A XIII-a Conferinţă Naţională multidisciplinară – cu participare internaţională,
"Profesorul Dorin PAVEL – fondatorul hidroenergeticii româneşti",
SEBEŞ, 2013

ANALIZA DISPOZITIVELOR DE IZOLARE SEISMICĂ DIN ELASTOMERI FĂRĂ ŞI CU INIMĂ DE PLUMB

Vasile IANCU, Gilbert-Rainer GILLICH

ANALYSIS OF ELASTOMERIC INSULATORS WITHOUT AND WITH LEAD HEART

Seismic isolation using neopren rubber bearings or lead rubber bearings is achieved by inserting these devices between the infrastructure and the superstructure in order to retrieve and dissipate seismic energy so that the constructions will not by damage.

These devices are designed and built according to the size, complexity, degree of loading and seismic zone where the construction will be located.

Cuvinte cheie: izolator, elastomer, inimă de plumb, rigiditate
Keywords: insulator, elastomer, lead heart, stiffness

1. Introducere

Izolarea seismică utilizând dispozitive de izolare seismică din elastomeri se realizează prin inserarea între infrastructură şi suprastructură a unor elemente flexibile care să preia mişcarea seismică şi să disipeze energia astfel încât structura să nu fie avariată. Există diferite dispozitive de izolare seismică care se proiectează şi construiesc în funcţie de: mărimea structurii care trebuie să fie izolată din punct de vedere seismic, complexitatea structurii, gradul de încărcare (orizontal, vertical, longitudinal, transversal), zona seismică în care este/se amplasează structura. Pentru a reduce deformarea puternică pe verticală a dispozitivelor de izolare seismică din elastomeri

acestea sunt armate cu elemente metalice, în general sub formă de plăci subţiri din oţel, dispuse în plan orizontal. Această soluţie influenţând în mică măsură capacitatea de deformare în plan orizontal, lucrarea de faţă tratează două din aceste dispozitive de izolare seismică: din elastomeri fără şi cu inimă de plumb.

2. Dispozitivele de izolare seismică din elastomeri

Forma constructivă a acestora este simplă, cilindrică sau prismatică, fiind realizate într-o gamă diversă de mărimi, funcţie de structura care urmează a fi izolată seismic.

Ele sunt construite din straturi de cauciuc alternând cu fâşii din tablă de oţel vulcanizate între ele - figura 1, putându-se utiliza la izolarea seismică a tuturor tipurilor de structuri. Rolul principal al acestora este de a modifica perioada fundamentală a structurii, în sensul creşterii acesteia şi scoaterea ei din zona în care cutremurul îi provoacă acceleraţii mari şi implicit solicitări importante [1]. În general sunt elemente cu o capacitate de amortizare modestă, rigiditate verticală ridicată şi flexibilitate orizontală mare:

$$k_{el} = \frac{F}{d} \tag{1}$$

Dispozitivele de izolare seismică din elastomeri sunt considerate ca fiind dispozitive cu amortizare redusă, deoarece au valori relativ mici de amortizare cuprinse între 2÷3 % din amortizarea critică. Acestea pot fi uşor produse fiind rezistente la condiţiile atmosferice şi diferenţe de temperatură, nu necesită întreţinere în timpul funcţionării, având o durată de viaţă de 50 de ani.

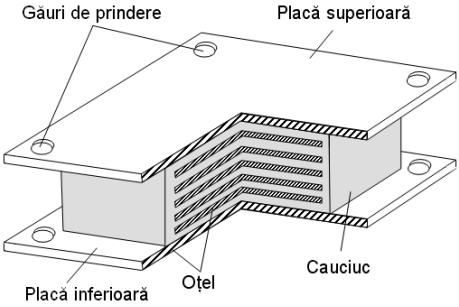

Fig. 1 Dispozitiv de izolare seismică din elastomeri cu armătură metalică

Dispozitivele de izolare seismică din elastomeri cu armătură din fibră, prezentate în figura 2, sunt confecţionate din straturi de cauciuc special tratat pentru a putea fi lipit de fibră (în general nailon) care în acest caz înlocuieşte armătura metalică. Datorită elasticităţii fibrei de armare, acestea au o rigiditate verticală şi orizontală mai redusă în comparaţie cu dispozitivele armate cu plăci din oţel şi deci o modificare a perioadei mai accentuată. Drept consecinţă se obţine o izolare mai bună a bazei decât cu un dispozitiv de izolare cu armătură metalică. Oricum, ambele tipuri de dispozitive de izolatore prezintă un comportament histeretic redus, foarte apropiat de cel liniar, elastic.

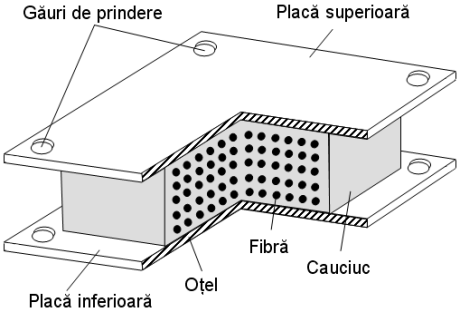

Fig. 2 Sistem de izolare seismică din elastomeri cu armătură din fibră

Un studiu efectuat de Gyung Ju Kang şi Beom Soo Kang [2] arată că pentru dispozitive de izolare de dimensiuni egale, la încărcări verticale similare, deformaţia verticală este mult superioară în cazul celor cu armătură din fibră SISF în raport cu cele armate cu plăci din oţel SISP, cum este prezentat în figura 3.

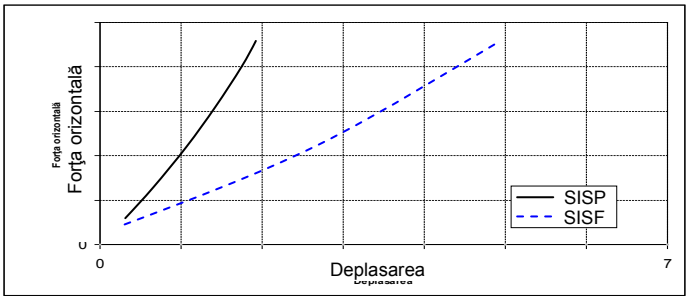

Fig. 3 Comparaţie între deformaţiile verticale a SISF şi a SISP

3. Dispozitivele de izolare seismică cu inimă de plumb

Dispozitivele de izolare seismică cu inimă de plumb, prezentate în figura 4, sunt realizate similar celor din elastomeri cu armătură metalică, cu diferenţa că în mijloc au un miez de plumb, pentru rigidizarea sistemului la încărcări laterale mici şi disiparea histeretică a energiei la încărcări mai mari [3].

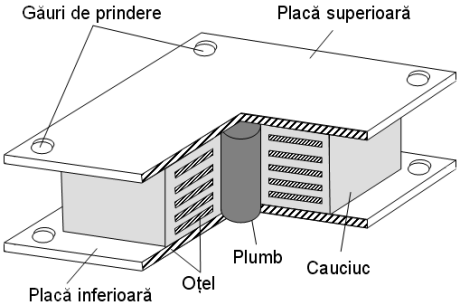

Fig. 4 Sistem de izolare seismică cu inimă de plumb

Secţiunea inimi de plumb a dispozitivului de izolare seismică este în cele mai multe cazuri circulară, dimensiunile sale trebuie să se încadreze în condiţiile date de relaţia:

$$1{,}25 \le \frac{H_{Pb}}{D_{Pb}} \le 5{,}0 \qquad (2)$$

unde H_{Pb} este înălţimea efectivă a inimi de plumb [mm] egală cu înălţimea totală a dispozitivului de izolare seismică, iar D_{Pb} este diametrul inimi de plumb a dispozitivului de izolare seismică

Confinarea[38] inimii de plumb de către cauciuc scade odată cu creşterea înălţimi sale, reducerea înălţimi inimi de plumb conduce la deformarea capetelor acestuia în formă de sferă [4]. Restricţiile dimensionale sunt date de imposibilitatea restabilirii caracteristicilor dispozitivelor de izolare în ambele cazuri, dacă ecuaţia 2 nu poate fi respectată prin utilizarea unei singure inimi de plumb, se recomandă folosirea mai multor inimi de plumb. Utilizarea mai multor inimi de plumb nu reduce capacitatea de deformare în comparaţie cu dispozitivele de izolare cu o singură inimă de plumb. Astfel, şi la aceste

[38] CONFINÁ vb. I. intr. a se învecina (cu). II. refl. 1. a se închide, a se izola. 2. (fig.) a se limita la o singură ocupație, activitate; a se specializa. (< fr. confiner)

dispozitive de izolare, amortizarea poate fi încorporată într-o singură componentă compactă [5].

Kelly şi alţii [6], [7] precum şi Skinner şi alţii [8], arată în studiile lor că dispozitivele de izolare seismică cu inimă de plumb se comportă în esenţă ca un amortizor histeretic (figura 5). Pentru forţe orizontale mici, sistemul va avea o rigiditate laterală mare, dată de cauciuc k_C şi plumb k_{Pb}.

Trebuie remarcat că rigiditatea plumbului este de câteva ori mai mare decât cea a cauciucului. Pentru forţe orizontale mai mari decât F_2 care produc inimii de plumb deplasări d_2, plumbul trece din domeniul elastic în domeniul plastic.

Pentru domeniul în care atât elastomerul cât şi plumbul au comportament elastic (figura 5.a), se poate scrie:

$$k_C = k_{1el} = \frac{F_1}{d_1} \quad ; \quad k_{Pb} = k_{2el} = \frac{F_2}{d_2} \tag{3}$$

unde F_1 este forţa care trebuie aplicată elementului de cauciuc pentru a avea o deplasare maximă d_1 egală cu deplasarea d_2 la care elementul de plumb îşi pierde elasticitatea.

În acest caz sistemul va avea rigiditatea

$$k_{1ech} = k_C + k_{Pb} = \frac{F_1 + F_2}{d_2} \tag{4}$$

Dacă solicitările orizontale depăşesc o anumită limită $F_1 + F_2$, pentru care sistemul cunoaşte o deformaţie laterală d_2, plumbul trece în domeniul plastic, adică $k_{Pb} = 0$.

În acest caz sistemul permite o creştere mult mai mare a deplasării la o creştere mică a forţei, iar k_{2ech} (figura 5.b) va depinde de amplitudinea mişcării.

$$k_{2ech} = \frac{F(d_X)}{d_X} < k_{1ech} \tag{5}$$

Pentru un dispozitiv de izolare seismică cu inimă de plumb având coeficienţii de rigiditate ai elastomerului şi plumbului prezentaţi în relaţia (3) se poate scrie relaţia forţei în funcţie de deplasare, pentru cauciuc respectiv plumb astfel:

$$F_{Pb}(d_X) = \begin{cases} F_C(d_x) = k_C \cdot d_X \\ k_{Pb} \cdot d_X \quad \textit{pentru} \quad d_X \le d_C \\ k_{Pb} \cdot d_C \quad \textit{pentru} \quad d_x > d_C \end{cases} \tag{6}$$

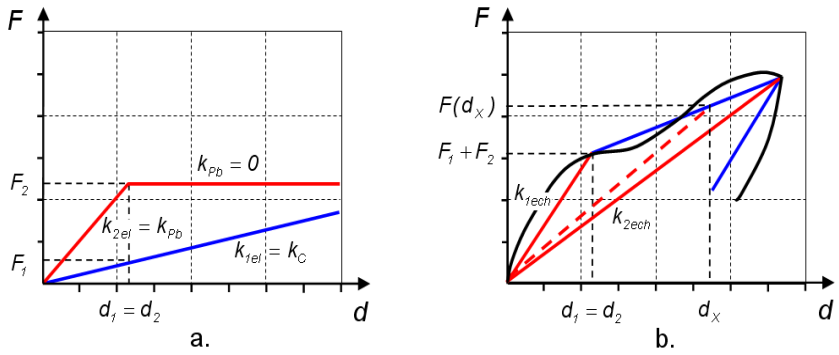

Fig. 5 Comportamentul histeretic al sistemului de izolare seismică din elastomeri cu inimă de plumb

Dispozitivul de izolare seismică din elastomeri cu inimă de plumb fiind un sistem de elemente elastice legate în paralel, forţa totală ce acţionează asupra sa se poate scrie ca suma celor două forţe prezentate în relaţia (6), astfel:

$$F(d_X) = \begin{cases} (k_C + k_{Pb}) \cdot d_x & \text{pentru } d_X \le d_C \\ k_C \cdot d_C + k_{Pb} \cdot d_C + k_C \cdot (d_X - d_C) & \text{pentru } d_X > d_C \end{cases} \tag{7}$$

Variaţia coeficientului de rigiditate k_{ech} poate fi exprimată în acest caz:

$$k_{ech} = \begin{cases} k_{1ech} = \dfrac{F(d_X)}{d_X} = \dfrac{(k_C + k_{Pb}) \cdot d_X}{d_x} & \text{pentru } d_X \le d_C \\ k_{2ech} = \dfrac{F(d_X)}{d_X} = \dfrac{(k_C + k_{Pb}) \cdot d_C + k_C \cdot (d_X - d_C)}{d_x} & \text{pentru } d_X > d_C \end{cases} \tag{8}$$

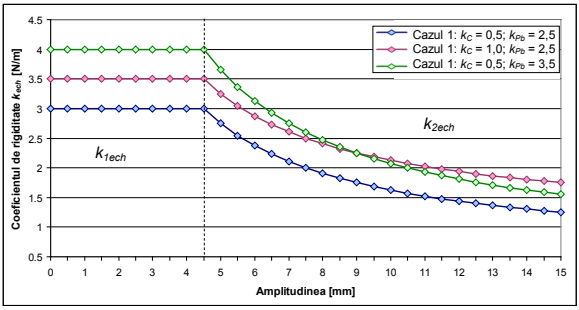

Fig. 6 Variaţia coeficientului de rigiditate k_{ech} pentru dispozitivul de izolare seismică cu inimă de plumb

Ilustrarea grafică a variaţiei coeficientului de rigiditate k_{ech} este prezentată în figura 6, unde pentru cazurile considerate avem valorile pentru k_C şi k_{Pb}.

Se observă că pentru forţe, respectiv deplasări mici ale dispozitivelor de izolare seismică cu inimă de plumb k_{ech} nu îşi schimbă valoarea, iar pentru valori ale forţei $F(d_X)$ mai mari, la care plumbul trece în domeniul plastic valoarea k_{ech} scade, tinzând spre k_C, pentru deplasări foarte mari, desigur, forţele şi deplasările sunt limitate din considerente mecanice şi constructive, deci limita $k_{ech} = k_C$ nu poate fi atinsă.

4. Concluzii

■ Înţelegerea comportării sistemelor de izolare seismică necesită o bună cunoaştere a parametrilor funcţionali, în special în cazul sistemelor de complexitate ridicată. Studiul efectuat pe sisteme elastice cu inimă de plumb, hibride cu inimă de plumb şi elastic cu alunecare au permis determinarea relaţiilor analitice care determină expresiile analitice ale coeficientului de rigiditate la forfecare k_{ech}. O sinteză a rezultatelor obţinute este prezentată în figura 7.

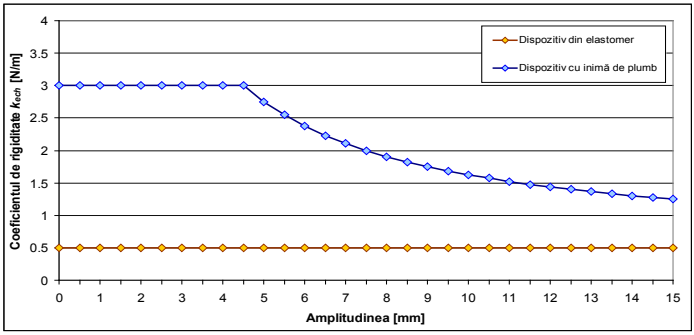

Fig. 7 Variaţia coeficientului de rigiditate k_{ech} în cele două cazuri

■ Se constată că:

- pentru dispozitivele de izolare seismică din elastomeri, k_{ech} are valoare constantă pentru un domeniu larg de forţe orizontale aplicate;
- pentru dispozitivele de izolare seismică cu inimă de plumb pe intervalul în care forţele au valori mici k_{ech} are valori ridicate datorită rigidităţi plumbului, iar pentru forţe ce exced limita de curgere a

plumbului, deci pentru deplasări mai mari, valoarea lui k_{ech} scade cu cât forţa şi implicit deplasarea cresc.

■ Ca urmare a acestor constatări, se poate defini rolul dispozitivelor de izolare seismică elastomerice ca sisteme destinate izolării structurilor susceptibile a fi supuse unui spectru larg de solicitări laterale.

■ Pe de altă parte, pentru izolarea structurilor care trebuie să păstreze o anumită stabilitate la acţiunile externe modeste cum ar fi acţiunea vântului sau traficul rutier/feroviar şi acţionează la forţe orizontale mari date de cutremure, este recomandată utilizarea dispozitivelor cu inimă de plumb. Acestea prezintă şi avantajul disipării energiei de către miezul de plumb.

BIBLIOGRAFIE

[1] Iancu, V., Gillich G.R., Iavornic C.M., S*isteme Compozite de Izolare Seismică*, Editura Pro Marketing, 2012.

[2] Matson, D.D., Buckland, P.G., *Experience with seismic retrofit of major bridges*, Proceedings of the National Seismic Conference on Bridges and Highways: „Progress in Research and Practice", California, 1995.

[3] Gillich, G.R., Bratu, P.P., Răduca, M., Amariei, D., Iancu, V., *Behavior of composite bearings used in bridge isolation*, KORSD Vilnius, Lithuania, 2009.

[4] * * * *Monitorul Oficial Nr. 874 bis*, Ordin pentru aprobarea Reglementării tehnice „*Ghid privind proiectarea sistemelor de izolare seismică pasivă (reazeme, disipatori) a clădirilor*" indicativ GP-101-04*, Bucureşti, Septembrie, 2004.

[5] Priestley, M.J.N., Seible, F., Calvi, G.M., *Seismic design and retrofit of bridges*, John Wiley and Sons, New York, 1996.

[6] Kelly, J.M., Skinner, R.I., Heine, A.J., *Mechanisms of energy absorption in special devices for use in earthquake resistant structures*, Bulletin of the New Zealand national society for earthquake engineering, Vol. 5, 78-89, 1972.

[7] Kelly, J.M., Tsztoo, D.F., *Energy absorbing devices in structures under earthquake loading*, 6th World conference on the earthquake engineering, Vol. 2, New Delhi, India, 1977.

[8] Skinner, R.I., Kelly, J.M., Heine, A.J., *Hysteretic dampers for earthquake resistant structures*, Earthquake engineering and structural dynamics, Vol. 3, 1975.

Şef lucr.Dr.Ing. Vasile IANCU
Universitatea „Eftimie Murgu" Reşiţa, membru AGIR
e-mail: v.iancu@uem.ro
Prof.Univ.Dr.Ing.Ec. Gilbert-Rainer GILLICH
Prorector Cercetare - Universitatea „Eftimie Murgu" Reşiţa,
preşedintele Sucursalei AGIR Caraş-Severin
e-mail: gr.gillich@uem.ro