

# Analiza dinamică la acțiunea seismică a unei structuri îngropate pentru transportul apei\*

Dynamic analysis of the seismic action of underground structure to water transport

Ancaș Ana Diana<sup>1</sup>, Mihai Profire<sup>1</sup>, Marina Verdeș<sup>1</sup>, Vasilică Ciocan<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universitatea Tehnică “Gheorghe Asachi” din Iași, Facultatea de Construcții și Instalații, Departamentul de Ingineria Instalațiilor, Romania

## **Rezumat:**

*Creșterea performanțelor de funcționare și operabilitate a rețelelor urbane vitale presupune și studiul comportării structurilor îngropate pentru transportul apei, la dezastre naturale de tipul cutremurilor de pământ. În literatura de specialitate sunt formulate diverse modele și metode de calcul pentru determinarea răspunsului acestui gen de structuri, bazate pe dinamica mediilor continue și a interacțiunii structură – masiv de pământ. Cea mai utilizată metodă dinamică de analiză care oferă posibilități destul de mari pentru luarea în considerare a conlucrării între structură și masivul de pământ înconjurător, este metoda elementelor finite. Lucrarea de față dorește să prezinte o metodologie de calcul dinamic la acțiune seismică, pentru determinarea răspunsului unei structuri îngropate, care să cuprindă toate elementele de calcul de care trebuie să se țină cont în proiectarea sa.*

**Cuvinte cheie:** acțiune seismică, infrastructură critică, structură transport apă

**Abstract.** *Increased operating performance and operability of networks and behavior study assumes vital urban structures buried water conveyance to natural disasters such as earthquakes. In the literature they are formulated various models and calculation methods for determining the response of this kind of structure, dynamics based on continuous media and interaction structure - solid ground. The most common method of analysis offering potential dynamic enough to consideration of cooperation between the massive structure and the surrounding land is finite element method. This paper aims to present a methodology for calculating dynamic seismic action to determine the response of a buried structure, encompassing all computing elements that must be taken into account in its design.*

**Keywords:** seismic action, critical infrastructure, water transport structure.

## 1. Introducere

La nivelul unei așezări urbane, de orice tip, există un număr de infrastructuri critice a căror perturbare sau distrugere ar influența semnificativ menținerea funcțiilor sociale vitale și de siguranță [1].

De-a lungul anilor s-a pus accent pe calculul la seism în special pentru

---

\* Lucrare prezentată în cadrul Conferinței AIIR Timisoara, aprilie 2017

structurile civile. Evenimentele seismice de pe glob au arătat că la fel de important este și studiul privind comportarea la cutremur a structurilor îngropate aferente unui sistem de transport apă (aducțiuni, canale colectoare etc.)

Interacțiunea seismică poate fi de 5 tipuri [1] dintre care în articolul de față amintim nefuncționarea structurală datorită distrugerilor totale sau parțiale a unei structuri îngropate.

Aceste structuri alături de altele aferente infrastructurii de instalații au fost încadrate în categoria structurilor critice pentru o așezare urbană în cazul unui eveniment seismic [2].

Ieșirea din funcțiune a unei astfel de structuri, care poate fi considerată un sistem urban critic, duce la nefuncționalitatea pe orizontală a altor sisteme vitale necesare pentru salvarea de vieți omenești și pentru reducerea pagubelor materiale în cazul unui cutremur de pământ [3].

Orice cauză care conduce o stare de solicitare mecanică într-o structură constituie o acțiune. O acțiune încadrată în categoria acțiunilor excepționale este **acțiunea seismică**. Conform STAS 10101/0A acțiunile excepționale apar foarte rar sau niciodată la intensități considerabile în viața unei construcții. Stările de eforturi și deformații se iau în considerare pe baza intensității de calcul ale acțiunilor.

Coeficientul acțiunii seismice (coeficienții de multiplicare a încărcărilor normale) recomandat de prescripțiile românești este de 1,00.

Acțiunea seismică se încadrează în gruparea specială a acțiunilor în regim dinamic și se analizează ținând cont de:

- acțiunea pământului: în funcție de intensitatea seismică se vor defini presiunile pe verticală și orizontală;
- acțiunea apei: se vor defini presiunile hidrodinamice în cazul structurilor cu nivel liber, suprapresiune la conductele sub presiune, efectul propagării undei seismice în lungul structurii.

O evaluare cât mai exactă a intensității acțiunilor este încă greu de realizat datorită numeroșilor parametri incompleți evaluați care intră în modelarea fenomenului.

Întrebările care se pun și la care încă nu s-a putut răspunde în totalitate sunt:

- *Care este legea de distribuție a acțiunii pământului pe suprafața structurii?*
- *Cum sunt transmise structurii încărcările care acționează asupra terenului?*
- *Care ar fi un model adecvat care să descrie modul de interacțiune structură-pământ?*

În prezent relațiile de calcul utilizate sunt obținute pe baza rezultatelor experimentale din laborator și a concluziilor obținute în urma aplicării practice.

## **2. Evaluarea acțiunii seismice asupra unei structuri îngropate pentru transportul apei [4]**

Răspunsul unei acțiuni seismice asupra unei astfel de structuri este un rezultat direct al interacțiunii structură-masiv de pământ. Analiza dinamică se face atât în secțiunea transversală a conductei la unde seismice orizontale și verticale dar și pe direcție longitudinală la acțiunea seismică nesincronă în lungul axei structurii.

O metodologie de calcul dinamic care oferă posibilități destul de mari pentru luarea în considerare cât mai corectă a conlucrării structură-masiv de pământ este metoda elementului finit (MEF).

• În cazul unei structuri de apă de debit mare ( $Q > 1 \text{ m}^3/\text{s}$ ) modelul de calcul se aplică în secțiunea transversală (Figura 1) și presupune includerea în structura de discretizare a unei părți suficient de mare din masivul de pământ care încorporează structura astfel încât condițiile de pe contur să nu influențeze starea de eforturi din structură

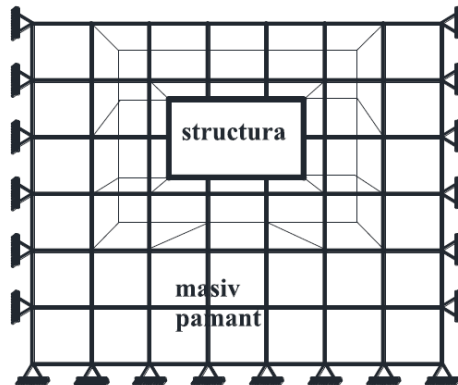


Figura 1. Model de calcul

Ecuția de mișcare are forma:

$$[M]. \{\ddot{\delta}\} + [C]. \{\dot{\delta}\} + [K]. \{\delta\} = -[M]. \{r\}. i \quad (1)$$

$[M]$  – matricea masivelor echivalente;

$\{\ddot{\delta}\}$  – vectorul accelerațiilor;

$[C]$  – matricea de amortizare;

$\{\dot{\delta}\}$  – vectorul vitezelor;

$[K]$  – matricea de rigiditate;

$\{\delta\}$  – vectorul deplasărilor;

$\{r\}$  – proiecțiile versorului cutremurului pe direcțiile gradelor de libertate;

$i$  – accelelograma cutremurului.

Ecuția (1) se scrie sub forma unui sistem de ecuații diferențiale de ordinul doi în raport cu timpul, relativ ușor de rezolvat.

Rezultatele aproximative obținute, transpuse în practică, au arătat că precizia lor depinde de:

- Modul de discretizării și pasul acesteia;
- Suprafața de discretizare;
- Condițiile de contur;
- Modul acțiunii seismice în adâncime;
- Corectitudinea definirii matricelor de rigiditate și amortizare.

Soluția sistemului nu este unică deoarece frecvențele și formele proprii corespund sistemului unitar structură-masiv pământ, ele variind funcție de mărimea modelului.

## 2.1. Determinarea presiunii date de pământ, în regim dinamic

### A. Element de calcul I- structură rigidă

Valoarea încărcării verticale se calculează cu relația:

$$p = p^n(1 \pm 1,5K)$$

$p$  – presiunea pe verticală, în regim dinamic, a pământului;

$p^n$  – presiunea normată, pe verticală, a pământului de umplutură în regim static;

$K$  – coeficientul de intensitate seismică conform P100-92.

### B. Element de calcul II – datorită deplasării pereților structurii se dezvoltă presiunile seismice orizontale ale pământului

Încărcarea orizontală devine nesimetrică deoarece după un anumit interval de timp un perete va suporta o presiune activă majorată iar celălalt reacțiunea masivului.

Pentru determinarea presiunilor active și reactive provocate de mișcarea seismică există următoarele concepții:

-unghiul de frecare interioară a pământului se modifică cu valoarea  $\theta = \arctg K$

-pe parcursul creșterii adâncimii, unghiul de frecare interioară crește până la o anumită valoare după care rămâne constant.

### C. Element de calcul III –determinarea efectelor mișcării seismice în direcția orizontală

În acest caz se consideră ca mediu de propagare a undelor seismice atât terenul cât și apa din structura pentru transport apă.

Vitezele de propagare a undelor seismice se pot considera conform Tabel 1 [4].

Tabel 1

Vitezele de propagare pentru undele seismice

Mediu de propagare	Viteza (m/s) Velocity of propagation
Apă	1500
Sol slab (argile nisipoase, nisipuri)	200-500
Soluri de rezistență medie	500-1000
Soluri cu rezistență ridicată	1000-3500
Roci dure	3500-5000

Funcția deplasării seismice  $u(x,t)$  este o funcție armonică și apelând la ecuațiile Euler se pot determina:

$$p_{max} = \frac{K}{2\pi} \gamma_a \cdot v \cdot T$$

Analiza dinamică la acțiunea seismică a unei structuri îngropate pentru transportul apei

$K$  – coeficientul de intensitate seismică conform P100-92;

$\gamma_a$  – greutatea specifică a apei;

$v$  – viteza de propagare a undelor seismice;

$T$  – perioada proprie de vibrație, 0,2-0,3 sec.

-Eforturile unitare longitudinale (de întindere/compresiune)

$$\tau_{max} = \pm \frac{g}{2\pi} \cdot K \frac{E}{v} \cdot T$$

$E$  – modulul de elasticitate longitudinală a materialului conductei;

$g$  – accelerația gravitațională.

La structurile funcționând sub presiune dacă se analizează valorile suprapresiunilor în timpul unui eveniment seismic se poate trage concluzia că acestea cresc odată cu modulul de elasticitate iar în condițiile unui cutremur de intensitate medie, mare, rezistențele capabile ale materialelor pot fi depășite și apar defecțiuni, deci este necesară o armare longitudinală corespunzătoare.

### 3. Concluzii

Acțiunile excepționale de tip seism pot apărea pe durata de viață a unei structuri o dată, de mai multe ori sau chiar deloc.

Metoda elementului finit este o metodă care duce la rezultate satisfăcătoare în analiza dinamică a unei structuri îngropate pentru transportul apei cu condiția ca modelul de calcul să țină cont de presiunile asupra structurii datorate masivului de pământ dar și de efectele mișcării seismice pe direcție orizontală.

### Bibliografie

[1] Ancas A.D., Toma D., Profire M, *Vulnerability of Seismic Equipment* Proc. of the Internat. Scientific Conference, CIBV 2016, Brasov, Romania, 241-247.

[2] Ancas A.D., Atanasiu M.G., *Seismic Risk management considering the Urban Lifeline Existing System*, Proc. of the 6 th Internat. Conference on Business Excellence, ICBE 2011, Brasov, Romania, 20-23.

[3] Ancas A.D., Doniga C., Atanasiu G.M., *Current state of the art for existing critical systems in urban seismic area*, Bul. Inst. Polit. Iași, LII(LVI), 1-2, s. Construct., Aritect., 39-48 (2006).

[4] Furiș D., Teodorescu M.E., Sorohan Lucian., *Calculul structurilor pentru transportul apei*, Ed. Conspress, București, 58, 2012.