

ECHIPAREA PODURILOR ȘI VIADUCTELOR CU IZOLATOARE SEISMICE PENDULARE PE SUPRAFETE SFERICE

Polidor BRATU^{1,2,3}, Nicușor DRĂGAN^{3*}, Mihaiela ILIESCU⁴, Cristina Marilena NIȚU⁴

¹Academia de Științe Tehnice din România, București, România

²Institutul de Cercetări pentru Echipamente și Tehnologii în Construcții – ICECON S.A., București, România

³Departamentul de Științe Inginerești și Management, Facultatea de Inginerie și Agronomie din Brăila,
Universitatea "Dunărea de Jos", Galați, România

⁴Institutul de Mecanica Solidelor al Academiei Române, București, România

*Autorul corespondent: Nicușor DRĂGAN, nicusor.dragan@ugal.ro

Rezumat. *Lucrarea prezintă rezultatele cercetărilor efectuate în România pentru echiparea cu izolare seismică pendulare pe suprafețe sferice realizate de firme din Italia. Soluțiile tehnice de analiză au impus fabricarea și certificarea a trei familii de dispozitive antiseismice pendulare care echipează poduri și viaducte în țări europene ca Portugalia, Italia, Franța, România precum și asiatice, cum ar fi: Indonezia, Malaesia și Coreea de Sud. Studiile și proiectele de compatibilizare a dispozitivelor antiseismice pendulare au fost realizate și aprobate la Institutul de Cercetări pentru Echipamente și Tehnologii în Construcții – ICECON S.A. București.*

Cuvinte cheie: *izolator seismic pendular, suprafețe sferice de frecare, caracteristici constructive și funcționale, standard european armonizat SREN 15129:2018*

Introducere

Izolatoarele seismice pendulare cu frecare pe suprafață sferică FPS (Friction Pendulum System) are proprietatea că asigură mișcarea de alunecare pe suprafața sferică și revenirea ca urmare a ridicării în timpul deplasării față de poziția inițială de echilibru. Forța la care apare alunecarea este dependentă de materialul suprafeței sferice. Astfel, dacă forța seismică tangențială este mai mică decât forța de frecare atunci întreg ansamblu se comportă ca un sistem rigid, fără efect de izolare cu o perioadă proprie caracteristică acestui caz. În cazul în care forța seismică este mai mare decât forța de frecare, atunci are loc o deplasare relativă specifică izolării celor două părți structurale componente. Aceasta face ca structura izolată să aibă o altă perioadă proprie care trebuie să fie corelată cu perioada de excitație dominantă a seismului, în scopul evitării rezonanței. Dispozitivele antiseismice pendulare pot fi cu o suprafață sferică sau cu mai multe suprafețe sferice de alunecare. Varietatea constructivă este foarte bogată în soluții tehnice, astfel încât pentru orice categorie de izolare prin alunecare pot fi realizați izolatorii cei mai potriviți atât sub aspect tehnic și economic.

1. Caracteristici funcționale și constructive ale izolatoarelor seismice cu elemente de alunecare pe suprafețe sferice

Caracteristicile funcționale specifice izolatoarelor cu alunecare prin frecare pe suprafețe sferice sunt:

- **perioada naturală de oscilație T** care este dependentă de raza de curbură R pentru o suprafață sferică sau de raza echivalentă pentru două suprafețe sferice cu razele R_1 și R_2 ; în cazul unui coeficient de frecare $\mu \geq 0,02$ atunci perioada naturală este dependentă și de frecare;
- **rigiditatea de restaurare (rigiditatea postelastice)** care constituie parametrul esențial care exprimă posibilitatea revenirii corpului de alunecare la poziția inițială;
- **rigiditatea laterală efectivă** care este raportul între valoarea forței maxime laterale orizontale F_{max} transferate prin izolator și deplasarea laterală maximă d_{max} ;

- **rigiditatea laterală totală** care este raportul între forța laterală $F(x)$ și deplasarea laterală instantanee $x=x(t)$, adică $k(x)=F(x)/x$;
- **energia disipată** care exprimă capacitatea de amortizare a izolatorului seismic;
- **rata de amortizare echivalentă** ζ_{eq} pentru o deplasare instantanee x ;
- **rata de amortizare efectivă** ζ_{ef} pentru deplasarea maximă $x=d_{max}$.

Raza de curbura echivalentă R_{eq} influențează în mod direct rigiditatea restauratoare, rigiditatea laterală, perioada de oscilație și parametrii de disipare. Suprafețele sferice concave de alunecare realizată din oțel austenitic trebuie să satisfacă următoarele condiții:

- să asigure rezistența la compresiune verticală la nivelul forței exterioare verticale de încărcări P ;
- să asigure frecarea necesară printr-un coeficient de frecare stabilit de proiectant, cu menținerea valorii în perioada de serviciu pe întreaga durată de viață. Pentru aceasta suprafața sferică concavă este tratată, pe lungimea totală de frecare, cu un material special aplicat printr-un procedeu de sintetizare. Suprafața specială de frecare cu stratul suport care asigură coeficientul de frecare dinamic, la valoarea stabilită de proiectant, este denumită fie HOTSLIDE, fie XSLIDE în funcție de compoziția structurală;
- să fie realizată calea de alunecare astfel încât presiunea generată de forța de încărcare exterioară verticală P , prin intermediul corpului de alunecare, nu trebuie să depășească limita de strivire la contact și nici limita maximă de modificare a coeficientului de frecare dinamică pentru funcționarea normală de serviciu;
- să asigure funcționarea pe durată lungă de serviciu și viață, în condiții de temperatură și presiune de contact. Valorile de performanță privind durabilitatea, presiunea de contact și coeficientul de frecare se stabilesc experimental în condiții date de încărcare verticală, viteză de alunecare, număr de cicluri, lungimea drumului pe ciclu. Cerința exprimată în documentul SR EN 15129:2018 [1] este realizarea unor încercări care să asigure cicluri repetate al căror drum total să fie de 10000 m pentru poduri sau viaducte și de 1000 m pentru clădiri sau structuri echivalente cu izolare la bază;
- corpul de alunecare trebuie astfel realizat încât să reziste la presiunea de contact, să transfere forța de frecare în izolator și să asigure rotirea, ce poate să apară în mișcarea de alunecare, pe calea de alunecare a suprafeței sferice concave;
- plăcile suport de capăt și ancorajele de legătură la suprastructura inferioară și superioară trebuie realizate astfel încât să asigure rezistența necesară la transmiterea încărcărilor verticale permanente (gravitaționale), din seism și/sau torsionale, transmiterea forței de frecare cât și asigurarea condițiilor de rigiditate orizontală și deplasare maximă laterală. Plăcile suport pot fi realizate din oțel (EN 10025), fontă (ISO 1083) sau oțel-carbon turnat (ISO 3755) precum și din oțel inoxidabil (EN 10088), iar suprafețele de alunecare placate cu crom dur, trebuie să fie din oțel S355 J2 G3 sau oțel cu granulație fină (EN 10025).

2. Soluții constructive izolatoarelor cu elemente de alunecare pe suprafețe sferice

Producătorii de izolatoare seismice, cu alunecare din Europa, cu rezultate remarcabile pot fi enumerați după cum urmează: FPC Italia, Maurer Germania, SOMMA Italia, TENSA Italia, FIP Italia, TEC Italia.

2.1. Izolatori pendulari cu o singură suprafață de alunecare

În Fig. 1 se prezintă schema unui izolator pendular cu o singură suprafață de frecare prin alunecare la placa inferioară, realizat de firma Earthquake Protection Systems-EPS din Emeryville, California, SUA: Plăcile suport sunt realizate astfel încât placa superioară 1 înglobează într-o articulație sferică reazemul (corpul) de alunecare 2, iar placa inferioară 3 conține suprafața sferică de alunecare principală 4. Legătura la cele două suprastructuri se realizează prin sistemul de ancorare 5. Parametrii geometrici a , b , c , d , e , R sunt determinanți pentru asigurarea caracteristicilor funcționale, constructive, rezistență și durabilitate.

În Fig. 2 este prezentată soluția constructivă a unui izolator pendular cu suprafață de

alunecare la placa superioară proiectată/concepută și realizată de ALGA [2] pentru produsul ALGAPEND-APS1, unde 1 este placa superioară de ancorare și care conține suprafața sferică de alunecare principală 2, placarea specială cu material HOTSLIDE pentru asigurarea coeficientului dinamic de frecare, cupla de rotație 4, suprafața de rotație secundară cu frecare 5.

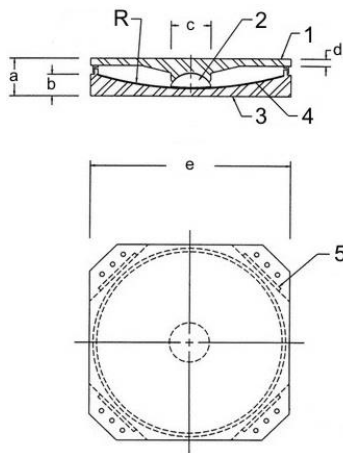


Figura 1. Izolator FPS cu o singură suprafață de alunecare inferioară

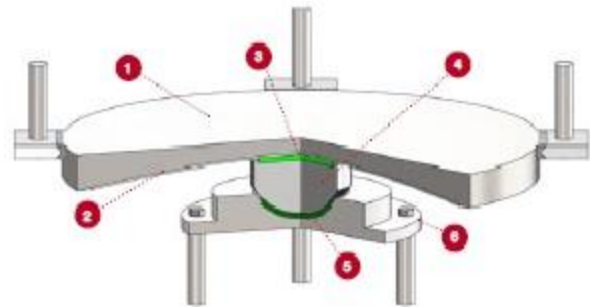
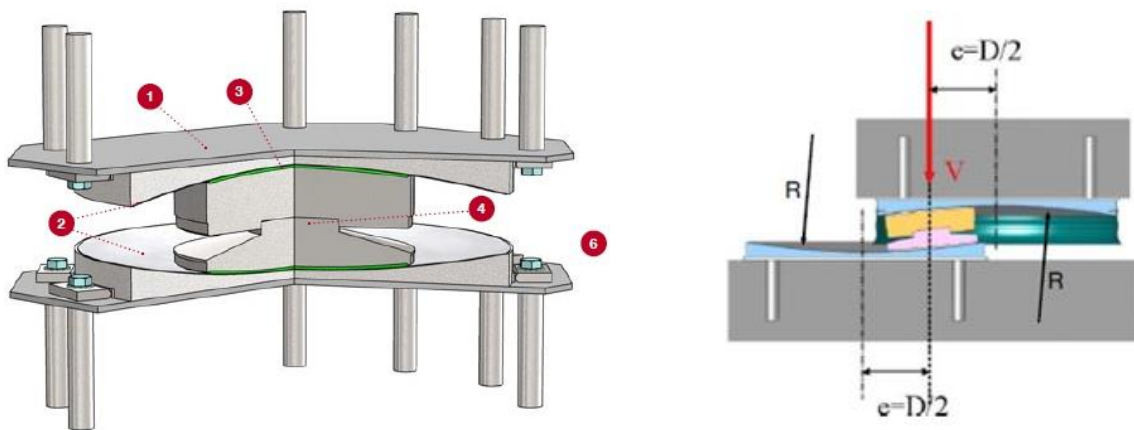


Figura 2. Izolator FPS cu o singură suprafață de alunecare inferioară

2.2. Izolatori pendulari cu două suprafețe de alunecare concave identice

În Fig. 3 se prezintă soluția conceptuală și realizarea izolatorului ALGAPEND-APS2 cu două suprafețe sferice de alunecare principale care sunt înglobate în placa superioară și respectiv placa inferioară. Astfel, placa superioară 1 are suprafața sferică 2 cu materialul special de alunecare HOTSLIDE 3, iar articulația (cupla) 4 asigură rotirea în raport cu axa proprie și alunecarea în raport cu ambele suprafețe perincipale sferice. Placa inferioară 5 asigură fixarea izolatorului la suprastructura inferioară prin intermediul sistemului de ancoraje.



a) elemente constructive principale

b) poziția finală deplasată lateral

Figura 3. Izolator APS2 cu două suprafețe de alunecare

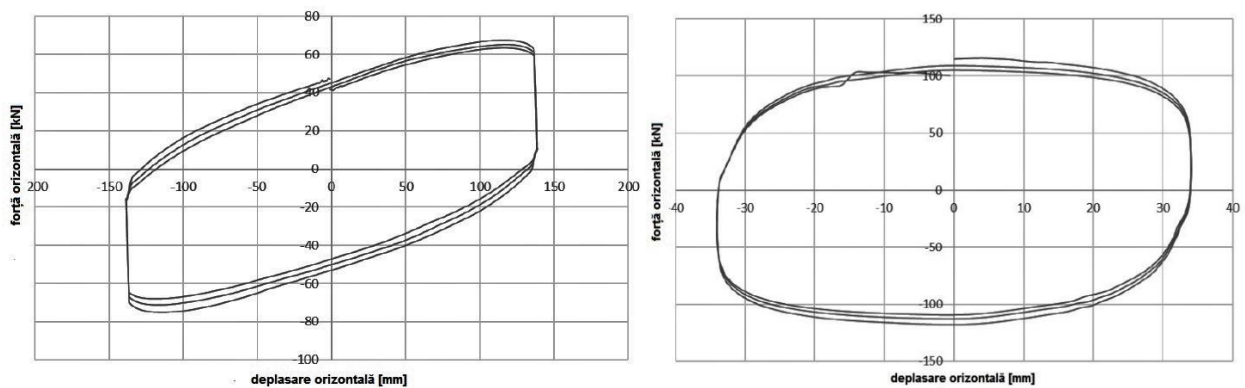
3. Cerințe normative pentru evaluarea performanței izolatoarelor seismice cu alunecare pe suprafețe curbe dublu concave

Cerințele normative reglementate de documentul de referință, standardul armonizat european SREN 15129:2018, sunt următoarele: capacitatea portantă verticală, capacitatea de

deplasare orizontală, capacitatea de rotire, rezistența maximă la frecarea de alunecare, capacitatea de izolare dinamică, rezistența la uzură, cerințe pentru materiale.

4. Încercări experimentale de tip ale izolatorului FPS 1160/330

În cadrul ICECON S.A. București au fost determinate caracteristicile izolatorului FPS 1160/330 conform cerințelor SREN 15129:2018, în baza unui Protocol de încercare, pentru mai multe regimuri/categoriile de încărcare: Serviciu, Referință (controlul prod. în fabrică), Dinamic, Integritate start a stratului de acoperire, Seismic, Bidirecțional, Verificarea proprietăților (se aplică cerințele pentru condiții de serviciu), Încercarea de referință privind influența îmbătrânirii.

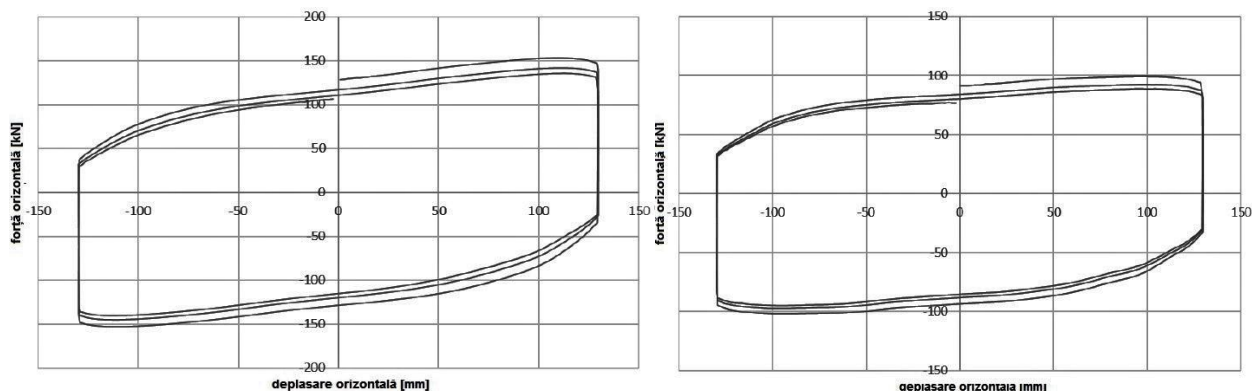


a) Încercarea 4. Condiții de referință (P1)

b) Încercarea 5. Condiții dinamice (D1)

Figura 4. Determinări experimentale ale izolatorului FPS 1160/330

În Fig. 4 sunt prezentate rezultatele determinărilor experimentale pe stand ale izolatorului FPS 1160/330, producător ALGA Italia. În Fig. 5 sunt prezentate rezultatele determinărilor experimentale pentru același izolator, în condiții de solicitare seismică.



a) Încercarea 8. Condiții seismice (E) la N_{sd}^{max}

b) Încercarea 9. Condiții seismice (E) la N_{sd}^{min}

Figura 5. Determinări experimentale ale izolatorului FPS 1160/330

Concluzii

Soluțiile constructive ale izolatoarelor seismice cu suprafețe de frecare se stabilesc în funcție de forma geometrică și performanțele de disipare, rigiditate, rezistență mecanică și durabilitate în timp (durată de viață) cât și de conformarea cu proiectul de ansamblu al construcției ce urmează a fi protejată antisismic. Pentru aceste produse, atât proiectarea, cât și executarea lor în fabrică trebuie să îndeplinească cerințe esențiale specifice din care să rezulte aptitudinea de utilizare în construcții. Produsele menționate sunt calculate, proiectate și evaluate în vederea certificării constanței performanței după SREN 15129:2018 și SREN 1337-3:2005.

Referințe:

1. SR EN 15129:2018 "Dispozitive antiseismice", <https://magazin.asro.ro/ro/standard/262961>
2. Catalog Alga S.p.A Italy, <https://www.algacn.com/en/product-view/107#/attachment/products/MoCaBaiShiZhiZuo.jpg>