



A X-a Conferință Națională multidisciplinară - cu participare internațională,
"Profesorul Dorin PAVEL - fondatorul hidroenergeticii românești",
SEBEȘ, 2010

SISTEM GIROSCOPIC DE STABILIZARE A CLĂDIRILOR LA PERTURBAȚIILE SEISMICE

George MAHALU, Radu PENTIUC

SEISMIC BUILDING-STABILIZING GYROSCOPIC SYSTEM

This paper presents a technical approach for seismic risk reduction of buildings problem. Using a gyroscopic system installed in the building foundation, stabilizers increase compared seismic waves or wind. A study of the reaction system was achieved through a simulation in Matlab environment. The results showed a good response of the building structure in relation to seismic energy discharge.

Cuvinte cheie: giroscop, seism, clădire, stabilizare

1. Introducere

Undele seismice pot avea asupra clădirilor efecte devastatoare, alterând parțial sau total structura de rezistență a construcțiilor. Cauza o constituie descărcarea energetică sub formă de perturbație periodică cu frecvențe infrasonore, de la 0,1 Hz la 10 Hz.

2. Tipuri de unde seismice

Există două clase de unde seismice:

- unde de volum;
- unde de suprafață.

Undele de volum se propagă prin interiorul globului pământesc, fiind purtătoarele cantității majoritare de energie seismică. Viteza lor de propagare depinde de natura materialului prin care trec. Această viteză este de regulă mai mare la adâncimi mari, deoarece acolo densitățile sunt mai mari.

Undele de volum prezintă proprietăți de propagare asemănătoare luminii. Apar reflexii și refracții, funcție de densitatea și rigiditatea mediilor întâlnite în cale. Acești doi parametri, la rândul lor, variază funcție de temperatură, compoziție și fază.

Din această clasă de unde se pot menționa undele P și undele S .

Undele de suprafață se aseamănă cu valurile de pe suprafața unui lac. Aceste unde au viteze de propagare mai mici dar amplitudini mai mari. Din această clasă de unde fac parte undele *Love* și undele *Rayleigh*.

Această clasă de unde prezintă comportări extrem de interesante, studiate în majoritatea laboratoarelor de specialitate din lume.

Asupra acestor unde se efectuează în prezent cercetări și în cadrul Universității „Ștefan cel Mare” din Suceava, utilizându-se în acest sens tehnici de studiu al sistemelor complexe și descrieri fractale.

2.1 Undele P

Sunt denumite *unde primare*. Ele sunt definite ca unde de compresie sau unde longitudinale. Sunt cele mai rapide în propagare ($6\div 8$ km/s), fiind primele înregistrate de către seismografe. Aceste unde sunt responsabile de bubuitul sesizat la începutul unui cutremur.

Vor fi trecute în revistă, în continuare, principalele proprietăți ale tipurilor de unde seismice cunoscute în prezent.

2.2 Undele S

Se numesc *unde secundare*. Ele sunt unde transversale (unde de forfecare), având o viteză de propagare tipică de circa $4\div 5$ km/s. Din întârzierile măsurate între undele P și cele S , cu ajutorul a trei seismografe montate în puncte distincte, cunoscând vitezele de propagare, se poate calcula poziția epicentrului seismic.

Undele S pot fi polarizate, de aici putându-se determina o serie de caracteristici ale zonelor parcurse în propagare. Datorită acestei particularități, undele S nu se pot propaga prin medii lichide sau gazoase.

2.3 Undele Love

Își datorează numele unui matematician britanic care le-a identificat în anul 1911. Se aseamănă cu undele S polarizate orizontal (mișcarea are loc în planul solului, de tip stânga-dreapta). Datorită caracteristicilor lor, undele Love sunt extrem de distructive.

2.4 Undele Rayleigh

Au fost descoperite de către John William Strutt Rayleigh în 1885. Au o structură complexă, mișcările verticale și orizontale combinându-se. Forțele de revenire nu sunt gravitaționale ci elastice, drept pentru care acest tip de unde apare ca urmare a unor interacții între fluxul energetic seismic și structura mediului parcurs.

3. Considerații matematice asupra unui sistem giroscopic

Bazele matematice ale analizei de stabilitate necesitate de un sistem giroscopic, constau în reprezentarea ecuațiilor dinamice ale corpului solid rigid aflat în mișcare de rotație. În acest scop se pot defini cunoscutele unghiuri ale lui Euler (figura 1).

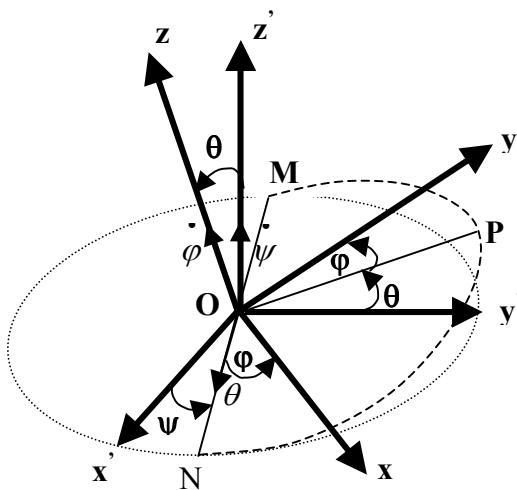


Fig. 1 Definierea unghiurilor lui Euler

Parametrii reprezentativi care apar în figura 1 sunt:

- ON – linia nodurilor
- OP – normala la linia nodurilor dusă în planul Oxy
- ψ – unghiul de precesie (unghiul dintre axa fixă Ox' și linia nodurilor)
- φ – unghiul de rotație (unghiul dintre linia nodurilor și axa mobilă Ox)
- θ – unghiul de nutație (unghiul dintre axa fixă Oz' și axa mobilă Oz)

Vectorul viteză unghiulară instantanee este dat de:

$$\vec{\omega} = \dot{\psi} \cdot \hat{Oz}' + \dot{\varphi} \cdot \hat{Oz} + \dot{\theta} \cdot \hat{ON} \quad (1)$$

În relația (1) s-a utilizat operatorul de derivare în notație Newton. De asemenea, o notație specială s-a utilizat pentru marcarea versorilor.

În aplicații interesează relațiile între proiecțiile ω_x , ω_y și ω_z ale vectorului $\vec{\omega}$ pe axele mobile Ox , Oy și Oz , și unghiurile lui Euler ψ , φ și θ .

Proiecția relației (1) pe axele mobile conduce la:

$$\begin{aligned} \omega_x &= \dot{\psi} \cdot \sin \theta \cdot \sin \varphi + \dot{\theta} \cdot \cos \varphi \\ \omega_y &= \dot{\psi} \cdot \sin \theta \cdot \cos \varphi - \dot{\theta} \cdot \sin \varphi \\ \omega_z &= \dot{\varphi} + \dot{\psi} \cdot \cos \theta \end{aligned} \quad (2)$$

Dacă alegem axele de coordonate ale sistemului mobil ca axe principale de inerție ale corpului solid rigid, vom putea scrie relațiile:

$$\begin{aligned} J_x \dot{\gamma}_x + (J_z - J_y) \omega_y \omega_z &= M_x \\ J_y \dot{\gamma}_{yx} + (J_x - J_z) \omega_z \omega_x &= M_y \\ J_z \dot{\gamma}_z + (J_y - J_x) \omega_x \omega_y &= M_z \end{aligned} \quad (3)$$

cu: $\dot{\gamma}_k = \dot{\omega}_k$, $k=x,y,z$.

Aceste relații sunt cunoscute ca ecuațiile lui Euler. Pentru a rezolva problema mișcării, vom considera împreună relațiile (2) și (3). Astfel, vom avea șase relații scalare între necunoscutele ω_x , ω_y , ω_z și ψ , φ , θ .

4. Analiza sistemului stabilizator

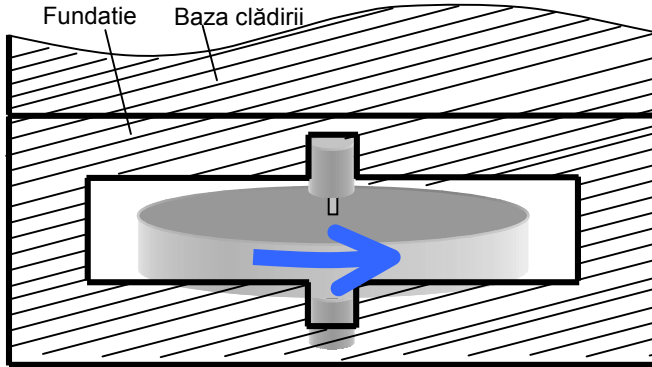


Fig. 2 Sistemul giroscopic stabilizator

Se presupune că structura fundației este una elastică, înțelegând prin aceasta că realizarea contactului între fundație și solul înconjurător folosește tehnologii antiseismice, ce reduc rigiditatea contactului.

Vom considera axa Oz ca fiind axa giroscopului. De asemenea, vom presupune că asupra giroscopului acționează doar forța de greutate \bar{G} , că punctul fix O coincide cu centrul său de greutate, notat C , și că rigidului i se imprimă o valoare mare a vitezei unghiulare, $\omega_z = \omega_0$. În absența oricărei perturbații, momentul cinetic se păstrează deoarece Oz este axă centrală, deci axă permanentă de rotație. Dacă apare o mică perturbație ce acționează asupra axei de rotație Oz , aceasta imprimă giroscopului o mișcare de precesie. Axă Oz se deplasează puțin în raport cu poziția originală, făcând un unghi θ_0 , cu atât mai mic cu cât viteza unghiulară ω_0 este mai mare. Această proprietate a fost numită *stabilitate giroscopică*. Se poate arăta că:

$$\operatorname{tg}\theta_0 = \frac{J_x}{2J_x - J_z} \cdot \frac{\varepsilon}{\omega_0} \quad (4)$$

cu: $\varepsilon = \sqrt{C_1^2 + C_2^2}$, unde ε reprezintă amplitudinea vitezei unghiulare ω_x după o direcție normală la axa de rotație Oz . Constantele C_1 și C_2 sunt

obținute în procesul de integrare și depind de condițiile inițiale ale sistemului.

5. Simularea sistemului stabilizator

Simularea sistemului giroscopic stabilizator a fost realizată sub mediul Matlab. În figura 3 sunt prezentate rezultatele simulării.

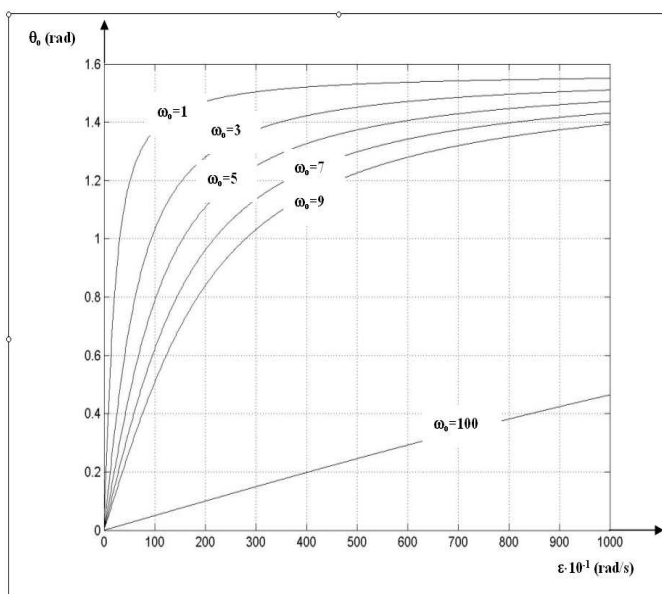


Fig. 3 Rezultatul simulării sistemului

BIBLIOGRAFIE

- [1] Salvadori, M., *Lupta împotriva gravitației*, Editura Albatros, București, 1983.
- [2] Mahalu, G., *Metode numerice în optimizarea sistemelor*, Editura Matrix-Rom, București, 2006.
- [3] * * * <http://rses.anu.edu.au/~brian/pdfstrat.pdf>

Conf. Dr. Ing. George MAHALU,
Prof. Dr. Ing. Radu PENTIUC
Universitatea din Suceava,
membri AGIR