



A XII-a Conferință Națională multidisciplinară – cu participare internațională
"Profesorul Dorin PAVEL – fondatorul hidroenergeticii românești",
SEBEȘ, 2012

ANALIZA IZOLATORILOR ELASTOMERICI UTILIZÂND METODA ELEMENTELOR FINITE

Vasile IANCU, Gilbert-Rainer GILLICH

ANALYSIS OF ELASTOMERIC INSULATORS USING FINITE ELEMENT METHOD

Modern design methods require in certain phases the use of finite element analysis, which allows development of safe projects in terms of structural strength and durability. Using this analysis in the design process provides the following advantages: cost reduction and production design, material economy, recognizing weaknesses, quality design and construction optimization. The paper presents an innovative base isolation device based with increased number of adjustable parameters, for which good simulation results were obtained.

Cuvinte cheie: analiză, element finit, izolarea bazei, elastomer
Keywords: analysis, finite element, base isolation, elastomeric

1. Introducere

Metodele moderne de proiectare necesită în anumite faze utilizarea analizei cu elemente finite care permite obținerea unor proiecte sigure din punctul de vedere al rezistenței structurale și al durabilității prin: reducerea costurilor de proiectare și producție, economie de material, recunoașterea punctelor slabe, creșterea calității proiectului, optimizarea construcției [1]. Lucrarea prezintă analiza cu ajutorul metodei elementelor finite a două tipuri de izolatori

elastomerici: unul actual care este în producție și unul nou rezultat prin îmbunătățirea comportamentului la deformare a celui actual.

2. Izolator elastomeric actual

Izolatorii seismici actuali din elastomeri, sunt compuși din elastomer vulcanizat având la partea superioară și inferioară plăci din oțel care au rol de prindere a acestuia, sau compuși din straturi de elastomer vulcanizat intercalat cu plăci de armare din oțel sau alte materiale (fibră de sticlă), pentru a rezista mai bine la compresiune [2].

Pentru o mai bună înțelegere a comportamentului izolatorului seismic luat în considerare, mai întâi s-au determinat parametrii de lucru ai neoprenului care intră în componența acestuia [3].

S-au luat în calcul doi izolatori seismici din neopren cu dimensiunile de 400×400×160 mm cu câte o placă inferioară (2) și superioară (4) vulcanizate de acesta, primul este doar din neopren figura 1.a, cel de al doilea având vulcanizată la mijloc o armătură din oțel (5) figura 1.b, cu evidențierea armăturii centrale prin intermediul unei rupturi.

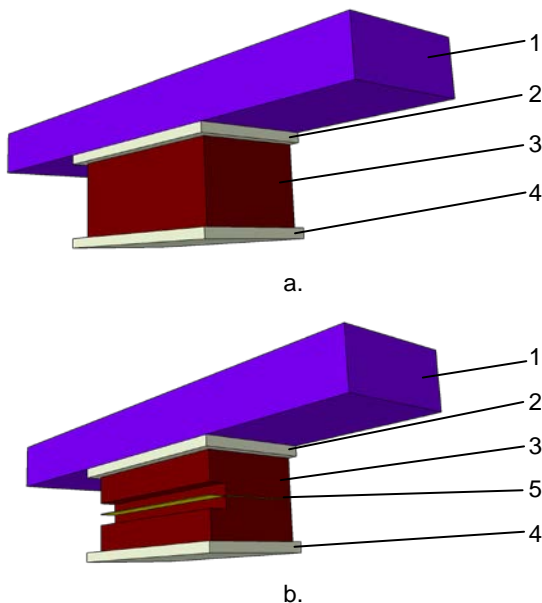


Fig. 1 Element actual de izolare fără armătură (a.) și cu armătură (b.)

Caracteristicile mecanice ale oțelului atribuite plăcilor 2 și 4 sunt prezentate în tabelul 1.

Tabelul 1

Limita la curgere [N/mm ²]	Rezistența la rupere [N/mm ²]	Coefficientul de elasticitate longitudinal [N/mm ²]	Coefficientul Poisson
2500	4,6	200	0,3

Pentru neopren, din librăria de materiale ANSYS figura 1, au fost extrase și utilizate caracteristicile obținute experimental de către firma DuPont, figura 2 [4]:

Outline of Schematic A2: Engineering Data				
	A	B	C	D
1	Contents of Engineering Data			Description
2	Material			
3	Neoprene Rubber			Sample data for a neoprene rubber
4	Structural Steel			Fatigue Data at zero mean stress comes from 1996 ASME BPV Code, Section 8, Div 2, Table 5-110.1
*	Click here to add a new material			

Properties of Outline Row 3: Neoprene Rubber				
	A	B	C	D
1	Property	Value	Unit	
2	Uniaxial Test Data	Tabular		
5	Biaxial Test Data	Tabular		
9	Shear Test Data	Tabular		
13	Volumetric Test Data	Tabular		
16	Neo-Hookean			
17	Initial Shear Modulus Mu	27104	Pa	
18	Incompressibility Parameter D1	1.4429E-07	Pa ⁻¹	

Fig. 2 Caracteristicile mecanice ale neoprenului

Discretizarea s-a realizat cu elemente tetraedrice pentru plăci subțiri și hexaedrice pentru corpurile masive - figura 3, conform uzanțelor. Rețeaua este formată din 45123 de elemente finite și conține 100321 noduri. Analiza a fost făcută folosindu-se planul de simetrie xOz, ceea ce a permis reducerea la jumătate a numărului de elemente.

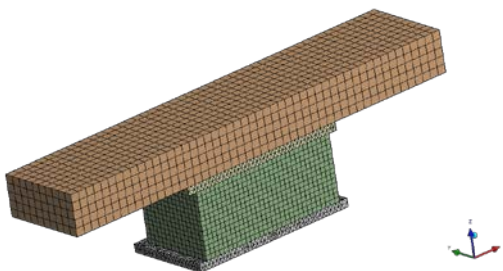


Fig. 3 Discretizarea domeniilor geometrice analizate

În scopul simulării cât mai exacte a condițiilor reale au fost definite o serie de contacte între componentele elementului de izolare elastomeric, după cum urmează:

- placa masivă 1 are contacte fără frecare („frictionless”) cu placa superioară 2;
- între placa superioară 2 și elementul de cauciuc 3 precum și între elementul de cauciuc 3 și placa inferioară 4 există contact tip legătură continuă („bounded”).

Condițiile de contur aplicate:

- suprafața inferioară a plăci 4 este încastrată, numărul gradelor de libertate fiind zero;
- placa masivă 1 este ghidată prin impunerea glisării pe verticală, fiind constrânsă pe cele trei suprafețe exterioare;
- toate frontierele conținute în planul de simetrie au condiția de alunecare fără frecare pe acest plan, fără desprindere;
- placa masivă 1 este acționată pe direcție verticală în sensul accelerației gravitaționale cu o forță uniform distribuită, care crește de la zero la valoarea nominală în prima secundă a analizei după care rămâne constantă până la finalul analizei figurii 4;
- placa superioară 2 este acționată pe orizontală cu forțe uniform distribuite pe fețele transversale.

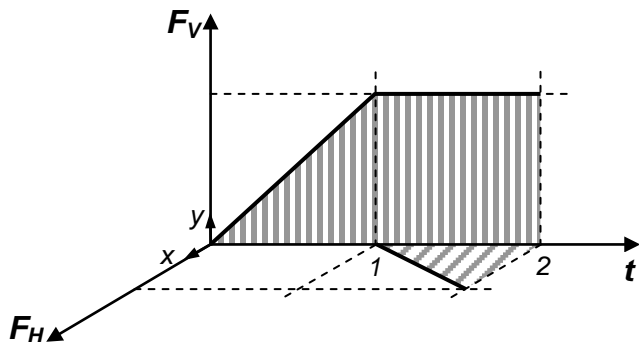


Fig. 4 Evoluția în timp a forțelor ce acționează asupra izoloților elastomerici

Pentru sistemul descris mai sus s-a analizat comportamentul unui izolator din neopren actual fără armătură și al unui armat cu o

placă vulcanizată la mijlocul elementului de izolare seismică de grosime 1,5 mm.

Analiza prin metoda elementelor finite a fost efectuată pentru două domenii de timp: între 0 și 1 secunde compresiune pe direcție verticală urmată în intervalul 1÷2 secunde de o solicitare pe direcție orizontală cu menținerea forței de compresiune. Atât forța verticală cât și cea orizontală au fost aplicate după o lege liniară, de la zero la valoarea maximă.

La timpul $t = 1$ secundă, se observă că elementul volumic din neopren prezintă o deplasare verticală (pe direcția Oz) mai redusă în cazul în care este armat cu o placă din oțel având grosimea de 1,5 mm, suferind o comprimare maximă mai redusă cu 45,21 % și refulare maximă pe orizontală (după direcțiile Ox și Oy) mai mică cu 46,7 %. Tensiunile normale pe cele trei direcții cresc cel mult cu 10 % pentru elementul cu armătură metalică, dar valorile lor sunt mult mai mici decât cele admisibile pentru neopren.

Pentru forța orizontală maximă aplicată ($t = 2$ s), deplasările în sensul aplicării forței (direcția Ox) se reduc cu 4,7 %, ceea ce nu influențează negativ comportarea sistemului analizat. Și în acest caz tensiunile normale pe cele trei direcții iau valori mult mai mici decât cele admisibile și cresc cu cel mult 10 % pentru elementul cu armătură metalică.

Datorită comportamentului „Neo-Hookean” al neoprenului, cu răspuns diferit la compresiune respectiv întindere, armătura va pierde poziția orizontală, rotindu-se după axa Oy. Armătura prezintă o dublă încovoiere cu inflexiune la mijloc.

Cu toate că tensiunile normale pe muchiile exterioare transversale sunt sub valorile admisibile, ciclurile repetate de solicitare pot duce la desprinderea elementului de neopren de pe placa superioară, respectiv inferioară. Această concluzie justifică tentativa de a găsi o soluție de reducere a tensiunilor normale în zonele menționate.

3. Izolatorul seismic nou

Pentru reducerea tensiunilor normale în zona intersecției dintre elementul elastic și placa superioară respectiv inferioară am propus intercalarea a două elemente lamelare din oțel elastic 6 și 7, între acestea și neopren. Lamelele sunt solidare cu neoprenul și sunt fixate în plăcile 2 și 4 prin intermediul a două bosaje de dimensiuni reduse figura 5, restul suprafeței având contact liber cu frecare.

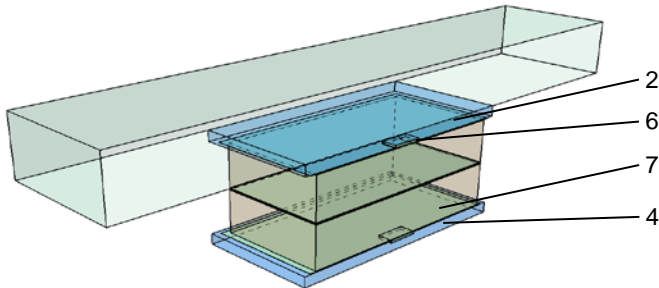


Fig. 5 Elementul de izolare nou

Forțele orizontale sunt transmise din placa superioară respectiv inferioară în neopren, prin intermediul lamelelor, datorită bosajelor și forțelor de frecare dintre lamele și plăcile 2 și 4. Și pentru acest tip de izolator am efectuat o analiză cu elemente finite pentru cazul cu și fără armătură.

În urma analizei prin metoda elementelor finite, pentru aceleași condiții de încărcare ca cele descrise la punctul 2, la timpul $t = 1$ secundă, modificările deplasării pe verticală în urma compresiuni sunt sub 1 % pentru variantele clasice și cele nou propuse cu și fără armătură. Valorile efective se regăsesc tabelar.

Pentru forța orizontală maximă aplicată ($t = 2$ s), deplasările în sensul aplicării forței (direcția Ox) în cazul elementului nou propus fără armătură cresc cu 5,8 % comparativ cu elementul clasic, iar pentru elementul nou propus cu armătură deplasările cresc cu 11,9 % comparativ cu elementul clasic.

La timpul $t = 2$ secunde se observă că lamelele cu bosaj se deformează, drept urmare tensiunile normale se reduc cu aproximativ un ordin de mărime pe axa Oz , iar pe axele Ox și Oy aceste tensiuni sunt reduse cu 50 %.

Aceasta reduce tendința de desprindere a neoprenului de pe elementele metalice pe care este vulcanizat și conferă sistemului de izolare seismică o durabilitate crescută.

Fenomenul de desprindere a lamelelor de pe placa superioară respectiv inferioară apare doar dacă forța orizontală excede o valoare critică figura 6 [5].

Sistemul nou permite, ca încă din faza de proiectare, prin alegerea rigidității elementului elastic din neopren, cât și al lamelelor din oțel, se poate defini un sistem de izolare elastomeric cu răspuns dinamic particularizat, pentru fiecare aplicație în parte.

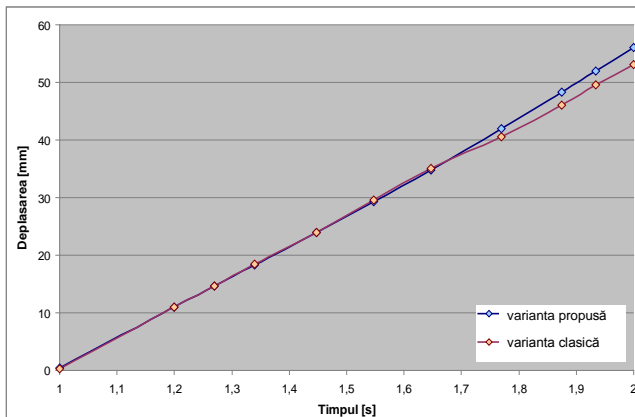


Fig. 6 Deplasarea orizontală a plăcii superioare funcție de încărcarea sistemului în timp

4. Concluzii

■ Posibilitățile de control al răspunsului dinamic al podurilor care au în componența lor sisteme de izolare elastomerică tipizate sunt limitate, datorită numărului redus de parametri de control. În scopul evitării acestui neajuns s-a conceput un sistem de izolare modular, care permite prin combinarea corespunzătoare a elementelor componente, obținerea unor caracteristici elastice optime pentru o bandă largă de frecvențe excitatoare ale seismului.

■ Analiza utilizând metoda elementelor finite efectuate pe sisteme standardizate, atât pentru cele clasice cât și pentru variantele propuse, au relevat posibilitățile superioare de reglare a caracteristicilor elastice și de absorbție pentru sistemul nou propus.

■ Totodată, analiza indică faptul că tensiunile normale, care duc la scoaterea din uz a sistemelor de izolare sunt semnificativ diminuate în cazul utilizării acestuia.

MULȚUMIRI

Prezenta lucrare științifică este rezultatul cercetărilor realizate în cadrul proiectului Creșterea atractivității, calității și eficienței studiilor universitare de doctorat prin acordarea de burse doctorale, POSDRU ID 5153, Beneficiar

Universitatea „Eftimie Murgu” Reșița, cofinanțat din Fondul Social European – Investește în Oameni, prin Programul Operațional Sectorial Dezvoltarea Resurselor Umane 2007-2013.

BIBLIOGRAFIE

- [1] Mănescu, T.Șt., Nedelcu, D., *Analiza structurală prin metoda elementului finit*, Editura Orizonturi Universitare, Timișoara, 2005.
- [2] Stan, D., *Analiza sistemică a structurilor – Proprietăți sistemice*, MatrixRom, București, 2006.
- [3] Iavornic, C., Praisach, Z.I., Vasile, O., Gillich, G.R., Iancu, V., *Study of Stress and Deformation in Elastomeric Isolation System Using the Finite Element Method*, The 11th WSEAS International Conference on Systems Theory and Scientific Computation (ISTASC '11), Florența Italia, 2011.
- [4] Iavornic, C., Gillich, G.R., Iancu, V., Praisach, Z.I., Vasile, O., *Stress and Deformation Analysis in Base Elements Using the Finite Element Method*, Analele Universității „Eftimie Murgu”, Reșița, 2011.
- [5] Iancu, V., *Contribuții privind utilizarea sistemelor de izolare seismică din elastomeri în construcția podurilor*, Teză de Doctorat, Reșița, 2011.

Dr.Ing. Vasile IANCU
Universitatea „Eftimie Murgu” Reșița, membru AGIR
e-mail: v.iancu@uem.ro
Prof.Univ.Dr.Ing.Ec. Gilbert-Rainer GILLICH
Prorector Învățământ Universitatea „Eftimie Murgu” Reșița,
Președinte Sucursala AGIR Caraș-Severin
e-mail: gr.gillich@uem.ro