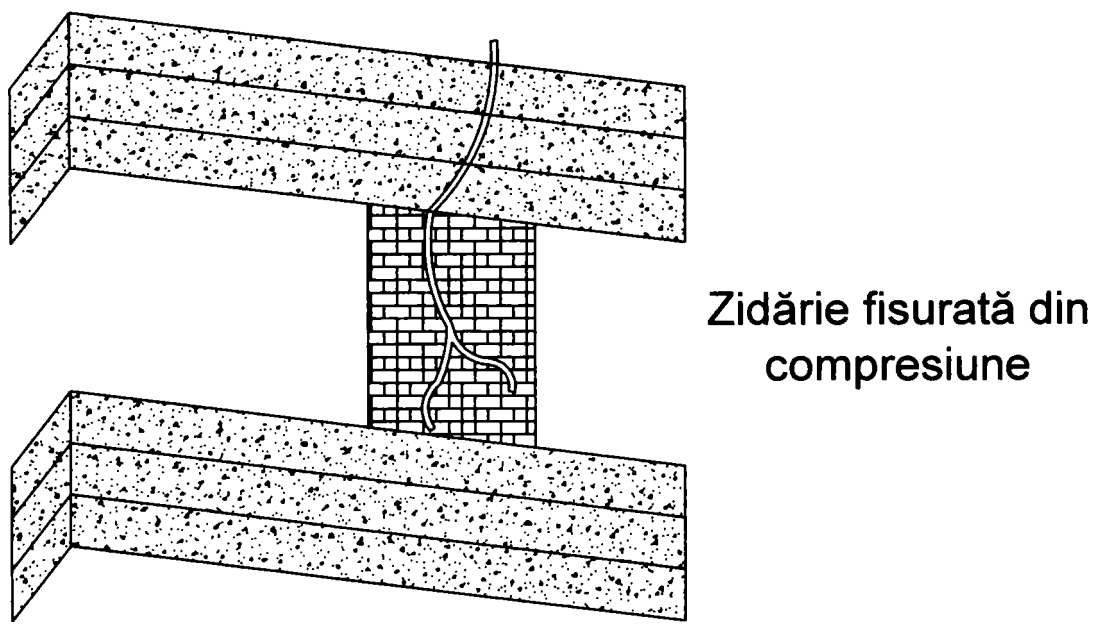
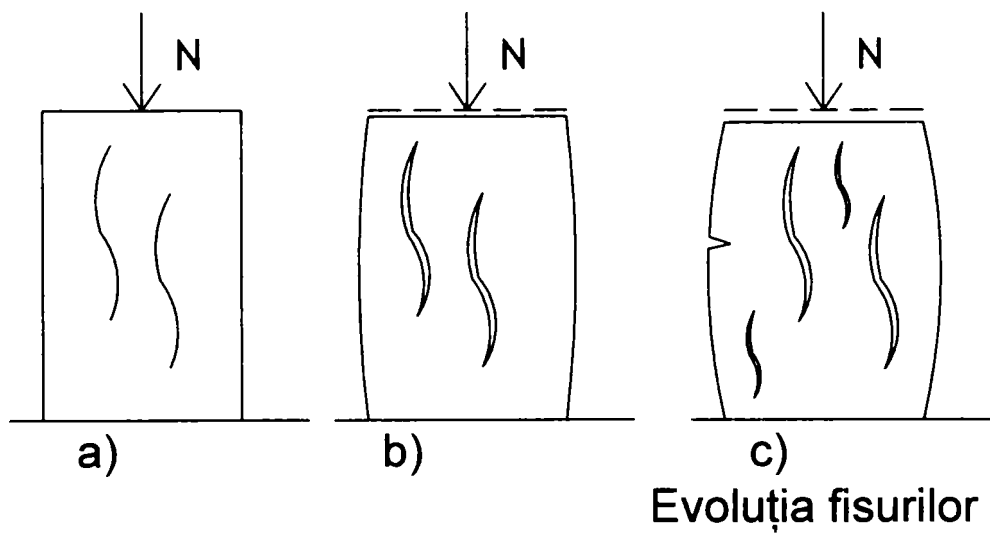
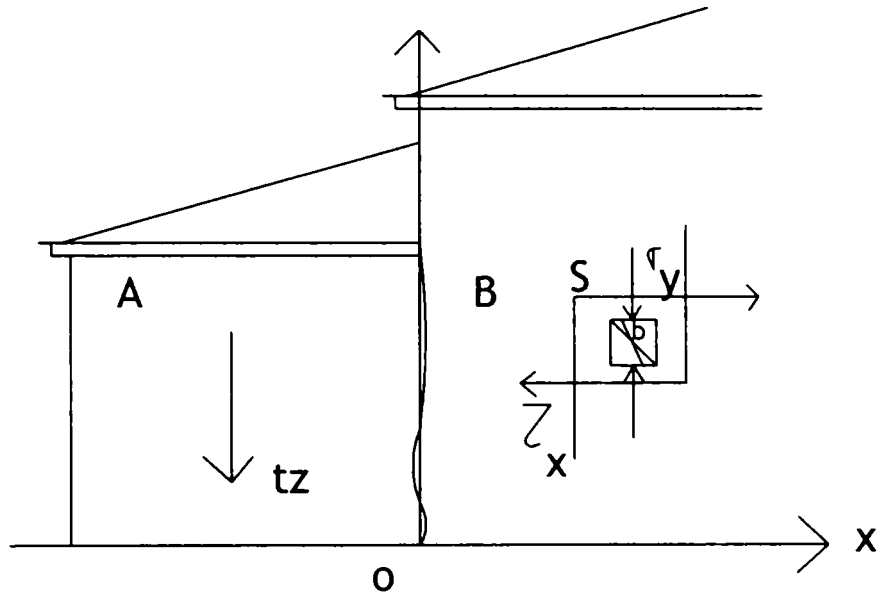
Fenomenul urmărește stadiile de lucru ale zidăriei comprimate, până la colapsul structurii (elementului).

- c) **instabilitate**, fie datorită depășirii P_{crt} , fie datorită separării elementului în subelemente componente, zvelte, cu un P_{crt} cu mult mai mic. Flambajul acestora poate fi după o latură sau mai multe (fig.3.8.).

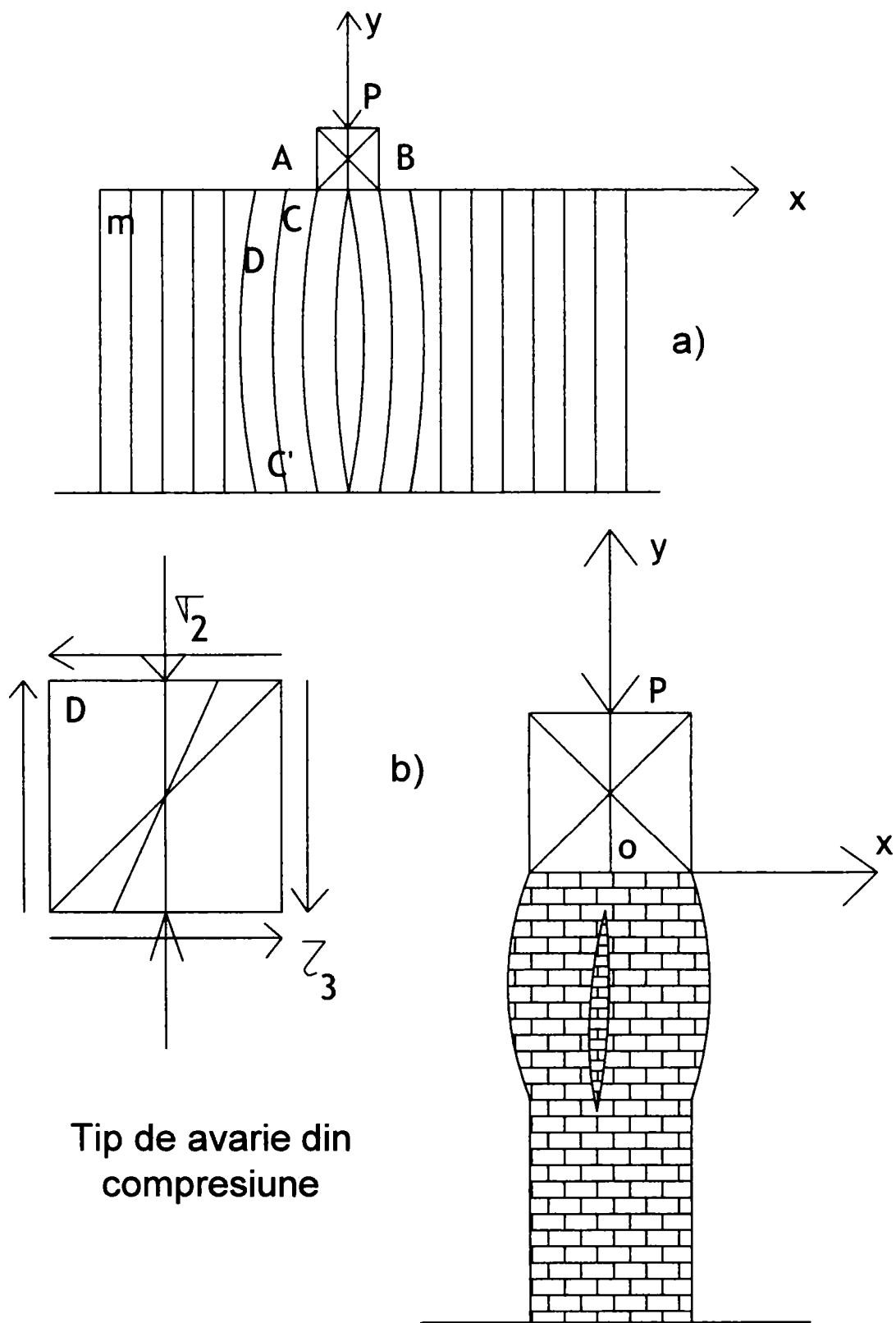
- d) **împingeri** provocate de elemente structurale care pot duce la scoaterea din plan vertical sau orizontal a unor elemente cu deformații și deplasări mari (fig.3.9.).

- e) **lipsa legăturilor** între pereți pe verticală sau la întâlnirea pereților, rezultând deplasări, desprinderi la colțuri, intersecții, etc. (fig.3.9.).

- f) **acțiuni seismice** provocate de depășirea capacității portante la lunecare (forfecare) în rost orizontal, compresiune excentrică, respectiv la eforturi principale de întindere. Acestea pot produce o stare de fisurare singulară sau combinată alături de zona cu zidărie zdrobită, ruperea legăturilor dintre pereți, deplasări ale acestora, degradarea legăturilor cu planșeele (fig.3.10.).



Cauze care generează avarii în structurile cu pereți structurali

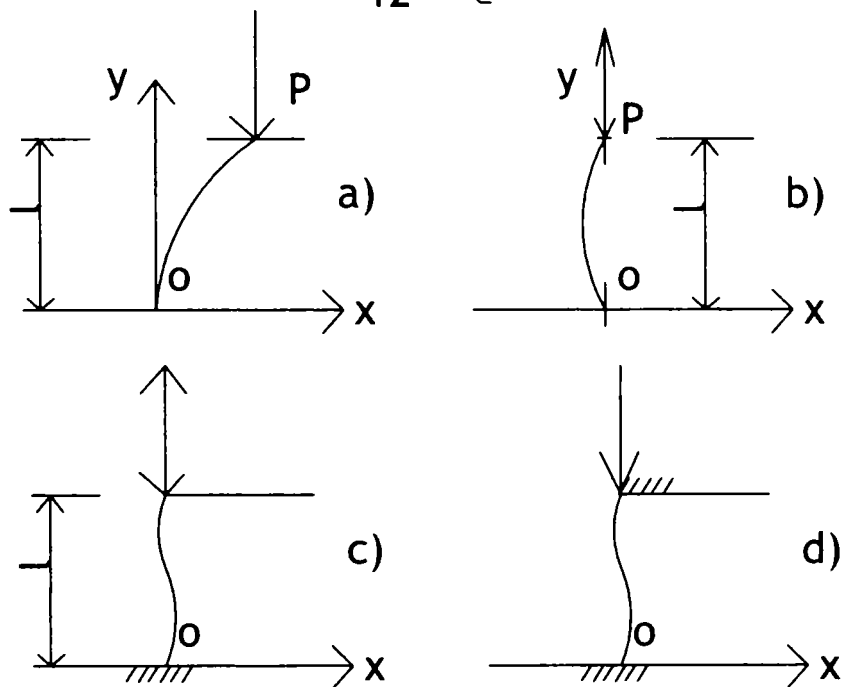


Tip de avarie din compresiune

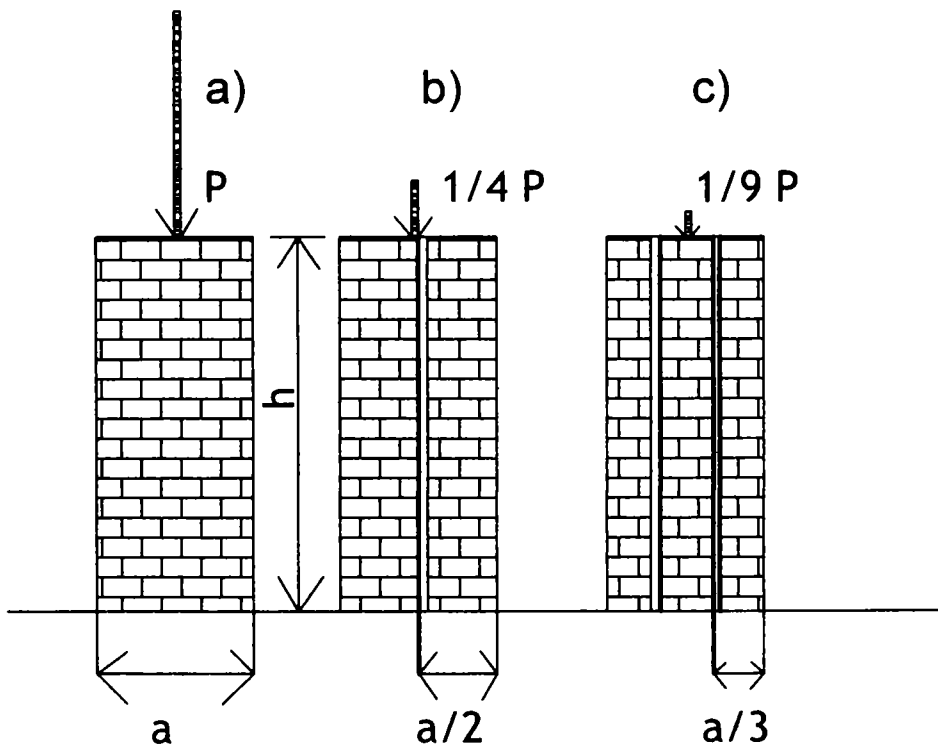
Fig. 3.7. Avarii de continuitate structurală

Cauze care generează avarii în structurile cu pereți structurali

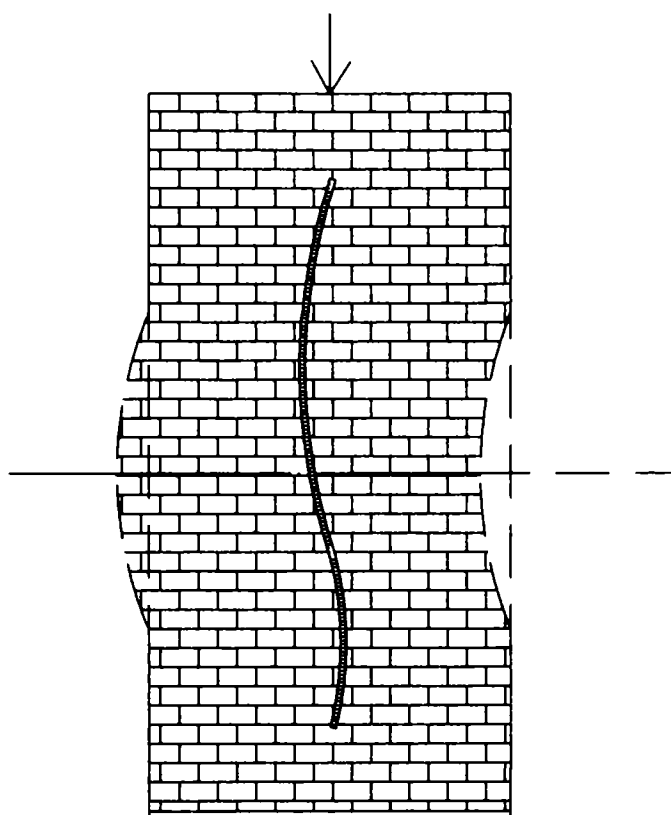
$$P = \pi^2 * E / \lambda^2 = \frac{\pi^2}{12} * \frac{\xi a^3}{e^2}$$



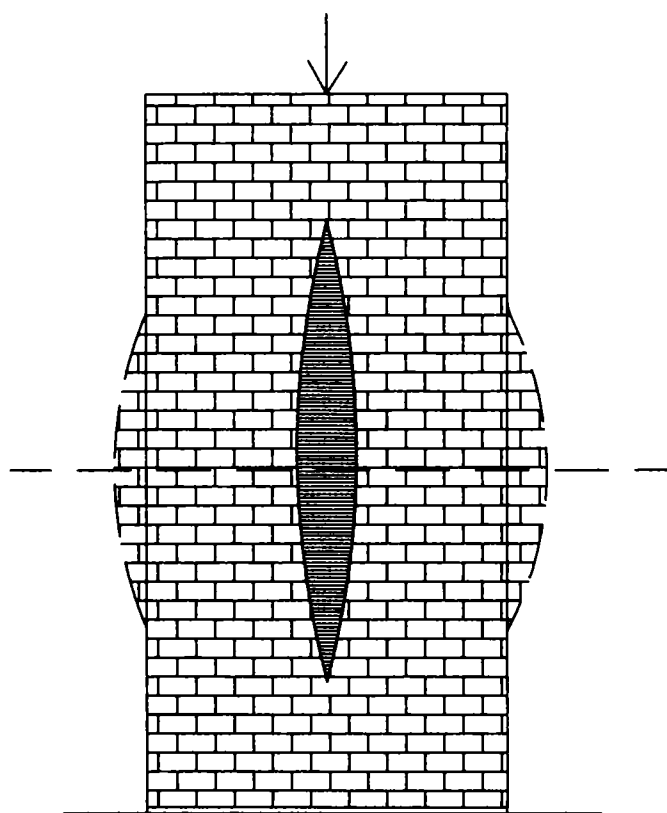
Diverse posibilități de rezemare



Cauze care generează avarii în structurile cu pereți structurali



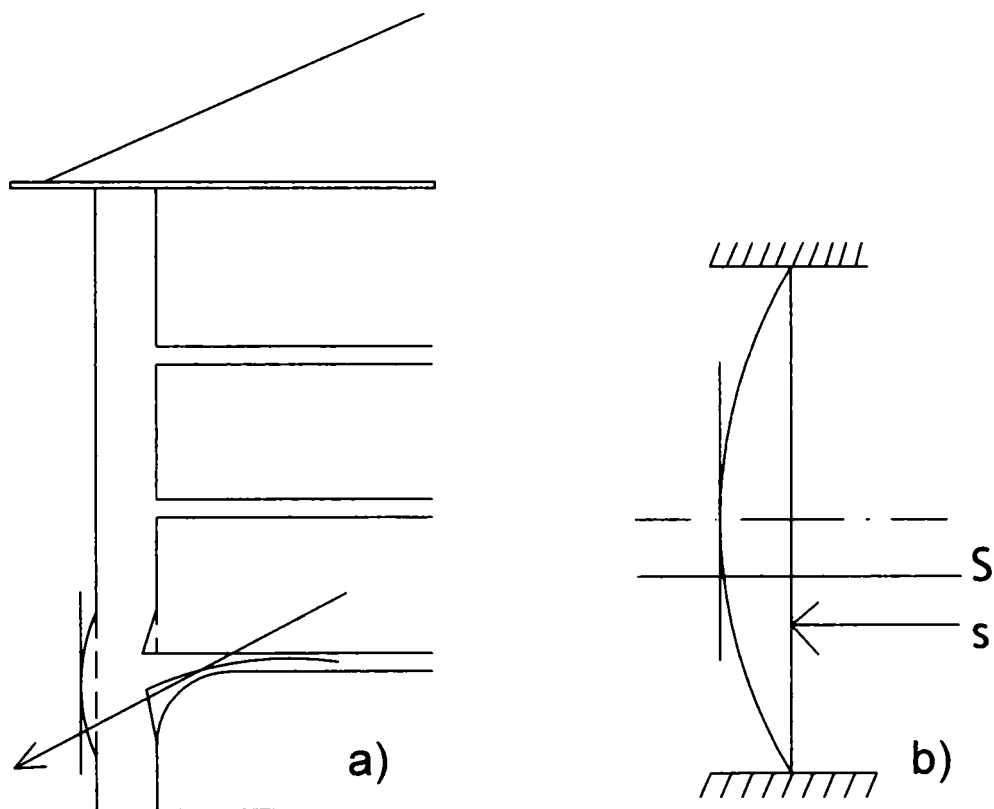
Flambaj pe o direcție



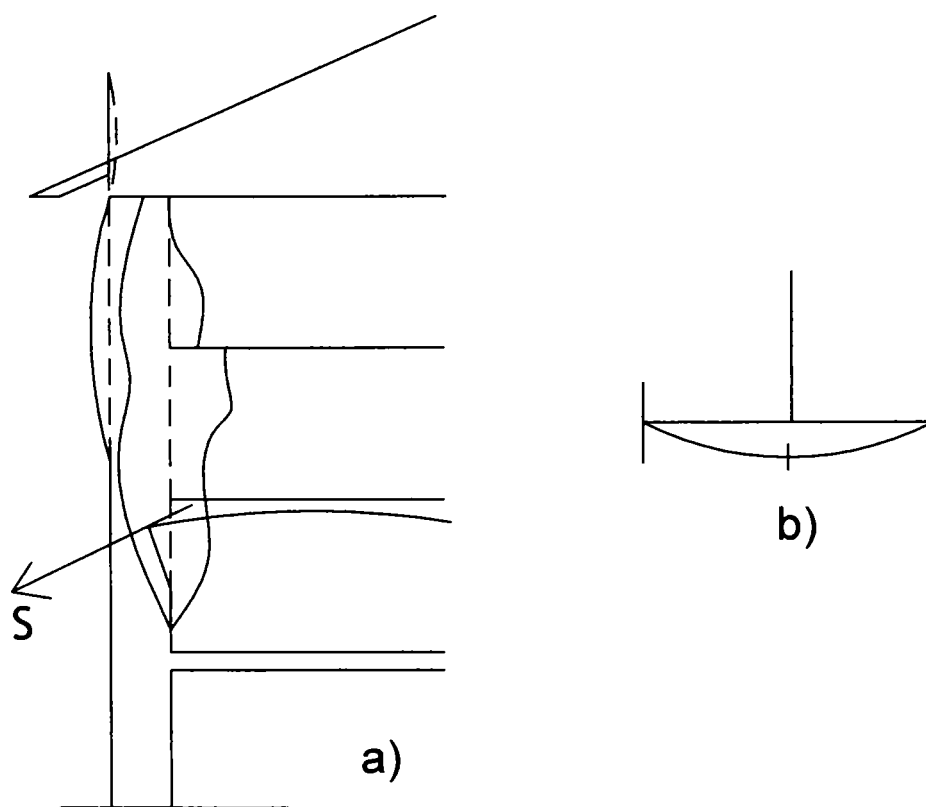
Flambaj pe două direcții

Fig. 3.8. Avarii provocate de instabilitate

Cauze care generează avarii în structurile cu pereți structurali



Efecte în plan vertical



Efecte în plan orizontal

Cauze care generează avarii în structurile cu pereți structurali

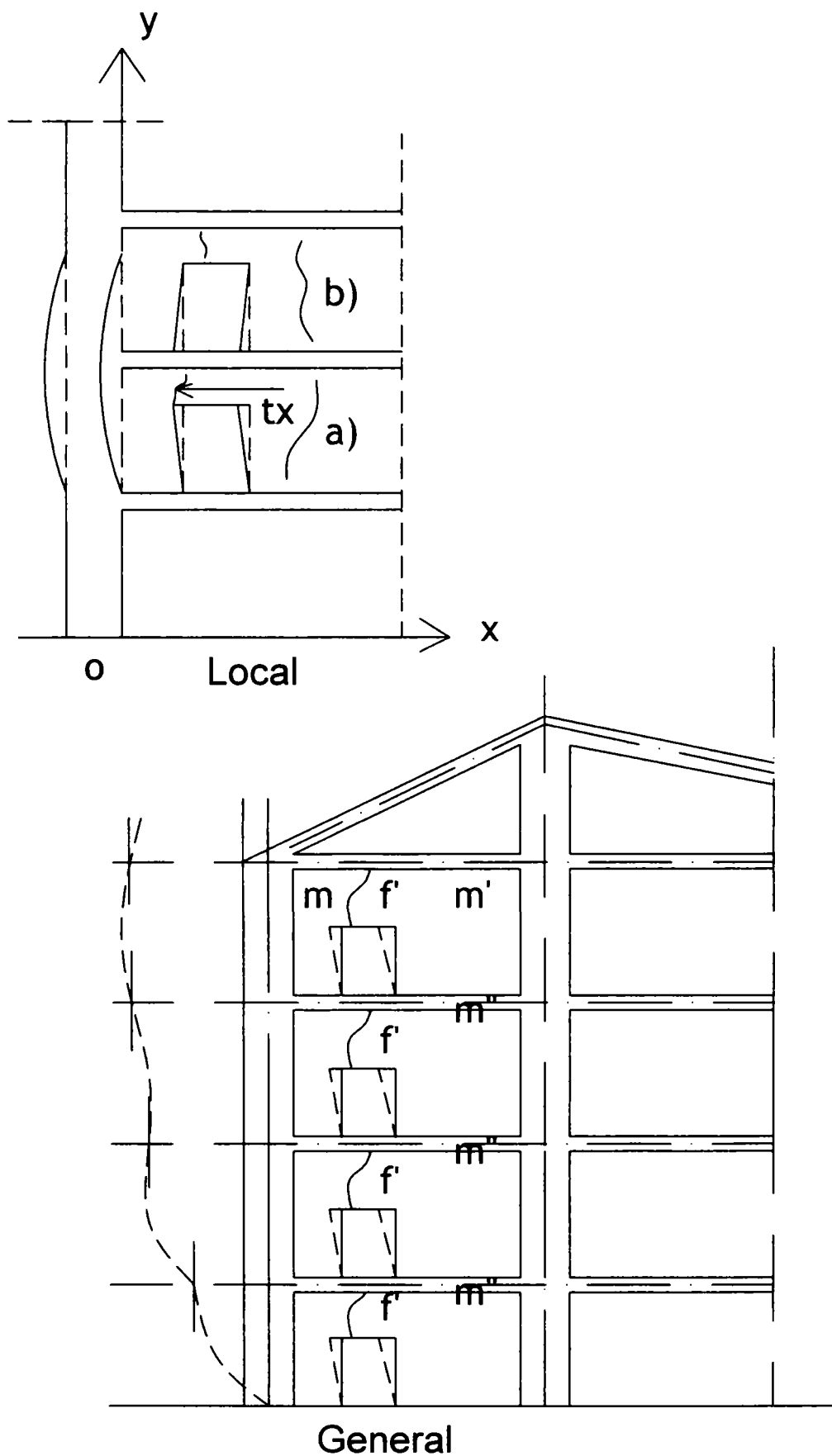


Fig. 3.9. Avarii datorate împingerilor

Cauze care generează avarii în structurile cu pereți structurali

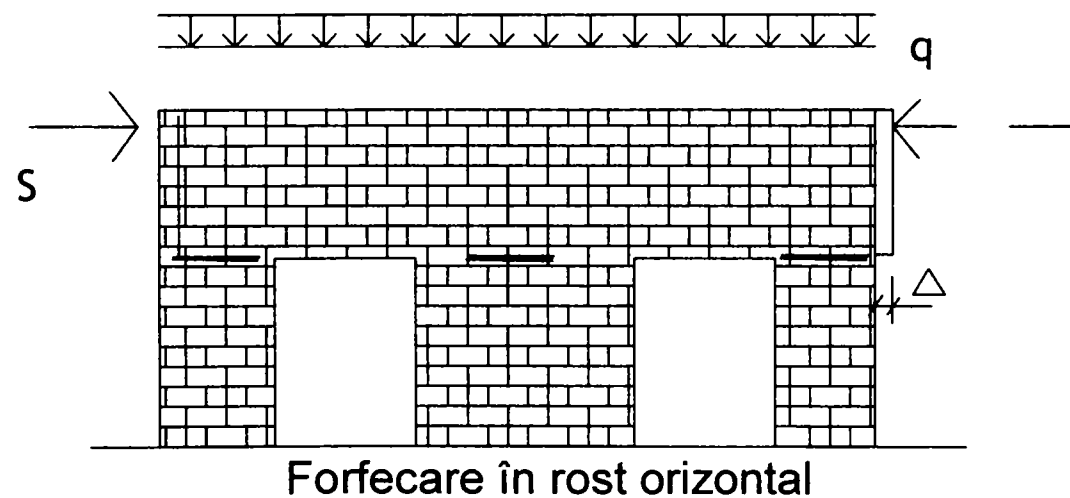
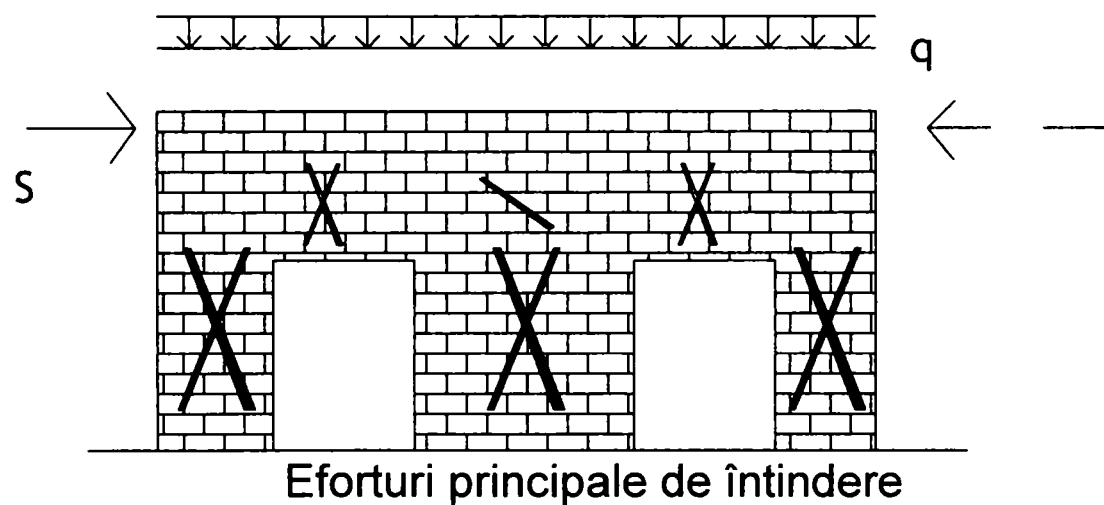
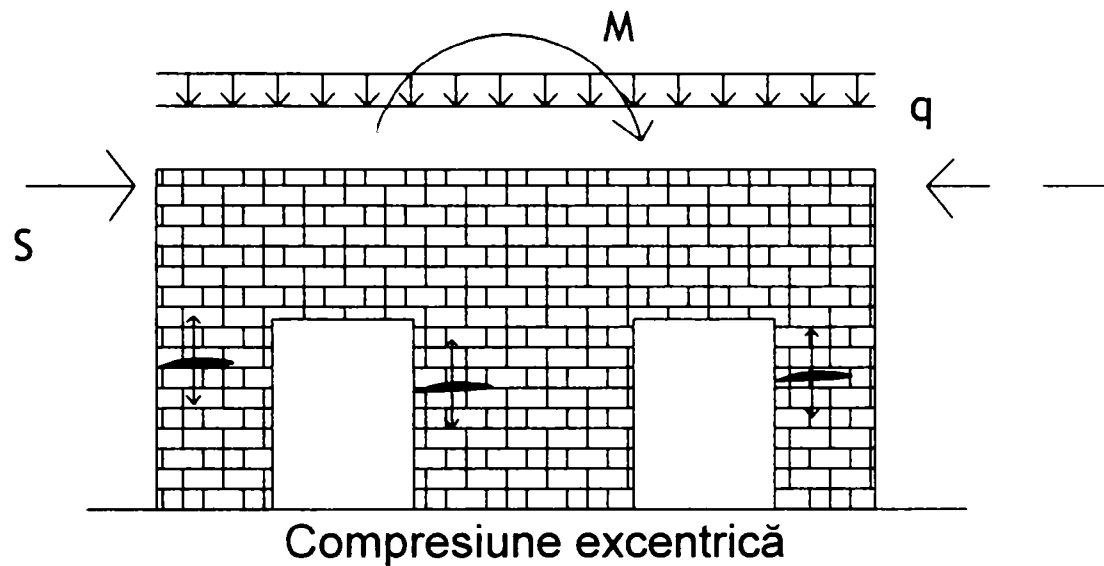


Fig. 3.10. Avarii din acțiuni seismice (S)

Cauze care generează avarii în structurile cu pereți structurali

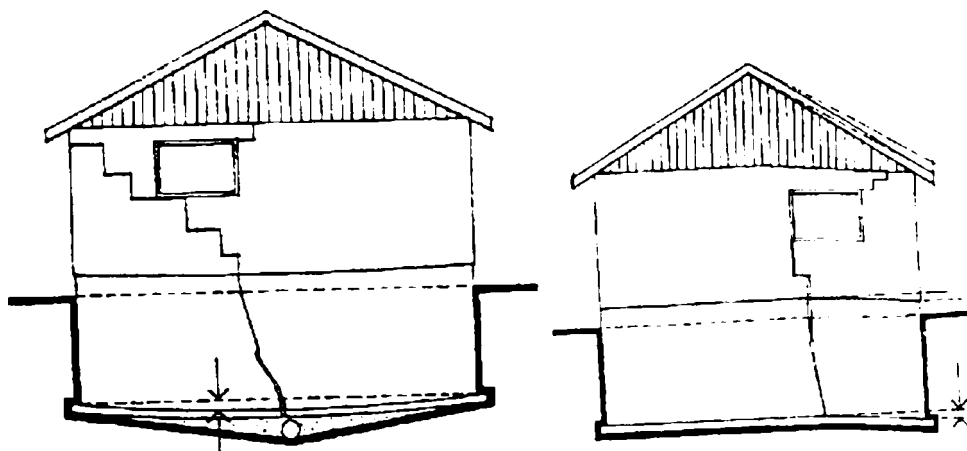


Figura 3.11.

Dacă o fisură are deschiderea spre partea inferioară (în jos) și se întinde spre partea superioară (în sus), o posibilă cauză poate fi mișcarea terenului din cauza concentrației de încărcare a acestui loc sau a unei proaste compactări a terenului, dacă conductele de apă și de scurgere intră în casă.

Avariile produse de una din cauzele de mai sus trebuie separate, consolidate, urmărindu-se:

- intervenții pentru conservare;
- reparare-consolidare pentru refacerea capacității portante inițiale;
- consolidare pentru mărirea capacității portante;
- intervenții pentru micșorarea încărcărilor;
- reproiectare antiseismică;
- reconstrucție.

3.4. Comportarea și calculul pereților structurali din zidărie la sarcini orizontale de tip seism.

3.4.1. Comportarea pereților structurali la sarcini orizontale de tip seism

Înainte de a găsi metoda de intervenție, este necesar a evalua capacitatea structurii deja existente de a suporta eventuale sarcini care nu s-au luat în considerare în perioada când s-a făcut construcția. Este cazul construcțiilor care au o destinație diferită de cea inițială sau care se consolidează pentru a respecta recente exigențe de rezistență, de exemplu acțiunile seismice. De această evaluare depinde alegerea soluțiilor de separație sau consolidare a structurii.

Evaluarea construcțiilor de zidărie presupune mai multe particularități.

Forma construcției este menținută prin unitatea elementelor structurale. Dacă sunt în structură forțe ce tind să facă deplasarea elementelor structurale între ele, este necesar să existe o forță de frecare, superioară forței aplicate.

De obicei, eforturile calculate au ordinul $1/10$ din efortul admisibil la rupere al materialului. Este normal, căci distribuția reală a diagramei de eforturi este puțin cunoscută din cauza mării eterogenități interne. Este suficient de amintit numărul de module de elasticitate diferite al rosturilor, variabilitatea tipurilor de mortare și variabilitatea dimensională a compușilor.

De obicei, eforturile calculate au ordinul $1/10$ din efortul admisibil la rupere a materialului. Este normal, căci distribuția reală a diagramei de eforturi este slab cunoscută din cauza mării eterogenități interne. Este suficient de amintit numărul de module de elasticitate diferite al rosturilor, variabilitatea tipurilor de mortare și variabilitatea dimensională a compușilor.

La nivel local, reparația constă în refacerea rosturilor prin injecție, refacerea locală a elementului degradat respectând continuitatea materiei și calitatea ei. Ca și exemplu de aplicare al acestui principiu se pot aminti intervențiile relative la zidurile a numeroase construcții vechi, formate din 2 părți superficiale de elemente de zidărie dure și un volum interior plin de un amestec de mortar și pietre. Trebuie să se asigure că umplutura va fi compactă, completă și omogenă, astfel încât consolidarea ar putea suporta eforturile medii calculate.

La nivel global, verificarea unei construcții constă în găsirea în structura zidăriei a unui sistem de forțe în echilibru cu încărcările exterioare. Cum zidăriile nu rezistă la întindere, ea e solicitată la o forță de compresiune transmisă spre elementele structurale. Esențialul este deci geometria care asigură această transmisie.

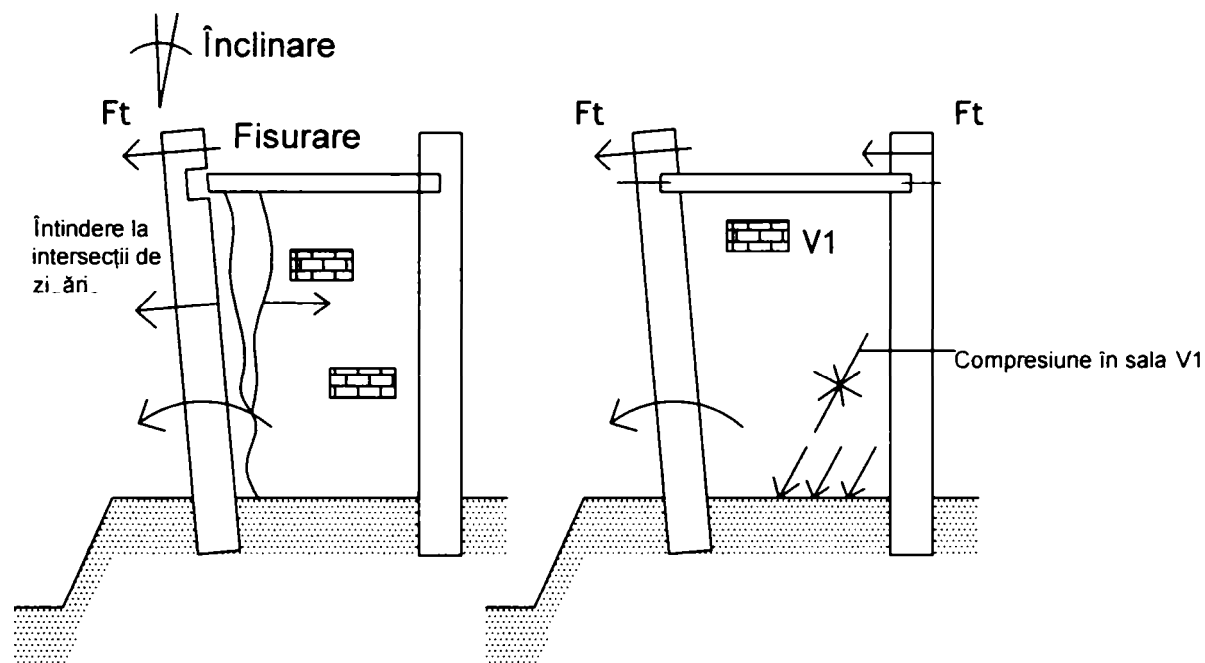
O intervenție distinctă spre a asigura stabilitatea globală a unei construcții de zidărie trebuie să aibă în vedere stabilitatea geometrică a lucrării.

În particular, se reține că vechile construcții au fost în general construite spre a suporta acțiuni verticale. Comportamentul static al acestor construcții este cel al structurilor formate din elemente plane verticale continue legate între ele, întrerupte de planșee care preiau acțiunile ce le sunt direct aplicate și funcționează eventual cu rol de diafragmă.

Pentru a rezista la acțiuni orizontale (vânt, seism) și la deformări orizontale rezultate din probleme de fundare, acest rol de diafragmă e fundamental. El contribuie la distribuția acestor acțiuni între pereți, proporțional cu rigiditatea lor, și garantează că secțiunile transversale se mențin nedeformate în planul lor, simplificând astfel comportamentul static global.

Acest fapt se exprimă în termeni (de reprezentare), spunându-se că o structură e stabilă dacă ea constituie o "cutie" închisă. Diafragmele sunt fețe ale "cutiei" în construcțiile de zidărie.

Pentru a juca acest rol de diafragmă, elementele orizontale trebuie să fie suficient de rigide și legate eficient de structurile verticale. Structurile verticale trebuie să aibă o contravântuire eficace, în două direcții. Distribuția elementelor ce contribuie la preluarea acțiunilor orizontale, trebuie să fie uniformă, spre a evita inducerea efectelor de torsiune, fiind de preferat o repartiție uniformă a încărcărilor orizontale.



Greșeli de execuție la fundație

Structură neîmbinată

Structură îmbinată

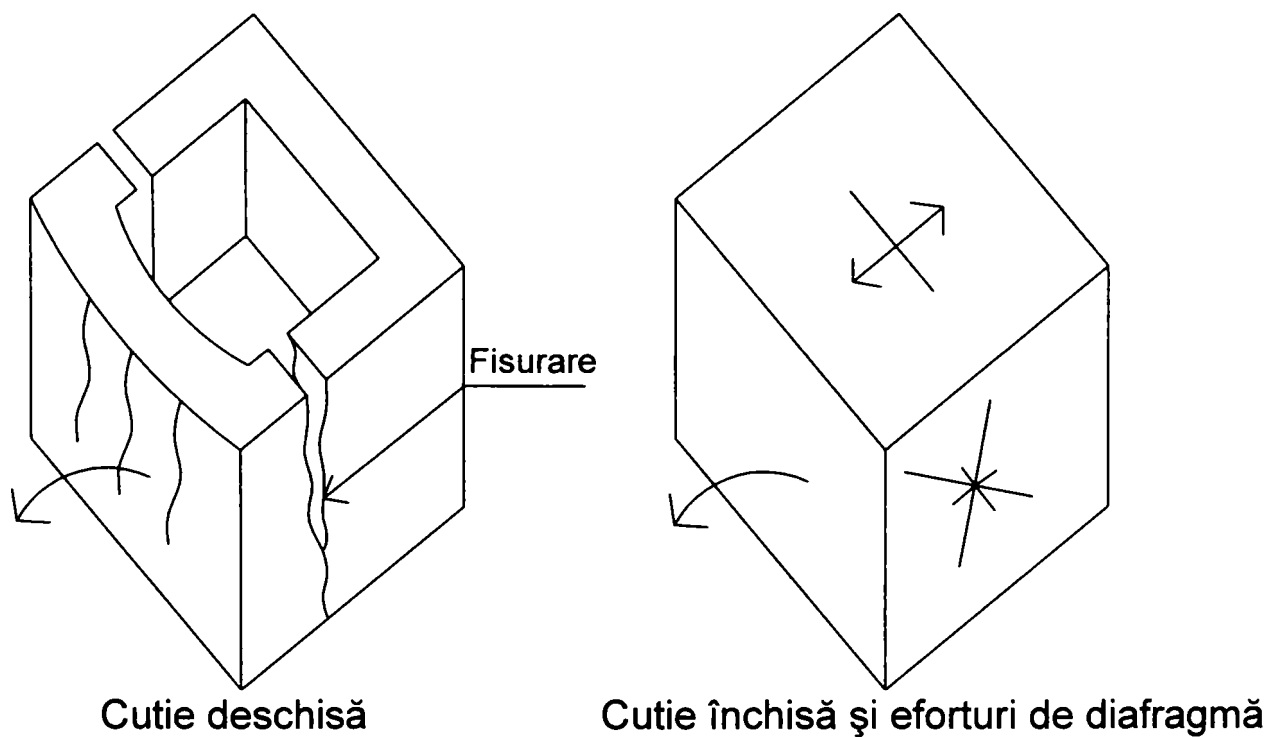


Fig. 3.12. Comportarea structurilor de tip "cutie închisă"

Cauze care generează avarii în structurile cu pereți structurali

3.4.2. Concepția antiseismică a construcțiilor

La stabilirea formei și a alcătuirii de ansamblu a construcțiilor se vor alege, de preferință, contururi regulate în plan, compacte și simetrice (fig. 3.13.), evitându-se disimetrii pronunțate în distribuția volumelor, a maselor și a rigidității în cadrul aceluiași tronson de clădire, în vederea limitării efectelor defavorabile de torsiune generală sub acțiunea seismică. Se vor evita, de regulă, clădirile cu forme în plan neregulate, cu discontinuități în zone în care pot apărea eforturi suplimentare semnificative (fig. 3.14. a).



Fig. 3.13. Forme în plan favorabile

În cazul în care sunt considerente funcționale sau de estetică ale fațadelor, configurațiile în plan prezentând neregularități sub forma unor intrânduri (ieșinduri), se recomandă ca dimensiunea acestora să nu depășească $\frac{1}{4}$ din dimensiunea totală a clădirii pe direcția considerată (fig. 3.15.).

În situațiile în care respectarea acestor prevederi pentru întreaga construcție nu este posibilă, se recomandă tronsonarea ei prin rosturi antiseismice, astfel ca pentru fiecare tronson în parte să se ajungă la o formă avantajoasă și la o distribuție avantajoasă a volumelor, maselor și rigidităților (fig. 3.14.b.).

Dacă recomandările menționate nu pot fi îndeplinite, se vor adopta modele și procedee de calcul în măsură să reflecte cât mai fidel comportarea spațială a structurii.

Se recomandă să se evite formele la care, pentru anumite direcții de acțiune seismică, pot apărea suprasolicitări ale unor elemente verticale și solicitarea dezavantajoasă a infrastructurilor.

Se recomandă ca la construcțiile înalte amplasate în zonele seismice de calcul A, B și C, dimensiunile în plan să nu depășească, de regulă, 40 m, pentru a limita efectele nefavorabile ale excitației asincrone a bazei structurii.

La clădirile etajate la care sunt necesare reduceri de gabarit (retrageri) la nivelurile superioare, acestea se vor realiza pe liniile elementelor portante verticale, urmărindu-se să nu se creeze disimetrii pronunțate pe ansamblul construcției.

Înălțimea construcțiilor se stabilește pe considerente funcționale și de sistematizare (urbană, industrială, etc.). De asemenea, la stabilirea înălțimii clădirilor se va avea în vedere și criteriul economicității, funcție și de sistemul structural adoptat (cadre, pereți structurali din beton armat, etc.). În general, dacă acesta nu contravine altor criterii, se vor prefera soluții cu înălțime redusă, în special la construcțiile cu mase permanente și utile mari.

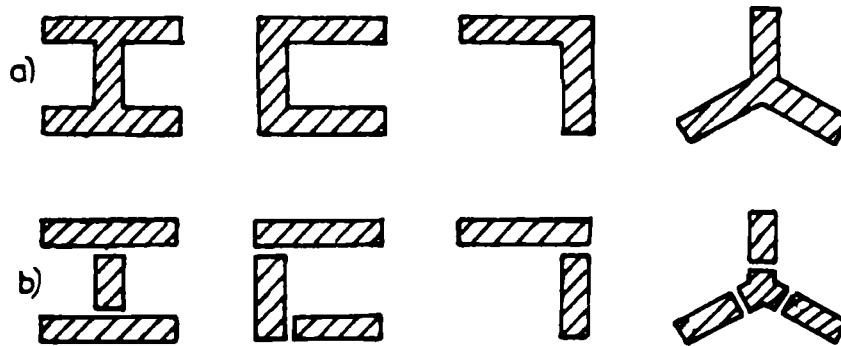


Fig 3.14. Forme în plan defavorabile (a) și exemple de tronsonare a lor prin rosturi antisismice (b)

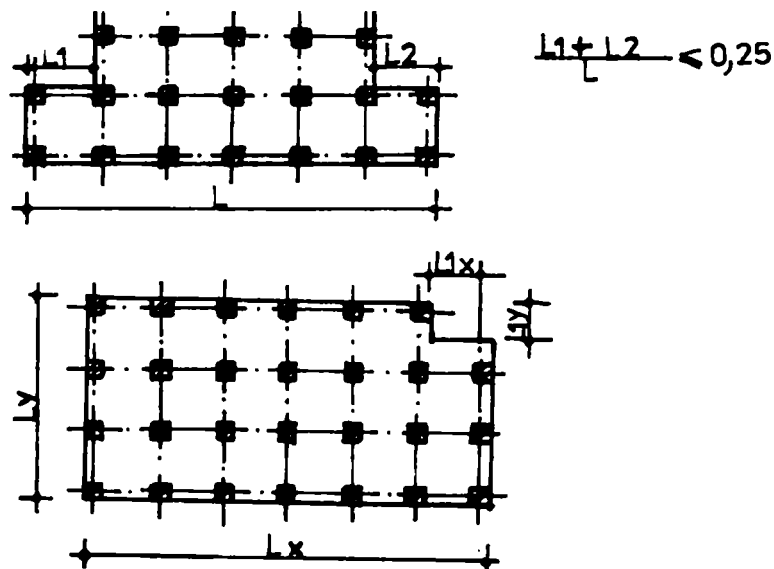


Fig 3.15. Recomandări privind dimensiunile intrândurilor (ieșindurilor) formei în plan a clădirilor

În vederea reducerii forțelor seismice care acționează asupra construcțiilor se va urmări realizarea de construcții cu mase cât mai mici. În acest scop:

- la realizarea elementelor nestructurale: învelitori, termoizolații, șape, pereți de compartimentare și de închidere, parapete de balcoane, etc., se vor utiliza cu prioritate materiale ușoare. De asemenea, se va urmări reducerea grosimii tencuielilor și a șapelor de egalizare a straturilor pentru realizarea pantelor, precum și reducerea greutateii elementelor ornamentale la clădirile la care acestea sunt necesare;

- la construcțiile cu regim ridicat de înălțime și/sau cu mase mari se recomandă utilizarea betoanelor de înaltă rezistență în elementele structurale, în special în stâlpi și pereți structurali;
- la acoperișurile (inclusiv elementele luminatoarelor și ale deflectoarelor) halelor parter cu deschideri mari se vor extinde soluțiile din materiale ușoare;
- la clădirile cu funcțiuni diferite pe înălțime se recomandă ca activitățile (funcțiunile) care implică încărcări utile mari să fie plasate la nivelurile inferioare.

Prin modul de dispunere al elementelor structurale se va asigura transmiterea cât mai directă a încărcărilor gravitaționale la teren. Se vor evita, de regulă, rezemările de stâlpi pe grinzi, acestea fiind acceptate numai în cazul stâlpilor cu încărcări reduse de la ultimele 1-2 niveluri ale clădirilor etajate cu retrageri.

De asemenea, se recomandă să se evite transmiterea indirectă a unor forțe mari prin rezemări "grindă pe grindă".

Se vor evita, de regulă, elementele în consolă cu deschideri și/sau încărcări mari.

Se va asigura conlucrarea spațială între componentele sistemelor (subsistemelor) structurale prin realizarea la nivelul planșeelor intermediare și de acoperiș a unor șaibe sau contravântuiri orizontale suficient de rigide și de rezistente.

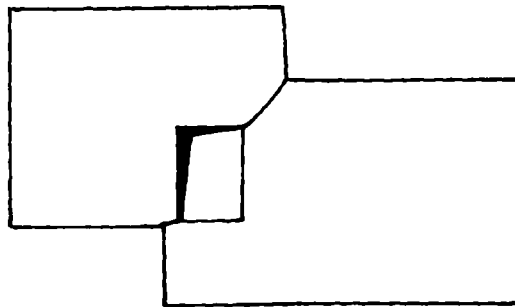


Fig. 3.16. Poziție nefavorabilă a golurilor în planul clădirii

Se va urmări ca prin forma planșeului și prin plasarea adecvată a golurilor (pentru scară, ascensor și instalații) să nu se slăbească exagerat planșeul după anumite secțiuni, evitându-se apariția unor ruperi în lungul acestora la acțiunea unor cutremure de intensitate ridicată (fig.3.16.).

La clădirile etajate se recomandă utilizarea soluțiilor cu rigiditate sporită prin introducerea unor pereți structurali pe toată înălțimea clădirilor, în toate cazurile în care necesitatea funcțională a unor spații libere sau forma construcției nu împiedică introducerea lor. De asemenea, la alegerea sistemului structural pe criterii de rigiditate se vor avea în vedere și modul de realizare a pereților de compartimentare și de închidere, precum și a legăturii între elementele nestructurale și elementele structurii de rezistență, măsura în care primele împiedică deformațiile libere ale ultimelor.

La stabilirea distribuției elementelor în cadrul ansamblului structural și la dimensionarea rigidității acestora se vor avea în vedere următoarele:

- rigiditățile de ansamblu la deplasare laterală ale construcției pe direcția celor două axe principale, respectiv perioadele fundamentale de oscilație în cele două direcții, să fie cât mai apropiate;

- în cazul construcțiilor cu mai multe deschideri se va urmări, prin dimensionarea adecvată a rigidității elementelor, să se evite suprasolicitarea pe anumite zone a șaibelor constituite de planșee;
- la poziționarea pereților de compartimentare și de închidere se va urmări ca prezența acestora să nu modifice comportarea structurală în raport cu modelul de calcul adoptat la proiectare. Astfel, de exemplu, la închiderea halelor prefabricate legăturile pereților cu structura de rezistență vor fi astfel alcătuite încât să nu fie împiedicate deformațiile libere ale structurii în planul pereților;
- la clădirile etajate se va urmări asigurarea unei variații continue a rigidității la nivel de deplasare laterală, fără schimbări bruște de la un nivel al altul.

Se vor evita schimbările bruște în capacitățile de rezistență ale elementelor structurale pe înălțimea clădirii, în vederea obținerii unei comportări favorabile în domeniul post-elastic de deformare.

La stabilirea poziției în plan a elementelor cu rigiditate sporită (de exemplu, a pereților structurali) se va urmări ca efectul de torsiune generală să poată fi preluat fără suprasolicitări importante. În acest sens, se recomandă ca cel puțin pe una din direcții elementele (subansamblele) de rigiditate sporită să fie suficient de depărtate pentru a obține un braț de pârghie avantajos.

Elementelor celor mai încărcate din acțiunea forțelor orizontale trebuie să li se asigure o încărcare gravitațională aferentă suficientă (să fie suficient testate) astfel încât să se poată obține condiții avantajoase de preluare a solicitărilor din încărcările orizontale și de transmitere a acestora la fundații.

Se va urmări prin dimensionare și prin alcătuire, să se înzestreze elementele structurale și structura în ansamblu cu suficientă ductilitate pentru a realiza o comportare favorabilă la acțiuni seismice intense (fără cedări casante pierderi de stabilitate sau alte avarieri periculoase sau greu remediabile).

În cazurile speciale ale construcțiilor sau părților de construcții la care apariția unor deformații postelastice sub acțiunea cutremurelor ar crea riscuri pentru mediul înconjurător (pierderea impermeabilității unor rezervoare sau unor conducte conținând lichide sau gaze toxice, puternic corozive, inflamabile, etc.) se vor lua măsuri speciale de protecție, pe baza unor criterii de verificare specifice, inclusiv asigurarea pentru anumite elemente a unui răspuns seismic elastic.

La construcțiile etajate cu înălțimi supraterane de peste 25 m se recomandă realizarea unor infrastructuri alcătuite ca o cutie rigidă compuse din sistemul pereților de subsol pe două direcții, planșeul peste subsol și sistemul de fundații.

Pentru construcțiile în cadre având înălțimea supraterană $H > 25$ m se admite legarea între ele a fundațiilor izolate prin grinzi sau prin placa pardoselii alcătuite corespunzător.

Infrastructura în ansamblu, ca și terenul pe care reazemă construcția trebuie să fie, de regulă, capabile să preia eforturile ce le revin din acțiunea suprastructurii fără deformații remanente semnificative.

3.4.3. Comentarii privind stadiile de lucru ale zidăriei la sarcini orizontale (elastic, fisurare, ultim, ultim-plastic)

Ipotezele care stau la baza relațiilor de calcul pentru determinarea capacităților de rezistență sunt următoarele:

- se acceptă valabilitatea legii Bernoulli (secțiunile plane rămân plane și după deformare);
- rezistența la întindere din încovoiere este nulă;
- pentru zonele din secțiunile transversale cu deformații elastice ($\varepsilon < \varepsilon_c$), eforturile unitare σ de compresiune variază liniar;
- pentru zonele cu deformații postelastice ($\varepsilon \geq \varepsilon_c$), eforturile unitare de compresiune sunt constante și egale cu rezistența la compresiune a zidăriei (R_c);
- referitor la distribuția eforturilor unitare tangențiale τ , s-au acceptat următoarele ipoteze:

- valabilitatea legii lui Juravski (distribuția parabolică);
- eforturile τ sunt distribuite numai în zona comprimată cu deformații elastice

($\varepsilon \geq \varepsilon_c$);

- la secțiunile cu tălpi, pentru calculul forței tăietoare capabile, în mod acoperitor s-a neglijat contribuția datorată eforturilor tangențiale distribuite pe talpă.

Ipotezele considerate au fost verificate prin calcule cu metoda elementului finit, în ipotezele Teoriei Elasticității, în care ipoteza secțiunilor plane este înlocuită de ipoteza asigurării continuității secțiunilor după deformare. În urma analizei efectuate, rezultă că față de calculul simplificat în ipotezele Rezistenței Materialelor, diferențele care se obțin printr-un calcul riguros și complicat, sunt ne semnificative, iar relațiile de calcul ale capacităților de rezistență la forța tăietoare în secțiune înclinată bazate pe distribuția eforturilor σ și τ în ipotezele simplificatoare menționate mai sus, sunt acoperitoare mai ales în cazurile uzuale ale raportului $H/D \geq 2$.

Se consideră următoarele stadii de deformație:

FISURARE – “F”

- efortul unitar de compresiune la capătul secțiunii întins de momentul încovoiător este nul, iar la capătul secțiunii comprimat de momentul încovoiător este respectată condiția $\sigma < R_c$

- eforturile unitare normale σ au o distribuție liniară
- eforturile unitare tangențiale τ au o distribuție parabolică

CURGERE – “C”

- sunt valabile ipotezele de la stadiul FISURARE și în plus în zona comprimată, eforturile de compresiune sunt limitate la valoarea rezistenței la compresiune a zidăriei $\sigma = R_c$

ULTIM – “U”

- distribuția de eforturi unitare normale σ este liniară în zona comprimată cu deformații elastice și uniformă, și egală cu rezistența la compresiune a zidăriei, în zona comprimată cu deformații postelastice ($\varepsilon < \varepsilon_c$)

ULTIM PLASTIC – “UP”

Deosebirea dintre “U” și “UP” constă în distribuția eforturilor unitare normale care în acest caz sunt considerate constante.

Acest lucru conduce la o simplificare a formulelor de calcul, dar da rezultate mai puțin exacte.

Pentru fiecare din cele trei stadii de deformație și fiecare tip de secțiune (dreptunghiulară, T și I) au fost stabilite scheme logice cu formulele de calcul ale capacităților de rezistență la forța tăietoare asociate ruperii în fisura înclinată din eforturi principale de întindere și a celor asociate capacităților de rezistență la încovoiere în stadiile de deformație respective. S-au întocmit de asemenea, tabele de valori ale capacităților de rezistență la forța tăietoare enumerate mai sus, pentru diferite valori ale efortului unitar normal și pentru valori ale rezistențelor zidăriei conform Tabelului 3.11., considerând în calcul elementul structural consola încastrată la bază sau "spaletele" dintre două goluri în pereții de fațadă.

Se determină următoarele valori ale capacităților de rezistență:

$\tau_{0, \text{cap}, F}$ - efortul tangențial nominal capabil în stadiul "F" corespunzător ruperii în secțiuni înclinate din eforturi principale de întindere;

$Q_{\text{cap}, F}$ - forța tăietoare capabilă în stadiul "F"

Schema DCF;

Schema TCF;

Schema ICF.

$\tau_{0, \text{cap}, C}$ - efortul tangențial nominal capabil în stadiul "C"

$Q_{\text{cap}, C}$ - forța tăietoare capabilă în stadiul "C"

Schema DCC;

Schema TCC;

Schema ICC.

$\tau_{0, \text{cap}, U}$ - efortul tangențial nominal capabil în stadiul "U"

$Q_{\text{cap}, U}$ - forța tăietoare capabilă în stadiul "U"

Schema DCU;

Schema TCU;

Schema ICU.

$\tau_{0, \text{cap}, UP}$ - efortul tangențial nominal capabil în stadiul "UP"

$Q_{\text{cap}, UP}$ - forța tăietoare capabilă în stadiul "C"

Schema DCUP;

Schema TCUP;

Schema ICUP.

$\tau_{0, \text{asoc}, F}$ - efortul tangențial nominal asociat capacității de rezistență la încovoiere în stadiul "F"

$Q_{\text{asoc}, F}$ - forța tăietoare asociată stadiului "F"

Schema DAF;

Schema TAF;

Schema IAF.

$\tau_{0, \text{asoc}, C}$ - efortul tangențial nominal asociat capacității de rezistență la încovoiere în stadiul "C"

$Q_{\text{asoc}, C}$ - forța tăietoare asociată stadiului "C"

Schema DAC;

Schema TAC;

Schema IAC.

Teză de doctorat	Contribuții la perfecționarea soluțiilor de consolidare aplicate clădirilor civile	88
------------------	--	----

$\tau_{0,asoc,U}$ – efortul tangențial nominal asociat capacității de rezistență la încovoiere în stadiul “U”

$Q_{asoc,U}$ – forța tăietoare asociată stadiului “U”

Schema DAU;

Schema TAU;

Schema IAU.

$\tau_{0,asoc,UP}$ – efortul tangențial nominal asociat capacității de rezistență la încovoiere în stadiul “UP”

$Q_{asoc,UP}$ – forța tăietoare asociată stadiului “UP”

Schema DAUP;

Schema TAUP;

Schema IAUP.

Capacitatea de rezistență a secțiunii elementului la forța tăietoare se determină așa cum este arătat în Schema QCAP, în funcție de raportul între valorile $\tau_{0,cap}$ și $\tau_{0,asoc}$ în stadiile de deformație “F”, “C” și “U” (“UP”).

Stabilirea modului de rupere al secțiunii

Comparând valorile forțelor tăietoare capabile cu cele asociate capacității de rezistență la încovoiere (Q_{cap} ; Q_{asoc}) pentru fiecare din cele trei stadii de deformație se poate determina modul de rupere al secțiunii astfel:

1. dacă:

$$Q_{cap F} > Q_{asoc, F}$$

$$Q_{cap C} > Q_{asoc, C}$$

$$Q_{cap U(UP)} > Q_{asoc, U(UP)}$$

modul de rupere este DUCTIL

2. dacă:

$$Q_{cap F} > Q_{asoc, F}$$

$$Q_{cap C} > Q_{asoc, C}$$

$$Q_{cap U(UP)} < Q_{asoc, U(UP)}$$

modul de rupere cu DUCTILITATE limitata

3. dacă:

$$Q_{cap F} > Q_{asoc, F}$$

$$Q_{cap C} < Q_{asoc, C}$$

$$Q_{cap U(UP)} < Q_{asoc, U(UP)}$$

modul de rupere este FRAGIL

4. dacă:

$$Q_{cap F} < Q_{asoc, F}$$

$$Q_{cap C} < Q_{asoc, C}$$

$$Q_{cap U(UP)} < Q_{asoc, U(UP)}$$

Sintetic, cele de mai sus se pot prezenta astfel:

Tabelul 3.10.

Mod de rupere	Stadii		
	F	C	U
1	M	M	M
2	M	M	Q
3	M	Q	Q
4	Q	Q	Q

Stabilirea capacității totale de rezistență

Capacitatea totală de rezistență pentru fiecare direcție este definită de suma forțelor tăietoare capabile pentru direcția de calcul considerată:

$$Q_{total, cap} = \sum_{i=1}^n Q_{i, cap} \quad (*)$$

unde:

$Q_{i, cap}$ – reprezintă capacitatea de rezistență a elementului "i" pe direcția de calcul considerată;

n – numărul de elemente structurale, pe direcția de calcul considerată.

În cazul clădirilor la care planșeele realizează efectul de diafragmă în relația (*) sumarea se face pentru totalitatea elementelor considerate în calcul pe fiecare direcție separat.

În cazul clădirilor la care planșeele nu realizează efectul de diafragmă în relația (*) sumarea se face pentru elementele fiecărui șir în parte.

Trebuie îndeplinită condiția: $Q_{total, cap} > Q_B = \alpha k_s \beta \psi \varepsilon G$

Greutatea G reprezintă greutatea întregii clădiri când planșeele realizează efectul de diafragmă și greutatea aferentă șirului de elemente pentru care se face calculul, când planșeele nu realizează efectul de diafragmă.

Stabilirea valorilor coeficientului ψ

La stabilirea valorilor ψ din relația de calcul a forței tăietoare de bază

$$Q_B = \alpha k_s \beta \psi \varepsilon G$$

trebuie avute în vedere următoarele:

- în cazul construcțiilor noi, proiectate cu respectarea principiilor de alcătuire și conformare din Normativul P100-92, valoarea coeficientului ψ este cea din tabelul 5.4. : $\psi = 0,30$;
- în cazul construcțiilor noi, care din diferite considerente (partiuri de arhitectură, condiții de teren, etc.) prezintă unele vulnerabilități structurale precum și în cazul expertizării construcțiilor existente ce prezintă vulnerabilități structurale, valorile coeficientului ψ vor fi majorate, respectându-se condiția: $\psi \leq 1,00$;

Această majorare se poate face de către proiectant sau de către expert, prin aprecierea efectelor defavorabile ale diferitelor vulnerabilități structurale ("metoda penalizării" – ing. E. Titaru) care pot fi:

- vulnerabilități structurale de sistem cauzate de deficiențe de conformare;
- neregularități de formă în plan orizontal;
- neregularități de formă în plan vertical;
- vulnerabilități structurale locale (de exemplu unii pereți structurali prezintă un mod de rupere casant), etc.

Tabelul 3.11.
Rezistențele zidăriei

Marcă cărămidă	Marcă mortar	Rc	R2	Rm	Ri	Rt
		Kgf/cm ²				
C ₅₀	M4	12,0	0,45	0,45	0,20	0,45
	M10	14,0	0,90	0,90	0,65	1,10
	M25	18,0	1,80	1,80	1,10	2,45
	M50	20,0	2,70	2,70	1,80	3,55
C ₇₅	M4	14,0	0,45	0,45	0,20	0,45
	M10	18,0	0,90	0,90	0,65	1,10
	M25	22,0	1,80	1,80	1,10	2,45
	M50	26,0	2,70	2,70	1,80	3,55
C ₁₀₀	M4	18,0	0,45	0,45	0,20	0,45
	M10	20,0	0,90	0,90	0,65	1,10
	M25	26,0	1,80	1,80	1,10	2,45
	M50	30,0	2,70	2,70	1,80	3,65
C ₁₅₀	M4	24,0	0,45	0,45	0,20	0,45
	M10	26,0	0,90	0,90	0,65	1,10
	M25	30,0	1,80	1,80	1,10	2,45
	M50	36,0	2,70	2,70	1,80	3,55

Cauze care generează avarii în structurile cu pereți structurali

Teză de doctorat	Contribuții la perfecționarea soluțiilor de consolidare aplicate clădirilor civile	91
------------------	--	----

CAPITOLUL 4

SOLUȚII DE CONSOLIDARE ALE STRUCTURILOR CU ELEMENTE STRUCTURALE DIN ZIDĂRIE

4.1. Reparații prin injectarea zidărilor

a) Materiale pentru injecție

Tehnica reparației minime a fisurilor constă în a le injecta cu ciment. Astfel i se aduce zidăriei integritate și în consecință rigiditatea inițială. Concentrația mortarului de ciment trebuie să aibă o fluiditate suficientă, o rezistență ridicată, o contracție scăzută și caracteristici stabile în timp.

Aceste proprietăți se pot obține cu un mortar obișnuit cu adaosuri de silicon și cu un raport apă/ciment mai mic de 0,8, prin folosirea aditivărilor.

Cantitatea de agregate trebuie să fie de 10% din ciment, iar mărimea granulelor trebuie să fie 35-40% din lățimea fisurii.

Un rezultat particular eficient ce privește limitarea contracției este obținut din mortari "reoplastice" care conțin polimeri de sinteză de la 1,5 la 3 litri la 100 kg de ciment. În acest caz fluiditatea este obținută ușor, iar raportul apă/ciment poate fi viabil (0,4-0,5) și se obține o creștere a rezistenței de ordin a 20% și o ameliorare a aderenței.

b) Pregătirea zidăriei înainte de injecție

Trebuie să se asigure calitatea paramentului. Dacă rosturile nu sunt bine realizate, pot lăsa loc la scurgeri în timpul operației de injecție.

Dacă zidăria e acoperită de tencuială, aceasta trebuie să aibă aderență și impermeabilitate relativă la apă. Dacă prima condiție nu este îndeplinită, mortarul nu va rămâne în zidărie.

Trebuie să se verifice să nu existe găuri sau posibilități de scurgere a amestecului în sol; se impune o injecție prealabilă a solului.

c) Tehnologia de injecție

Atât pereții cu fisuri izolate, cât și cei care prezintă o rețea densă, neregulată de fisuri pot fi consolidați prin injectarea în zidărie a unui mortar fluid marca 300. În acest scop fisurile se curăță de praf cu un jet de aer comprimat, se spală cu apă, după care pe zidăria degradată pe ambele fețe, se aplică un strat de mortar de ciment de 3-4 cm grosime (fig. 4.1.).

Concomitent cu tencuirea în fisuri se introduc pe o adâncime de circa 5 cm ștuțurile prin care urmează să se facă injecția. Ele se montează la intervale de 1-1,5 m în lungul fisurii și se fixează cu mortar. Presiunea de injecție nu va depăși 3 atm. Injecția se face inițial prin țeava situată la baza fisurii. După ce mortarul a început să se scurgă în afară prin țeava următoare, primul ștuț se astupă cu un dop și injecția se continuă prin ștuțul următor. Operația se repetă prin injectarea mortarului succesiv prin fiecare ștuț. Pentru injecție găurile se fac la distanțe egale, distanța funcție de ordinul de grosime al zidăriei.

Teză de doctorat	Contribuții la perfecționarea soluțiilor de consolidare aplicate clădirilor civile	92
------------------	--	----

Injecția se poate face fie prin gravitație, fie sub presiune slabă. În cazul în care operația de injectare se realizează prin 2 treceri, se începe cu un lapte de ciment, fluid și se termină cu o compoziție care umple găurile, fisurile sau rosturile.

Pentru buna desfășurare a tehnologiei de injectare se urmărește cantitatea de produs injectat, a presiunii de injecție, examinarea zonei injectate și a scurgerilor sau deformărilor.

Presiunea injecției trebuie să fie studiată. O presiune prea mare poate distruge zidăria prin deformarea peretilor. O presiune prea mică nu permite infiltrarea în rosturi sau fisuri a mortarului.

d) Controlul calității execuției

Acest control presupune:

- punerea în evidență a presiunii de injecție la începutul lucrării;
- o verificare a următoarelor caracteristici la începutul operației de consolidare și la sfârșitul acestei operații:
 - fluiditate;
 - contracție la 24 ore;
 - rezistența la compresiune.

Determinarea întăririi zidăriei, cu ajutorul măsurării vitezei de propagare a sunetului, un examen endoscopic, prin încercări de încărcare, prin încercări mecanice realizate în mediul natural.

4.2. Consolidarea prin țeserea zidărilor

Acest sistem de consolidări se realizează prin introducerea în structură a unor rețele de bare metalice. Se plasează aceste bare, cu diametrul de 16-30 mm în mănunchiuri de 35-50 mm diametru.

Astfel se pot consolida pereți întregi sau zone bine localizate, colțuri de zidării sau intersecții de zidării. Acest mod de consolidare nu schimbă nici estetica nici statica construcției inițiale.

Această metodă se aplică bine peretilor groși, din orice material. Zidurile cu cel mult 50 cm grosime și cele de cărămidă de cel puțin 30 cm nu pot fi consolidate prin această metodă.

Prin această metodă crește rezistența la tăiere și întindere a zidăriei, dar e greu de stabilit acest efect în marea diversitate de caracteristici ale zidăriei.

Este deci un aspect relevant în estimarea importanței acestei intervenții.

Numărul de armături de țesere este în funcție de starea structurii și de consolidarea dorită. O valoare medie este de ordinul de 3 până la 4 găuri/m² de zid, lungimea găurilor fiind ¼ din grosimea peretelui.

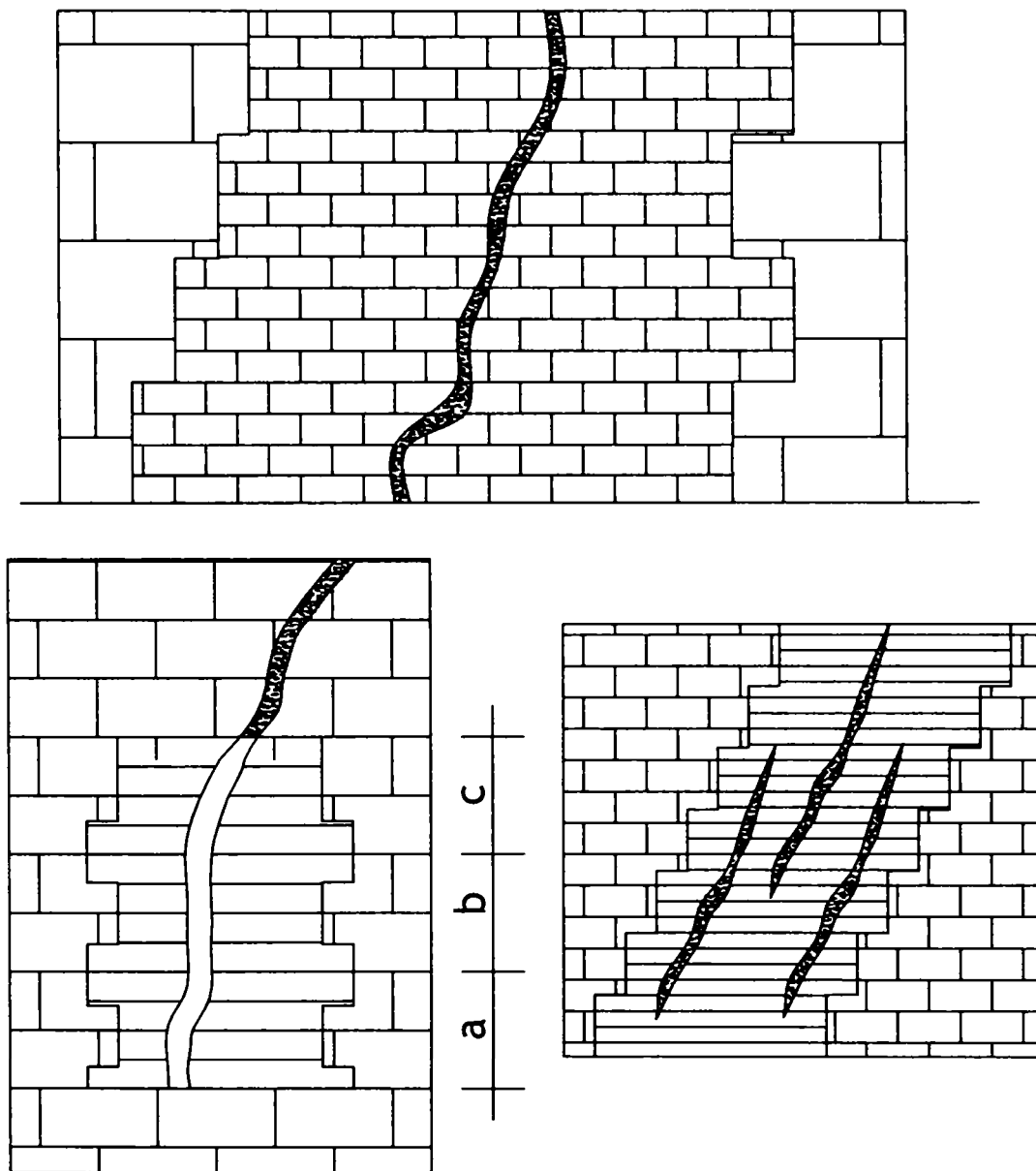
Este important să fie bine curățate găurile de toate resturile, prin jeturi de apă sau aer.

Armăturile trebuie să aibă o aderență ameliorată. Dacă se formează umiditatea se recomandă să se folosească bare din oțel inoxidabil.

Procedeul de injectare bazat pe ciment sau cenușă au un raport apă/ciment de ordinul 1,0 la 1,5. Rășinile epoxidice sunt prea costisitoare și nu se folosesc decât la rezistențele înalte sau unde sunt necesare forțe de frecare mari.

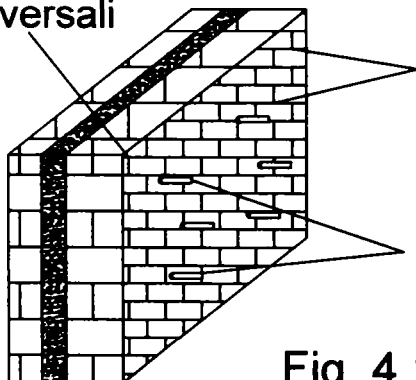
Echipamentul de injecție este compus dintr-un malaxor, un rezervor de stocare a materialului injectat, o pompă, conducte, robineti. Malaxorul trebuie învârtit la o viteză mare pentru a evita segregarea. În rezervor, un agitator cu viteză mică menține omogenitatea amestecului. Injecția se folosește la o presiune mică de 1-2 atm.

Soluții de consolidare ale structurilor cu elemente structurale din zidărie



Reparatii prin injectare cu mortar

eventual tiranti transversali



spalarea cu apa sub presiune a fisurilor

stuturi

Fig. 4.1. Reparatii locale ale zidurilor cu strepi de zidarie sau beton simplu

Teză de doctorat	Contribuții la perfecționarea soluțiilor de consolidare aplicate clădirilor civile	94
------------------	--	----

Domeniul de aplicație al armăturilor de țesere este divers:

- întărirea stâlpilor, punților fisurate prin tasări diferențiate, la fenomenele apărute datorită supraîncărcărilor;
- consolidarea arcelor spre a le reduce deformațiile;
- întărirea tunelelor cărora le scade forța datorită mișcărilor pământului;
- întărirea zidurilor supraîncărcate;
- consolidarea părților desprinse din structură.

4.3. Consolidarea pereților portanți

Avariile caracteristice ale zidărilor portante sunt: fisurarea după direcția uneia sau ambelor diagonale, fisuri orizontale în zona mediană pe înălțimea peretelui, dislocarea și sfărâmarea parțială a zidăriei, apariția fisurilor la intersecții, ramificații și colțuri, care afectează conlucrarea pereților, striviri locale la nivelul reazemelor altor elemente, forfecarea stâlpilor de zidărie și a plinurilor dintre golurile de ferestre. Pereții de zidărie pot prezenta concomitent mai multe avarii de tipul celor menționate.

Consolidarea zidărilor care prezintă fisuri importante izolate (dar care nu formează o rețea generală) se poate face prin cămășuirea întregului perete, tiranți metalici, consolidări locale cu plase sudate aplicate în dreptul fisurii, prin injectare cu mortar fluid de ciment, cusături cu ștrepi de beton, prindere cu scoabe, etc.

La zidăriile la care din diferite motive nu pot fi aplicate procedeele arătate, consolidarea se poate face prin îndepărtarea treptată, începând de jos, a cărămizilor degradate din dreptul fisurilor și rezidarea zonei respective. Se va acorda o atenție deosebită asigurării legăturilor dintre zidăria existentă și cea nouă prin udarea cărămizilor, umplerea completă a rosturilor cu mortar, etc.

Consolidarea zidăriei fisurate, cu dislocări ale cărămizilor numai la nivelul fisurii, se poate face cu 3-4 ștrepi de beton.

În acest scop, începând de jos se îndepărtează pe înălțimea a 3-4 asize cărămizile degradate din dreptul fisurii și se înlocuiesc cu beton, marca 100. Intervalele dintre ștrepi se zidesc din nou cu cărămidă, urmărindu-se realizarea unei legături cât mai bune cu ștrepii și cu porțiunile nedegradate ale zidăriei.

La colțuri și intersecții, legăturile dintre pereți se consolidează cu plase sudate ancorate între ele cu bare de oțel beton introduse în rosturi orizontale prin găuri perforate, în trei secțiuni pe înălțimea zidăriei, fig. 4.3.

Repararea fisurilor izolate se poate face cu 2 plase sudate cu ochiuri de 10 cm, aplicate în lungul fisurii și legate între ele cu agrafe conform procedurii arătat în fig. 4.3.

Consolidarea legăturilor dintre pereții portanți și cei de contravântuire se poate face prin aplicarea procedurii descris în fig. 4.3. Suplimentar se curăță de mortar 2 rosturi orizontale dintre cărămizile de la partea superioară a zidăriei în care se introduc 2 bare de oțel beton; la partea superioară a zidăriei se injectează mortar de ciment fluid.

Cămășuirea zidăriei se face prin aplicarea pe cele 2 fețe ale acesteia a două plase din STM \varnothing 3-5 mm cu ochiuri de 10-20 cm. Plasele se leagă între ele cu agrafe din oțel beton \varnothing 6 mm prevăzute cu ciocuri care se introduc prin găuri executate în acest scop în zidărie, la intervale de 50-60 cm pe ambele direcții. Găurile se vor executa cu bormașina și vor avea diametrul de 25-30 mm pentru a putea fi umplute cu mortar.

Soluții de consolidare ale structurilor cu elemente structurale din zidărie

Teză de doctorat	Contribuții la perfecționarea soluțiilor de consolidare aplicate clădirilor civile	95
------------------	--	----

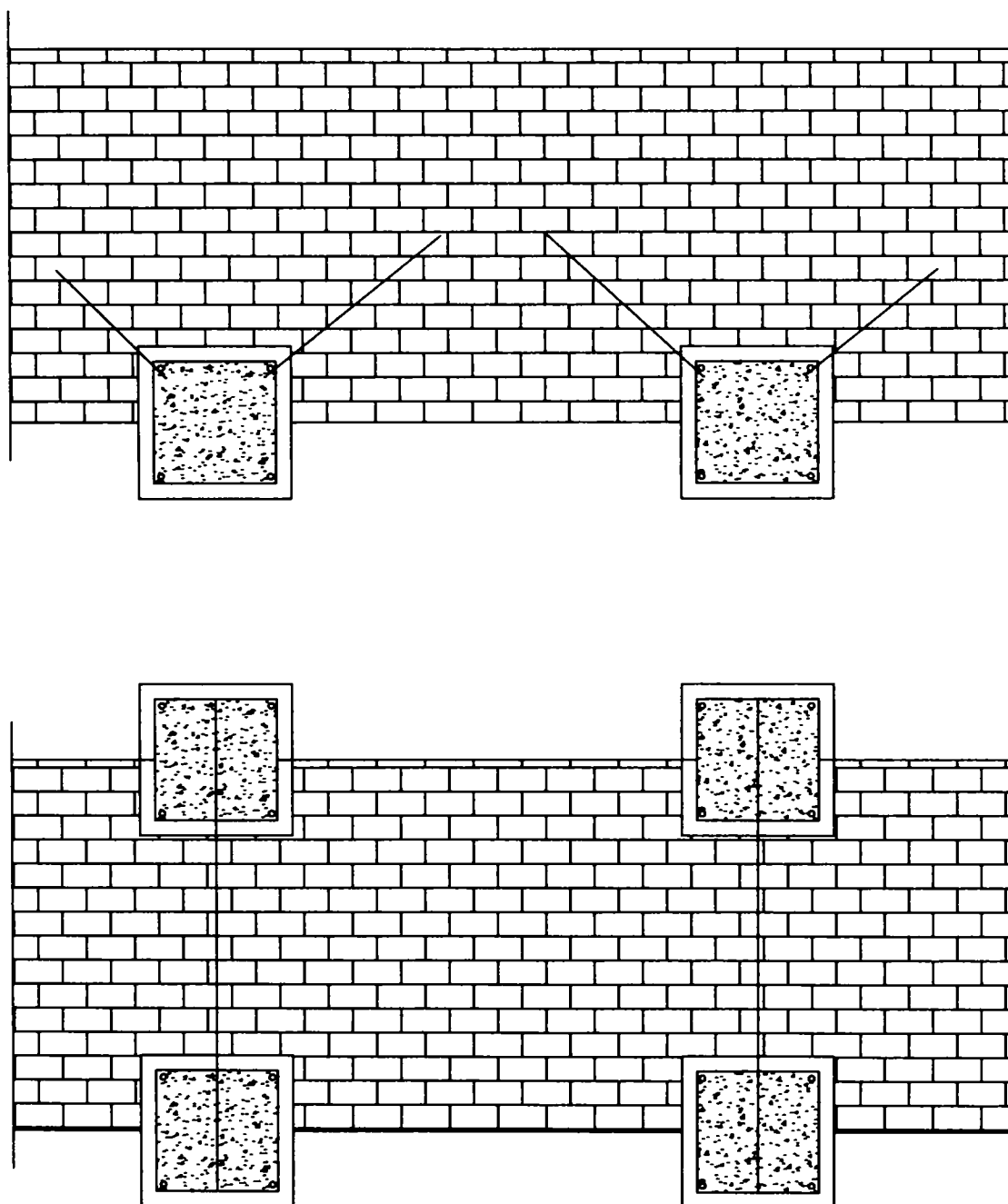
Cămășuirea se va realiza cu mortar 50, cu pompa de mortar, cu care se vor umple atât crăpăturile din zidărie cât și golurile prin care s-au introdus agrafele. Operația de cămășuire va fi precedată de îndepărtarea cărămizilor sfărâmate, a tencuielii și curățirea rosturilor, după care zidăria va fi periată și spălată, fig. 4.4.

4.4. Consolidarea stâlpilor de zidărie

Creșterea capacității de rezistență al elementului se poate realiza prin:

- aplicarea unor armături transversale într-un strat de mortar (cămășuire armată);
- realizarea unui strat de zidărie de cărămidă pe cant, armată cu etrieri în rosturi orizontale;
- executarea unei cămășuieli din beton armat, fig. 4.5.;
- consolidarea cu juguri sau profile metalice dispuse pe contur sau la interiorul elementelor de zidărie, combinate cu tiranți dispuși în perforații în zidărie, fig. 4.6., fig. 4.7., fig. 4.8., fig. 4.9.

Această ultima variantă este cea mai eficientă tehnic. Profilele metalice asigură atât o consolidare a elementului, cât și preluarea de la zidărie a unor sarcini gravitaționale sau orizontale, descărcând zidăria.



Întărirea zidăriei cu stâlpi de beton armat
legati de zidărie cu perforatii armate

Solutii de consolidare ale structurilor cu elemente structurale din zidărie

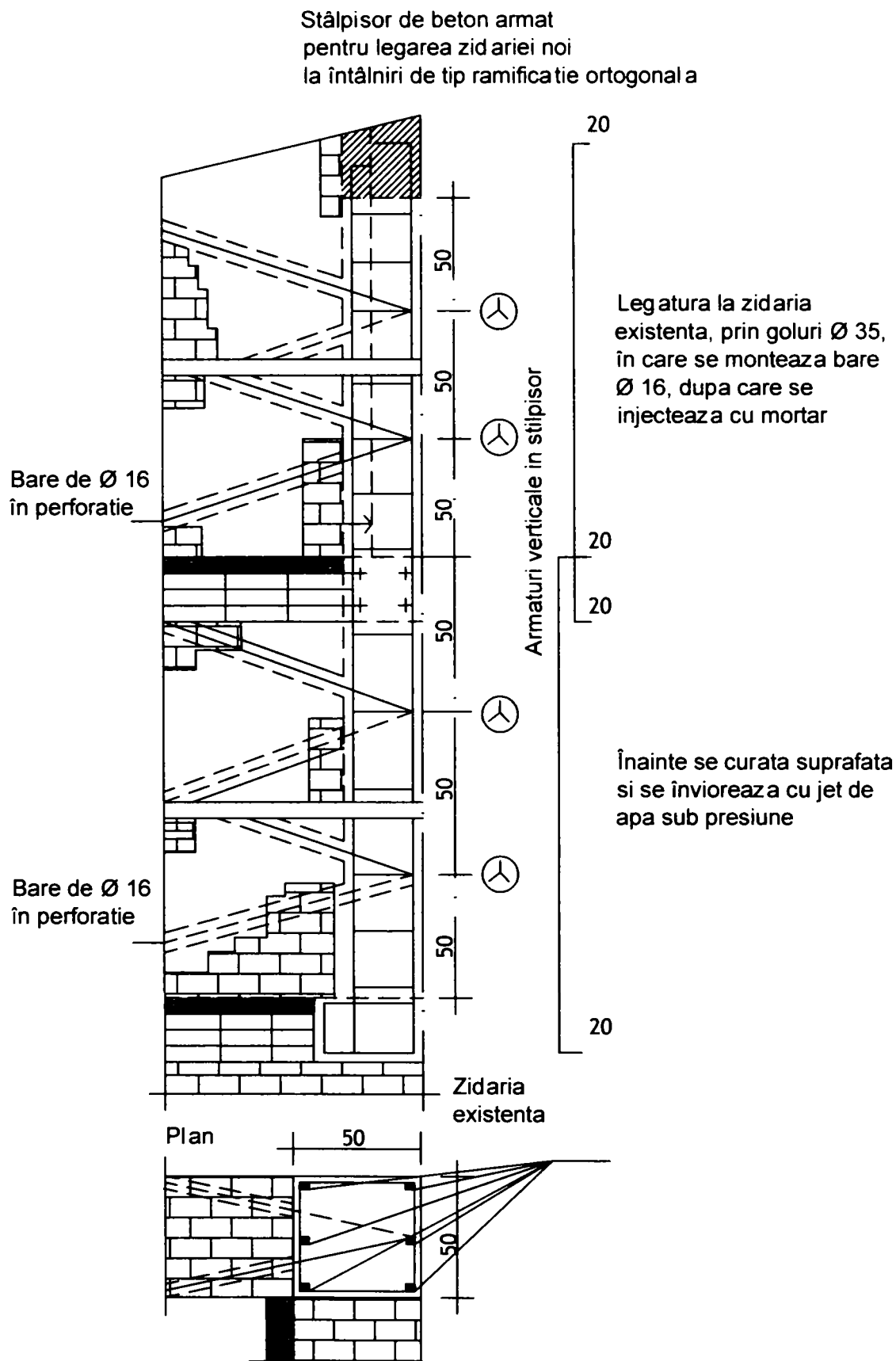
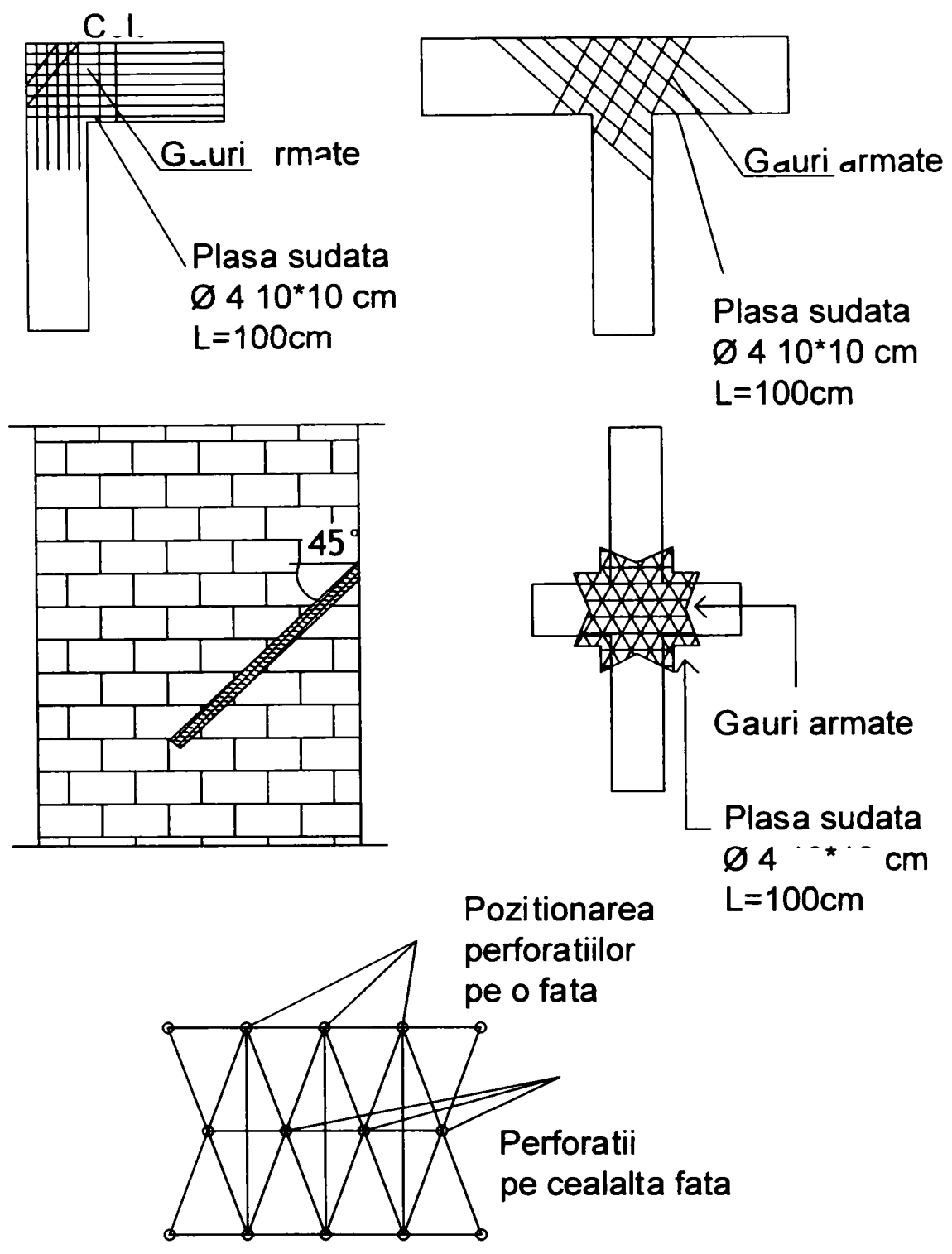
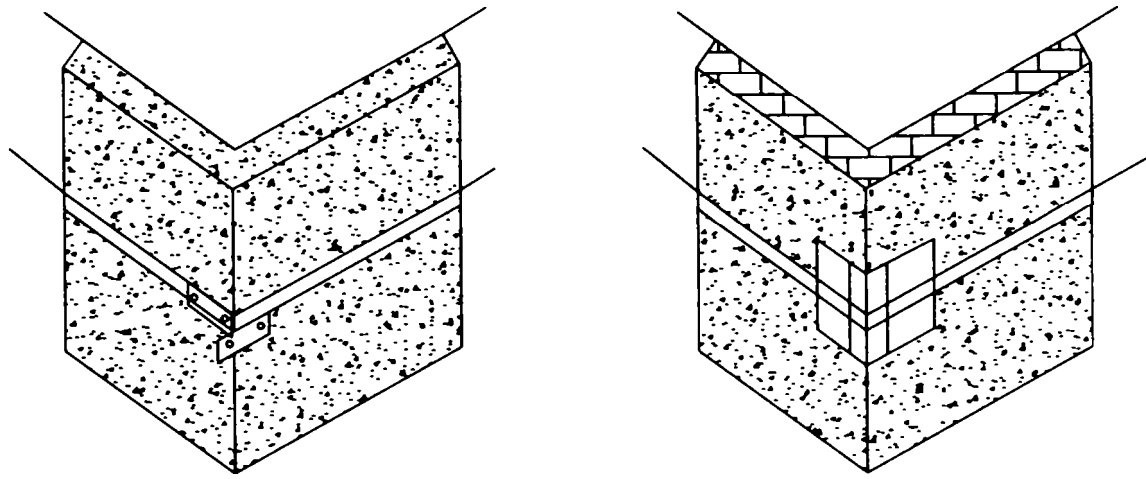


Fig. 4.2. Teserea zidariei cu ajutorul armaturilor



Solutii de consolidare ale structurilor cu elemente structurale din zidarie



Consolidare suplimentara a unui colt

Repararea fisurilor izolate

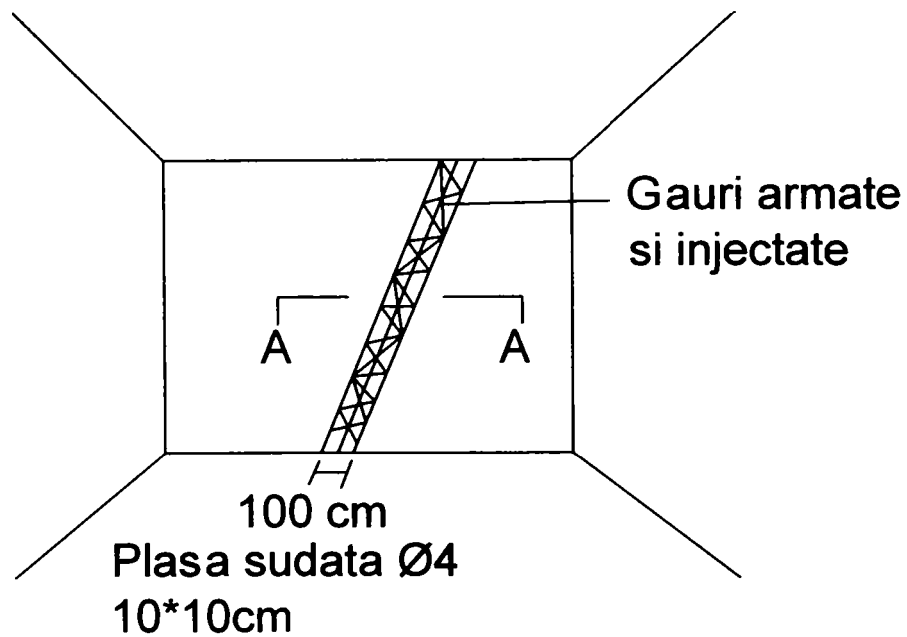


Fig. 4.3. Repararea întâlnirilor dintre pereti cu perforatii armate si injectate cu mortar

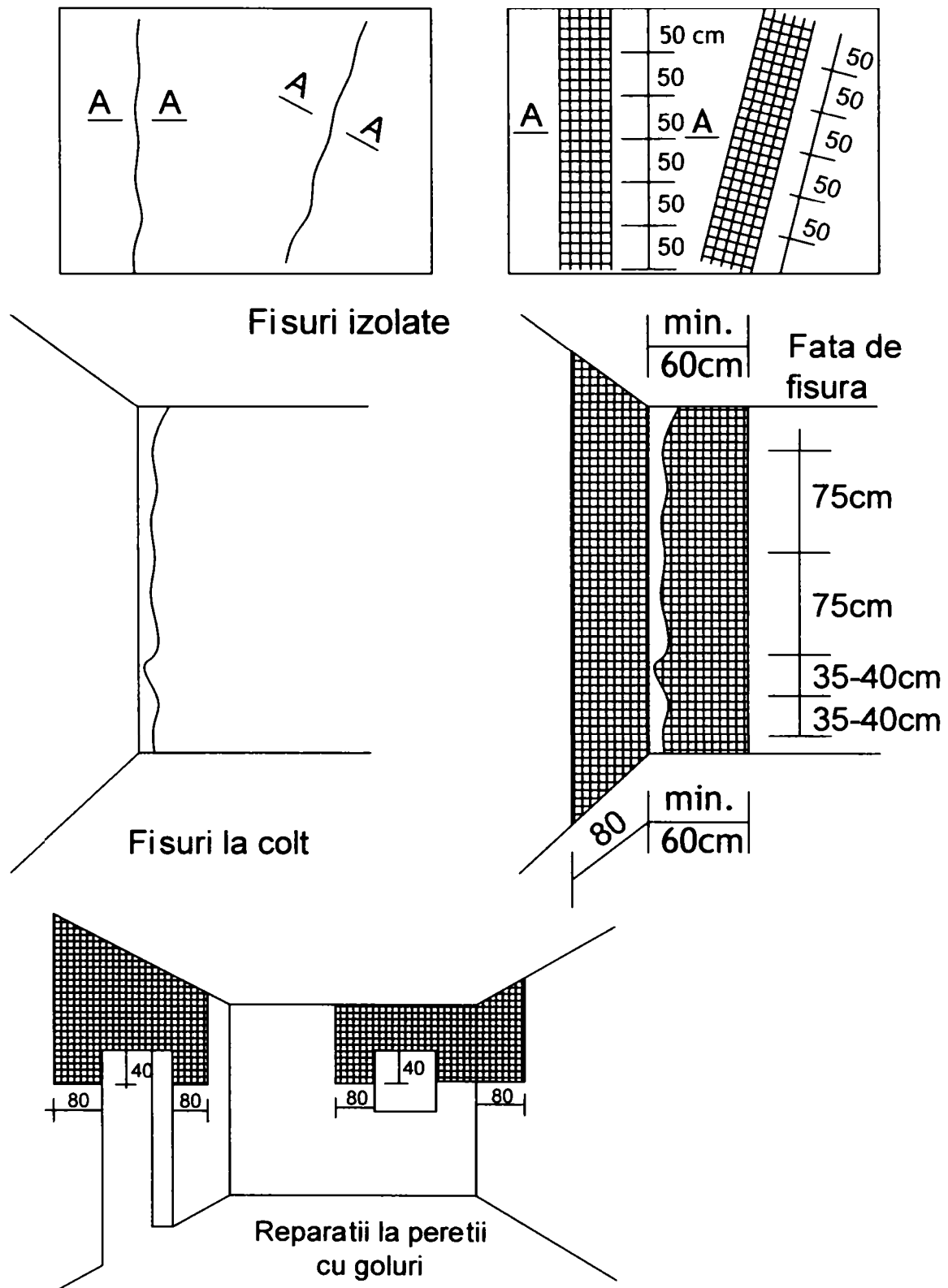
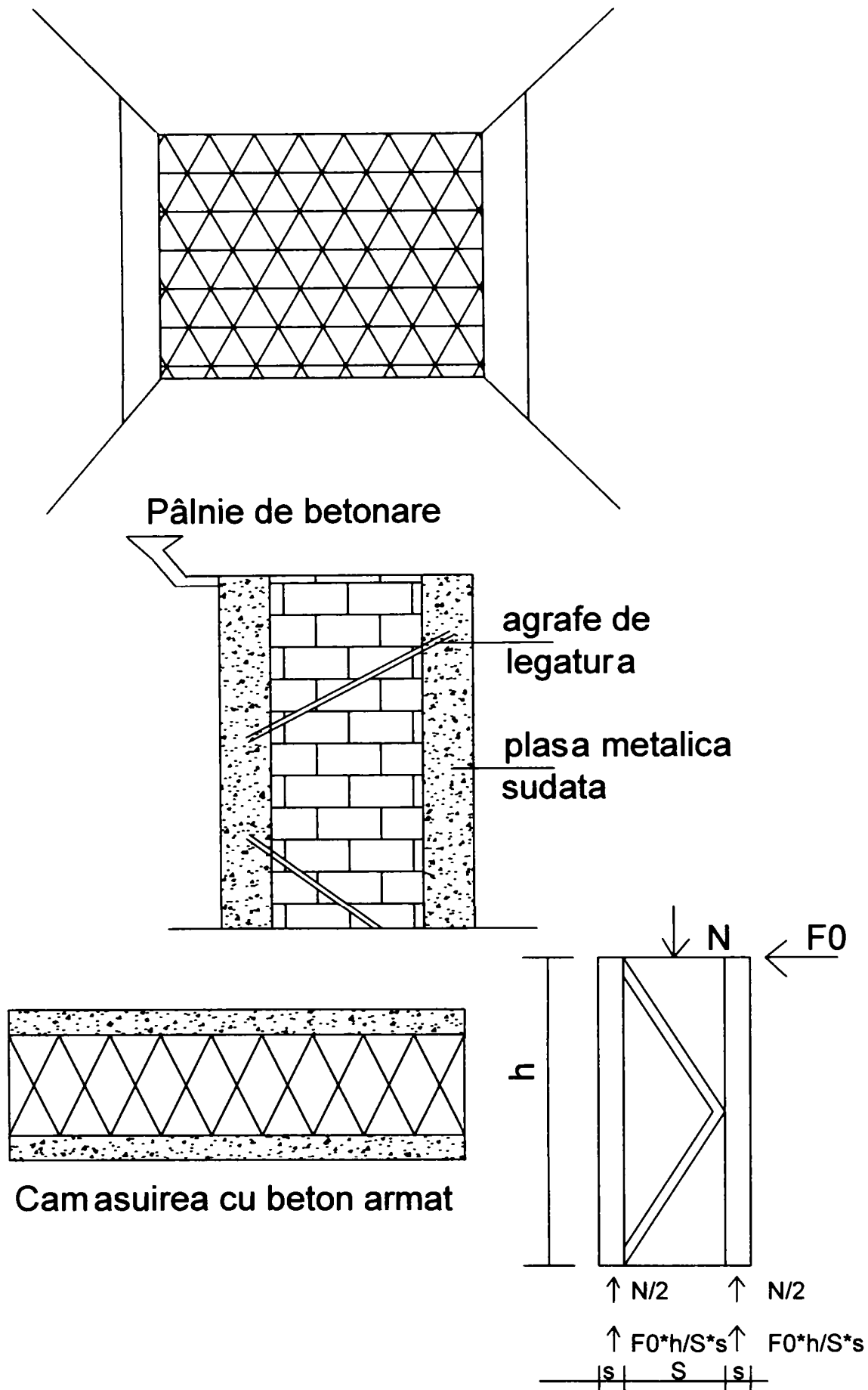


Fig. 4.4. Repararea fisurilor din zidarie cu plase de armatura si beton torcretat



Solutii de consolidare ale structurilor cu elemente structurale din zidarie

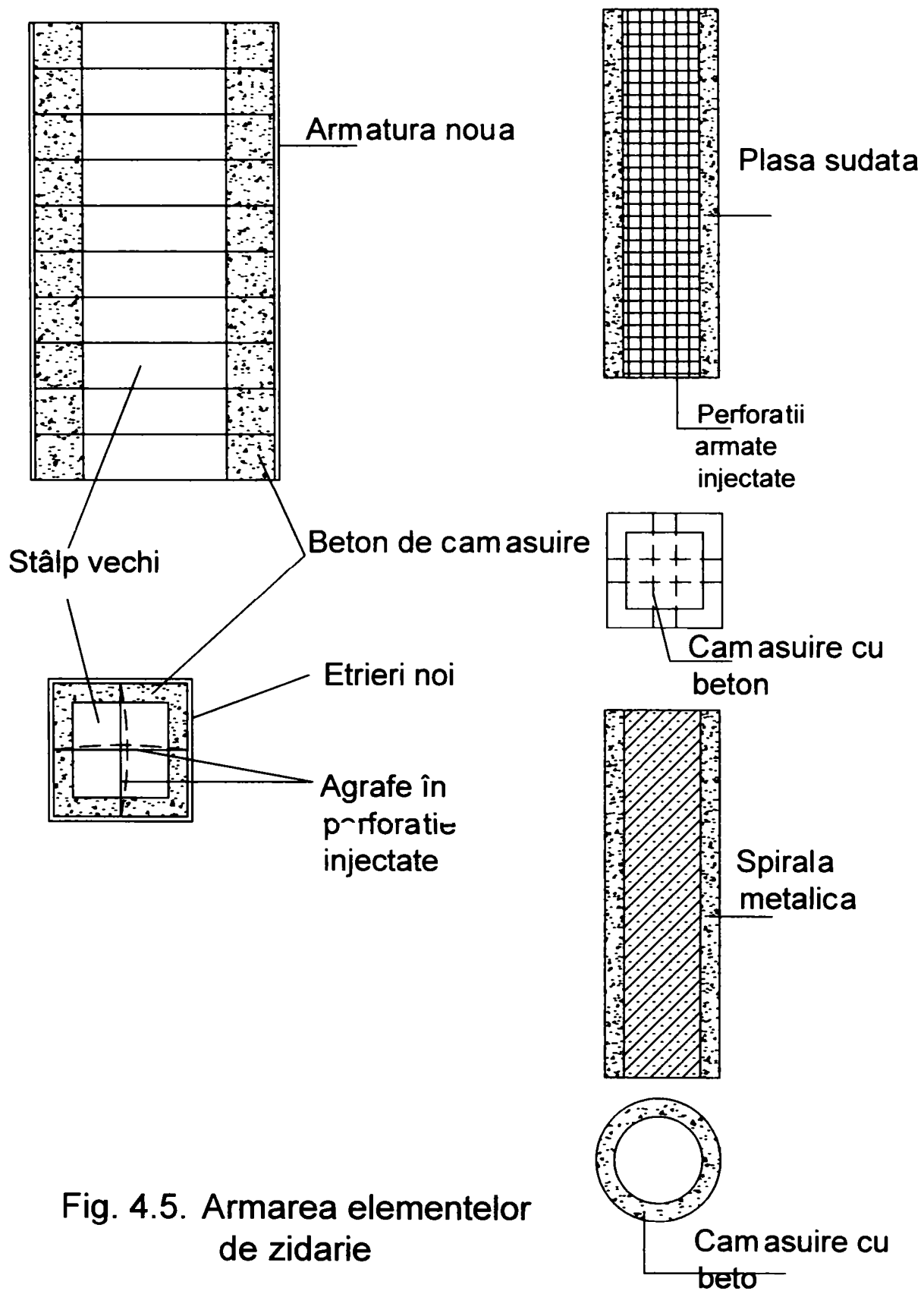


Fig. 4.5. Armarea elementelor de zidarie

Solutii de consolidare ale structurilor cu elemente structurale din zidarie

Etape de execu tie

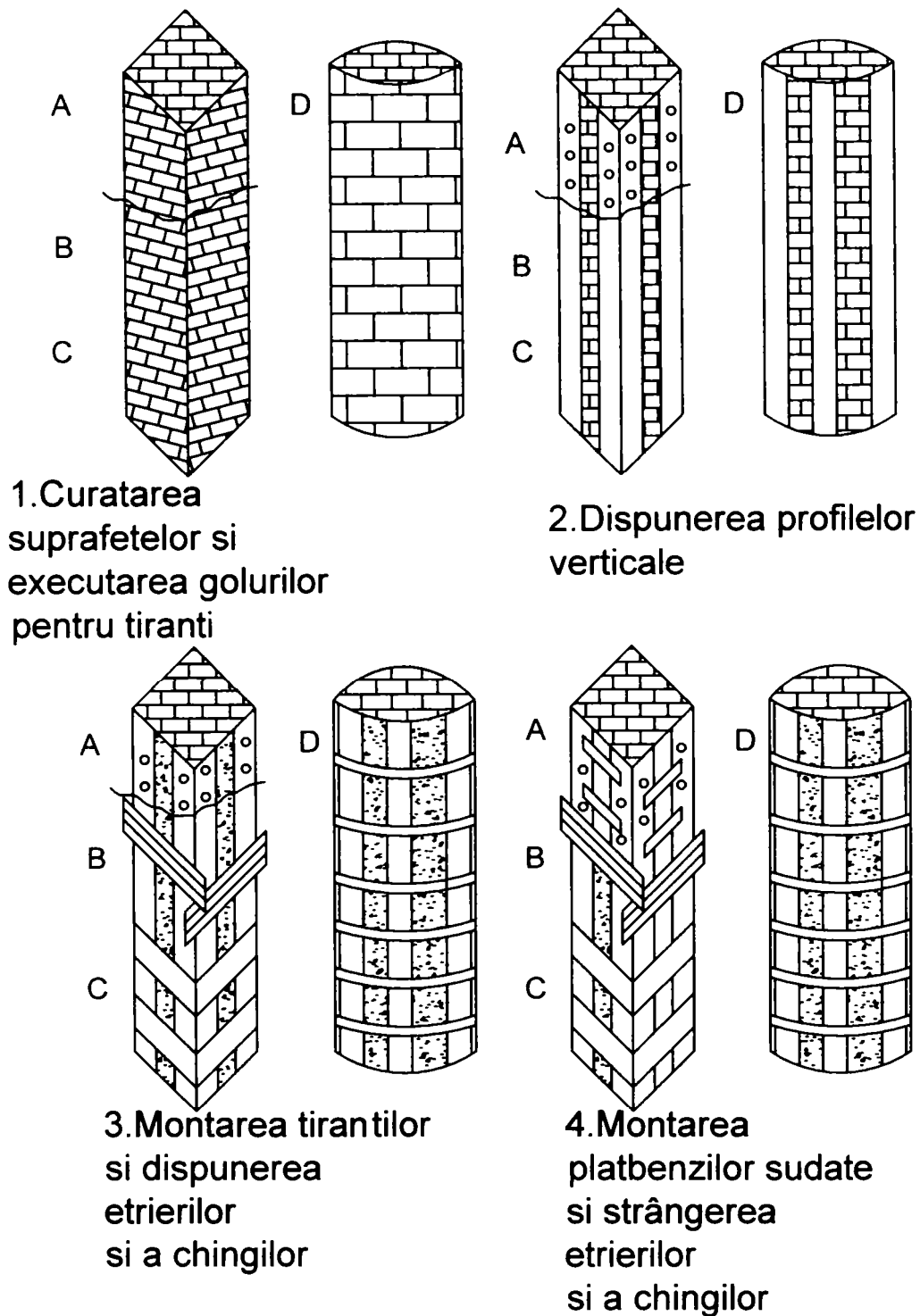


Fig. 4.6. Consolidare pe contur a stâlpilor p atrati sau
circulara cu elemente metalice

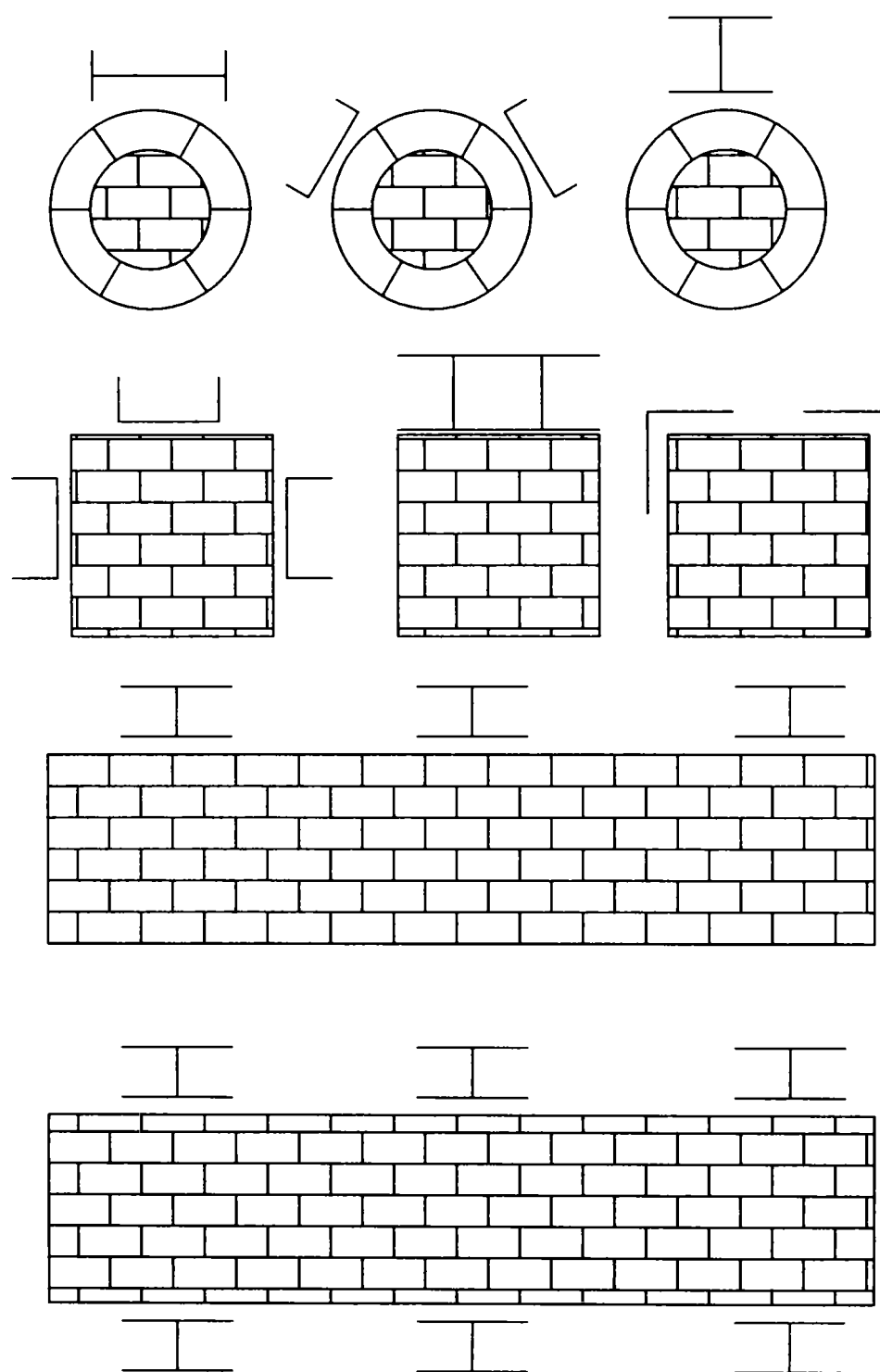


Fig. 4.7. Întărirea zid ariei cu profile metalice

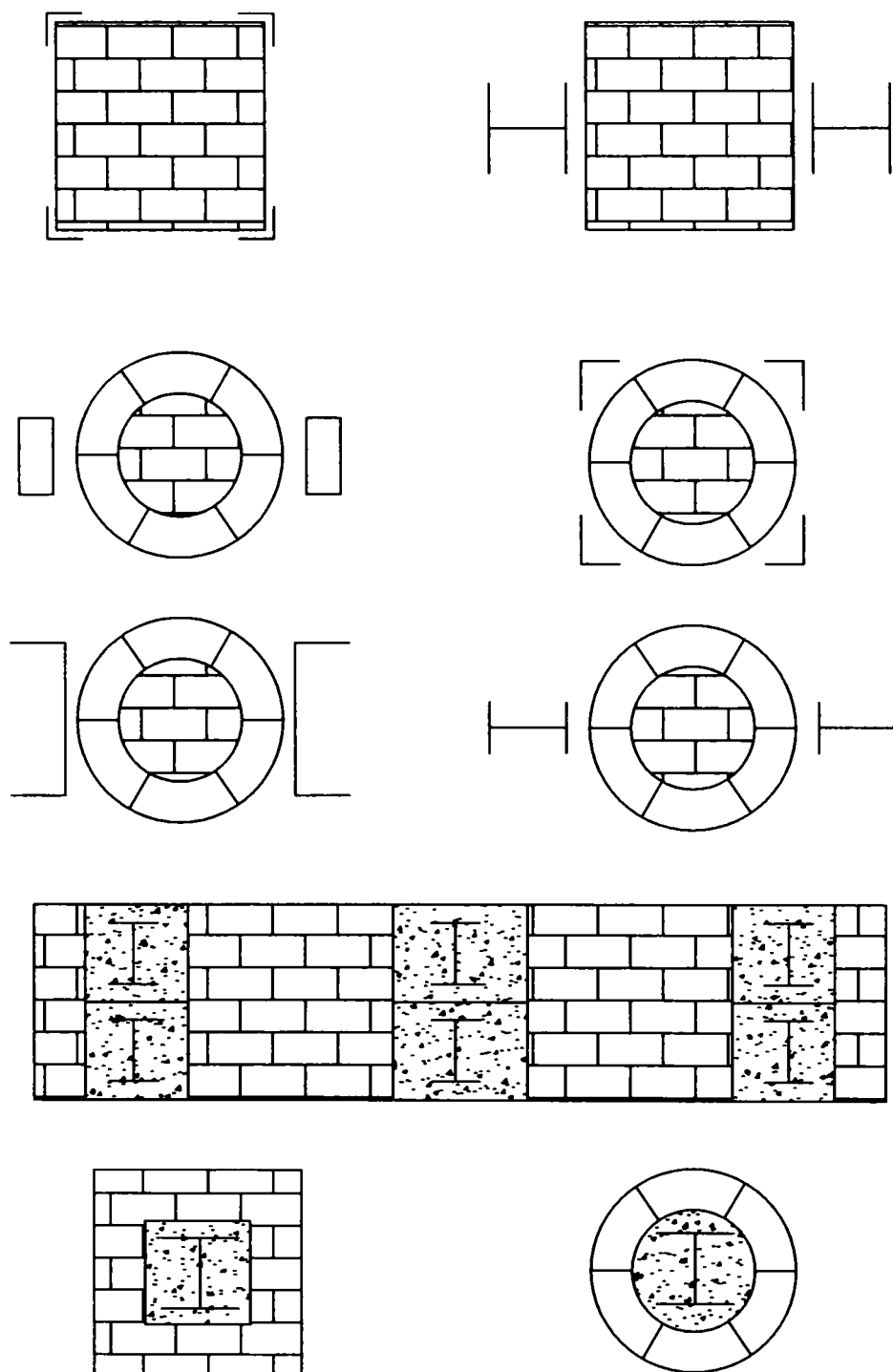


Fig. 4.8. Întărirea zid ariei cu profile metalice

4.5. Repararea pereților structurali cu elemente de beton

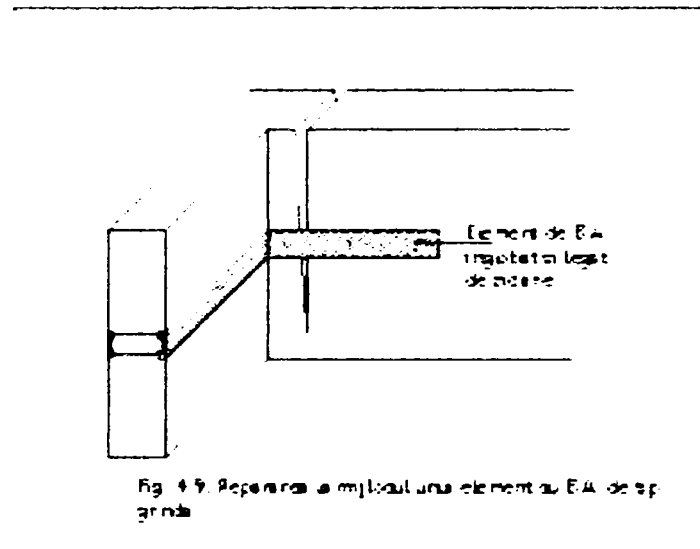
a) Reparații locale

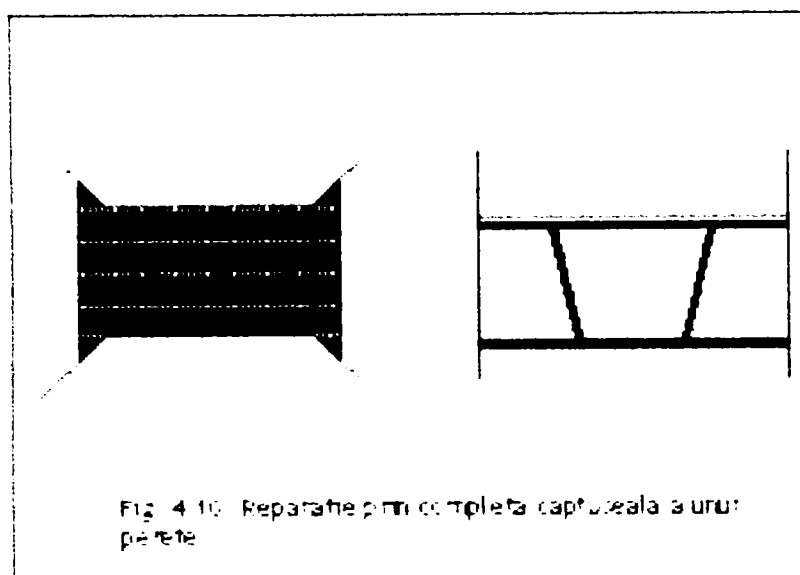
Intervenția constă în consolidarea zidăriei fisurate local cu elemente din beton armat cu ajutorul unui mortar de legătură între structura de zidărie existentă și elementul de beton, folosind un mortar de ciment pentru îmbinarea lor.

Aceste elemente pot fi grinzi sau echere de beton armat ce străbat zona fisurată și fac legătura de o parte și de alta acesteia.

Aceste elemente pot fi în interiorul zidăriei sau aparente. Cele mai bune rezultate sunt obținute în cazul folosirii unui mortar cu stabilizator de volum. În acest caz, grosimea straturilor de acoperire poate fi subțire, de ordinul a 3 cm.

Această tehnică are ca inconvenient modificarea aspectului zidului. Eficacitatea ei depinde de grija execuției și de modul în care zidul se găurește și face legătura cu restul structurii. La fisurile locale se tencuiește din nou zidul pe 50 cm în jurul fisurii.





b) Cămășuirea cu diafragme de beton

Sistemul cel mai eficient, în scopul măririi capacității portante, de exemplu la acțiuni seismice, îl constituie cămășuirea cu diafragme de beton armat. Grosimea cămășuiei este de 6-20 cm cu o clasă de beton minim Bc 10. Cămășuirea poate fi asociată cu armarea zidăriei prin realizarea de perforații, având și rolul de a lega straturile de beton, respectiv zidărie, pentru a conlucra (zidărie mixtă).

c) Cămășuirea stâlpilor de pod

Cămășuirea cu beton armat a unei zidării se folosește pentru a forma o centură închisă, cuprinzând o lucrare sau o parte din lucrare (stâlp de pod de exemplu).

Această centură are un scop de protecție a suprafeței contra șocurilor, eroziunilor și efectelor mecanice diverse după cum și contra efectelor hidraulice sau atmosferice. Are eventual și un rol de consolidare a zidăriilor existente și contribuie la stabilitatea structurii.

Pentru întărirea zidurilor de sprijin subacvatice se folosește un prefabricat de tip palplanșă, care realizează cofrajul necesar pentru monolitizarea elementului.

Palplanșele se montează în lucrare prin batere sau vibrare, cu ajutorul utilajelor de ridicat. Dacă sunt necesare suprapuneri de elemente pe verticală, între ele se face o prindere cu profile metalice.

Monolitizarea se face fie cu beton turnat sau cu injecție de mortar de ciment.

d) Consolidarea bolților

Dacă o porțiune importantă sau întreg ansamblul unei bolți este afectat sau prezintă probleme mecanice grave, trebuie să se facă o consolidare.

Aceasta se poate realiza prin construcția unei contrabolți sub cea degradată și în contact cu ea. Aceasta preia eforturile aplicate bolții și trebuie așezată pe grinzi și stâlpi, permițând transmisia încărcăturilor spre fundație.

Dacă contrabolta este din beton turnat, monolit, trebuie să aibă o înălțime de 25-35 cm, uneori mai mult. Dacă este realizată din beton prefabricat, precomprimat înălțimea este de 10-15 cm, valoarea maximă nu trece de 20 cm.

Teză de doctorat	Contribuții la perfecționarea soluțiilor de consolidare aplicate clădirilor civile	108
------------------	--	-----

O bună aderență între boltă și contraboltă se asigură cu ajutorul betonului uscat. Când este imposibil să se asigure, printr-un simplu contact o aderență suficientă între contraboltă și zidărie, trebuie să se facă legătura între cele două straturi prin intermediul armăturilor de legătură. Când contrabolta e făcută prin turnare de beton prezența armăturilor de legătură este foarte necesară.

De asemenea se poate realiza o nouă boltă neaderentă cu prima, astfel ca și ipoteza de calcul, se consideră că contrabolta suportă totalitatea sarcinilor aplicate boltii ce se degradează.

Intervenția e de preferat să fie o înlocuire de structură de susținere decât o reparație. Contrabolta neaderentă poate fi prefabricată și fixată, introdusă sub vechea lucrare sau să fie pusă direct prin turnare sau prin asamblarea elementelor sub bolta ce trebuie consolidată.

Fazele succesive ale procedurii sunt următoarele:

- realizarea suprafețelor de sprijin ale contrabolții în zonele de rezemare (traverse etc.);
- forajele și fixările armăturilor suport de aliaj de fier și punerea armăturilor de legătură între contraboltă și boltă (4-6 armături cu diametru 8-12 mm/m²), aranjate câte una, fixate cu mult mortar cu adeziv;
- sablarea suprafețelor împreună cu curățirea și o umezire sub presiune mică;
- executarea unui prim strat de legătură de 2-4 cm grosime, în același timp când sunt umplute micile găuri;
- fixarea primului strat de armătură pe suporti;
- montarea celui de al doilea strat de armătură;
- se toarnă beton în straturi succesive până se obține grosimea prevăzută, fiecare etapă va fi urmată de un tratament de umezire sau folosirea de produse ce nu afectează aderența

Contrabolta e realizată în următoarea ordine;

- stâlpi de susținere, coroana, zona de îmbinare.

Procesul este condus de jos în sus spre a evita murdărirea din cauza căderilor pe suprafețele netratate.

Dacă straturile nu pot fi turnate continuu, oprirea betonării trebuie să se facă cu atenție și comportă un șamfren la aproximativ 45 grade, suprafețele curățindu-se de depuneri și granule care apar libere, desprinse.

4.6. Consolidarea zidărilor prin dispunerea de tiranți

Această metodă folosită exclusiv pentru construcții din zidărie, constă în folosirea tiranților orizontali și uneori verticali la pereții existenți. Se iau în considerare două obiective:

- asigurarea unei legături eficiente între structurile de susținere și alte elemente obișnuite din zidărie;
- eventual realizarea unui efort de precomprimare care scade efectele întinderilor ce apar în zidărie și dă un caracter solid construcției.

Modalitățile de aplicare practică variază potrivit cu amplasarea tiranților orizontali, verticali sau cu cei doi împreună sau după tipurile de tiranți, din oțel sau beton precomprimat.

Cea mai obișnuită realizare se efectuează cu ajutorul barelor de 14-18 mm diametru, din oțel maleabil, montat cu ajutorul dispozitivelor de întindere, prin filetare. Acest procedeu de consolidare poate fi combinat cu metoda injecției la zidăriile afectate mai mult.

Soluții de consolidare ale structurilor cu elemente structurale din zidărie

Teză de doctorat	Contribuții la perfecționarea soluțiilor de consolidare aplicate clădirilor civile	109
------------------------	---	-----

În cazul podurilor, tiranții sunt folosiți des în scopul consolidării și reparării fisurilor transversale, a timpanelor sau a pereților de capăt, armăturile fiind transversale, prinse de zidărie sau incluse în zidărie pe toată lungimea.

Porțiunile de zidării dislocate se vor consolida cu tiranți metalici sub nivelul planșelor curente sau imediat deasupra planșeului de peste ultimul nivel.

Tiranții se vor ancora de ziduri portante exterioare nedegradate, cu profile laminate, platbande, așezate pe lat astfel ca să fie asigurată repartizarea uniformă a solicitărilor.

Soluții de consolidare ale structurilor cu elemente structurale din zidărie

Teză de doctorat	Contribuții la perfecționarea soluțiilor de consolidare aplicate clădirilor civile	110
------------------	--	-----

CAPITOLUL 5

CERCETĂRI EXPERIMENTALE PRIVIND COMPORTAREA PEREȚILOR STRUCTURALI DIN ZIDĂRIE CONSOLIDAȚI

5.1. Metodologia de încercare

5.1.1. Principiul de încercare, caracteristicile standului experimental și ale elementelor experimentale martor încercate

Elementele experimentale martor sunt preluate din Teza de Doctorat intitulată „Contribuții privind alcătuirea și calculul structurilor cu diafragme din zidărie portantă”, a. Ing. Secula Silviu [59].

Principiul de încercare a elementelor experimentale este cel prezentat în schema din fig. 5.1. și este realizat cu ajutorul unui stand experimental de tipul unui cadru metalic (fig 5.2).

Conform acestui principiu asupra elementului experimental au fost aplicate static o forță verticală constantă reprezentând încărcarea gravitațională și o forță orizontală monoton crescătoare reprezentând efectul acțiunii seismice asupra unui perete interior din zidărie portantă.

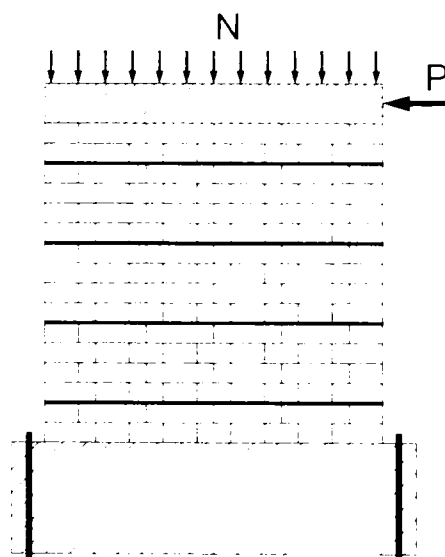


Fig.5.1 – Principiul de încercare

Standul experimental a fost realizat sub forma unui cadru închis din profile metalice din oțel laminat, dimensiunile acestuia rezultând din necesarul de gabarit pentru elementul experimental și pentru presele hidraulice cu care s-au aplicat forțele gravitaționale și cea orizontală.

Cercetări experimentale privind comportarea pereților structurali din zidărie consolidați

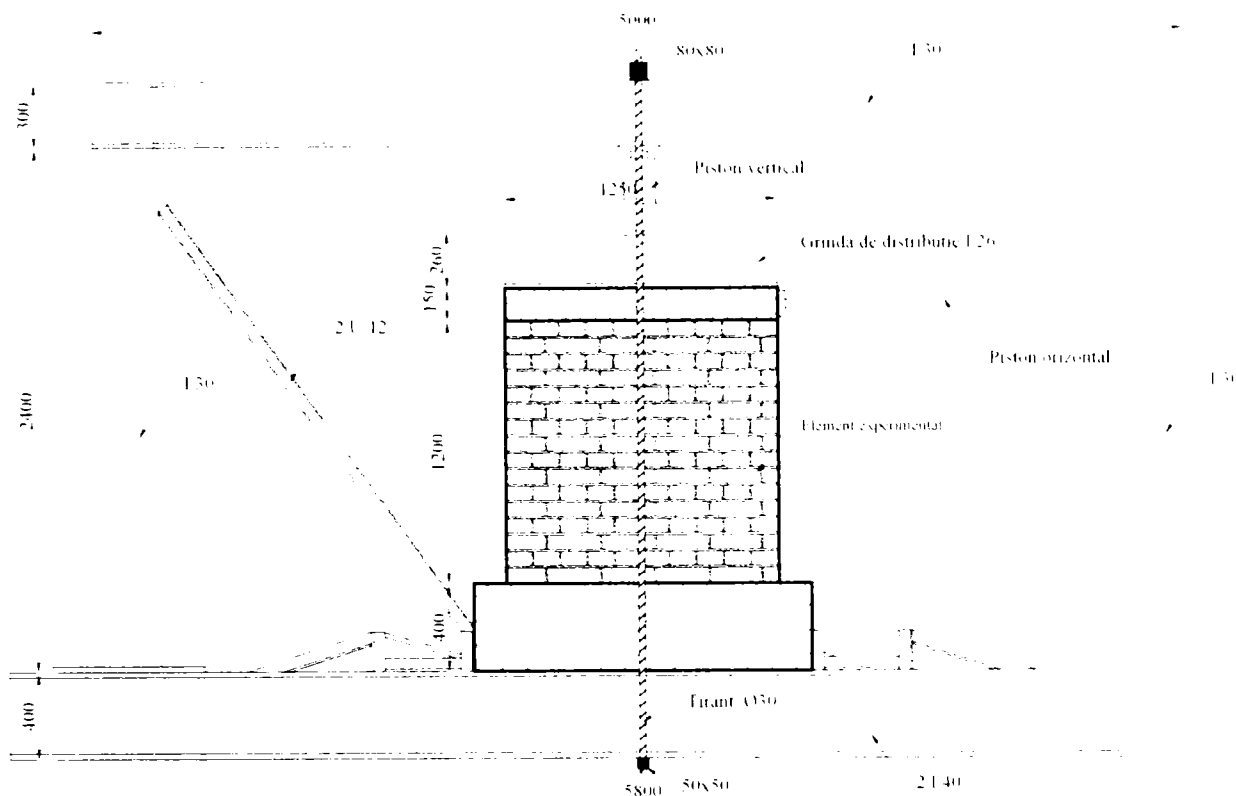


Fig. 5.2 – Alcătuirea standului de încercare

Elementele experimentale încercate în cadrul programului de cercetare au aceleași dimensiuni geometrice:

- lungimea $L=125$ cm (5 cărămizi);
- grosimea $D=25$ cm (1 cărămidă);
- înălțimea $H=120$ cm (16 asize).

De asemenea elementele sunt similare din punct de vedere a materialelor utilizate (cărămidă, mortar și armătură) și anume:

- cărămidă marca C100;
- mortar marca M100;
- armătură tip "MURFOR NRD/Z-5-150"-la elementele EP, EP2, EP3 și EP4

În figura următoare sunt prezentate caracteristicile elementelor experimentale (dimensiuni, armătură, detalii de armare).

Evident detaliile de armare nu sunt valabile pentru elementul martor din zidărie simplă.

Pentru determinarea rezistențelor reale de rupere ale zidăriei simple și armate necesare interpretării prin calcul a rezultatelor obținute se prezintă în paragraful următor determinările de laborator efectuate.

Armătura utilizată la armarea orizontală a rosturilor elementelor de tip armare transversală este realizată cu armături speciale pentru armarea în rosturi orizontale ale zidăriei tip "MURFOR NRD/Z-5-150", produse de firma N.V. BECKAERT S.A. din Zwevegem din Belgia.

În tabelul 5.1. sunt sintetizate denumirile adoptate pentru elementele experimentale martor și caracteristicile acestora. Se precizează încă o dată că dimensiunile elementelor și

materialele utilizate sunt identice, lucru necesar pentru a putea face comparație între rezultatele obținute.

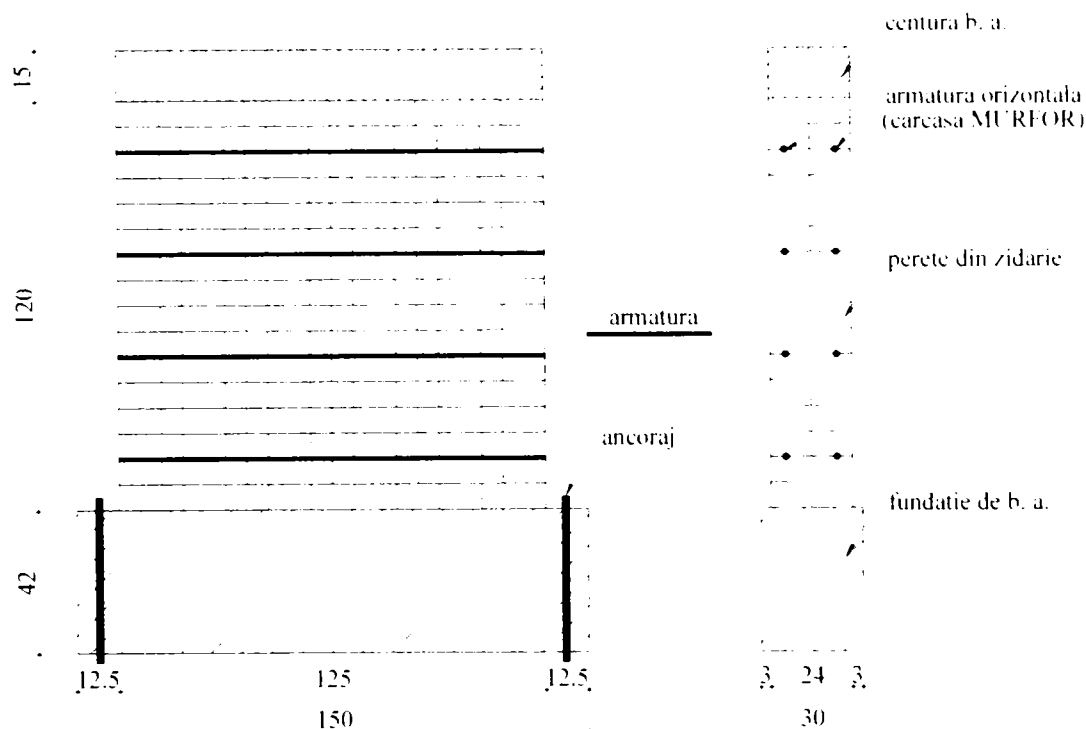


Fig. 5.3 a. – Alcătuirea elementelor experimentale-martor

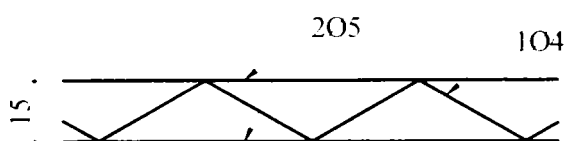


Fig. 5.3 b. – Armătura din rost orizontal la elementele armate

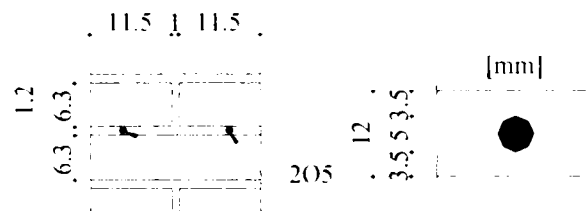


Fig. 5.3 c. – Detaliu de armare

Tabelul 5.1.

Nr. Cr. t.	Denumirea și descrierea elementului	Înălțime [cm]	Lățime [cm]	Grosime [cm]	Forța verticală [daN]	Efort de compresiune [daN/cm ²]	Coeficient de armare [%]	Correspondența cu element consolidat
1.	ES – element de zidărie simplă	120	125	24	18000	6,0	0	EP
2.	EA1* – element de zidărie armată	120	125	24	18000	6,0	1,6	--
3.	EA2 – element de zidărie armată	120	125	24	24000	8,0	0,8	EP2
4.	EA3 – element de zidărie armată	120	125	24	36000	12,0	0,8	EP3
5.	EA4 – element de zidărie armată	120	125	24	45000	15,0	0,8	EP4

Cercetări experimentale privind comportarea pereților structurali din zidărie consolidată

* Elementul martor EA1 s-a rupt la compresiune excentrică și nu s-a putut realiza o consolidare cu plase sudate.

Înregistrarea comportării elementului experimental sub încărcări s-a realizat cu ajutorul unor dispozitive de măsurare a deformațiilor de tipul microcomparatoarelor cu o precizie de 1/100mm și cu ajutorul timbrelor tensometrice dispuse pe armături.

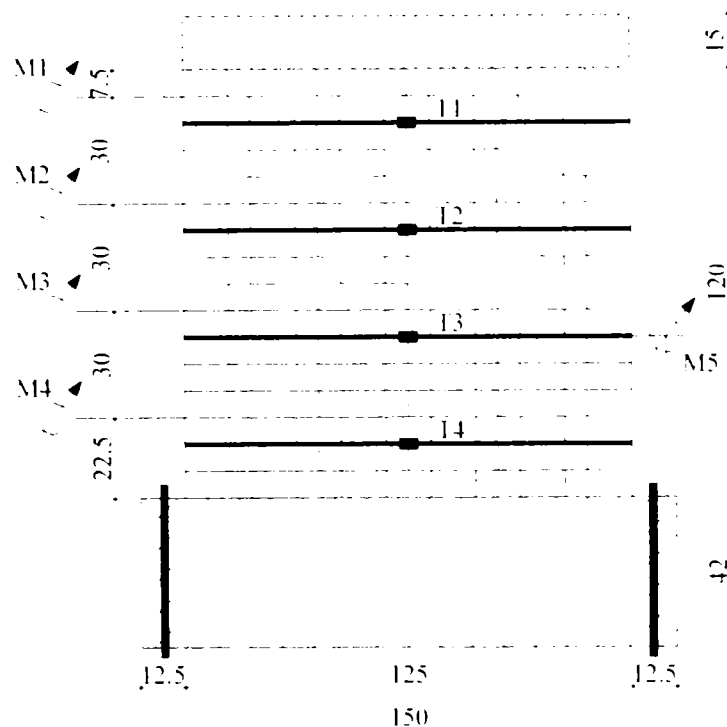


Fig. 5.4. Dispunerea microcomparatoarelor și a timbrelor tensometrice pe elementul experimental-martor

Microcomparatoarele notate cu M1-M5 și timbrele tensometrice T1-T4 au fost dispuse pe înălțimea elementelor conform fig. 5.4.

Este de făcut precizarea că la două dintre elementele experimentale (ES și EA1) microcomparatorul M5 a lipsit, iar timbrele tensiometrice n-au funcționat în totalitate la parametrii optimi în decursul încercărilor experimentale.

Forța verticală aplicată fiecărui element de zidărie în parte este constantă în decursul încercării. Forța orizontală este variabilă fiind aplicată în trepte de la 0 la valoarea maximă ce corespunde cedării elementului. Valoarea unei trepte de încărcare s-a stabilit la 1000daN. La fiecare treaptă de încărcare s-au efectuat citiri pe microcomparatoare și pe timbrele tensiometrice.

O vedere generală a standului experimental cu elementul pregătit pentru încercare este prezentat în fotografia din figura 5.5.

5.1.2. Metodologia de încercare

Elementele experimentale ES, EA1, EA2, EA3 și EA4, din [59], încercate până la rupere, au fost consolidate prin cămășuire pe ambele fețe cu plase sudate, rezultând elementele de încercare din prezentul program experimental: EP (element consolidat cu plase), EP2 (element consolidat cu plase), EP3 (element consolidat cu plase) și EP4 (element consolidat cu plase).

Metodologia de încercare a constat în aplicarea unei forțe verticale constante, ce reprezintă încărcarea gravitațională și a unei forțe orizontale monoton crescătoare, reprezentind efectul acțiunii seismice asupra unui perete interior din zidarie portanta.



Foto 5.5. – Vedere generală a standului cu un element pregătit pentru încercare

5.2. Prezentarea programului de încercări experimentale

Obiectivul cercetării experimentale

Programul de cercetări experimentale urmărește cunoașterea comportării elementelor de zidărie simplă și armată avariate pînă la rupere și consolidate prin camășuire, sub acțiunea încărcărilor statice, gravitaționale și orizontale.

Elementele experimentale martor sunt preluate din programul de încercări [59], unde au fost încercate pînă la rupere și apoi, în cadrul acestui program, au fost consolidate prin cămășuire pe ambele fețe cu plase sudate și reîncărcate.

Se utilizează mortar de ciment și var obișnuit pentru zidării. Elementele de zidărie armată sunt realizate cu armături speciale pentru armarea zidăriei în rosturi orizontale de tip MURFOR. Aceste tipuri de armături se pot aplica la armarea rosturilor orizontale ale pereților de zidărie indiferent de tipul de bloc de zidărie utilizat, deci și pentru zidăria din cărămidă plină.

Cercetările experimentale, în primul rând, urmăresc determinarea capacității portante la sarcini orizontale ce pot proveni din acțiunea seismului pentru elementele de zidărie, modul în care capacitatea portantă a elementelor de zidărie este influențată de încărcarea gravitațională aplicată asupra elementului, respectiv efortul unitar de compresiune, și de coeficientul de armare pentru elementele din zidărie armată. Compararea rezultatelor a impus realizarea de elemente identice ca și dimensiuni, dar diferite între ele prin valoarea sarcinii verticale aplicate și prin coeficientul de armare.

Se dorește compararea rezultatelor obținute experimental privind capacitățile portante la sarcini orizontale ale zidăriei simple și armate încercate pînă la rupere și apoi consolidate cu plase sudate pe ambele fețe.

Calculul teoretic s-a condus cu relațiile din [48], caracteristicile de calcul (rezistența la compresiune a zidăriei, rezistența la întindere a mortarului, rezistența la întindere a

Cercetări experimentale privind comportarea pereților structurali din zidărie consolidați

Teză de doctorat	Contribuții la perfecționarea soluțiilor de consolidare aplicate clădirilor civile	115
------------------	--	-----

armăturii, modulul de elasticitate) fiind determinate de asemenea experimental, pentru stabilirea valorii lor reale. De altfel compararea fidelă a rezultatelor obținute experimental cu rezultatele obținute din calcul se poate face doar utilizând rezistențele de rupere determinate experimental. Încercările de laborator efectuate în acest scop și rezultatele obținute sunt prezentate în acest capitol.

Așa cum am mai precizat, un alt obiectiv al cercetărilor experimentale îl reprezintă studierea modului de cedare al elementelor de zidărie martor și consolidate. Ruperea se poate produce prin:

- Compresiunea excentrică cu excentricitate în planul pereților;
- Eforturile principale de întindere în secțiuni înclinate;
- Forfecarea rostului orizontal.

Se studiază în cadrul programului și deplasările elementelor în plan vertical sub sarcini orizontale și, implicit, stabilirea limitei deformațiilor elastice. Pentru măsurători se folosesc microcomparatoare. De asemenea se studiază participarea armăturilor la preluarea eforturilor măsurând eforturile unitare din armături cu timbre tensiometrice. Acestea reprezintă însă obiective secundare mai puțin detaliate și utilizate în conținutul prezentei lucrări.

În concluzie, se poate afirma că scopul principal al cercetărilor și studiilor experimentale îl reprezintă studiul gradului de refacere a capacității de rezistență la sarcini gravitaționale și orizontale, respectiv efortul tangențial capabil, în elementele de zidărie nearmată și armată consolidate prin camasuire.

5.2.1. Desfășurarea și rezultatele încercărilor experimentale pentru elementele martor

5.2.1.1. Încercarea experimentală a elementului martor de zidărie simplă ES

Elementul martor ES este realizat din zidărie simplă (nearmată) de cărămidă plină în alcătuirea prezentată în paragraful 5.1.1.

Elementul ES este prezentat gata pentru încercare în fotografia de mai jos:

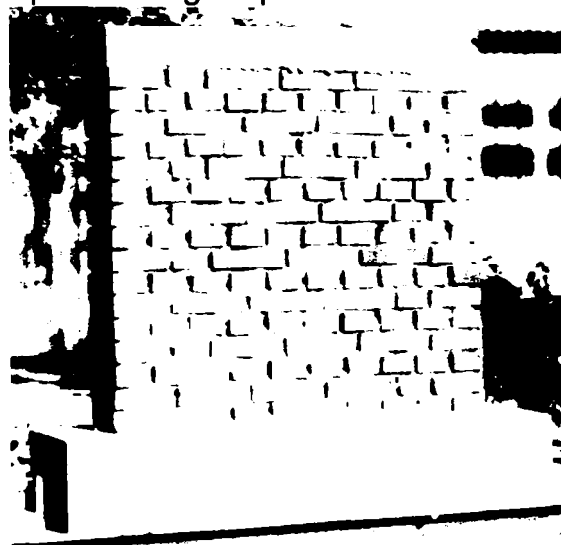


Foto 5.6.Elementul ES

Încercarea s-a derulat pentru o forță verticală constantă cu valoarea $P=18000\text{daN}$. Această valoare raportată la aria secțiunii orizontale a elementului generează un efort unitar de compresiune σ_0 :

Cercetări experimentale privind comportarea pereților structurali din zidărie consolidați

$$\sigma_0 = \frac{P}{A} = \frac{18000}{24 \times 125} = 6,0 \text{ daN/cm}^2$$

Forța orizontală aplicată conform principiului de încercare prezentat anterior este monoton crescătoare în trepte de câte 1000daN până la valoarea maximă corespunzătoare ruperii elementului. Ruperea elementului s-a produs brusc, fiind o rupere casantă s-a înregistrat la o valoare a forței orizontale $P_{\max} = 12000\text{daN}$. În prealabil la o forță de 5000daN s-a produs fisurarea elementului în rost orizontal, fără însă ca acesta să cedeze la compresiune excentrică (fisura nu s-a dezvoltat în mod exagerat)



Foto 5.7. Modul de rupere a elementului ES

Înregistrările efectuate pe microcomparatoare pe parcursul încercării sunt date în tabelul 5.2., respectiv diagramele forță deplasare la nivelul fiecărui microcomparator sunt date în figura 5.8.

Tabelul 5.2

P [daN]	δ (mm)				Observații
	M1	M2	M3	M4	
1000	0,1	0,1	0,1	0	
2000	0,1	0,1	0,1	0	
3000	0,3	0,2	0,2	0	
4000	0,4	0,3	0,2	0	
5000	0,5	0,4	0,3	0	fisurare în rost orizontal
6000	0,7	0,5	0,3	0	
7000	0,9	0,7	0,4	0,1	
8000	1,2	0,9	0,6	0,2	
9000	1,5	1,1	0,8	0,3	
10000	2,2	1,6	1,1	0,4	
11000	2,8	2,2	1,4	0,6	
11900	3,6	2,8	1,8	0,8	
12000	6,7	5,2	3,4	1,6	cedare bruscă la eforturi principale de întindere în secțiune înclinată

Cercetări experimentale privind comportarea pereților structurali din zidărie consolidată

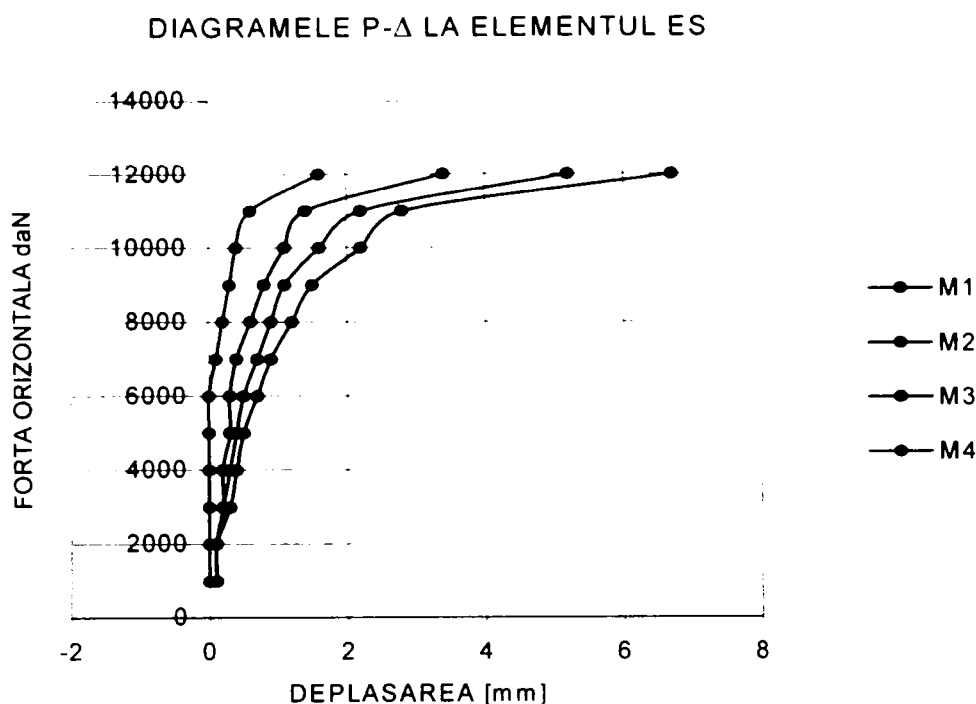


Fig. 5.8. – Diagramele P- Δ la elementul ES la nivelul fiecărui microcomparator

Câteva dintre concluziile ce se desprind în urma încercării elementului experimental ES și trasării diagramele P- Δ ar fi:

- Pentru valori ale forței orizontale între 0 și 5000daN, valoarea la care apare fisurarea elementului în rost orizontal comportarea elementului este cvasi-elastică, deplasările pe orizontală menținându-se sub 1mm;
- Fisurarea rostului orizontal nu se amplifică, deci nu putem vorbi de cedarea peretelui la compresiune excentrică. De altfel nu s-a produs nici zdrobirea cărămizilor în zona comprimată, fenomen specific ruperii la compresiune excentrică;
- Pe intervalul 6000-11000daN al forței orizontale comportarea elementului poate fi caracterizată ca și elasto-plastică, deplasările orizontale amplificându-se;
- Până la 12000daN elementul de zidărie curge, deplasarea orizontală crește cu peste 100%;
- La atingerea valorii de 12000daN se produce ruperea bruscă a peretelui de zidărie în diagonală, ruperea fiind casantă dar totuși anunțată de amplificarea deplasărilor;
- Ruperea s-a produs prin mortar și caramida, într-o secțiune în scăriță, ceea ce sugerează că rezistența la întindere a mortarului este inferioară rezistenței la întindere a cărămizilor.

Teză de doctorat	Contribuții la perfecționarea soluțiilor de consolidare aplicate clădirilor civile	118
------------------	--	-----

5.2.1.2. Încercarea experimentală a elementului martor de zidărie armată EA2

Elementul martor EA2 este realizat cu aceeași geometrie ca și elementul ES, dar având armături în rosturile orizontale, la fiecare al patrulea rind. Procentul de armare este dat de relația:

$$\mu = \frac{V_a}{V_z} = \frac{4 \times \left(2 \frac{3,14 \times 0,5^2}{4} + \sqrt{2} \frac{3,14 \times 0,4^2}{4} \right)}{24 \times 120} = 0,0008 = 0,8\text{‰}$$

Cedarea din compresiune excentrică, prin deschiderea rostului orizontal în zona întinsă, nu este influențată de procentul de armare, ci doar cedarea la eforturi principale de întindere. S-a redus procentul de armare față de elementul EA1, pentru a obține o rupere la eforturi principale de întindere pentru elementele de zidărie armată.

Elementul EA2 este prezentat gata pentru încercare în fotografia de mai jos:

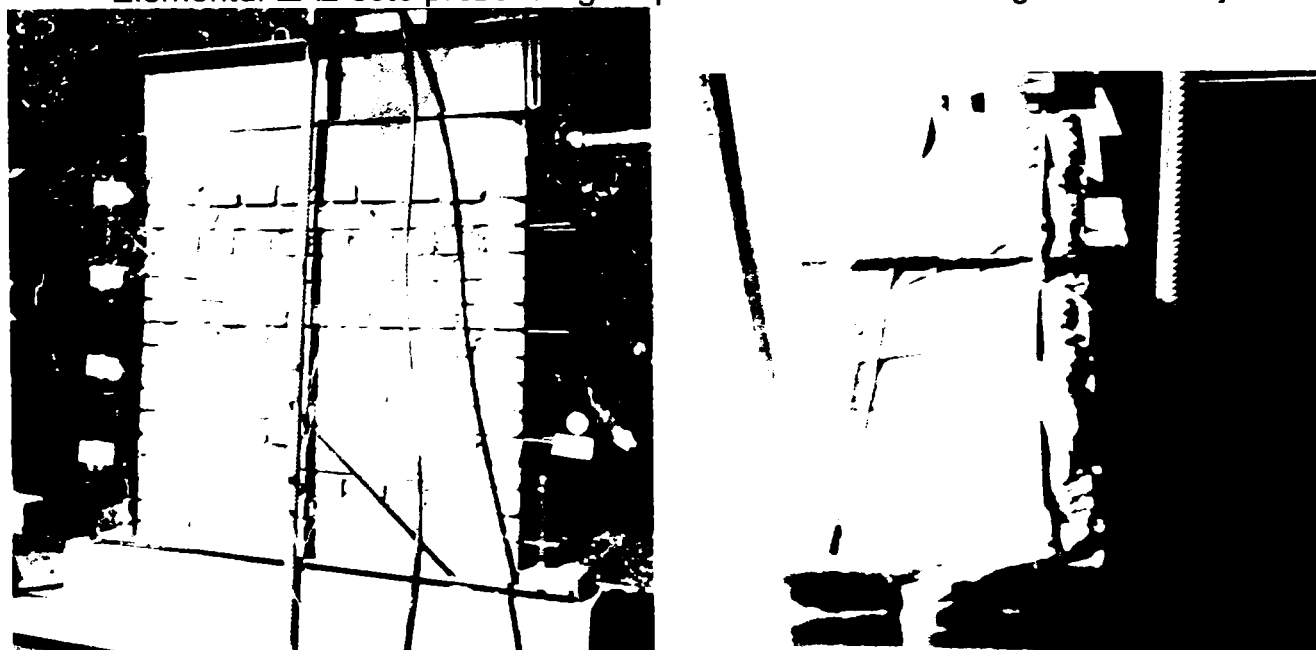


Fig. 5.9. Elementul EA2 pregătit pentru încercare; armarea rostului orizontal

Încercarea verticală constantă este în acest caz $P=24000\text{daN}$ diferită față de elementul EA1 tocmai pentru a se putea aprecia și influența forței verticale asupra capacității portante a elementului de zidărie.

Valoarea efortului unitar de compresiune este în acest caz:

$$\sigma_0 = \frac{P}{A} = \frac{24000}{24 \times 125} = 8,0\text{daN/cm}^2$$

Forța orizontală este de asemenea aplicată în trepte de câte 1000daN până la valoarea maximă. La o valoare a forței orizontale $P = 15000\text{daN}$ s-a produs, datorită încovoierii, deschiderea celui de-al treilea rost orizontal (rost fără armătură) iar imediat la $P = 16000\text{daN}$ fisura s-a dezvoltat puternic stabilind în fond cedarea elementului.

Datorită blocării deplasării verticale a peretelui s-a putut continua încărcarea cu forță orizontală a peretelui. La valoarea forței $P=22000\text{daN}$ apare brusc o fisură din eforturi principale de întindere între rostul al treilea desprins și baza peretelui. În fisură se observă ruperea armăturii din rostul al doilea (fig. 5.11).

Cercetări experimentale privind comportarea pereților structurali din zidărie consolidată



Fig. 5.10. Elementul EA2 după încercare

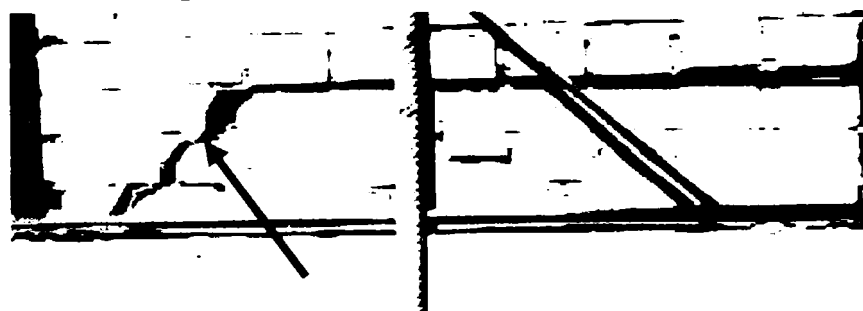


Fig. 5.11. Fisură din eforturi principale de întindere la elementul EA2

Înregistrările efectuate pe microcomparatoare pe parcursul încercării sunt date în tabelul 5.3., respectiv diagramele forță deplasare la nivelul fiecărui microcomparator sunt date în figura 5.12.

Concluziile ce se desprind în urma încercării elementului experimental EA2 și trasării diagramei $P-\Delta$ ar fi:

- Comportarea elementului cvasi-elastică conform diagramei din figura de mai sus se poate considera până în jurul valorii forței orizontale de 13000daN ;
- Ruperea din încovoiere prin desprinderea elementului de fundație în rost orizontal se produce la valoarea $P=16000daN$;
- Ruperea poate fi apreciată ca fiind ductilă crescând de asemenea deplasările față de EA1-care a fost dublu armat.
- La valoarea $P=22000daN$ se produce ruperea în fisură diagonală din eforturi principale de întindere, acest fenomen fiind forțat de blocarea deplasărilor datorită

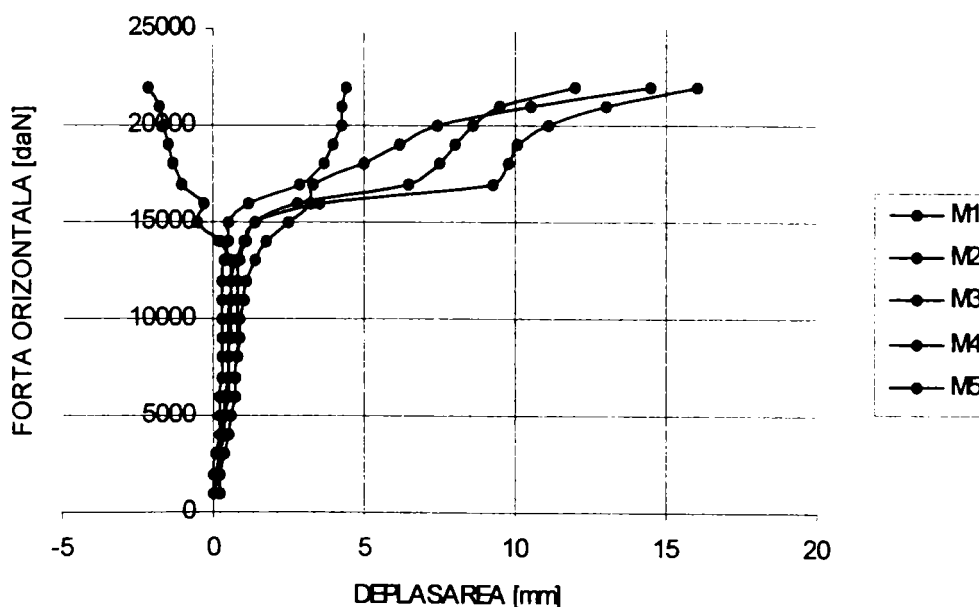
Cercetări experimentale privind comportarea pereților structurali din zidărie consolidată

alcătuirii standului de încercare. Armătura contribuie la preluarea eforturilor de întindere constatându-se ruperea armăturii în fisura.

Tabelul 5.3.

P [daN]	Δ .(mm)					Observații
	M1	M2	M3	M4	M5	
1000	0	0	0,2	0	0,2	
2000	0,2	0,1	0,2	0	0,2	
3000	0,4	0,2	0,4	0,1	0,2	
4000	0,5	0,3	0,5	0,2	0,4	
5000	0,6	0,4	0,6	0,2	0,4	
6000	0,7	0,4	0,7	0,2	0,5	
7000	0,7	0,5	0,7	0,3	0,5	
8000	0,8	0,5	0,8	0,3	0,5	fisurare în rost rost orizontal
9000	0,9	0,5	0,8	0,3	0,6	
10000	0,9	0,5	0,8	0,3	0,6	
11000	1,0	0,6	0,8	0,3	0,6	
12000	1,1	0,6	0,8	0,3	0,6	
13000	1,4	0,8	0,9	0,4	0,6	
14000	1,8	1,0	1,1	0,5	0,2	
15000	2,5	1,4	1,4	0,5	-0,5	dezvoltare fisură în rost orizontal din încovoiere
16000	3,2	3,5	2,8	1,2	-3,0	ruperea elementului la încovoiere
17000	3,3	9,3	6,5	2,9	-10,0	
18000	5,0	9,8	7,5	3,7	-13,5	
19000	6,2	10,1	8,0	4,0	-15,5	
20000	7,4	11,1	8,6	4,3	-16,0	
21000	10,5	13,0	9,5	4,3	-18,0	
22000	14,5	16,0	12,0	4,4	-20,6	fisură din eforturi principale de întindere cu ruperea armăturii
17000	15,2	17,1	13,3	5,2	15,2	
0	9,7	10,1	7,2	4,4	9,7	descarcare

DIAGramele P- Δ LA ELEMENTUL EA2



Cercetări experimentale privind comportarea pereților structurali din zidărie consolidați

Teză de doctorat	Contribuții la perfecționarea soluțiilor de consolidare aplicate clădirilor civile	121
------------------	--	-----

Fig. 5.12. Diagramele P-Δ la elementul EA2 la nivelul fiecărui microcomparator

5.2.1.3. Încercarea experimentală a elementului martor de zidărie armată EA3

Principiul de încercare a elementului experimental, este același ca și la elementele anterioare, diferind sarcina verticală aplicată constant pe tot parcursul încercării.

Conform acestui principiu asupra elementului experimental au fost aplicate static o forță verticală constantă reprezentând încărcarea gravitațională și o forță orizontală monoton crescătoare reprezentând efectul acțiunii seismice asupra unui perete interior din zidărie portantă.

Elementul experimental EA3 (element armat cu armătură de tip MURFOR), a fost realizat similar cu elementul de zidărie armată EA2, adică dispunând aceeași cantitate de armătură de tip MURFOR NRD/Z-5-150 în rosturile orizontale ca și la elementul EA2 (la fiecare 4 rânduri). Diferența constă în aplicarea unei alte valori pentru încărcarea verticală constantă și anume $P=36000\text{daN}$ la elementul EA3 față de $P=18000\text{daN}$ la elementul EA2. Coeficient de armare la acest element este:

$$m_3 = \frac{V_a}{V_z} = 8 \times 10^{-4},$$

ca și la EA2 dar diferit față de EA1, $m_1=16 \times 10^{-4}$.

Armarea elementului experimental EA3, de tip "armare transversală" este realizată cu armături speciale pentru armarea în rosturi orizontale ale zidăriei, tip "MURFOR NRD / Z – 5 – 150", produse de firma N. V. BECKAERT S. A. din ZWEEVEGEM – BELGIA.



Fig.5.13. – Elementul de zidărie armată EA3 - pregătit pentru încercarea experimentală

Valorile forțelor aplicate asupra elementului EA3 au fost:

- forța gravitațională inițială $N = 36.000\text{ daN}$ (corespunzător unui $\sigma = 12,0\text{ daN/cm}^2$);

Cercetări experimentale privind comportarea pereților structurali din zidărie consolidați

- forța orizontală a fost aplicată crescător în trepte de câte 1000 daN;

Înregistrarea comportării elementului experimental sub încărcări s-a realizat cu ajutorul unor dispozitive de măsurare a deformațiilor de tipul **microcomparatoarelor**, cu o precizie de 1/100mm și cu ajutorul timbrelor tensometrice dispuse pe armături.

Răspunsul elementului experimental EA3 la acțiunea încărcărilor gravitaționale și orizontale poate fi ilustrat sintetic prin rezultatele valorice din Tab. 5.4., diagramele P- Δ -fig. 5.14. și diagramele P - ϵ și P- σ din fig. 5.18.-5.19..

Tabelul 5.4.

P [daN]	Δ (mm)					Observații
	M1	M2	M3	M4	M5	
0	0	0	0	0	0	
1000	0	0	0	0	0	
2000	0	0	0	0	0	
3000	0	0	0	0	0	
4000	0	0,5	0	0	0	
5000	1	0,5	0	0	0	
6000	1	0,5	0	0	0	
7000	1,5	1	0,5	0	0	
8000	2	1,5	1	0	0	
9000	2	1,5	1	0	0	
10000	2,5	2	1	0	0	
11000	3	2,5	1	0	0	
12000	3	2,5	1,5	0	0	
13000	4	3	1,5	0	0	
14000	4	3,5	2	0	0	
15000	4,5	4	2	0	0	
16000	5	4,5	2,5	0	0	
17000	5,5	5	3	0	0	
18000	6	5,5	3	0	0	
19000	7	7	3,5	0	0	
20000	7,5	7	4	0	0	
21000	8,5	7,5	4	0	0	
22000	10,5	9,5	4,5	0	-2,5	
23000	11,5	10,5	6,5	0	-4,5	Deschidere rost orizontal
24000	19	16,5	10	0	-11,5	
25000	23	19,5	13	0	-16	
26000	29	24,5	15	0	-22	
27000	34	29	18	0	-27,5	

Cercetări experimentale privind comportarea pereților structurali din zidărie consolidați

28000	41,5	35,5	22	0	-37	
29000	52	43,5	28	0	-47	Zdrobirea zonei comprimate
30000	83	69,5	45	12	-62	Rupere prin fisura in diagonala și rupere armătură
0	94	74	54	27	-41	

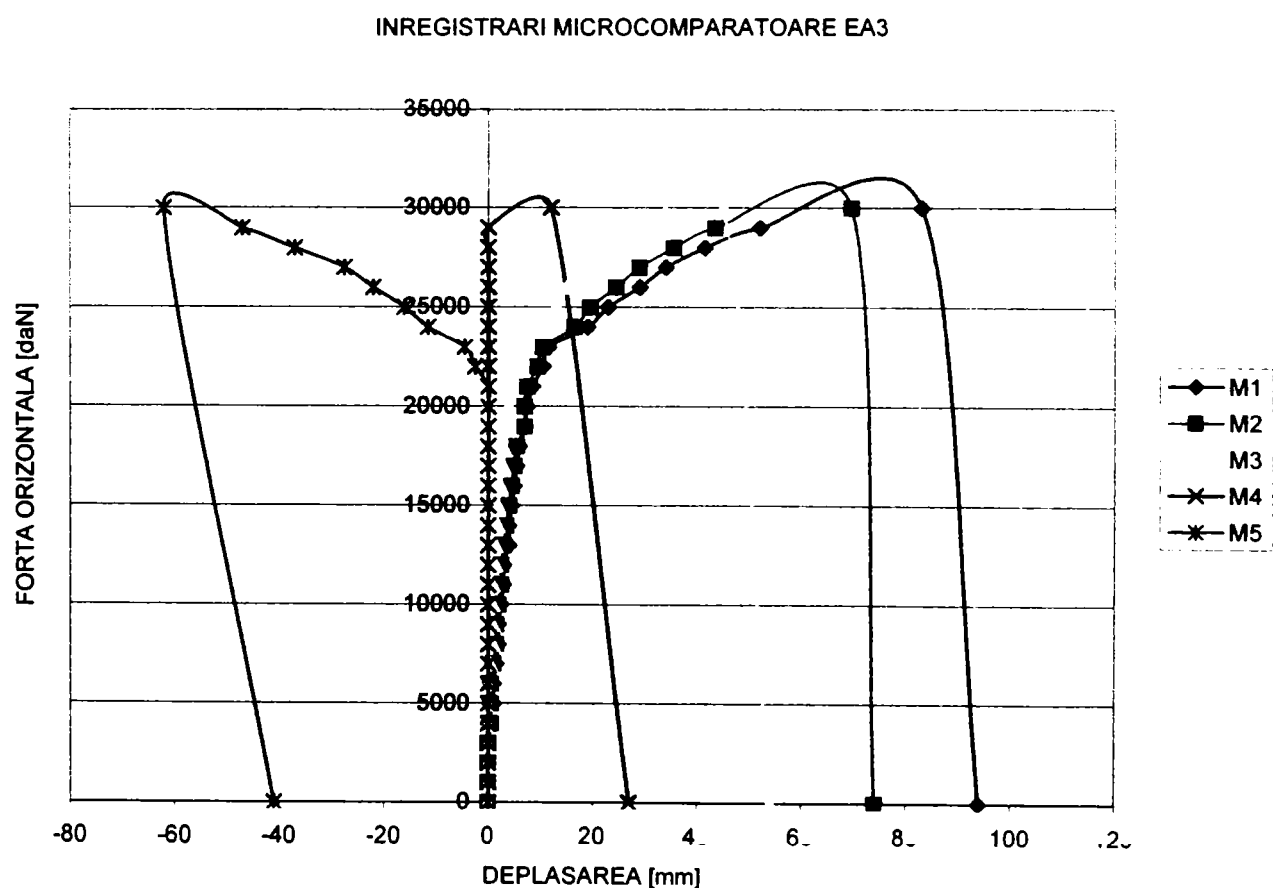


Fig. 5.14. – Diagramele Forță – Deplasare (P-Δ) pentru cele 5 microcomparatoare

Cercetări experimentale privind comportarea pereților structurali din zidărie consolidați



Fig. 5.15. – Ruperea în diagonală la $P = 30000$ daN



Fig. 5.16. – Detaliu zdrobire zona
comprimată



Fig. 5.17. – Detaliu rupere armătură

Comportarea armăturii MURFOR este evidențiată de înregistrările efectuate pe cele patru timbre tensiometrice la toate treptele de încărcare (tabelul 5.5.).

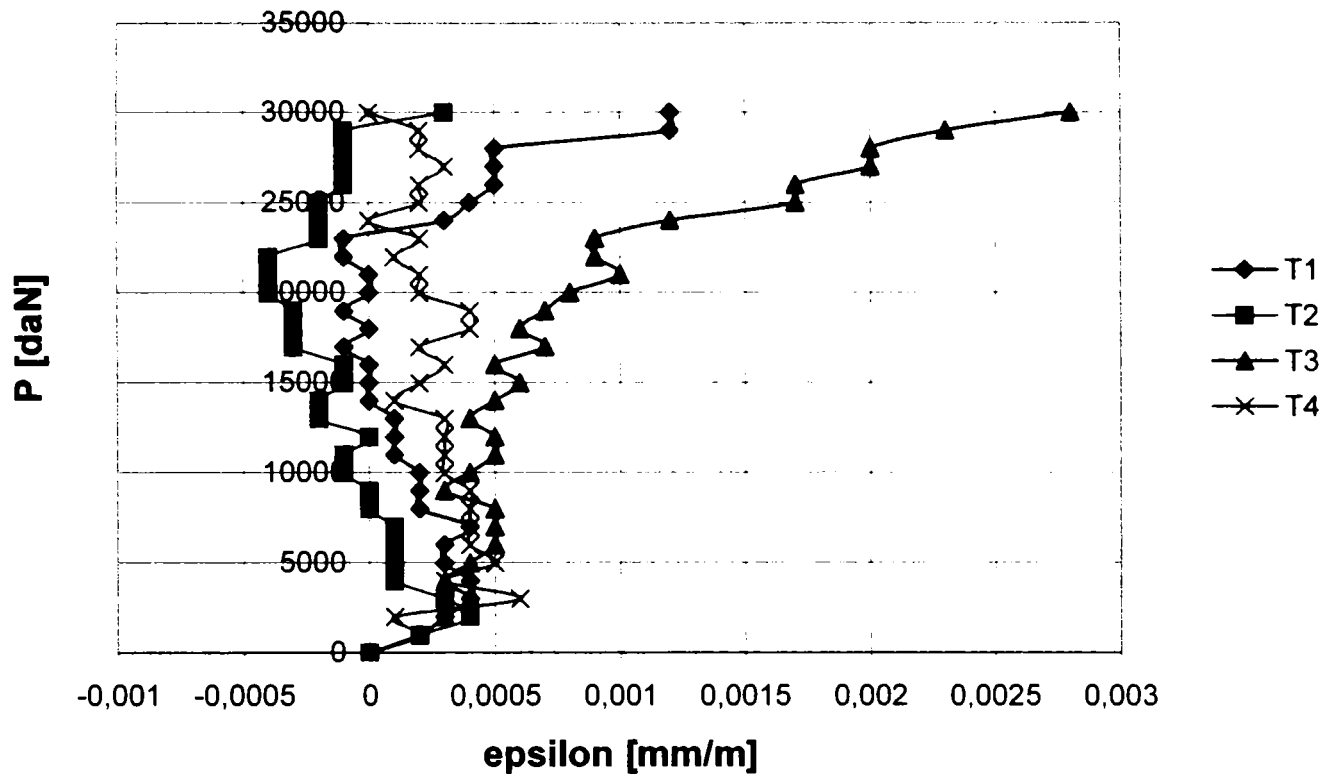
Aspecte ale ruperii elementului sunt prezentate în fig. 5.15.-5.17.

Cercetări experimentale privind comportarea pereților structurali din zidărie consolidați

Tabelul 5.5..

P [daN]	ε [mm]			
	T1	T2	T3	T4
0	0	0	0	0
1000	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002
2000	0,0003	0,0004	0,0003	0,0001
3000	0,0004	0,0003	0,0004	0,0006
4000	0,0004	0,0001	0,0003	0,0003
5000	0,0003	0,0001	0,0004	0,0005
6000	0,0003	0,0001	0,0005	0,0004
7000	0,0004	0,0001	0,0005	0,0004
8000	0,0002	0	0,0005	0,0004
9000	0,0002	0	0,0003	0,0004
10000	0,0002	-0,0001	0,0004	0,0003
11000	0,0001	-0,0001	0,0005	0,0003
12000	0,0001	0	0,0005	0,0003
13000	0,0001	-0,0002	0,0004	0,0003
14000	0	-0,0002	0,0005	0,0001
16000	0	-0,0001	0,0006	0,0002
17000	0	-0,0001	0,0005	0,0003
18000	-0,0001	-0,0003	0,0007	0,0002
19000	0	-0,0003	0,0006	0,0004
20000	-0,0001	-0,0003	0,0007	0,0004
21000	0	-0,0004	0,0008	0,0002
22000	0	-0,0004	0,001	0,0002
23000	-0,0001	-0,0004	0,0009	0,0001
23000	-0,0001	-0,0002	0,0009	0,0002
24000	0,0003	-0,0002	0,0012	0
25000	0,0004	-0,0002	0,0017	0,0002
26000	0,0005	-0,0001	0,0017	0,0002
27000	0,0005	-0,0001	0,002	0,0003
28000	0,0005	-0,0001	0,002	0,0002
29000	0,0012	-0,0001	0,0023	0,0002
30000	0,0012	0,0003	0,0028	0

Cercetări experimentale privind comportarea pereților structurali din zidărie consolidați

Fig. 5.18. Diagramele P- ϵ

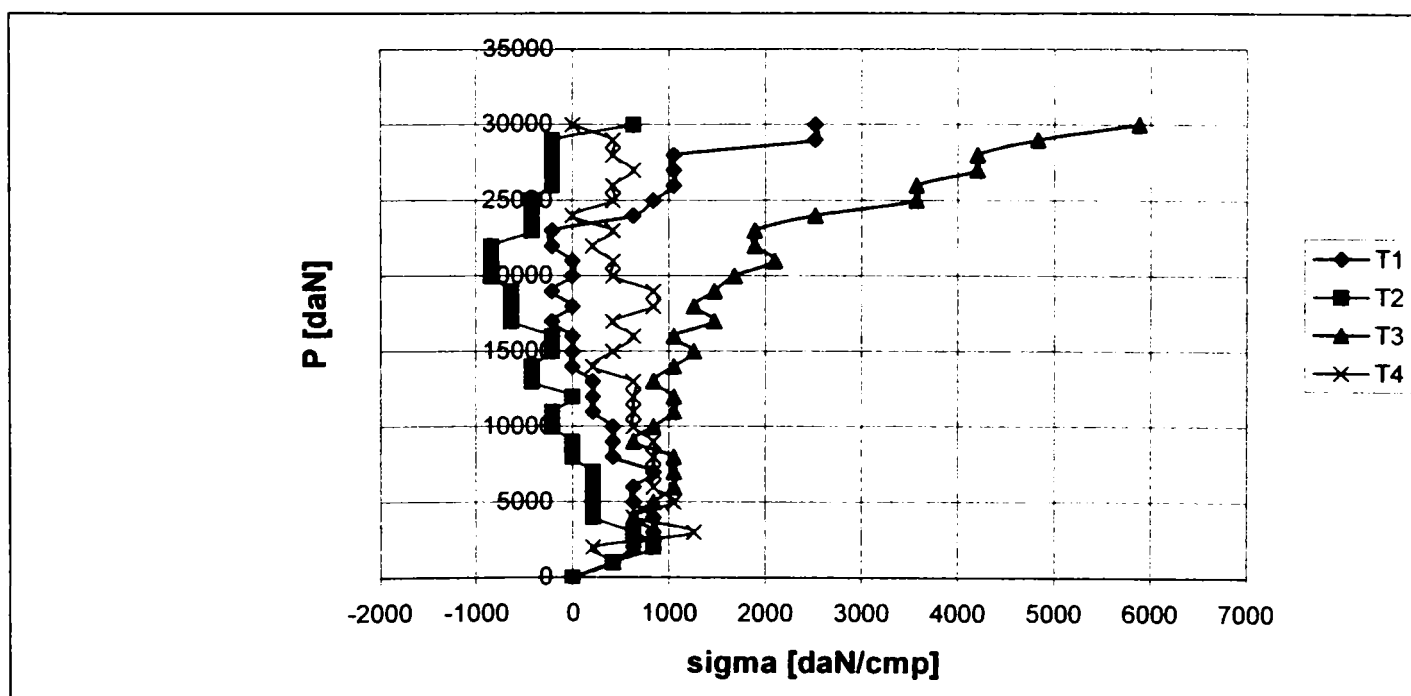
Valorile eforturilor în armături se obțin înmulțind deformațiile specifice ϵ cu modulul de elasticitate al oțelului $E=2,1 \times 10^6$. Eforturile la diferite trepte de încărcare pentru toate cele 4 armături sunt date în tabelul 5.6., iar diagramele P- σ în figura 5.19..

Tabelul 5.6

P [daN]	σ [daN/cm ²]			
	Armătura 1	Armătura 2	Armătura 3	Armătura 4
0	0	0	0	0
1000	420	420	420	420
2000	630	840	630	210
3000	840	630	840	1260
4000	840	210	630	630
5000	630	210	840	1050
6000	630	210	1050	840
7000	840	210	1050	840
8000	420	0	1050	840
9000	420	0	630	840
10000	420	-210	840	630

Cercetări experimentale privind comportarea pereților structurali din zidărie consolidată

11000	210	-210	1050	630
12000	210	0	1050	630
13000	210	-420	840	630
14000	0	-420	1050	210
15000	0	-210	1260	420
16000	0	-210	1050	630
17000	-210	-630	1470	420
18000	0	-630	1260	840
19000	-210	-630	1470	840
20000	0	-840	1680	420
21000	0	-840	2100	420
22000	-210	-840	1890	210
23000	-210	-420	1890	420
24000	630	-420	2520	0
25000	840	-420	3570	420
26000	1050	-210	3570	420
27000	1050	-210	4200	630
28000	1050	-210	4200	420
29000	2520	-210	4830	420
30000	2520	630	5880	0

Fig. 5.19. Diagramele P - σ pentru fiecare armatură

Cercetări experimentale privind comportarea pereților structurali din zidărie consolidați

Teză de doctorat	Contribuții la perfecționarea soluțiilor de consolidare aplicate clădirilor civile	128
------------------	--	-----

Analizând rezultatele măsurătorilor, diagramele $P - \Delta$, $P - \varepsilon$ și $P - \sigma$ și modul de cedare a elementului experimental se poate concluziona:

- ruperea elementului EA3 s-a produs la eforturi principale de întindere, producându-se ruperea după direcție diagonală la o valoare a forței orizontale $P=30000\text{daN}$;
- armătura de tip MURFOR a participat la distribuția eforturilor în element, pînă la ruperea armaturii din eforturi principale de întindere;
- creșterea forței verticale de la 24000 daN la elementul EA2 la 36000daN la elementul EA3 a dus la o creștere a capacității portante de la 22000daN în primul caz la 30000daN în cazul EA3,(36%) rezultatele obținute experimental așezîndu-se pe o curbă de formă aproximativ parabolică.
- deplasarea maximă la vîrf a elementului armat EA3 a fost mai mică decît a elementului EA2 cu aproximativ 57%, elementul fiind mai puțin ductil, lucru evidențiat și prin modul de cedare.

5.2.1.4. Încercarea experimentală a elementului martor de zidărie armata EA4

Elementul martor EA4 este similar celorlalte elemente martor, diferind valoarea forței gravitaționale aplicate experimental, iar metodologia de încercare s-a păstrat ca și la celelalte elemente experimentale-martor[59].

Principiul de încercare precum și standul experimental sunt aceleași ca și pentru celelalte elemente încercate anterior.

Elementul experimental EA4 (element armat cu armătură de tip MURFOR), a fost realizat similar cu elementul de zidărie armată EA 2-3 adică dispunând aceeași cantitate de armătură de tip **MURFOR NRD/Z-5-150** în rosturile orizontale ca și la elementul EA2-EA3 (la fiecare 4 rinduri). Diferența constă în aplicarea unei alte valori pentru încărcarea verticală constantă și anume $P=45000\text{daN}$ la elementul EA4 față de $P=24000\text{daN}$ la elementul EA2, respectiv 36000 daN la elementul EA3.

Valorile forțelor aplicate asupra elementului EA4 sunt:

- forța gravitațională inițială $N = 45.000\text{ daN}$ (corespunzător unui $\sigma = 15,0\text{ daN/cm}^2$);
- forța orizontală a fost aplicată crescător în trepte de câte 1000 daN , ajungându-se la o forță de rupere a elementului EA4 egală cu $P_{r4} = 32000\text{ daN}$ față de elementul EA2 de $P_{r2} = 22000\text{ daN}$ respectiv cu $P_{r3} = 30000\text{ daN}$ la EA3.

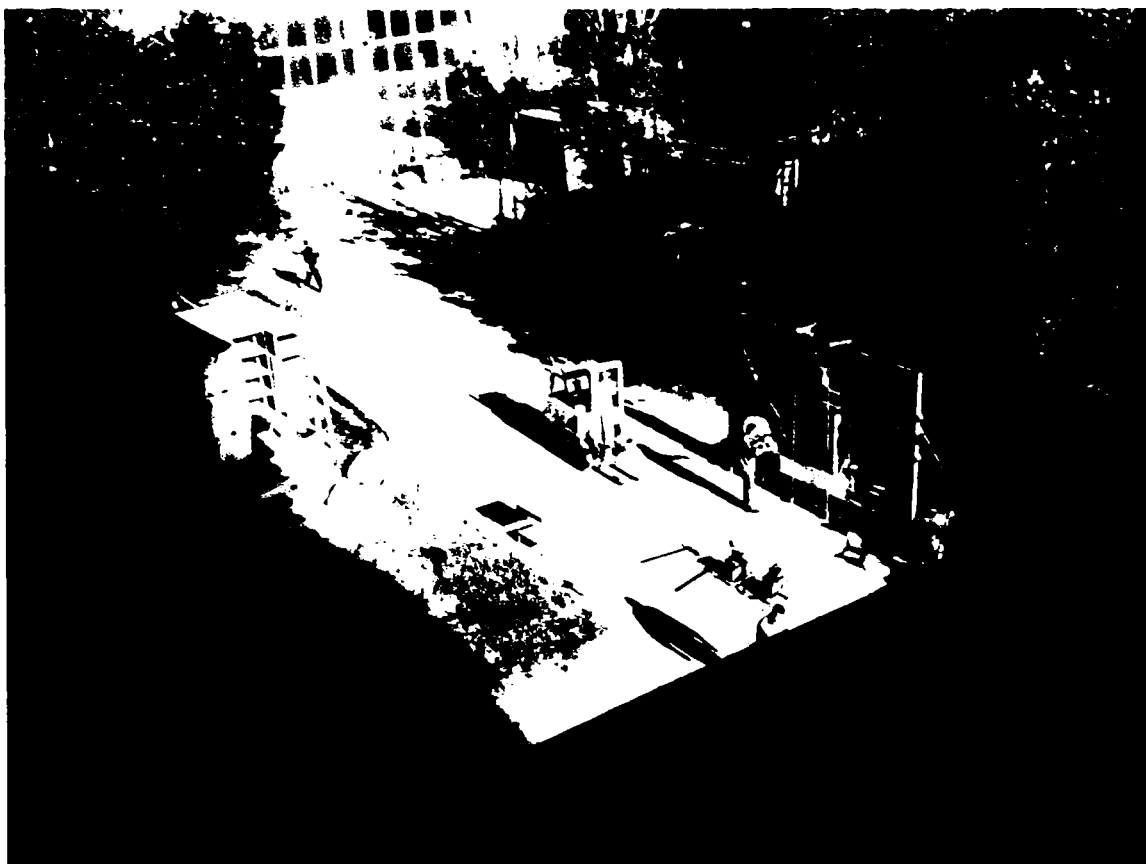
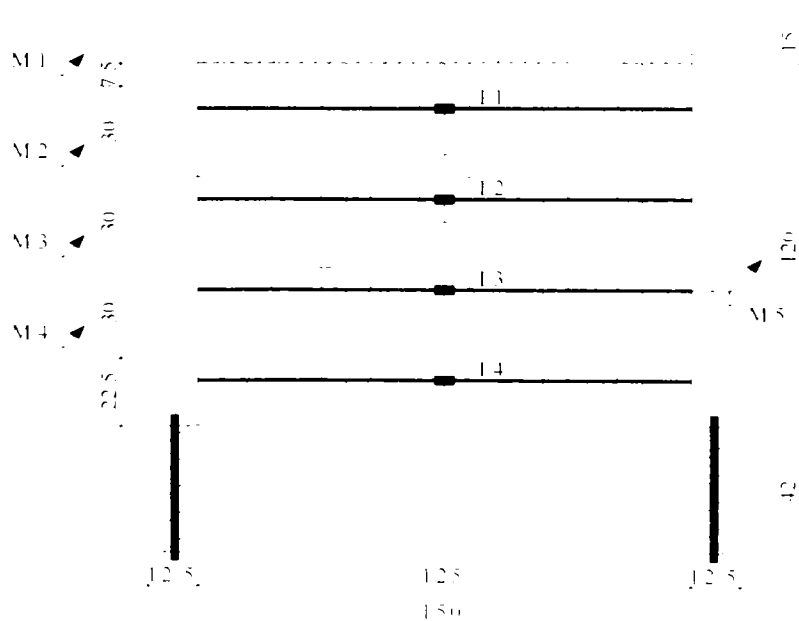


Fig. 5.20. Elementul de zidărie armată EA4 – pregătit pentru încercarea experimentală



Cercetări experimentale privind comportarea pereților structurali din zidărie consolidați

Fig. 5.21. Dispunerea aparaturii de masura

Înregistrarea comportării elementului experimental sub încărcări s-a realizat cu ajutorul unor dispozitive de măsurare a deformațiilor de tipul **microcomparatoarelor**, cu o precizie de 1/100mm și cu ajutorul timbrelor tensometrice dispuse pe armături.

Microcomparatoarele notate cu **M1 - M5**, și timbrele tensometrice T1 – T4 au fost dispuse pe înălțimea elementului conform fig. 5.21.

Răspunsul elementului experimental EA4 la acțiunea încărcărilor gravitaționale și orizontale poate fi ilustrat sintetic prin rezultatele valorice din diagramele P-Δ fig. 5.22.

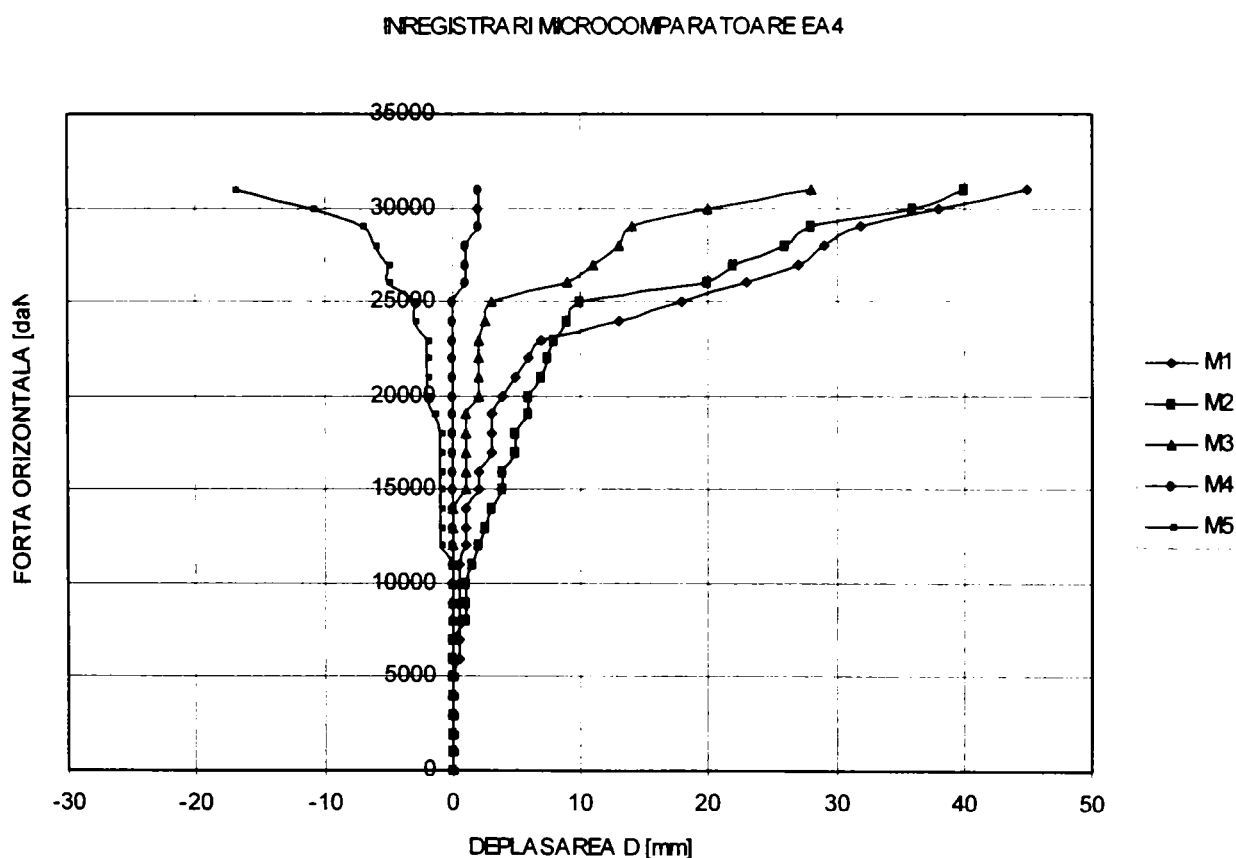


Fig.5.22. Diagrama P-Δ pentru cele 4 microcomparatoare

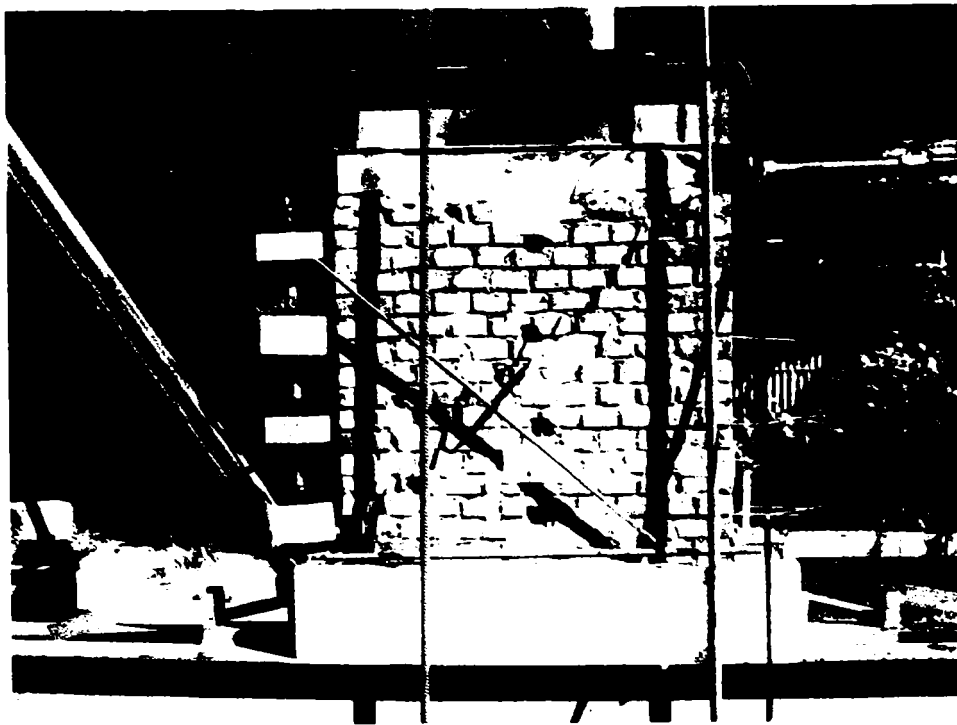


Fig. 5.23. Ruperea în diagonală la $P = 32000 \text{ daN}$



Fig. 5.24. Detaliu zdrobire zona
comprimată



Fig. 5.25. Detaliu zdrobire zona
comprimată

Comportarea armăturii MURFOR este evidențiată de înregistrările efectuate pe cele patru timbre tensiometrice la toate treptele de încărcare. Diagramele deplasărilor înregistrate pe cele 4 microcomparatoare sunt prezentate în fig. 5.22.

Cercetări experimentale privind comportarea pereților structurali din zidărie consolidați

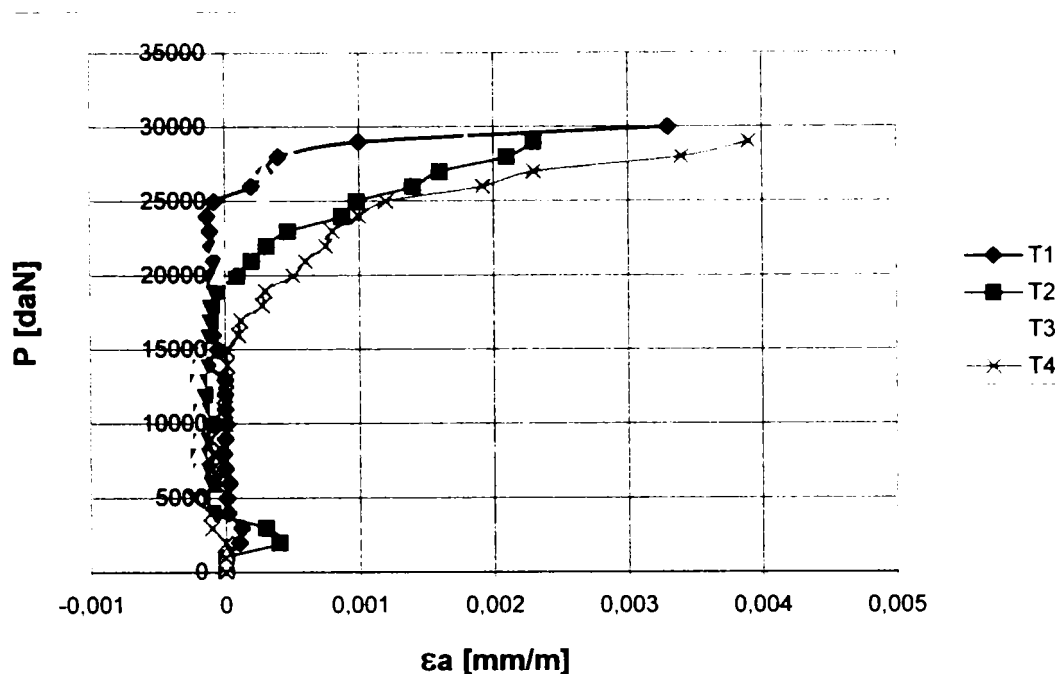


Fig. 5.26. Diagramele P- ε_a -element EA4

Valorile eforturilor în armături se obțin înmulțind deformațiile specifice ε cu modulul de elasticitate al oțelului $E=2,1 \times 10^6$. Eforturile la diferite trepte de încărcare pentru toate cele 4 armături sunt date în diagramele P- σ în figura 5.27.

Valoarea maximă obținută pentru efortul unitar din armături este $\sigma=8190 \text{ aN/cm}^2$, fiind depasita limita teoretică de curgere respectiv de rupere a armăturii.

Valorile eforturilor în armături la elementul EA4

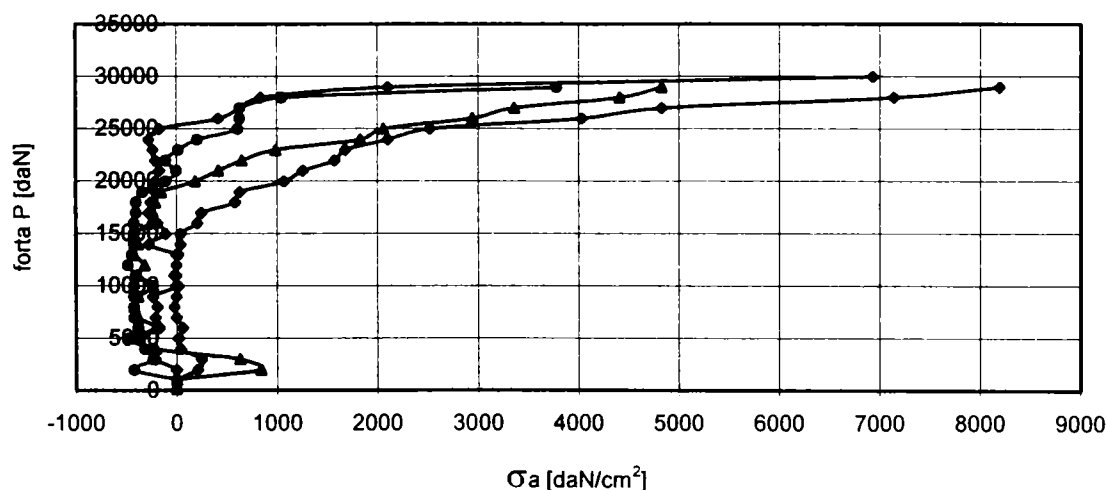


Fig. 5.27. Diagramele P- σ , pentru fiecare armătură

Analizând rezultatele măsurătorilor, diagramele P - Δ , P- ε și P- σ și modul de cedare a elementului experimental EA4, se poate concluziona:

Cercetări experimentale privind comportarea pereților structurali din zidărie consolidată

Teză de doctorat	Contribuții la perfecționarea soluțiilor de consolidare aplicate clădirilor civile	133
------------------	--	-----

- ruperea elementului EA4 s-a produs la **eforturi principale de întindere**, producându-se ruperea după direcție diagonală la o valoare a forței orizontale $P=32000\text{daN}$;
- armătura de tip MURFOR a participat la distribuția eforturilor în element, pînă la ruperea armaturii din eforturi principale de întindere;
- creșterea forței verticale de la 24000 daN la elementul EA2 la 36000daN la elementul EA3 respectiv 45000daN la elementul EA4, a dus la o creștere a capacității portante de la 22000daN în primul caz la 30000daN în cazul EA3,(36%) iar la elementul EA4 cu 45%fata de primul martor, respectiv cu 6.6% fata de EA3;
- deplasarea maxima la vîrf a elementului armat EA3 a fost mai mică decît a elementului EA2, aproximativ 57%, iar a elementului EA4 cca.31% fata de primul martor si 54% din cea a celui de-al doilea element, elementul EA4 fiind mai puțin ductil, lucru evidențiat și prin modul de cedare.

5.2.2. Desfășurarea și rezultatele încercărilor experimentale pentru elementele consolidate

5.2.2.1.Încercarea experimentală a elementului consolidat EP

Principiul de încercare a elementului experimental consolidat, încercare desfășurată în cadrul prezentei lucrari, este similar incercarilor elementelor martore.

Elementul EP reprezinta elementul ES din zidarie simpla, incercat pîna la rupere si consolidat cu plase.

Conform acestui principiu asupra elementului experimental consolidat au fost aplicate static o forță verticală constantă reprezentând încărcarea gravitațională și o forță orizontală monoton crescătoare reprezentând efectul acțiunii seismice asupra unui perete interior din zidărie portantă.

Procedeul de incercare este identic cu cel al elementului martor ES.

După încercarea elementului de zidărie simplă ES s-a recurs la consolidarea acestuia prin cămășuirea pe ambele părți cu plase sudate STNB $\phi 5/10$ cm, plase prinse cu agrafe $\phi 6$, 9 buc / element.

Consolidarea s-a desfășurat respectând următoarele etape tehnologice:

- închiderea cu mortar Marca M100 a fisurii din elementul experimental ES;
- dispunerea pe o parte și alta a plaselor sudate;
- găurirea elementului în dreptul punctelor de amplasare a agrafelor de prindere;
- montarea agrafelor $\phi 6$;
- aplicarea unui strat de mortar de ciment M100 de 2 cm grosime pe fiecare față a elementului (manual).

Cercetări experimentale privind comportarea pereților structurali din zidărie consolidați

Elementul inițial ES – din zidărie simplă a fost încercat până la rupere, prezentând o fisură diagonală din eforturi principale de întindere (fig. 5.28).

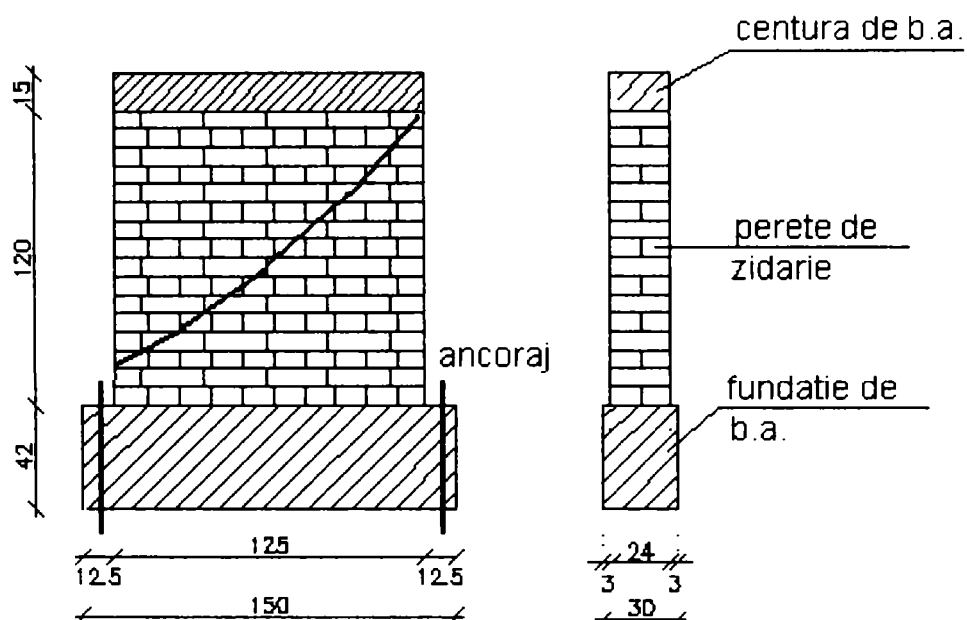


Fig. 5.28. – Elementul experimental ES după încercare



Fig.5.29. – Alcătuirea elementului experimental EP- montarea plaselor sudate

Armătura de tip "plasă sudată STNB" are bare cu diametrul de 5 mm la distanța de 100 mm dispuse ortogonal. Agrafele au fost din OB37 cu diametrul $\phi 6$.

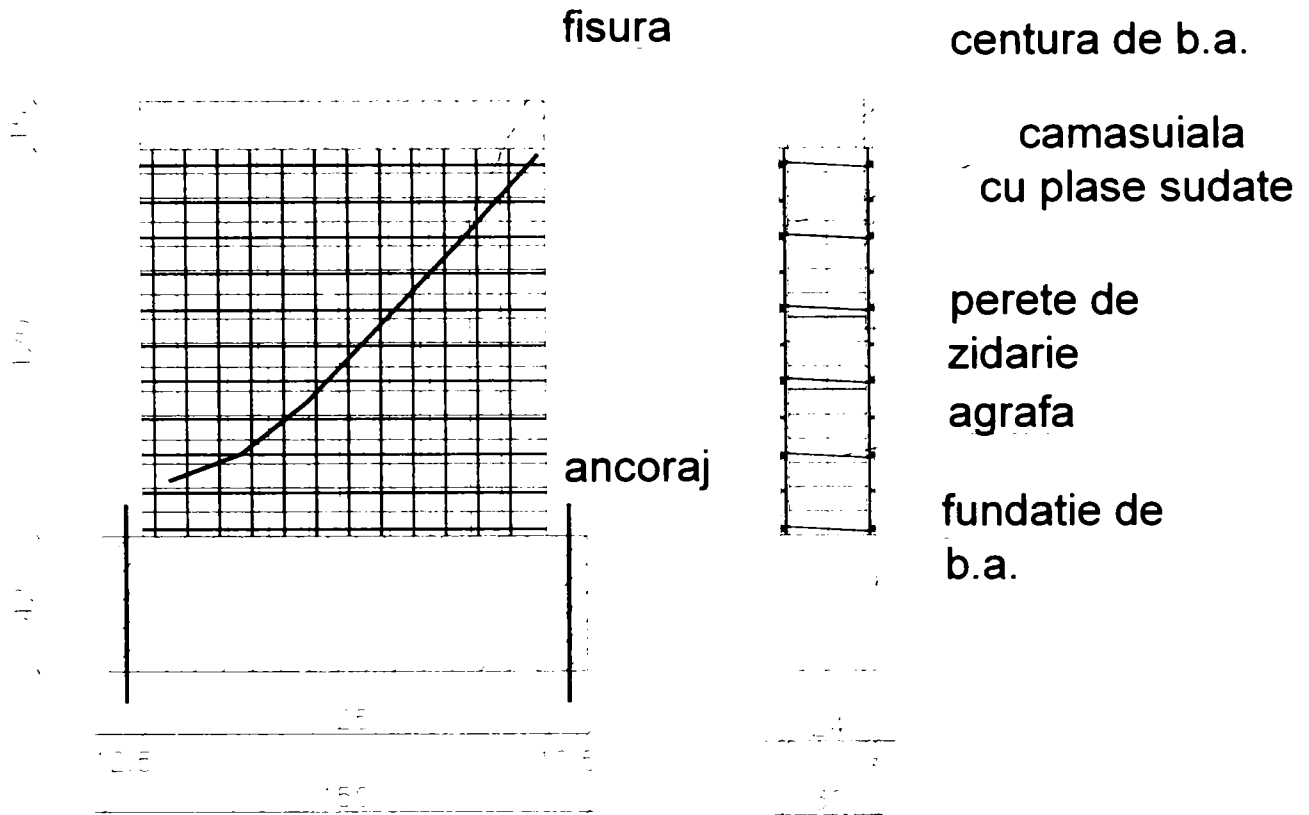


Fig. 5.30. – Alcătuirea elementului experimental EP

Înregistrarea comportării elementului experimental sub încărcări s-a realizat cu ajutorul unor dispozitive de măsurare a deformațiilor de tipul **microcomparatoarelor**, cu o precizie de 1/10mm. Microcomparatoarele notate cu **M1-M4** au fost dispuse pe înălțimea elementului, conform figurii 5.31.

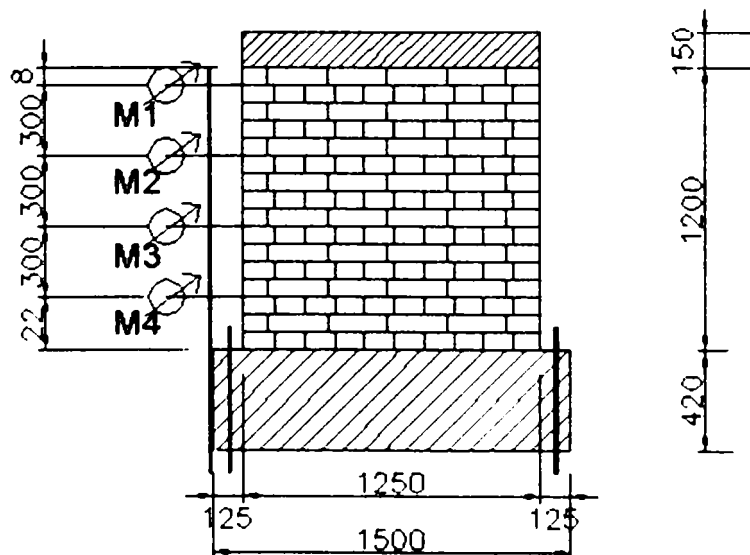


Fig. 5.31. – Dispunerea microcomparatoarelor pe elementul experimental (cote in mm)

Cercetări experimentale privind comportarea pereților structurali din zidărie consolidați

Răspunsul elementului experimental EP la acțiunea încărcărilor gravitaționale și orizontale poate fi ilustrat sintetic prin rezultatele valorice din Tab. 5.7. și diagramele relației P - Δ din fig. 5.32.

Tabelul 5.7.

P [daN]	Δ(mm)				Observații
	M1	M2	M3	M4	
1000	0	0	0	0	
2000	0,1	0	0	0	
3000	0,15	0,1	0,1	0	
4000	0,2	0,1	0,1	0	
5000	0,3	0,2	0,15	0	
6000	0,5	0,3	0,2	0	
7000	0,6	0,4	0,3	0	
8000	0,8	0,6	0,4	0	
9000	1,1	0,8	0,6	0,05	
10000	1,5	1,2	0,85	0,1	
11000	2,2	1,9	1,4	0,2	Apariție fisuri compres. excentrică în cămășuia
12000	3,5	3,0	2,2	0,2	
13000	6,1	5,1	3,6	0,2	Zdrobire în zona comprimată
14000	7,4	6,1	4,3	0,2	
15000	8,5	6,9	4,9	0,2	
16000	9,4	7,8	5,5	0,25	
17000	17	15	14	0,7	Cedare bruscă

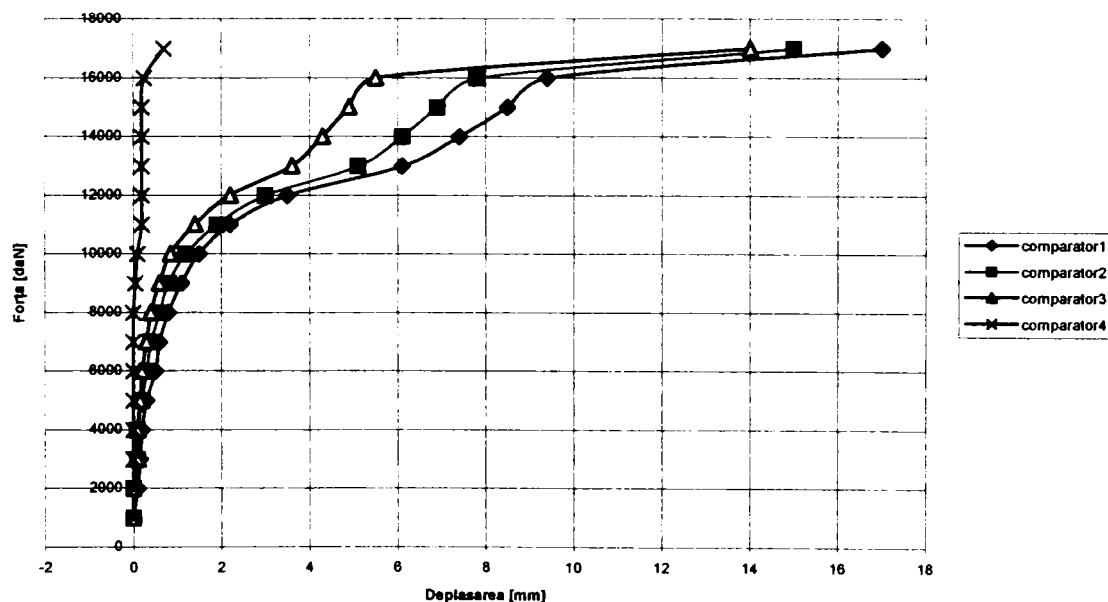


Fig. 5.32. – Diagramele Forță – Deplasare (P-Δ)

Cercetări experimentale privind comportarea pereților structurali din zidărie consolidați

Ruperea elementului experimental s-a produs brusc sub efectul forței orizontale, caracteristic cedării elementelor din zidărie solicitate în acest mod (fig. 5.33.).



Fig. 5.33. Modul de rupere al elementului experimental EP

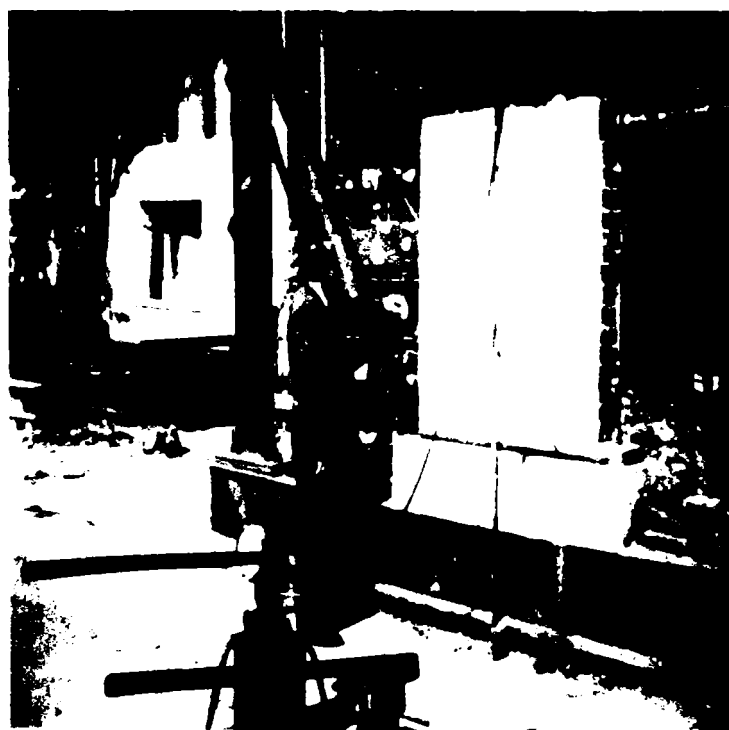


Fig. 5.34. Aspect din timpul încercărilor

Ruperea s-a produs la eforturi principale de întindere, pe traseul fisurii inițiale, de rupere, a elementului ES, prin dezvoltarea acesteia, asociat cu zdrobirea zidăriei în zona comprimată. Armătura a prezentat o deplasare prin deformarea agrafelor de prindere.

5.2.2.2. Încercarea experimentală a elementului de zidărie consolidat EP2

Principiul de încercare a elementului experimental, încercare desfășurată în cadrul fazei actuale de cercetare este similar incercarilor anterioare, utilizind acelasi stand experimental

Principiul de încercare a elementului precum și dimensiunile acestuia sunt identice cu elementul consolidat cu plase într-o fază anterioară a programului de cercetare, nescesar pentru compararea rezultatelor.

Elementul experimental EP2 (Element de consolidat cu Plase), reprezintă elementul de zidărie armată în rosturile orizontale cu armătură de tip MURFOR, EA2, încercat până la

Cercetări experimentale privind comportarea pereților structurali din zidărie consolidați

rupere și consolidat prin cămășuire pe ambele fețe cu plase sudate. Dimensiunile elementului sunt următoarele cele ale elementului EA2.

Elementul inițial EA2 – din zidărie armată a fost încercat până la rupere, prezentând o fisură diagonală din eforturi principale de întindere (fig. 5.28.a).

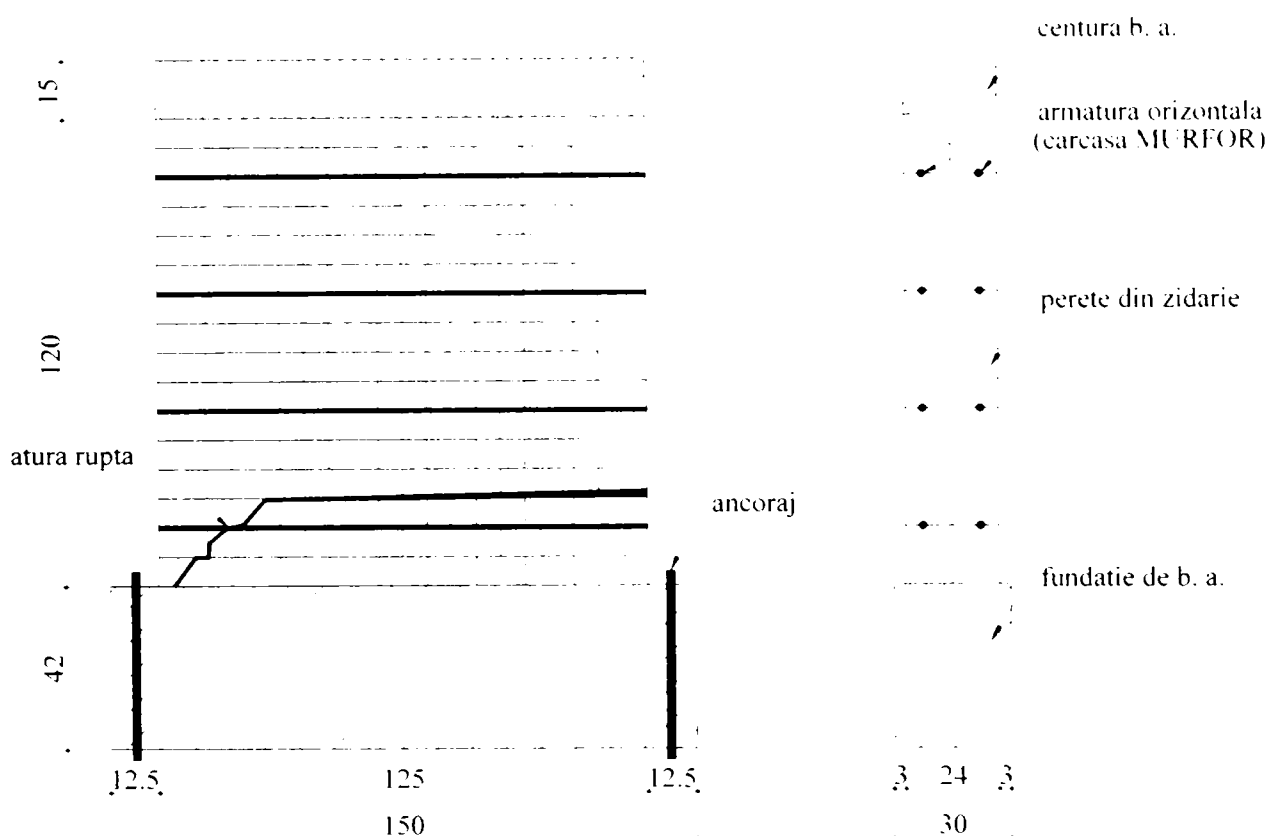


Fig. 5.35. – Elementul experimental EA2 după încercare

După încercarea elementului de zidărie armată EA2 s-a recurs la consolidarea acestuia prin cămășuirea pe ambele părți cu plase sudate STNB $\phi 5/10$ cm, plase prinse cu agrafe $\phi 6/9$ bucati / element (OB37).

Consolidarea s-a desfășurat respectând următoarele etape tehnologice:

- închiderea cu mortar Marca M100 a fisurii din elementul experimental EA2;
- găurirea elementului în dreptul punctelor de amplasare a agrafelor de prindere;
- montarea agrafelor $\phi 6$;
- dispunerea pe o parte și alta a plaselor sudate;
- aplicarea unui strat de mortar de ciment M100 de 2 cm grosime pe fiecare față a elementului (manual).

Valorile forțelor aplicate asupra elementului EP2 au fost:

- forța gravitațională inițială $N = 24.000$ daN (corespunzător unui $\sigma = 8.0$ daN/cm²)
- forța orizontală a fost aplicată crescător în trepte de câte 1000 daN, ajungându-se la o forță de rupere a elementului EP2 egală cu $P_r = 23000$ daN față de elementul inițial martor rupt, EA2 de $P_r = 22000$ daN.

Se constată că s-a refăcut capacitatea portantă inițială a peretelui.

Cercetări experimentale privind comportarea pereților structurali din zidărie consolidați

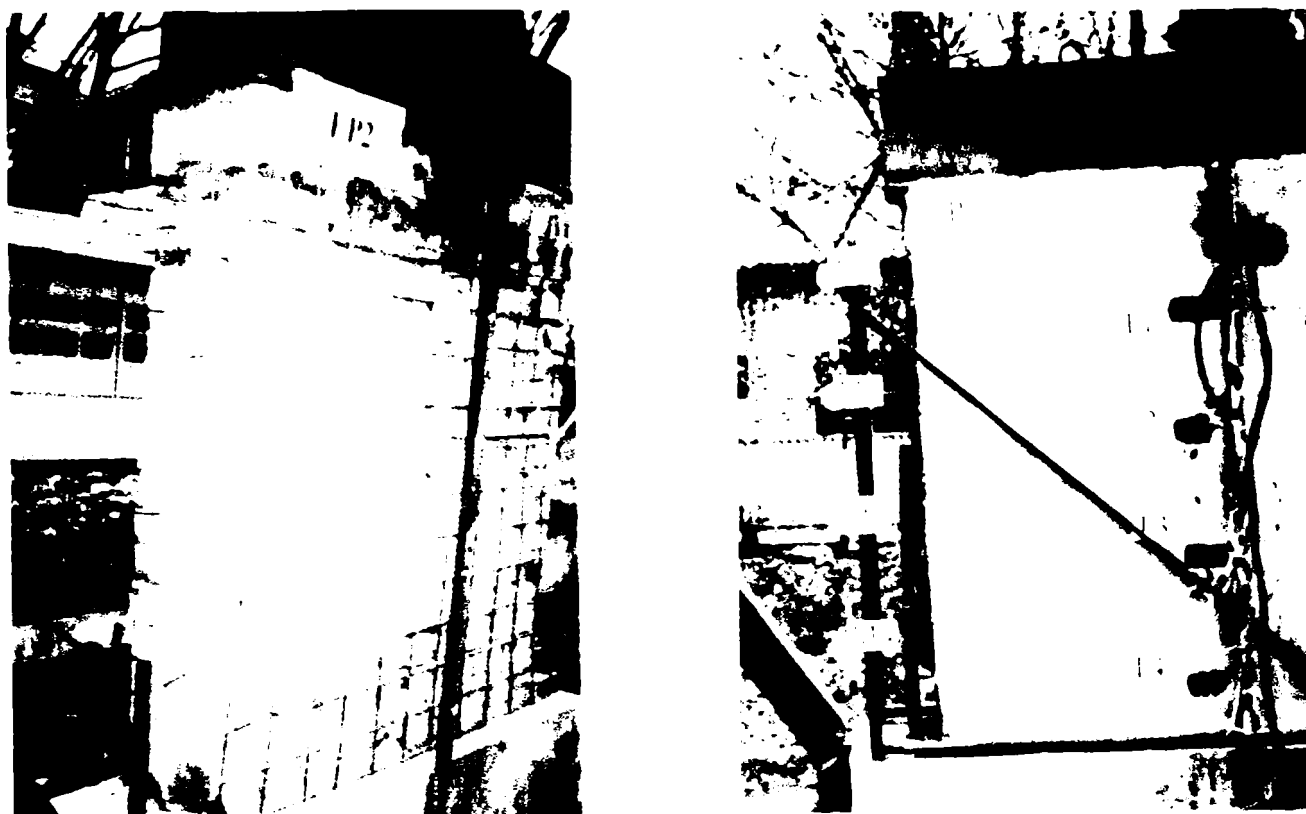


Fig. 5.36. – Alcătuirea elementului experimental EP2

a) montarea plaselor sudate; b) elementul EP2 pregătit pentru încercare

Înregistrarea comportării elementului experimental sub încărcări s-a realizat cu ajutorul unor dispozitive de măsurare a deformațiilor de tipul microcomparatoarelor, cu o precizie de 1/100mm și cu ajutorul a patru timbre tensiometrice dispuse pe armăturile longitudinale de tip MURFOR cu care a fost armat elementul inițial.

Microcomparatoarele notate cu **M1** - **M4** au fost dispuse pe înălțimea elementului, iar timbre tensiometrice au fost notate **T1...T4** conform fig. 5.21.

Răspunsul elementului experimental EP2 la acțiunea încărcărilor gravitaționale și orizontale poate fi ilustrat sintetic prin rezultatele valorice din Tab. 5.8. și diagramele relației $P - \Delta$ din fig. 5.37.

Tabelul 5.8.

P [daN]	Δ (mm)				Observații
	M1	M2	M3	M4	
0	-1	0	1	1,5	
1000	-1	0	1	1,5	
2000	-1	0	1	1,5	
3000	-0,5	0	1	1,5	

Cercetări experimentale privind comportarea pereților structurali din zidărie consolidată

Teză de doctorat	Contribuții la perfecționarea soluțiilor de consolidare aplicate clădirilor civile				140
------------------	--	--	--	--	-----

4000	0	0,5	1	1,5	
5000	1	1	1	2	
6000	2	1,55	1,1	2,1	Apariție fisura verticală
7000	2,8	2	1,5	2,5	
8000	3,8	2,8	1,5	2,9	
9000	5	3,5	2	3,1	Apariție fisură orizontală
10000	7	5	2,5	3,8	
11000	8	6	3	4	
12000	10,5	7,8	3,5	5	
13000	14,1	10,1	4,3	6,1	
0	5,1	4	2	3,8	
13000	21	11,5	7,8	10,6	
14000	22,3	17	8,1	10,7	
15000	27,2	21	9,6	13	
16000	35,3	28	13	11,5	Fisură din compr. excentrică
17000	43	33	10,5	19,5	
18000	51,5	41	19,5	23,7	Zdrobire zona comprimată
19000	57,7	46,1	22,2	21,6	
20000	64,3	51,1	25	29,5	
21000	79	63,8	32	37	Fisură la 45°
22000	91	73	38	42,8	
23000	120	110	70	80	
22000	260	220	130	150	
0	325	264	151	210	

Ruperea elementului experimental s-a produs sub efectul forței orizontale, prin dezvoltarea fisurii în rost orizontal din compresiune excentrică la valoarea forței orizontale de 16000 daN (fig. 5.33.), zdrobirea zonei comprimate la P=18000daN urmată de dezvoltarea fisurii la 45° pe fisura inițială caracteristic cedării elementelor la eforturi principale de întindere la P=21000daN (fig. 5.35), cu rupere la P=23000daN.

Comportarea armăturii MURFOR este evidențiată de înregistrările efectuate pe cele patru timbre tensiometrice la toate treptele de încărcare (tabelul 5.8.). Se prezintă deasemenea diagrama P-ε (fig. 5.38.) pentru cele patru timbre. Se observă în mod evident că armăturile din perete contribuie la preluarea eforturilor. Armătura de consolidare a prezentat o deplasare prin deformarea agrafelor de prindere. Valoarea maxima a efortului unitar de întindere a rezultat în timbrul T4, $\sigma_{a,max}=4053\text{daN/cm}^2$;

Cercetări experimentale privind comportarea pereților structurali din zidărie consolidată

DIAGRAMA P-Δ element EP2

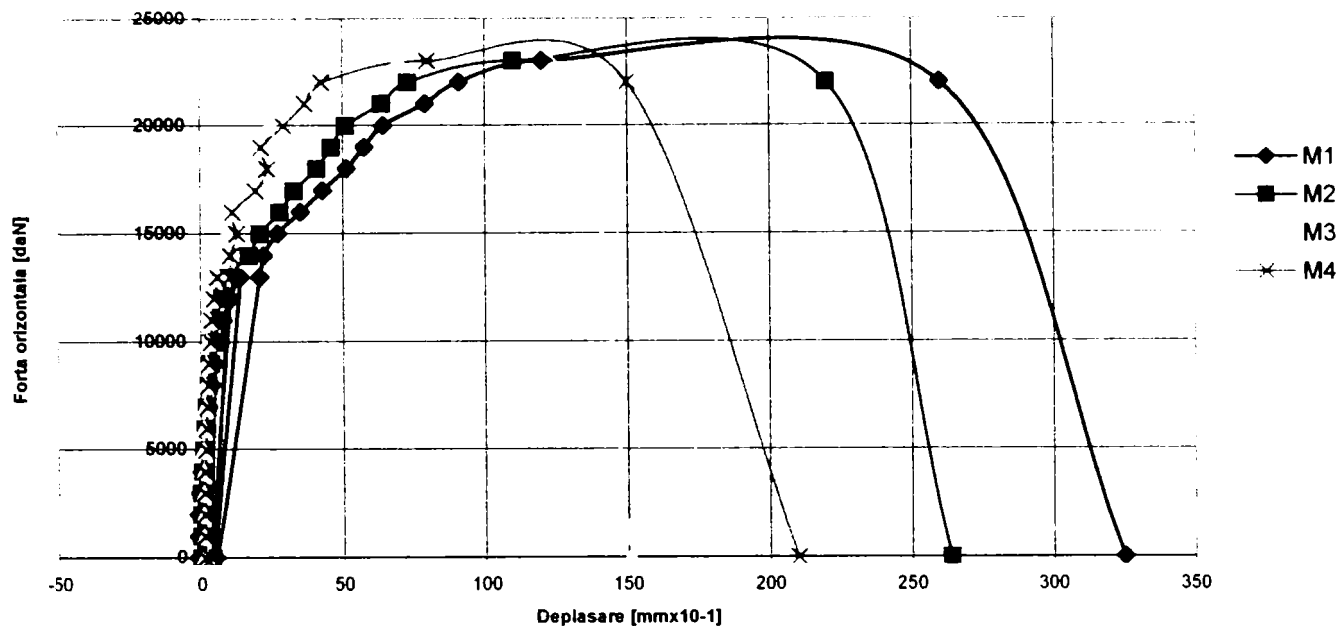


Fig. 5.37. – Diagramele Forță – Deplasare (P-Δ)

Tabelul 5.9.

P [daN]	ε [mm]			
	T1	T2	T3	T4
0	0	0	0	0
2000	-0,0001	-0,00008	-0,000075	-0,00006
3000	-0,0001	-0,00007	-0,00006	-0,00006
4000	-0,0001	-0,00007	-0,00005	-0,00006
5000	-0,00009	-0,00006	-0,00005	-0,00005
6000	-0,00007	-0,00005	-0,00002	-0,00003
7000	-0,00005	-0,00003	-0,00001	-1,5E-05
8000	-0,00002	-0,00001	0,00003	0,00001
9000	-0,00001	-0,00004	0,00003	-0,00001
11000	0,00037	0,00031	0,00035	0,00033
12000	0,00056	0,00036	0,0004	0,00037
13000	0,0006	0,00037	0,00042	0,0004
14000	0,0006	0,00028	0,00041	0,00035
16000	0,00094	0,00057	0,00069	0,0006
17000	0,00097	0,00057	0,00068	0,00064
18000	0,00099	0,0005	0,00068	0,00061
19000	0,00102	0,00048	0,00064	0,0006
20000	0,00113	0,00056	0,00068	0,00066
21000	0,00121	0,00057	0,00071	0,00069
22000	0,00128	0,00057	0,00071	0,00069
23000	0,00157	0,00081	0,00092	0,00193
22000	0,00132	0,00073	0,00088	0,00089

Cercetări experimentale privind comportarea pereților structurali din zidărie consolidați

0	0,00066	0,00065	0,00069	0,00073
---	---------	---------	---------	---------

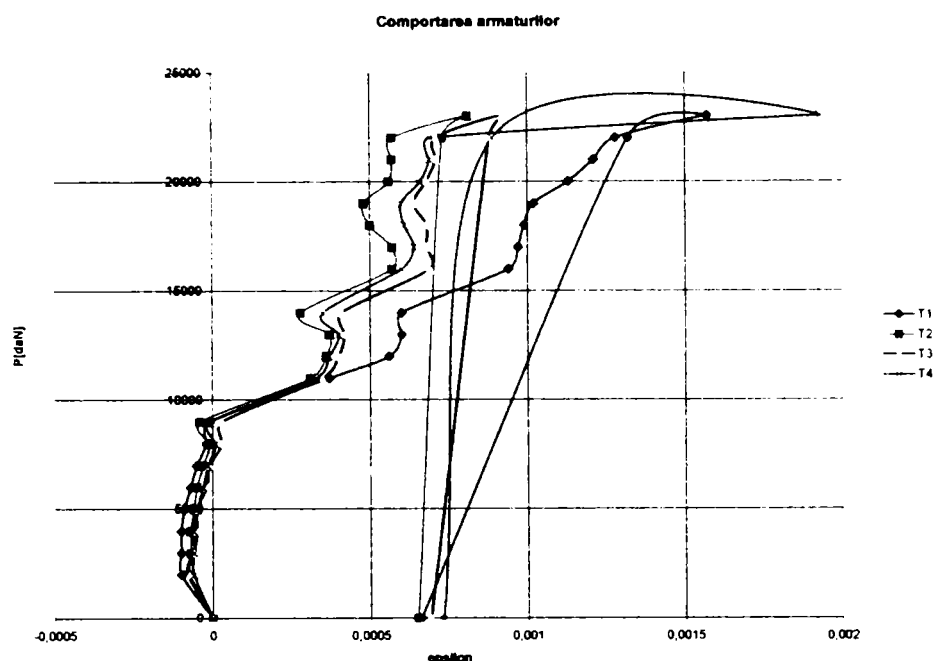


Fig. 5.38. Diagramele P-ε

Valorile eforturilor în armături se obțin înmulțind deformațiile specifice ϵ cu modulul de elasticitate al oțelului $E=2,1 \times 10^6$. Eforturile la diferite trepte de încărcare pentru toate cele 4 armături sunt date în tabelul 5.10, iar diagramele P- σ în figura 5.39.

Tabelul 5.10.

P [daN]	σ [daN/cm ²]			
	Armătura 1	Armătura 2	Armătura 3	Armătura 4
0	0	0	0	0
2000	-210	-168	-157,5	-126
3000	-210	-147	-126	-126
4000	-210	-147	-105	-126
5000	-189	-126	-105	-105
6000	-147	-105	-42	-63
7000	-105	-63	-21	-31,5
8000	-42	-21	63	21
9000	-21	-84	63	-21
11000	777	651	735	693
12000	1176	756	840	777
13000	1260	777	882	840
14000	1260	588	861	735
16000	1974	1197	1449	1260
17000	2037	1197	1428	1344
18000	2079	1050	1428	1281
19000	2142	1008	1344	1260
20000	2373	1176	1428	1386

Cercetări experimentale privind comportarea pereților structurali din zidărie consolidați

21000	2541	1197	1491	1449
22000	2688	1197	1491	1449
23000	3297	1701	1932	4053
22000	2772	1533	1848	1869
0	1386	1365	1449	1533

Valoarea maximă obținută pentru efortul unitar din armături este $\sigma=4053\text{daN/cm}^2$, nefiind atinsă limita de curgere a armăturii.

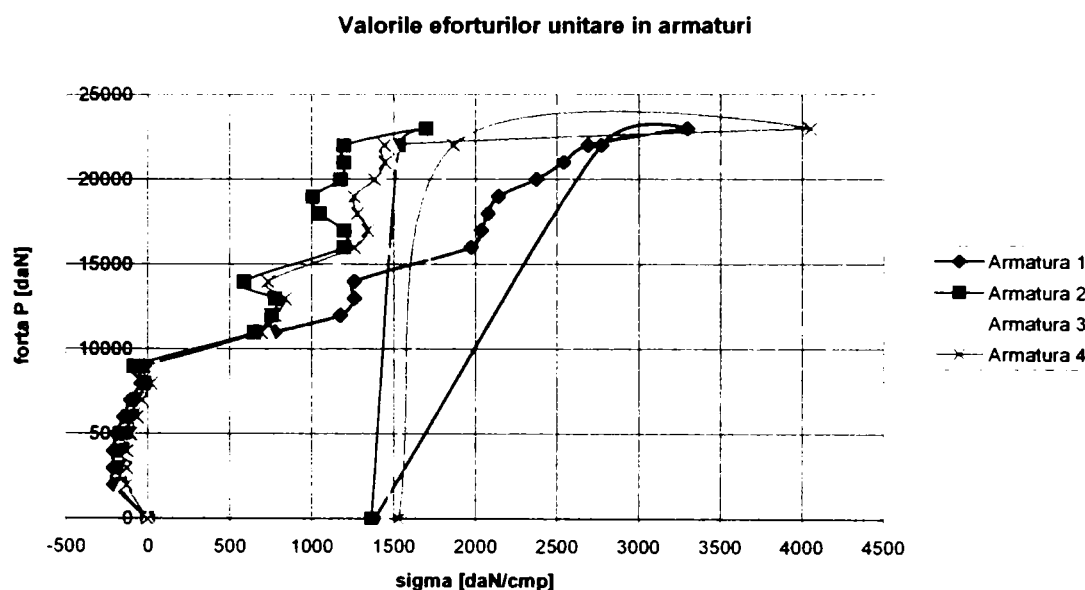


Fig. 5.39. – Diagramele P - σ pentru fiecare armătură

Analizând modul de evoluție al elementului EP2, consolidat cu plase se constată următoarele:

- la o forță de 1600daN apare prima fisură din compresiune excentrică ;
- zdrobirea zonei comprimate apare în jurul valorii forței orizontale de 18000daN ;
- ruperea elementului începe la $P=21000\text{daN}$ prin dezvoltarea unei fisuri la 45° pe direcția fisurii inițiale, ruperea producându-se la o valoare de 23000daN ;
- armăturile din elemntul EA2 din zidărie armată cu toate că inițial una dintre ele s-a rupt respectiv celelalte au atins limita de curgere au intrat din nou în lucru după consolidarea elementului cu plase;
- s-a constatat deplasarea plaselor pentru consolidare prin deformarea agrafelor de prindere;
- după consolidarea cu plase a elementului EA2 s-a refăcut capacitatea portantă inițială;
- forța de rupere crește cu 9% la elementul EP2 față de EA2;
- deplasarea la vârf a elementului consolidat EP2 a crescut cu 188 % față de EA2.



Fig. 5.40 Aspect din timpul încercărilor



Fig. 5.41 Aspect din timpul încercărilor



Fig. 5.42 Aspect din timpul încercărilor

5.2.2.3. Încercarea experimentală a elementului de zidărie consolidat EP3

Principiul de încercare a elementului experimental, este similar celorlalte elemente, respectiv al elementului martor EA3.

Elementul experimental EP3 (Element de consolidat cu Plase), reprezintă elementul de zidărie armată în rosturile orizontale cu armătură de tip MURFOR EA3, încercat până la

Cercetări experimentale privind comportarea pereților structurali din zidărie consolidați

rupere(fig. 5.43) și consolidat prin cămășuire pe ambele fețe cu plase sudate. Dimensiunile elementului sunt cele ale elementului martor EA3.

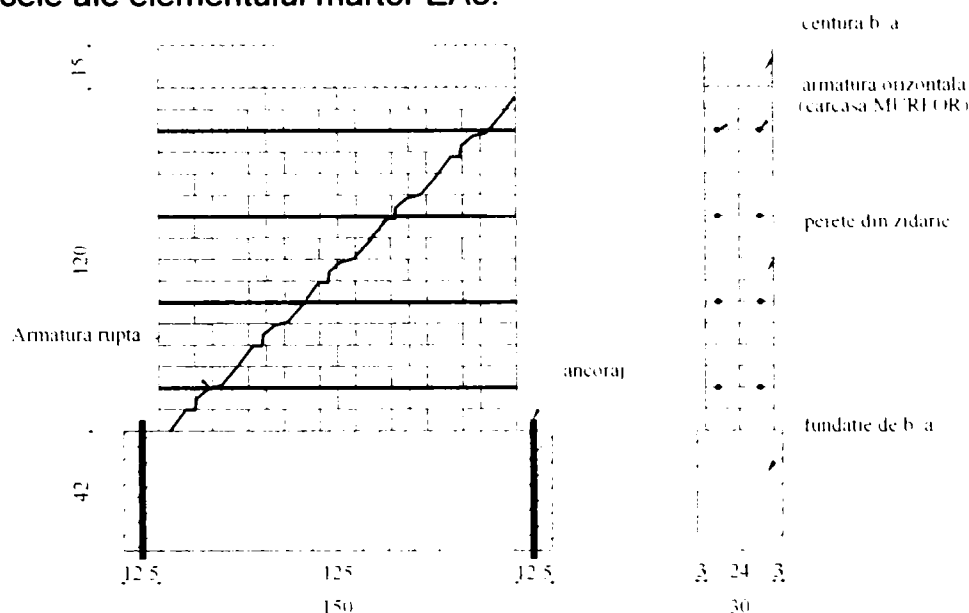
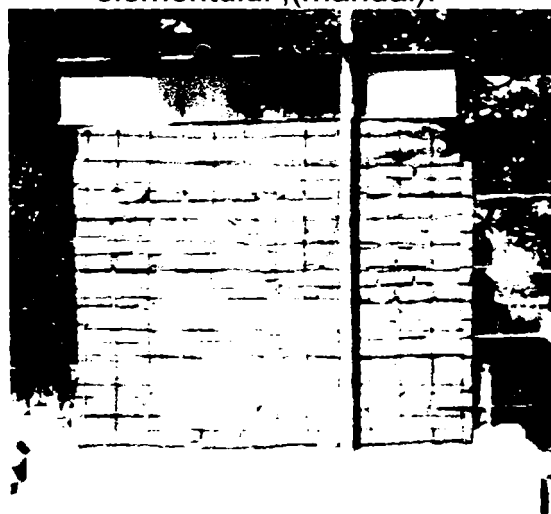


Fig. 5.43.Elementul experimental EA3 după încercare

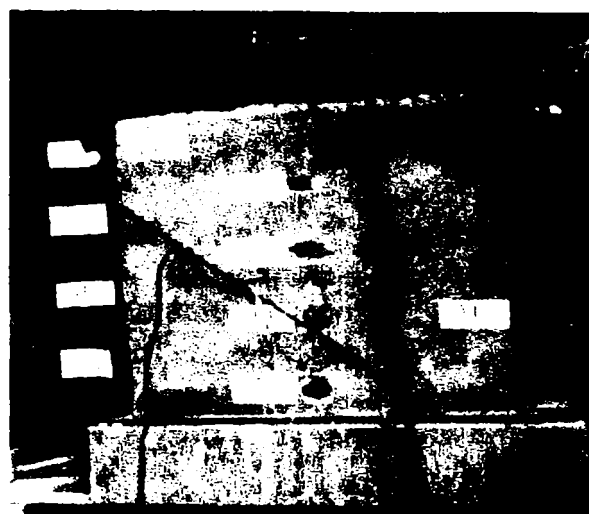
După încercarea elementului de zidărie armata EA3 s-a recurs la consolidarea acestuia prin cămășuirea pe ambele părți cu plase sudate STNB $\phi 5/10$ cm, plase prinse cu agrafe $\phi 6$, 9 bucati / element (OB37).

Consolidarea s-a desfășurat respectând următoarele etape tehnologice:

- închiderea cu mortar Marca M100 a fisurii din elementul experimental EA3;
- găurirea elementului în dreptul punctelor de amplasare a agrafelor de prindere;
- montarea agrafelor $\phi 6$, dispunerea pe o parte și alta a plaselor sudate și aplicarea unui strat de mortar de ciment M100 de 2 cm grosime pe fiecare față; elementului ;(manual).



a)



b)

Fig. 5.44 Alcătuirea elementului experimental EP3

a) montarea plaselor sudate;b) elementul pregătit pentru încercare

Cercetări experimentale privind comportarea pereților structurali din zidărie consolidați

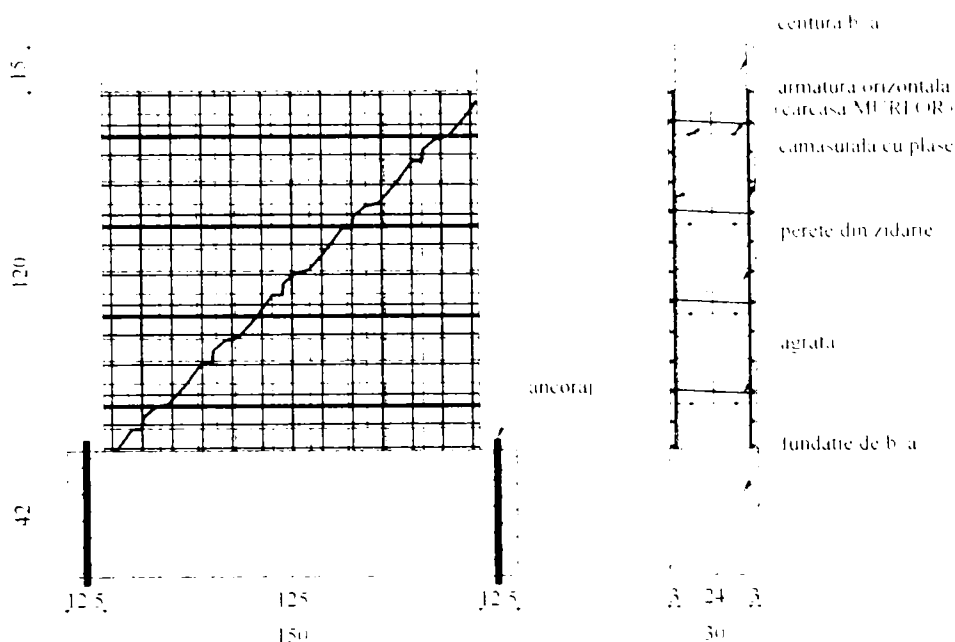


Fig. 5.45. – Alcătuirea elementului experimental EP3

Valorile forțelor aplicate asupra elementului EP3 au fost:

- forța gravitațională inițială $N = 36.000 \text{ daN}$ (corespunzător unui $\sigma = 15 \text{ daN/cm}^2$)
- forța orizontală a fost aplicată crescător în trepte de câte 1000 daN , ajungându-se la o forță de rupere a elementului EP3 egală cu $P_r = 34000 \text{ daN}$ față de elementul inițial consolidat EA3 de $P_r = 30000 \text{ daN}$.

Se constată că s-a refăcut capacitatea portantă inițială a peretelui.

Înregistrarea comportării elementului experimental sub încărcări s-a realizat cu ajutorul unor dispozitive de măsurare a deformațiilor de tipul **microcomparatoarelor**, cu o precizie de $1/100\text{mm}$ și cu ajutorul a patru timbre tensiometrice dispuse pe armăturile longitudinale de tip MURFOR cu care a fost armat elementul inițial.

Microcomparatoarele notate cu **M1 - M5** au fost dispuse pe înălțimea elementului, iar timbrele tensiometrice au fost notate **T1...T4** conform fig. 5.21..

Răspunsul elementului experimental EP3 la acțiunea încărcărilor gravitaționale și orizontale poate fi ilustrat sintetic prin rezultatele valorice din Tab. 5.11. și diagramele relației $P - \Delta$ din fig. 5.46.

Ruperea elementului experimental s-a produs sub efectul forței orizontale, prin dezvoltarea fisurii înclinate la 45° din eforturi principale de întindere la valoarea forței orizontale de 34000 daN , pe fisura inițială de rupere a elementului martor (fig. 5.47. și 5.48.). Se constată că s-a refăcut capacitatea portantă inițială a elementului martor EA3.

Efortul maxim determinat în armatura a fost de cca. 3000 daN/cm^2 , ceea ce denota că armatura din rosturile orizontale a lucrat din nou după consolidarea elementului.

Tabelul 5.11..

P [daN]	Δ (mm)					Obs
	M1	M2	M3	M4	M5	

Cercetări experimentale privind comportarea pereților structurali din zidărie consolidați

0	0	0	0	0	0	
1000	0	0	0	0	0	
2000	0	0	0	0	0	
3000	0	0	0	0	0	
4000	0	0	-0,1	0	0	
5000	0	0	-0,1	0	0	
6000	0,1	0,1	0	0,1	0	
7000	0,1	0,7	0	0,1	0	
8000	0,2	0,8	0	0,1	0	
9000	0,3	0,9	0	0,1	0	
10000	0,4	1,1	0	0	0	
11000	0,6	1,8	0,1	0	0	
12000	0,8	2	0,5	0	0	
13000	1	2,8	1	0,1	0	
14000	1,1	2,9	1,2	0,3	0	
15000	1,2	3,4	1,9	1	0	
16000	1,6	3,9	2,1	1,2	0	
17000	2,1	4,8	3	2	0	
18000	2,6	5,4	3,1	2,1	0	
19000	3,1	6,4	4	3	0	
20000	3,6	7	4,9	3,2	0	
21000	4,2	8	5,5	4,1	0	
22000	5,1	9	6,5	5,1	0	
23000	5,6	10	7,1	5,7	-0,2	
24000	6,6	11,9	8,6	7	-1,2	
25000	8,6	13,9	10,5	9	-3,1	
26000	9,1	14,9	12,5		-3,4	
27000	10,6	16,1	12,9		-3,8	
28000	12,1	19	14,9		-4,6	
29000	15,6	23,8	18		-6,6	Fisura din efort principal de intindere
30000	20,6	28,9	23,1		-10	
31000	25,4	35,4	28,5		-21,1	
32000	32	44,9	37		-21,1	
33000	41,1	55,4	44,5		-28,6	
34000	52,1	71,9	58		-57,1	Rupere
30000	86,6	38,9	20,5		-83,1	

Cercetări experimentale privind comportarea pereților structurali din zidărie consolidați

DIAGRAMA P-D la element EP3

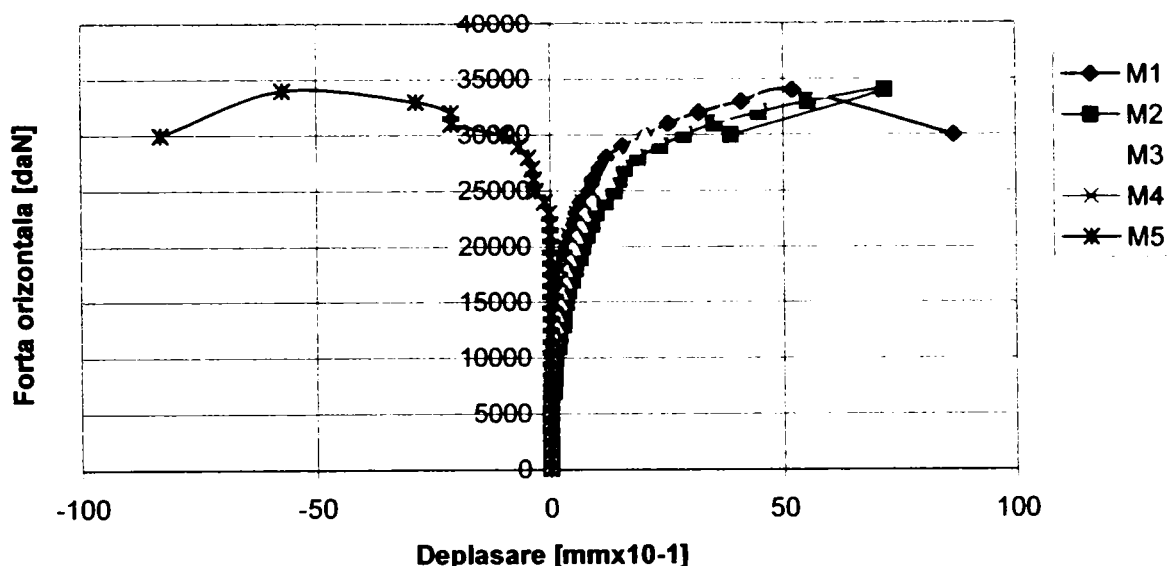
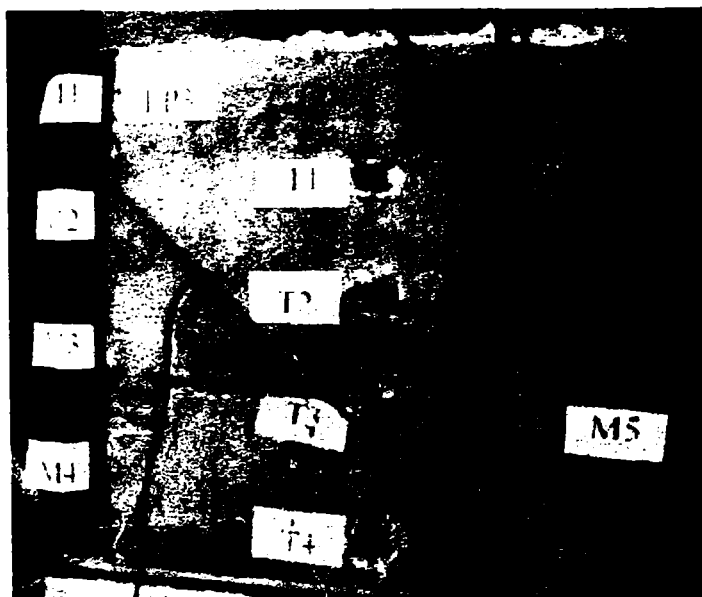


Fig. 5.46. – Diagramele Forță – Deplasare (P-Δ)

Fig. 5.47. – Fisura inclinata la rupere pe
directia fisurii initialeFig. 5.48. – Detaliu de rupere a
elementului

Comportarea armăturii MURFOR este evidențiată de înregistrările efectuate pe trei din cele patru timbre tensiometrice la toate treptele de încărcare (tabelul 5.12.). Se prezintă deasemenea diagrama P-ε pentru cele patru timbre. Se observă în mod evident că armăturile

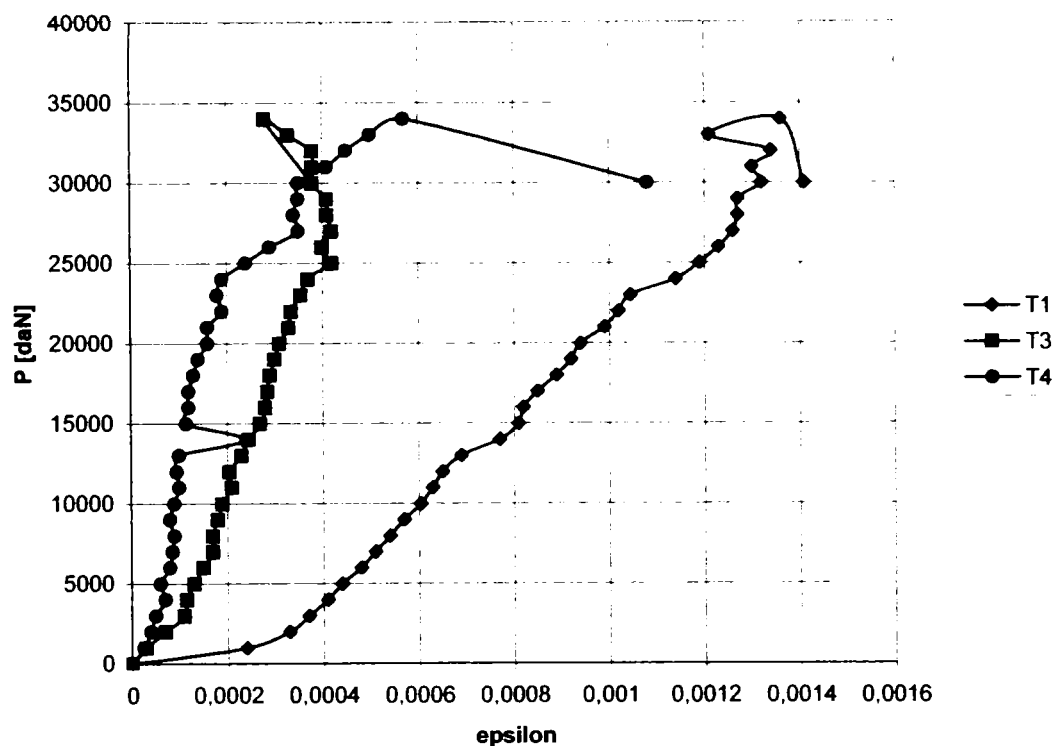
Cercetări experimentale privind comportarea pereților structurali din zidărie consolidată

din perete contribuie la preluarea eforturilor. Armătura de consolidare a prezentat o deplasare prin deformarea agrafelor de prindere.

Tabelul 5.12..

P [daN]	ε [mm]			
	T1	T2	T3	T4
0	0		0	0
1000	0,00024		0,00003	0,000025
2000	0,00033		0,00007	0,00004
3000	0,00037		0,00011	0,00005
4000	0,00041		0,000115	0,00007
5000	0,00044		0,00013	0,00006
6000	0,00048		0,00015	0,00008
7000	0,00051		0,00017	0,000085
8000	0,00054		0,00017	0,00009
9000	0,00057		0,00018	0,00008
10000	0,000605		0,00019	0,00009
11000	0,00063		0,00021	0,0001
12000	0,00065		0,000205	0,000095
13000	0,00069		0,00023	0,0001
14000	0,00077		0,000245	0,00024
15000	0,00081		0,00027	0,000115
16000	0,00082		0,00028	0,00012
17000	0,00085		0,000285	0,00012
18000	0,00089		0,00029	0,00013
19000	0,00092		0,0003	0,00014
20000	0,00094		0,00031	0,00016
21000	0,00099		0,00033	0,00016
22000	0,00102		0,000335	0,00019
23000	0,001045		0,000355	0,00018
24000	0,00114		0,00037	0,00019
25000	0,00119		0,00042	0,00024
25000	0,00119		0,00042	0,00024
26000	0,00123		0,0004	0,00029
27000	0,00126		0,00042	0,00035
28000	0,00127		0,00041	0,00034
29000	0,00127		0,00041	0,00035
30000	0,00132		0,00038	0,00035
31000	0,0013		0,00038	0,00041
32000	0,00134		0,00038	0,00045
33000	0,00121		0,00033	0,0005
34000	0,00136		0,00028	0,00057
30000	0,00141		0,00038	0,00108

Cercetări experimentale privind comportarea pereților structurali din zidărie consolidați

Fig. 5.49 – Diagramele P- ϵ

Valorile eforturilor în armături se obțin înmulțind deformațiile specifice ϵ cu modulul de elasticitate al oțelului $E=2,1 \times 10^6$. Eforturile la diferite trepte de încărcare pentru toate cele 4 armături sunt date în tabelul 5.13, iar diagramele P- σ în figura 5.50.

Tabelul 5.13.

P [daN]	σ [daN/cm ²]			
	Armatura 1	Armatura 2	Armatura 3	Armatura 4
0	0		0	0,0
1000	504		63	52,5
2000	693		147	84,0
3000	777		231	105,0
4000	861		241,5	147,0
5000	924		273	126,0
6000	1008		315	168,0
7000	1071		357	178,5
8000	1134		357	189,0
9000	1197		378	168,0

Cercetări experimentale privind comportarea pereților structurali din zidărie consolidată

Teză de doctorat	Contribuții la perfecționarea soluțiilor de consolidare aplicate clădirilor civile	151
------------------	--	-----

10000	1270,5		399	189,0
11000	1323		441	210,0
12000	1365		430,5	199,5
13000	1449		483	210,0
14000	1617		514,5	504,0
15000	1701		567	241,5
16000	1722		588	252,0
17000	1785		598,5	252,0
18000	1869		609	273,0
19000	1932		630	294,0
20000	1974		651	336,0
21000	2079		693	336,0
22000	2142		703,5	399,0
23000	2194,5		745,5	378,0
24000	2394		777	399,0
25000	2499		882	504,0
25000	2499		882	504,0
26000	2583		840	609,0
27000	2646		882	735,0
28000	2667		861	714,0
29000	2667		861	735,0
30000	2772		798	735,0
31000	2730		798	861,0
32000	2814		798	945,0
33000	2541		693	1050,0
34000	2856		588	1197,0
30000	2961		798	2268,0

Valoarea maximă obținută pentru efortul unitar din armături este $\sigma=2961\text{daN/cm}^2$, nefiind atinsă limita de curgere a armăturii.

Analizând modul de evoluție al elementului consolidat cu plase constată următoarele:

- la o forță de 2700daN apare prima fisură din compresiune excentrică ;
- zdrobirea zonei comprimate apare în jurul valorii forței orizontale de 30000daN ;
- ruperea elementului începe la $P=30000\text{daN}$ prin dezvoltarea unei fisuri la 45° pe direcția fisurii inițiale, ruperea producându-se la o valoare de 34000daN ;
- armăturile din elemntul EA3 din zidărie armată cu toate că inițial una dintre ele s-a rupt respectiv celelalte au atins limita de curgere au intrat din nou în lucru după consolidarea elementului cu plase;
- s-a constatat deplasarea plaselor pentru consolidare prin deformarea agrafelor de prindere;
- după consolidarea cu plase a elementului EA3 s-a refăcut capacitatea portantă inițială;
- forța de rupere crește cu 13% la elementul EP3 față de EA3;

Cercetări experimentale privind comportarea pereților structurali din zidărie consolidați

- deplasarea la vârf a elementului consolidat EP3 a ramas aproximativ aceeași in comparatie cu elementul EA3.

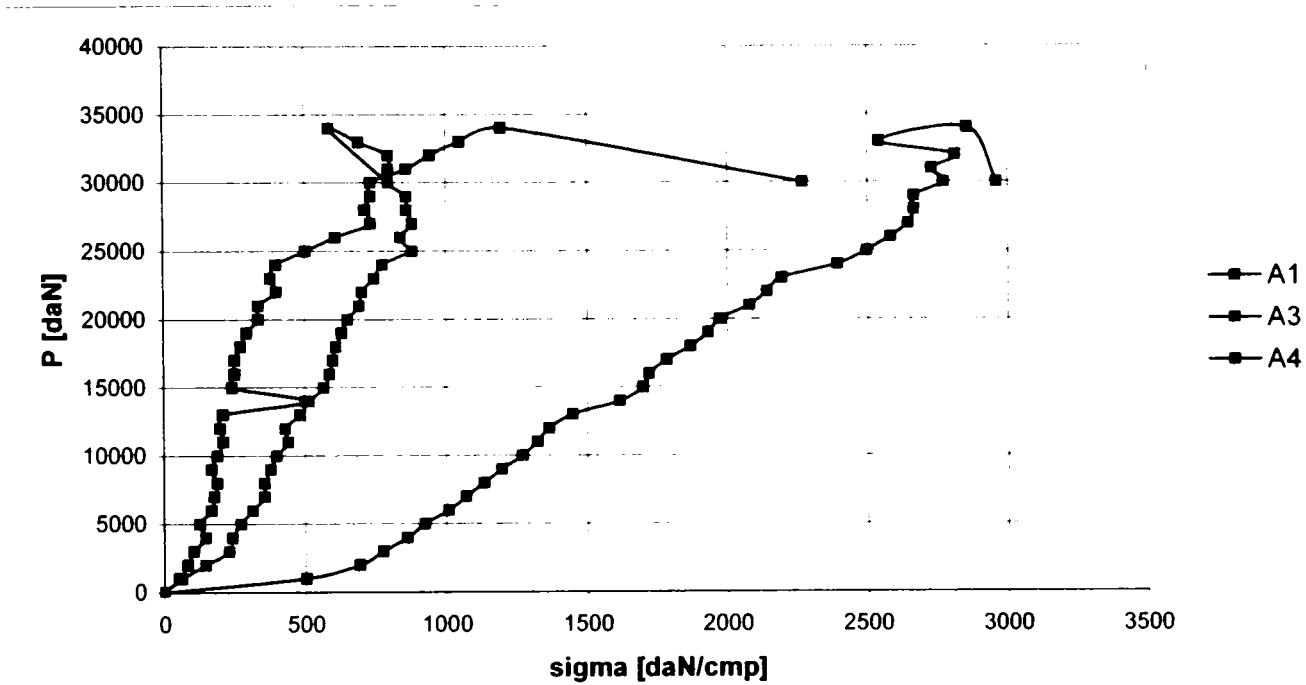


Fig. 5.50. – Diagramele P - σ pentru fiecare armătură

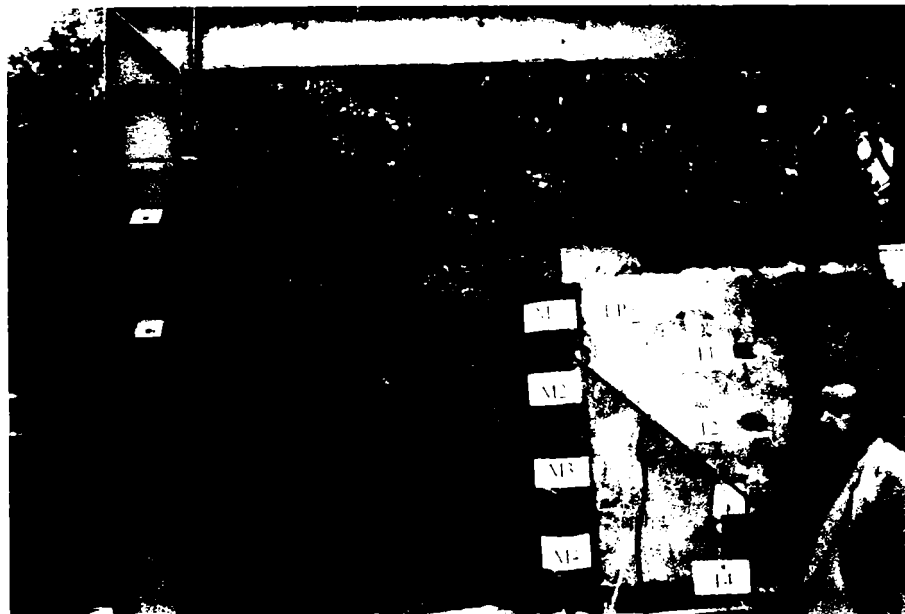


Fig. 5.51 Aspect din timpul încercărilor

Cercetări experimentale privind comportarea pereților structurali din zidărie consolidați



Fig. 5.52 Aspect din timpul încercărilor



Fig. 5.53 Aspect din timpul încercărilor

Cercetări experimentale privind comportarea pereților structurali din zidărie consolidați

5.2.2.4. Încercarea experimentală a elementului de zidărie consolidată prin cămășuire cu plase sudate EP4

Principiul de încercare a elementului precum și dimensiunile acestuia sunt identice cu elementul consolidat cu plase într-o fază anterioară a programului de cercetare, nescesar pentru compararea rezultatelor, respectiv cu elementul martor EA4.

Elementul experimental EP4 (Element armat consolidat cu Plase), reprezintă elementul de zidărie armată în rosturile orizontale cu armătură de tip MURFOR, EA4, încercat până la rupere și consolidat prin cămășuire pe ambele fețe cu plase sudate.

Elementul martor EA4 din zidărie armată a fost încercat până la rupere, prezentând o fisură diagonală din eforturi principale de întindere (fig. 5.54).

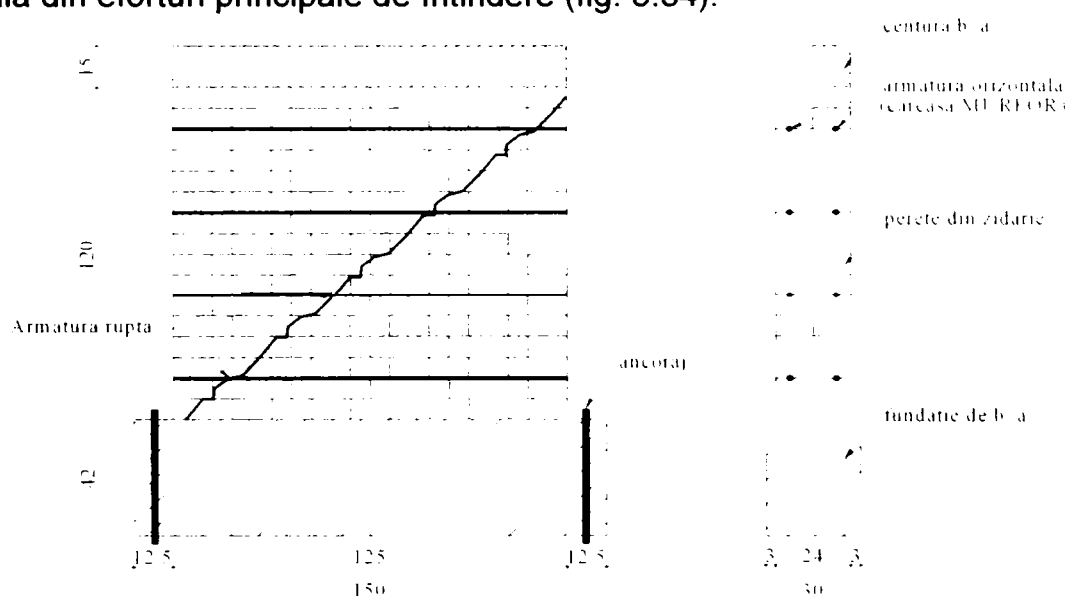


Fig. 5.54. Elementul experimental EA4 după încercare

După încercarea elementului de zidărie armată EA4 s-a recurs la consolidarea acestuia prin cămășuirea pe ambele părți cu plase sudate STNB $\phi 4/10$ cm, plase prinse cu agrafe $\phi 6-9$ bucăți / element (OB37), rezultând elementul EP4.

Consolidarea s-a desfășurat respectând următoarele etape tehnologice:

- închiderea cu mortar Marca M100 a fisurii din elementul experimental EA4;
- găurirea elementului în dreptul punctelor de amplasare a agrafelor de prindere;
- montarea agrafelor $\phi 6$;
- dispunerea pe o parte și alta a plaselor sudate;
- aplicarea unui strat de mortar de ciment M100 de 2cm grosime pe fiecare față a elementului (manual).



Fig. 5.55 Alcătuirea elementului experimental EP4

a) montarea plaselor sudate ; b) elementul pregătit pentru încercare

Armătura de tip “plasă sudată STNB” are bare cu diametrul de 4 mm la distanța de 100 mm dispuse ortogonal. Agrafele au fost din OB37 cu diametrul $\phi 6$.

Ca factor de modificare al consolidării, plasa de armatura a fost la EP4 de $\Phi 4/10$ față de $\Phi 5/10$, în cazul celorlalte elemente consolidate.

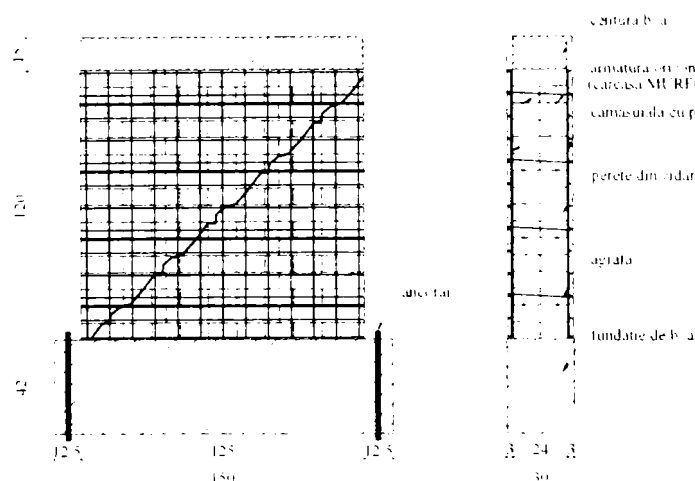


Fig. 5.56 – Alcătuirea elementului experimental EP4

Valorile forțelor aplicate asupra elementului EP4 au fost:

- forța gravitațională inițială $N = 45.000$ daN (corespunzător unui $\sigma = 15$ daN/cm² teoretic egal cu rezistența de calcul.
- forța orizontală a fost aplicată crescător în trepte de câte 1000 daN, ajungându-se la o forță de rupere a elementului EAP4 egală cu $P_r = 28000$ daN față de elementul inițial EA4 de $P_r = 32000$ daN, ceea ce reprezintă 87.5% din valoarea inițială a capacității portante a elementului martor.
- se constată că s-a refăcut capacitatea portantă inițială a peretelui în proporție de 87.5%.

Cercetări experimentale privind comportarea pereților structurali din zidărie consolidați

Teză de doctorat	Contribuții la perfecționarea soluțiilor de consolidare aplicate clădirilor civile	156
------------------	--	-----

Înregistrarea comportării elementului experimental sub încărcări s-a realizat cu ajutorul unor dispozitive de măsurare a deformațiilor de tipul microcomparatoarelor, cu o precizie de 1/100mm și cu ajutorul a patru timbre tensiometrice dispuse pe armaturile longitudinale de tip MURFOR cu care a fost armat elementul inițial.

Microcomparatoarele notate cu **M1 - M4**, au fost dispuse pe înălțimea elementului, iar **M5-pe fundatie**, iar timbrele tensiometrice au fost notate **T1...T4** conform fig. 5.21.

Răspunsul elementului experimental EP4 la acțiunea încărcărilor gravitaționale și orizontale poate fi ilustrat sintetic prin rezultatele valorice din diagramele relației $P - \Delta$, din fig. 5.50.

Ruperea elementului experimental s-a produs sub efectul forței orizontale, prin dezvoltarea fisurii înclinate la 45^0 din eforturi principale de întindere la valoarea forței orizontale de 28000 daN pe fisura inițială a elementului martor EA4, (fig. 5.58. și 5.59.).

Comportarea armăturii MURFOR este evidențiată de înregistrările efectuate pe cele patru timbre tensiometrice la toate treptele de încărcare.

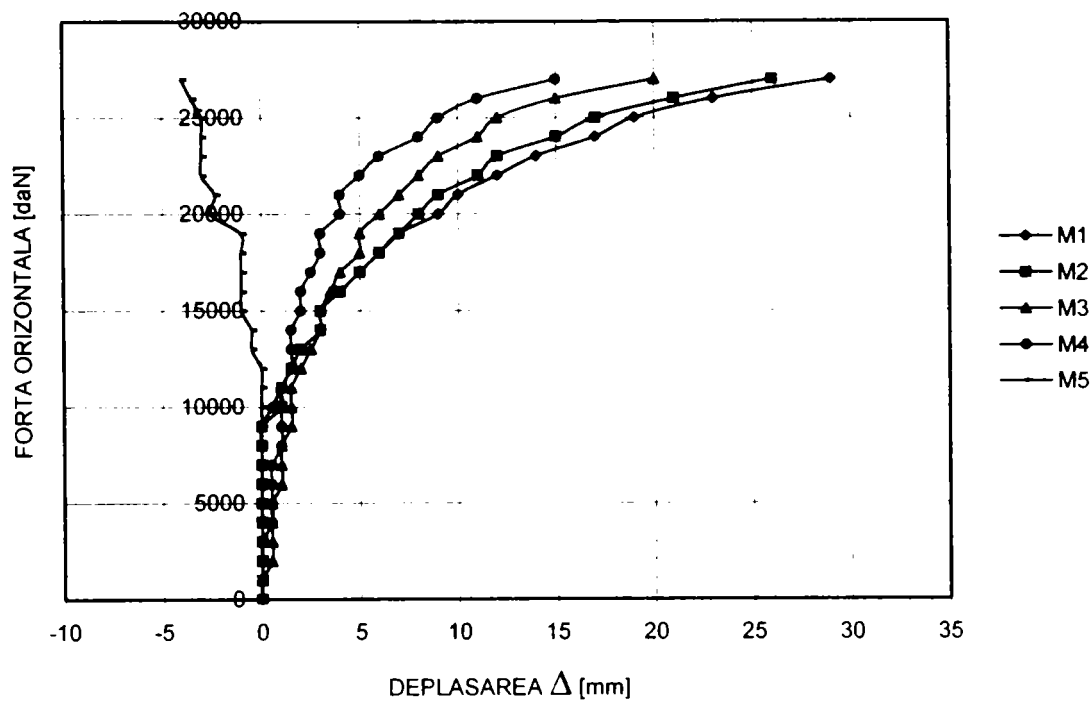
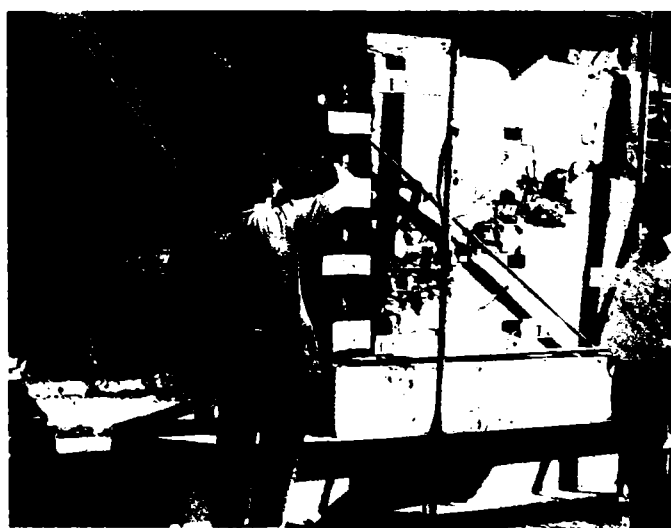
Se prezintă de asemenea diagrama $P-\epsilon$ pentru cele patru timbre, respectiv $P-\sigma$, în fig. 5.62 și 5.63.

Se observă în mod evident că armăturile din perete contribuie la preluarea eforturilor, în special cele amplasate în zona centrală a înălțimii elementului.

Armătura de consolidare a prezentat o deplasare prin deformarea agrafelor de prindere și chiar ruperi în zona centrală a peretelui.

Valorile eforturilor unitare în armaturile din rosturile orizontale ale peretelui se înscriu în domeniul 4200-8700 daN/cm², pentru armaturile din cele două rinduri amplasate în zona centrală a peretelui, armaturile din rindurile extreme fiind comprimate. Aceasta situație se explică prin poziția armăturii – timbrului, fata de fisura de rupere a elementului.

INREGISTRARI MICROCOMPARATOARE EP4

Fig. 5.57. – Diagramele Fortă – Deplasare (P- Δ)Fig. 5.58. Fisură înclinată la rupere pe
traseul fisurii inițialeFig. 5.59. Aspecte ale
ruperii elementului

Cercetări experimentale privind comportarea pereților structurali din zidărie consolidați



Fig. 5.60. Aspecte din timpul încercărilor



Fig. 5.61. Aspecte din timpul încercărilor

De remarcat faptul că, chiar și după ce în faza de încercare a elementului experimental- martor, în fisură, armătura din rostul orizontal s-a rupt, ea a continuat să lucreze în colaborare cu zidăria de cărămidă. Valorile eforturilor unitare înregistrate în armătură sunt cele reale, depășind cu mult valorile limită teoretice de calcul, dar fiind apropiate de valorile rezistențelor reale, determinate experimental.

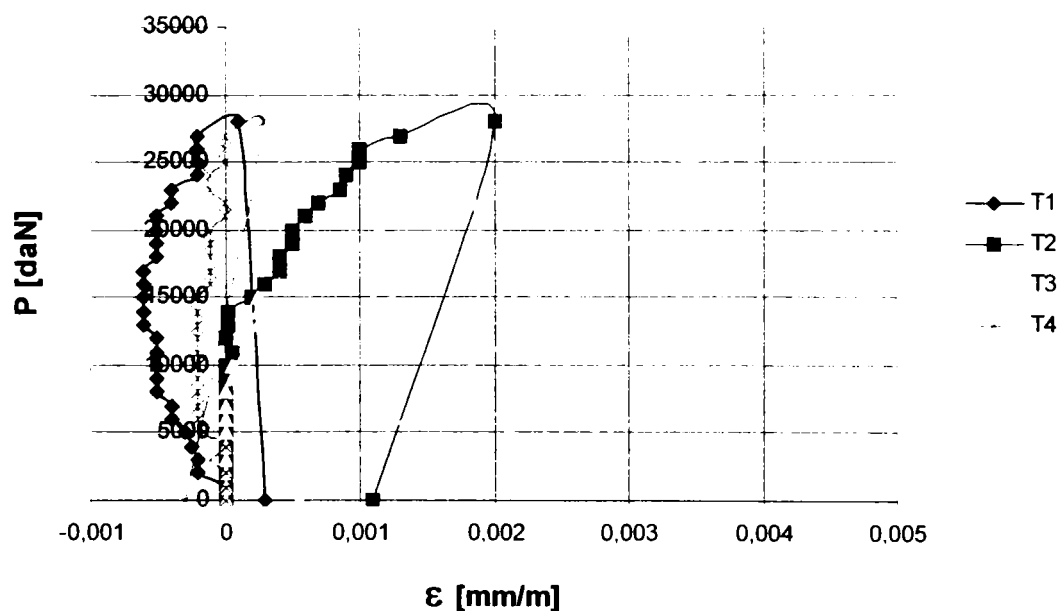
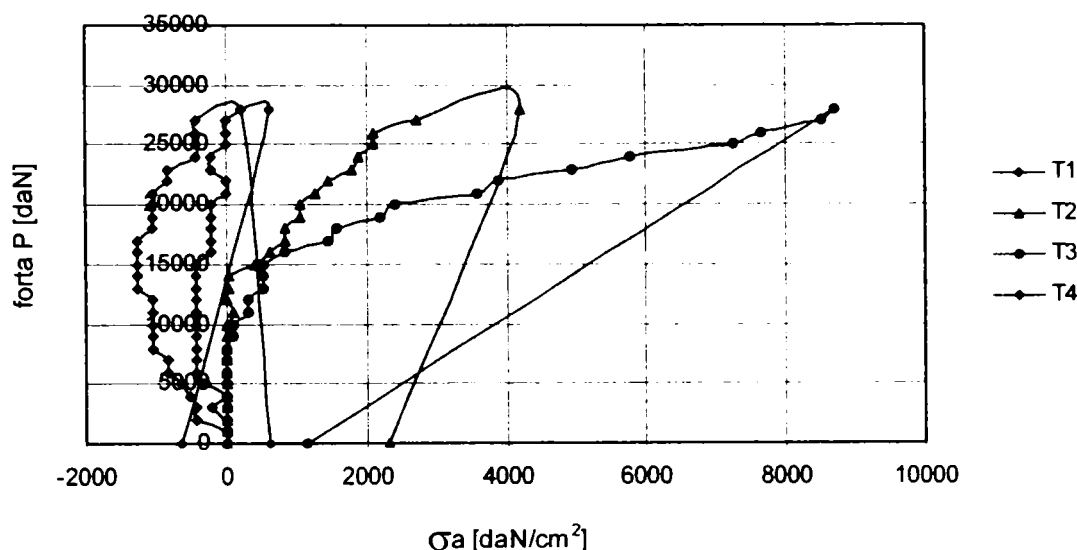


Fig. 5.62. - Diagramele P-ε

Cercetări experimentale privind comportarea pereților structurali din zidărie consolidați

Valorile eforturilor in armaturi la elementul EP4

**Fig. 5.63. Diagramele P-σ**

Valorile eforturilor în armături se obțin înmulțind deformațiile specifice ε cu modulul de elasticitate al oțelului $E=2,1 \times 10^6$.

Eforturile la diferite trepte de încărcare pentru toate cele 4 armături sunt date în diagramele P-σ în figura 5.63.

Valoarea maximă obținută pentru efortul unitar din armături este $\sigma=8715 \text{ daN/cm}^2$, fiind atinsă limita teoretică de curgere și rupere a armăturii.

Analizând modul de evoluție al elementului consolidat cu plase constată următoarele:

- la o forță de 2700 daN apare prima fisură din eforturi principale de întindere ;
- zdrobirea zonei comprimate apare în jurul valorii forței orizontale de rupere de 26000 daN ;
- ruperea elementului începe la $P=27000 \text{ daN}$ prin dezvoltarea unei fisuri la 45° pe direcția fisurii inițiale, ruperea producându-se la o valoare de 27500 daN ;
- s-a constatat deplasarea plaselor pentru consolidare prin deformarea agrafelor de prindere;
- după consolidarea cu plase a elementului EA4 s-a refăcut capacitatea portantă inițială, în proporție de 87.5%, păstrându-se modul de rupere - **eforturi principale de întindere** ;
- forța de rupere scade cu cca. cu 13% la elementul EP4 față de EA4, în condițiile în care nu s-au mai utilizat plase de $\Phi 5/10$, similar celorlalte elemente consolidate, ci plase $\Phi 4/10$;
- deplasarea la vârf a elementului consolidat EP4 s-a dezvoltat paralel, în aceeași proporție cu scăderea capacități portante în comparație cu elementul EA4, atingând 65% din deformația maximă, la vîrf a elementului inițial.

5.3. Studiu comparativ al comportării elementelor martor și a elementelor consolidate cu plase

5.3.1. Studiu comparativ al comportării elementelor ES și EP

Pentru a analiza comportarea elementelor ES și EP comparativ s-a apelat la reprezentarea curbelor $P - \Delta$, doar pentru microcomparatorul M1. Diagramele pentru celelalte microcomparatoare având aceeași alătură s-a considerat suficientă compararea valorilor pentru microcomparatorul care a înregistrat valorile deplasărilor cele mai mari. De asemenea este sugestivă reprezentarea de mai jos ținând cont de faptul că microcomparatorul M1 a fost dispus în același loc la ambele încercări.

Diagrama rezultată este prezentată în figura 5.64.

În concluzie, se constată că:

- după consolidarea cu plase a elementului ES s-a refăcut capacitatea portantă inițială, forța de rupere crescând cu 42% la elementul EP;
- deplasarea la vârf a elementului consolidat EP a crescut cu 154 %, elementul devenind mai ductil;
- ruperea a avut loc tot la eforturi principale de întindere, pe traseul de fisură inițială de rupere a elementului de zidărie simplă ES, asociat cu zdrobirea zidăriei în zona comprimată.

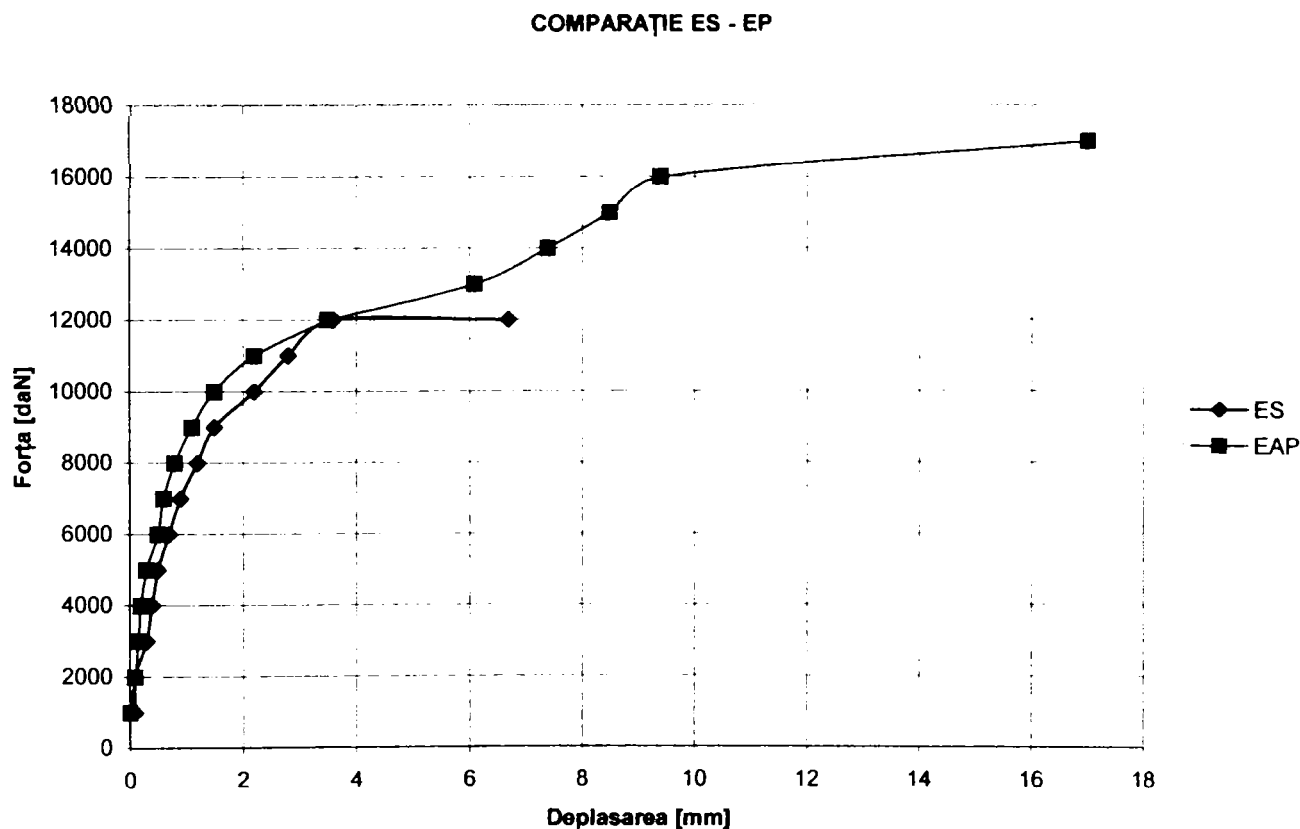


Fig. 5.64. Diagramele Forță-Deplasare ($P-\Delta$) pentru microcomparatorul M1
ES – element de zidărie simplă / EP – element de zidărie simplă consolidată cu plase

Cercetări experimentale privind comportarea pereților structurali din zidărie consolidată

5.3.2. Studiu comparativ al comportării elementului de zidărie armată EA2 și elementului de zidărie consolidată prin cămășuire cu plase EP2

Pentru a analiza comportarea elementelor EA2 și EP2, comparativ, s-a apelat la reprezentarea curbelor P - Δ, pentru microcomparatorul M1. Diagramele pentru celelalte microcomparatoare având aceeași alătură s-a considerat suficientă compararea valorilor pentru microcomparatorul care a înregistrat valorile deplasărilor cele mai mari. Este sugestivă reprezentarea de mai jos ținând cont de faptul că microcomparatorul M1 a fost dispus în același loc la ambele încercări (fig. 5.65.).

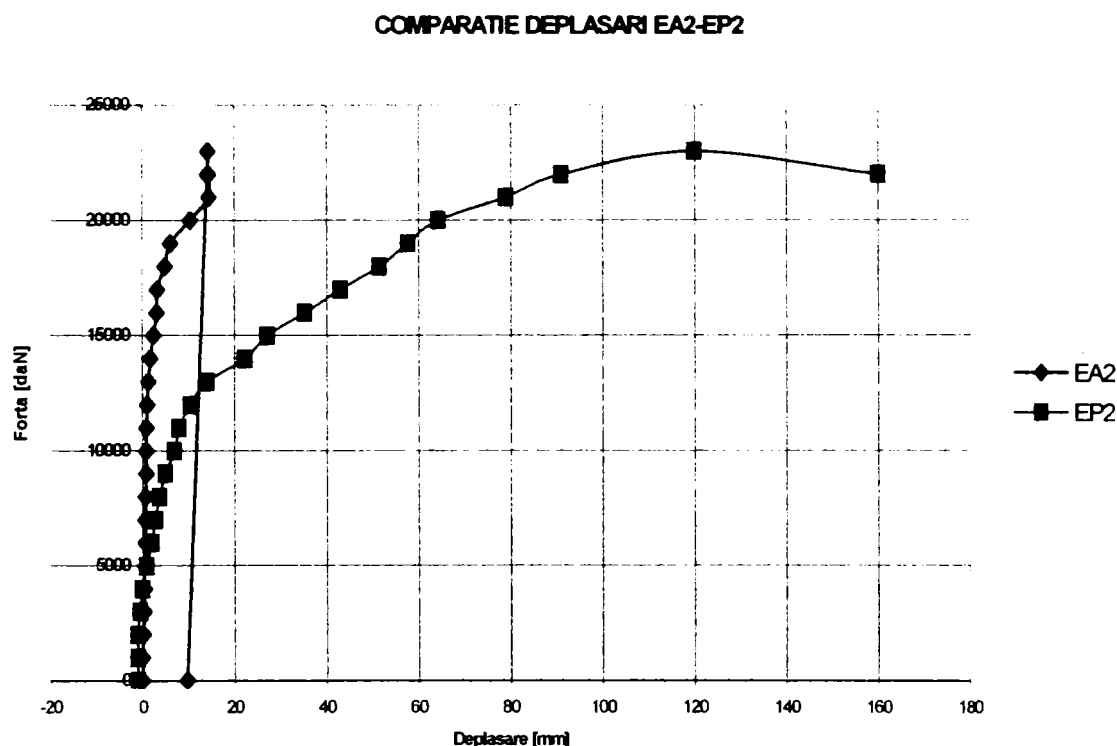


Fig. 5.65. Diagramele Forță-Deplasare (P-Δ) pentru microcomparatorul M1 EA2 – element de zidărie armată / EP2 – element de zidărie consolidată cu plase

În concluzie, se constată că :

- după consolidarea cu plase a elementului EA2 s-a refăcut capacitatea portantă inițială, forța de rupere crescând chiar cu 9% la elementul EP2 ;
- deplasarea la vârf a elementului consolidat EP2 a crescut foarte mult față de EA2 și anume cu 188 %.
- ruperea a avut loc tot la eforturi principale de întindere, pe traseul de fisură inițială de rupere a elementului de zidărie armată EA2, asociat cu zdrobirea zidăriei în zona comprimată.
- valoarea maximă a efortului unitar de întindere a rezultat $\sigma_{a,max}=4053 \text{ daN/cm}^2$ la elementul EP2 față de elementul EA2 la care armătura s-a rupt în fisură.

Cercetări experimentale privind comportarea pereților structurali din zidărie consolidată

5.3.3. Studiu comparativ al comportării elementului de zidărie armată EA3 și elementului de zidărie consolidată prin cămășuire cu plase EP3

Pentru a analiza comportarea elementelor EA3 și EP3 comparativ s-a apelat la reprezentarea curbelor P - Δ , doar pentru microcomparatorul M1. Diagramele pentru celelalte microcomparatoare având aceeași alătură s-a considerat suficientă compararea valorilor pentru microcomparatorul care a înregistrat valorile deplasărilor cele mai mari. Este sugestivă reprezentarea de mai jos ținând cont de faptul că microcomparatorul M1 a fost dispus în același loc la ambele încercări (fig 5.66.).

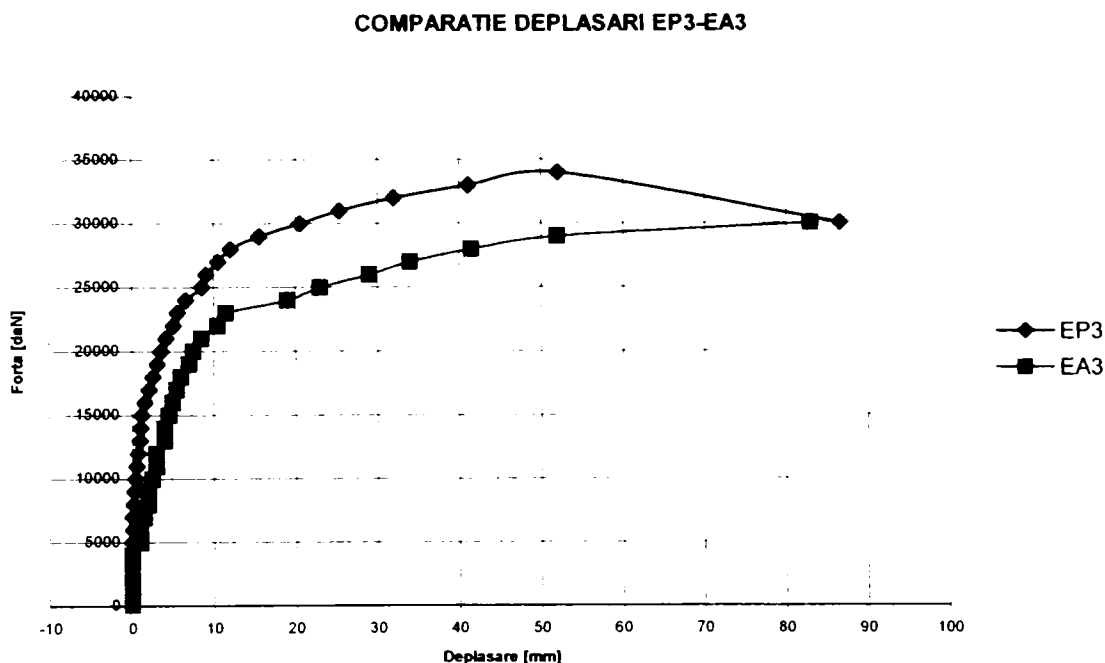


Fig. 5.66. – Diagramele Forță – Deplasare (P- Δ) pentru microcomparatorul M1 EA3 – element de zidărie armată / EP3 – element de zidărie consolidată cu plase

În concluzie, se constată că :

- după consolidarea cu plase a elementului EA3 s-a refăcut capacitatea portantă inițială, forța de rupere crescând chiar cu 13% la elementul EP3;
- deplasarea la vârf a elementului consolidat EP3 fiind aproximativ aceeași.
- ruperea a avut loc tot la eforturi principale de întindere, pe traseul de fisură inițială de rupere a elementului de zidărie armată EA3, asociat cu zdrobirea zidăriei în zona comprimată.
- valoarea maximă obținută pentru efortul unitar din armături este $\sigma=2961\text{daN/cm}^2$, pentru elementul EP3, fata de $\sigma=5880\text{ daN/cm}^2$, la elementul EA3, nefiind atinsă limita reală de curgere a armăturii.

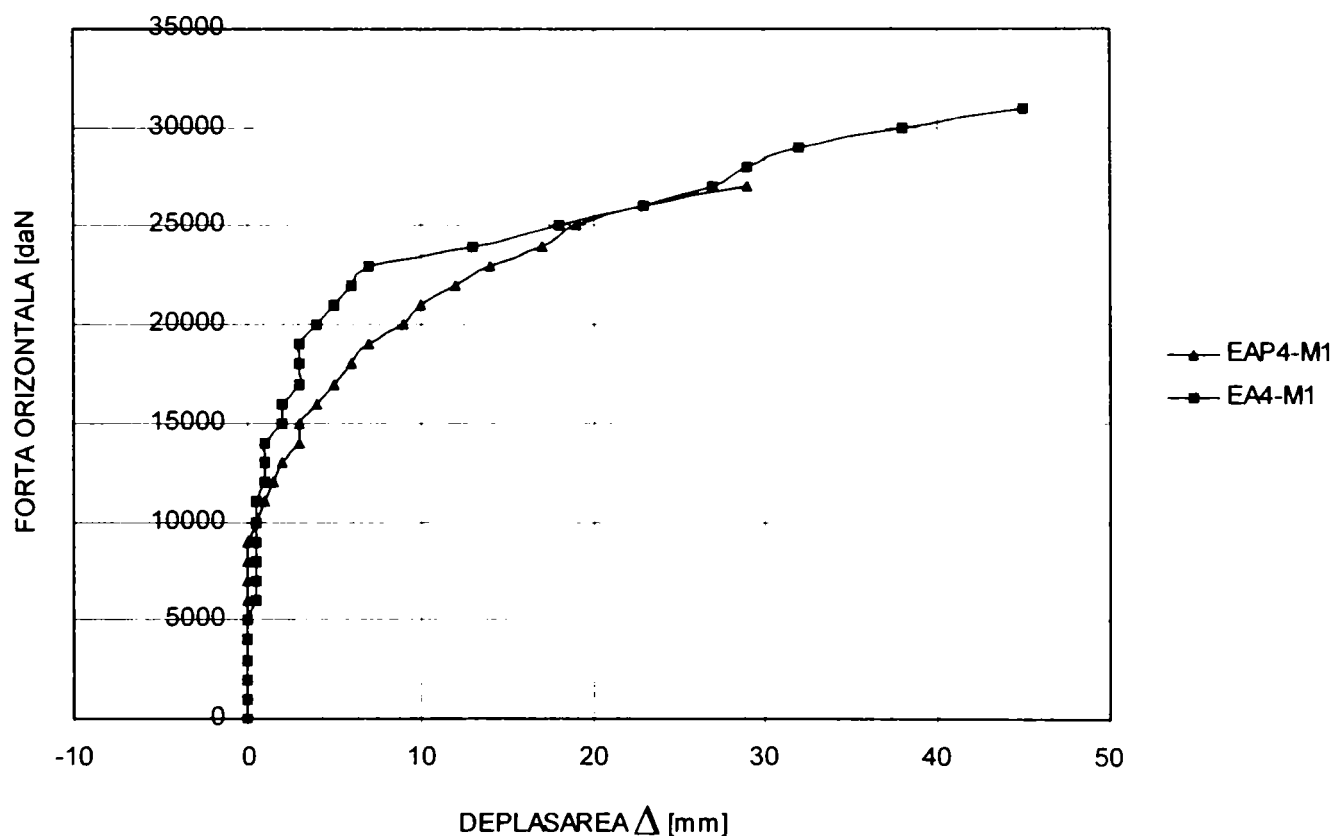
5.3.4. Studiu comparativ al comportării elementului de zidărie armată EA4 și elementului de zidărie consolidată prin cămășuire cu plase EP4

Pentru a analiza comportarea elementelor EA4 și EP4 comparativ s-a apelat la reprezentarea curbelor P- Δ doar pentru microcomparatorul M1. Diagramele pentru celelalte

Cercetări experimentale privind comportarea pereților structurali din zidărie consolidați

microcomparatoare având aceeași alură s-a considerat suficientă compararea valorilor pentru microcomparatorul care a înregistrat valorile deplasărilor cele mai mari. Este sugestivă reprezentarea de mai jos ținând cont de faptul că microcomparatorul M1 a fost dispus în același loc la ambele încercări (fig 5.67.).

COMPARATIEA DEPLASARILOR INREGISTRATE PE MICROCOMPARATORUL M1
INTRE ELEMENTELE EAP4-EA4



**Fig. 5.67. – Diagramele Fortă – Deplasare (P-Δ) pentru microcomparatorul M1
EA4 – element de zidărie armată / EP4 – element de zidărie armată consolidată
cu plase**

În concluzie, se constată că:

- după consolidarea cu plase a elementului EA4 s-a refăcut capacitatea portantă inițială în proporție de 87%, forța de rupere scăzând cu 13% la elementul EP4; deplasarea la vârf a elementului consolidat EP3 fiind aproximativ 65% față de elementul inițial;
- **ruperea a avut loc tot la eforturi principale de întindere**, pe traseul de fisură inițială de rupere a elementului de zidărie armată EA4, asociat cu zdrobirea zidăriei în zona comprimată;
- valoarea maximă obținută pentru efortul unitar din armături este $\sigma=8715\text{daN/cm}^2$, fiind atinsă limita teoretică de curgere și rupere a armăturii, față de elementul martor la care s-a obținut în armatura un efort unitar de $\sigma=8190\text{aN/cm}^2$;
- ruperea elementului începe la $P=27000\text{daN}$ prin dezvoltarea unei fisuri la 45° pe direcția fisurii inițiale, ruperea producându-se la o valoare de 27500daN ;

Cercetări experimentale privind comportarea pereților structurali din zidărie consolidată

Teză de doctorat	Contribuții la perfecționarea soluțiilor de consolidare aplicate clădirilor civile	164
------------------	--	-----

- s-a constatat deplasarea plaselor pentru consolidare prin deformarea agrafelor de prindere, la ambele elemente.

5.4. Concluzii comparative asupra comportării elementelor martor și a elementelor consolidate cu plase

Sintetizând rezultatele experimentale efectuate pe elementele martor și cele consolidate, referitor la comportarea comparativă, rezultă efectul consolidării cu plase sudate pe ambele fețe ale elementelor încercate până la rupere, prezentând fiecare o "fractură de rupere", diferită funcție de modul de alcătuire al elementului martor și al valorilor forțelor verticale, gravitaționale.

Astfel, pe grupuri de elemente încercate, au rezultat:

5.4.1. Elementele ES-EP1, din zidărie simplă respectiv consolidată după rupere, prezintă elementele comparative:

- după consolidarea cu plase a elementului ES s-a refăcut capacitatea portantă inițială, forța de rupere crescând cu 42% la elementul EP față de elementul martor;
- deplasarea la vârf a elementului consolidat EP a crescut cu 154 %, elementul consolidat devenind mai ductil;
- ruperea a avut loc tot la eforturi principale de întindere, pe traseul de fisură inițială de rupere a elementului de zidărie simplă ES, asociat cu zdrobirea zidăriei în zona comprimată.

5.4.2. Elementele EA2-EP2, din zidărie armată respectiv consolidată după rupere, la care forța verticală a fost majorată, prezintă concluziile comparative:

- după consolidarea cu plase a elementului EA2 s-a refăcut capacitatea portantă inițială, forța de rupere crescând chiar cu 9% la elementul EP2 față de EA2;
- deplasarea la vârf a elementului consolidat EP2 a crescut foarte mult față de EA2 și anume cu 188 %, crescând astfel ductilitatea ;
- ruperea a avut loc tot la eforturi principale de întindere, pe traseul de fisură inițială de rupere a elementului de zidărie armată EA2, asociat cu zdrobirea zidăriei în zona comprimată ;
- valoarea maximă a efortului unitar de întindere în armătura din rosturile orizontale a rezultat $\sigma_{a,max}=4053 \text{ daN/cm}^2$ la elementul EP2 față de elementul EA2 la care armătura s-a rupt în fisură .

5.4.3. Elementele EA3-EP3, din zidărie armată respectiv consolidată după rupere, cu creșterea forței verticale și reducerea la jumătate a procentului de armare față de elementele seria EA2-EP2, prezintă particularitățile :

- după consolidarea cu plase a elementului EA3 s-a refăcut capacitatea portantă inițială, forța de rupere crescând chiar cu 13% la elementul EP3;
- deplasarea la vârf a elementului consolidat EP3 a rezultat aproximativ aceeași ;
- ruperea a avut loc tot la eforturi principale de întindere, pe traseul de fisură inițială de rupere a elementului de zidărie armată EA3, asociat cu zdrobirea zidăriei în zona comprimată.

Cercetări experimentale privind comportarea pereților structurali din zidărie consolidată

Teză de doctorat	Contribuții la perfecționarea soluțiilor de consolidare aplicate clădirilor civile	165
------------------	--	-----

- Valoarea maximă obținută pentru efortul unitar din armături este $\sigma=2961\text{daN/cm}^2$ pentru elementul EP3, față de $\sigma=5880\text{ daN/cm}^2$ la elementul EA3, nefiind atinsă limita reală de curgere a armăturii(a se vedea Cap.6);

5.4.4. Elementele EA4-EP4, realizate din zidărie armată respectiv consolidată după rupere, cu creșterea forței gravitaționale și păstrarea procentului de armare, dar consolidarea fiind realizată cu plasa $\Phi 4/10$ față de elementele anterioare care s-au consolidat cu plasa $\Phi 5/10$ au caracteristicile comparative:

- după consolidarea cu plase a elementului EA4 s-a refăcut capacitatea portantă inițială în proporție de 87%, forța de rupere scăzând cu 13% la elementul EP4;
- deplasarea la vârf a elementului consolidat a rezultat aproximativ 65% față de elementul inițial ;
- **ruperea a avut loc tot la eforturi principale de întindere**, pe traseul de fisură inițială de rupere a elementului de zidărie armată EA4, asociat cu zdrobirea zidăriei în zona comprimată ;
- valoarea maximă obținută pentru efortul unitar din armături este $\sigma=8715\text{daN/cm}^2$, fiind atinsă limita teoretică de curgere și rupere a armăturii din rosturile orizontale, față de elementul martor la care s-a obținut în armatură un efort unitar de $\sigma=8190\text{aN/cm}^2$;
- ruperea elementului începe la $P=27000\text{daN}$ prin dezvoltarea unei fisuri la 45° pe direcția fisurii inițiale, ruperea producându-se la o valoare de 27500daN ;
- s-a constatat deplasarea plaselor pentru consolidare prin deformarea agrafelor de prindere, la ambele elemente;

Calculul teoretic al capacității de rezistență a elementelor experimentale este condus în Cap.6.

Cercetări experimentale privind comportarea pereților structurali din zidărie consolidată

CAPITOLUL 6

CONTRIBUȚII LA STUDIUL TEORETIC AL ZIDĂRIILOR CONSOLIDATE ȘI COMPARAȚIE CU ÎNCERCĂRILE EXPERIMENTALE

6.1. Determinarea pe cale experimentală a rezistențelor materialelor

Determinarea rezistențelor echivalente la compresiune și la eforturi principale de întindere a zidăriei cămășuite pentru elementele experimentale studiate se face în scopul comparării rezultatelor experimentale privind capacitatea portantă la acțiuni orizontale cu metodele de calcul existente (conform P2-85, conform MP001-96),

Pentru a efectua o comparație reală se impune utilizarea rezistențelor de rupere reale ale zidăriei, mortarului și armăturii, pentru toate elementele experimentale studiate.

6.1.1. Determinarea rezistenței de rupere la compresiune și a modului de elasticitate

Aprecierea rezistenței de rupere la compresiune a elementelor experimentale de zidărie s-a făcut încercând la sarcini verticale de compresiune stâlpișori executați din același material ca și elementele experimentale (cărămidă, mortar, armătură).

S-au efectuat determinări pe două tipuri de elemente:

- două elemente identice din zidărie simplă notate **Ss1 și Ss2** ;
- două elemente identice din zidărie armată notate **Sa1 și Sa2**.

Cantitatea de armătură s-a stabilit astfel încât procentul de armare să fie de 0.8‰, similar cu a pereților de zidărie încercați. Pentru aceasta în cele 8 asize ale stâlpișorilor s-au dispus două armături de tip MURFOR (fig 3.15b). Stâlpișorii de zidărie simplă au de asemenea 8 asize (fig 6.1a).

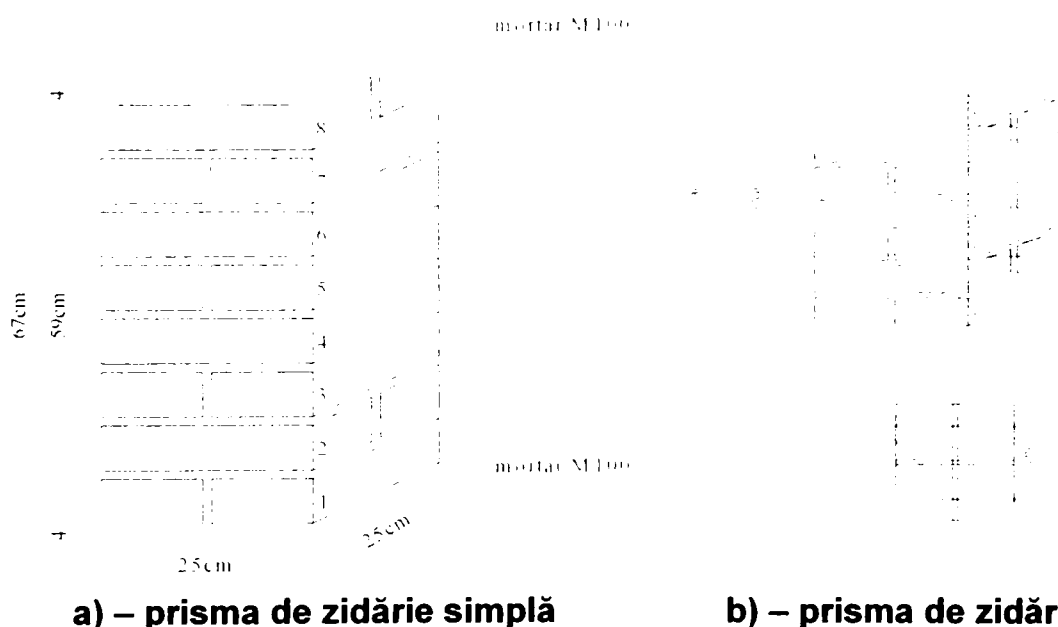


Fig. 6.1 – Prisme pentru determinarea caracteristicilor de calcul ale zidăriei

Aria efectivă a stâlpișorilor este:

$$A = 24 \times 24 = 576 \text{ cm}^2$$

Înălțimea stâlpișorilor rezultă din grosimea celor opt rânduri de cărămidă de 60cm aproximativ.

Procentul de armare a stâlpișorilor din zidărie armată rezultă din relația:

$$\mu_s = \frac{V_a}{V_z} = \frac{2 \times \left(2 \frac{3,14 \times 0,5^2}{4} + \sqrt{2} \frac{3,14 \times 0,4^2}{4} \right)}{24 \times 60} = 0,0008 = 0,8\text{‰}$$

Modulul elasto-plastic al zidăriei s-a determinat pe aceleași epruvete din zidărie solificate la compresiune cu ajutorul prese universale de 10t (fig. 6.2.).



Fig. 6.2. – Presa universală de 10t

Pentru înregistrarea deformațiilor se folosesc două microcomparatoare cu precizia 1/100 montate pe epruvetă cu ajutorul unor juguri metalice (fig.6.3.). Jugurile se montează la distanța de 250mm. Încărcarea epruvetei se face în trepte de încărcare de mărime constantă de 1000 daN. Determinarea modulului elasto-plastic s-a făcut introducând prelucrarea datelor experimentale pentru trepte de încărcare din 5000 în 5000daN pentru efectuarea corecției citirilor.

Forțele verticale de rupere ale stâlpișorilor sunt sintetizate în tabelul 6.1.

Tabelul 6.1

Stâlpișor		Forțele verticale de rupere [daN]	Media determinărilor [daN]	Aria secțiunii [cm ²]	Rezistența la compresiune [daN/ cm ²]
Zidărie simplă	Ss1	32000	34500	576	59,90
	Ss2	37000			
Zidărie armată	Sa1	37000	39000	576	67,71
	Sa2	41000			

Rezistența la compresiune se determină cu relația:

$$R_c = \frac{F}{A}$$

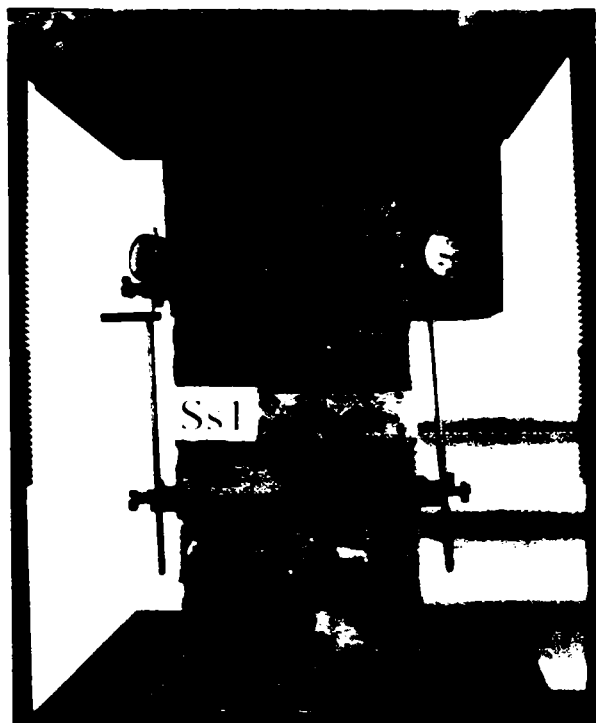


Fig. 6.3. Stâlpișor de zidărie simplă cu juguri și microcomparatoare pregătit pentru încercare



Fig. 6.4. Stâlpișor de zidărie armată înainte de încercare

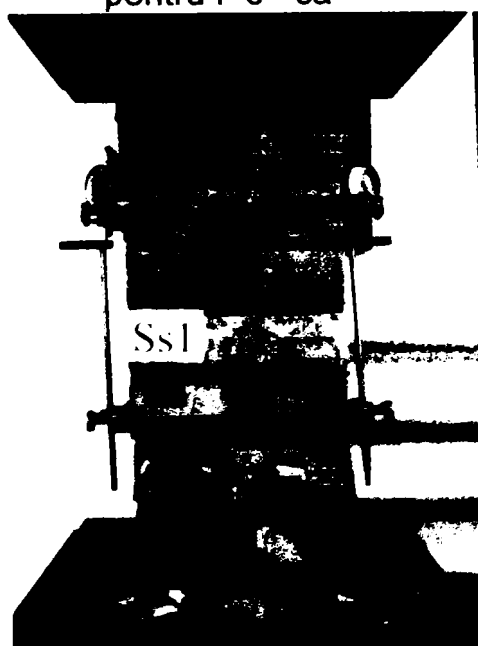


Fig. 6.5. Ruperea unui stâlpișor de zidărie simplă



Fig. 6.6. Ruperea unui stâlpișor de zidărie armată

Rotunjind valorile rezulta rezistențele la compresiune a zidăriei simple, respectiv armate cu procentul de armare 0,08% determinate experimental ca fiind:

$$R_c^{zs} = 60 \text{ daN/cm}^2$$

$$R_c^{za} = 68 \text{ daN/cm}^2$$

Se observă că se verifică relația de calcul pentru rezistența la compresiune a zidăriei armate dată în STAS 10109/1-82:

Contribuții la studiul teoretic al zidariilor consolidate și comparație cu încercările experimentale

$$R_c^{za} = R_c^{zs} + \mu \cdot R_a$$

$$R_c^{za} = 60 + 0,0008 \cdot 9434 = 60 + 7,5 \cong 68 \text{ daN/cm}^2$$

Determinarea rezistenței reale a armăturii este prezentată în paragraful următor.

Tabelele cu rezultatele experimentale, constând în citirile pe microcomparatoare selectând doar treptele de încărcare din 5000 în 5000 daN, sunt date în continuare. S-au păstrat pentru prelucrare doar câteva citiri având în vedere faptul că viteza cu care s-au derulat determinările au indus la valorile deplasărilor specifice erori ce se corectează pe intervale mai mari de citire:

Tabelul 6.2

Citirile pe microcomparatoare								
Forța verticală daN	Stâlpișori de zidărie simplă				Stâlpișori de zidărie armată			
	Citiri Ss1		Citiri Ss2		Citiri Sa1		Citiri Sa2	
	M1	M2	M1	M2	M1	M2	M1	M2
0	0	0	0	0	0	0	0	0
5000	7	4	5	5	6	3	4	5
10000	13	10	10	12	12	8	10	11
15000	20	16	19	21	24	16	18	14
20000	42	25	36	27	41	24	24	27
25000	84	44	67	49	79	47	56	48
30000	170	100	115	168	167	99	124	113
35000					245	145	278	211

Se va face media citirilor separat pe prismele de zidărie simplă și pe cele de zidărie armată, prelucrând relațiile pentru determinarea modulului de elasticitate într-o foaie de lucru de tip tabel Microsoft Excel.

Relația pentru calculul modulului de elasticitate este:

$$E = \frac{d\sigma}{d\varepsilon} = \frac{\sigma_{i+1} - \sigma_i}{\varepsilon_{i+1} - \varepsilon_i}$$

De fapt se determină mai multe valori ale modulului de elasticitate, modulul variind cu efortul unitar de compresiune σ . Pentru aceasta se face diferența dintre valoarea efortului unitar σ la pasul $i+1$ și al aceluiași efort la pasul i și se raportează la diferența deformației specifice ε între aceiași pași.

Valoarea ε se calculează din media citirilor pe microcomparatoare dată în sutimi de milimetru ceea ce reprezintă deplasarea medie absolută a porțiunii de zidărie dintre cele două juguri (Δ) și distanța dintre juguri care s-a fixat la 25cm la fiecare determinare.

$$\varepsilon = \frac{\Delta}{d} \text{ [mm/m]}$$

Se trasează diagramele de deformație σ – ε atât pentru zidăria simplă cât și pentru zidăria armată:

Valorile reale ale modulului de elasticitate pentru zidăria simplă și armată sunt calculate în Tab.6.3. iar diagrama de variație σ – ε , sunt date în Fig. 6.7. și 6.8.

Contribuții la studiul teoretic al zidărilor consolidate și comparație cu încercările experimentale

Tabelul 6.3

DETERMINAREA MODULULUI DE ELASTICITATE PENTRU ZIDARIA SIMPLA								
Forța P daN	Media citirilor 1/100mm	Aria element cmp	σ daN/cmp	d distanța juguri cm	ε mm/m	$\Delta\sigma$ daN/cmp	$\Delta\varepsilon$ mm/m	E daN/cmp
0	0	576	0,0	25,0	0,0			
5000	5	576	8,7	25,0	0,2	8,7	0,21	41336
10000	11	576	17,4	25,0	0,5	8,7	0,24	36169
15000	19	576	26,0	25,0	0,8	8,7	0,31	28002
20000	33	576	34,7	25,0	1,3	8,7	0,54	16075
25000	61	576	43,4	25,0	2,4	8,7	1,14	7615
30000	138	576	52,1	25,0	5,5	8,7	3,09	2809

Diagrama de deformație $\sigma-\varepsilon$

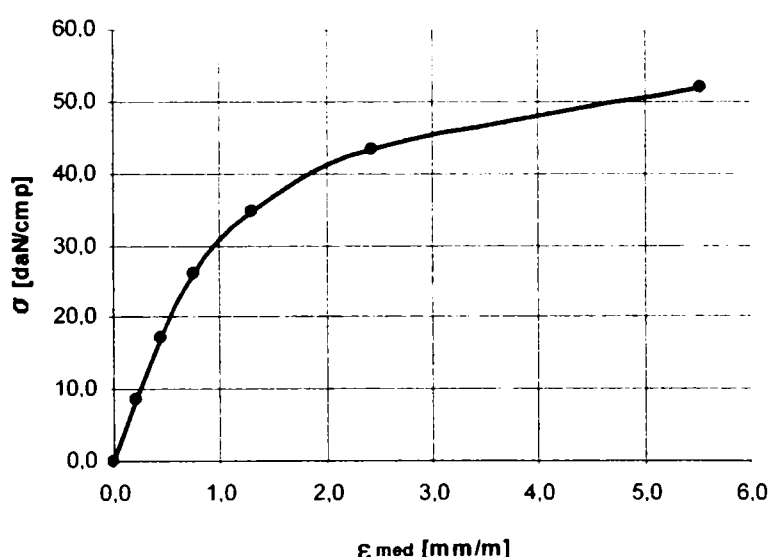
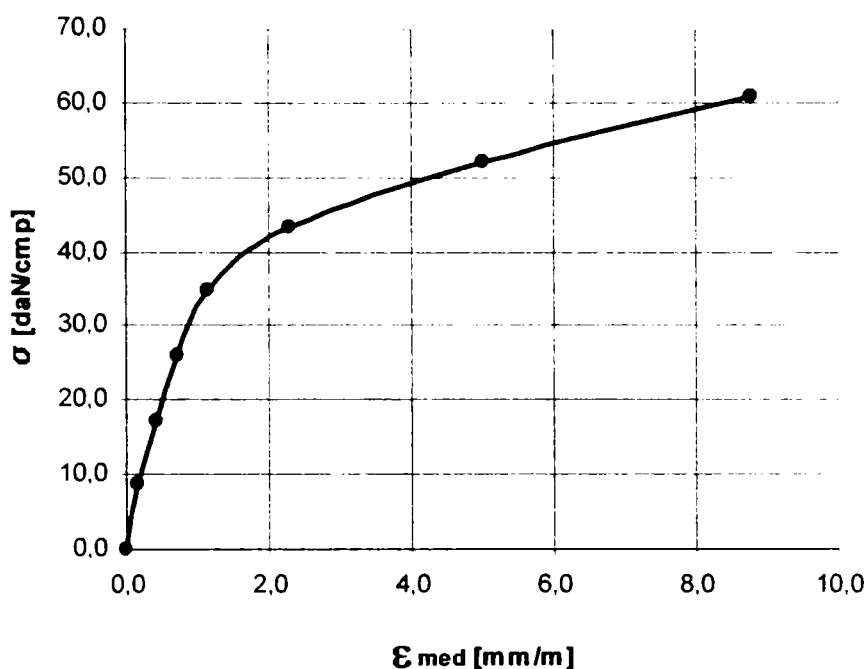


Fig. 6.7. Diagrama de deformație $\sigma-\varepsilon$ pentru zidăria simplă

Tabelul 6.4

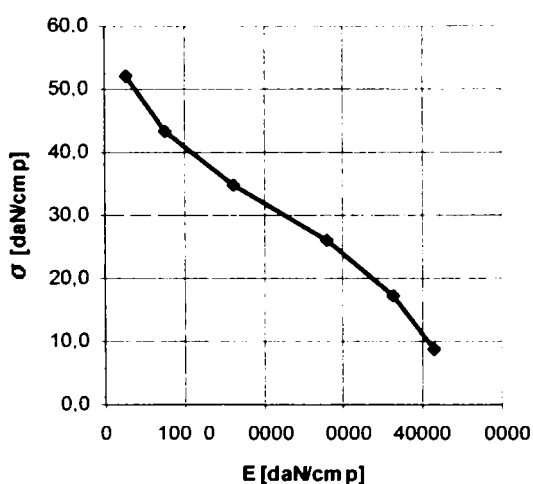
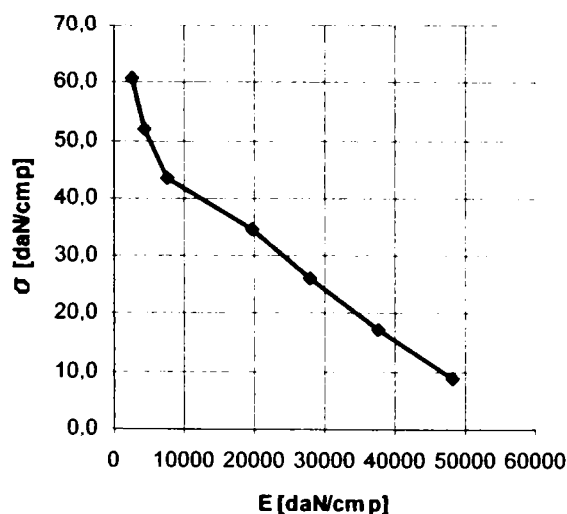
DETERMINAREA MODULULUI DE ELASTICITATE PENTRU ZIDARIA ARMATA								
Forța P daN	Media citirilor 1/100mm	Aria element cmp	σ daN/cmp	d distanța juguri cm	ε mm/m	$\Delta\sigma$ daN/cmp	$\Delta\varepsilon$ mm/m	E daN/cmp
0	0	576	0,0	25,0	0,0			
5000	5	576	8,7	25,0	0,2	8,7	0,18	48225
10000	10	576	17,4	25,0	0,4	8,7	0,23	37742
15000	18	576	26,0	25,0	0,7	8,7	0,31	28002
20000	29	576	34,7	25,0	1,2	8,7	0,44	19729
25000	58	576	43,4	25,0	2,3	8,7	1,14	7615
30000	126	576	52,1	25,0	5,0	17,4	3,87	4486
35000	220	576	60,8	25,0	8,8	17,4	6,49	2675

Contribuții la studiul teoretic al zidărilor consolidate și comparație cu încercările experimentale

Diagrama de deformație σ - ϵ Fig. 6.8. Diagrama de deformație σ - ϵ pentru zidăria armată

Modulul de elasticitate pentru zidărie nu este o constantă ci este funcție de valoarea efortului unitar, respectiv de stadiul în care se află zidăria (fisurare, curgere, ultim). Valoarea maximă a modulului de elasticitate sau modulul inițial rezulta la valoarea 0 a efortului de compresiune.

O dată cu creșterea efortului unitar în zidărie modulul elasto-plastic scade, ajungând în faza de rupere la aproximativ 10% din valoarea modulului inițial. Literatura de specialitate indică o variație liniară descrescătoare a modulului funcție de efortul unitar de compresiune. La o valoare teoretică a lui σ de 1,1 ori mai mare decât rezistența la compresiune, modulul de elasticitate ar trebui să fie nul iar zidăria se comportă ca un material perfect plastic. Diagramele σ - E pentru zidăria simplă și pentru zidăria armată obținute experimental sunt date în figurile de mai jos:

Diagrama σ - E Fig. 6.9. Diagrama σ - E pentru zidăria simplăDiagrama σ - E Fig. 6.10. Diagrama σ - E pentru zidăria armată

Contribuții la studiul teoretic al zidărilor consolidate și comparație cu încercările experimentale

În ambele diagrame este evidentă tendința de descreștere aproximativ liniară a modulului de elasticitate cu valoarea efortului unitar de compresiune. Ca dată de intrare pentru programul Biograf de analiză cu elemente finite se va considera modulul de elasticitate $E=20000\text{daN/cm}^2$ pentru zidăria simplă și de $E=23000\text{ daN/cm}^2$ pentru zidăria armată, valoare ce corespunde la un efort de compresiune de aproximativ jumătate din rezistența la compresiune.

6.1.2. Determinarea rezistențelor de rupere ale mortarului și armăturilor

Rezistența reală la întindere a mortarului utilizat la realizarea elementelor experimentale s-a determinat pe epruvete prismatice cu dimensiunile de 40x40x160mm solicate la încovoiere cu ajutorul preseii universale de 10to.



Fig.6.11. Determinarea rezistenței la întindere din încovoiere a mortarului

Înregistrările medii pe trei serii de epruvete, precum și prelucrarea rezultatelor pentru determinarea rezistenței la întindere a mortarului, sunt prezentate succint în tabelul următor:

Tabelul 6.5

Rezistența la întindere a mortarului					
Numar serie	F [daN]	F _{mediu} [daN]	M [daNcm]	W [cm ³]	R _t [daN/cm ²]
1	141	142	354	10,67	33
2	152				
3	132				

Rezistența la întindere din încovoiere se determină cu relațiile binecunoscute din teoria mecanicii structurilor:

$$R_t = \frac{M}{W}$$

$$M = \frac{F \cdot d}{4}$$

În relațiile de mai sus avem:

M – momentul încovoiitor la ruperea epruvetei

W – modulul de rezistență a secțiunii epruvetei

d – distanța dintre reazemele bacului de 10cm

F – forța la ruperea epruvetei

Rezistența la eforturi principale de întindere se va considera egală cu rezistența la întindere a mortarului, valorile fiind în general mai mari decât rezistențele pietrei de zidărie.

În acest caz ruperea în secțiune înclinată se produce prin rosturile de mortar, lucru remarcat la elementul ES.

Pe jumătățile de prisme rămase de la determinarea rezistenței la întindere a mortarului se poate determina și rezistența la compresiune a acestuia. Acest lucru poate fi necesar pentru verificarea mărcii mortarului și a rețetei utilizate la preparare. S-a folosit o rețetă de mortar M100z, deci rezistența la compresiune va trebui să se situeze în jurul valorii de 100daN/cm². La efectuarea încercărilor la compresiune se utilizează aceeași presă ca mai sus (fig.6.12.)

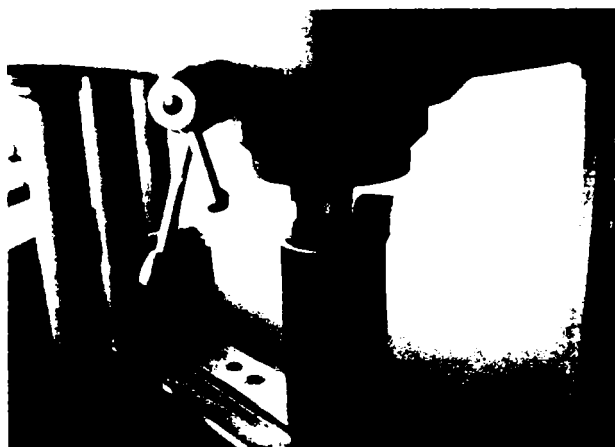


Fig.6.12. Determinarea rezistenței la compresiune a mortarului

Rezultatele obținute sunt date în tabelul 6.6.:

Tabelul 6.6

Rezistența la compresiune a mortarului				
Numar serie	F [daN]	F _{mediu} [daN]	A [cm ²]	R _c [daN/cm ²]
1	4547	4294	16	268
2	4353			
3	3983			

Rezistența la compresiune se determină cu relația:

$$R_c = \frac{F}{A}$$

Aria secțiunii jumătăților de prismă solicitată la compresiune se impune cu ajutorul unor plăcuțe metalice la A=4x4=16cm².

Cu aceeași presă, dar înlocuind bacurile cu unele de prindere, s-au efectuat încercări la întindere pe armăturile din care sunt alcătuite carcasa Murfor. Rezistența la rupere minimă garantată de producător este de 5500daN/cm² dar evident în realitate s-au obținut valori mai mari (tabelul 6.7.)

Tabelul 6.7

Rezistența la întindere a armaturilor				
Numar serie	F [daN]	F _{mediu} [daN]	A [cm ²]	R _a [daN/cm ²]
1	1868	1852	0,196	9434
2	1885			
3	1804			

Teză de doctorat	Contribuții la perfecționarea soluțiilor de consolidare aplicate clădirilor civile	174
------------------	--	-----

Relația pentru determinarea rezistenței armăturilor la întindere este:

$$R_a = \frac{F}{A}$$

Pentru determinarea rezistenței la eforturi principale de întindere a zidăriei armate se propune o relație similară cu relația din STAS 10109/1-82:

$$R_2^{za} = R_2^{zs} + \mu \cdot R_a$$

Această modalitate de calcul a rezistenței la eforturi principale de întindere a zidăriei armate este intuitiv corectă, întinderile din rosturile zidăriei fiind preluate de mortar și de armătură proporțional cu cantitatea de armătură din secțiune, factorul de proporționalitate nefiind altceva decât coeficientul de armare μ .

Totuși această formulă nu este dată în STAS 10109/1-82 și trebuie urmărit în ce măsură dă rezultate satisfăcătoare în calculul elementelor de zidărie armată. Concluzii cu privire la acest lucru se pot desprinde în paragraful următor în care se compară rezultatele experimentale cu metodele de calcul în care se vor introduce și rezistențele astfel calculate.

Pentru coeficientul de armare utilizat la elementele experimentale avem rezistența la eforturi principale de întindere astfel:

$$R_2^{za} = 33 + 0.0008 \cdot 9500 = 41$$

Este important de făcut următoarea remarcă: influența armării în rosturile orizontale din punctul de vedere al rezistențelor de calcul este mult mai pronunțată pentru rezistența la eforturi principale de întindere decât pentru rezistența la compresiune. Acest lucru se datorează faptului că rezistența la eforturi principale de întindere este în general mai mică decât rezistența la compresiune, iar aportul armăturii este dat de același factor în ambele cazuri $\mu \cdot R_a$. Astfel în cazul de față la un procent de armare de 0,16% rezistența la compresiune a zidăriei armate crește cu aproximativ 10% față de zidăria simplă, iar rezistența la eforturi principale de întindere aproape se dublează în cazul zidăriei armate.

6.2. Determinarea rezistentelor echivalente

6.2.1. Determinarea rezistenței echivalente la compresiune a zidăriei cămășuite

Determinarea rezistenței echivalente la compresiune a zidăriei cămășuite se face în funcție de caracteristicile mărcii de cărămidă ale zidăriei neconsolidate și a mărcii mortarului din cămășuială conform formulei, [48]:

$$R_C^{ZC} = c_c [nR_{CZ} + (1-n)R_{CM}]$$

unde:

$$n = \frac{A_z}{A_{TOT}}$$

R_{CZ} - rezistența la compresiune a zidăriei

R_{CM} - rezistența la compresiune a mortarului din cămășuială

c_c - coeficient parțial de siguranță ce ține seama de modul de conlucrare până în stadiul ultim al celor două materiale

$c_c = 0,75$ - pentru calculul cu rezistențe medii ale materialelor

$c_c = 1$ - pentru calculul cu rezistențe de calcul ale materialelor

Contribuții la studiul teoretic al zidărilor consolidate și comparație cu încercările experimentale

Teză de doctorat	Contribuții la perfecționarea soluțiilor de consolidare aplicate clădirilor civile	175
------------------	--	-----

A_Z – aria totală a elementului din zidărie nearmată

A_{TOT} – aria totală din zidărie cămășuită

b - grosimea totală

b_Z – grosimea peretelui de zidărie necămășuit

t_m – grosimea stratului de tencuială

$b_Z = b + t_m$ – pentru perete cămășuit pe o singură față

$b_Z = b + 2t_m$ – pentru perete cămășuit pe ambele fețe

6.2.2. Determinarea rezistenței echivalente la eforturi principale de întindere a zidăriei cămășuite

Determinarea rezistenței echivalente la eforturi principale de întindere a zidăriei cămășuite se face în funcție de caracteristicile mărcii de mortar ale zidăriei nearmate și a mărcii mortarului din cămășuială, conform formulei:

$$R_p^{ZC} = c_p [nR_{pZ} + (1-n)R_{pM}] + 0.8n_a R_a$$

R_{pZ} - rezistența la eforturi principale de întindere a zidăriei

R_{pM} – rezistența la eforturi principale de întindere a mortarului din cămășuială

R_a - rezistența la întindere a armăturii

c_p – coeficient parțial de siguranță ce ține seama de starea fizică (degradarea) mortarului din rosturile zidăriei.

$$c_p = 0,2 - 0,25$$

$$n_a = \frac{A_{a0}}{100}$$

A_{a0} – aria de armătură orizontală uniform distribuită

b - grosimea totală

b_Z – grosimea peretelui de zidărie necămășuit

t_m – grosimea stratului de tencuială

$b_Z = b + t_m$ – pentru perete cămășuit pe o singură față

$b_Z = b + 2t_m$ – pentru perete cămășuit pe ambele fețe

6.2.3. Determinarea rezistențelor echivalente la compresiune și la eforturi principale de întindere a zidăriei cămășuite pentru elementele experimentale studiate

Determinarea rezistențelor echivalente la compresiune și la eforturi principale de întindere a zidăriei cămășuite pentru elementele experimentale studiate se face în scopul comparării rezultatelor experimentale privind capacitatea portantă la acțiuni orizontale cu metodele de calcul existente (conform P2-85, conform MP001-96, analiză cu elemente finite).

Pentru a efectua o comparație reală se impune utilizarea rezistențelor de rupere ale zidăriei mortarului și armăturii, pentru toate elementele experimentale studiate.

Determinarea acestor caracteristici este prezentată la cap. 6.1.

Aplicarea formulelor pentru calculul rezistențelor echivalente se pretează la un calcul tabelar cu programul EXCEL. În acest scop s-au realizat tabele de calcul automat, și s-a efectuat calculul rezistențelor echivalente pentru elementele studiate experimental.

	R _{CZ} [daN/cm ²]	R _{CM} [daN/cm ²]	C _c	b _z [cm]	t _{m1} [cm]	t _{m2} [cm]			
EP	60	268	0,75	24	2,5	2,5	29	0,83	71,90
EP2	68	268	0,75	24	2,5	2,5	29	0,83	76,86
EP3	68	268	0,75	24	2,5	2,5	29	0,83	76,86
EP4	68	268	0,75	24	2,5	2,5	29	0,83	76,86

	R _{pZ} [daN/cm ²]	R _{pM} [daN/cm ²]	R _a [daN/cm ²]	C _p	b _z [cm]	t _{m1} [cm]	t _{m2} [cm]	A _{a0} [cm ²]				
EP	33	33	4500	0,25	24	2,5	2,5	1,96	29	0,83	0,0007	10,68
EP2	41	33	4500	0,25	24	2,5	2,5	1,96	29	0,83	0,0007	12,34
EP3	41	33	4500	0,25	24	2,5	2,5	1,96	29	0,83	0,0007	12,34
EP4	41	33	4500	0,25	24	2,5	2,5	1,26	29	0,83	0,0004	11,47

6.3. Calculul teoretic al capacitatii portante a elementelor si compararea cu rezultatele experimentale

6.3.1. Calculul cu relațiile din P2/85

Normativul în vigoare pentru calculul structurilor din zidărie la acțiuni seismice este normativul P2-85, deci pentru aprecierea capacității de rezistență a elementelor din zidărie se folosesc relațiile de calcul din această normă. Capacitatea de rezistență la forță tăietoare se exprimă ca și valoarea minimă dintre capacitatea de rezistență la încovoiere, la forfecarea rostului orizontal respectiv la eforturi principale de întindere. Aceste valori se exprimă prin relații de calcul ce au ca parametri rezistențele zidăriei (compresiune, forfecare, eforturi principale de întindere), caracteristicile geometrice ale elementului și forța verticală aplicată, relațiile fiind prezentate sintetic în capitolul anterior.

Pentru reducerea volumului de muncă necesar efectuării acestui calcul destul de laborios s-a folosit calculatorul prin intermediul unui miniprogram realizat pe o foaie de lucru de tip tabel Microsoft Excel (tabelul 3.1). În program se introduc ca date de intrare (coloanele galbene): caracteristicile geometrice, rezistențele zidăriei, încărcarea verticală, se obțin automat apoi elementele necesare stabilirii capacităților de rezistență (coloanele verzi): arii, coeficienți, excentricități, efortul de compresiune, iar în final capacitățile de rezistență la forță tăietoare și minimul dintre acestea, adică forța tăietoare capabilă (coloanele portocalii). Ca și caracteristici geometrice ale montanților se pot introduce atât secțiuni dreptunghiulare (D) cât și secțiuni cu o talpă sau două tălpi (a1, a2, b1, b2 fiind notațiile din P2-85). Chiar și coeficientul μ se corectează automat în funcție de tipul diafragmei (D, L, T) introdus în coloana a 3-a.

Capacitatea de rezistență T _c minim [daN] pentru fiecare element de zidărie studiat																										
Notatii		Caracteristici geometrice									Rezistențe						Capacitati de rezistență									
Nr. crt.	Elem	Tip diaf.	l [cm]	b [cm]	a1 [cm]	a2 [cm]	b1 [cm]	b2 [cm]	A [cm ²]	A _c [cm ²]	A _i [cm ²]	R [daN/cm ²]	R _f [daN/cm ²]	R _p [daN/cm ²]	N [daN]	Z [cm]	f	μ	Φ	σ [daN/cm ²]	x [cm]	e0 [cm]	T _{cm} [daN]	T _{cf} [daN]	T _{cp} [daN]	T _c [daN]
1	EP	D	125,0	24,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3000	200	3000	71,9	10,7	10,7	18000	120	1,5	1,5	0,00	6,00	63	31	4688	12600	21400	4688
2	EP2	D	125,0	24,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3000	250	3000	76,9	12,3	12,3	24000	120	1,5	1,5	0,00	8,00	63	31	6250	16800	24600	6250
3	EP3	D	125,0	24,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3000	375	3000	76,9	12,3	12,3	36000	120	1,5	1,5	0,00	12,00	63	31	9375	25200	24600	9375
4	EP4	D	125,0	24,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3000	468	3000	76,9	11,5	11,5	45000	120	1,5	1,5	0,00	15,00	63	31	11719	31500	23000	11719

Contributii la studiul teoretic al zidariilor consolidate si comparatie cu incercarile experimentale

6.3.2. Calculul cu relațiile din MP001-96 prin intermediul programului CAZIN 31

Programul de calcul al capacităților de rezistență ale secțiunilor din zidărie nearmată CAZIN31 (conform metodologiei din reglementările MLPAT) conține două variante : una conversațională cu date de intrare preluate conversațional de pe display sau cu rularea programului prin citirea fișierului de pe disc atunci când programul preia fișierul cu date de intrare nume.INP, creat cu un editor. După rularea programului rezultă fișierele: nume.OUT - care conține toate rezultatele calculelor grupate pe element; nume.DAT - care conține datele de intrare referitoare la geometria elementelor; nume.CAP - conține capacitățile elementelor, rezultante și la forță tăietoare în cele trei stadii : F,C,U; nume.ASO - conține modul de rupere al secțiunilor și capacitățile la moment încovoietor în cele trei stadii: F,C,U;

Cand se activează programul: ">CAZIN30"

pe ecran apare opțiunea :

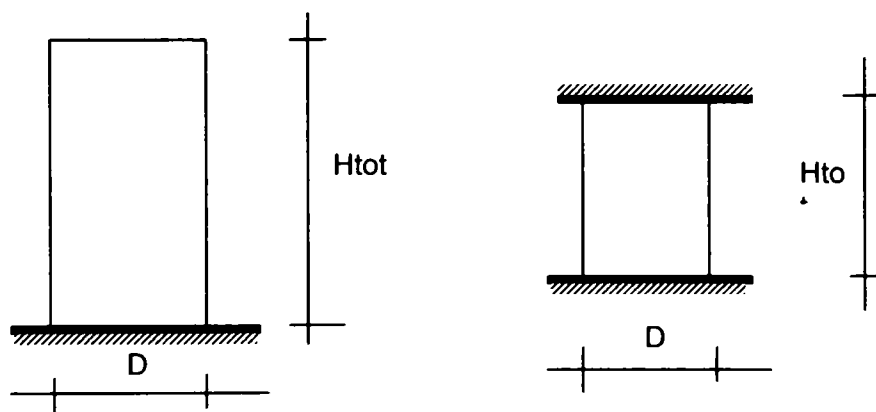
- 0-de la tastatură care permite rularea conversațional,
- 1-de pe disc care permite rularea prin citirea fișierului nume.INP.

Macheta formularelor de date din fișierul nume.INP conține:

F1 - Caracteristici generale ale secțiunii

- Montant/Șpalet , Tip secțiune, R₂,R_c,H_{tot},N,n

Montant/Șpalet = pentru montant, înălțimea este egală cu înălțimea clădirii
 pentru șpalet, înălțimea este egală cu înălțimea golului



Montant

Șpalet

Fig. 6.13. Stabilirea înălțimii totale la montanți și șpaleti

- Tip secțiune : D = dreptunghiulară
 T = cu o talpă
 I = cu două tălpi
- R₂ ; [Kgf/cm²] = Rezistența la întindere a mortarului
- R_c ; [Kgf/cm²] = rezistența la compresiune a zidăriei
- H_{tot} ; [cm] = înălțimea pe verticală a elementului

Teză de doctorat	Contribuții la perfecționarea soluțiilor de consolidare aplicate clădirilor civile	178
------------------	--	-----

Pentru montant H_{tot} este înălțimea măsurată de la baza secțiunii calculate la vârful construcției iar pentru șpalet H_{tot} este înălțimea șpaletului dintre două goluri alăturate egală cu înălțimea golului;

N ; [Kgf] = forța axială - compusă din greutatea proprie a elementului și încărcarea aferentă din planșeu

F2- Caracteristici specifice fiecărui tip de secțiuni

- D- dreptunghiulară H,b

H ; [cm] = înălțimea secțiunii (în plan)

b ; [cm] = grosimea secțiunii (în plan)

- T-cu o talpă H, b, H_t , t

H ; [cm] = înălțimea inimii

b ; [cm] = grosimea inimii

H_t ; [cm] = înălțimea tălpii

t ; [cm] = grosimea tălpi

- cu două tălpi H, b, H_{t1} , t_1 , H_{t2} , t_2

H ; [cm] = înălțimea inimii

b ; [cm] = grosimea inimii

H_{t1} , H_{t2} ;[cm] = înălțimea tălpii 1, înălțimea tălpii 2

t_1 ; t_2 [cm] = grosimea tălpii 1, înălțimea tălpii 2

Caracteristici reale de calcul ale elementelor din zidărie introduse sunt:

Rezistența la întindere a zidăriei $R_t=18daN/cm^2$

Rezistența la compresiune a zidăriei $R_c=60daN/cm^2$

Înălțimea elementului $H_{elem} = 150cm$

Tipul secțiunii- dreptunghiulară: „D”

Înălțimea secțiunii: $D = 125cm$

Lățimea secțiunii: $B = 24cm$

Raportul dintre excentricitatea adimensională a efortului de compresiune în stadiul curgere în stadiul ultim $E_{psc}/e_{psu}=0,667$

Înălțimea elementului s-a considerat mai mare decât înălțimea elementului de zidărie deoarece în calcul forța orizontală acționează teoretic la 0,7 din înălțimea montantului.

Element EP1 (tip D)

```

=====
*****
*****DATE DE INTRARE*****
*****
=====
R2 [kgf/cmp] = 10.68
RC [kgf/cmp] = 71.90
N [kgf] = 18000.00
Epsc/Epsu (n)= .67
-----
Helement[cm] = 120.00
-----
H [cm] = 125.0
B [cm] = 24.0
=====
*****
*****REZULTATE*****
*****
=====
Criteriul de rupere-MQQ :
Ruperea in fisura inclinata
are loc dupa fisurarea din
incovoiere. inainte de curgere.
=====
PSI element = .70
SIGMA [kgf/cmp] = 6.00
-----
Af[mp] = .25
A totala [mp] = .00
=====
CAPACITATEA SECTIUNII
=====
TAU capabil [kgf/cmp] = 3.681
Q capabil [tf] = 11.042
=====
STADIUL FISURAE
=====
TAU capabil-F[kgf/cmp] = 8.898
Q capabil - F[tf] = 26.694
TAU asociat- F [kgf/cmp] = 1.566
Q asociat - F [tf] = 4.697
=====
STADIUL CURGERE
=====
TAU capabil - C [kgf/cmp] = 2.483
Q capabil - C [tf] = 7.449
TAU asociat - C [kgf/cmp] = 4.166
Q asociat - C [tf] = 12.498
=====
STADIUL ULTIM
=====
TAU capabil - U [kgf/cmp] = 1.251
Q capabil - U [tf] = 3.753
TAU asociat - U [Kgf/cmp] = 4.263
Q asociat - U [tf] = 12.790
=====

```

Contributii la studiul teoretic al zidariilor consolidate si comparatie cu incercarile
experimentale

Teză de doctorat	Contribuții la perfecționarea soluțiilor de consolidare aplicate clădirilor civile	180
------------------------	---	-----

Element EP2 (tip D)

```

=====
*****
*****DATE DE INTRARE*****
*****
=====
R2 [kgf/cmp] = 12.34
RC [kgf/cmp] = 76.86
N [kgf] = 24000.00
Epsc/Epsu (n)= .67
-----
Helement[cm] = 120.00
-----
H [cm] = 125.0
B [cm] = 24.0
=====
*****
*****REZULTATE*****
*****
=====
Criteriul de rupere-MQQ :
Ruperea in fisura inclinata
are loc dupa fisurarea din
incovoiere. inainte de curgere.
=====
PSI element = .70
SIGMA [kgf/cmp] = 8.00
-----
Af[mp] = .25
A totala [mp] = .00
=====
CAPACITATEA SECTIUNII
=====
TAU capabil [kgf/cmp] = 4.777
Q capabil [tf] = 14.330
=====
STADIUL FISURAE
=====
TAU capabil-F[kgf/cmp] = 10.562
Q capabil - F[tf] = 31.686
TAU asociat- F [kgf/cmp] = 2.087
Q asociat - F [tf] = 6.262
=====
STADIUL CURGERE
=====
TAU capabil - C [kgf/cmp] = 3.474
Q capabil - C [tf] = 10.421
TAU asociat - C [kgf/cmp] = 5.383
Q asociat - C [tf] = 16.148
=====
STADIUL ULTIM
=====
TAU capabil - U [kgf/cmp] = 1.750
Q capabil - U [tf] = 5.250
TAU asociat - U [Kgf/cmp] = 5.544
Q asociat - U [tf] = 16.633
=====

```

Contributii la studiul teoretic al zidariilor consolidate si comparatie cu incercarile
experimentale

Teză de doctorat	Contribuții la perfecționarea soluțiilor de consolidare aplicate clădirilor civile	181
------------------------	---	-----

Element EP3 (tip D)

*****DATE DE INTRARE*****

R2 [kgf/cmp] = 12.34
RC [kgf/cmp] = 76.86
N [kgf] = 36000.00
Epsc/Epsu (n)= .67

Helement[cm] = 120.00

H [cm] = 125.0
B [cm] = 24.0

*****REZULTATE*****

Criteriul de rupere-MQQ :
Ruperea in fisura inclinata
are loc dupa fisurarea din
incovoiere. inainte de curgere.

PSI element = .70
SIGMA [kgf/cmp] = 12.00

Af[mp] = .25
A totala [mp] = .00

CAPACITATEA SECTIUNII

TAU capabil [kgf/cmp] = 6.530
Q capabil [tf] = 19.591

STADIUL FISURAE

TAU capabil-F[kgf/cmp] = 11.554
Q capabil - F[tf] = 34.662
TAU asociat- F [kgf/cmp] = 3.131
Q asociat - F [tf] = 9.394

STADIUL CURGERE

TAU capabil - C [kgf/cmp] = 5.211
Q capabil - C [tf] = 15.632
TAU asociat - C [kgf/cmp] = 7.423
Q asociat - C [tf] = 22.270

STADIUL ULTIM

TAU capabil - U [kgf/cmp] = 2.625
Q capabil - U [tf] = 7.875
TAU asociat - U [Kgf/cmp] = 7.787
Q asociat - U [tf] = 23.362

Contributii la studiul teoretic al zidariilor consolidate si comparatie cu incercarile
experimentale

Teză de doctorat	Contribuții la perfecționarea soluțiilor de consolidare aplicate clădirilor civile	182
------------------------	---	-----

Element EP4 (tip D)

*****DATE DE INTRARE*****

R2 [kgf/cmp] = 11.47
RC [kgf/cmp] = 76.86
N [kgf] = 45000.00
Epsc/Epsu (n) = .67

Helement[cm] = 120.00

H [cm] = 125.0
B [cm] = 24.0

*****REZULTATE*****

Criteriul de rupere-MQQ :
Ruperea in fisura inclinata
are loc dupa fisurarea din
incovoiere. inainte de curgere.

PSI element = .70
SIGMA [kgf/cmp] = 15.00

Af[mp] = .25
A totala [mp] = .00

CAPACITATEA SECTIUNII

TAU capabil [kgf/cmp] = 7.524
Q capabil [tf] = 22.572

STADIUL FISURAE

TAU capabil-F[kgf/cmp] = 11.616
Q capabil - F[tf] = 34.849
TAU asociat- F [kgf/cmp] = 3.914
Q asociat - F [tf] = 11.742

STADIUL CURGERE

TAU capabil - C [kgf/cmp] = 6.225
Q capabil - C [tf] = 18.676
TAU asociat - C [kgf/cmp] = 8.669
Q asociat - C [tf] = 26.008

STADIUL ULTIM

TAU capabil - U [kgf/cmp] = 3.136
Q capabil - U [tf] = 9.408
TAU asociat - U [Kgf/cmp] = 9.238
Q asociat - U [tf] = 27.715

Contributii la studiul teoretic al zidariilor consolidate si comparatie cu incercarile
experimentale

6.4. Concluzii cu privire la rezultatele obținute

Rezultatele obținute pentru capacitatea portantă la sarcini orizontale a elementelor prin diferite metode de calcul și capacitatea portantă obținută experimental sunt sintetizate în tabelul 6.8 și în graficul din figura 6.14:

Tabelul 6.8

Nr. crt.	Element	Capacitatea portantă la sarcini orizontale			
		Experimental		Conform P2-85	Conform MP001-96
		Element maritor	Element consolidat		
1.	ES – EP(EP1)	12.000	17.000	4.688	11.042
2.	EA2 – EP2	22.000	23.000	6.250	14.330
3.	EA3 – EP3	30.000	34.000	9.375	19.591
4.	EA4 – EP4	32.000	28.000	11.719	22.572

Tabelul este transpus în graficul sugestiv de mai jos:

Capacitatea portantă la sarcini orizontale

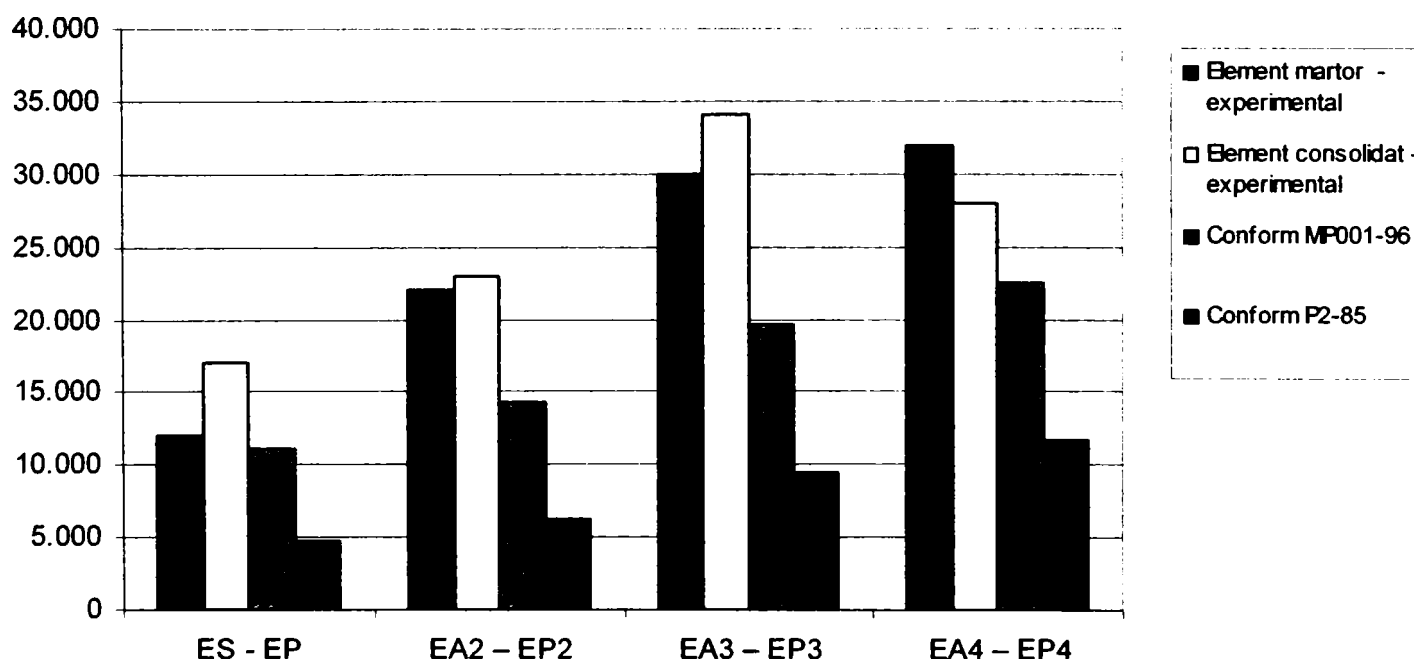


Fig. 6.14. Capacitatea portantă la sarcini orizontale obținută prin diferite metode

În tabelul următor sunt calculate diferențele procentuale obținute prin calcul față de rezultatul încercării experimentale a elementului consolidat, considerat ca bază:

Tabelul 6.9

Nr. crt.	Element	Diferențe procentuale pentru capacitatea portantă la sarcini orizontale obținută prin calcul față de valorile experimentale			
		Experimental		Conform P2-85	Conform MP001-96
		Element martor	Element consolidat		
1.	ES – EP(EP1)	-29 %	±0 %	-72 %	-35 %
2.	EA2 – EP2	-4 %	±0 %	-72 %	-37 %
3.	EA3 – EP3	-11 %	±0 %	-72 %	-42 %
4.	EA4 – EP4	+14 %	±0 %	-58 %	-19 %

Tabelul este transpus în graficul sugestiv de mai jos:

Diferențe procentuale pentru capacitatea portantă la sarcini orizontale

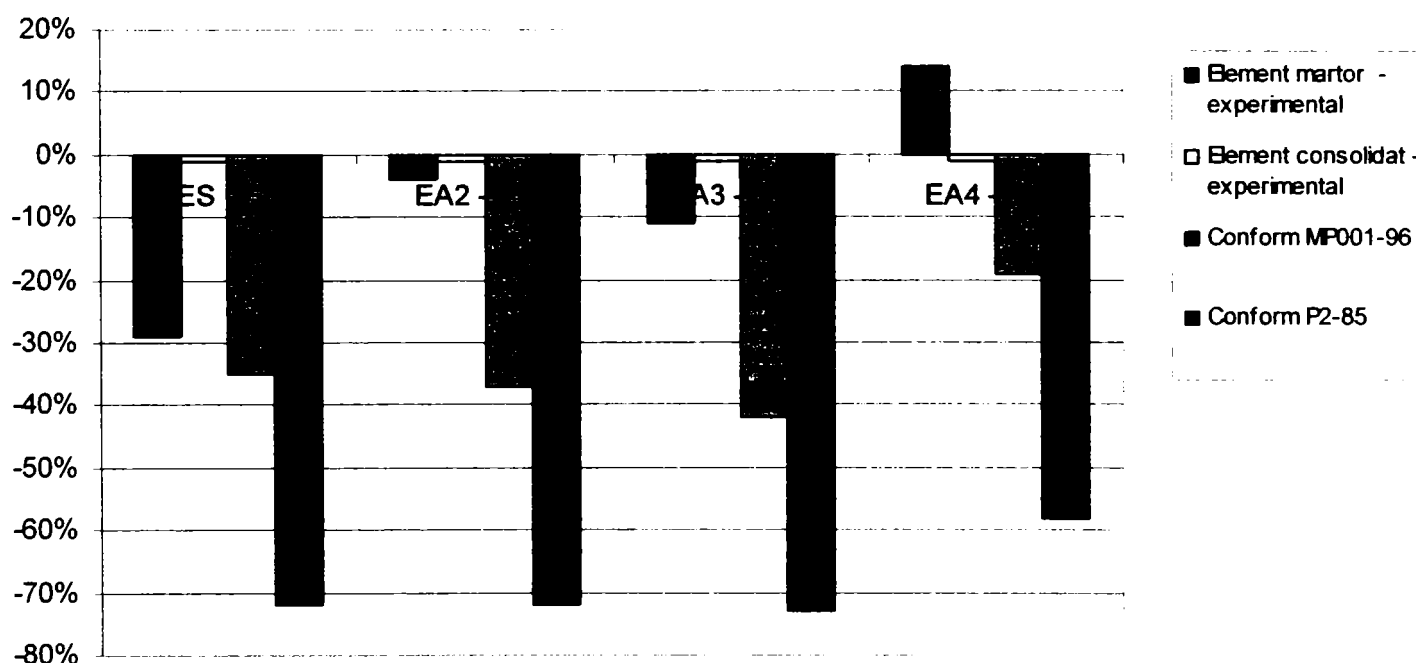


Fig. 6.15. Capacitatea portantă la sarcini orizontale obținută prin diferite metode

În concluzie se poate afirma:

- relațiile de calcul date de normativul P2-85 apreciază capacitatea portantă a diafragmelor de zidărie în **stadiul elastic și sunt depășite din acest punct de vedere.**
- programul Cazin ce funcționează pe baza relațiilor de calcul din MP001-96 prinde comportarea elasto-plastică a zidăriilor și dă rezultate mai exacte, suficiente de apropiate de realitate și acoperitoare. Diferențele provin din subevaluarea rezistenței echivalente la eforturi principale de întindere, aceasta fiind de fapt mai mare decât în cazul initial al peretelui martor.

Contribuții la studiul teoretic al zidăriilor consolidate și comparație cu încercările experimentale

Teză de doctorat	Contribuții la perfecționarea soluțiilor de consolidare aplicate clădirilor civile	185
------------------	--	-----

- criteriile de rupere date de programul CAZIN adică rupere în fisură înclinată după fisurarea din încovoiere și înainte de curgere în toate cele patru cazuri sunt conforme cu realitatea.
- programul CAZIN se poate folosi deci și pentru zidării armate în rost orizontal introducând rezistența la eforturi principale de întindere ca sumă dintre rezistența la întindere a mortarului și rezistența armăturii înmulțită cu coeficientul de armare și pentru zidării consolidate prin cămășuire cu introducerea rezistențelor echivalente determinate cu relațiile de mai sus.

Pentru determinarea rezistenței echivalente la eforturi principale de întindere a zidăriei cămășuite ce se face în funcție de caracteristicile mărcii de mortar ale zidăriei nearmate și a mărcii mortarului din cămășuială, se propune o nouă formulă în care rezistența mortarului din cămășuială să nu fie afectată de coeficientul c_p (coeficient parțial de siguranță ce ține seama de starea fizică (degradarea) mortarului din rosturile zidăriei)

$$R_p^{ZC} = c_p n R_{pZ} + (1 - n) R_{pM} + 0.8 n_a R_a,$$

unde:

R_{pZ} - rezistența la eforturi principale de întindere a zidăriei

R_{pM} - rezistența la eforturi principale de întindere a mortarului din cămășuială

R_a - rezistența la întindere a armăturii

c_p - coeficient parțial de siguranță ce ține seama de starea fizică (degradarea) mortarului din rosturile zidăriei care însă nu se aplică mortarului din cămășuială ;

$$c_p = 0,20 \dots 0,25$$

$$n_a = \frac{A_{a0}}{100}$$

A_{a0} - aria de armătură orizontală uniform distribuită

b - grosimea totală

b_z - grosimea peretelui de zidărie necămășuit

t_m - grosimea strului de tencuială

$b_z = b + t_m$ - pentru perete cămășuit pe o singură față

$b_z = b + 2t_m$ - pentru perete cămășuit pe ambele fețe

Utilizând formula propusă se obțin următoarele rezultate date tot tabelar:

	R_{CZ} [daN/cm ²]	R_{CM} [daN/cm ²]	C_c	b_z [cm]	t_{m1} [cm]	t_{m2} [cm]			
EP	60	268	0,75	24	2,5	2,5	29	0,83	71,90
EP2	68	268	0,75	24	2,5	2,5	29	0,83	76,86
EP3	68	268	0,75	24	2,5	2,5	29	0,83	76,86
EP4	68	268	0,75	24	2,5	2,5	29	0,83	76,86

Contribuții la studiul teoretic al zidărilor consolidate și comparație cu încercările experimentale

	R_{pz} [daN/cm ²]	R_{pM} [daN/cm ²]	R_a [daN/cm ²]	ϕ	b_z [cm]	t_{m1} [cm]	t_{m2} [cm]	A_{s0} [cm ²]				
EP	33	33	4600	0,25	24	25	25	1,96	29	0,83	0,0007	14,95
EP2	41	33	4600	0,25	24	25	25	1,96	29	0,83	0,0007	16,61
EP3	41	33	4600	0,25	24	25	25	1,96	29	0,83	0,0007	16,61
EP4	41	33	4600	0,25	24	25	25	1,26	29	0,83	0,0004	15,74

In consecinta concluziilor de mai sus, se refac calculele cu programul CAZIN pentru noile valori ale rezistențelor la eforturi principale de întindere calculate.

EP1 (tip d)

 *****DATE DE INTRARE*****

R2 [kgf/cmp] = 14.95
 RC [kgf/cmp] = 71.90
 N [kgf] = 18000.00
 Epsc/Epsu (n) = .67

Helement[cm] = 120.00

H [cm] = 125.0
 B [cm] = 24.0

 *****REZULTATE*****

Criteriul de rupere-MQQ :
 Ruperea in fisura inclinata
 are loc dupa fisurarea din
 incovoiere, inainte de curgere.

PSI element = .70
 SIGMA [kgf/cmp] = 6.00

Af[mp] = .25
 A totala [mp] = .00

CAPACITATEA SECTIUNII

TAU capabil [kgf/cmp] = 3.914
 Q capabil [tf] = 11.743

STADIUL FISURAE

TAU capabil-F[kgf/cmp] = 11.798
 Q capabil - F[tf] = 35.395
 TAU asociat- F [kgf/cmp] = 1.566
 Q asociat - F [tf] = 4.697

STADIUL CURGERE

TAU capabil - C [kgf/cmp] = 3.069
 Q capabil - C [tf] = 9.208
 TAU asociat - C [kgf/cmp] = 4.166
 Q asociat - C [tf] = 12.498

STADIUL ULTIM

TAU capabil - U [kgf/cmp] = 1.546
 Q capabil - U [tf] = 4.639
 TAU asociat - U [Kgf/cmp] = 4.263
 Q asociat - U [tf] = 12.790

EP2 (tip d)

 *****DATE DE INTRARE*****

=====

R2 [kgf/cmp] = 16.61
 RC [kgf/cmp] = 76.86
 N [kgf] = 24000.00
 Epsc/Epsu (n)= .67

Helement[cm] = 120.00

H [cm] = 125.0
 B [cm] = 24.0

 *****REZULTATE*****

=====

Criteriul de rupere-MQQ :
 Ruperea in fisura inclinata
 are loc dupa fisurarea din
 incovoiere, inainte de curgere.

=====

PSI element = .70
 SIGMA [kgf/cmp] = 8.00

Af[mp] = .25
 A totala [mp] = .00

=====

CAPACITATEA SECTIUNII

=====

TAU capabil [kgf/cmp] = 5.072
 Q capabil [tf] = 15.215

=====

STADIUL FISURAE

=====

TAU capabil-F[kgf/cmp] = 13.479
 Q capabil - F[tf] = 40.436
 TAU asociat- F [kgf/cmp] = 2.087
 Q asociat - F [tf] = 6.262

=====

STADIUL CURGERE

=====

TAU capabil - C [kgf/cmp] = 4.196
 Q capabil - C [tf] = 12.588
 TAU asociat - C [kgf/cmp] = 5.383
 Q asociat - C [tf] = 16.148

=====

STADIUL ULTIM

=====

TAU capabil - U [kgf/cmp] = 2.114
 Q capabil - U [tf] = 6.342
 TAU asociat - U [Kgf/cmp] = 5.544
 Q asociat - U [tf] = 16.633

=====

Contributii la studiul teoretic al zidariilor consolidate si comparatie cu incercarile experimentale

EP3 (tip d)

*****DATE DE INTRARE*****

R2 [kgf/cmp] = 16.61
RC [kgf/cmp] = 76.86
N [kgf] = 36000.00
Epsc/Epsu (n)= .67

Helement[cm] = 120.00

H [cm] = 125.0
B [cm] = 24.0

*****REZULTATE*****

Criteriul de rupere-MQQ :
Ruperea in fisura inclinata
are loc dupa fisurarea din
incovoiere, inainte de curgere.

PSI element = .70
SIGMA [kgf/cmp] = 12.00

Af[mp] = .25
A totala [mp] = .00

CAPACITATEA SECTIUNII

TAU capabil [kgf/cmp] = 7.037
Q capabil [tf] = 21.110

STADIUL FISURAE

TAU capabil-F[kgf/cmp] = 14.533
Q capabil - F [tf] = 43.599
TAU asociat- F [kgf/cmp] = 3.131
Q asociat - F [tf] = 9.394

STADIUL CURGERE

TAU capabil - C [kgf/cmp] = 6.294
Q capabil - C [tf] = 18.883
TAU asociat - C [kgf/cmp] = 7.423
Q asociat - C [tf] = 22.270

STADIUL ULTIM

TAU capabil - U [kgf/cmp] = 3.171
Q capabil - U [tf] = 9.512
TAU asociat - U [Kgf/cmp] = 7.787
Q asociat - U [tf] = 23.362

Contributii la studiul teoretic al zidariilor consolidate si comparatie cu incercarile
experimentale

Teză de doctorat	Contribuții la perfecționarea soluțiilor de consolidare aplicate clădirilor civile	190
------------------	--	-----

EP4 (tip d)

```

=====
*****
*****DATE DE INTRARE*****
*****
=====
R2 [kgf/cmp] = 15.74
RC [kgf/cmp] = 76.86
N [kgf] = 45000.00
Epsc/Epsu (n)= .67
-----
Helement[cm] = 120.00
-----
H [cm] = 125.0
B [cm] = 24.0
=====
*****
*****REZULTATE*****
*****
=====
Criteriul de rupere-MQQ :
Ruperea in fisura inclinata
are loc dupa fisurarea din
incovoiere, inainte de curgere.
=====
PSI element = .70
SIGMA [kgf/cmp] = 15.00
-----
Af[mp] = .25
A totala [mp] = .00
=====
CAPACITATEA SECTIUNII
=====
TAU capabil [kgf/cmp] = 8.238
Q capabil [tf] = 24.715
=====
STADIUL FISURAE
=====
TAU capabil-F[kgf/cmp] = 14.664
Q capabil - F[tf] = 43.993
TAU asociat- F [kgf/cmp] = 3.914
Q asociat - F [tf] = 11.742
=====
STADIUL CURGERE
=====
TAU capabil - C [kgf/cmp] = 7.598
Q capabil - C [tf] = 22.795
TAU asociat - C [kgf/cmp] = 8.669
Q asociat - C [tf] = 26.008
=====
STADIUL ULTIM
=====
TAU capabil - U [kgf/cmp] = 3.828
Q capabil - U [tf] = 11.483
TAU asociat - U [Kgf/cmp] = 9.238
Q asociat - U [tf] = 27.715
=====

```

Contributii la studiul teoretic al zidariilor consolidate si comparatie cu incercarile experimentale

Comparind capacitatea portantă la sarcini orizontale obținută experimental și cu metoda propusă se constată diferențe mai mici decât în cazul precedent.

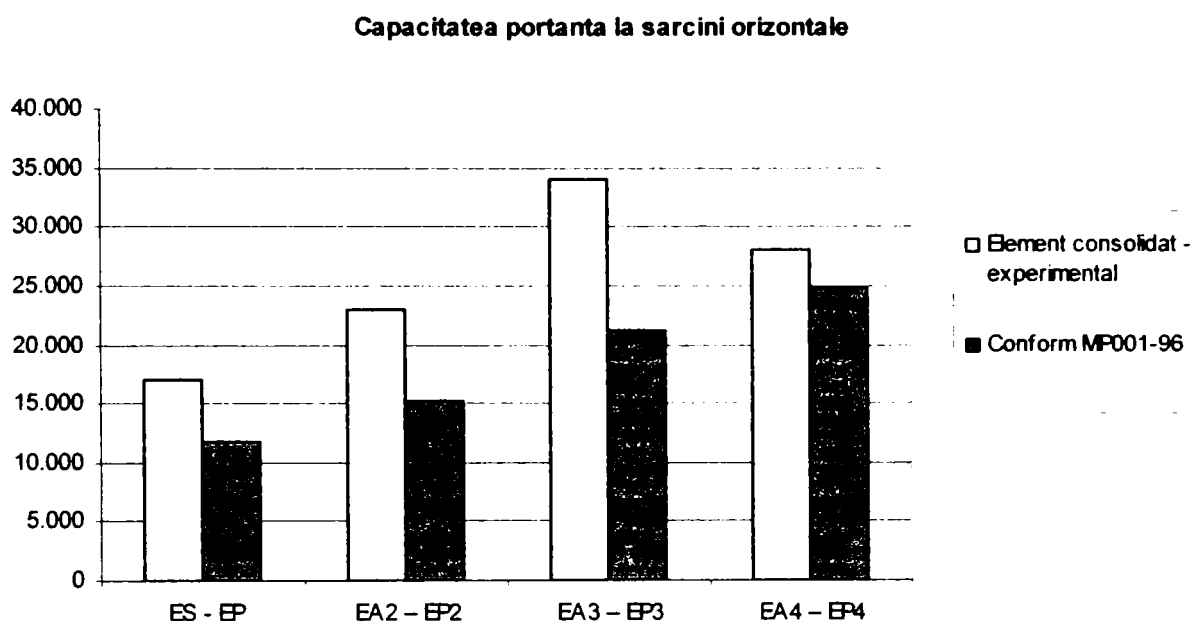


Fig.6.16. Comparatie între capacitatea portantă la sarcini orizontale obținută experimental, respectiv conform MP001-96, cu formula de calcul a rezistenței la eforturi principale de întindere modificată

In concluzia refacerii calculului capacității de rezistență cu relația propusă:

$$R_p^{ZC} = c_p n R_{pZ} + (1-n) R_{pM} + 0.8 n_a R_a,$$

unde:

$$c_p = 0,2-0,25$$

se propune aplicarea valorii coeficientului c_p , -coeficient parțial de siguranță ce ține seama de starea fizică (degradarea) doar componentei ce ține cont de mortarul din rosturile zidăriei, cu valoarea:

$$c_p = 0,25$$

Formula de calcul a rezistenței la eforturi principale de întindere pentru zidăria cămășuită se modifică prin neaplicarea coeficientului c_p la mortarul din cămășuia:

Tabelul 6.10.

Nr. crt.	Element	Diferențe procentuale pentru capacitatea portantă la sarcini orizontale obținută prin calcul față de valorile experimentale cu noua relație de calcul pentru rezistența la eforturi principale de întindere a zidăriei cămășuite	
		Experimental	Conform MP001-96
1.	ES - EP(EP1)	±0 %	-30 %
2.	EA2 - EP2	±0 %	-33 %
3.	EA3 - EP3	±0 %	-37 %
4.	EA4 - EP4	±0 %	-11 %

Teză de doctorat	Contribuții la perfecționarea soluțiilor de consolidare aplicate clădirilor civile	192
------------------	--	-----

Valorile de rupere experimentale comparate cu cele calculate teoretic conform MP001-96,(Program CAZIN 21) cu formula propusă in [48], respectiv cu relatia propusa de autor, pentru calculul rezistenței la eforturi principale de întindere, prezinta diferente procentuale date în tabelele 6.9. si 6.10., valorile situindu-se in intervalul:

- conform [48]-Tabel 6.9., diferente de 19-42%;
- conform relatiei modificate de autor-Tabel 9.10., diferente de 11-37%;
- se constata, prin utilizarea relatiei propusa de autor, o apropiere cu cca. 15% a valorilor calculate teoretic de cele experimentale, fata de relatia propusa in [48];
- abateri de la constatarea de mai sus apar doar la elementul EP4, la care s-a modificat plasa de camasuire de la F5/10 la F4/10, pentru a constata efectul plasei asupra capacitatii de rezistenta;
- o crestere a valori coeficientului parțial de siguranță ce ține seama de starea fizică (degradarea) componentei ce ține cont de mortarul din rosturile zidariei C_p nu este justificata xhiar daca valorile s-ar apropia si mai mult, avind in vedere ca incercarile experimentale s-au realizat monoton crescator intr-un singur sens si nu ciclic alternant, ceea ce ar simula mai fidel o incarcare seismica.

In practica de proiectare a consolidarilor cu plase, calculul capacitatii de rezistenta la starea limita a capacitatii portante se conduce cu rezistente de calcul echivalente.

Teză de doctorat	Contribuții la perfecționarea soluțiilor de consolidare aplicate clădirilor civile	193
------------------	--	-----

CAPITOLUL 7

CONCLUZII FINALE ȘI CONTRIBUȚII PERSONALE

7.1. Concluzii

Teza de doctorat intitulată „**Contribuții la perfecționarea soluțiilor de consolidare aplicate clădirilor civile**” a fost elaborată în cadrul Universității „Politehnica” din Timișoara, Facultatea de Construcții și Arhitectură sub conducerea științifică a domnului Prof. Dr. Ing. Stoian Valeriu

Încercările experimentale au fost efectuate pe platforma Departamentului de Construcții Civile, Industriale și Agricole a Facultății de Construcții și Arhitectură având la bază contracte de cercetare încheiate cu ANSTI și CNCSIS în perioada 1998-2003, și cu societatea belgiană Bekaert, care a subvenționat armaturile utilizate la armarea în rosturi orizontale ale elementelor maritor. Lista contractelor de cercetare este prezentată în bibliografie [27], [77], [78], [79], [80]. La realizarea contractelor au colaborat și alți membri ai Departamentului CCIA, care, indirect au contribuit la elaborarea prezentei lucrări, numele acestora regăsindu-se printre autori în lista bibliografică.

Elementele experimentale maritor au fost încercate, prelucrate și prezentate în lucrarea de doctorat „**Contribuții la alcătuirea și calculul structurilor cu diafragme din zidărie**”, elaborată de ing. Secula Silviu.

Cercetările experimentale și teoretice s-au concretizat atât în rapoarte de cercetare, cât și într-o serie de lucrări științifice publicate în volumele conferințelor interne și internaționale sau în reviste de specialitate [15], [58], [60], [61], [71], [72], [74], [75], [76], [77], [78].

Teza și-a propus să contribuie la studiul soluțiilor de refacere/mărire a capacității de rezistență și a ductilității structurilor cu diafragme din zidărie avariate de o acțiune de tip seism, referindu-se atât la diafragmele din zidărie simplă, cât și la diafragmele din zidărie armată cu armătură în rosturi orizontale.

Utilizarea soluțiilor de cămășuire cu plase sudate a diafragmelor de zidărie avariate dintr-o acțiune seismică reprezintă o soluție comodă, rapidă și simplă tehnologic, fără a pune probleme proiectanților și executanților. De aceea, acestea își merită locul lor de frunte în preocupările cercetătorilor pentru punerea la punct a principiilor de proiectare eficientă și sigură, la elaborarea unei metode de calcul care să modeleze cât mai fidel realitatea comportării diafragmelor consolidate și resolicitate.

În aceeași idee, tendința actuală este de a implementa în România normative și coduri de proiectare noi, aliniat la prevederile normelor europene. Lista acestor normative este prezentată integral în primul capitol al lucrării, prezentându-se și definițiile noțiunilor întâlnite, precum și simbolurile mărimilor.

Capitolul II al tezei este un studiu documentar întocmit în urma studiului a peste 50 de titluri bibliografice privind alcătuirea și calculul structurilor cu diafragme din zidărie portantă. Este important ca structurile din zidărie să fie corect alcătuite atât ca formă și dimensiuni, cât și din punct de vedere al materialelor utilizate. Așa cum s-a arătat, în momentul de față avem

Concluzii finale și contribuții personale

Teză de doctorat	Contribuții la perfecționarea soluțiilor de consolidare aplicate clădirilor civile	194
------------------	--	-----

diferite norme în care sunt prezentate aceste principii de alcătuire ce suferă îmbunătățiri și modificări permanente.

Preocuparea continuă a cercetătorilor este de a găsi metode de proiectare cât mai apropiate de comportarea reală a elementelor consolidate, atât pentru a fi capabile să preia o nouă serie de acțiuni seismice, cât pentru a fi capabile să preia încărcări mai mari impuse de o refuncționalizare a clădirilor.

Tratarea soluțiilor generale sau specifice de consolidare funcție de tipul de solicitare, intensitatea acțiunii respective, tipul de element structural solicitat, recunoscute în literatura de specialitate, nu este însoțită de metode eficiente de proiectare a consolidării respective de modalitatea de determinare a capacității de rezistență după consolidare.

Procedeul armării zidărilor prin cămășuire cu plase de armătură este relativ vechi în Europa și în Statele Unite, dar la noi în țară se întâlnește foarte rar cu toată eficiența lui dovedită. Folosirea zidăriei armate la exterior, ulterior, în străinătate se bazează și pe o documentație bogată privind alcătuirea și comportarea acestui sistem, dar și pe materiale special create, precum armăturile speciale și blocurile de zidărie cu locașuri pentru introducerea acestor armături.

Autorul prezintă o sinteză documentară a diferitelor sisteme de consolidare a elementelor structurale de zidărie întâlnite în lumea întreagă.

Un alt neajuns pentru care utilizarea zidărilor armate ulterior la exterior în scopul consolidării acestora este lipsa specificațiilor normelor referitoare la calcul, mai ales la calculul structurilor amplasate în zone seismice. Se publică în 1996 un Manual de proiectare a structurilor de zidărie foarte vast și cu elemente de calcul precise, dar cu referire doar la structurile din zidărie simplă. Normativele pe cale de a se introduce la noi adaptate la normele europene încearcă să completeze și acest vid, rezolvând parțial calculul structurilor din zidărie armată la interior, dar mai puțin la exteriorul elementelor.

Obiectivul principal al tezei este acela de a pune la punct o metodă de verificare/proiectare a consolidării structurilor din zidărie avariate din acțiuni seismice simplu și accesibil proiectanților, cu o apreciere a gradului de varie prin penalizarea rezistențelor materialelor. Metoda propusă s-a dovedit a da rezultate exacte pe elementele pe care a fost verificată în paralel cu metodele cunoscute. Metoda originală adoptată ține cont de rezistențele reale ale materialelor componente ale zidărilor, făcând comparație cu alte metode clasice de proiectare și prezentându-se precizia metodei și avantajele față de metodele concurente.

Capitolul al V-lea al lucrării este dedicat cercetărilor experimentale privind comportarea unor elemente de tip diafragme de zidărie consolidate și reâncercate la acțiuni verticale și orizontale, simulând acțiunea cutremurului. Obiectivul principal al lucrărilor experimentale îl constituie, pe lângă stabilirea modului de rupere al elementelor experimentale, determinarea forței tăietoare capabile la sarcini orizontale și refacerea deformabilității acestora. În cadrul aceluiași încercări experimentale s-au stabilit și concluzii cu privire la comportarea armăturilor din rosturile orizontale ale zidăriei armate, înregistrând eforturile din armături cu timbre tensiometrice, chiar și în situația când la elementul martor, în fractura/fisura, armătura a curs sau s-a rupt. Se pune astfel în evidență gradul de refacere al continuității diafragmei de zidărie avariata până la rupere dintr-o acțiune anterioară, eficiența dată de refacerea integrală sau parțială a capacității portante la acțiuni orizontale și a rigidității, dar mai ales de evitarea modurilor de rupere casant a diafragmelor din zidărie armată.

Concluzii finale și contribuții personale

Teză de doctorat	Contribuții la perfecționarea soluțiilor de consolidare aplicate clădirilor civile	195
------------------	--	-----

Pentru a completa studiile experimentale cu studii teoretice s-a căutat găsirea celei mai bune metode de calcul teoretic pentru evaluarea capacității portante la sarcini orizontale

a diaframelor de zidărie consolidată cu plase sudate, prin interpretarea rezultatelor experimentale cu metodele de calcul acceptate de norme.

Se studiază cele două metode teoretice cunoscute pentru evaluarea capacității portante la forță orizontală și anume conform normativelor **P2-85 respectiv MP001-96**.

Se constată că relațiile de calcul din MP001-96 dau rezultate foarte apropiate de rezultatele obținute experimental, atât pentru zidăria simplă, cât și pentru zidăria armată ca și la elementele consolidate. Aplicarea relațiilor din MP001 pentru zidăria armată s-a putut face definind zidăria armată ca și o zidărie simplă dar cu rezistențe mai mari, echivalente, mai ales la eforturi principale de întindere.

Pentru introducerea în programele de calcul utilizate a unor date cât mai apropiate de realitate s-a recurs la un alt set de încercări de laborator pe stâlpișori de zidărie, pe mortare și pe armăturile utilizate, stabilindu-se rezistențele de rupere reale pentru aceste materiale.

Studiile experimentale sunt continuate astfel, în capitolul VI, de studii teoretice pe elementele de zidărie încercate.

Numeroasele calcule pentru determinarea capacității portante cu relațiile din MP001 au putut fi efectuate doar cu ajutorul programului „**Cazin31**” și pentru zidăria simplă dar și pentru zidăria armată în rosturi orizontale, respectiv zidăria consolidată cu plase sudate, utilizând rezistențele echivalente ale zidăriei cămășuite.

Elaborarea metodei originale de verificare/dimensionare la sarcini orizontale a diaframelor din zidărie consolidată, se bazează pe contribuția la determinarea unei relații pentru rezistențele echivalente ale zidăriei cămășuite, care să conducă la valori ale forțelor de rupere apropiate de cele experimentale.

Sintetizând concluziile cercetărilor experimentale pe grupuri de elemente, rezultă:

a). Elementele ES-EP1, din zidărie simplă respectiv consolidată după rupere, prezintă elementele comparative:

- după consolidarea cu plase a elementului ES s-a refăcut capacitatea portantă inițială, forța de rupere crescând cu 42% la elementul EP1 față de elementul martor;
- deplasarea la vârf a elementului consolidat EP1 a crescut cu 154%, elementul consolidat devenind mai ductil;
- ruperea a avut loc tot la eforturi principale de întindere, pe traseul de fisură inițială de rupere a elementului de zidărie simplă ES, asociat cu zdrobirea zidăriei în zona comprimată.

b). Elementele EA2-EP2, din zidărie armată respectiv consolidată după rupere, la care forța verticală a fost majorată, prezintă concluziile comparative:

- după consolidarea cu plase a elementului EA2 s-a refăcut capacitatea portantă inițială, forța de rupere crescând cu 9% la elementul EP2 față de EA2;
- deplasarea la vârf a elementului consolidat EP2 a crescut foarte mult față de EA2 și anume cu 188 %, crescând astfel ductilitatea ;
- ruperea a avut loc tot la eforturi principale de întindere, pe traseul de fisură inițială de rupere a elementului de zidărie armată EA2, asociat cu zdrobirea zidăriei în zona comprimată.

Concluzii finale și contribuții personale

Teză de doctorat	Contribuții la perfecționarea soluțiilor de consolidare aplicate clădirilor civile	196
------------------	--	-----

- valoarea maximă a efortului unitar de întindere determinat în armătura din rosturile orizontale a rezultat $\sigma_{a,max}=4053\text{daN/cm}^2$, la elementul EP2, față de elementul EA2 la care armătura s-a rupt în fisură;

c). Elementele EA3-EP3, din zidărie armată respectiv consolidată după rupere, cu creșterea forței verticale față de seria anterioară, prezintă particularitățile :

- după consolidarea cu plase a elementului EA3 s-a refăcut capacitatea portantă inițială, forța de rupere crescând chiar cu 13% la elementul EP3;
- deplasarea la vârf a elementului consolidat EP3 a rezultat aproximativ aceeași cu a elementului martor, EA3.
- ruperea a avut loc tot la eforturi principale de întindere, pe traseul de fisură inițială de rupere a elementului de zidărie armată EA3, asociat cu zdrobirea zidăriei în zona comprimată.
- valoarea maximă determinată pentru efortul unitar din armături este $\sigma=2961\text{daN/cm}^2$ pentru elementul EP3, față de $\sigma=5880\text{ daN/cm}^2$ la elementul EA3, nefiind atinsă limita reală de curgere a armăturii(a se vedea Cap.6);

d). Elementele EA4-EP4, realizate din zidărie armată respectiv consolidată după rupere, cu creșterea forței gravitaționale și păstrarea procentului de armare, dar consolidarea fiind realizată cu plasa $\Phi 4/10$ față de elementele anterioare care s-au consolidat cu plasa $\Phi 5/10$, au caracteristicile comparative:

- după consolidarea cu plase a elementului EA4 s-a refăcut capacitatea portantă inițială în proporție de 87%, forța de rupere scăzând cu 13% la elementul EP4;
- deplasarea la vârf a elementului consolidat a rezultat aproximativ 65% față de elementul martor.
- **ruperea a avut loc tot la eforturi principale de întindere**, pe traseul de fisură inițială de rupere a elementului de zidărie armată EA4, asociat cu zdrobirea zidăriei în zona comprimată.
- valoarea maximă determinată pentru efortul unitar din armături este $\sigma=8715\text{daN/cm}^2$, fiind atinsă limita teoretică de curgere și rupere a armăturii din rosturile orizontale, față de elementul martor la care s-a obținut în armătură un efort unitar de $\sigma=8190\text{aN/cm}^2$.
- s-a constatat deplasarea plaselor pentru consolidare prin deformarea agrafelor de prindere, la ambele elemente;

Sintetizând concluziile comparative ale cercetărilor experimentale și studiilor teoretice, în funcție de metoda teoretică/norma utilizată, rezultă:

- relațiile de calcul date de normativul P2-85 apreciază capacitatea portantă a diafragmelor de zidărie în **stadiul elastic și dau erori mari comparative, din acest punct de vedere.**
- **programul Cazin31** ce funcționează pe baza relațiilor de calcul din **MP001-96** prinde comportarea elasto-plastică a zidărilor și dă rezultate mai exacte, suficient de apropiate de realitate și acoperitoare. Diferențele provin din subevaluarea rezistenței echivalente la eforturi principale de întindere, aceasta fiind de fapt mai mare decât în cazul inițial al peretelui martor.

Concluzii finale și contribuții personale

Teză de doctorat	Contribuții la perfecționarea soluțiilor de consolidare aplicate clădirilor civile	197
------------------	--	-----

- criteriile de rupere date de programul CAZIN 31, adică rupere în fisură înclinată după fisurarea din încovoiere și înainte de curgere în toate cele patru cazuri sunt conforme cu realitatea.
- programul CAZIN 31 se poate folosi deci și pentru zidării armate în rost orizontal introducând rezistența la eforturi principale de întindere ca sumă dintre rezistența la întindere a mortarului și rezistența armăturii înmulțită cu coeficientul de armare, iar pentru zidarii consolidate prin cămășuire cu introducerea rezistențelor echivalente determinate cu relațiile de mai sus.
- **Valorile de rupere experimentale comparate cu cele calculate teoretic conform MP001-96,(Program CAZIN 31) cu formula propusă în [48], respectiv cu relația propusă de autor, pentru calculul rezistenței la eforturi principale de întindere, prezintă diferențe procentuale date în tabelele 6.9. și 6.10., valorile situându-se în intervalul:**
 - conform [48]-Tabel 6.9., diferențe de 19-42%;
 - conform relației modificate de autor-Tabel 9.10., diferențe de 11-37%;
 - se constată, prin utilizarea relației propusă de autor, o apropiere cu cca. 15% a valorilor calculate teoretic de cele experimentale, față de relația propusă în [48];
 - abateri de la constatarea de mai sus apar doar la elementul EP4, la care s-a modificat plasa de cămășuire de la $\Phi 5/10$ la $\Phi 4/10$, pentru a constata efectul plasei asupra capacității de rezistență;
 - o creștere a valorii coeficientului parțial de siguranță ce ține seama de starea fizică (degradarea) componentei ce ține cont de mortarul din rosturile zidăriei C_p nu este justificată, chiar dacă valorile s-ar apropia și mai mult, având în vedere că încercările experimentale s-au realizat monoton crescător într-un singur sens și nu ciclic alternant, ceea ce ar simula mai fidel o încărcare seismică.
 - în practica de proiectare a consolidărilor cu plase, calculul capacității de rezistență la starea limita a capacității portante se conduce cu rezistențe de calcul echivalente.

7.2. Contribuții personale

Din cuprinsul tezei de doctorat se pot desprinde o serie de idei, concluzii și relații de calcul considerate de autor a fi contribuții personale la dezvoltarea cunoașterii structurilor din zidărie, respectiv a **comportării diafragmelor de zidărie consolidate**:

- Elaborarea unei sinteze documentare privind soluțiile de reabilitare a elementelor structurale din zidărie, cu prezentarea cauzelor care generează avarierea acestora Documentarea se extinde la țări din Europa Occidentală și din continentul american utilizând bibliografie obținută prin colaborarea dintre universități și prin deplasări pentru schimburi de experiență;
- Prezentarea unei comparații sintetice între prevederile normelor referitoare la zidării încă valabile și a noilor norme adaptate la normele europene pe cale de implementare;

Concluzii finale și contribuții personale

Teză de doctorat	Contribuții la perfecționarea soluțiilor de consolidare aplicate clădirilor civile	198
------------------	--	-----

- Evidențierea răspunsului structurilor cu diafragme din zidărie la acțiunea seismică și gradul de refacere prin consolidare cu plase a capacității de rezistență și a deformabilității inițiale;
- Efectuarea de încercări de laborator pentru determinarea rezistențelor de rupere ale materialelor ce intră în componența elementelor experimentale, pentru verificarea determinării corecte a rezistențelor echivalente.
- Aplicarea metodelor de calcul specifice zidăriilor simple și armate în rost orizontal la zidăriile consolidate prin cămășuire și compararea cu valorile experimentale,
- Adaptarea relațiilor de calcul cunoscute pentru determinarea analitică a rezistențelor echivalente ale zidăriilor consolidate prin cămășuire în scopul determinării capacității de rezistență a elementelor consolidate cu valori de rupere cât mai apropiate de cele experimentale;
- Elaborarea unei metode de verificare/dimensionare a consolidării diafragmelor izolate din zidărie avariate de sarcini orizontale ce se bazează pe observația că **rezistența mortarului din cămășuială nu trebuie afectată de coeficientul c_p (coeficient parțial de siguranță ce ține seama de starea fizică (degradarea) mortarului din rosturile zidăriei)**, rezultând relația verificată experimental:

$$R_p^{ZC} = c_p n R_{pZ} + (1 - n) R_{pM} + 0.8 n_a R_a,$$

unde c_p – coeficient parțial de siguranță ce ține seama de starea fizică (degradarea) mortarului din rosturile zidăriei:

$$c_p = 0,20 \dots 0,25$$

- Aprecierea valori **coeficient parțial de siguranță la $c_p = 0,25$** ca și un coeficient de “**penalizare**” a rezistențelor echivalente ale unei zidării avariate dintr-o acțiune anterioară, **verificat experimental**, în scopul determinării capacității de rezistență necesare verificării/dimensionării diafragmelor de zidărie consolidate prin cămășuire;

* * *

Ca și perspectivă de continuare a cercetărilor, autorul împreună cu colectivul de cercetare își propune continuarea studiilor teoretice și experimentale pentru alte soluții de consolidare a diafragmelor de zidărie avariate sau în scopul măririi capacității de rezistență a acestora impusă de refuncționalizarea clădirilor.

De asemenea, rezultatele obținute atât experimental cât și teoretic vor fi în continuare publicate în lucrări științifice.

Metoda de verificare/dimensionare a diafragmelor de zidărie avariate și consolidate la încărcări orizontale din seism, prin cămășuire, cu toate componentele ei va fi testată pe cât mai multe exemple și se va căuta să se impună în funcție de rezultatele obținute.

Se dorește în final promovarea metodei originale de verificare a diafragmelor de zidărie consolidate la încărcări orizontale din seism și impunerea acesteia în cadrul unei norme de proiectare și verificare a structurilor din zidărie avariate.

* * *

Concluzii finale și contribuții personale

Teză de doctorat	Contribuții la perfecționarea soluțiilor de consolidare aplicate clădirilor civile	199
------------------	--	-----

BIBLIOGRAFIE

1. ABOUD B. E., HAMID A.A., HARRIS H. G. – Small-Scale of Concrete Masonry Structures, ACI Journal, 1990 ;
2. AGENT R., POSTELNICU T. – Calculul structurilor cu diafragme din beton armat (vol. 1 și 2), București, Ed. Tehnică, 1983 ;
3. BAUS R. – Procèdes generaux de Construction – Notes de Cours – Faculte des sciences Allpique, Ulg. ;
4. BERAR T. – Soluții de consolidare ale elementelor portante din zidărie, referat la Doctorat, Universitatea " Politehnica Timișoara", 2000 ;
5. BERAR T. – Verificarea structurilor din zidărie simplă și complexă, referat la Doctorat, Universitatea " Politehnica Timișoara", 2001;
6. BORGES F., CONSTANHETA M. – Siguranța structurilor, traducere din limba engleză, București, Ed. Tehnică, 1973 ;
7. BOUINEAU A. - Les Maconneries armées dans les joints horizontaux, Annales de l'ITBTP, Paris 1993 ;
8. BRÂNZAN L., BARBAIANI M. – Calculul și alcătuirea structurilor etajate cu diafragme, București, Ed. Tehnică, 1976 ;
9. BRONNIKOV P.I. – Construcții din elemente spațiale, București, Ed. Tehnică, 1983 ;
10. BRULS A. – Bâtiments – Note de Cours – Faculte des sciences Appliquees- Ulg. ;
11. CHEEMA T. S., KLINGNER R. E. – Failure Criteria for Deformed Reinforcement Anchored in Grouted Masonry, ACI Journal, 1985 ;
12. CIORNEI A. – Clădiri – Elemente de construcții, Tipografia I.P. "Gh. Asachi" Iași, 1975
13. CURTIN W. G. - Structural Masonry, Granada, London, 1982 ;
14. DABIJA F.– Structuri de rezistență la clădiri civile, Institutul de Construcții București, 1980 ;
15. DAN D., IANCA S., TUDOR D. - Analiza cu elemente finite a unui element de zidarie portanta, Buletinul Institutului Politehnic Iași, 2001
16. DAN D., SECULA S. – Proceduri de încercări experimentale, Editura Politehnica, 2001;
17. DAN D., SECULA S. – Construcții civile – Elemente de proiectare, Editura Politehnica, 2002 ;
18. DEGEIMBRE, R. – Methode de reparation et de protection, Notes de Cours, Faculte des Science Applique, Ulg. ;
19. DEPARTAMENTUL CCIA – Încercarea elementelor din zidărie ES, EA1, EA2, EA3, EA4, Rezumate ale rapoartelor de cercetare, 1999 – 2002 ;
20. DOTREPPE J. C. - Comportement mecanique d'un nouveau systeme, d'armatures destiné a la maconnerie armée, Annales de l'ITBTP, 1993 ;
21. FOCȘA V. – Construcții civile, vol. II, Inst. Politehnic Iași, 1978 ;
22. GHIOCEL D. – Perfecționarea metodelor actuale de calcul al elementelor structurale la stări limită, Buletinul Științific, Institutul de Construcții București, 1982 ;
23. GHIOCEL D. – Siguranța structurilor, Institutul de Construcții București, 1982 ;
24. GHIOCEL D., LUNGU, D. – Siguranța construcțiilor, Inst. Construcții București, 1973 ;
25. GHIOCEL D., LUNGU D. – Reability of Root Snow Load Assessement, IABSE Symposium, London, 1981 ;

Teză de doctorat	Contribuții la perfecționarea soluțiilor de consolidare aplicate clădirilor civile	200
------------------	--	-----

26. GRUNER I., ROTARU C., FRUNZĂ R. - Curs de clădiri civile, I. P. T. Facultatea de Construcții, 1967 ;
27. IANCA S., TUDOR D., MIREAN R., DAN S.– Studiul comportării structurilor din zidărie portantă armată la solicitări seismice, Grant MTC, 1997 ;
28. IFRIM M. – Dinamica structurilor și inginerie seismică, Ed. Didactică și Pedagogică București, 1981 ;
29. JOLLEY R. – Shear strengt: a predictive tecnique for masonry walls, 1976 ;
30. MAZILU P. – Rezistența materialelor, Note de curs (litografiat), Instiutul de Construcții București, 1983 ;
31. MAZZOLANI F. M., MANDARA A., - Methods and Tehnologies for the Refurbishment of Constructions, Report from the Seminar Tempus Project, 1994 ;
32. MĂRȘU O., FRIEDRICH R. – Construcții din beton armat, București, Ed. Didactică și pedagogică, 1980 ;
33. MIHAI D., BERAR T. – Construcții civile, industriale și agricole – Editura Mirton, 2002 ;
34. MIHĂESCU A. - Curs de construcții civile, Tipografia IP Traian Vuia, Timișoara, 1985 ;
35. MIHĂESCU A., TUDOR D., STOIAN V.– Construcții civile – Exemple de proiectare, Inst. Politehnic Timișoara, 1983 ;
36. MITTAG M., 1967 – Practique de la construction des batiments, Paris, Ed. Eyrolles ;
37. MORARU S. – Comportarea construcțiilor la seism, Editura tehnică, București, 1989 ;
38. NEGOIȚĂ A. – Aplicații ale ingineriei seismice, Editura Tehnică, 1988 ;
39. NEGOIȚĂ A. – Construcții civile, București, Ed. Didactică și Pedagogică, 1976 ;
40. PEȘTIȘANU C. - Construcții civile, industriale și agricole, Editura Didactică și Pedagogică, București, 1981 ;
41. PEȘTIȘANU C. – Construcții, București, Ed. Didactică și Pedagogică, 1979 ;
42. PFEFFERMANN O. - Maconnerie portante, Kluwer Editorial , 1999 ;
43. PFEFFERMANN O., BATY P. – La Maconnerie Armee, Recherches, calcul, mise en oeuvre, Bruxelles 1980 ;
44. PFEFFERMANN O., BATY P. – Maconnerie Armee, Compte rendu d'etude de recherche no 26, 1981 ;
45. PFEFFERMANN O., VAN HOORICK B. – MORFOR, Calculation according to EC6
46. PLUMIER A. – Pathologie et reparations structurelles des constructions, Note de Cours, Universite de Liege, France, 1994 ;
47. POLIACOV V., FALEVICI V.V. – Construcții de zidărie, Gostroiizdat, Moskva, 1960 ;
48. POPESCU GH., POPESCU RODICA. – Rezistența elementelor structurale din zidarie, Revista Constructii civile si instalatii, 2003 ;
49. POPESCU RODICA, POPESCU GH. – Manual de proiectare a clădirilor cu pereți portanți din zidărie nearmată (simplă), contract IPCT S.A.- M.L.P.A.T. nr.936/1995, colaborator: Em. Țițaru ;
50. POPESCU GH., POPESCU RODICA – Studiu privind modelarea structurilor realizate din pereți structurali din zidărie armată, contracte IPCT S.A. – M.C.T. nr. 310/A13/1995 ; nr.271/B/B9/1996 și nr. 153/A16/1997, colaborator: Em. Țițaru ;
51. POPESCU GH., POPESCU RODICA – Ghid pentru elaborarea expertizelor tehnice conform P100-92 (revizuit iunie 1996) și stabilirea soluțiilor de intervenție pentru clădirile unicat, importante, realizate înainte de anul 1940, cu sistemul structural din pereți structurali din zidărie nearmată (simplă). Metodologie generală, contract IPCT S.A.- M.L.P.A.T. nr.1189/1996, colaborator: Em. Țițaru ;

Teză de doctorat	Contribuții la perfecționarea soluțiilor de consolidare aplicate clădirilor civile	201
------------------	--	-----

52. POPESCU GH., POPESCU RODICA –Cercetări teoretice privind calculul structurilor din zidărie amplasate în zone cu risc seismic ridicat, în vederea armonizării cu prescripțiile internaționale similare – Studiu comparativ asupra comportării elementelor structurale din zidărie, cu geometrii complexe, alcătuite din materiale uzuale, contract IPCT S.A.-A.M.C.S.I.T. nr. 246/1999/132/2000, Faza 3, colaborator: Craifaleanu Andrei ;
53. RADU A., VEREȘ AL. – Construcții civile, partea I, Institutul Politehnic Iași, 1985 ;
54. RADU M., SARDINO R., 1970 – Clădiri, vol. I-II, Inst. Politehnic Iași, 1986 ;
55. ROSSI P.P., Determination experimentale des caracteristigues mecaniques des maçonneries dans Restauration des ouvrages et des structures – Presses de l'Ecole Nationale des Ponts et Chaussées, ISBN2-85978-057-2, 1983 ;
56. SCHING P. B., SCHULLER M., HOSKERE V. S., CARTER E.- In-Plane Resistance of Reinforced Masonry Shear Walls, Journal of Structural Engineering, 1990 ;
57. SCHING P. B., SCHULLER M., HOSKERE V. S., CARTER E. – Flexural and Shear Response of Reinforced Masonry Walls, ACI Journal, 1990 ;
58. SECULA S. – Comparație între valorile experimentale și teoretice pentru capacitatea de rezistență la forțe orizontale a diafragmelor din zidărie, Zilele Academice Timișene, Editura "Mirton", Timișoara, 2003 ;
59. SECULA S. – Contribuții la alcătuirea și calculul structurilor cu diafragme din zidărie, Teză de doctorat, Universitatea Politehnică Timișoara, 2003 ;
60. SECULA S., L, FEKETE-NAGY, TUDOR D. – Experimentaly Research Concerning Reinforced Masonry Elements, Buletinul Științific al Universității „Politehnica” din Timișoara, 2002 ;
61. SECULA S., TUDOR D. – Influența încărcărilor gravitaționale asupra capacității de rezistență la forțe orizontale ale diafragmelor din zidărie, Zilele Academice Timișene, Editura "Mirton", Timișoara, 2003 ;
62. SIMONICI M. – Structuri și materiale moderne pentru pereți, București, C.D.C.A.S., 1975 ;
63. SOROUSHIAN P., OBASEKI K., CHOI K. B., - Nonlinear Modeling and Seismic Analysis of Masonry Shear Walls, Journal of Structural Engineering, 1988 ;
64. STOIAN V., CLIPII T. – Proiectarea asistată de calculator, Tipografia U.T.T., Facultatea de construcții, Timișoara, 1995 ;
65. STOIAN V., FRIEDRICH R., Biograf – Programde calcul biografic neliniar al elementelor compuse oțel beton în starea plană de tensiune ;
66. SUTER G. T., FENTON G. A. – Flexural Capacity of Reinforced Masonry Members, ACI Journal, 1986 ;
67. TASSIOS P. T. – Meccanica delle murature, Liguori Editure, 1996 ;
68. TASSIOS P. T. – Interaction diagrammes for reinforced and unreinforced masonry, CIB Symposium, Warsaw, 1984 ;
69. TRELEA A. – Tehnologia construcțiilor, București, Ed. Didactică și Pedagogică, 1975 ;
70. TUDOR D. – Curs de reabilitare a zidărilor. Master – Reabilitarea construcțiilor, Facultatea de Construcții a Universității Politehnice Timișoara
71. TUDOR D. – Structuri cu diafragme din zidărie armată. Alcătuire și avantajele utilizării în zone seismice, Zilele Academice Timișene, Editura "Mirton", Timișoara, 1996 ;
72. TUDOR D. - Studiu comparativ al normelor EC6, EC8 și P2-85, privind structurile din zidărie, Zilele Academice Timișene, Editura "Mirton", Timișoara, 1996 ;

Teză de doctorat	Contribuții la perfecționarea soluțiilor de consolidare aplicate clădirilor civile	202
------------------	--	-----

73. TUDOR D., STOIAN V., 1980 – Construcții civile, vol. I, pentru subingineri, Timișoara, Inst. Politehnic. ;
74. TUDOR D., IANCA S., SECULA S., DAN D. – Cercetări experimentale privind eficiența armării diafragmelor din zidărie, Zilele Academice Timișene, Editura "Mirton", Timișoara, 2001;
75. TUDOR D., BERAR T., DAN D., SECULA S., - Consolidarea cu plase sudate a unei zidării avariate, Zilele Academice Timișene, Editura "Mirton", Timișoara, 2001 ;
76. TUDOR D., SECULA S., BERAR T., LUTE M., - Studii experimentale privind consolidarea zidărilor portante, Zilele Academice Timișene, Editura "Mirton", Timișoara, 2003;
77. TUDOR D., SECULA S s.a. - Incercari experimentale pe elemente din zidarie armata, Raport de cercetare, Studiebureau B.T.C.Belgia, 2000 ;
78. TUDOR D., SECULA S ș.a.- Incercarea unui element de zidarie consolidata cu plase sudate, Raport de cercetare, Studiebureau B.T.C.Belgia, 2000 ;
79. TUDOR D., SECULA S s.a. - Cercetari privind comportarea diafragmelor din zidarie armata la incarcari seismice, Raport de cercetare grant CNCSIS, 2001 ;
80. TUDOR D., SECULA S s.a. - Cercetari privind comportarea diafragmelor din zidarie armata la incarcari seismice, Raport de cercetare grant CNCSIS, 2002 ;
81. WAGNER, M. - Fissuration de maçonnerie – dans Pathologie du Bâtiment – Travaux de gros oeuvres – Cours Conference nr. 40 – Publication 1985/1611/41 du Centre Scientifique et Technique de la Construction, CSTC-Belgique ;
82. * * * - STAS 457-86 - Cărămizi ceramice pline ;
83. * * * - STAS 456-73 - Cărămizi de construcție din argilă arsă. Reguli și metode pentru verificarea calității ;
84. * * * - SR EN 679:1996 - Determinarea rezistenței la compresiune a betonului celular autoclavizat ;
85. * * * - STAS 1030-85 - Mortare de zidărie și tencuială. Clasificare și condiții tehnice ;
86. * * * - STAS 2643-80 - Mortare obișnuite pentru zidărie și tencuială. Metode de încercare ;
87. * * * - STAS 5089-71 - Produse din piatră naturală pentru construcții. Terminologie.
88. * * * - STAS 5185/1-86 - Cărămizi și blocuri ceramice cu goluri verticale. Condiții tehnice de calitate ;
89. * * * - STAS 5185/2-86 - Cărămizi și blocuri ceramice cu goluri verticale. Forme și dimensiuni ;
90. * * * - STAS 6029-89 - Blocuri mici din beton cu agregate ușoare ;
91. * * * - STAS 6200/2-81- Piatră naturală pentru construcții.Prescripții generale pentru încercări mecanice ;
92. * * * - STAS 8560-86 - Blocuri ceramice cu goluri orizontale ;
93. * * * - STAS 10833-80 - Beton celular atoclavizat. Elemente nearmate ;
94. * * * - SR EN 10088 - Oțeluri inoxidabile ;
95. * * * - STAS 10100/0-75- Principii de verificare a sigurantei constructiilor ;
96. * * * - STAS 10101/0-75- Acțiuni in constructii. Clasificarea si gruparea acțiunilor ;
97. * * * - STAS 10101/1-78- Acțiuni in constructii. Greutati tehnice si incarcari permanente;
98. * * * - STAS 10101/2-75- Acțiuni in constructii. Incarcari datorita procesului de exploatare ;
99. * * * - STAS 10101/0A-77- Acțiuni in constructii. Clasificarea si gruparea acțiunilor pentru constructii civile si industriale ;

Bibliografie

Teză de doctorat	Contribuții la perfecționarea soluțiilor de consolidare aplicate clădirilor civile	203
------------------	--	-----

100. * * * - STAS 10101/2A1-87- Acțiuni în construcții. Încărcări tehnologice din exploatare pentru construcții civile, industriale și agrozootehnice ;
101. * * * - STAS 10101/20-90 - Acțiuni în construcții. Încărcări date de vânt ;
102. * * * - STAS 10101/21-92 - Acțiuni în construcții. Încărcări date de zăpadă ;
103. * * * - STAS 10101/23-75 - Acțiuni în construcții. Încărcări date de temperatura exterioară ;
104. * * * - STAS 10101/23A-78 - Acțiuni în construcții. Încărcări date de temperaturi exterioare în construcții civile și industriale ;
105. * * * - STAS 10107/0-90 - Calculul și alcătuirea elementelor structurale din beton, beton armat și beton precomprimat ;
106. * * * - STAS 10107/1-90 - Planșee din beton armat și beton precomprimat. Prescripții generale de proiectare ;
107. * * * - STAS 10107/2-92 - Planșee curente din plăci și grinzi din beton armat și beton precomprimat. Prescripții de calcul și alcătuire ;
108. * * * - STAS 10107/3-90 - Planșee cu nervuri dese din beton armat și beton precomprimat. Prescripții de proiectare ;
109. * * * - STAS 10107/4-90 - Planșee casetate din beton armat. Prescripții de proiectare ;
110. * * * - STAS 10104/83 - Construcții din zidărie. Prevederi fundamentale pentru calculul elementelor structurale ;
111. * * * - STAS 10109/1-82 - Lucrări de zidărie. Calculul și alcătuirea elementelor ;
112. * * * - C 14/1-94 - Ghid pentru utilizarea blocurilor mici de zidărie din beton cu agregate grele, BZG 290x240x188 mm (B.C.nr. 11/94) ;
113. * * * - C 17-82 - Instrucțiuni tehnice privind compoziția și prepararea mortarelor de zidărie și tencuială (B.C. nr.1/83; 4/85;6/88) ;
114. * * * - NE 012-99 - Cod de practică pentru executarea lucrărilor din beton, beton armat și beton precomprimat. Partea A: Beton și beton armat (B.C. nr.8,9,10/99) ;
115. * * * - ST 009-96 - Specificație tehnică privind cerințe și criteriile de performanță pentru produse din oțel utilizate ca armături în structuri din beton (B.C. nr.11.97) ;
116. * * * - CR6 - Cod de proiectare și execuție a structurilor din zidărie – prevederi pentru proiectare, comentarii pe articole, exemple de calcul ;
117. * * * - MP 001-96 - Manual de proiectare a clădirilor cu pereți portanți din zidărie simplă ;
118. * * * - P2-85 - Normativ privind alcătuirea, calculul și executarea structurilor din zidărie ;
119. * * * - CR 2-11 - Cod de practică pentru executarea lucrărilor din beton, beton armat și beton precomprimat. Partea A: Beton și beton armat” ;
120. * * * - ST 009-96 - Specificație tehnică privind cerințe și criteriile de performanță pentru produsele din oțel utilizate ca armături în structuri din beton ;
121. * * * - P100-92 - Normativ pentru proiectarea antisismică a construcțiilor de locuințe, social – culturale, agrozootehnice și industriale ;
122. * * * - P100-2003 – Cod de proiectare seismică a construcțiilor (anteproiect) ;
123. * * * - prEN 1990 – EUROCODE 0 – Bazele proiectării structurilor ;
124. * * * - prEN 1991 – EUROCODE 1 - Acțiuni în construcții ;
125. * * * - prEN 1992-1 – EUROCODE 2 – Proiectarea structurilor din beton ;
126. * * * - prEN 1996-1-1 – EUROCODE 6 - Proiectarea structurilor din zidărie – Reguli generale pentru structuri din zidărie (simplă) nearmată și din zidărie armată ;
127. * * * - prEN 1998-1 – EUROCODE 8 - Proiectarea structurilor la acțiuni seismice ;

Bibliografie

Teză de doctorat	Contribuții la perfecționarea soluțiilor de consolidare aplicate clădirilor civile	204
------------------	--	-----

128. * * * - EN 1998-2 - Mortare de uz general cu compoziție prescrisă ;
129. * * * - EN 771-1 - Corpuri de zidărie ceramice ;
130. * * * - EN 771-2 - Corpuri de zidărie din silico-calcar ;
131. * * * - EN 771-3 - Corpuri de zidărie din beton (cu agregate obișnuite sau ușoare) ;
132. * * * - EN 771-4 - Corpuri de zidărie din beton celular autoclavizat ;
133. * * * - EN 771-5 - Corpuri de zidărie din piatră artificială ;
134. * * * - EN 771-6 - Corpuri de zidărie din piatră cioplită ;
135. * * * - EN 1052-1 - Determinarea rezistențelor la compresiune ale zidăriei ;
136. * * * - EN 1052-3 - Determinarea rezistențelor la forfecare ale zidăriei ;
137. * * * - prEN 1052-5 - Determinarea rezistențelor de aderență la încovoiere ;
138. * * * - EN 1015-11 - Determinarea rezistențelor la compresiune ale zidăriei ;
139. * * * - DIN 1053, Teil 3, 1995 ;
140. * * * - ACI, Manual of Concrete Practice, Part 5, Masonry, 1997 ;
141. * * * - C.E.B., Manual – Securite des construction, Concepts generaux, Bul. d'inf., 1974-1975 ;
142. * * * - Les revetements de façade en pierre mince – Pathologie du bâtiment – Pierre et Marbre – Cours conference nr.42, CSTC – Publication 1985/0611/45 ;
143. * * * - Pathologie du Bâtiment – Travaux de Vitrierie – Cours Conference nr. 45, CSTC Publication 1985/0611/51 ;
144. * * * - Seminar sur la refection des bâtiments, vol. I, II, Projet de Cooperation avec l'Universite Tehnique, La Municipalite les Entreprises de Timișoara, Ecole Polytechnique de Montreal, sept. 1995 .

Bibliografie
