

6.

SOLUȚII NOI PENTRU REABILITAREA CONSTRUCȚIILOR EXISTENTE

Expertizarea și reabilitarea construcțiilor reprezintă o problemă de maximă actualitate pentru specialiștii în domeniu din majoritatea țărilor. Problemele de ordin tehnic care apar la reabilitarea diferitelor tipuri de construcții sunt foarte complexe și dificil de rezolvat.

Optimizarea soluțiilor tehnice conduce la implicații semnificative de ordin economic și social, fapt pentru care fiecare tip de structură trebuie să fie analizată separat, neexistând soluții universal valabile. În continuare sunt prezentate câteva soluții de reabilitare a unor construcții de diferite tipuri din Timișoara, prin care se evidențiază importanța găsirii unor soluții corespunzătoare din punct de vedere tehnic și cu implicații materiale și arhitecturale minime.

6.1. Construcție industrială cu structura în cadre de beton armat

Concluziile capitolului anterior - Capitolul 5 - privind expertizarea clădirii halei de fierbere de la Fabrica de Bere "Timișoreana" S.A. din Timișoara, au indicat necesitatea rezolvării problemelor structurale existente. În acest scop s-au proiectat remedierile / consolidările necesare, lucrări care s-au executat până la ora actuală.

Problemele structurale existente au fost de două categorii:

- a) degradări observate la grinzile GG6', GG8 și GG11 și stâlpul SB3 prin corodarea puternică a armăturii de rezistență;
- b) la cadrul longitudinal ax B-B stâlpii SB3, SB4 și SB5 nu sunt asigurați din punct de vedere antiseismic.

Denumirea elementelor structurale amintite este cea din capitolul 5 (vezi Figura 5.2).

Soluțiile de remediere / consolidare alese pentru elementele de rezistență degradate au urmărit:

- nemodificarea pe cât posibil a rigidității elementelor consolidate în scopul păstrării distribuției și raportului dintre eforturile care caracterizează structura inițială;
- realizarea unor lucrări care să se caracterizeze prin rapiditate în execuție, costuri reduse și nederanjarea, pe cât posibil, a procesului tehnologic specific halei;
- obținerea unei siguranțe în exploatare și a unei durabilități adecvate clasei de importanță a construcției.

Beneficiarul lucrărilor a optat pentru soluțiile de consolidare / remediere folosind betonul armat, prezentate în continuare.

6.1.1. Grinzile secundare

Soluțiile de remediere / consolidare care se prezintă se referă la grinzile secundare GG6' și GG8.

Soluția de consolidare cu beton armat constă în folosirea unor armături noi ($4\phi 25$) care se plasează la partea inferioară a grinzii. Barele noi, suplimentare, se sudează la capete de armăturile vechi, pe cel puțin 100 mm, iar pe interval, contactul cu armăturile existente se realizează prin intermediul unor cupoane de armătură, sudate atât de armătura existentă cât și de cea nouă. Acoperirea noilor armături se va realiza printr-un beton adecvat (agregat cu diametrul maxim 16 mm) care urmează a se aplica prin torcretare. În cazul când nu se dispune de aparatul de torcretare, se poate aplica stratul de protecție de beton prin turnare într-un cofraj special, montat la partea inferioară a grinzii, betonul având o consistență corespunzătoare.

Detaliile de execuție sunt prezentate în Figura 6.1, fiind similare pentru grinzile GG6' și GG8.

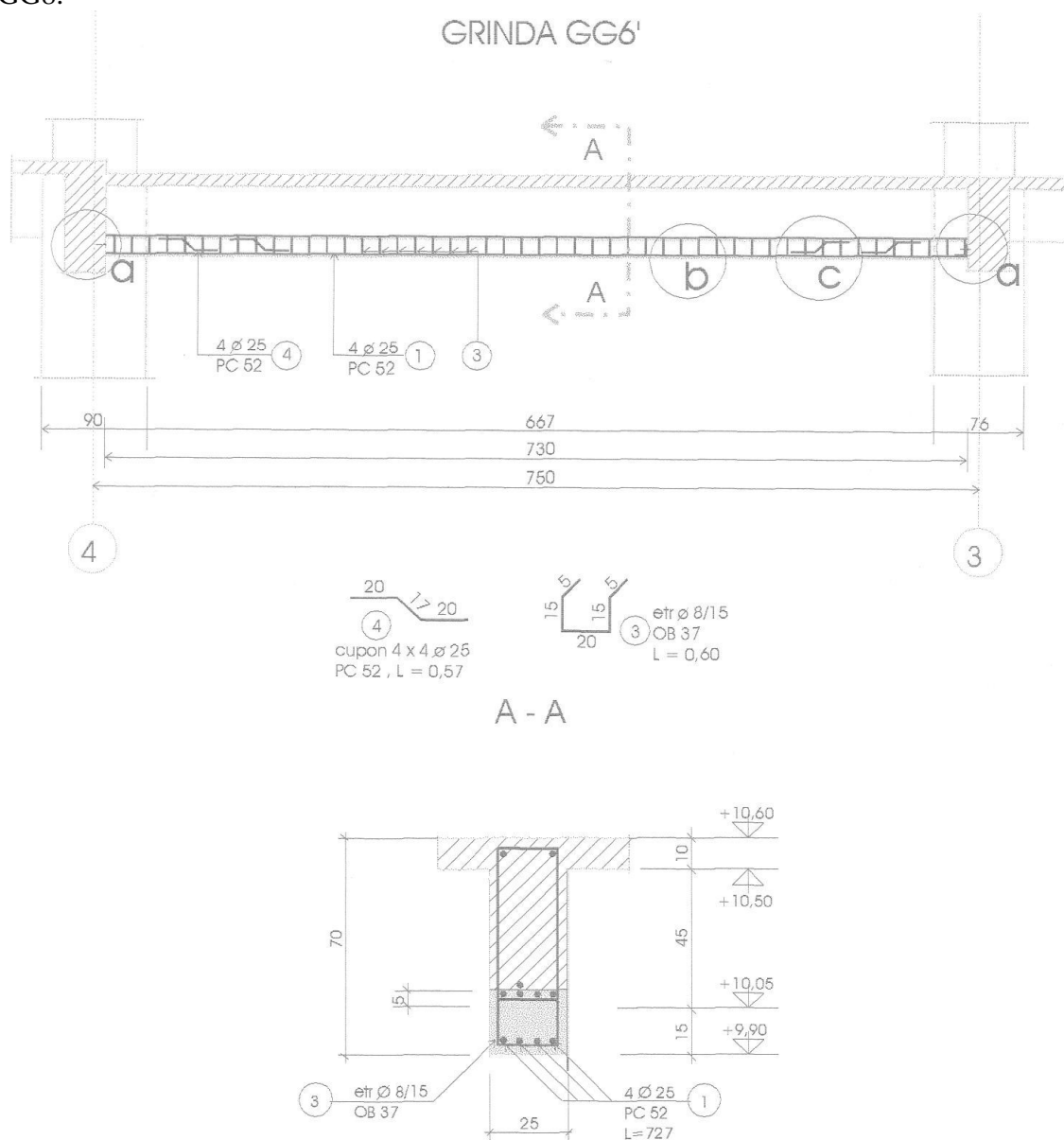


Figura 6.1. Consolidarea grinzii secundare GG6' - detalii de execuție.

Aspecte din timpul execuției lucrărilor sunt prezentate în Figura 6.2.



Figura 6.2. Consolidarea grinzii GG6'.

6.1.2. Grinda principală

Soluțiile propuse, similare cu cele prezentate la grinzile secundare, țin seama de particularitatea degradării acestei grinzi: coroziunea armăturilor longitudinale în apropierea îmbinării (rezemării) cu stâlpul; etrieri la distanțe mari (circa 25 cm) în zona rezemării.

Soluția de consolidare cu beton armat se propune a se realiza tot la partea inferioară, ca și la grinzile secundare cu deosebirea că armăturile noi ($6\phi 25$) se dispun la distanță de aproximativ 15 cm față de fața inferioară a grinzii. Prin această soluție se constată că se realizează o consolidare a grinzii, atât prin sporirea brațului interior de pârghie cât și prin mărirea rigidității grinzii. Legătura dintre armăturile noi și cele vechi se realizează prin etrieri dispuși la 20 cm.

Stratul nou de beton din zona consolidată se va turna într-un cofraj, care pe ambele fețe laterale are câte o deschidere corespunzătoare (o "pâlnie") pe toată lungimea grinzii.

Detaliile de execuție sunt prezentate în Figura 6.3.

Aspecte din timpul execuției lucrărilor sunt prezentate în Figurile 6.4 și 6.5.

Prinderea barelor noi dispuse la capete s-a făcut ca la grinzile secundare, prin intermediul unor gusee metalice ancorate pe stâlpi prin intermediul unor profile metalice fixate în beton prin conectori "conexpand" - Figura 6.5.

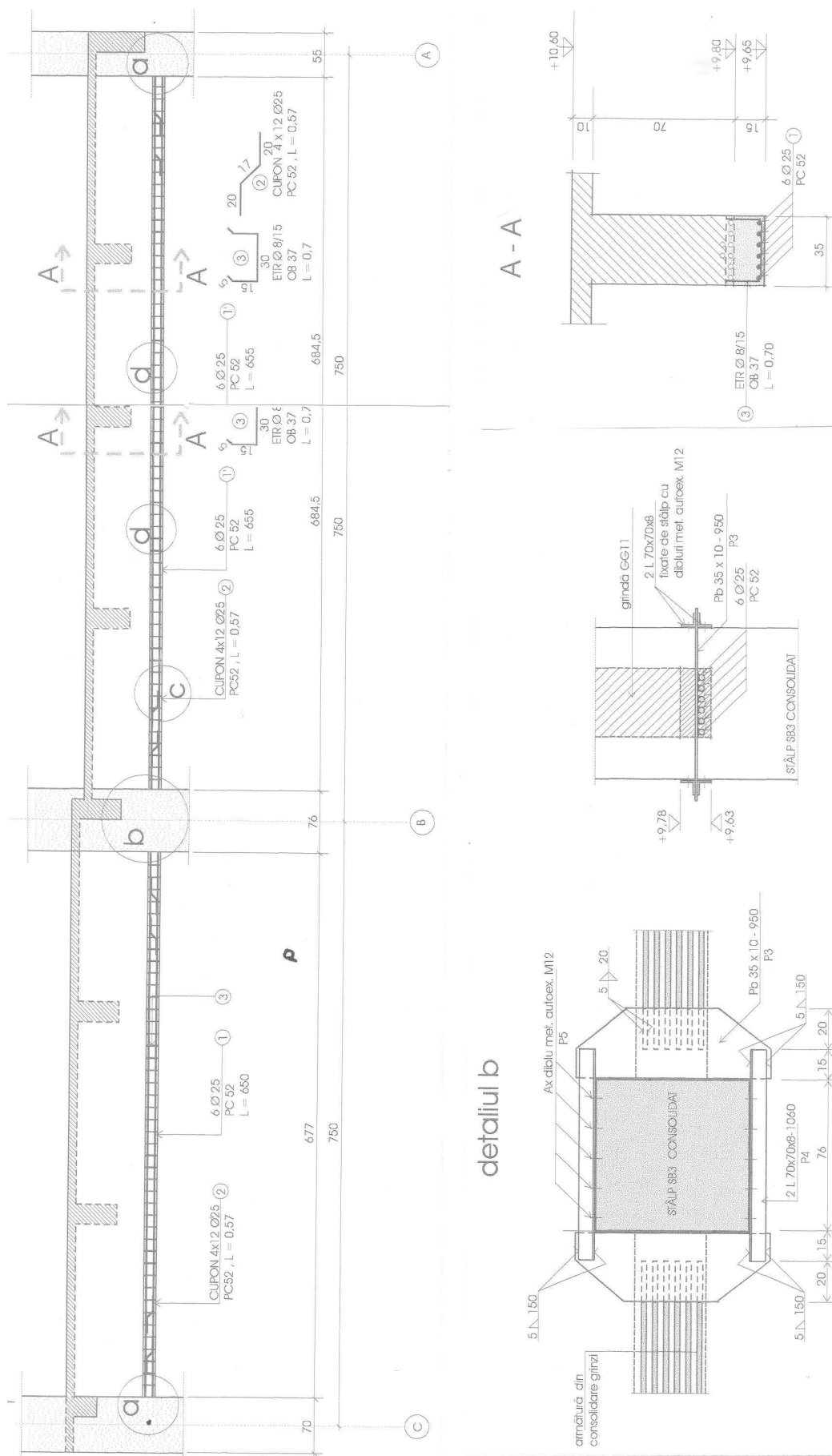


Figura 6.3. Consolidarea grinzii principale GG11 – detalii de execuție.



Figura 6.4. Consolidarea grinzii principale GG11.



Figura 6.5. Fixarea armăturilor noi din grinda GG11, la capăt.

6.1.3. Stâlpii

Necesitatea remedierii / consolidării stâlpilor este dictată atât de coroziunea unor armături din apropierea nodului, de realizarea unor rezemări corespunzătoare pentru grinzile consolidate cât și de asigurarea la acțiuni seismice. Pentru stâlpul SB3 consolidarea este cerută de toate cele 3 condiții în timp ce pentru stâlpii SB4 și SB5 este necesară numai asigurarea la acțiuni seismice.

Datorită implicațiilor de ordin economic și de întrerupere a procesului tehnologic specific halei de fierbere, necesitatea consolidării stâlpilor a fost restudiată, reanalizându-se starea de eforturi din elementele structurale.

În acest scop analiza statică a structurii de rezistență a halei de fierbere s-a făcut spațial pentru modelarea reală a comportării structurale. S-a luat în considerare efectul planșeelor rigide realizate din beton armat monolit și a planșeelor parțiale unde a fost cazul.

Schema statică a cadrului spațial analizat este cea prezentată în Figura 6.6.

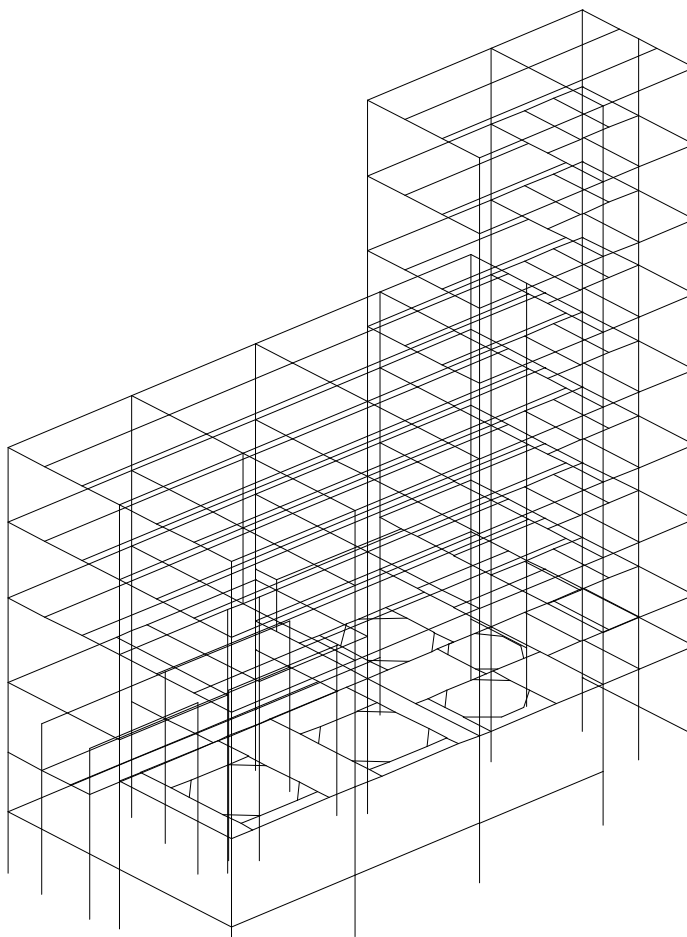


Figura 6.6. Schema statică a cadrului spațial analizat.

Calculul static s-a făcut pentru structura actuală neconsolidată cât și pentru structura consolidată conform propunerilor și soluțiilor tehnice studiate.

Valorile încărcărilor, ipotezele de încărcare și combinațiile acestora au fost cele utilizate și în calcul plan (vezi paragraful 5.5).

Acestea s-au aplicat atât structurii actuale neconsolidate cât și structurii consolidate.

Conform prevederilor Normativului P100 - 92 acțiunea seismică trebuie considerată separat pe cele două direcții orizontale principale (transversală și longitudinală) ale clădirii și apoi pe două direcții diagonale înclinate la 45° respectiv 135° față de axele orizontale principale.

Calculul static s-a executat automat pe calculator, folosind programul SAP90 pentru analiza statică și seismică a cadrelor spațiale.

Programul SAP90 se bazează pe Metoda Elementelor Finite și oferă facilitatea de analiză seismică prin metoda spectrului seismic admisă de Normativul P100-92. Această metodă constă într-un calcul în domeniul liniar pentru evaluarea eforturilor secționale la acțiunea unui spectru seismic orizontal corespunzător zonei seismice a amplasamentului clădirii. Forțele seismice orizontale sunt evaluate automat prin programul SAP90 din masele date de încărcările gravitaționale de pe structură.

Modelarea în elemente finite a cadrului transversal și longitudinal s-a făcut conform Figurii 6.6 de prezentare a structurii spațiale, modelându-se grinzile principale (transversale și longitudinale), grinzile secundare și stâlpi.

Rezultatele analizei statice spațiale sunt prezentate în continuare numai pentru stâlpi în două situații de acțiune seismică, transversală și longitudinală, pentru structura actuală neconsolidată și pentru structura consolidată.

Folosind rezultatele analizei statice, reprezentând solicitările necesare de rezistență ale structurii (M_{gs}) s-au calculat valorile gradului nominal de asigurare la acțiuni seismice R secțional cu relația (4.10b):

$$R_{gs} = \frac{M_{cap,S}}{M_{gs}} \quad (4.10b)$$

Rezultatele acestor determinări ale coeficientului R , respectiv modul de calcul, eforturile secționale capabile și necesare sunt prezentate în Tabelul 6.1 pentru stâlpii din structura actuală neconsolidată.

Tabelul 6.1

Gradul de asigurare R la acțiuni seismice pentru stâlpii caracteristici din structura actuală neconsolidată

Stâlp	Seism transversal			Seism longitudinal		
	M_{gs} [kNm]	$M_{cap,S}$ [kNm]	$R_{gs} = \frac{M_{cap,S}}{M_{gs}}$	M_{gs} [kNm]	$M_{cap,S}$ [kNm]	$R_{gs} = \frac{M_{cap,S}}{M_{gs}}$
SB3 - parter	457	356	0,78	377	278	0,74
SB4 - parter	951	371	0,39	656	375	0,57

Notă: Valorile momentelor capabile s-au calculat pentru compresiune excentrică dreaptă, considerând forța axială provenind din combinația aferentă momentelor maxime (gruparea specială)

Conform problemelor de durabilitate detectate experimental precum și a valorilor lui **R** prezentate în Tabelul 6.1 a rezultat necesitatea consolidării următorilor stâlpi:

- elemente degradate din acțiunea soluțiilor de sare:
 - stâlpul **SB3** între planșeele de la cota +4,40 m și +10,80 m;
- elemente la care gradul de asigurare seismică $R < R_{\min} = 0,5$ (valoare dată de normativul P100-92 pentru clădirile din clasa de importanță III):
 - stâlpul **SB4** între nivelul de încastrare în fundații și planșeul de la cota +10,80 m.

În această situație s-a efectuat analiza statică a structurii consolidate, în două ipoteze:

- (a) stâlpul **SB3** consolidat între planșeele de la cota +4,40 m și +10,80 m; stâlpul **SB4** consolidat între nivelul de încastrare în fundații și planșeul de la cota +10,80 m.
- (b) numai stâlpul **SB3** puternic consolidat între nivelul de încastrare în fundații și planșeul de la cota +10,80 m.

Pentru cele două soluții de consolidare au rezultat valorile coeficientului **R**, respectiv eforturile secționale capabile și necesare, din Tabelul 6.2 pentru aceeași stâlpi, luați în discuție anterior.

Tabelul 6.2

Gradul de asigurare **R** la acțiuni seismice pentru stâlpii caracteristici din structura consolidată

Stâlp	Seism transversal			Seism longitudinal		
	M_{gs} [kNm]	$M_{cap,S}$ [kNm]	$R_{gs} = \frac{M_{cap,S}}{M_{gs}}$	M_{gs} [kNm]	$M_{cap,S}$ [kNm]	$R_{gs} = \frac{M_{cap,S}}{M_{gs}}$
<u>Soluția de consolidare (a)</u>						
- stâlpul SB3 consolidat între planșeele de la cota +4,40 m și +10,80m;						
- stâlpul SB4 consolidat între nivelul de încastrare în fundații și planșeul de la cota +10,80 m.						
SB3 - parter	376	356	0,95	335	278	0,83
SB4 - parter	1585	1358	0,86	1193	1358	1,14
<u>Soluția de consolidare (b)</u>						
- stâlpul SB3 puternic consolidat între nivelul de încastrare în fundații și planșeul de la cota +10,80 m.						
SB3 - parter	2013	2214	0,91	1855	1984	1,07
SB4 - parter	594	326	0,55	456	321	0,70
Notă: Valorile momentelor capabile s-au calculat pentru compresiune excentrică dreaptă, considerând forța axială provenind din combinația aferentă momentelor maxime (gruparea specială)						

Se observă în acest caz creșterea gradului de asigurare **R** la valori mai mari decât $R_{\min} = 0,5$ pentru ambele soluții de consolidare propuse.

În final s-a ales soluția de consolidare (b) cu stâlpul **SB3** puternic consolidat între nivelul de încastrare în fundații și planșeul de la cota +10,80 m, prezentând următoarele avantaje: este mai facilă în execuție; este mult mai economică - se consolidează un singur stâlp; se poate executa fără întreruperea procesului tehnologic din hala de fierbere.

Deci s-a consolidat numai stâlpul SB3, soluția de consolidare cu beton armat fiind o metodă clasică de cămășuire a stâlpului pe toate cele patru laturi: au fost dispuse 16 ϕ 28, bare din PC52. Grosimea stratului de beton a fost de fiind de 22,5 cm de fiecare parte.

Prin dezvoltarea puternică a secțiunii transversale s-a mărit mult rigiditatea stâlpului. Datorită efectelor de conlucrare spațială a structurii a rezultat descărcarea stâlpilor adiacenți, și neconsolidarea acestora.

Detalii de execuție a consolidării stâlpului SB3 sunt prezentate în Figura 6.7.



Figura 6.7. Detalii de execuție a consolidării stâlpului SB3.

6.2. Construcție istorică cu structura din zidărie - Muzeul Banatului

6.2.1. Descrierea structurii

Muzeul Banatului reprezintă un ansamblu de clădiri alcătuit, în principal, din patru corpuri fără rosturi având, în plan, o formă pătrată cu o latură exterioară de aproximativ 55 m; în interiorul ansamblului există o curte interioară cu dimensiunile 31,50x31,50 m.

Elementele verticale de rezistență sunt alcătuite din pereți și stâlpi.

Pereții de rezistență, transversali și longitudinali, au grosimi variabile: între 60 și 240 cm la parter (zidurile de rezistență de la principalele corpuri variază, preponderent, între 60 și 110 cm); între 50 și 190 cm la etajul 1, fără modificări esențiale ale grosimii principalelor ziduri de rezistență; între 50 și 70 cm la etajul 2 cu reduceri sensibile față de etajele inferioare. Materialele folosite pentru pereți au fost cărămidă arsă și mortar de var.

Stâlpii de rezistență sunt folosiți pentru Corpurile (Sălile) 1 - Nord și 2 - Vest, la etajele 1 și 2 (Figura 6.8). Dimensiunile acestor stâlpi sunt de aproximativ 98x98 cm pentru ambele săli și etaje. Materialele de construcție folosite pentru stâlpi au fost piatra naturală, cărămida arsă și mortarul pe bază de var.

Elementele orizontale de rezistență sunt fie din bolți de cărămidă fie planșee de lemn.

Bolțile de cărămidă cu dublă curbură și încrucișate au fost folosite pentru Sălile 1 și 2 la parter și primul etaj; bolți de cărămidă cu simplă curbură sunt utilizate la corpul dinspre vest la parter și etajul 1 pentru deschiderea spre curtea interioară. Planșeele de lemn sunt folosite peste etajul 2.

6.2.2. Descrierea degradărilor suprastructurii

Fundarea ansamblului de clădiri pe un teren slab și neuniform ca alcătuire a condus la apariția unor defecte imediat după refacerea acestuia în 1856. Deși nu există documente scrise care să ateste existența unor fisuri, faptul că au fost executate consolidări ale fundațiilor în două etape (1903 - 1906 și 1956 - 1958) demonstrează că suprastructura a fost afectată de tasările inegale, ceea ce a determinat pe specialiștii vremii să intervină la infrastructură. Pentru perioada anterioară anului 1955 există unele informații privind dezvoltarea unor fisuri în suprastructură. Astfel au existat fisuri de ordinul milimetrilor în bolțile aferente stâlpilor interiori din Sala 2 și fisuri mai mici în bolțile existente în Sala 1. În același timp s-au observat fisuri și în zidurile exterioare ale Sălii 1: peretele din fațada principală este străbătut de o fisură continuă de la partea superioară (crenel), de aproximativ 5 cm deschidere, care merge până la fundație; pe peretele dinspre curtea interioară apare o fisură simetrică cu cea din fațada principală, dar de deschidere mai mică.

Relevee ale fisurilor în suprastructură au fost făcute în anii 1980 și 1997. Pe baza lor se poate stabili eventuala evoluție în timp a modului de comportare a suprastructurii.

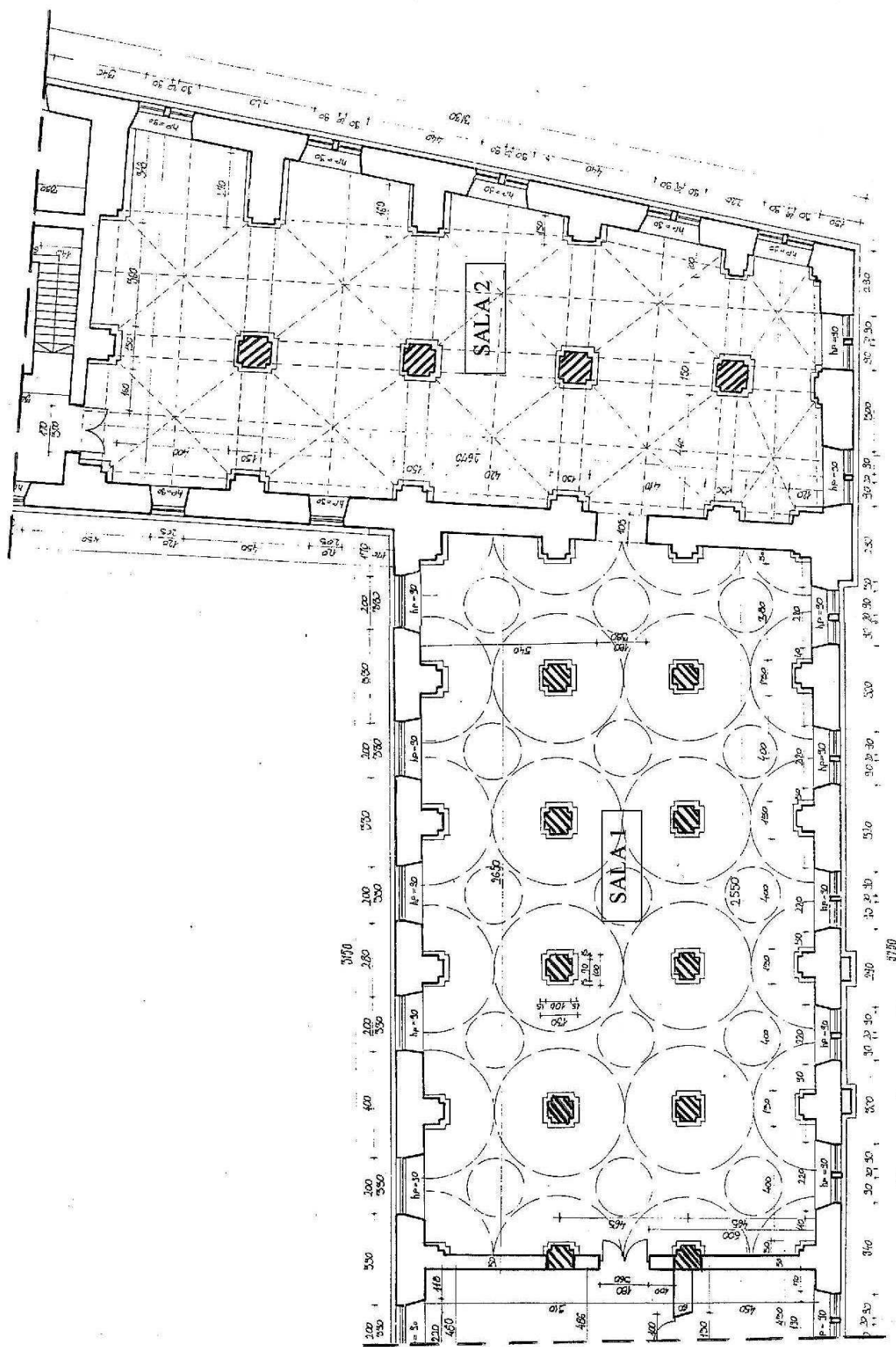


Figura 6.8. Muzeul Banatului. Corpul Nord – Sala 1, Corpul Vest – Sala 2.

Corpul Nord - Sala 1. Din analiza releveelor existente pentru parter s-a constatat o configurație a fisurilor foarte apropiată în 1980 și 1997. S-au observat în 1997 noi fisuri apărute în elementele din stânga intrării principale. La etajul 1 s-a observat că se păstrează, în ambele etape de cercetare, linia dominantă a fisurilor pe direcția laturii mici a clădirii, în cheia bolților (5 - 8 mm), continuate cu fisuri în pereții longitudinali. Fisurile în ziduri sunt mai pronunțate pe fațada din dreapta intrării principale. Aceste fisuri în pereții longitudinali sunt evidențiate și în cele două fațade ale corpului de clădire. Față de releveul din 1980 s-a constatat apariția (sau au fost numai înregistrate) unele fisuri "circulare" în bolțile din jurul stâlpilor. La etajul 2, cu planșee din lemn, numărul fisurilor este mai mic, fiind puse în evidență în 1997 unele fisuri având direcția după latura scurtă a clădirii.

Corpul Vest - Sala 2. Din cercetarea fisurilor înregistrate în 1980 și 1997 pe planul parter s-a constatat că nu sunt diferențe esențiale ceea ce a dovedit că în ultimii ani nu au apărut degradări mari, vizibile. În schimb la etajul 1 s-au înregistrat în 1997 mai multe fisuri noi în bolțile de cărămidă. Acestea sunt situate în jurul peretelui de la fațada spre vest și a peretelui dinspre curtea interioară. De asemenea au apărut fisuri mici și mijlocii pe direcția laturii scurte a Sălii 2. La etajul 2 nu sunt înregistrate fisuri. În peretele fațadei dinspre vest au fost notate fisuri verticale - de mărimi mici și medii - la nivelul fundațiilor, etajelor 1 și 2.

6.2.3. Analiza soluției de consolidare adoptate - un nou concept de consolidare

Soluția de consolidare propusă prin expertiza tehnică are la bază calculul efectuat prin discretizarea structurii în cadre plane și apoi în mai multe elemente finite pe stâlpii considerați și bolțile aferente. Considerarea unor cadre plane transversale, atât pentru Corpul Nord - Sala 1 cât și pentru cel Vest - Sala 2, este destul de aproape de realitate deoarece prin rigiditatea redusă, dar în special datorită fisurilor apărute de-a lungul timpului în bolțile de cărămidă, nu se poate conta pe o conlucrare spațială a structurii.

În consecință, cadrul transversal, alcătuit din stâlpi de zidărie cu dimensiunile de calcul luate la nivelul ferestrelor și respectiv cele reale pentru stâlpii interiori și din rigle tip arc cu grosimea de o cărămidă, a fost calculat pentru a prelua toate încărcările gravitaționale și seismice aferente, specifice zonei D și clasei de importanță II.

Din datele rezultate din analiza statică (Tabelele 6.3 și 6.4), efectuată în expertiza tehnică și reluată cu date geometrice și de încărcare stabilite prin măsurători directe și sondaje, s-au desprins următoarele concluzii:

- stâlpii din zidărie prin care s-au modelat pereții exteriori (fațada principală și curtea interioară) sunt solicitați la compresiune excentrică cu mare excentricitate și forță tăietoare, punctul de aplicare al forței excentrice ieșind din sâmburele central și chiar din secțiunea transversală a stâlpilor de la toate cele trei niveluri;
- pentru stâlpii interiori valoarea eforturilor rezultate indică solicitarea de compresiune excentrică cu mică excentricitate;
- valoarea eforturilor de compresiune din stâlpi și arce - bolți nu depășește rezistența admisă a cărămizii.

Tabelul 6.3

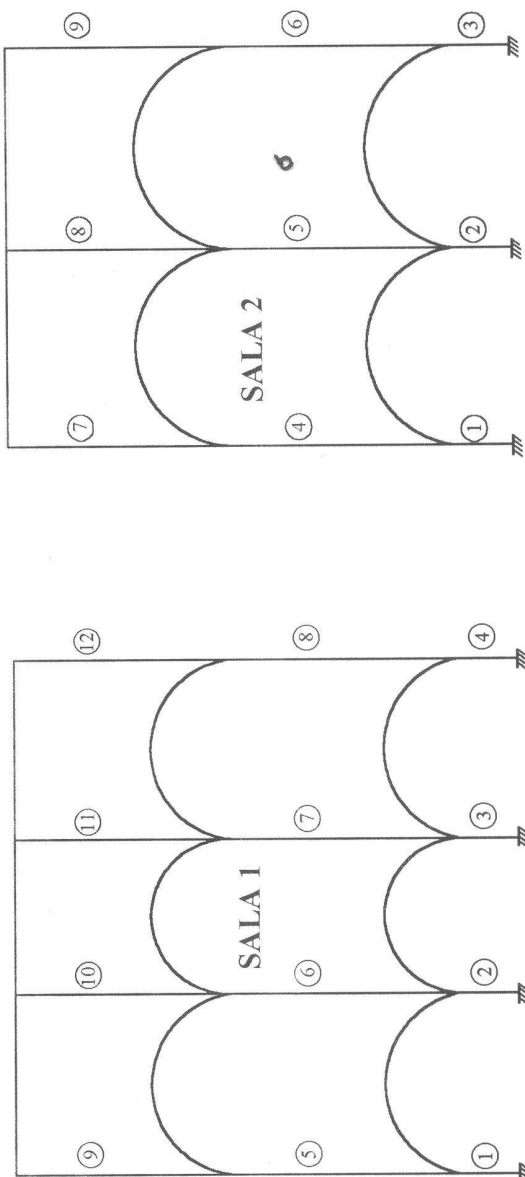
Eforturi caracteristice din combinații speciale - Sala 1

Elemente verticale	Structura actuală neconsolidată			Structura consolidată									
	Seism transversal			Seism transversal		Seism longitudinal		Seism diagonal					
	M [kNm]	N [kN]	e ₀ [m]	M [kNm]	N [kN]	e ₀ [m]	M _x [kNm]	M _y [kNm]	N [kN]				
marginale	1	936	1138	0,82¹⁾	449	869	0,51	357	947	0,38	320	258	898
	4	761	1050	0,72	462	1109	0,42	505	1068	0,47	328	362	892
	5	623	683	0,91¹⁾	184	868	0,21	627	881	0,71	2	502	873
	8	583	989	0,58	214	832	0,26	752	930	0,81	28	547	909
	9	131	210	0,62	50	308	0,16	54	308	0,18	36	21	308
	12	216	227	0,95¹⁾	101	306	0,33	54	283	0,19	73	11	302
centrale	2	266	831	0,32	450	957	0,47	216	1095	0,20	321	149	964
	3	146	946	0,15	453	934	0,48	209	973	0,22	314	151	985
	6	268	446	0,60¹⁾	309	586	0,53	79	441	0,18	223	65	453
	7	268	396	0,68¹⁾	297	634	0,47	70	504	0,14	218	29	511
	10	132	220	0,60¹⁾	118	318	0,37	129	314	0,41	86	91	315
11	16	122	0,13	102	259	0,39	93	259	0,36	73	66	259	
Notă: ¹⁾ Excentricitățile depășesc limitele secțiunii transversale (e ₀ > h/2)													
- Pentru elementele marginale e ₀ < h/2													
- Pentru elementele centrale: M _R = 522 kNm > M _S ^{max} = 453 kNm													

Tabelul 6.4

Eforturi caracteristice din combinații speciale - Sala 2

Elemente verticale	Structura actuală neconsolidată			Structura consolidată											
	Seism transversal			Seism transversal				Seism longitudinal				Seism diagonal			
	M [kNm]	N [kN]	e ₀ [m]	M [kNm]	N [kN]	e ₀ [m]	M [kNm]	N [kN]	e ₀ [m]	M _x [kNm]	M _y [kNm]	N [kN]	M _x [kNm]	M _y [kNm]	N [kN]
1	471	1230	0,38	356	1986	0,18	716	1408	0,51	60	605	1309	60	605	1309
3	3090	2160	1,43¹⁾	1653	2546	0,65	1263	2249	0,56	954	943	2314	954	943	2314
4	2522	1643	1,53¹⁾	332	1519	0,22	947	567	1,67	120	726	602	120	726	602
6	2879	1982	1,45¹⁾	924	1434	0,64	779	568	1,37	711	321	1430	711	321	1430
7	768	484	1,58¹⁾	49	270	0,18	625	263	2,38	30	410	183	30	410	183
9	151	60	2,52¹⁾	47	233	0,20	188	80	2,35	18	136	56	18	136	56
2	598*	1307	0,46	946	1032	0,92	190	1032	0,20	746	133	1032	746	133	1032
5	429	1092	0,39	118	748	0,16	151	722	0,21	62	133	723	62	133	723
8	30	349	0,09	66	134	0,49	185	226	0,82	30	155	226	30	155	226



Concluziile prezentate mai sus se referă la eforturile rezultate din gruparea specială de acțiuni în care s-a luat în considerare acțiunea seismică. În gruparea fundamentală valorile eforturilor rezultate din calculul static sunt inferioare celor admisibile, construcția rezistând acestor acțiuni.

Din cele prezentate anterior s-a desprins concluzia, cuprinsă în expertiza tehnică, a necesității consolidărilor zidurilor exterioare ale construcției. Acestea au constat din:

- consolidarea fiecărui stâlp de zidărie exterior prin înglobarea, la interiorul și exteriorul zidului, a câte patru profile metalice (corniere), legate între ele cu bare de oțel rotund (tiranți) înglobate în beton în vederea protejării și conlucrării mai bune cu zidăria existentă;
- înlăturarea umpluturii de peste bolțile de la nivelul 1 și nivelul 2 și executarea unui planșeu de beton armat cu grinzi și placă, soluție pentru Sala 1, în Sala 2 existând planșeu realizat în 1956.

Soluția analizată și prezentată mai sus a luat în considerare numai aspectul de rezistență al structurii, rezultat din analiza statică, aspectele legate de conformarea arhitectonică, tehnologia de execuție și durata lucrărilor fiind subordonate primului criteriu.

În scopul satisfacerii, pe cât posibil, a mai multor criterii - arhitectonice, tehnice și economice - s-a analizat și găsit o nouă soluție de consolidare. Aceasta se bazează pe un nou concept de consolidare: *sporirea rigidității elementelor structurale prin mărirea caracteristicilor fizico-mecanice ale materialelor componente.*

Materializarea acestui concept s-a propus pentru realizare la reabilitarea muzeului prin consolidarea stâlpilor centrali, mult mai supli, prin dispunerea a câte patru bulbi de beton armat cu armătură rigidă, legați între ei prin tiranți din bare de oțel rotund. Prin această soluție s-a sporit modulul de rigiditate al fiecărui stâlp de aproximativ 7,5 ori prin faptul că modulul de elasticitate E al bulbilor de beton este de 35000 N/mm^2 față de 1875 N/mm^2 al zidăriei. Astfel s-au redus sensibil eforturile din zidurile exterioare, acestea fiind redistribuite la stâlpii interiori consolidați, așa cum se poate observa din Tabelele 6.3 și 6.4.

Principalele avantaje ale noi soluții sunt:

- zidurile exterioare, incluzând și fațada principală, nu vor fi afectate prin practicarea unor lăcașuri verticale pentru înglobarea profilelor;
- tehnologia de execuție a unor consolidări la stâlpi interiori este mult mai simplă decât la zidurile exterioare;
- consolidarea fundațiilor izolate este mai facilă decât la fundațiile continue sub zidurile exterioare;
- valoarea eforturilor și distribuția lor este mai avantajoasă, rezultând consolidări mai suple, aspect evidențiat și prin faptul că la consolidarea pereților exteriori ar fi fost necesare, pentru fiecare stâlp, patru corniere $160 \times 160 \times 18 \text{ mm}$, iar la consolidarea stâlpilor centrali sunt necesare corniere $100 \times 100 \times 5 \text{ mm}$, adică o economie sensibilă de oțel;
- execuția lucrărilor se poate face în orice anotimp, fiind vorba de lucrări de interior;
- se obține o siguranță corespunzătoare la seism prin realizarea unei **structuri ultime de răspuns** cu caracteristici mecanice și geometrice regulate în plan vertical și orizontal, fiind înlăturate disimetriile pronunțate în distribuția volumelor și rigidităților existente la construcția actuală.

6.2.4. Descrierea soluției de consolidare

Soluția generală aleasă pentru ambele corpuri de clădire este: consolidarea stâlpilor de zidărie interiori și realizarea de planșee de beton armat peste parter și etajul 1. Descrierea și detalii ale consolidărilor sunt prezentate în continuare precum și în Figura 6.9.

Corpul Nord - Sala 1. Consolidarea verticală (Figura 6.9) se realizează prin practicarea a câte patru bulbi din beton armat cu armătură rigidă pentru fiecare din cei zece stâlpi interiori (Figura 6.8). În vederea obținerii unor rigidități egale pentru stâlpii consolidați care la parter au dimensiuni diferite, s-au ales pentru fiecare dintre stâlpi dimensiunile minime ale secțiunii transversale de 85x85 cm care rezultă în urma decupării gresiei de placare a zidăriei. Gresia existentă la parter având valoare arhitecturală deosebită urmează a fi tratată, completată și repusă pe stâlpii consolidați.

La stâlpii interiori, având dimensiunile de mai sus, se vor practica în fiecare colț lăcașe cu dimensiunile 25x25 cm, în care se vor introduce profile de oțel OL37-2n, formate la rece, de 100x100x5 mm și armătură flexibilă, constând din bare longitudinale 4 ϕ 16 și etrieri ϕ 8/20 cm. Realizarea stâlpișorilor de consolidare a zidăriei se face prin turnarea, în final, a unui beton de calitate superioară, Bc35, aceasta pentru asigurarea modulului de elasticitate ridicat și rigidității corespunzătoare a elementelor verticale de rezistență.

Soluția de consolidare cu stâlpișori cu secțiune compusă oțel - beton (beton cu armătură rigidă) s-a propus din următoarele considerente:

- crearea unor elemente cu ductilitate sporită la acțiunile seismice;
- posibilitatea realizării unei ușoare confinări a miezului de zidărie al stâlpului prin folosirea unor etrieri - tiranți (ϕ 16/20 cm) care leagă stâlpișori între ei prin fixarea acestora în profilele metalice;
- încastrarea mai sigură în tălpile de fundație care se realizează de asemenea din profile metalice.

Consolidarea orizontală se asigură prin realizarea de planșee de beton armat peste parter și etajul 1. Înainte de executarea planșeului se va proceda la desfacerea pardoselilor actuale și la înlăturarea umpluturilor de deasupra bolților.

Planșeele de beton armat sunt realizate din plăci armate cruciș, rezemate pe perechi de grinzi care la rândul lor sunt încastrate în stâlpișorii care constituie consolidarea verticală. Pe contur plăcile și grinzile reazemă pe zidurile longitudinale și transversale prin intermediul unor centuri. Aceste centuri se realizează prin practicarea unor lăcașuri în ziduri, pe lățimi de 30 cm. Deoarece lățimea zidurilor este cu mult mai mare, pentru o mai bună conlucrare a centurilor cu zidăria, se vor prevedea conectori (ϕ 14/24 cm) prelungiți pe toată grosimea zidului. Grinzile planșeului vor avea armăturile longitudinale fie ancorate în betonul din stâlpișori, fie sudate de profilele metalice unde este posibil.

Corpul Vest - Sala 2. În anii 1954 - 1956 asupra structurii de rezistență a acestui corp de clădire au fost efectuate consolidări substanțiale datorită degradărilor, fisuri în bolți și ziduri ca urmare a tasării inegale a fundațiilor, produse de-a lungul timpului.

Consolidările din acea perioadă au constat din:

- realizarea unui cadru inel de beton armat în jurul fundațiilor de sub stâlpi, care reazemă pe piloți de beton, forajați, cu un diametru de 30 cm;
- executarea unor planșee de beton armat peste primul și al doilea nivel, realizate după dislocarea umpluturilor existente.

Aceste consolidări au asigurat atât stabilizarea tasărilor (nu au mai fost constatate deplasări pe verticală ale stâlpilor centrali) cât și realizarea unor șaibe orizontale menite a contribui la repartizarea eforturilor în concordanță cu rigiditățile elementelor verticale.

Consolidările realizate în deceniul al VI-lea au corespuns nivelului de cunoștințe din acea perioadă. Aprecierea gradului de asigurare la acțiuni seismice, efectuată în concordanță cu normele actuale (P100-92), arată că la combinațiile speciale de încărcări care iau în considerare acțiunea seismică specifică orașului Timișoara, elementele de rezistență verticale, stâlpii centrali și zidurile exterioare, nu sunt capabile a prelua eforturile provenite din aceste solicitări. În elementele marginale, modelate în calcul prin stâlpi de zidărie cu secțiune transversală în formă de T, excentricitățile forțelor axiale de compresiune (Tabelul 6.4) depășesc cu mult limita secțiunii transversale, situație în care apare necesitatea consolidării acestor elemente.

La consolidarea verticală, similar cu cazul Corpului Nord - Sala 1, s-a adoptat conceptul de consolidare a stâlpilor centrali (Figura 6.8) prin mărirea rigidității acestora folosindu-se, în acest scop, bulbi de beton cu armătură rigidă având modul de elasticitate mult mai mare față de elementul de zidărie.

Armătura rigidă a fost formată din câte patru profile cornier 120x120x12 mm la fiecare stâlp central. Profilele cornier sunt legate între ele prin etrieri - tiranți $\phi 16/20$ cm. Restul detaliilor de consolidare sunt similare cu cele prezentate pentru Corpul Nord - Sala 1.

6.2.5. Concluzii

Principalele idei desprinse din expertiza și proiectul de consolidare efectuate la Muzeul Banatului din Timișoara sunt:

- a). La reabilitarea unei construcții de importanță deosebită aspectele tehnice și economice sunt insuficiente în judecarea soluției finale; un rol important în adoptarea soluției de reabilitare îl are păstrarea aspectului arhitectural existent, mai ales în privința volumelor și fațadelor.
- b). Soluția de reabilitare a Muzeului Banatului din Timișoara se bazează pe aplicarea conceptului de sporire a rigidității elementelor structurale prin mărirea caracteristicilor fizico-mecanice ale materialelor componente.
- c). Prin consolidarea numai a stâlpilor centrali și planșeelor s-au obținut următoarele avantaje: zidurile din fațade nu sunt afectate; tehnologia de consolidare a stâlpilor și fundațiilor este simplă; costul lucrărilor este mai redus; se obține o siguranță corespunzătoare la seism prin realizarea unei structuri ultime de răspuns cu caracteristici regulate în plan vertical și orizontal.