

CLĂDIRE DE CĂLĂTORI - FOCȘANI STUDIU DE CAZ

Anca RUS – Drd. Ing.; **Aurel ARDELEA** – Dr. ing. Consilier specialitate - Institutul de Studii și Proiectări Căi Ferate

Cristian BĂLAN - Ing. Director Tehnic – Institutul de Proiectări Construcții Tipizate

Helmut KÖBER - Dr. ing. Consilier specialitate - Institutul Proiectări Laminoare București

Carmen BUCUR – Prof. dr. ing. Universitatea Tehnică de Construcții București

Cuvinte cheie: Structură, Risc, Seism, Comportare particulară, Eurocode

Rezumat:

Datorită poziției sale geografice, România este traversată de trei din cele zece coridoare de transport Europene: Coridorul IV Helsinki ramura IVC, Coridorul VII Dunărea și, Coridorul IX Helsinki. Ca urmare în țara noastră a început un vast program de reabilitare și modernizare a întregii infrastructuri de transport.

Articolul prezintă una din structurile nou proiectate - clădirea de călători - din orașul Focșani situat pe coridorul IX Helsinki. Din punct de vedere seismic, localitatea se află în imediata apropiere a focarului seismic Vrancea.

Forma clădirii rezultă din alăturarea și întrepătrunderea a patru subansambluri ce au dimensiuni diferite. Alcătuirea structurii din cele patru volume ce reprezintă geometria subansamblurilor, a ridicat probleme deosebite din punct de vedere al conformării seismice și a realizării tehnice a rosturilor de îmbinare.

Unele din problemele prezentate în articol sunt: alegerea unor forme favorabile în plan și pe verticală, asigurarea unei rigidități suficiente la deplasări laterale, dirijarea zonelor susceptibile de a fi solicitate în domeniul postelastic, etc.

1. PREZENTAREA STRUCTURII

1.1 Amplasare

Datorită poziției sale geografice, România este traversată de trei din cele zece coridoare de transport Europene: Coridorul IV Helsinki ramura IVC, Coridorul VII Dunărea și, Coridorul IX Helsinki, foto.1 a,b. Ca urmare, în țara noastră a început un vast program de reabilitare și modernizare a întregii infrastructuri de transport.



Foto 1 a

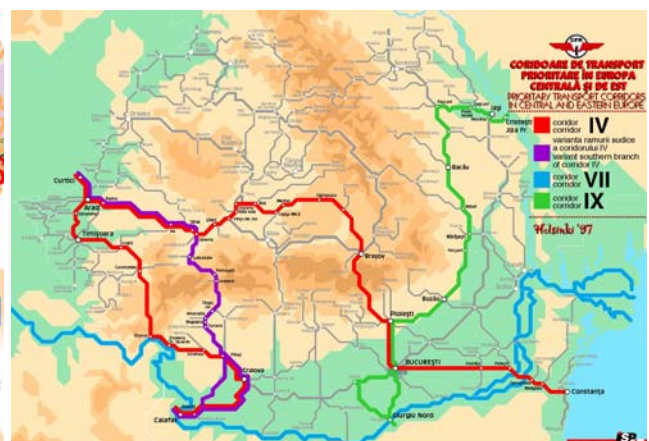


Foto 1 b

Unul din obiectivele principale este cel de reabilitare și modernizare a stațiilor de cale ferată pentru a le aduce la standardele europene și a fi funcționale căii ferate de viteze mari respectând normele UIC413 și 140-0 "Eurogări". În această situație se află și stația Focșani, reședință a județului Vrancea, situată pe coridorul IX Helsinki.

1.2 Arhitectura

Noile construcții se realizează pe amplasamentul vechii gări. Ca urmare terenul disponibil a avut dimensiuni și formă impuse.

Proiectarea și construcția au vizat clădirea de calatori precum și alte utilități necesare funcționării stației: copertina dintre clădiri, peroane, tunelul de pietoni. Pe lângă acestea s-a realizat și o sistematizare a zonelor aferente cum ar fi "Piața gării" și bulevardul ce pornește din aceasta.

Forma clădirii rezultă din alăturarea și întrepătrunderea a patru subansambluri ce au dimensiuni în plan și pe verticală diferite, fig.1 și foto 2. Astfel:

- Corpul A este paralel cu liniile de cale ferată și este compus din trei tronsoane (A1, A2, A3) cu volume diferite care adăpostesc spații de exploatare feroviară, pentru servicii și dotări comerciale. Holul central desfășurat pe două niveluri și amplasat între corpurile A1-A2-A3, are acoperișul din structuri metalice ușoare - grinzi cu zăbrele cu tălpi paralele;

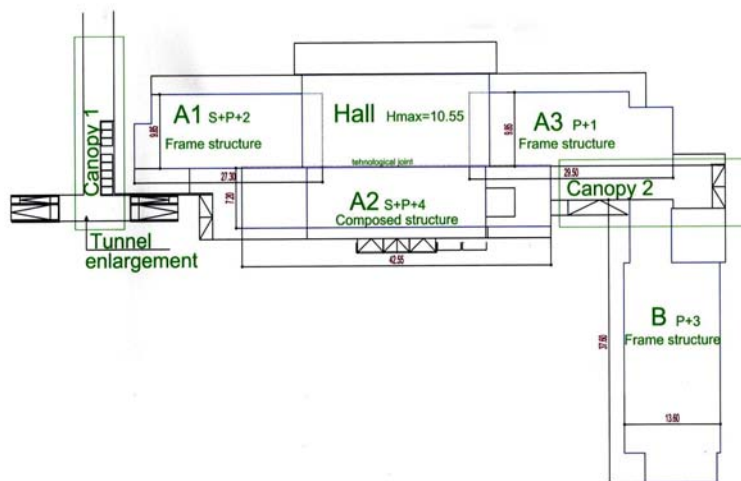


Fig. 1

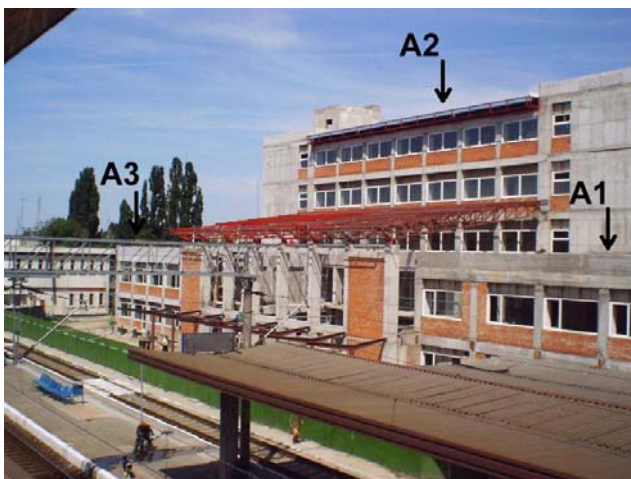


Foto 2 Clădire călători stație
Focșani – vedere dinspre linii



Foto 3 Copertina amplasată între corpurile
A1-A2-A3

Tronsonul central A2 cu regim de înălțime S+P+4E (subsol+parter+4 etaje) este flancat de tronsoanele laterale A1 și A3 care au S+P+1E respectiv P+1E.

- Corpul B este perpendiculară pe corpul A și legat de acesta printr-o copertină la nivelul parterului, foto 3. Înălțimea acestui corp este P+3E (parter+3 etaje).

Întregul ansamblu are o suprafață construită de 1325 m² și o arie desfășurată de 4800 m².

1.3 Probleme particulare în alegerea sistemului structural

Orașul Focșani este amplasat în imediata apropiere a focarului seismic Vrancea. Aceasta a condus la necesitatea luării unor măsuri specifice pentru asigurarea unei judicioase conformări antiseismice în vederea obținerii unei bune comportări individuale și de ansamblu.

La stabilirea formei și a alcătuirii de ansamblu a construcției s-au ales contururi regulate în plan, compacte și pe cât posibil simetrice. În cadrul aceluiași tronson s-au evitat disimetrii pronunțate în geometria volumelor, în distribuția maselor și a rigidităților pentru a delimita efectul defavorabil al torsiunii generale.



Răspunsul dinamic diferit al celor trei tronsoane ale corpului a condus la un studiu atent al rosturilor dintre ele. Dimensionarea și realizarea lor practică urmărește ca oscilațiile defazate să nu conducă la coliziune, foto 4.

Foto 4 Imagine rost între tronsoanele A2 și A3

Tronsoanele A1, A3 și corpul B sunt structuri în cadre.

Tronsonul A2 a ridicat unele probleme datorită spațiului ce i-a fost alocat în ansamblul corpului A. Astfel raportul mare între lungime (42.0 m) și lățime (7.2 m) putea conduce la efecte nefavorabile cum ar fi: excitații seismice asincrone ale fundației, torsiune generală semnificativă, etc. Ca urmare s-a optat pentru soluția mixtă de alcătuire: cadre și diafragme. S-a realizat astfel o construcție ce preia avantajele celor două sisteme: menținerea flexibilității funcționale oferită de structurile în cadre, respectiv asigurarea rezistenței și rigidității necesare la preluarea acțiunilor orizontale oferite de structurile în diafragme.

3. MODEL DE CALCUL. REZULTATE. COMENTARII

Din ansamblul de clădiri ce alcătuiesc stația de cale ferată prezentările ulterioare se referă la tronsonul A2, fig. 1, foto 2.

Necesitățile funcționale ale construcției conduc la existența mai multor elemente de rezistență cu alcătuire neregulată cum ar fi de exemplu pereții în care golurile sunt dispuse neordonat. Comportarea acestor elemente este dificil de precizat iar modelarea lor pentru calcul nu este suficient de fidelă în raport cu realitatea.

Pentru calcul s-a folosit “metoda cadrului echivalent” (fig. 2), care face parte din categoria metodelor simplificate.

Au fost adoptate următoarele aproximații: (i) pereții structurali plini se consideră în calcul ca niște console verticale încastrate la bază; (ii) pereții structurali cu șiruri de goluri - uși sau ferestre, se consideră în calcul ca niște cadre etajate. Pentru aceste cadre se consideră următoarele secțiuni: (a) montanții cadrului etajat sunt plinurile verticale ale pereților transformate în bare cu secțiune constantă, (b) riglele cadrului se transformă în bare cu deschidere teoretică egală cu distanța dintre axele montanților având rigiditatea variabilă în lungul lor și anume: pe lumina golului secțiunile sunt cele reale, iar în zona montanților rigiditatea este infinită.

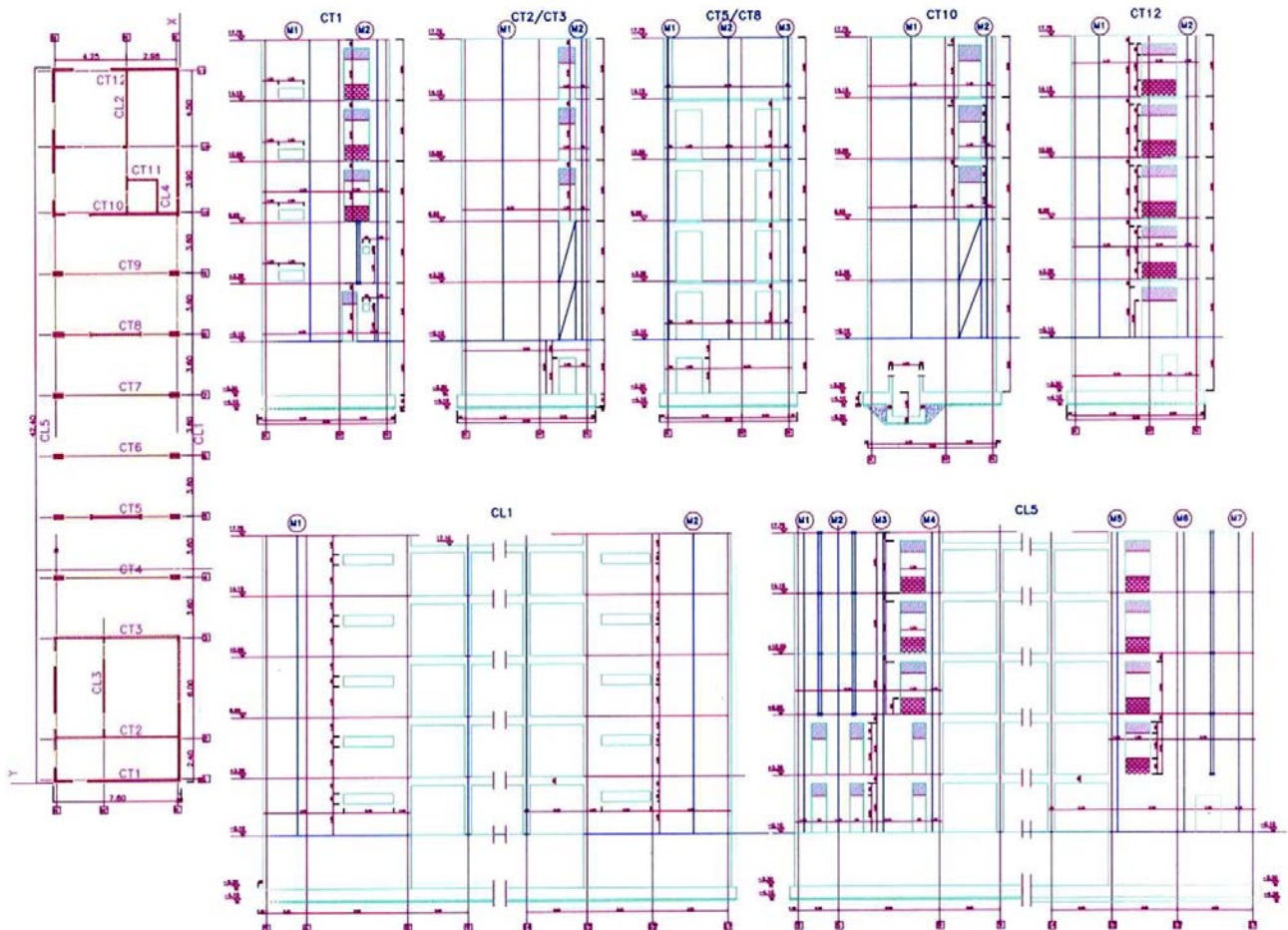


Fig. 2. Cadre echivalente

Încărcările au fost grupate în patru ipoteze de calcul după cum urmează:

- (i) gruparea fundamentală :
 - valori normate = ipoteza 1;
 - valori de calcul = ipoteza 2;
- (ii) gruparea specială :
 - încărcare spectrală pe direcție transversală = ipoteza 3;

– încărcare spectrală pe direcția longitudinală = ipoteza 4.

Pentru studiul caracteristicilor proprii de vibrație au fost determinate 9 moduri proprii de vibrație. În tabelul 1 sunt prezentate valorile perioadelor proprii.

Modul 1 este vibrația transversală. *Modul 2* este vibrația longitudinală. *Modul 3* este torsiunea. Se constată că din punct de vedere dinamic structura se încadrează în tipul de structuri rigide.

Pentru determinarea răspunsului spectral - deplasări și eforturi – structura a fost încărcată cu spectrul de proiectare (fig. 3) ales conform amplasamentului și luând în considerare toate celelalte caracteristici privind importanța clădirii, alcătuire, materiale, etc.

Tabelul 1

Mod	Perioada (s)
1	0.19
2	0.15
3	0.13
4	0.05
5	0.045
6	0.036
7	0.026
8	0.024
9	0.019

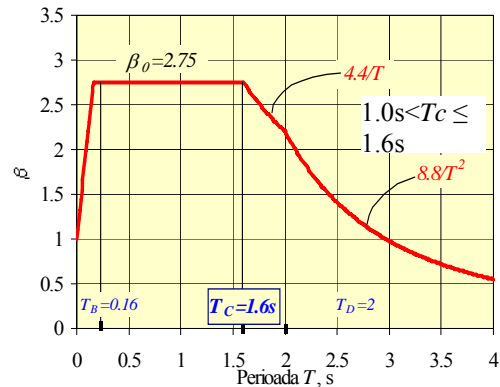


Fig. 3 Spectrul normalizat de răspuns elastic pentru componentele orizontale ale accelerației, pentru condiții de teren caracterizate simplificat prin perioadele de control (colt): $T_c = 1.0$ și $1.6s$ [7].

În tabelul 2 sunt indicate deplasările spectrale, în plan orizontal pentru unele cadre ale structurii la ultimele două niveluri.

Tabelul 2 Deplasări (m)

CADRE		NIVEL 5 (cota +17.75m)		NIVEL 4 (cota +14.15)	
		ipoteza 3	ipoteza 4	ipoteza 3	ipoteza 4
CT ₁	x	0.000277	-0.001644	0.000218	-0.001304
	y	0.000964	0.000917	0.000729	0.000703
CT ₃	x	0.000240	-0.001626	0.000189	-0.001290
	y	0.001512	0.000658	0.001152	0.000504
CT ₅	x	0.000413	-0.001707	0.000322	-0.001353
	y	0.001982	0.000437	0.001515	0.000333
CT ₈	x	0.000413	-0.001707	0.000322	-0.001353
	y	0.002687	0.000104	0.002060	0.000077
CT ₉	x	0.000413	-0.001707	0.000322	-0.001353
	y	0.002922	-0.000007	0.002241	0.000009
CT ₁₀	x	0.000240	-0.001626	0.000189	-0.001290
	y	0.003157	-0.000117	0.002423	-0.000094
CT ₁₂	x	0.000309	-0.001659	0.000242	-0.001315
	y	0.003706	-0.000376	0.002846	-0.000294
CL ₁	x	0.000155	-0.001586	0.000123	0.001259
	y	0.000964	0.000917	0.000729	0.000703

Clădirea se încadrează în clasa II de importanță [7]. În cadrul acestei clase se încadrează construcțiile de importanță deosebită la care se impune limitarea avariilor avându-se în vedere consecințele acestora.

Deplasările maxime din ipoteza 3 sunt: la nivelul 5 de 3.706×10^{-3} m iar la nivelul 4 de 2.846×10^{-3} m ambele la cadrul transversal 12, pe direcția transversală clădirii (axa Oy). Pentru ipoteza 4 deplasările maxime sunt 1.707×10^{-3} m la nivelul 5 și 1.353×10^{-3} m la nivelul 4 pentru mai multe cadre transversale pe direcția longitudinală clădirii (Ox). Condiția impusă de standardele românești [6] este ca deplasarea relativă de nivel maximă să fie sub $0.004h_{\text{nivel}}$. Cum $h_{\text{nivel}} = 3.60$ m, deplasarea relativă de nivel admisă este de 14.4×10^{-3} m. Pe direcția transversală clădirii, valoarea deplasării relative maxime este de 3.096×10^{-3} m respectiv de 1.274×10^{-3} m pe direcția longitudinală.

Rosturile tehnologice, foto 4, sunt realizate astfel încât să îndeplinească toate condițiile impuse prin reglementări: deplasare seismică, dilatare termică, tasare. Ca urmare la nivelul suprastructurii rosturile dintre tronsoane au 0.10 m. Ele se continuă și la nivelul infrastructurilor având dimensiuni mult mai mici (cca. 0.02 m), foto 5. Rosturile sunt tratate arhitectonic astfel încât nu sunt vizibile.



Foto 5 Rost continuat și la nivelul infrastructurilor

Tabel 3

Cadru	ω
CT1	2.76
CT8	3.60
CL1	2.24

Una din condițiile pe care trebuie să le satisfacă valorile eforturilor secționale de dimensionare este ca mărimea raportul (ω) dintre valoarea momentului capabil și valoarea momentului de răsturnare din încărcarea seismică să fie cel mult egal cu 4, [6]. În tabelul 3 se exemplifică îndeplinirea acestei condiționări.

Măsuri suplimentare de armare, foto 6 a, b, au fost necesare datorită a doua aspecte și anume: (i) limitarea efectelor negative ale unei eventuale torsiuni generale datorată formei speciale în plan a tronsonului A2, și (ii) rezemarea acoperișului holului la nivelul 3 (cota +10,55 m).



Foto 6 a, b

Astfel: (i) la grinzile perimetrice s-au introdus armături suplimentare de rezistență pe înălțimea lor, (ii) la planșee unde armături de rezistență au fost puse atât la partea inferioară cât și la partea superioară, în câmp și pe reazeme.

4. CONCLUZII

Amplasamentul și condițiile impuse noii stații de cale ferată din orașul Focșani – România au făcut ca proiectarea ansamblului de clădiri ce o alcătuiesc să ridice multiple probleme de conformare, calcul și execuție.

În urma soluțiilor tehnice adoptate, privind alcătuirea, conformarea și dimensionarea elementelor de rezistență, s-a realizat în totalitate respectarea condițiilor impuse de reglementările tehnice aliniate la Eurocode, foto 7, a,b.



a.



b.

Foto 7

Cele mai dificile condiții de proiectare au fost ridicate de tronsonul A2. Concluziile

pentru acest tronson sunt:

- (i) din punct de vedere dinamic structura are o comportare rigidă deci aportul diafragmelor în ansamblul mixt al clădirii este predominant;
- (ii) deplasările relative de nivel maxime sunt sub valoarea impusă de reglementările tehnice;
- (iii) deplasarea absolută maximă este de $3.706 \times 10^{-3} \text{m}$ la cota maximă,
- (iv) rosturile tehnologice sunt atât la nivelul suprastructurii cât și la nivelul infrastructurii
- (v) suplimentarea armăturii de rezistență la grinzile perimetrare și planșee la toate nivelurile.

Bibliografie

- [1] Ș. Bălan, V. Cristescu, I. Cornea – *Cutremurul de pământ din România de la 4 martie 1977* – Ed. Academiei Române 1982
- [2] C Bucur, A. Ardelea, N. Chivu - *Repair and rehabilitation - Case studies - Three Building of Bucharest, Romania* - IABSE Colloquium Report IABSE- nr. de referință 2020, pag. 244-245/ ISBN 3-85748-094-8/Berlin, lucrarea pe CD – 1998 Berlin – Germania
- [3] G. Dragomir – *European transport corridors. Romanian railway substructure modernising projects for Corridor IV – Helsinki* – Revista Căilor Ferate Române nr. 1-2/2000, pp 3-7.
- [4] V. Fierbințeanu, A. Ardelea, C. Bucur, A. Rus - *Verificarea structurii unui acoperiș de tip paraboloid hiperbolic* - Revista Căilor Ferate Anul 86 nr.5-6 / 1999 pp:52-57 ISSN 1220-868X
- [5] Marusciac D. și alții – *Proiectarea structurilor etajate pentru construcții civile* – Ed. Tehnica 2000, București
- [6] A. Rus, C. Bălan, H. Kober, C. Bucur – *Structures with high seismic risk – Case Study – Passenger Building, Romania* - Durability and maintenance of concrete structures, International Symposium - Proceedings pp. 139-246, Ed. Secon HDGH - oct. 2004 Croatia
- [7] P100/2003 *Cod de proiectare seismică a construcțiilor* – proiect revizuire P100/92 – UTCB
- [8] P85-2001 *Cod de proiectare a construcțiilor cu pereți structurali din beton armat* – UTCB 2001
- [9] *Proiect de execuție Stație Focșani* – ISPCF – 2004
- [10] Site www.mt.ro/traceca/index