
INSTITUTUL NATIONAL DE CERCETARE-DEZVOLTARE IN
CONSTRUCTII SI ECONOMIA CONSTRUCTIILOR
INCERC Filiala Cluj

AxisVM 5.0

Program de elemente finite

Testari pe exemple structurale

septembrie 2000

COLECTIV DE ELABORARE

Cercetator stiintific ing. Levente KOVACS

- analiza structurilor cu programele AxisVM, CADRE, CASE, DEFBAR, PROKON, ROBOT
- prelucrarea si interpretarea rezultatelor
- analiza rezultatelor si elaborarea lucrarii

Cercetator principal ing. Ioan BOTEZ

- analiza rezultatelor si elaborarea lucrarii

CUPRINS

	Pagina
A	INTRODUCERE
B	ASPECTE GENERALE
C	ANALIZE EFECTUATE
D	REZULTATELE TESTARILOR
D.1.	CADRU PLAN - analiza statica, modala si seismica
D.2.	CADRU SPATIAL - analiza statica si seismica
D.3.	PLACI PLANE IN DOMENIUL ELASTIC - analiza statica si armare
D.4.	CADRU PARTER – stabilitate
D.5.	CADRU PARTER – linii de influenta
D.6.	ARMARE STALP – verificare armare
E	CONCLUZII

A. INTRODUCERE

In lucrarea de fata sunt prezentate rezultatele verificarilor facute pe programul de elemente finite AxisVM versiunea 5.0. Pentru verificare au fost alese sase exemple structurale, iar rezultatele au fost comparate cu cele obtinute cu ajutorul altor programe.

In timpul testarilor, in afara de corectitudinea rezultatelor au mai fost urmarite urmatoarele aspecte:

- modul de introducere a datelor;
- prezentarea datelor si posibilitatea prelucrarii acestora.

B. ASPECTE GENERALE

Programul AxisVM versiunea 5.0 este varianta imbunatatita a programului Axis-3D versiunea 3.6. Noul program este transcris complet sub WINDOWS, folosind toate facilitatile acestor sisteme de operare.

Interfata programului a fost integral reproiectata, pastrand insa elementele specifice ale versiunilor mai vechi. In versiunea noua a programului se gasesc toate elementele si caracteristicile unei aplicatii WINDOWS. Pentru editarea modelului se pot utiliza ferestre multiple.

Modul de editare a retelei de elemente finite este imbunatatit cu functiile: trasare linie, retele dreptunghiulare si retele triunghiulare. In timpul editarii sunt disponibile functiile specifice programelor de desenare: perpendicular, paralel, punct central, intersectie si nod.

Pe langa sistemul de coordonate cartezian, se poate opta pentru utilizarea sistemelor de coordonate sferice si cilindrice.

Au fost imbunatatite functiile de copiere, oglindire si rotire.

Pentru o mai fidela modelare a structurilor au fost introduse in program elementele finite triunghiulare, de arc si de contact.

Cu elementele finite triunghiulare se pot modela placi, saibe si membrane de forme care nu se pot modela corect cu elementele finite dreptunghiulare.

Pentru elementele de arc se poate defini rigiditatea si limita de elasticitate pentru fiecare tip de efort. Un efort mai mare decat limita de elasticitate nu poate fi preluat de arc.

Cu elementul de contact se poate simula contactul dintre doua puncte ale structurii. Contactul poate prelua intindere sau compresiune. Elementele de arc si contact au fost concepute pentru a fi utilizate in analizele neliniare.

Programul calculeaza eforturile unitare pentru elementele finite tip bara si elementele finite plane. In cazul elementelor finite plane sunt calculate si eforturile Von Mises.

Pentru a prelucra rezultatele obtinute in urma analizelor neliniare, se pot selecta, inainte de inceperea calculului, doua din componentele rezultatelor (de exemplu, pentru diagrama P- Δ , deplasarea si forta).

La reprezentarea diagramelor, numarul culorilor se poate modifica, rescaland fereastra de scara a culorilor cu ajutorul mouse-ului. Numarul maxim de culori este de 29.

In aceasta versiune este introdus in program un modul de verificare a sectiunilor de stalpi din beton armat. Acest modul, pe baza modelelor de materiale si ipotezelor din STAS 10107/0-90, traseaza suprafata de interactiune N-M, iar apoi verifica daca eforturile efective se afla in interiorul sau exteriorul suprafetei de interactiune.

Rezolvarea valorilor proprii se face prin metoda iterarii in subspatiu, in acest fel scazand timpul de calcul de aproximativ trei ori fata de versiunea precedenta a programului.

Modulul de analiza statica a fost imbunatatit prin implementarea in program a metodei Cholesky modificata.

Editorul grafic de profile si sectiuni permite editarea sectiunilor de elemente liniare de forma oarecare, care pot fi salvate in baza de date a sectiunilor. In timpul editarii profilelor, caracteristicile sectionale (arie, momente de inertie) sunt calculate instantaneu si afisate pe ecran.

Baza de date a modelelor a fost imbunatatita. La pornirea acestei functii, discul fix este scanat in intregime, iar fisierele gasite sunt afisate in doua ferestre alaturate, cu care se pot face operatii de stergere, copiere si vizualizare.

Eforturile de dimensionare se determina din ipoteze de incarcare conform STAS 10101/OA-77.

Fortele seismice sunt evaluate conform normativului P100-92.

Caracteristicile principale ale programului sunt prezentate in urmatorul tabel:

Platforma:	Windows 95/98/NT/2000
Cerinte HARD:	PENTIUM 64M RAM, placa video 800x600 la 16 biti adancime de culoare, unitate CD pentru instalare, 300MB spatiu liber pe harddisc
Preprocesor:	Complet grafic
Analize:	Statica de ordinul I si II, analiza modala de ordinul I si II, analiza de stabilitate, linii de influenta, analiza seismica, verificare armare stalp.
Postprocesor:	Complet grafic
Elemente finite:	Zabrea, bara, nervura, saiba, placa, invelitoare, arc, contact, reazem
Incarcari:	Nodale, distribuite pe bare si elemente finite plane, forta de pretensionare, din variatii de temperatura, date de seism, de lichid, cedare de reazem
Module suplimentare:	Determinare cantitati de armatura pentru placa, saiba, invelitoare, verificare armare stalp
Standarde implementate:	STAS 10107/0-90, STAS 10101/OA-77, P100-92
Legatura cu alte programe:	ArchiCAD, AutoCAD DXF

C. ANALIZE EFECTUATE

Verificarea programului AxisVM versiunea 5.0 s-a realizat prin intermediul testarilor numerice. S-au luat in studiu urmatoarele tipuri de probleme:

Cadru plan, – analiza modala, statica si seismica;

Cadru spatial, – analiza modala, statica si seismica;

Placa plana in domeniul elastic, - analiza statica si armare;

Cadru parter – stabilitate;

Cadru parter – linii de influenta;

Verificare sectiune stalp beton armat, varianta de armare simetrica.

Pentru comparare si evaluare au fost utilizate programe de calcul atestate in Romania (CADRE, CASE 96, DEFBAR), cu larga recunoastere mondiala (ROBOT, PROKON), precum si calcule analitice.

S-au comparat eforturi maxime, deformatii, arii de armatura rezultate, parametrul incarcarii critice, forma de pierdere a stabilitatii, perioade proprii de vibratie.

D. REZULTATELE TESTARILOR

Cele șase probleme alese au fost analizate în paralel cu programul AxisVM versiunea 5.0 și cu programele CADRE, CASE96, DEFBAR, ROBOT și PROKON.

În cadrul testărilor s-au urmărit în mod special analizele implementate conform standardelor românești:

- analiza seismică a structurilor plane conform normativului P100-92,
- analiza seismică a structurilor spațiale conform normativului P100-92 anexa C,
- gruparea încărcărilor conform STAS 10101/OA-77,
- verificare armare secțiune stalp conform STAS 10107/0-90.

D.1. CADRU PLAN - analiza statica, modala si seismica

Structura analizata

Pentru testari s-a ales un cadru plan cu doua deschideri inegale de 6.80 m respectiv 5.40 m si cu opt niveluri (figura nr. 1.1). Primul nivel are inaltimea de 4.00 m iar restul de 3.00 m. Structura analizata este dintr-un material cu modulul de elasticitate $2\,700\text{ kN/cm}^2$.

Modelarea structurii si a incarcarilor

Structura propusa a fost modelata in felul urmatoar:

- nodurile: noduri punctuale;
- barele: elemente finite de tip bara cu trei grade de libertate pe fiecare nod, prinse rigid in noduri;
- reazemele: incastrari perfecte.

Incarcarile:

S-au considerat doua ipoteze de incarcare:

- ipoteza cu incarcari gravitationale, uniform distribuite pe bare si concentrate in noduri;
- ipoteza seismica cu masele concentrate in nodurile axului central si cu coeficientii $k_s=0.2$, $\psi=0.25$, $\alpha=1.0$, $T_c=1.0\text{ s}$ conform P100-92;

Discretizarea structurii este prezentata in figura nr. 1.1 si 1.2.

Analizele efectuate

- dinamica ordinul I
- statica ordinul I
- seismica

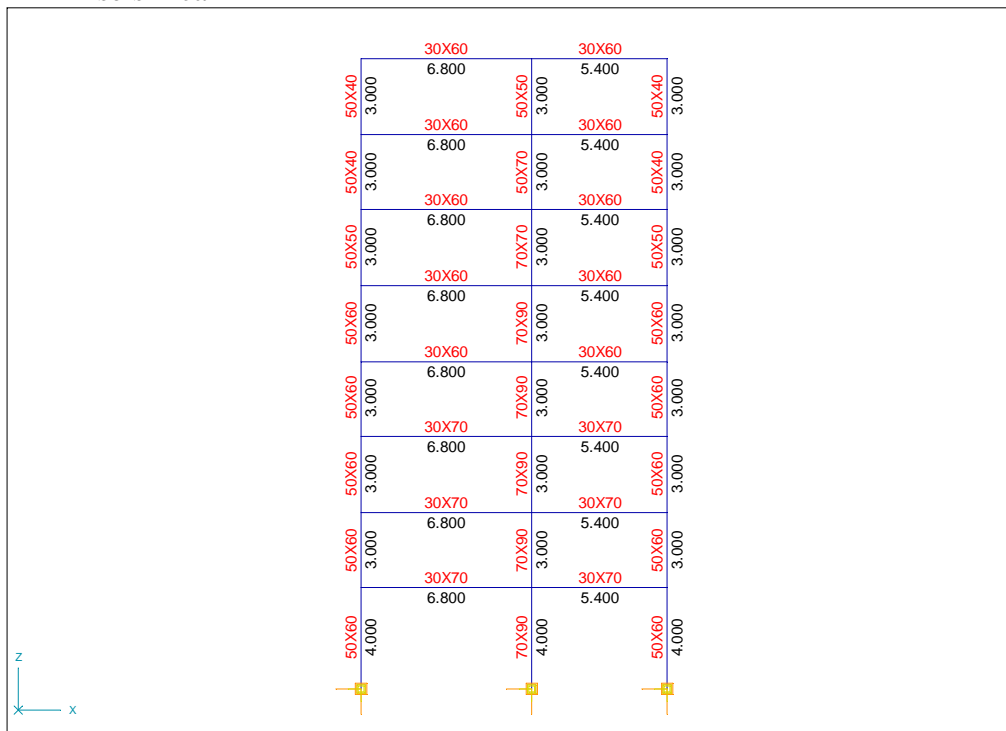


Figura nr. 1.1. Geometria structurii

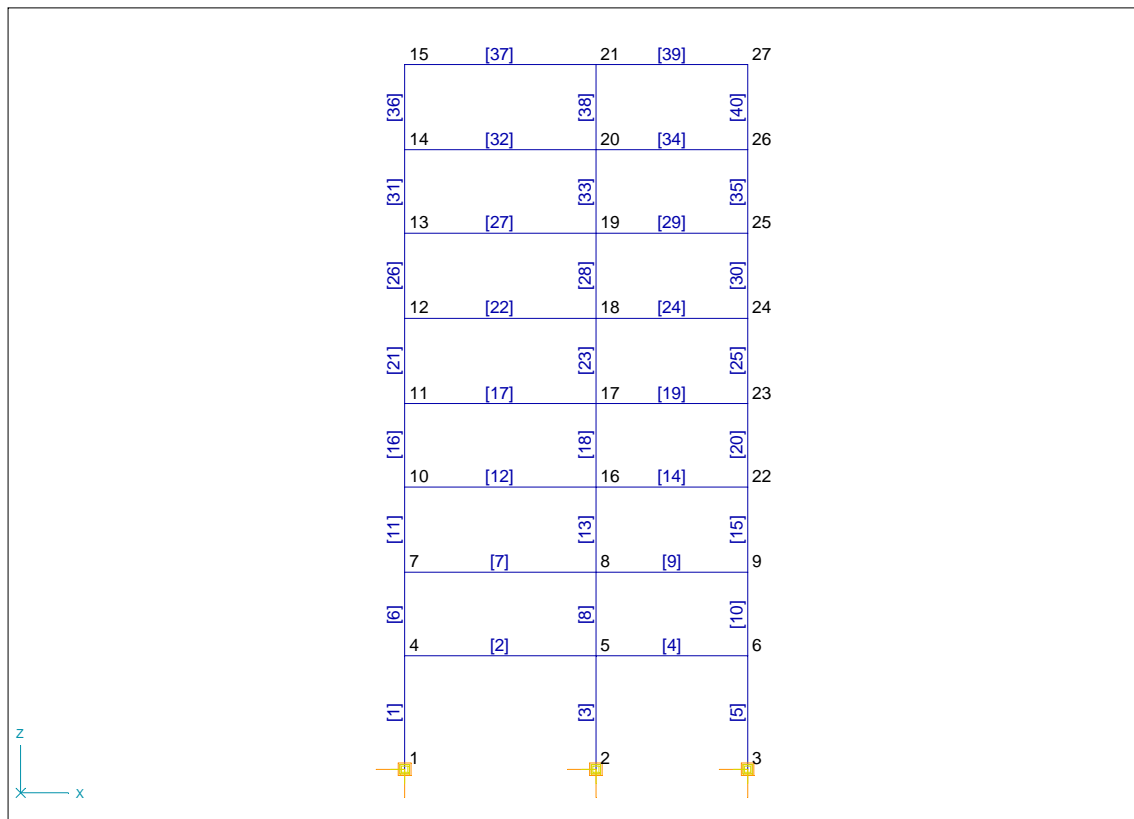


Figura nr. 1.2. Topologia structurii

Rezultate

Pentru comparatie s-au efectuat analize cu programul CADRE (din biblioteca IPCT SA) si SPACE FRAME v6.19 din pachetul de programe PROKON.

Perioadele proprii obtinute in primele 3 moduri de vibratie cu cele trei programe sunt prezentate in tabelul nr. 1.1.

Tabelul nr. 1.1.

Modul de vibratie	AXISVM 5.0	CADRE	PROKON
1	0.964	0.964	0.964
2	0.326	0.326	0.326
3	0.180	0.180	0.180

Coeficientii de echivalenta in primele 3 moduri de vibratie obtinuti cu AxisVM si CADRE sunt dati in tabelul 1.2.

Tabelul nr. 1.2.

Modul de vibratie	AXISVM 5.0	CADRE
1	0.784	0.784
2	0.131	0.131
3	0.042	0.042

Analiza seismică după P100-92 a fost efectuată cu programul CADRE. Forțele seismice de nivel în primele trei moduri de vibrație sunt comparate în tabelul nr. 1.3 iar deplasările în tabelul nr. 1.4.

Tabelul nr. 1.3.

Nodul	Modul 1		Modul 2		Modul 3	
	AXISVM 5.0 [kN]	CADRE [kN]	AXISVM 5.0 [kN]	CADRE [kN]	AXISVM 5.0 [kN]	CADRE [kN]
5	11.22	11.17	14.20	14.10	12.23	12.34
8	24.24	24.22	27.13	27.10	18.89	18.92
16	38.07	38.07	34.69	34.66	14.85	14.85
17	52.86	52.88	33.95	33.92	0.89	0.81
18	68.01	67.99	24.33	24.34	-15.20	-15.25
19	82.35	82.35	5.28	5.25	-21.22	-21.29
20	94.26	94.23	-19.67	-19.58	-6.54	-6.38
21	102.15	102.14	-40.81	-40.82	21.45	21.41

Tabelul nr. 1.4.

Nodul	Modul 1		Modul 2		Modul 3	
	AXISVM 5.0 v3.6 [cm]	CADRE [cm]	AXISVM 5.0 v3.6 [cm]	CADRE [cm]	AXISVM 5.0 v3.6 [cm]	CADRE [cm]
5	4.27	4.27	0.62	0.62	0.16	0.16
8	9.26	9.26	1.18	1.18	0.25	0.25
16	14.56	14.56	1.51	1.51	0.20	0.20
17	20.22	20.02	1.48	1.48	0.01	0.01
18	25.99	26.00	1.06	1.06	-0.20	-0.20
19	31.48	31.49	0.23	0.23	-0.28	-0.28
20	36.02	36.03	-0.85	-0.85	-0.09	-0.09
21	39.05	39.06	-1.78	-1.78	0.28	0.28

Media patratică a eforturilor pentru barele primului nivel este prezentată în tabelul nr. 1.5.

Tabelul nr. 1.5.

Bara	Dist [m]	N[kN]		T[kN]		M[kN]	
		AXISVM 5.0 v3.6	CADRE	AXISVM 5.0	CADRE	AXISVM 5.0	CADRE
1	0.00	483.6	483.5	84.0	-84.0	244.1	243.9
	4.00	483.6	-483.5	84.0	84.0	92.2	92.2
3	0.00	214.8	-214.8	306.0	306.1	1027.4	1027.8
	4.00	214.8	214.8	306.0	306.1	197.5	198.1
5	0.00	698.4	698.3	90.4	90.4	252.7	252.6
	4.00	698.4	-698.3	90.4	-90.4	109.0	109.0
2	0.00	20.8	20.8	79.5	-79.4	263.5	263.3
	6.80	20.8	20.8	79.5	79.4	276.9	-276.9
4	0.00	32.2	-32.3	118.5	118.5	331.3	331.3
	5.40	32.2	32.3	118.5	118.5	308.7	-308.6

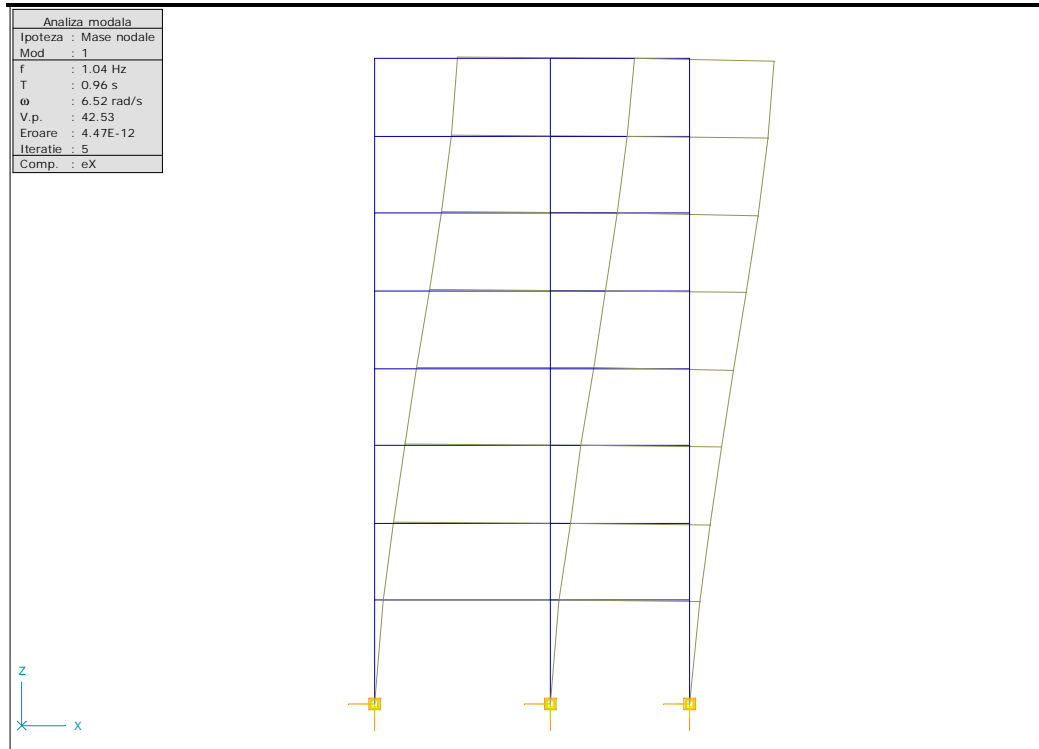


Figura nr. 1.3 Modul 1 de vibratie

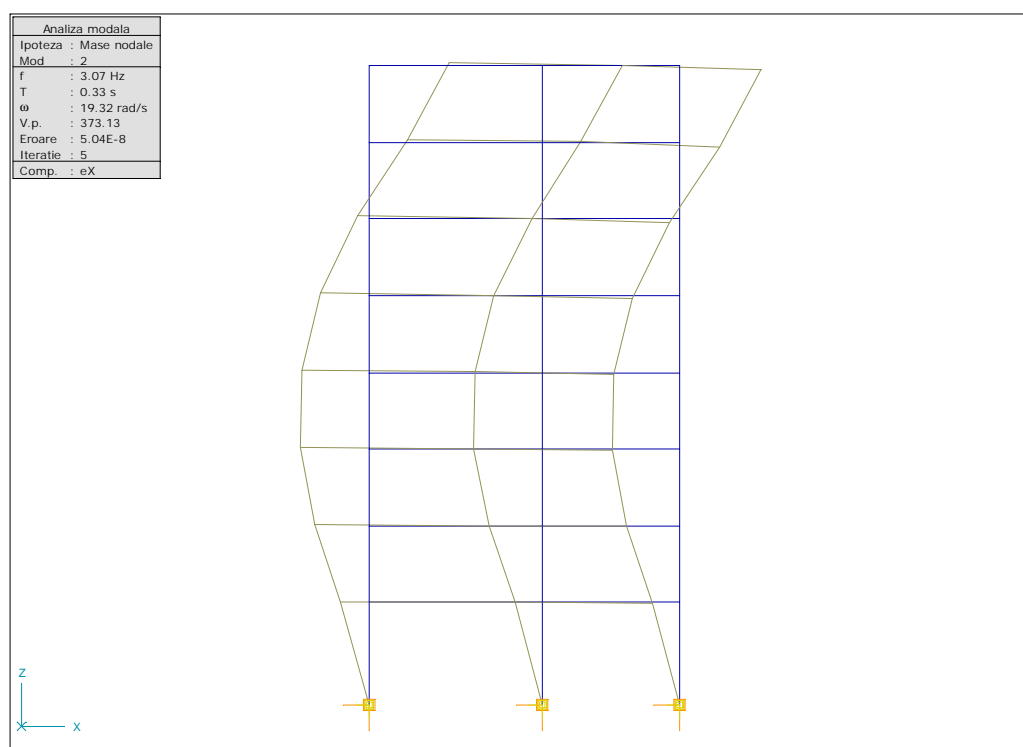


Figura nr. 1.4 Modul 2 de vibratie

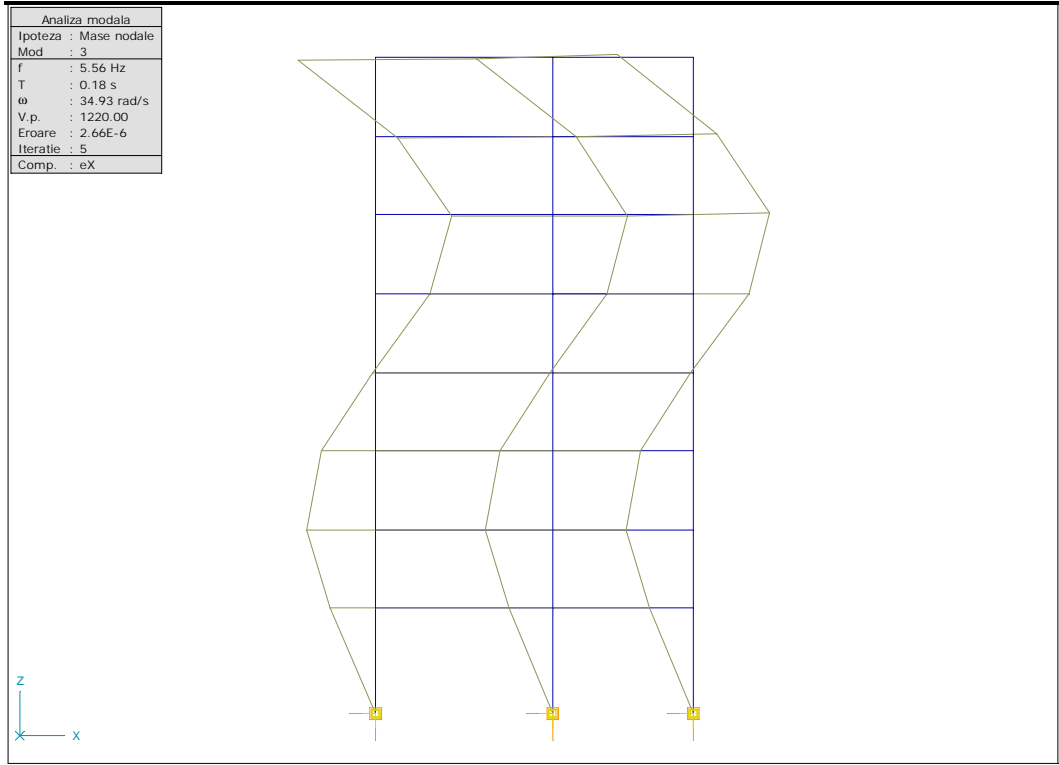


Figura nr. 1.5 Modul 3 de vibratie

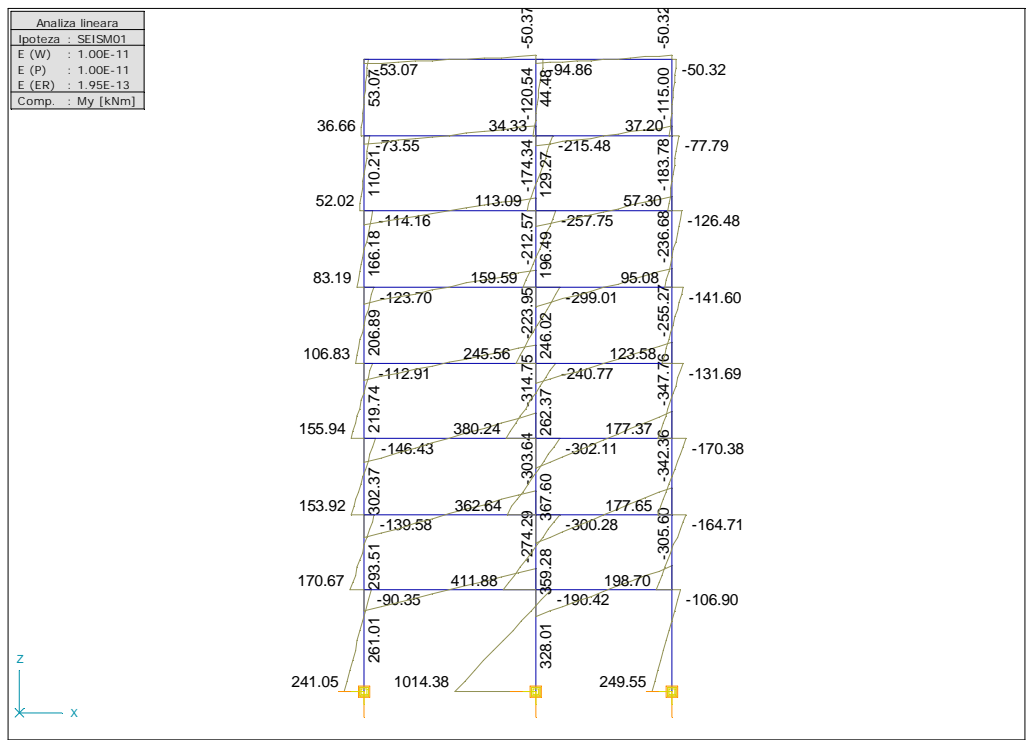


Figura nr. 1.6 Momente incovoietoare. Modul 1 de vibratie

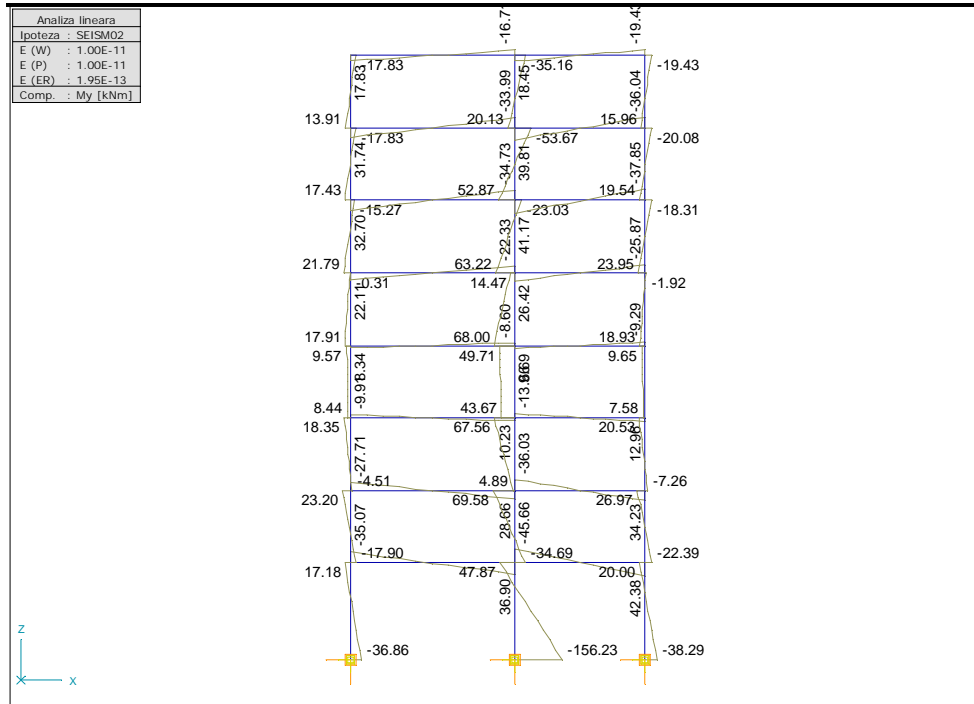


Figura nr. 1.7 Momente incovoietoare. Modul 2 de vibratie

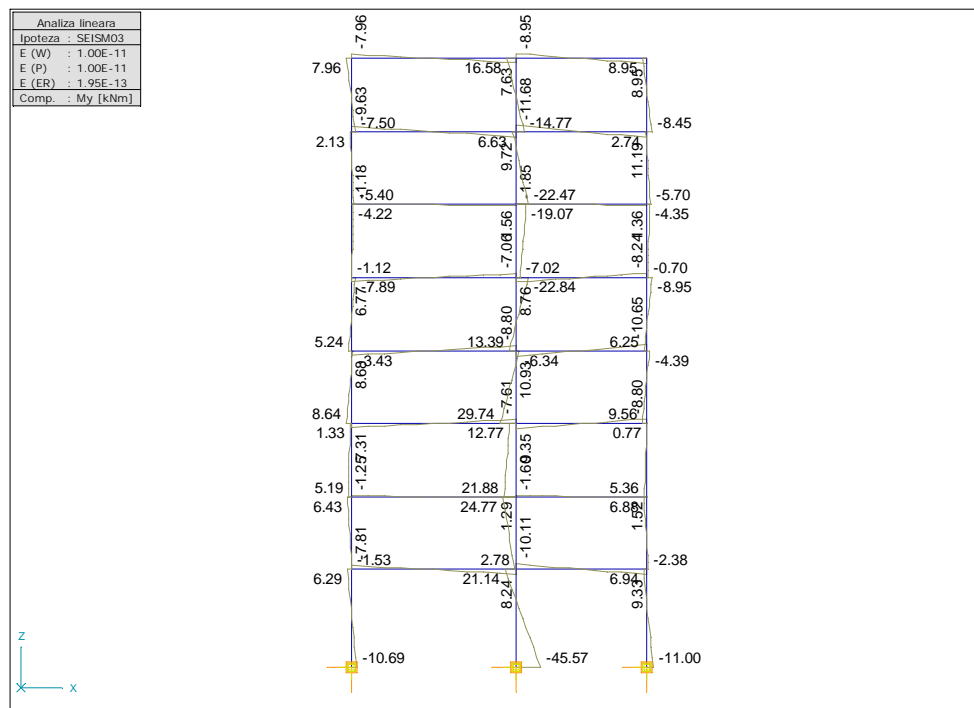


Figura nr. 1.8 Momente incovoietoare. Modul 3 de vibratie

Referinte

1. Catarig, A., Petrina, M. – “Statica constructiilor”, Editura Dacia, Cluj-Napoca 1991
2. P 100-92 - “Normativ pentru proiectarea antiseismica a constructiilor de locuinte, social-culturale, agrozootehnice si industriale”
3. INCERC Filiala Cluj “Cercetari privind identificarea gradului de conlucrare dintre rigla si placa la structurile in cadre si duale din beton armat supuse preponderent actiunii seismice.” Contract Nr. 936/1993
4. Rezultatele analizelor efectuate cu programele CADRE si PROKON.

D. 2. CADRU SPATIAL - analiza statica si seismica

Structura analizata

Pentru testari s-a ales o structura cu sase cadre transversale avand doua deschideri egale de 4.00m si noua niveluri (figura 2.1). Travea este de 4.00m iar inaltimea de nivel este de 3.00 m. Sectiunea riglelor este 25x60cm iar a stalpilor 60x70cm. Structura analizata este realizata dintr-un beton cu modulul de elasticitate 2700 kN/cm^2 .

Modelarea structurii si a incarcarilor

Structura propusa a fost modelata in felul urmatoar:

- nodurile: noduri punctuale;
- barele: elemente finite de tip bara cu trei grade de libertate pe fiecare nod, prinse rigid in noduri;
- reazemele: incastrari perfecte;
- planseul: cu rigle avand rigiditate infinita in planul placii.

Incarcarile:

S-a considerat numai ipoteza seismica cu masele concentrate la capetele riglelor (masa de nivel 1200 kg/m^2) si coeficientii $k_s=0.2$, $\psi=0.25$, $\alpha=1.0$, $T_c=0.7 \text{ s}$, $V_e=400 \text{ m/s}$ conform P100-92;

Analizele efectuate

- analiza modala
- seismica

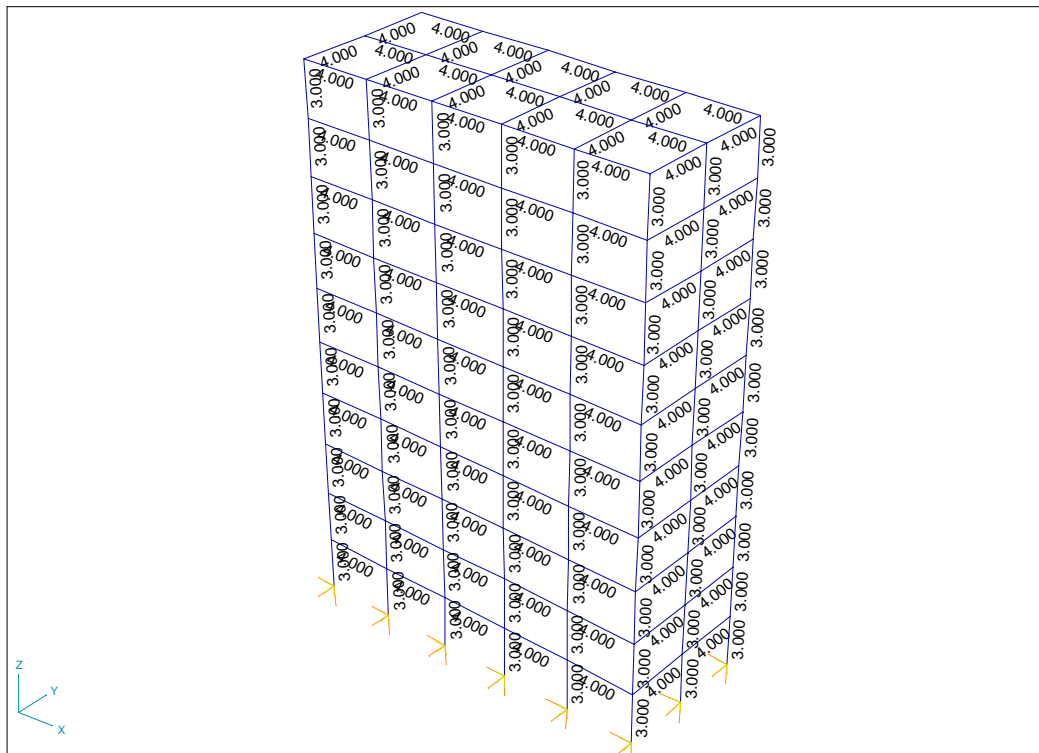


Figura nr. 2.1 Geometria structurii

Rezultate

Pentru comparatie s-au efectuat analize cu programul CASE96 .

Perioadele proprii obtinute in primele 6 moduri de vibratie cu cele doua programe sunt prezentate in tabelul nr. 2.1.

Tabelul nr. 2.1.

Modul de vibratie/directia	Perioada T[s]	
	AXISVM 5.0	CASE93
1/x	0.867	0.883
2/y	0.793	0.808
3/ θ	0.702	0.694
4/x	0.270	0.275
5/y	0.255	0.259
6/ θ	0.223	0.219

Coeficientii de echivalenta in primele 6 moduri de vibratie obtinuti cu AxisVM si CASE96 sunt dati in tabelul 2.2.

Tabelul nr. 2.2.

Modul de vibratie	AXISVM 5.0	CADRE
1	0.780	0.780
2	0.800	0.800
3	0.000	0.002
4	0.112	0.112
5	0.101	0.101
6	0.000	0.005

Fortele taietoare de baza obtinute cu cele doua programe in primele 6 moduri de vibratie sunt prezentate in tabelul nr. 2.3.

Tabelul nr. 2.3.

Modul de vibratie/directia	Forta taietoare de baza							
	AXISVM 5.0				CASE96			
	Qbx[kN]	Qby[kN]	Mby[kN]	Mbx[kN]	Qbx[kN]	Qby[kN]	Mby[kN]	Mbx[kN]
1/y	0	1713	0	36055	0	1700	0	35780
2/x	1814	0	37628	0	1800	0	37360	0
3/ θ	0	0	0	0	0	0	0	0
4/y	264	0	0	433	0	264	0	430
5/x	0	239	807	0	238	0	798	0
6/ θ	0	0	0	0	0	0	0	0

Deplasarile maxime obtinute cu cele doua programe la nivelul acoperisului in primele 6 moduri de vibratie sunt prezentate in tabelul nr. 2.4.

Tabelul nr. 2.4.

Modul de vibratie/directia	Deplasarea maxima la varful constructiei			
	AXISVM 5.0		CASE96	
	dx[cm]	dy[cm]	dx[cm]	dy[cm]
1/y	0.0	2.9	0.0	2.9
2/x	2.4	0.0	2.5	0.0
3/ θ	0.0	0.0	0.0	0.0
4/y	0.1	0.0	0.1	0.0
5/x	0.0	0.1	0.0	0.1
6/ θ	0.0	0.0	0.0	0.0

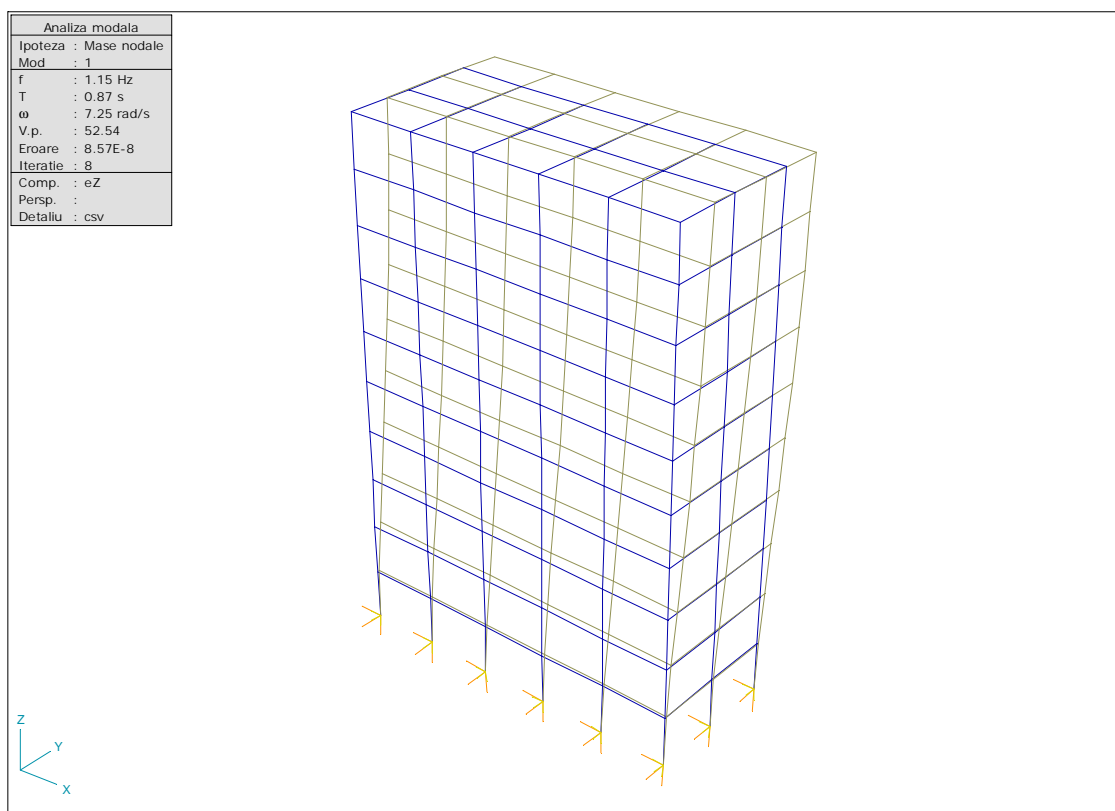


Figura nr. 2.2 Modul 1 de vibratie

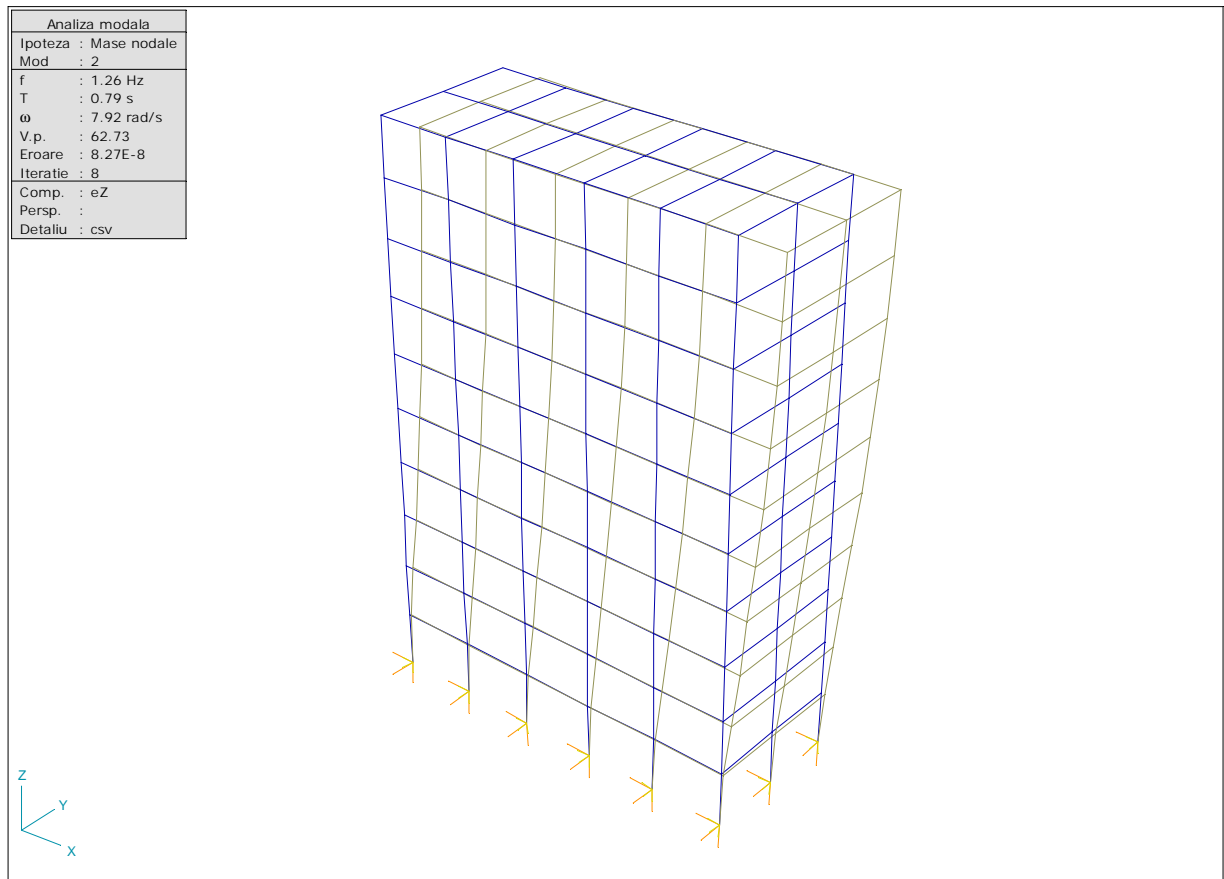


Figura nr. 2.3 Modul 2 de vibratie

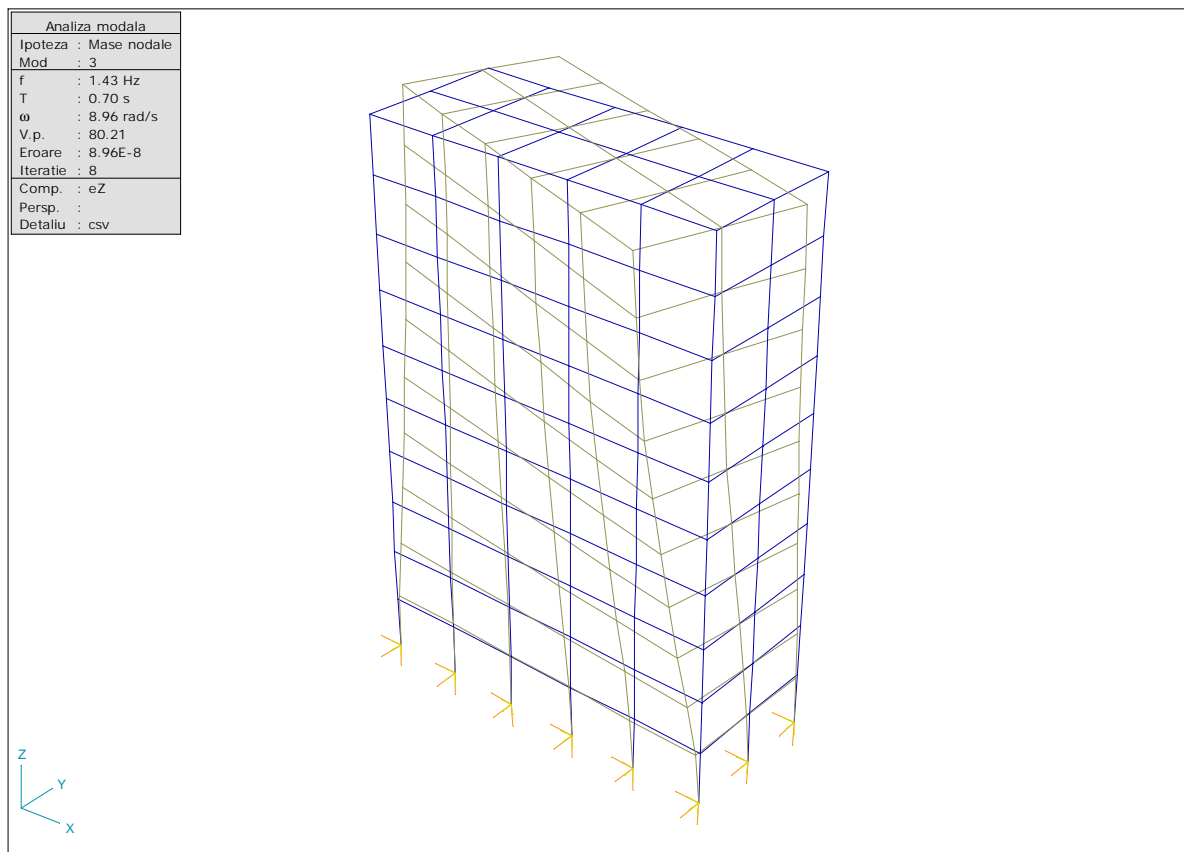


Figura nr. 2.4. Modul 3 de vibratie

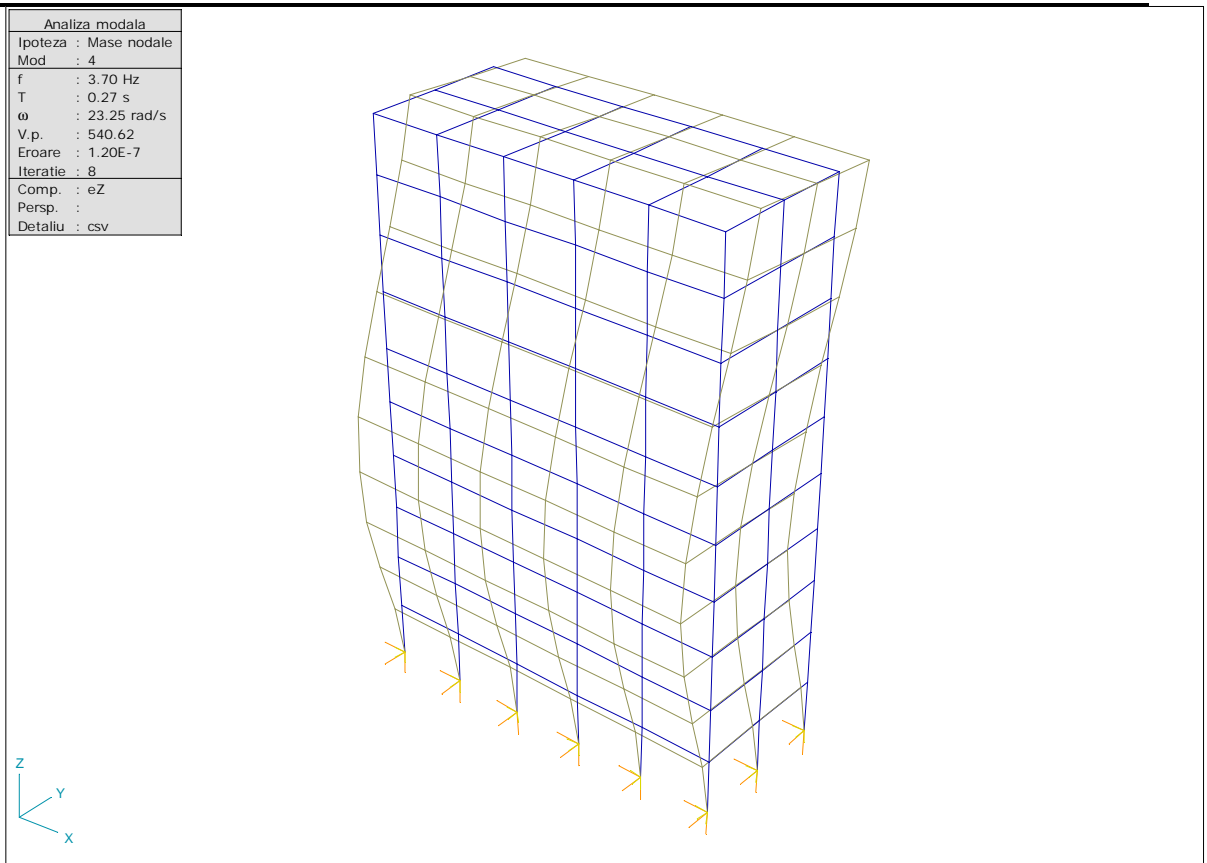


Figura nr. 2.5 Modul 4 de vibratie

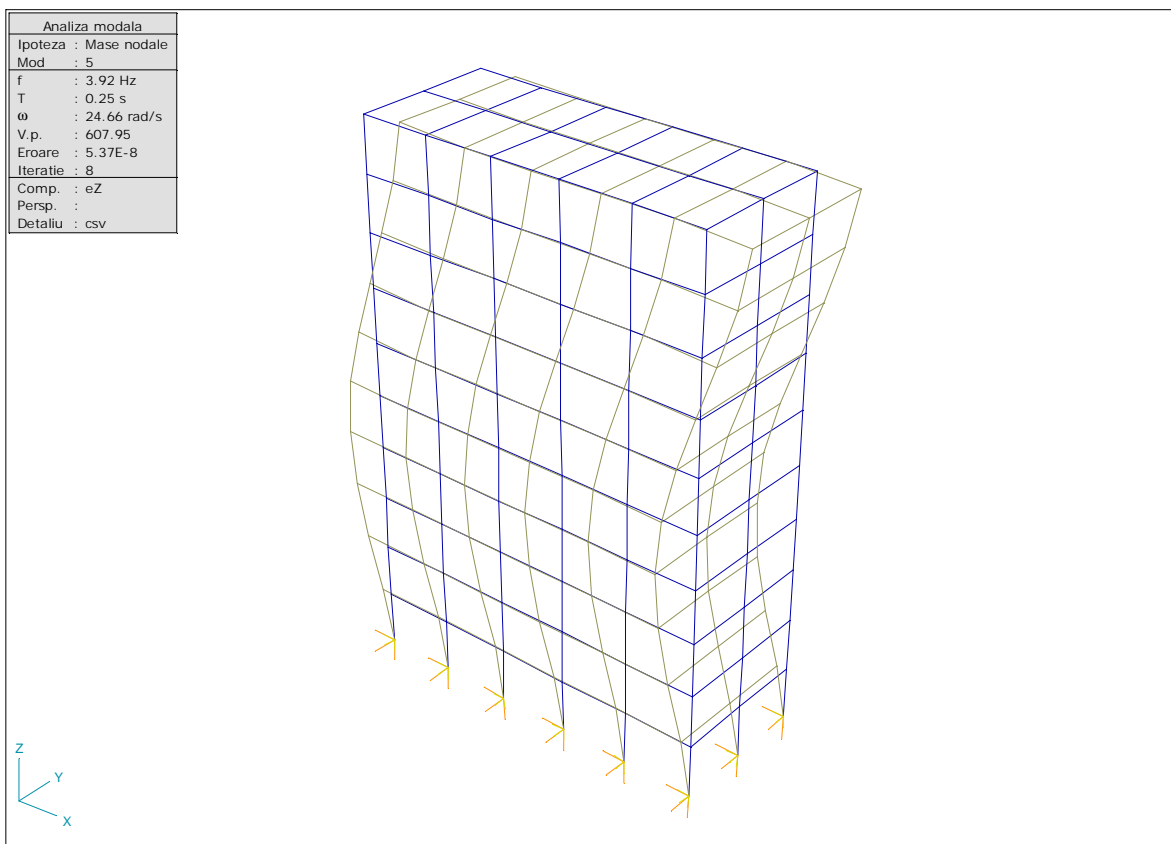


Figura nr. 2.6 Modul 5 de vibratie

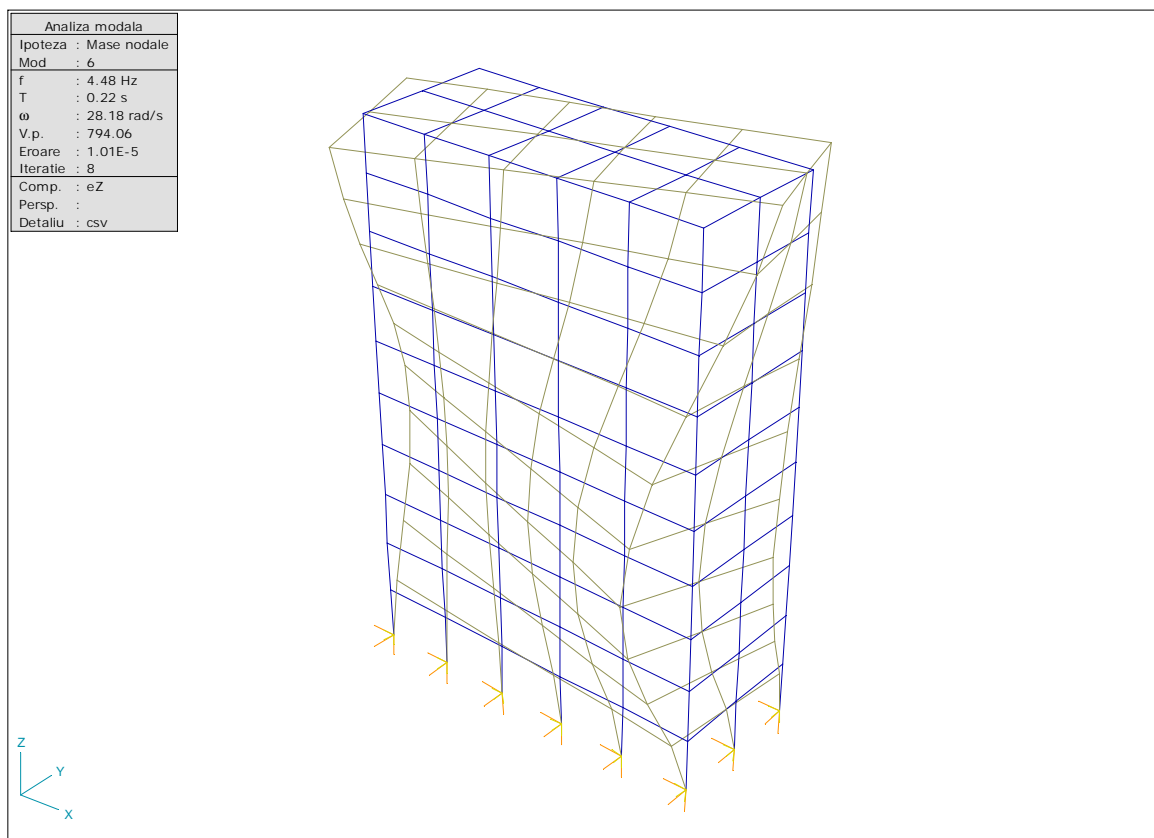


Figura nr. 2.7 Modul 6 de vibratie

Referinte

1. Rezultatele analizelor efectuate cu programul CASE96

D.3. PLACI PLANE IN DOMENIUL ELASTIC - analiza statica si armare

Structura analizata

Pentru testari s-a ales o placa continua cu 5 deschideri de cate 3.60 m pe o directie si 3 deschideri de cate 4.80 m pe cealalta directie, prezentata in figura 3.1. Grosimea placii este de 13 cm iar betonul folosit este de clasa Bc25.

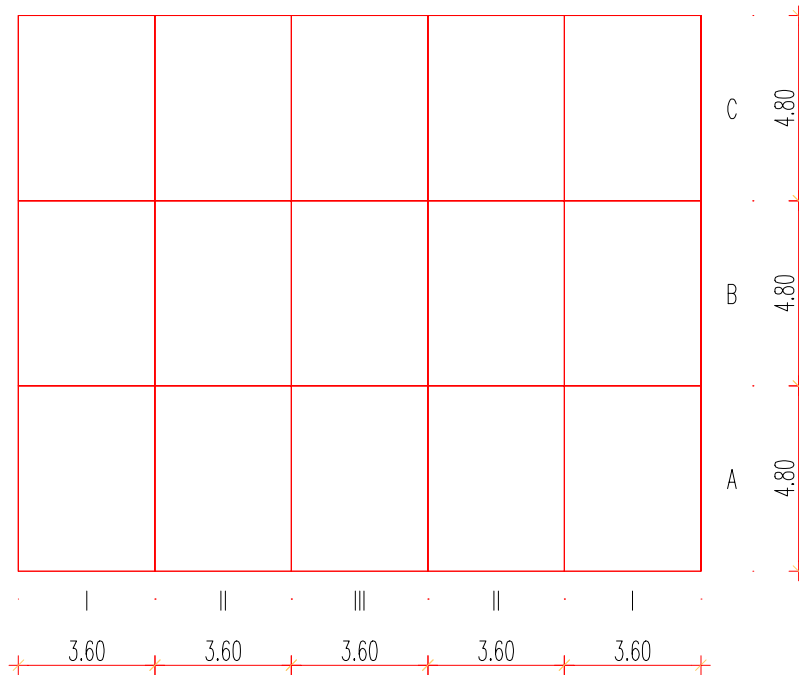


Figura nr. 3.1 Structura analizata

Modelarea structurii si a incarcarilor

Structura propusa a fost modelata cu elemente finite de placa. Toate reazemele sunt articulatii. Pe directia axei globale Z reazemele au rigiditatea 1.0×10^7 kN/m.

Incarcarile:

- greutatea proprie a placii de 4.25 kN/m^2 ,
- incarcari utile pe placa 2.80 kN/m^2 .

Analizele efectuate

- statica

Rezultate

S-au comparat eforturile m_x si m_y din campurile centrale ale placii. Rezultatele sunt prezentate in tabelele 3.1. si 3.2.

Tabelul nr. 3.1.

Reazem/ Camp	mx[kNm/m]	
	AXISVM 5.0	Referinta 2
camp I	-3.69	-3.75
reazem I-II	6.68	6.79
camp II	-3.05	-3.10
reazem II-III	6.04	6.13
camp III	-3.07	-3.13

Tabelul nr. 3.2.

Reazem/ Camp	my[kNm/m]	
	AXISVM 5.0	Referinta 2
camp A	-1.85	-1.89
reazem A-B	4.83	5.01
camp B	-1.78	-1.79

Sagetile maxime ale ochiurilor de placa sunt comparate in tabelul 3.3.

Tabelul nr. 3.3.

Camp	eZ[mm]	
	AXISVM 5.0	Referinta 2
I-A	-0.77	-0.77
II-A	-0.43	-0.43
III-A	-0.47	-0.47
I-B	-0.63	-0.63
II-B	-0.40	-0.40
III-B	-0.42	-0.42

Armaturile necesare Ax si Ay in campurile centrale sunt date in tabellele de mai jos:

Tabelul nr. 3.4.

Reazem/ Camp	Ax[cm ² /m]	
	AXISVM 5.0	Calcul analitic
camp I	1.13	1.13
reazem I-II	2.07	2.07
camp II	0.93	0.93
reazem II-III	1.87	1.87
camp III	0.94	0.94

Tabelul nr. 3.5.

Reazem/ Camp	Ay[cm ² /m]	
	AXISVM 5.0	Calcul analitic
camp A	0.62	0.62
reazem A-B	1.64	1.64
camp B	0.60	0.60

Deformatia placii si diagramele mx si my sunt prezentate in figurile nr. 3.2, 3.3 si 3.4.

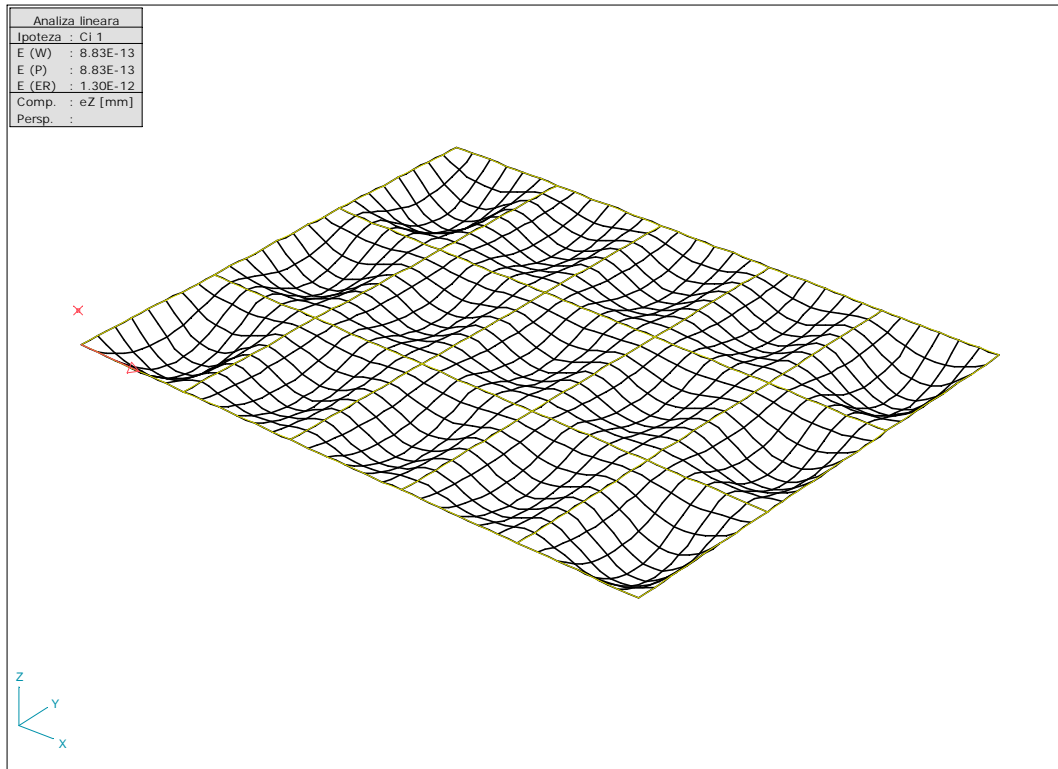


Figura nr. 3.2 Deformatia structurii

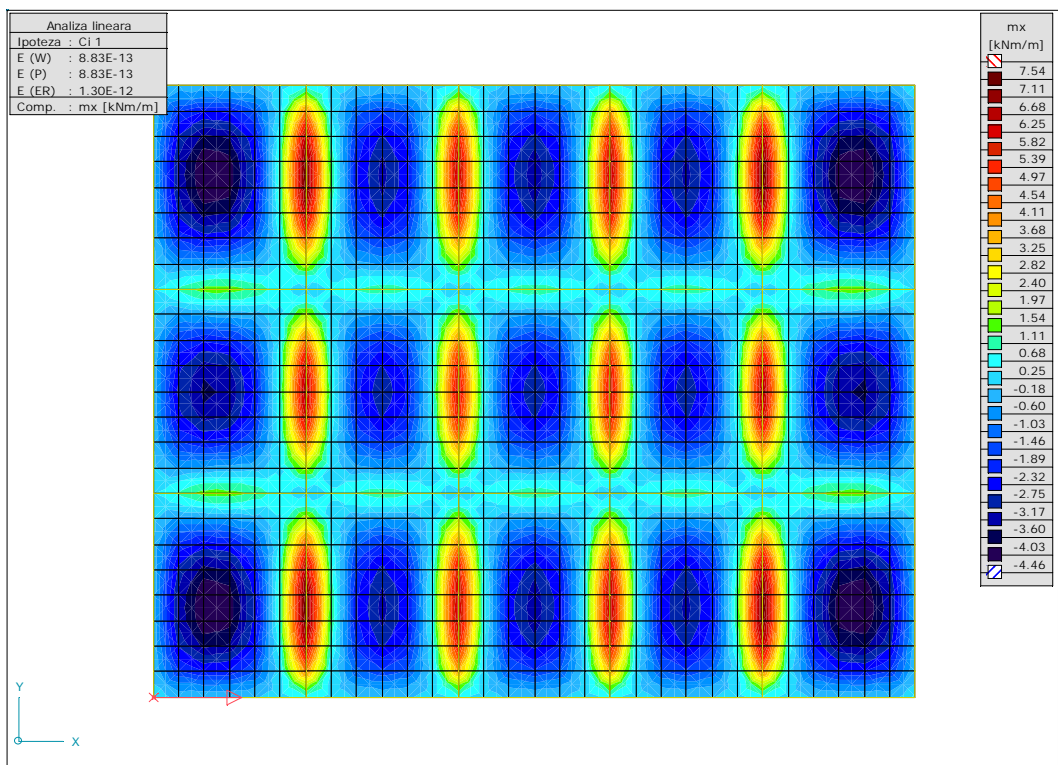


Figura nr. 3.3. Diagrama mx

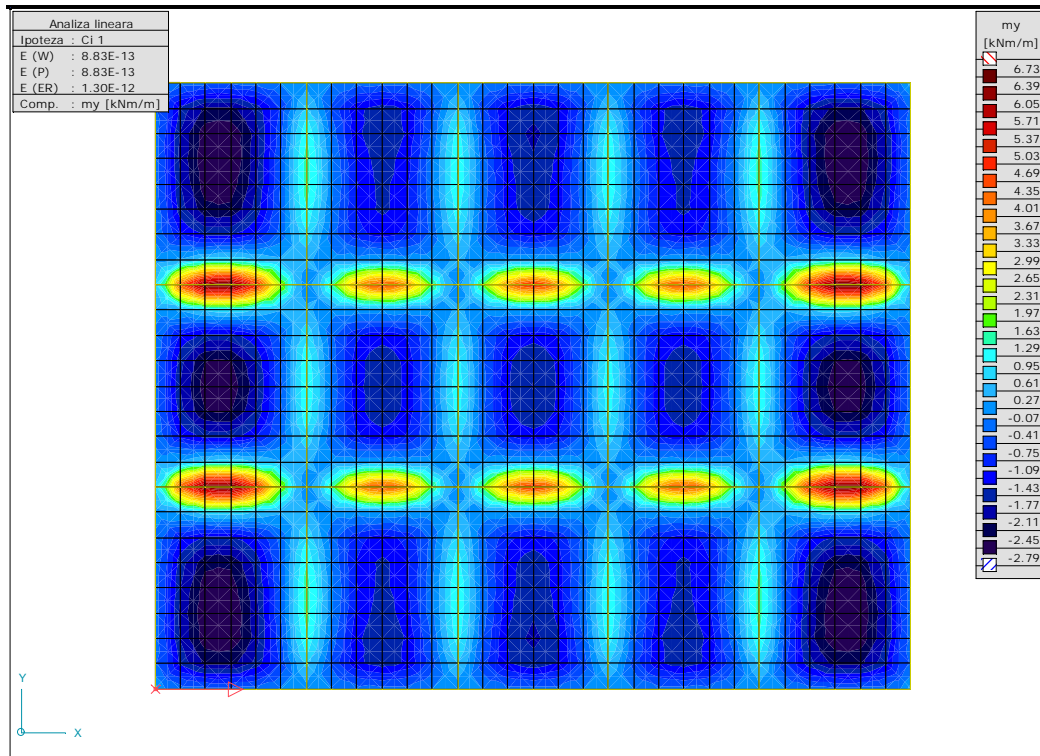


Figura nr. 3.4 Diagrama my

Referite

1. STAS 10107/2-77
2. Rezultatele analizelor efectuate cu programul ROBOT
3. Onet, T., Tertia, I. – “Proiectarea betonului structural”, Editura Casa cartii de stiinta 1995

D. 4. CADRU PARTER – stabilitate

Structura analizata

Pentru testari s-a ales cadrul din figura nr. 4.1.

Modelarea structurii si a incarcarilor

Structura propusa a fost modelata in felul urmatoar:

- nodurile: noduri punctuale;
- barele: elemente finite de tip bara cu trei grade de libertate pe fiecare nod;
- reazemele: articulatii.

Incarcarile:

- forte concentrate (figura nr. 4.1.)

Analizele efectuate

- stabilitate

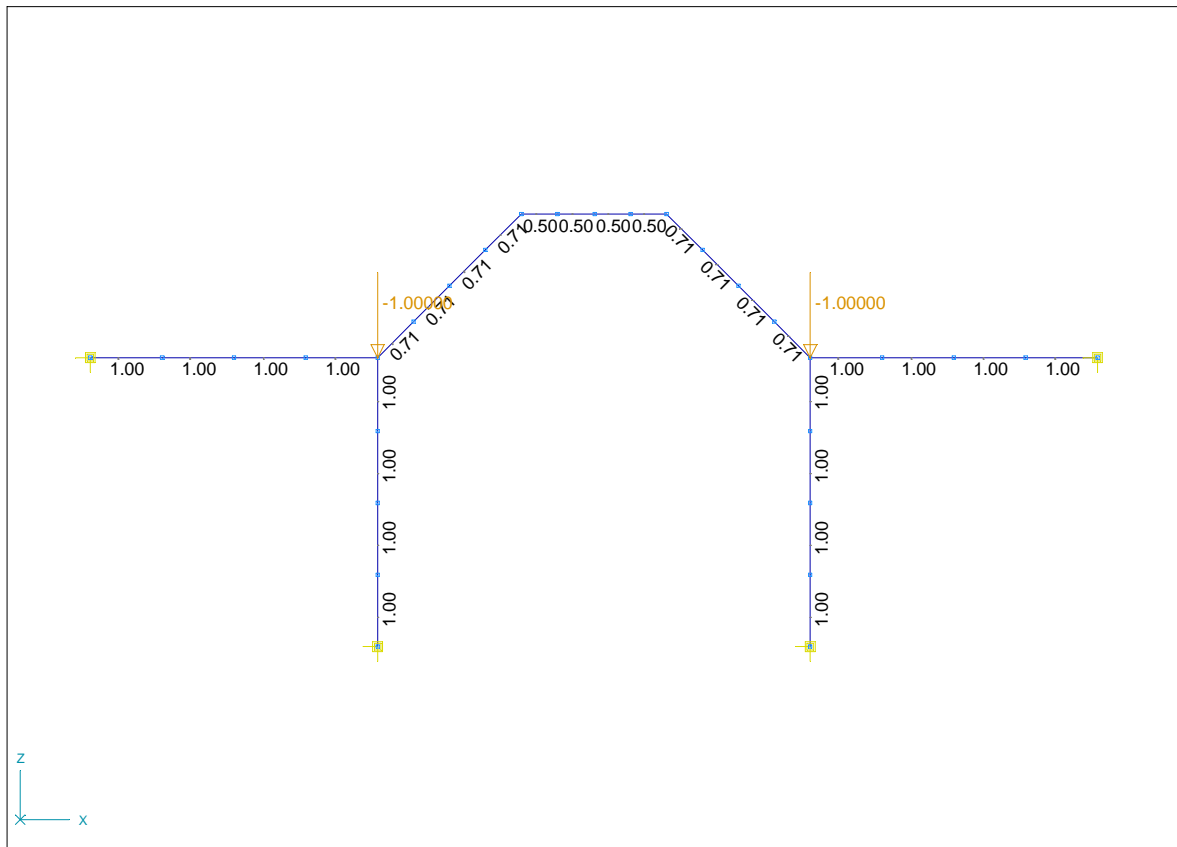


Figura nr. 4.1 Structura analizata

Rezultate

S-a obtinut incarcarea critica si forma de pierdere a stabilitatii pentru structura propusa. Rezultatele obtinute sunt prezentate in tabelul de mai jos:

Tabelul nr. 4.1.

Criteriu	AXISVM 5.0	Referinta
Pcr	$0.868 \cdot E \cdot I$	$0.862 \cdot E \cdot I$
Forma de pierdere a stabilitatii	antisimetrica	antisimetrica

Forma de pierdere a stabilitatii este prezentata in figura nr. 4.2.

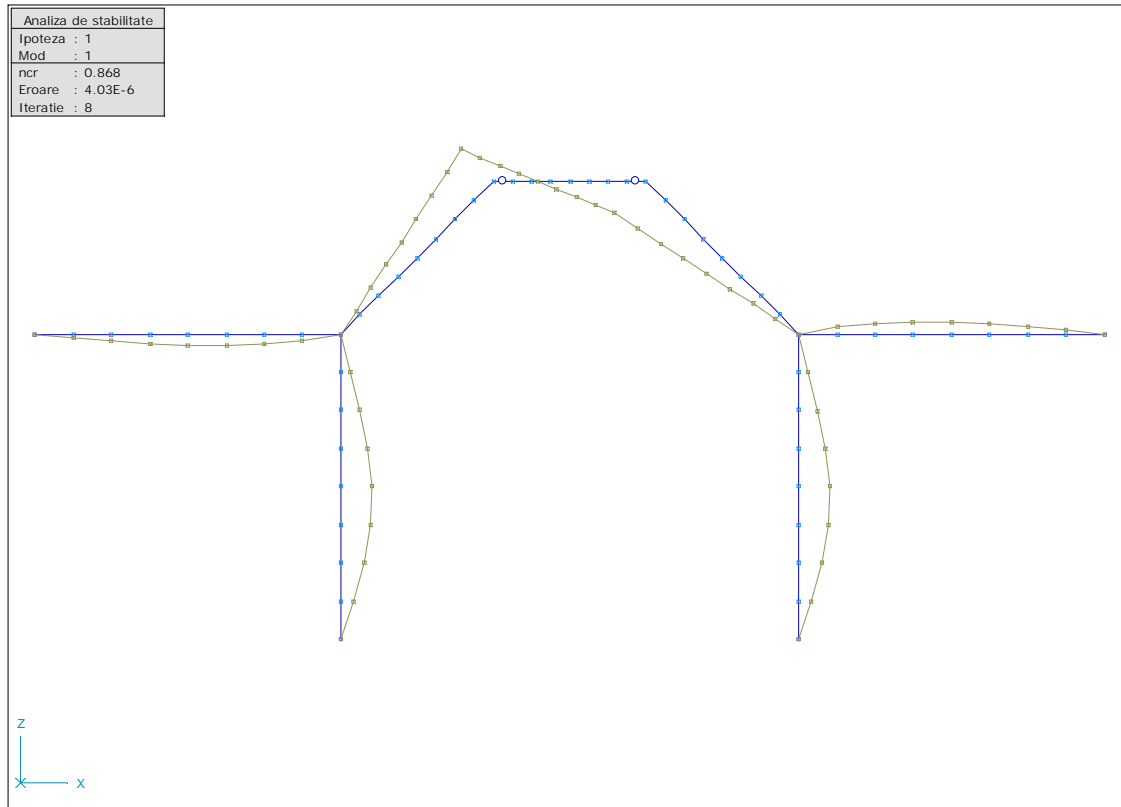


Figura nr. 4.2. Forma de pierdere a stabilitatii

Referinte

1. DINAMICA SI STABILITATEA CONSTRUCTIILOR de GEORGE M. BARSAN, Editura didactica si pedagogica, Bucuresti 1979

D. 5. CADRU PARTER – linii de influenta

Structura analizata

Pentru testari s-a ales un cadru parter cu trei deschideri (fig. 5.1), una de 8.00 m si doua de 6.00 m. Inaltimea cadrului este de 4.00 m.

Modelarea structurii si a incarcarilor

Structura propusa a fost modelata in felul urmatoar:

- nodurile: noduri punctuale;
- barele: elemente finite de tip bara cu trei grade de libertate pe fiecare nod, prinse rigid in noduri;
- reazemele: incastrari perfecte.

Incarcarile:

- forta unitara mobila pe barele 1, 2 si 3.

Analizele efectuate

- liniile de influenta M_y pentru bara 2, si N_x pentru bara 4

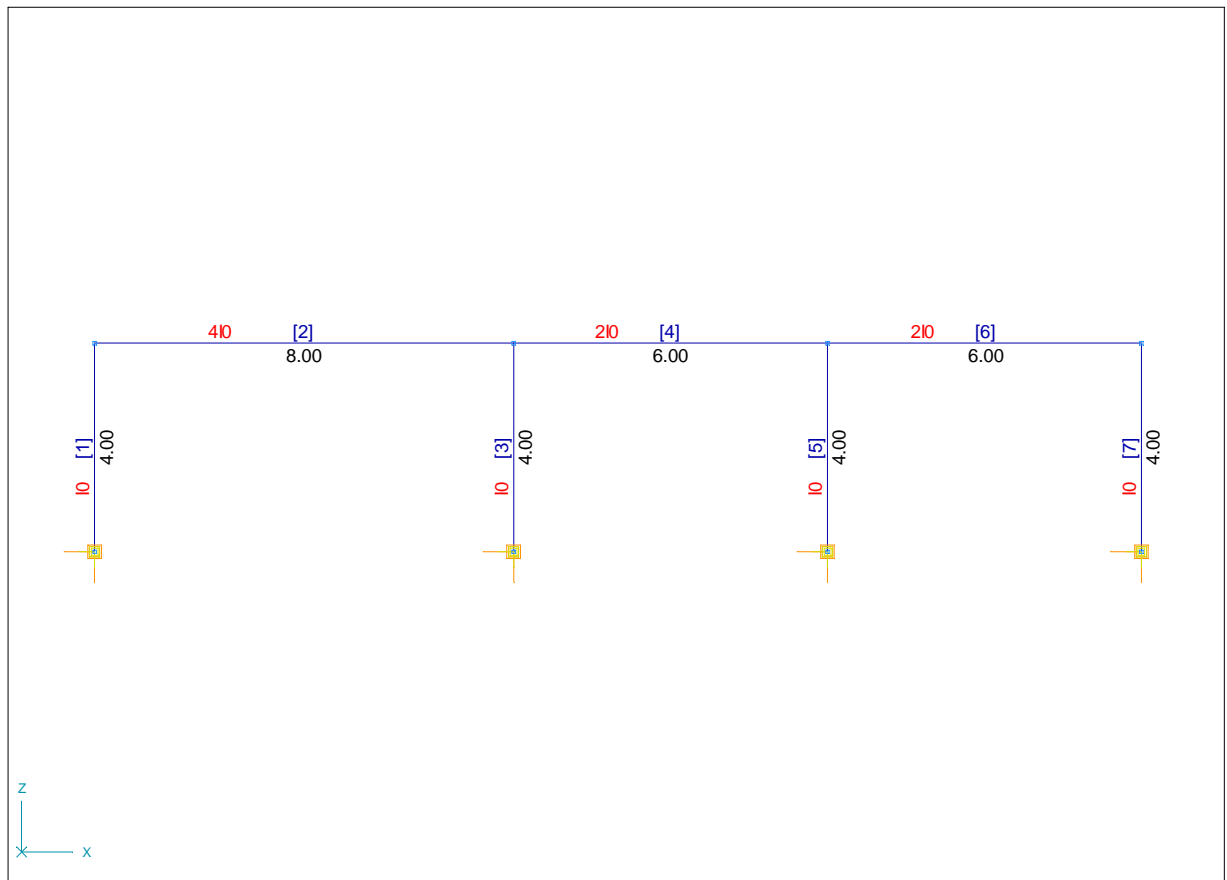


Figura nr. 5.1. Structura analizata

Rezultate

Rezultatele obtinute sunt prezentate in tabelul de mai jos:

Tabelul nr. 5.1.

Bara	Sectiune	AXISVM 5.0 v3.6		Referinta		Observatii
		My	Nx	My	Nx	
1	1-1	0.405	0.456	0.405	0.455	mijlocul barei
	1-2	0.434	1.000	-	1.000	valoarea maxima pe bara
2	2-1	0.618	0.057	0.618	0.057	mijlocul barei
	2-2	0.670	0.064	-	-	valoarea maxima pe bara
3	3-1	0.117	0.017	0.117	0.017	mijlocul barei
	3-2	0.132	0.018	-	-	valoarea maxima pe bara

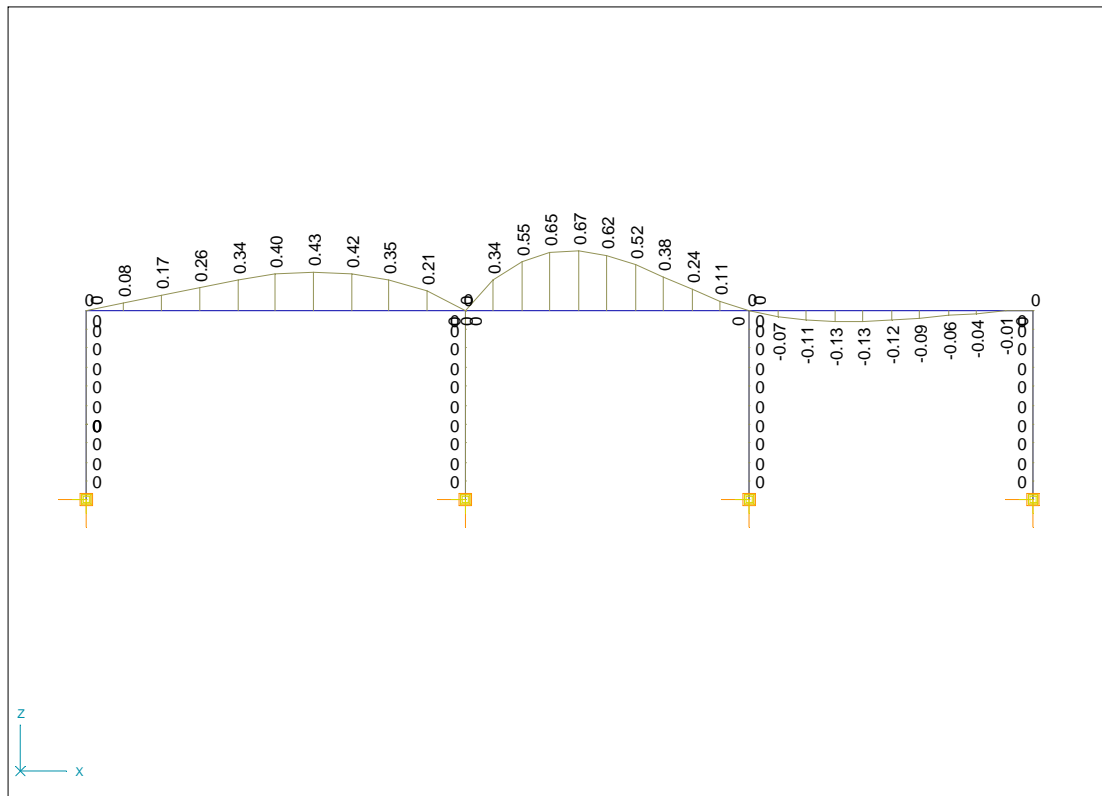


Figura nr. 5.2 Linia My

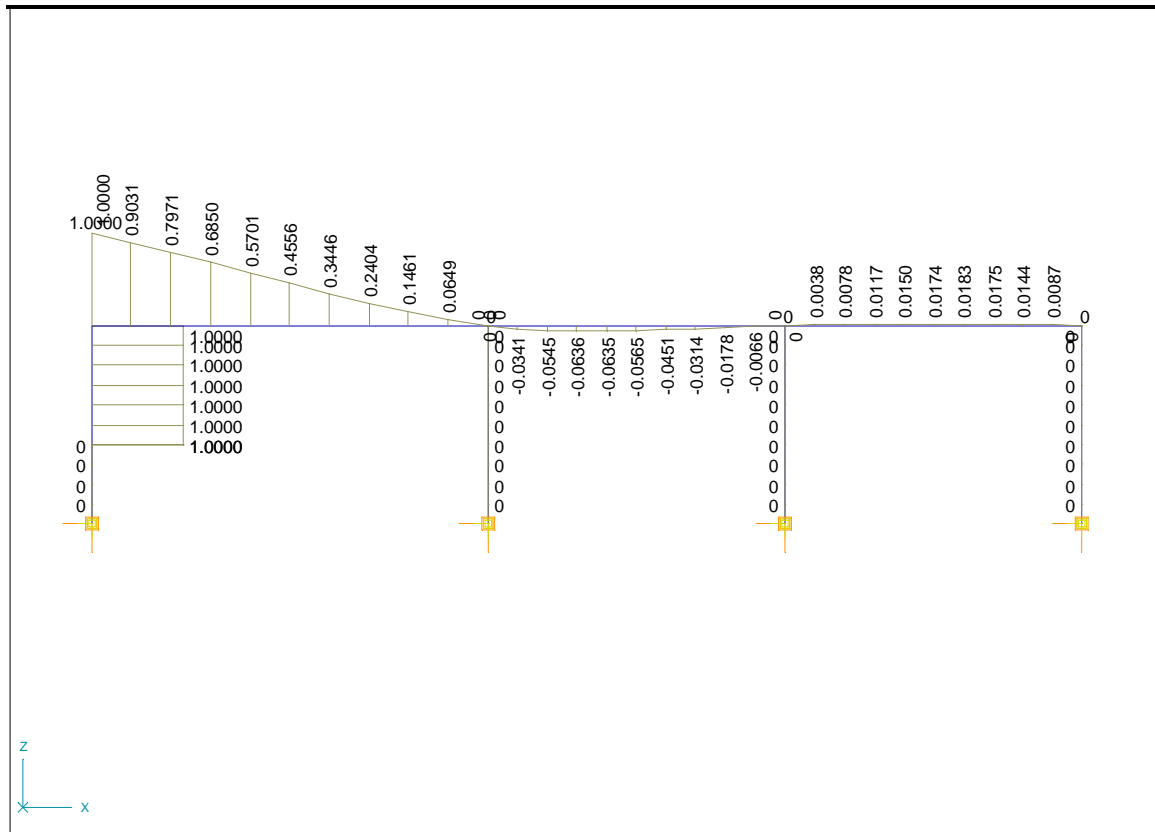


Figura nr. 5.3 Linia Nx

Referinte

1. STATICA CONSTRUCTIILOR de ALEXANDRU CATARIG, MIRCEA PETRINA, Editura Dacia, Cluj-Napoca 1991
2. GRINZI CONTINUE de CONSTANTIN N. AVRAM, Editura tehnica

D. 6. ARMARE STALP – verificare armare

Structura analizata

Pentru testari s-a ales o sectiune de stalp 40x40 cm, armat cu opt bare de otel cu diametrul de 20mm (fig. nr. 24). Stratul de acoperire s-a considerat de 20mm. Datele pentru beton sunt $R_{bc}=12.5 \text{ N/mm}^2$, $\epsilon_{be}=2\text{‰}$, $\epsilon_{bu}=3.5\text{‰}$ iar pentru otel $R_a=300 \text{ N/mm}^2$, $E_a=210000 \text{ N/mm}^2$, $\epsilon_{be}=1.429\text{‰}$, $\epsilon_{bu}=10.0\text{‰}$ (figura nr. 6.1).

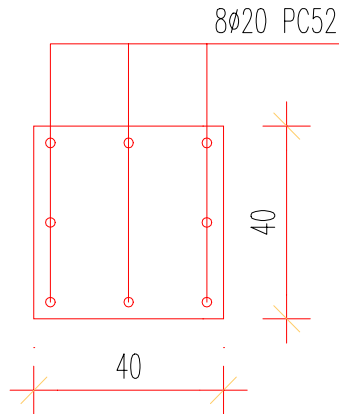


Figura nr. 6.1. Sectiunea analizata

Analizele efectuate

- S-a determinat curba de interactiune N-M pentru sectiunea data.

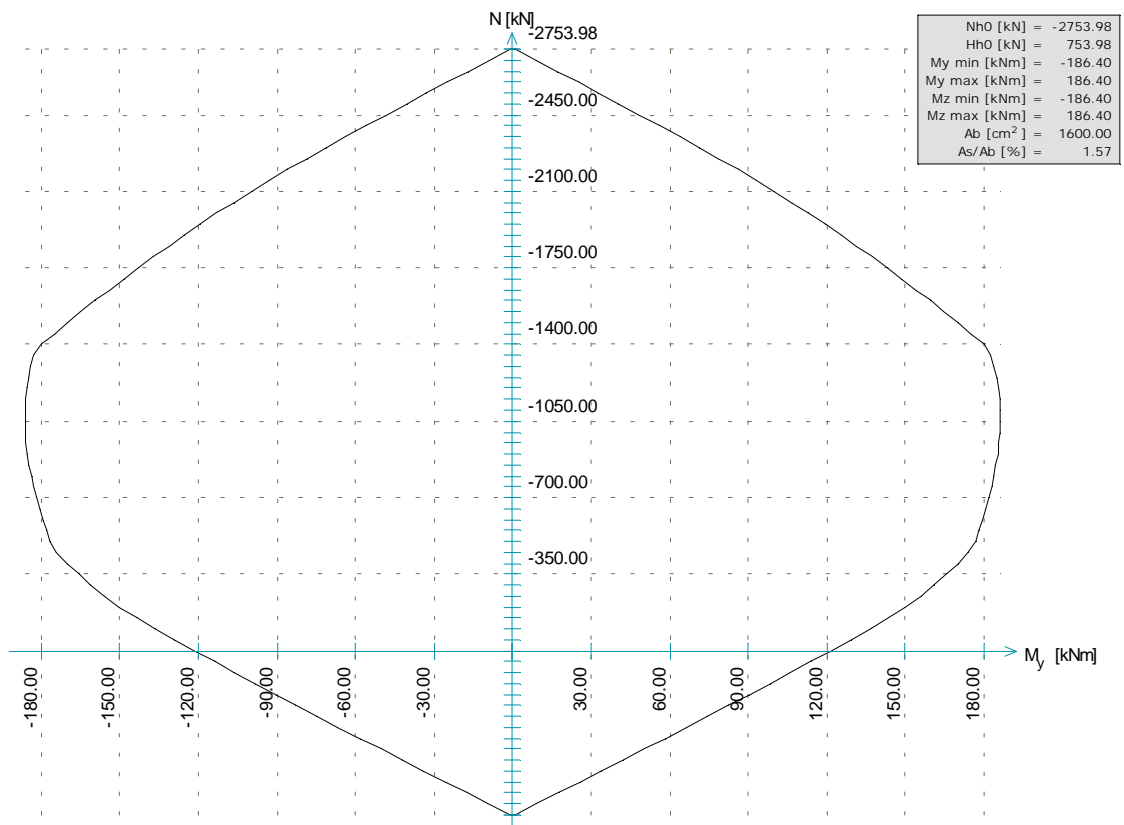


Figura nr. 6.2 Curba de interactiune N-M

Tabelul nr. 6.1.

Punctul	DEFBAR		AxisVM 5.0	
	N[kN]	M[kNm]	N[kN]	M[kNm]
M=0, N=min	-2753.6	0.0	-2754.0	0.0
M=max, Naf	-1050.0	190.6	-1050.0	186.4
N=0, Maf	0.0	126.55	0.0	123.0
M=0, N=max	753.6	0.0	754.0	0.0

Referite

1. STAS 10107/2-77
2. Rezultatele analizelor efectuate cu programul DEFBAR
3. Onet, T., Terteza, I. – “Proiectarea betonului structural”, Editura Casa cartii de stiinta 1995

E. CONCLUZII

Programul AxisVM a fost verificat pe mai multe tipuri de structuri, cuprinzand:

Cadru plan – analiza modala, statica si seismica;

Cadru spatial – analiza modala, statica si seismica;

Placa plana in domeniul elastic - analiza statica si armare;

Cadru parter – stabilitate;

Cadru parter – linii de influenta;

Verificare sectiune stalp beton armat - varianta de armare simetrica.

Pentru comparatie, aceleasi structuri au fost analizate cu programe de larga utilizare (ROBOT, PROKON, CASE, CADRE, DEFBAR) sau au fost calculate analitic.

S-au comparat eforturi maxime, deformatii, arii de armatura rezultate, parametrul incarcarii critice, forma de pierdere a stabilitatii, perioade proprii de vibratie. Diferentele intre rezultatele obtinute cu programul AxisVM si valorile folosite ca element de comparatie au fost in general sub 3%.

Rezultatele analizei depind de acuratetea modelarii (alegerea tipului de element finit, finetea discretizarii, modelarea rezemarii etc).

Fata de programele folosite ca referinta s-a putut remarca faptul ca programul AxisVM este superior sub urmatoarele aspecte:

- viteza preprocesare date;
- flexibilitate mare la modificarea structurii analizate;
- prezentarea rezultatelor.

In cazul structurilor mai complexe se recomanda luarea in considerare a mai multor variante de modelare.

In cazul analizei modale se recomanda modelarea structurii cu un numar cat mai mare de mase concentrate, pentru obtinerea unui numar suficient de moduri de vibratie.

In baza rezultatelor obtinute se apreciaza ca programul AxisVM versiunea 5.0 poate fi utilizat la analiza structurilor de constructie (analiza statica de ordinul I si II, analiza modala, stabilitate, analiza seismica conform prevederilor normativului P100-92, verificare armare stalpi conform STAS 10107/0-90). Trebuie data insa atentie modelarii, pentru fiecare caz in parte, pentru obtinerea de rezultate cat mai exacte.