

CONFORMAREA LA ACȚIUNEA SEISMICĂ A UNEI STRUCTURI ÎN SISTEM DUAL - STUDIU DE CAZ P+8

THE STRUCTURAL CONFORMATION OF A DUAL SYSTEM FOR SEISMIC ACTIONS. CASE STUDY

Drd. ing. Anca RUS¹

¹ Institutul de Studii și Proiectări Căi Ferate - București, Romania
E-mail: bucurmecanica@yahoo.com

Rezumat: Conformarea sistemelor duale ridică încă unele probleme. În același timp acest sistem reprezintă o soluție pentru îmbunătățirea performanțelor seismice ale construcțiilor. Articolul prezintă unele din concluziile unui studiu de caz al unei structuri în sistem dual de beton armat cu regim de înălțime P+8. Au fost studiate opt variante de așezare a pereților. Calculele sunt în domeniul liniar-elastic folosind spectrul de răspuns.

Cuvinte cheie: sistem dual, performanță seismică, spectru de răspuns.

Abstract: The structural conformation of dual systems still raises some problems. Meanwhile this system represents a solution for the improvement of seismic performance of constructions. The article presents some of the conclusions of a case study regarding a dual system structure nine storey high. A total of eight ways of wall positioning were studied. The design is made in elastic-linear domain using response spectrum.

Keywords: dual system, seismic performance, response spectrum.

1. INTRODUCERE

Prezicerea răspunsului seismic al structurilor la cutremure viitoare conține o doză mare de incertitudine. Aceasta se datorează în primul rând imposibilității de a cunoaște cu exactitate caracteristicile cutremurelor de pământ viitoare, iar în cel de-al doilea rând ipotezelor simplificatoare folosite la calculul răspunsului structural. De aceea este foarte importantă o proiectare conceptuală a structurilor situate în zone seismice, care să asigure o comportare seismică corespunzătoare.

Structurile dimensionate la acțiuni seismice trebuie să satisfacă patru categorii de condiții:

- de rezistență (structura trebuie să fie capabilă să preia solicitările corespunzătoare încărcărilor de dimensionare);
- de rigiditate (de limitare a deformațiilor și deplasărilor construcției);
- de ductilitate (de asigurare a unei capacități suficiente de deformare pentru a evita cedările casante);
- de impunere a unui mecanism favorabil de disipare a energiei (incursiunile în domeniul post-elastic se dirijează către zone favorabile pentru comportarea structurii).

S-a studiat influența pozițiilor pereților structurali asupra comportării unor clădiri cu sistem structural dual, calculul efectuându-se în domeniul elastic. Este prezentată analiza unei structuri de tip dual cu regim de înălțime P+8, propunându-se opt variante de poziționare a pereților structurali, fig.1.

Obiectivele studiului au fost:

- determinarea caracteristicilor dinamice proprii ale structurii;
- verificarea deplasărilor maxime;

- procentul de preluare a forței tăietoare de proiectare la baza structurii de către stâlpii cadrelor și de către pereții structurali.

2. CARACTERISTICI STRUCTURALE. MODELARE

2.1 Caracteristici structurale

Structura studiată este teoretică. Dimensiunile elementelor de rezistență sunt calculate conform standardelor în vigoare. Se consideră că structura este amplasată în București și că are regim de înălțime parter + 8 etaje. Înălțimea parterului este de 4,50 m iar a etajelor 3,0 m.

Din punct de vedere arhitectural clădirea se consideră că are funcțiuni de birouri cu anexe specifice, compartimentări cu pereți din gips-carton, închideri cu pereți cortină.

Caracteristicile structurale și materiale folosite sunt: pereți structurali, stâlpi, grinzi, plăci de beton armat monolit; beton C24/30 ($f_{cd}=18\text{N/mm}^2$, $f_{td}=1,25\text{N/mm}^2$); oțel Pc 52 ($f_{yd}=300\text{N/mm}^2$)

Din punct de vedere al amplasamentului se consideră accelerația terenului pentru proiectare IMR 100ani, $a_g=0.24g$ și perioada de colt $T_c=1.6\text{sec}$. Caracteristicile structurii sunt: clasa de ductilitate H, clasa de importanță și expunere $\gamma I=1.2$

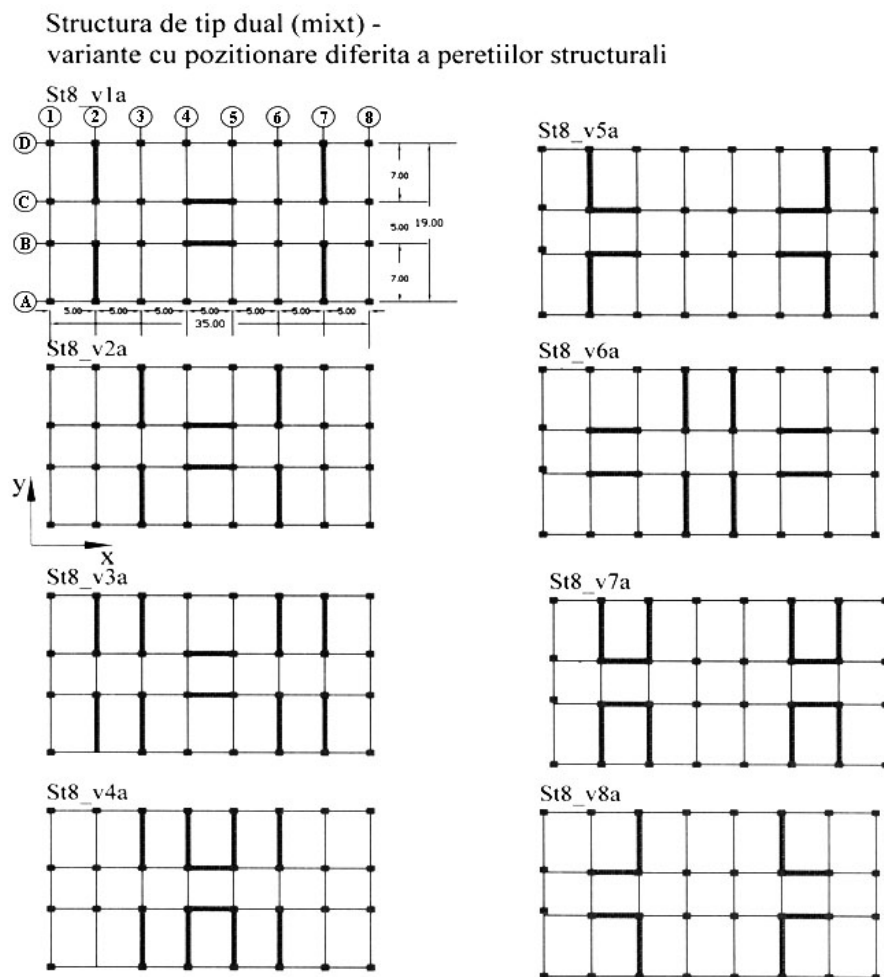


Fig. 1 Cele opt tipuri de structuri duale studiate

2.2 Modelarea structurii

Structura este modelată într-un ansamblu spațial, fig.2, de elemente unidimensionale și bidimensionale. Structura se consideră încastrată la baza de rezemare. Stâlpi și grinzi, au fost modelate folosind elemente finite unidimensionale tip bară dublu încastrată. Planșeele și pereții au fost modelați cu elemente bidimensionale tip shell. A fost folosit programul ROBOT(versiunea 22).

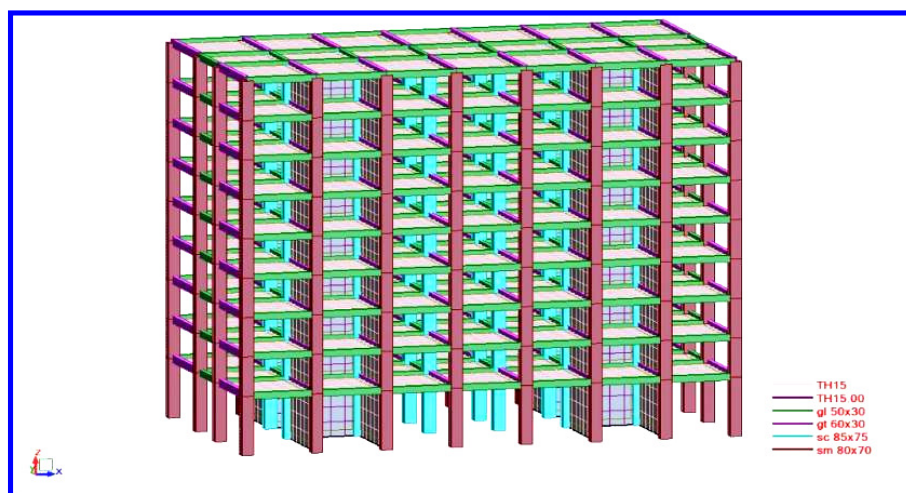


Fig. 2 Modelul de calcul – programul ROBOT

Calculul eforturilor a fost efectuat pentru următoarele grupări de acțiuni (care sunt alcătuite din zece cazuri de încărcări, din greutatea proprie a elementelor structurale, acțiuni climatice și utile):

$$1.35\Sigma G_{k,j} + 1.5Q_{k,1} + \Sigma 1.5\Psi_{0,i}Q_{k,i} : (\text{ULS- starea limită ultimă})$$

$$\Sigma G_{k,j} + 0.6\gamma_I A E_{k,1} + \Sigma \Psi_{2,i}Q_{k,i} : (\text{SLS – starea limită de serviciu}), \text{conform CR0-2005.}$$

Analiză			Definiție
COMB1 seism x-x	liniară	ULS	$(1+3+4+5+9+11)*1.00+(2+6+7)*0.40$
COMB2 seism y-y	liniară	ULS	$(1+3+4+5+9+12)*1.00+(2+6+7)*0.40$
COMB3	liniară	ULS	$(1+3+4+5+9+13)*1.00+(2+6+7)*0.40$
COMB4 seism x-x	liniară	SLS	$(1+3+4+5+9)*1.00+(2+6+7)*0.40+11*0.60$
COMB5 seism y-y	liniară	SLS	$(1+3+4+5+9)*1.00+(2+6+7)*0.40+12*0.60$
COMB6	liniară	SLS	$(1+3+4+5+9)*1.00+(2+6+7)*0.40+13*0.60$

3. RĂSPUNSUL STRUCTURAL

3.1 Caracteristicile dinamice proprii

În tabelul 3.1 sunt prezentate caracteristicile primelor moduri proprii de vibrație: perioada și procentul de participare a maselor pe cele trei direcții x, y și z.

Tabel 3.1 Caracteristici proprii de vibrație - Compararea celor opt variante

Denumire	Caracteristici dinamice proprii								
	T (sec)	Part - masa Dx%	Part-masa Dy%	Part - masa Dz%	Denumire	T (sec)	Part - masa Dx%	Part-masa Dy%	Part - masa Dz%
St8 _V1	0,97	75 (M1)			St8 _ V5	0,74	74 (M1)		
	0,67		74 (M2)			0,61		75 (M2)	
	0,12			52 (M8)		0,17			38 (M7)
St8 _V2	0,96	75 (M1)			St8 _ V6	0,79	73 (M2)		
	0,63		74 (M3)			0,67		72 (M3)	
	0,12			50 (M9)		0,11			60 (M9)
St8 _V3	0,97	75 (M1)			St8 _ V7	0,67	76 (M1)		
	0,51		72 (M3)			0,50		72 (M3)	
	0,11			30 (M8)		0,12			28,5(M7)
St8 _V4	0,85	77 (M1)			St8 _ V8	0,77	74 (M2)		
	0,51		72 (M3)			0,64		75 (M3)	
	0,12			40 (M9)		0,12			40 (M8)

3.2.Verificarea deplasărilor

Se va face verificarea la două stări limită:

1. starea limită de serviciu (SLS),
2. starea limită ultimă (ULS).

- *Verificare la starea limită de serviciu (SLS)*

Verificarea are drept scop menținerea funcțiunii principale a clădirii în urma unor cutremure, ce pot apărea de mai multe ori în viața construcției, prin evitarea degradărilor elementelor nestructurale și a componentelor instalațiilor aferente construcției.

Verificarea la deplasare se va face pe baza expresiei:

$$dr^{SLS} = v \cdot q \cdot dr < dra^{SLS} \quad (3.1)$$

- *Verificare la starea limită ultimă (SLU)*

Verificarea are drept scop principal prevenirea prăbușirii închiderilor și compartimentărilor, limitarea degradărilor structurale și a efectelor de ordin II.

$$dr^{SLU} = c \cdot q \cdot dr < dra^{SLU} \quad (3.2)$$

unde : dr este deplasarea relativă de nivel, determinată prin calcul static sub încărcările seismice de proiectare

Tab. 3.2. Exemplu de valori ale deplasărilor relative : Structura tip st8_v1a, Cadrul AX1
Verificarea la starea limita de serviciu (SLS)(P100-1 – Anexa E) – Combinațiile 4 și 5

	COMB.4-seism x-x	COMB.5-seism y-y	SLS	
etaj	drx/h	dry/h	v*q*drx/h	v*q*dry/h
8	0,000732667	0,000418000	0,00138474	0,00079002
7	0,000839667	0,000433000	0,00158697	0,00081837
6	0,000910333	0,000450333	0,00172053	0,00085113
5	0,000948667	0,000453333	0,00179298	0,00085680
4	0,000960333	0,000443667	0,00181503	0,00083853
3	0,000933667	0,000418667	0,00176463	0,00079128
2	0,000862333	0,000374000	0,00162981	0,00070686
1	0,000757000	0,000322333	0,00143073	0,00060921
P	0,000442889	0,000204889	0,00083706	0,00038724
dr/h (admisibil) SLS = 0.005				

3.3. Comparație privind valorile forței tăietoare de proiectare la baza structurii preluată de stâlpii cadrelor și de pereții structurali

Pentru această comparație au fost selecționate patru din cele opt variante studiate inițiale și anume cele prezentate în figura 3.

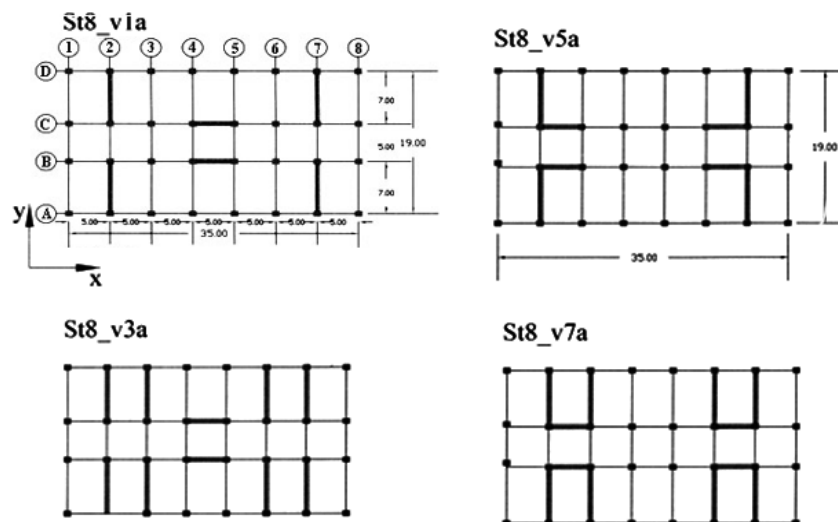
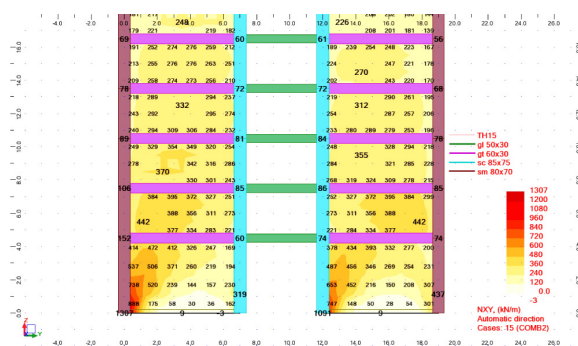
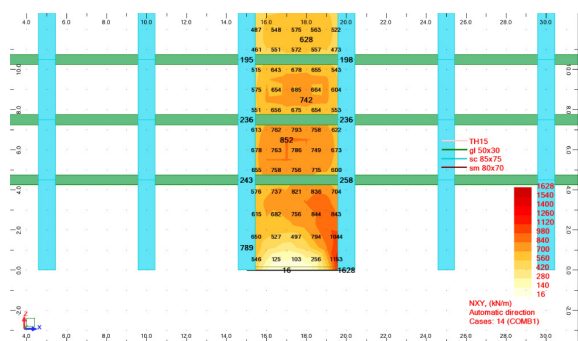


Fig.3 Cele patru tipuri de structuri duale studiate

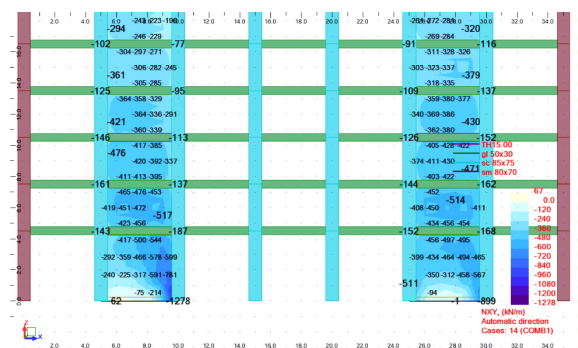
Pentru exemplificare în figura 4 sunt prezentate spectre de eforturi unitare în pereți pentru diferitele tipuri de structuri.



Secțiune transversală – structura St8-v1a



Secțiune longitudinală – structura St8-v1a



Secțiune longitudinală – structura St8-v5a

Fig. 4 Exemple de distribuții ale eforturilor unitare în pereții structurali

A fost calculată forța tăietoare de bază și s-au determinat procente în care aceasta este preluată de stâlpi și pereți. În tabelul 3.3 sunt prezentate procente de preluare a eforturilor prin comparație stâlpi – pereți.

Tab. 3.3 Exemple de valori ale eforturilor tăietoare în stâlpi și pereți la bază
Combi-națiilor de încărcare pentru starea S, seism pe direcțiile x-x și y-y

comb1	seism x-x	cadre	pereti	total	participare	participare
		(KN)	(KN)	(KN)	cadre	pereti
	st8_v1a	2344	5723,16	8067,16	0,29	0,71
	st8_v3a	1310	4436,44	5746,44	0,23	0,77
	st8_v5a	1326	5750,16	7076,16	0,19	0,81
	st8_v7a	1149	5157,84	6306,84	0,18	0,82
comb2	seism y-y	cadre	pereti	total	participare	participare
		(KN)	(KN)	(KN)	cadre	pereti
	st8_v1a	978	9193,67	10171,67	0,10	0,90
	st8_v3a	504	10352,48	10856,48	0,05	0,95
	st8_v5a	951	8122,28	9073,28	0,10	0,90
	st8_v7a	480	10742,29	11222,29	0,04	0,96

4. COMENTARII

În funcție de amplasarea pereților structurali (de îndesirea acestora) în cadrul aceleiași structuri se constată:

- deplasările relative de nivel se încadrează în valorile admisibile atât pentru starea limită de serviciu (SLS) cât și pentru starea limită ultimă (ULS), în toate cele opt variante de așezare a pereților structurali studiate;
- proporția în care este preluată forței tăietoare de către cadre variază între limitele 10% - 30%;
- proporția în care este preluată forței tăietoare de către pereții structurali variază între limitele 90% - 70%

Autoarea continuă studiul analizând structuri cu regim de înălțime mai mare (P+12, P+14) urmărind realizarea unei comparații privind comportarea acestora. Studiul de conformare seismică este completat cu un studiu de sensibilitate la prăbușire progresivă.

ACKNOWLEDGEMENT: The author acknowledge the financial support of the PN II - CDI project code CNCSIS – program IDEI, ID_8/2007 - Progressive Collapse.

BIBLIOGRAFIE

- [1] Agent R., (1998) - “Expertizarea și punerea în siguranță a clădirilor existente afectate de cutremure”, 1997/1998
- [2] Ardelea A., Rus A., Bucur C. (2006) - *Reabilitare constructii utilitare pentru calea ferata* – Simpozion aniversar „125 de ani de invatamant tehnic romanesc in domeniul infrascructurii transporturilor 1881-2006” – UTCB/CFDP, mai 2006, pag. 57-64.

- [3] **Clough W.R., Penzien J.**, (1993) - “*Dinamics of structures*”- second edition International Editions 1993
- [4] **Dubina D., Lungu D.**, (2003) - “*Construcții amplasate în zone cu mișcări seismice puternice*” - Editura Orizonturi Universitatea Timișoara 2003
- [5] **Rus A., Bălan C., Kober H., Bucur C.**, (2004) – 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, ISBN 953-6175-21-5 - oct. 2004 Croatia
- [6] **Rus A.** (2008) - *Studiul aplicării sistemului dual la construcții noi și existente* – referat 1
- [7] **Rus A.** (2009) - *Modelarea în calculul structurilor de tip dual* – referat 2
- [8] Cod P 100-1/2006 – Cod de proiectare seismică. Partea I
- [9] Cod CR 1-1-3-2005 – Evaluarea acțiunii zăpezii asupra construcțiilor
- [10] Cod CR 0-2005 – Bazele proiectării structurilor în construcții
- [11] Contract 217 din 14.11.2005 (ctr. U.T.C.B. nr. 158/02.08.2005) - “*Proiectarea seismică a clădirilor – volumul 2 – comentarii și exemple de calcul*” – responsabil lucrare Tudor Postelnicu
- [12] Cod pentru proiectarea construcțiilor cu pereți structurali din beton armat-P85-1996
- [13] Cod de proiectare a construcțiilor cu pereți structurali de beton armat-CR 2-1-1.1-2005
- [14] Manual de utilizare a programului ROBOT – V22