



A III –a Sesiune Științifică
CIB 2007
15 - 16 Noiembrie 2007, Brașov

**VERIFICAREA PE CALE EXPERIMENTALĂ A UNOR SOLUȚII
PRACTICE DE REABILITARE STRUCTURALĂ**

**EXPERIMENTAL INSPECTION OF PRACTICAL SOLUTIONS OF
STRUCTURAL REHABILITATION**

Ioan TUNS¹, Petru RĂPIȘCĂ², Nicolae FLOREA³, Paraschiva MIZGAN⁴

¹Universitatea „Transilvania” Brașov, Facultatea de Construcții

² Universitatea „Transilvania” Brașov, Facultatea de Construcții

³ Universitatea Tehnică „Gh. Asachi” Iași,, Facultatea de Construcții și Arhitectură

⁴Universitatea „Transilvania” Brașov, Facultatea de Construcții

Summary

The seismic action incurs additional stress conditions over the structures as compared to the ones caused by the normal operation of the building.

It is the case of a building of ground floor type intended for warehouse for which the action of the earthquake of 1986 highlighted the cracking of supporting elements such as short brackets, located at the upper part of the reinforced concrete pillars or at the lower part of the longitudinal beams.

The experiment aimed at the evaluation of the level of restoration of the carrying capacity in the metallic version of consolidation.

Key words: rigid metallic box, carrying capacity, short bracket, cracks opening.

1. INTRODUCERE

1.1 Prezentarea generală a degradărilor înregistrate

Magazia B este o clădire tip parter, de formă dreptunghiulară, având în plan dimensiunile 54 x 132 m, cu rost de dilatație - tasare între axele XI și XII, ca în fig. 3.19 și o înălțime liberă de 6 m la nivelul tirantului fermei de acoperiș.

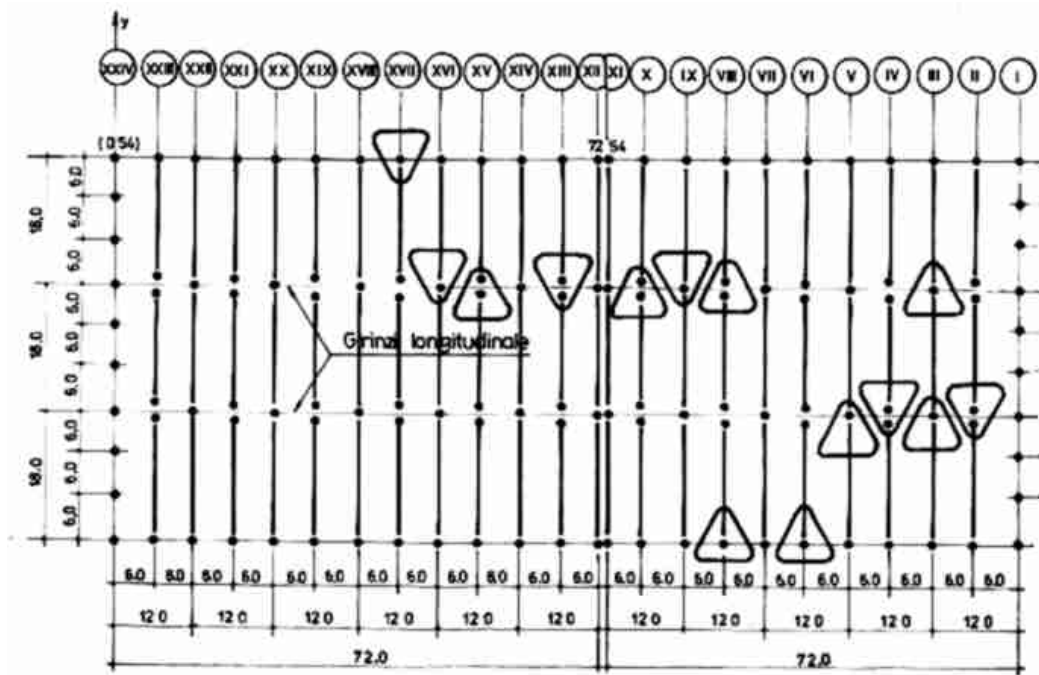


Fig. 1. Magazia "B" – Dispunerea în plan a cadrelor și poziția zonelor degradate.

Structura de rezistență este formată din cadre transversale prefabricate cu trei deschideri a 18 m fiecare, dispuse în lungul halei la o distanță de 12 m interax (fig. 1, 2).

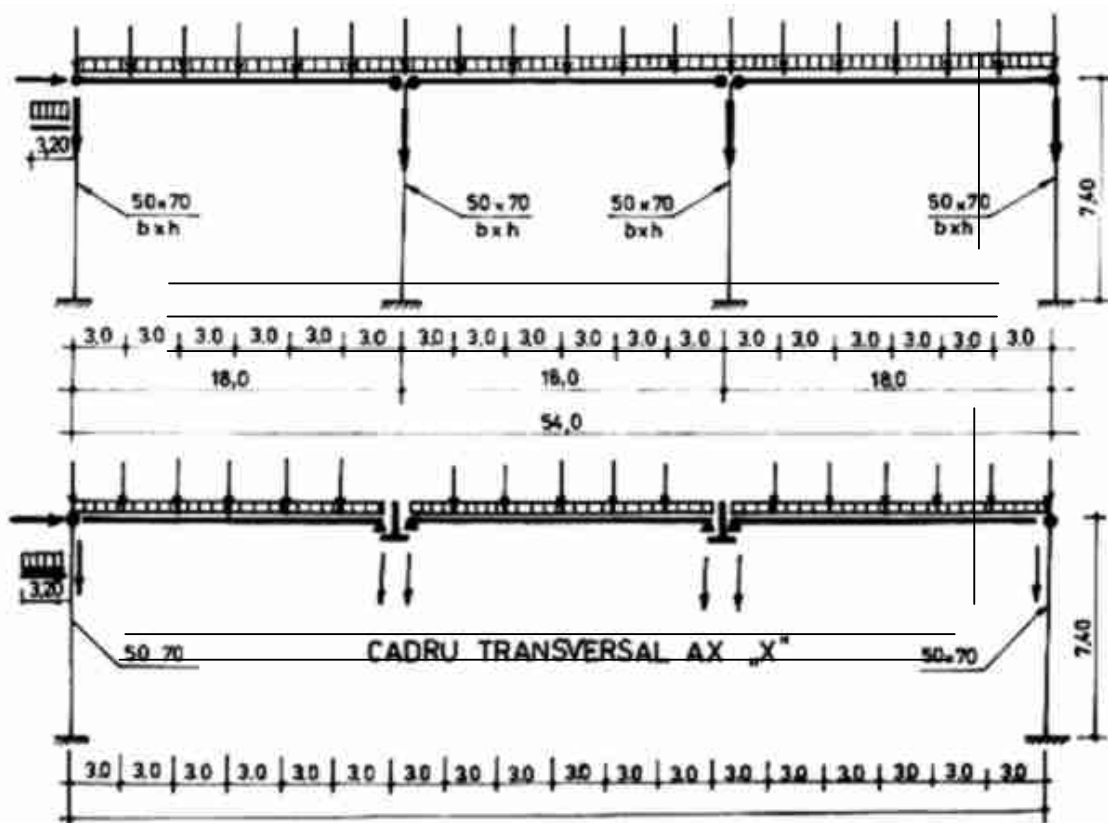


Fig. 2. Magazia "B" – Tipuri de cadre transversale.

Cadrele transversale sunt constituite din stâlpi de beton armat cu secțiune constantă și ferme din beton precomprimat (tip F18 – 15), rezemând pe capul stâlpilor prin intermediul unor console scurte (fig. 3).

În sens longitudinal, cadrele transversale sunt rigidizate cu ajutorul unor grinzi jug cu inimă plină ce reazemă pe șirurile interioare de stâlpi ca în fig. 2.

Grinzile longitudinale sunt prevăzute în câmp cu console dispuse la partea inferioară a grinzii și servesc la rezemarea unor ferme precomprimate de același tip (F18 – 15) ca și cele din axul stâlpilor (fig. 1, 4).

În urma cutremurului din august 1986, s-a semnalat fisurarea unor console, dispuse atât pe capul stâlpului cât și pe înălțimea grinzii jug, la partea inferioară a acesteia (fig. 3, 4).

Forma de prezentare a fisurilor pe console este specifică acțiunii forței tăietoare, pornind de la partea superioară a consolei (din zona de reazem a fermei), înclinat la aproximativ 45° și ajungând la partea inferioară a consolei spre exterior.

Acest mod de prezentare a fisurilor este comun pentru toate consolele, indiferent de poziția lor în plan și indiferent dacă consolele sunt poziționate pe capul stâlpilor sau la partea inferioară a grinzii jug.

Fisurile semnalate sunt în număr de una până la trei pe fiecare ramură a consolei.

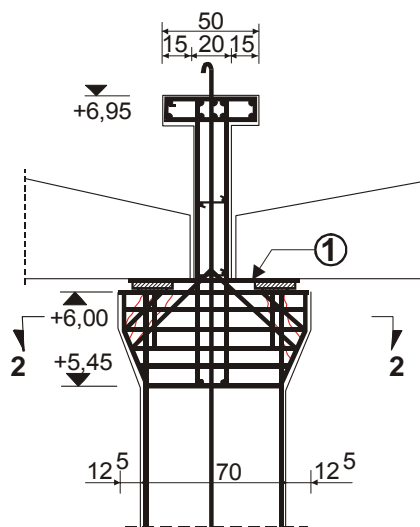


Fig. 3 – Magazia „B”

Consolă de capăt stâlp curent central. Detaliu alcătuire consolă, poziționare traseu fisură.

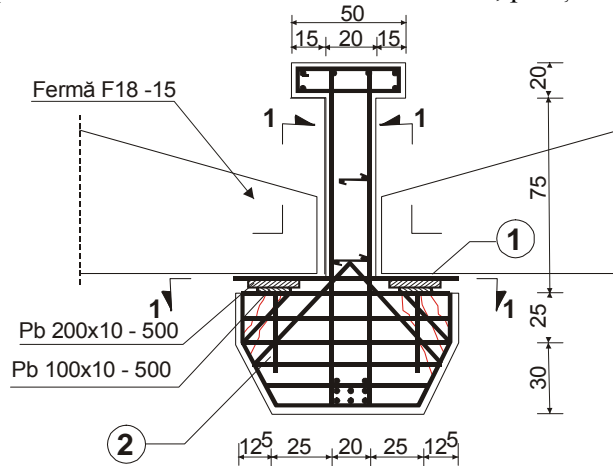


Fig. 4. Magazia “B”

Consolă dispusă pe grinda jug. Detaliu alcătuire consolă, poziționare traseu fisură.

1.2. Factorii ce au favorizat starea de degradare

Analiza consolelor avariate, a scos în evidență un complex de factori care au favorizat degradarea acestora prin fisurare [1], cum ar fi:

- a. fisurile din contracția betonului, în zona de contact consolă monolită – grindă prefabricată;
- b. starea de solicitare defavorabilă a grinzii jug, datorită rezemării fermei de acoperiș pe consola scurtă dispusă la partea inferioară a acesteia;
- c. reducerea suprafeței de contact consolă-fermă, prin amplasarea plăcuțelor metalice de la partea superioară a consolei, neînglobate în beton, ci la suprafața acestuia (fig. 3.22, 3.23);
- d. completarea spațiului rămas liber între partea inferioară a capului fermei de acoperiș și partea superioară a consolei, cu ajutorul șipcilor din lemn, în locul fâșiilor din cauciuc prevăzute prin proiect;
- e. carbonatarea betonului de protecție a armăturii consolelor;

1.3. Analiza stării de degradare

Procedeele folosite pentru analiza stării de degradare au constat în [1]:

- examinarea vizuală a stării și aspectului betonului de protecție a armăturilor;
- examinarea vizuală a stării armăturii și betonului în zonele cu defecte;
- constatări asupra dimensiunilor geometrice ale consolelor;
- determinarea adâncimii de dezcalcinizare a betonului prin tratare cu soluție de fenolftaleină;
- efectuarea de sondaje în stratul de acoperire cu beton, până la suprafața armăturii în zonele fisurate sau cu defecte.

Aspectele rezultate în urma investigațiilor sunt prezentate în cele ce urmează:

a) Realizarea consolelor din capul stâlpilor între cotele +5,45 m și +6,00 m, trebuiau făcute conform detaliilor de execuție (fig. 3) odată cu realizarea monolită a grinzii longitudinale.

În realitate însă, grinda longitudinală s-a preturnat la sol pe tronsoane de 12 m, care s-au monolitizat odată cu turnarea betonului în consolă și nu pe lungimea totală de 24 m (monolit), așa cum era prevăzut în proiect.

În acest fel, prin sudarea armăturilor de legătură din grindă, s-a degradat calitatea betonului din capătul acesteia pe o anumită adâncime datorită efectului termic, poluând astfel suprafața de contact.

La suprafața de contact dintre betonul proaspăt și cel întărit, apar inițial prefisuri, care trec apoi în fisuri.

Acest fenomen se produce ca urmare a carbonatării superficiale a suprafeței betonului vechi, a impurităților de la suprafața prefabricatului, dar și a fenomenului de contracție ce acționează distructiv asupra zonei de legătură.

În acest fel se grăbește degradarea betonului și apariția fisurii în zona de contact dintre betonul vechi și cel proaspăt, favorizând accesul spre armătură a umidității și a agenților corozivi.

b) Amplasarea consolelor de reazem a fermelor de acoperiș, la partea inferioară a inimii grinzii jug, determină o stare de solicitare defavorabilă pentru grindă.

Sunt puține studii privind comportarea grinzilor din beton armat atunci când forțele își exercită acțiunea în alte poziții decât la talpa superioară.

Cercetările efectuate în acest sens, [2] nu au putut evidenția și explica cu destulă precizie modificările ce apar atunci când forțele își exercită acțiunea asupra grinzii în alte poziții decât la nivelul tălpii superioare. Ele au permis desprinderea unor concluzii interesante privind formarea și dezvoltarea fisurilor, precum și faptul că, rezerva de rezistență este influențată în mare măsură de poziția forțelor pe înălțimea grinzii.

Cercetările experimentale au evidențiat faptul că, acțiunea forțelor la talpa superioară a grinzii prin intermediul unor plăcuțe înglobate, determină apariția unor eforturi unitare de compresiune (σ_y), care întârzie dezvoltarea fisurilor în stadiul de rupere.

Acțiunea încărcărilor la talpa inferioară a grinzii, determină apariția unor concentrări locale de eforturi, dezavantajoasă pentru comportarea grinzii în ansamblu, iar pentru evitarea unor cedări locale trebuie luate o serie de măsuri constructive. Acțiunea forțelor la talpa inferioară a grinzii, determină eforturi unitare de întindere σ_y , care măresc eforturile principale σ_1 , ce favorizează apariția și dezvoltarea fisurilor, în special a celor înclinate [2].

Când forțele acționează grinda la partea superioară prin intermediul unor console laterale, capacitatea de rezistență scade datorită influenței eforturilor unitare σ_y (din încovoierea consolelor scurte) asupra eforturilor principale σ_1 [2].

Tabloul formării și dezvoltării fisurilor pentru o grindă acționată de încărcări situate la partea superioară [2], evidențiază următoarele aspecte:

- fisurile normale apar și se dezvoltă într-un mod relativ ordonat, la distanțe de circa 10 cm, indiferent de valoarea raportului a/h ;
- fisurile înclinate se dezvoltă dintr-o fisură normală, numărul acestora crescând odată cu deschiderea de forfecare;

Dacă grinda este acționată de forțe situate la talpa inferioară, tabloul formării și dezvoltării fisurilor arată că:

- fisurile normale sunt concentrate în vecinătatea punctelor de aplicație a forțelor, la distanțe de circa (20 – 30) cm și se caracterizează prin faptul că în fazele premergătoare ruperii nu se mai dezvoltă nici ca deschidere, nici ca lungime;
- în secțiunea înclinată apare în general o singură fisură, care pătrunde mult în zona de moment constant, devenind aproape orizontală la intrarea în talpa superioară, marcând tendința de smulgere a inimii din talpă;
- odată cu dezvoltarea fisurii înclinate, apar și fisuri orizontale la nivelul legăturii inimii cu talpa inferioară, caracterul acestora fiind influențat în mare măsură de modul de dispunere a armăturii.

Se remarcă o tendință accentuată de desprindere a tălpii de inimă, atunci când armătura longitudinală este concentrată în talpa inferioară și o reducere a acestei tendințe prin folosirea etrierilor oblici sau închiși suprapuși, precum și a armăturilor înclinate.

Modul de cedare a grinzilor în ambele situații de acționare a forțelor, este influențat în mare măsură de raportul a/h , ruperea producându-se prin forfecare.

Capacitatea de rezistență a grinzilor acționate la talpa inferioară, s-a dovedit a fi mult mai scăzută, decât atunci când grinda este acționată la talpa superioară.

Chiar și atunci când grinda este acționată la talpa superioară, dar prin intermediul unor console scurte, capacitatea de rezistență a acesteia se reduce cu (5 – 10)% față de situația grinzilor acționate direct pe talpa superioară.

c,d) Atât plăcuțele metalice din ferme, cât și cele din console nu sunt înglobate în beton, ci la suprafața acestuia. Spațiul rămas liber se soluționează în proiect prin completare cu fâșii de cauciuc, iar în realitate s-au pus șipci din lemn.

Prin acest mod de asigurare a rezemării fermei pe consolă, care este în dezacord cu principiul transmiterii raționale a încărcărilor între elementele unei structuri de rezistență, apar concentrări semnificative de tensiuni în betonul consolei. Această stare de solicitare defavorabilă a consolei determinată de poziționarea la suprafața betonului a plăcuțelor metalice de contact și de transmitere a încărcărilor de la fermă la consolă, pe o suprafață mai restrânsă, favorizează producerea fenomenului de compresiune locală în betonul consolei.

e) Carbonatarea stratului de beton din console, s-a produs pe o grosime de (15 – 20) mm, depășind uneori armăturile, lipsindu-le astfel de protecția necesară în cazul acțiunii directe a mediului coroziv. Existența în interiorul magaziei “B” a unui climat cu temperatură relativ constantă, umiditate redusă și lipsa surselor poluante, nu a condus la corозиunea electro-chimică a armăturii nici chiar în zonele fisurate ale consolelor. Chiar dacă nu s-au observat fisuri și microzone

cu exfolieri pe suprafața consolelor, procesul de dezalcalinizare a betonului este destul de avansat, cu posibilitatea producerii coroziunii armăturii, prin crearea unui mediu coroziv favorabil acestui proces.

2. STADIUL EXPERIMENTAL PRIVIND NIVELUL REFACERII CAPACITĂȚII PORTANTE A ELEMENTELOR DEGRADATE CU AJUTORUL CUTIILOR METALICE RIGIDE

2.1. Descrierea soluțiilor proiectate de reabilitare a elementelor degradate

În situația prezentată la punctul 1, s-au propus în urma expertizării tehnice două soluții de refacere a capacității portante [1]:

- prin îmbrăcarea consolelor stâlpilor într-o cămașă de beton armat;
- prin închiderea consolelor avariate în cutii metalice rigide ancorate de elementele structurale.

Având în vedere faptul că magazia la care s-au înregistrat degradările prezentate, era în exploatare, s-a ales varianta a doua de consolidare deoarece conduce la durată minimă de execuție, nu este necesară decât dezafectarea locală, se realizează cu hala în exploatare, iar consolidarea realizată intră în lucru imediat, fără a fi necesari timpi tehnologici de așteptare.

Soluția de consolidare, prin închiderea consolelor în cutii metalice rigide, s-a propus pentru fiecare tip de consolă în două variante, în funcție de nivelul de prindere a cutiei de elementele structurale [1].

În cele ce urmează se va prezenta doar soluția de consolidare a consolei de capăt aparținând unui stâlp marginal.

2.1.1. Consolidare consolă de capăt avariata la un stâlp marginal

Varianta I-a [1], presupune ancorarea cutiei metalice de armăturile longitudinale ale stâlpului (în prealabil dezvelite) prin intermediul unui colier metalic, realizat din profile cornier. Pentru aceasta se îndepărtează stratul de beton de acoperire al armăturilor din stâlp pe o porțiune de cca. 40 cm sub partea de jos a vutei. După dezvelirea barelor de rezistență din stâlp, se sudează de o parte și alta a acestora câte două cupoane din oțel beton de același diametru cu cel al barelor dezvelite.

De aceste cupoane se fixează prin sudură, pe fiecare latură a stâlpului câte un profil cornier, reperatele ① și ②, ce constituie reazem pentru semicutiile metalice alcătuite prin asamblarea prin sudură a reperelor ③, ④, ⑤, (fig. 5).

Semicutiile asamblate la sol și așezate pe colierul metalic se fixează suplimentar prin intermediul a patru buloane, reperul ⑦ (fig. 5, 6).

În spațiul rămas între pereții cutiei metalice și fețele laterale ale consolei se toarnă beton cu sort mărunț, după ce în prealabil suprafețele laterale ale consolei s-au pregătit în mod corespunzător, iar porțiunea de stâlp dezvelită de betonul de protecție s-a îmbrăcat cu etrieri suplimentari dispuși la o distanță de maximum 10 cm.

După întărirea microbetonului turnat se strâng puternic piulițele de la buloanele ⑦, pentru crearea unei stări de compresiune ridicată în betonul turnat. Apoi se fixează definitiv prin sudură pereții laterali ai cutiei metalice de colierul de reazem, rezultând situația din fig. 6.

Această variantă prezintă avantajul că atât colierul de reazem cât și semicutiile metalice se confecționează la sol, reducându-se astfel volumul lucrărilor executate la înălțime.

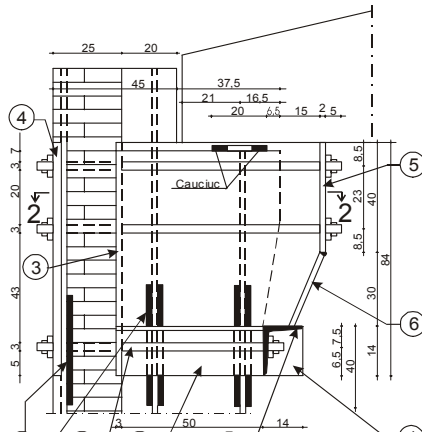


Figura 5. Detaliu consolidare consolă avariată, a unui stâlp marginal. Varianta I-a – Vedere laterală.

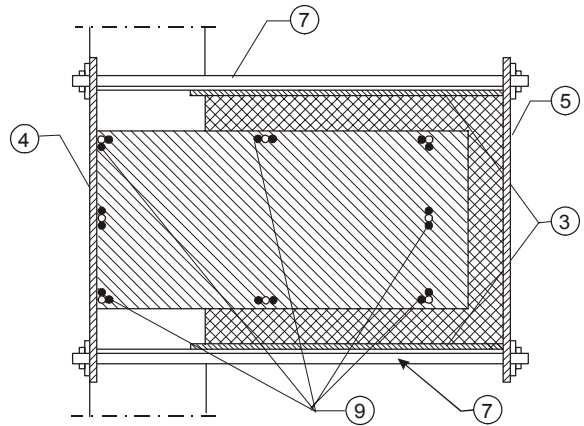


Figura 6. Detaliu consolidare consolă avariată, a unui stâlp marginal. Varianta I-a – Secțiune orizontală

În varianta a II-a [1], semicutia metalică este ancorată prin intermediul buloanelor ② de talpa superioară a fermei de acoperiș.

Buloanele de ancorare ② a semicutiei metalice, se fixează de placa de bază ⑥ dispusă la partea de jos a consolei și de placa metalică ③ așezată prin intermediul unui mortar de egalizare pe talpa superioară a fermei de acoperiș.

Pereții laterali ai semicutiei metalice realizați la sol prin sudarea reperelor ④, ⑦, se așează pe placa de jos (realizată din reperele ⑥, ⑧), fixată în prealabil în peretele de zidărie și talpa de sus a fermei. Suplimentar aceasta se ancorează de stâlp cu ajutorul buloanelor orizontale ① (fig. 7, 8).

Spațiul rămas liber între părțile laterale ale consolei și pereții semicutiei metalice se umple cu microbeton (fig. 8), iar după întărirea acestuia se strâng puternic piulițele buloanelor ① orizontale. Apoi se sudează părțile laterale ale semicutiei de placa de bază a acesteia (fig. 7).

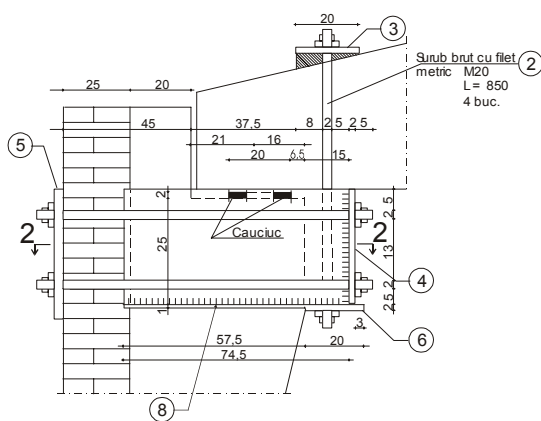


Figura 7. Detaliu consolidare consolă avariată, a unui stâlp marginal. Vedere laterală

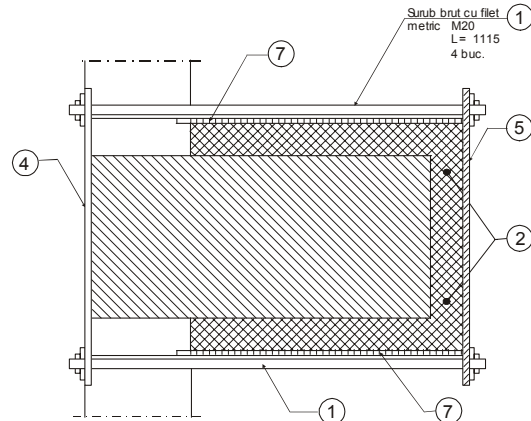


Figura 8. Detaliu consolidare consolă avariată, a unui stâlp marginal. Secțiune orizontală după betonare.

2.2. Comportarea consolelor experimentale reabilitate cu ajutorul cutiilor metalice rigide

Programul experimental s-a desfășurat în trei etape de lucru, conținutul fiecărei etape fiind descris în continuare.

Etapa de lucru nr. 1

Încercarea modelelor experimentale, în număr de 6 (șase), având forma și dimensiunile din fig. 9, dintre care 3 (trei) modele până la rupere și 3 (trei) modele până la valoarea sarcinii verticale de 30 tf.

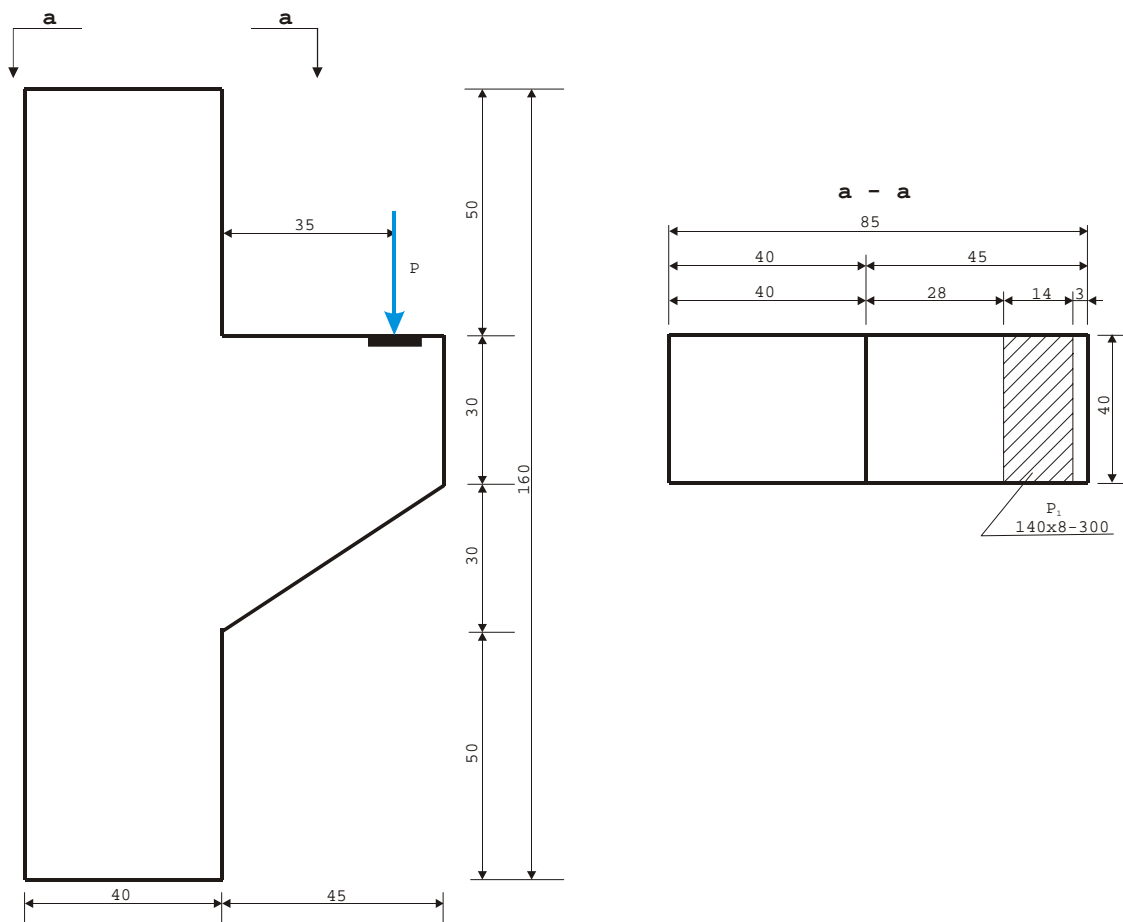


Fig. 9. Forma și dimensiunile geometrice ale elementelor experimentale

Etapa de lucru nr. 2

Consolidarea prin îmbrăcare în cutii metalice rigide a consolelor încercate în prima etapă de lucru până la 30 tf.

Etapa de lucru nr. 3

Încercarea până la rupere a modelelor experimentale consolidate în etapa de lucru nr. 2.

a. Console experimentale încercate până la rupere

Pentru consolele CS 1-1, CS 1-2, CS 1-3 (încercate până la rupere), cedarea acestora s-a produs la o forță de 48 tf în cazul consolelor CS 1-2, CS 1-3 și de 50 tf în cazul consolei CS 1-1.

b. Console experimentale încercate până la 30 tf

În această variantă de încercare, sarcina maximă s-a limitat la 30 tf, când s-a remarcat apariția pe fețele laterale ale consolelor a unui număr de una, două sau trei fisuri.

c. Comportarea la sarcini verticale a consolelor experimentale reabilitate prin îmbrăcarea acestora în cutii metalice rigide.

Ansamblul experimental pregătit pentru încercare arată ca în fig. 10.



Fig. 10. Ansamblu experimental pregătit pentru încercare
 Modul de realizare a consolidării și executarea confecției metalice s-a făcut în concordanță cu
 datele și prescripțiile tehnice existente în literatura de specialități [3], [4], [5].
 Detalii privind realizarea consolidării în varianta metalică sunt prezentate în fig. 11.

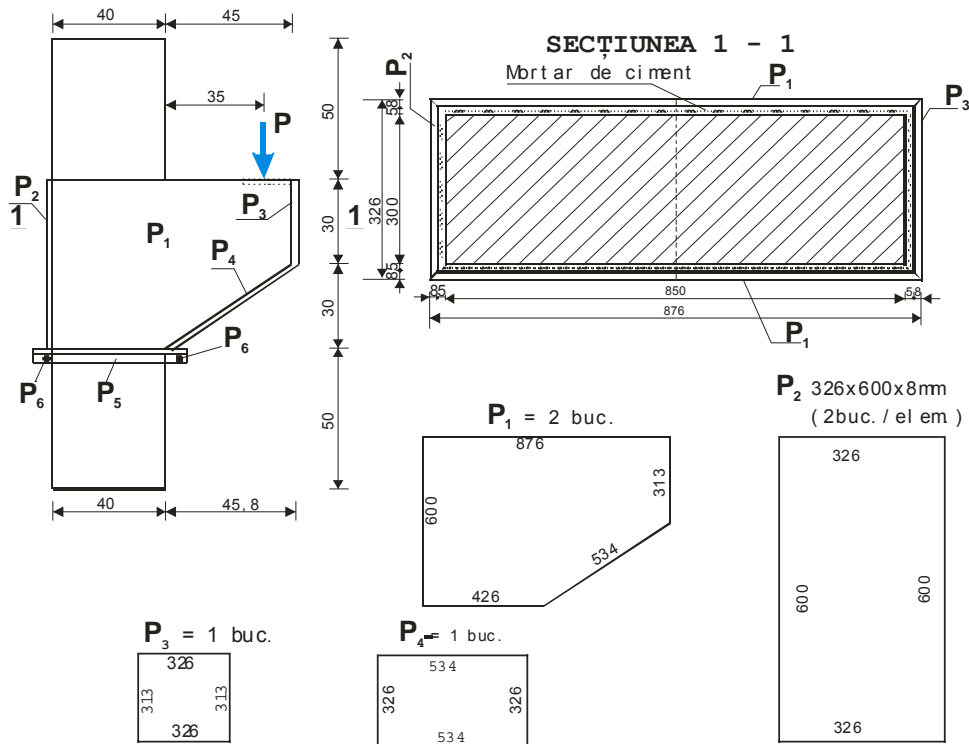


Fig. 11. Elemente experimentale consolidate în varianta metalică
 Vedere laterală – Secțiuni - Detalii

Modul de comportare sub acțiunea sarcinilor verticale a consolelor experimentale, arată că:

- la valori ale sarcinii verticale de (10-15) tf, se înregistrează primele pocnete ușoare înfundate, care se vor repeta și la alte trepte de încărcare;
- prima fisură se observă pentru toate elementele încercate pe muchia de legătură a feței orizontale a consolei cu stâlpul (fig. 12, 13), la o valoare a sarcinii verticale de 30 tf;
- pentru alte valori mai mari ale sarcinii verticale, fisura orizontală se dezvoltă în lungime și își mărește progresiv deschiderea;
- la valoarea sarcinii verticale de 45 tf pentru CS 2-1 și de 50 tf pentru CS 2-2, CS 2-3, se constată apariția pe fața superioară a consolei a celei de-a doua fisură, situată între prima și placa metalică de reazem (fig. 13);
- apariția fisurii după conturul cutiei metalice (partea de sus) este vizibilă la valori ale sarcinii verticale cuprinse între (50÷60)tf;
- rotirea cutiei metalice față de partea superioară a peretelui din spate, ca urmare a deformării acestuia pe această zonă, este remarcată la valoarea sarcinii verticale de 55 tf pentru CS 2-1, 60 tf pentru CS 2-2 și de 65 tf pentru CS 2-3.



Fig. 12. Fisură în zona de legătură a feței orizontale a consolei cu stâlpul

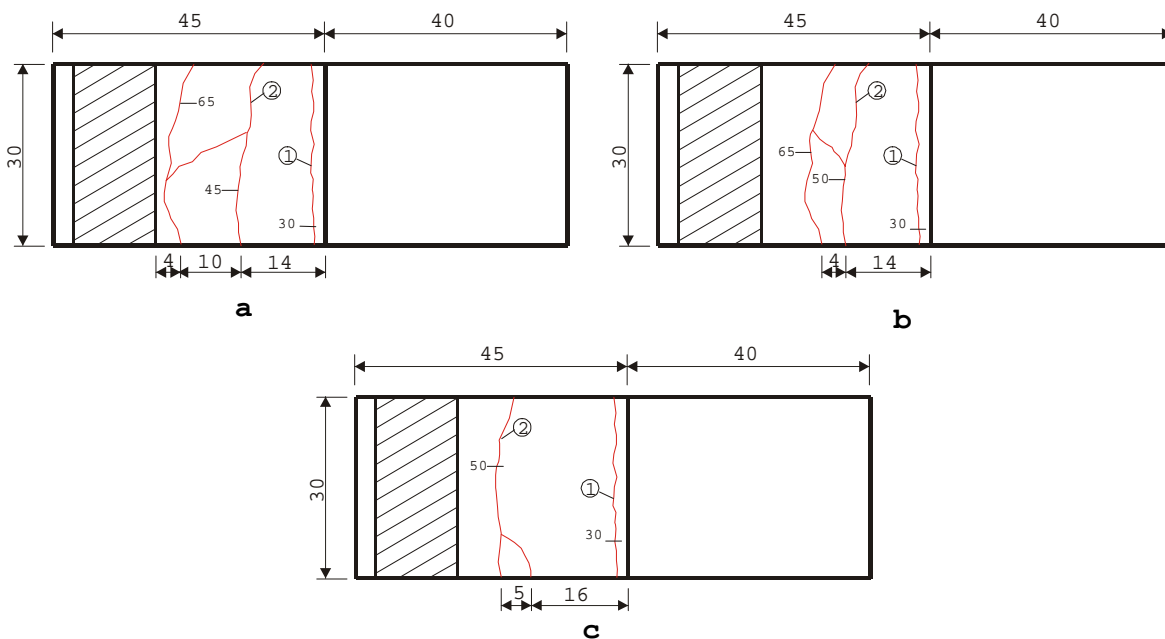


Fig. 13. Releveu fisuri pe fața orizontală a consolelor
a – consola CS 2-1; **b** – consola CS 2-2; **c** – consola CS 2-3

Cedarea consolelor experimentale consolidate în varianta metalică, s-a produs la valoarea sarcinii verticale de 70 tf, pentru CS 2-1, 72 tf pentru CS 2-2 și 74 tf pentru CS 2-3, prin:

- deschiderea pronunțată a fisurii ① din zona de legătură a feței orizontale a consolei cu stâlpul (fig. 13);
- deschiderea, dezvoltarea în lungime și ramificarea fisurii nr. ② (fig. 13);
- deformarea pronunțată a părții superioare a peretelui din spate a cutiei metalice (parte spate stâlp) și cedarea pe această zonă a cordoanelor de sudură.

În ceea ce privește nivelul de refacere a capacității portante notat „ n_{RCP} ”, a rezultat în această variantă de consolidare o creștere a acestuia cu 46% peste nivelul inițial de capacitate portantă, astfel:

$$n_{RCP} = \frac{\text{Sarcina (medie) capabilă elem. consolidate}}{\text{Sarcina (medie) capabilă elem. neconsolidate}} = \frac{72\text{tf}}{49,3\text{tf}} \approx 1,46$$

3. CONCLUZII

În cazul elementelor consolidate în varianta metalică rezultatele experimentale obținute, indică o creștere a capacității portante cu cca. 46% față de varianta corespunzătoare elementelor neconsolidate.

Se remarcă și în acest caz rolul benefic pe care îl are cămașa metalică rigidă asupra creșterii capacității portante și a ductilității elementelor consolidate, comparativ cu aceleași caracteristici corespunzătoare elementelor neconsolidate.

În urma calculului economic efectuat, a rezultat că, varianta de consolidare prin „cutie metalică rigidă”, conduce la un preț de cost/consolă mai mare cu cca. 40% decât varianta „cămașă rigidă de beton armat”.

BIBLIOGRAFIE

- [1]. MIHUL A., FLOREA N. - Expertiza tehnică și soluții de recondiționare a structurii de rezistență a depozitelor B și C afectate de seism. (Contract nr. 9663/1987).
- [2]. PATRAȘ M., MIHUL A., COROBCEANU S., FLOREA N., CUCIURENU A. – “Considerații privind influența poziției forței asupra comportării elementelor de beton armat solicitate la încovoiere”, Buletinul Institutului Politehnic Iași, tomul XIX (XXIII), fasc. 3 –4, 1973, Secția V, Construcții, Arhitectură.
- [3]. ***STAS 10108/0-78: Construcții civile industriale și agricole. Calculul elementelor din oțel.
- [4]. DALBAN C., JUDCAN N., ȘERBESCU C., VARGA A., DIMA S. - Construcții metalice, Editura Didactică și Pedagogică București, Ediția a II-a.
- [5]. DALBAN C., JUNCAN M., VARGA AL. - Construcții metalice, Editura Didactică și Pedagogică, București.
- [6]. TUNS I. – Teza de doctorat „STUDIUL CONSOLELOR SCURTE DIN BETON ARMAT”, Universitatea Tehnică „Gh. Asachi” Iași, Facultatea de Construcții și Arhitectură, Iași 2003.

