

# CALCULUL STRUCTURII A UNUI BARAJ CU CONTRAFORȚĂ

Autorul: Ivan PLAMADEALA  
Conducătorul științific: Ion GÎRLACU

Universitatea Tehnică a Moldovei

**Rezumat:** Dimensionarea hidraulică constituie o etapă importantă în proiectarea acestora, nu numai prin faptul că de exactitatea acestora depinde o bună exploatare hidrotehnică dar și pentru că aceste calcule sînt, destul de laboroase, necesitînd o durată mare de timp pentru elaborare. Pentru acest motiv, în cele ce urmează, se vor prezenta metode de calcul complexe și anume calculul analitic al barajului cu contraforță și calculul acestuia în softul SCAD OFFICE, urmat de elaborarea diagramelor de tensiuni și deformații în acest program.

La determinarea forțelor care solicită construcția hidrotehnică, spre deosebire de cele civile pe lângă masa proprie, sarcina permanentă de lungă și scurtă durată, acțiunile accidentale, mai intervin în dimensionare și presiunea hidrostatică  $P_1$  și  $P_3$  exercitate pe fața aval a barajului, presiunile verticale  $P_2$  și  $P_4$ , presiunea aluviunilor  $P_{al}$  depuse în bieful amonte și presiunea ghețurilor  $p_g$ .

Ținînd cont de modul de grupare a forțelor, se aleg coeficienții de siguranță sau presiunile admisibile pe terenul de fundație.

**Cuvinte cheie:** Presiune hidrodinamică, presiunea valurilor, presiunea ghețurilor, presiunea aluviunilor, Subpresiunea de infiltrație, împingerea pămîntului.

## 1. Determinarea forțelor care solicită barajul cu contraforță

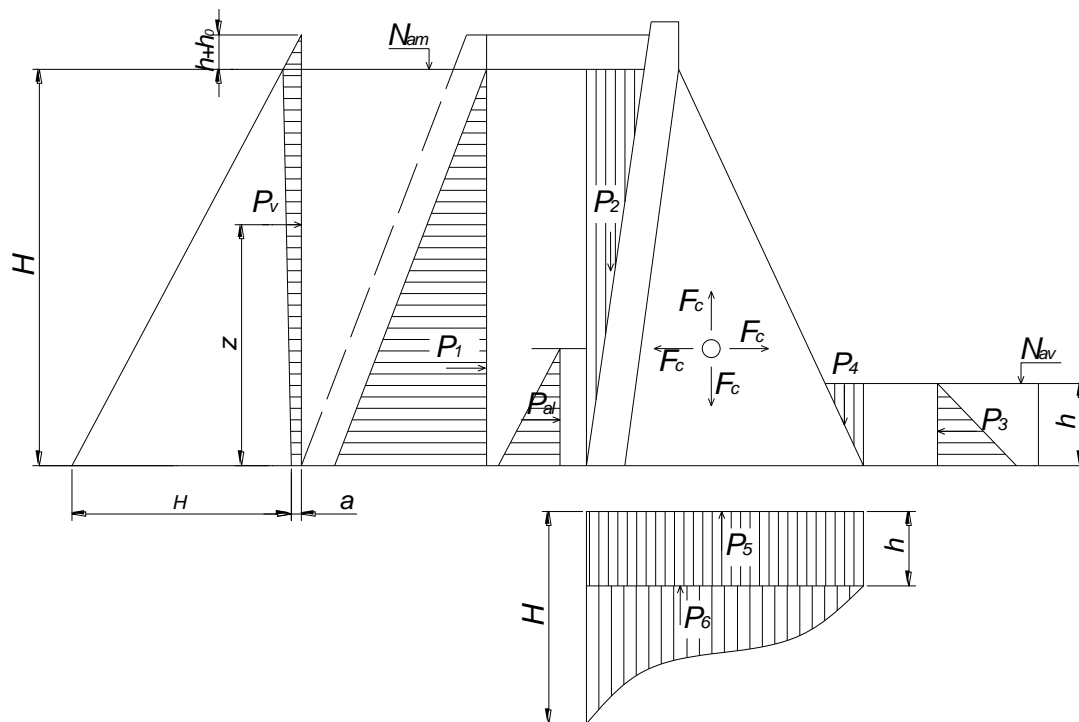


Fig.1 Forțele care acționează un baraj cu contraforțe

Barajul cu contraforță este acționat de forțe suplimentare pe lângă cele permanente, masa proprie și zăpadă, acestea sunt cauzate de apă sub anumite forme:

Presiune hidrostatică, presiune hidrodinamică, subpresiune, presiunea ghețurilor, presiunea valurilor etc.

Astfel, în cazul proiectării unui baraj se iau în calcul toate acțiunile asupra construcției și se stabilesc condițiile terenului de fundare.

### 1.1 . Presiunea hidrodinamică a apei

Cînd curentul de apă se află în stare de mișcare, acesta exercită asupra elementelor de construcție o forță de apăsare suplimentară care poartă numele de presiunea hidrodinamică și care se determină cu formula generală:

$$P_d = \gamma \cdot K \cdot \frac{Q}{g} \cdot v \cdot (1 - \cos \alpha), (1.1)$$

în care:

$Q$  și  $v$  reprezintă debitul și viteza curentului de apă, iar  $\alpha$  este unghiul dintre direcția curentului de apă și planul asupra căruia acționează.

Coeficientul de formă  $K$  are valori care variază în raport cu forma suprafeței asupra careia acționează curentul de apă. Pentru praguri disipatoare la distanța  $(0,6 \dots 2,0 H$  de baraj, se ia  $K = 0,6 \dots 0,8$ ).

### 1.2 . Presiunea valurilor

Sub acțiunea valurilor, elementele de construcție verticale ale barajului cu contraforță sînt solificate de o presiune suplimentară care se adaugă presiunii hidrostatice (Fig 2). Nofînd cu  $h$  înălțimea și cu  $l$  lungimea valului, presiunea suplimentară a valului este hașurată în diagrama presiunilor care se determină făcînd diferența dintre triunghiul  $ABC$  și triunghiul  $DEC$ :

$$P_V = \gamma \cdot K_1 \cdot \left[ \frac{(H + \frac{a}{\gamma}) \cdot (H + h + h_0)}{2} - \frac{H^2}{2} \right] \cdot b \quad (1.2)$$

în care:

$$a = \frac{h}{ch \cdot \beta}; \quad h_0 = \alpha h \cdot \cot \beta; \quad \alpha = \frac{\pi h}{l}; \quad \beta = \frac{2\pi H}{l}.$$

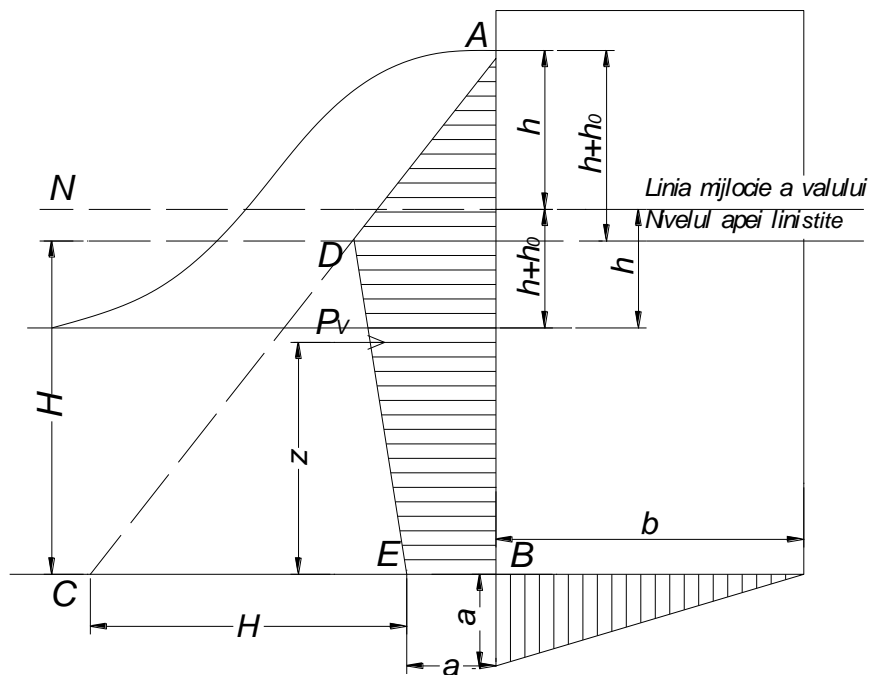


Fig. 2 Acțiunea valurilor asupra construcțiilor hidrotehnice

Valorile coeficientului  $K_l$  sînt date în tabelul 1.

Tabelul 1.

$\frac{H}{l}$	Mărimile coeficientului $K_l$ , pentru $\frac{h}{l}$				
	0,080	0,067	0,050	0,040	0,033
0,10	0,89	0,94	1,01	1,07	1,13
0,25	0,79	0,83	0,83	0,95	1,00
0,20	0,73	0,75	0,82	0,87	0,93
0,25	0,72	0,73	0,79	0,84	0,88

Parametrii valului ( $h$  și  $l$ ) se determină cu formulele:

$$h = 0,073K\omega_{10} \cdot \sqrt{D \cdot \frac{h}{l}} \text{ și } l = 0,073K\omega_{10} \cdot \sqrt{\frac{D}{h/l}} \quad (1.3)$$

în care:

$D$  – lungimea de formare a valului, în km.

$\omega$  – este viteza vîntului în m/s la înălțimea de 10 m deasupra apei.

### 1.3 . Presiunea ghețurilor

Această presiune poate fi *statică* atunci cînd, sub efectul ridicării bruște a temperaturii, gheața compactă începe să se dilate sau *dinamică*, atunci cînd gheața, sub formă de sloiuri, se află sub acțiunea vîntului sau curentului de apă.

Presiunea *statică*, pentru cazul cînd lungimea cîmpului de gheață este sub 500 m, se determină cu formula:

$$P_{gs} = 0,9\delta \cdot (t_0 + 1) \sqrt{\frac{t_0}{s_0} (t_0 + 1)^2} \quad (1.4)$$

$\delta$ - este grosimea maximă a stratului de gheață;

$t_0$ - ridicarea maximă posibilă a temperaturii gheții pe un interval de  $s_0$  ore

$s_0$  –durata cea mai avantajoasă a creșterii continue a temperaturii aerului

Presiunea statică a ghețurilor

Tabelul 2.

$\frac{H}{l}$	Mărimile coeficientului $K_l$ , pentru $\frac{h}{l}$			
	0,080	0,067	0,050	0,040
1,5	28	39	47	55
1,2	20	25	30	36
1,0	15	19	23	27
0,7	10	13	17	20
0,5	7	8	10	13

Presiunea *dinamică* se determină cu formula:

$$P_{gd} = Kv\delta\sqrt{lb} \quad (1.5)$$

în care:

$v$  – reprezintă viteza de mișcare a sloiurilor de gheață, în m/s

$\delta$  – grosimea sloiurilor de gheață, în m

$lb$  – lungimea și lățimea sloiurilor de gheață, în m

## 1.4 Presiunea aluviunilor

Presiunea aluviunilor apare atunci când se depun aluviuni în fața elementelor de construcție. Depozitele de aluviuni fine scufundate în apă se comportă ca un lichid mai greu decât apa ( $\gamma_{al} = 1,3 \dots 1,4 \text{ tf/m}^3$ ) având un unghi de frecare interioară cu o valoare apropiată de zero. Presiunea aluviunilor alcătuite din nisip și pietriș se poate determina folosind formulele pentru corpuri friabile, ținând seama de subpresiunea apei asupra particulelor respective. Presiunea într-un punct oarecare din straturi de aluviuni este dată de formula:

$$p_z = \gamma_{al} z \lambda_a \quad (1.6)$$

în care:

$$\lambda_a = \text{tg}^2 \left( 45^\circ - \frac{\varphi}{2} \right)$$

## 2. Calculul eforturilor barajului și a bazei lui după metoda elementului finit (MEF)

În baza acestei metode barajul se discretizează în elemente mici, de obicei de formă triunghiulară în cazul problemei plane, iar în cazul problemei spațiale se utilizează elemente de tip tetraedru. Determinarea eforturilor și deformațiilor prin metoda elementului finit duce la un sistem complex de calcul algebric, datorat numărului mare de noduri. Din acest motiv calculul se va efectua în program SCAD OFFICE.

Exactitatea calculului depinde de mărimea elementului discretizat în program.

### Concluzie

Prin prezentul articol s-a prezentat două metode de calcul a barajului cu contraforță, utilizând metoda analitică și metoda elementului finit. Lucrarea dată va prezenta un interes pentru proiectanții din domeniul hidroconstrucțiilor, utilizând-o ca rol de ghid în alegerea metodei potrivite de calcul și nemijlocit rezolvarea acestuia.

Calculul, cu careva schimbări mici, va fi analogic pentru mai multe construcții de acest tip cu o modelare similară, ca de exemplu unperete de sprijin, sau diguri de protecție..

### Bibliografie

1. Ing. N.G.Ioan "Construcții Hidrotehnice" București, 1976.
2. Grișin M.M. Antipov A.I. "Construcții Hidrotehnice". vol 1,2. Moscova, 1979.