CONTRIBUŢII LA STUDIUL DIMENSIONĂRII BARAJELOR FOLOSITE ÎN LUCRĂRILE DE CORECŢIA TORENŢILOR

de Ing. C. ARGHIRIADE

Introducere. Principiul formulei. Verificarea unor baraje dimensionate, cu ajutorul formulelor stabilite mai sus. Cazul 1. Barajul solicitat integral la presiunea apei. Cazul 2. Cazul 3. Cazul 4. Cazul 5. Cazul 6. Rezumat şi concluzii. Bibliografie.

INTRODUCERE

Barajele de zidărie care se construesc transversal în canalul de scurgere al torenţilor au misiunea:

a) Să reţină materialele aduse de viiturile mari;

b) Să micşoreze viteza de antrenare a apei;

c) Să consolideze malurile rămase fără sprijin;

d) Să constitue puncte de sprijin pentru lucrările construite din lemn, care sunt mai puţin durabile.

Asemenea baraje, iniţial, pot fi solicitate după natura torentului:

1. La presiunea «lavei», când massa torentului este formată dintr'o materie vâscoasă — apă, noroi şi piatră;
2. La presiunea apei, cu materiale mărunte;
3. La împingerea pământului, atunci când în spatele barajului se face până la fundul cuvetei un aterisament artificial.

In primul caz, barajele trebue neapărat dimensionate în funcţie de presiunea hidrostatică.

In cel de al doilea caz, dimensionarea se poate face în funcţie de presiunea mixtă, construind în spatele barajului, pe o anumită porţiune din înălţimea lui, un aterisament artificial.

Pentru dimensionarea unor asemenea lucrări de rezistenţă la presiunea apei sau la împingerea pământului, există o serie de formule clasice, unele destul de bune, dar tot atât de complicate, iar altele empirice, care de cele mai multe ori nu dau rezultatele dorite.

De altfel nu există o formulă cu ajutorul căreia să se poată stabili dimensiunile unui baraj, solicitat la presiune mixtă (împingerea pământului + presiunea apei). Deaceea, în cadrul temei «Cercetări asupra tehnicii lucrărilor de corecţii, din lemn şi zidărie, adaptate la tipurile de sol», am studiat şi stabilit o formulă practică, destul de exactă pentru dimensionarea unor asemenea baraje, formulă care, datorită simplicităţii ei, poate fi utilizată cu uşurinţă chiar şi de tehnicienii cu un nivel mai mic de cunoştinţe matematice.

PRINCIPIUL FORMULEI

A. Pe baza documentării făcute din literatura de specialitate şi a considerentului că barajele ce se construesc în canalul de scurgere al torenţilor, cu înălţimi mici — între 1,50—4 m, mai rar peste 4 m— sunt solicitate iniţial la presiunea apei sau mixtă, iar după colmatarea lor complectă servesc ca ziduri de sprijin, studiul de față s'a făcut numai în ipoteza sarcinilor normale.

Formula studiată se bazează pe următoarele 2 premize:

1. Centrul de presiune al barajului să se găsească în treimea mijlocie a bazei inferioare şi cât mai aproape de extremitatea acelei treimi, pentru ca în corpul barajului să nu se nască tensiuni, iar construcţia să fie cât mai economică.

2. Compresiunea ce se naşte pe planul inferior al fundaţiei să fie totdeauna mai mică decât rezistenţa admisibilă a terenului.

Asemenea baraje, bine încastrate în maluri şi bine fundate, sunt supuse iniţial la presiunea apei încărcată cu materiale. Insă pe măsură ce materialele sunt reţinute de baraj şi se formează aterisamente, ele încep să fie solicitate, începând dela planul superior al fundaţiei către coroană, pe porţiunea acoperită cu materiale, la împingerea pâmântului, iar în rest la presiunea apei.

In concluzie, astfel de baraje se dimensionează totdeauna după următoarele cazuri:

a) La presiunea apei încărcată cu materiale (în cazul torenţilor cu debite catastrofale şi cu conţinut de lavă);

b) La împingerea pământului (în cazul torenţilor mici, cu un debit mic de apă şi care nu sunt periculoşi), cu condiţia ca în mod normal înălţimea acelor baraje să nu depăşească 2,00 m, astfel ca aterisamentul artificial să poată fi construit uşor;

c) La împingerea mixtă, în cazul celorlalţi torenţi — caz frecvent în R.P.R.

A. Pentru stabilirea formulei în cazul împingerii mixte, plecăm deocamdată tot dela împingerea apei, şi considerăm în secţiune transversală obişnuită « *ABCD* » un baraj de 2,50 m înălţime (cifra cea mai des utilizată), peste coronamentul căruia se presupune că trece, în timpul unei viituri mari, o jerbă de apă, a cărei înălţime ha = 0,40 m.

Presupunem — cum am spus — că acest baraj este solicitat numai la presiunea apei, a cărei valoare este:

$$F_1 = \frac{1}{2} \cdot h^2 \cdot \delta + ha \cdot h \cdot \delta = h \cdot \delta \left(ha + \frac{h}{2} \right),$$

în care:

h = înălţimea utilă a barajului = 2,50 m

ha = înălţimea jerbei de apă care trece prin cuveta barajului = 0,40 m

δ = greutatea specifică a apei turburi = 1 100 kg/m^3

Făcând înlocuirea se obţine:

$$F_1 = h \cdot \delta \left(ha + \frac{h}{2} \right) = 2{,}50 \cdot 1100\,(0{,}40 + 1{,}25) = 4538 \text{ kg/m} \tag{1}$$

liniar de baraj.

Punctul de aplicaţie al forţei, în spatele barajului, se găseşte la înălţimea centrului de greutate al trapezului de presiune « *BDIL* », înălţime care este dată de relaţia *:

$$Y_1 = \frac{h}{3} \times \frac{3\,ha + h}{2\,ha + h} = \frac{2{,}50}{3} \times \frac{3 \times 0{,}40 + 2{,}50}{2 \times 0{,}40 + 2{,}50} = 0{,}93 \text{ m} \tag{2}$$

* Relaţia se obţine scriind ecuaţia momentelor statice ale trapezului de presiune, în raport cu axa *o x*, care trece prin planul bazei « *AB* » a barajului.

Admitem dimensionarea acestui baraj cu ajutorul formulei cunoscute din « Indrumătorul Silvic »:

$$a^2 \cdot (h \cdot d + ha \cdot \delta) + a \cdot n \cdot h\,(3h \cdot d + 4\,ha \cdot \delta) + \\ + h^2\,(n^2 \cdot h \cdot d - h \cdot \delta - 3\,ha \cdot \delta) = 0 \qquad (3)$$

în care:

$h = 2{,}50$ m, având aceeaşi semnificaţie ca mai sus
$ha = 0{,}40$ având aceeaşi semnificaţie ca mai sus
a = grosimea « utilă » a barajului la coroană (măsurată pe fundul cuvetei)
d = greutatea specifică a zidăriei = 2200 kg/m³
δ = greutatea specifică a apei turburi = 1100 kg/m³
n = fructul barajului = 0,20 la m.

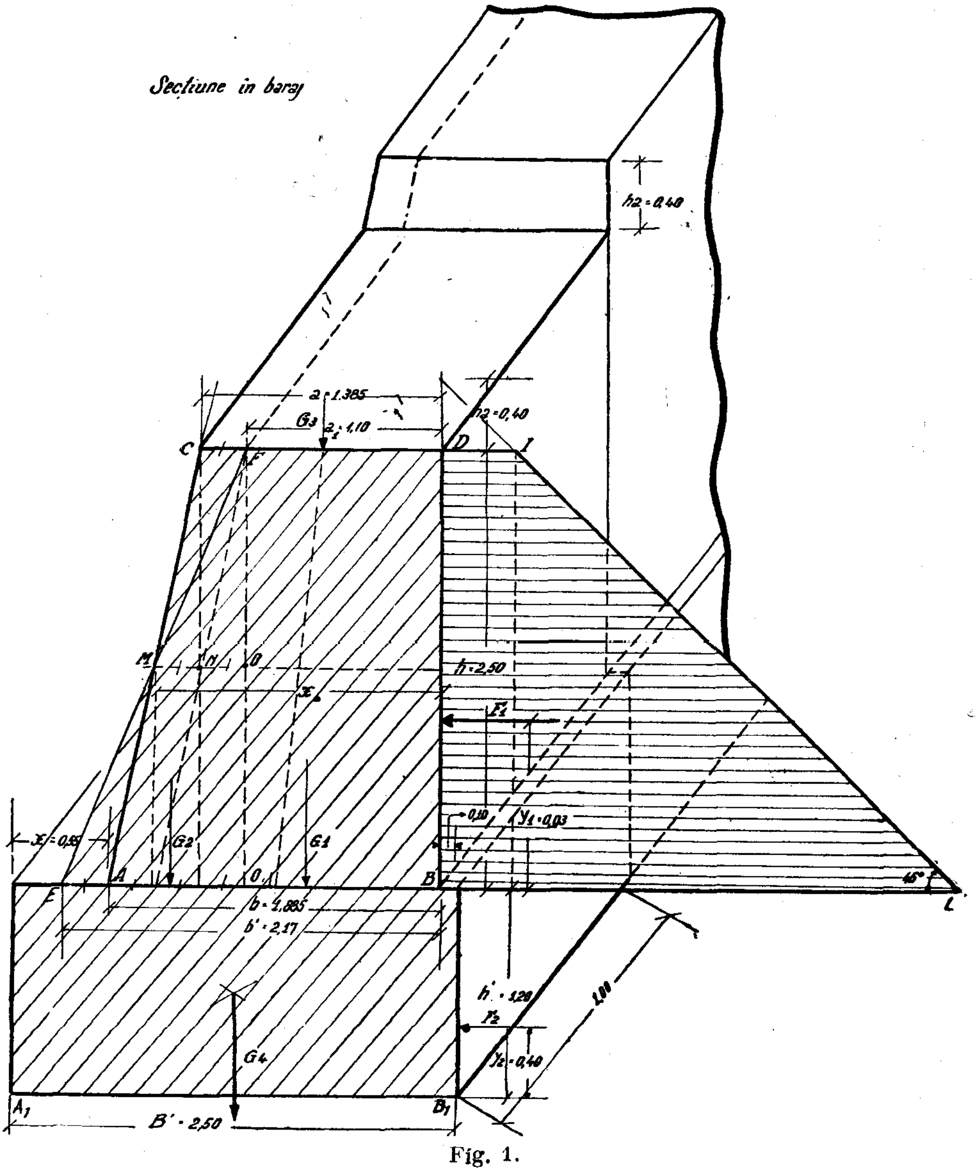

Fig. 1.

Făcând înlocuirile se obţine:

$$a^2 (2{,}50 \times 2200 + 0{,}40 \times 1100) + a \times 0{,}20 \times 2{,}50 (3 \times 2{,}50 \times 2{,}200 + 4 \times 0{,}40 \times 1100) + \overline{2{,}50}^2 (0{,}04 \times 2{,}50 \times 2200 - 2{,}50 \times 1100 - 3 \times 0{,}40 \times 1100) = 0$$

$$a^2 (5500 + 440) + 0{,}50\, a (16500 + 1760) + 6{,}25 (220 - 2750 - 1320) = 0$$

$$5940\, a^2 + 9130\, a - 24062 = 0$$

$$a = \frac{-9130 \pm \sqrt{9130^2 + 4 \times 5940 \times 24062}}{11880}$$

$$\text{radicalul} = \sqrt{83356900 + 571713120} = \sqrt{655070020} = 25594$$

$$a = \frac{-9130 + 25594}{11880} = \frac{16464}{11880} = 1{,}385 \text{ m}$$

Din rezolvarea acestei ecuaţii de gradul II, se obţine ca valoare pozitivă, $a = 1{,}385$, iar b (grosimea barajului pe planul superior al fundaţiei) va fi:

$$b = a + n \times h = 1{,}38 + 0{,}20 \times 2{,}5 = 1{,}885 \text{ m}$$

Deci, toată greutatea problemei dimensionării barajului, când fructul este dat, constă în determinarea elementului a (grosimea barajului la coroană). Această formulă, bazată pe premizele enunţate la pag. 166, dă rezultate care se verifică, dar are un desavantaj: este greoaie şi incomodă. In tot cazul, ea nu poate fi folosită în cazul împingerii mixte.

B. Ca să putem stabili o nouă cifră pentru grosimea la coroană, anume o valoare mai mică (minimă), în care să se ţină seamă de efectul aterisamentului format, considerăm deocamdată tot secţiunea barajului « *A B C D* », aşa cum a fost stabilită mai sus.

Admitem însă că în spatele barajului s'a format aterisamentul până la o anumită înălţime, rămânând degajată de materiale numai porţiunea de baraj, de înălţime « h_1 » (fig. 2).

Presiunea exercitată de apă, în timpul viiturilor mari, pe unitatea de suprafaţă rămasă liberă şi pe m curent de baraj, este egală cu greutatea unei coloane de apă a cărei bază este « h_1 », iar înălţimea ei, distanţa măsurată pe verticală dela oglinda apei până la centrul de greutate al suprafeţei, adică: $ha + \frac{h_1}{2}$. In aceste condiţii se obţine o nouă cifră pentru împingerea apei, pe care o notăm numai cu F şi a cărei expresie este:

$$F = h_1 \times \delta \left(ha + \frac{h_1}{2}\right)$$

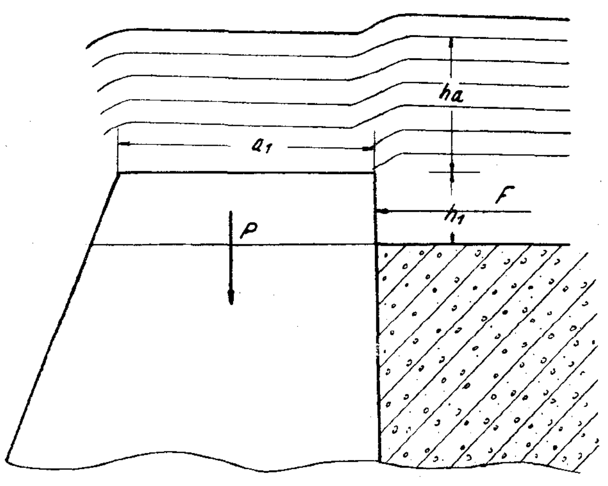

Fig. 2. — Secţiune în baraj cu aterisament format.

Acestei presiuni i se opune forţa de frecare P, care se naşte pe rost, din greutatea coroanei, adică:

$$P = a_1 \times h_1 \times d \times f$$

în care:
a_1 = grosimea minimă a barajului la coroană (grosimea pe care o căutăm)
f = coeficientul de frecare al zidăriei (minimum) = 0,75
ha, d, δ şi h_1, având aceleaşi semnificaţii ca în formula (3) de mai sus.

Pentru ca aceste două forţe să fie în echilibru, este necesar ca:

$$a_1 \times h_1 \times d \times f = h_1 \times \delta \left(ha + \frac{h_1}{2}\right)$$

simplificând, se obţine:

$$\boxed{a_1 = \frac{\delta}{d} \times \frac{ha + \frac{h_1}{2}}{f}} \qquad (4)$$

C. Această expresie reprezintă valoarea minimă a grosimii barajului la coroană şi se verifică chiar şi în cazul totalei împingeri a apei, cu condiţia ca să se schimbe fructul.

Intr'adevăr, admiţând cazul cel mai nefavorabil, adică acela când în spatele barajului nu s'a format încă aterisamentul, h_1 devine egal cu h (înălţimea utilă a barajului), iar grosimea minimă a barajului la coroană este, atunci, după formula 4:

$$a_1 = \frac{\delta}{d} \times \frac{ha + \frac{h}{2}}{f} = \frac{1100}{2200} \times \frac{0{,}40 + \frac{2{,}50}{2}}{0{,}75} = 0{,}50 \times 2{,}20 = 1{,}10 \text{ m}$$

Ca să găsim o relaţie între această grosime minimă la coroană şi fructul barajului, aplicăm grosimea minimă (= 1,10) rezultată din calcul, pe $D\,C$, începând din punctul D, până în punctul F (vezi secţiunea barajului fig. 1). Deci DF = 1,10 m.

Se ia mijlocul paramentului $A\,C$, notat cu M, şi se uneşte F cu M. Se prelungeşte $F\,M$ până întâlneşte prelungirea bazei $B\,A$ în punctul E. In felul acesta, s'a obţinut o nouă secţiune de baraj « $B\,D\,E\,F$ », echivalentă cu secţiunea $A\,B\,C\,D$, deoarece:

$$\triangle\, A\,M\,E = \triangle\, C\,M\,F$$

Deosebirea între secţiuni constă în faptul că prima are un fruct mai mare, iar diferenţa între grosimile la coroană şi bază este de 0,285 m, adică

$$(a - a_1) = 1{,}385 - 1{,}10 = 0{,}285 \text{ m}$$
$$(b_1 - b) = E\,A = 0{,}285; \text{ întrucât } C\,F = E\,A = 0{,}285 \text{ m}$$

Făcând raportul dintre această diferenţă rezultată din calcul (0,285) şi înălţimea utilă a barajului (2,50 m), se obţine un modul egal cu $\frac{0{,}285}{2{,}5} = 0{,}114$ (care reprezintă deci diferenţa $a - a_1$ pe m curent de înălţime).

Cu acest modul se poate stabili o relaţie între a şi a_1, şi anume:

$$a = a_1 + 0{,}114\,h$$

Dacă în aceasta se înlocuieşte a_1 cu expresia sa din formula 4, se ajunge la

$$a = \frac{\delta}{d} \times \frac{ha + \frac{h_1}{2}}{f} + 0{,}114\,h$$

Şi cum în mod obişnuit $\frac{\delta}{d} = \frac{1100}{2200} = 0{,}50$, se poate scrie

$$\boxed{a = 0{,}50\,\frac{ha + \frac{h_1}{2}}{f} + 0{,}114\,h} \qquad (5)$$

D. Această nouă formulă reprezintă o relaţie între grosimea minimă la coroană şi fructul barajului (când $n = 0{,}20$). Ea se verifică la orice împingere, dar pentru împingerea mixtă duce la o supradimensionare.

Căutăm deci, mai departe, o nouă relaţie care să evite această supradimensionare în cazul împingerii mixte.

Pentru aceasta, privim pe schiţa barajului (fig. 1), întocmită la scară. Se vede că practic $M\,N = C\,F \sim n \times \frac{h}{2} = 0{,}20 \times \frac{2{,}50}{2} = 0{,}25$, ($n$ fiind fructul $= 0{,}20$).

Aşa dar, faţă de 0,285 valoarea exactă a lui $M\,N$, avem o cifră aproximativă, 0,25. Diferenţa: $0{,}285 - 0{,}25 = 0{,}035$, în mod practic, fiind foarte mică, aproape nu influenţează în calcule şi se poate neglija. In acest caz formula 5 de mai sus se poate scrie:

$$a = 0{,}50 \times \frac{ha + \frac{h_1}{2}}{f} + n \times \frac{h}{2} \text{ sau, fiindcă } n = 0{,}20$$

$$\boxed{a = 0{,}50 \times \frac{ha + \frac{h_1}{2}}{f} + 0{,}10\,h} \qquad (6)$$

în care:

a = grosimea utilă a barajului la coroană

ha = înălţimea jerbei de apă care trece peste coronamentul barajului, în timpul viiturii maxime = înălţimea apei în cuvetă.

h_1 = înălţimea din spatele barajului, solicitat la presiunea apei.

h = înălţimea utilă a barajului, măsurată dela planul superior al fundaţiei, până la fundul cuvetei.

f = coeficientul de frecare = 0,75 în zidărie.

Formula 5 dă rezultate bune în cazul dimensionării barajului solicitat numai la presiunea apei; formula 6 dă rezultate bune, în special, pentru barajele solicitate mixt, la împingerea pământului şi la presiunea apei.

E. Odată stabilită această formulă, se cere să găsim o relaţie între valoarea fructului $= n$, în cazul secţiunii de baraj $A\,B\,C\,D$, având la coroană « grosimea utilă » = a, şi valoarea fructului « n_1 », în cazul secţiunii echivalente « $B\,D\,F\,E$ », având la coroană grosimea minimă $= a_1$

Pentru aceasta, notăm cu « x_0 » grosimea barajului la mijloc. Din fig. 1 se vede:

a) *In cazul secţiunii A B D C*

$$X_0 = a_1 + CF + n \times \frac{h}{2}$$

b) *In cazul secţiunii B D F E*

$$X = a_1 + n_1 \times \frac{h}{2}$$

Din *a* şi *b* rezultă (fiindcă sunt echivalente):

$$a_1 + CF + n \times \frac{h}{2} = a_1 + n_1 \times \frac{h}{2}, \text{ sau}$$

$$n_1 \times \frac{h}{2} = CF + n \times \frac{h}{2} \text{ sau}$$

$$n_1 = \frac{2 . CF + n . h}{h}$$

Inlocuind cu valorile cunoscute, se obţine:

$$n_1 = \frac{2 \times 0{,}25 + 0{,}20 \times 2{,}50}{2{,}50} = \frac{0{,}57 + 0{,}50}{2{,}50} = \frac{1{,}07}{2{,}5} = 0{,}43 \text{ m}$$

Făcând mai multe verificări, am ajuns la concluzia că totdeauna când fructul barajului dimensionat este 0,20, fructul barajului — care are aceeaşi grosime la mijloc, iar grosimea la coroană are valoarea cea minimă — este aproape dublu.

Analizând cele două secţiuni de baraj, « *A B C D* » şi « *E B D F* », constatăm:

1. Secţiunile fiind echivalente, volumele lor sunt egale.

2. Secţiunea « *E B D F* », cu un fruct mai mare, oferă barajului o stabilitate ceva mai mare, însă prezintă inconvenientul că jerba de apă încărcată cu materiale, antrenată fiind de viteza cea mai mică, în căderea ei de pe baraj, loveşte această faţadă înclinată provocându-i degradări.

Vaultrin, studiind traectoria parabolică descrisă de jerba de apă, a ajuns la concluzia că fructul trebue să fie:

$$n < W \sqrt{\frac{2}{g\,h}}, \text{ în care:}$$

W = viteza limită de antrenare în secţiunea respectivă,
g = acceleraţia gravităţii = 9,81 m/sec^2,
h = înălţimea utilă a barajului,
pentru ca jerba să nu lovească paramentul barajului, din aval.

Obişnuit, în practică, acest fruct se ia pentru zidărie cu mortar 0,20, iar pentru zidărie uscată 0,25.

VERIFICAREA UNOR BARAJE DIMENSIONATE CU AJUTORUL FORMULELOR STABILITE MAI SUS

Cazul 1.

Baraj solicitat integral la presiunea apei

1. *Elevația barajului*

$a = 1{,}35$ m
$b = 1{,}85$ m
$h_1 = h = 2{,}50$ m
$ha = 0{,}40$ m
$d_1 = 2200$ kg/m³
$\delta = 1100$ kg/m³

$$a = 0{,}50 \times \frac{ha + \frac{h_1}{2}}{f} + 0{,}10\,h \quad \text{formula 6}$$

$$a = 0{,}50 \times \frac{0{,}40 + 1{,}25}{0{,}75} + 0{,}25 = 1{,}35 \text{ m}$$

$$b = a + n \times h = 1{,}35 + 0{,}20 \times 2{,}50 = 1{,}85 \text{ m}$$

Calculul forțelor care contribue la stabilitatea barajului	Calculul momentelor de stabilitate Mst. /A.
$G_1 = 1{,}35 \times 2{,}50 \times 2200 = 7425$ kg/m	$7425 \times 1{,}18 = 8762$ kg m
$G_2 = \frac{1}{2} \times 0{,}50 \times 2{,}50 \times 2200 = 1375$ kg/m	$1375 \times 0{,}33 = 454$ kg m
$G_3 = 1{,}35 \times 0{,}40 \times 1100 = 594$ kg/m	$594 \times 1{,}18 = 701$ kg m
Total 9394 kg/m	Total 9917 kg m

Calculul forțelor care contribue la răsturnarea barajului	Calculul momentelor de răsturnare Mr. /A
$F_1 = 2{,}5 \times 1100\,(0{,}40 + 1{,}25) = 4538$ kg/m	$4538 \times 0{,}93 = 4220$ kg m

$$Y_1 = \frac{2{,}50}{3} \times \frac{3 \times 0{,}40 + 2{,}50}{2 \times 0{,}40 + 2{,}50} = \frac{9{,}250}{9{,}90} = 0{,}93 \text{ m}$$

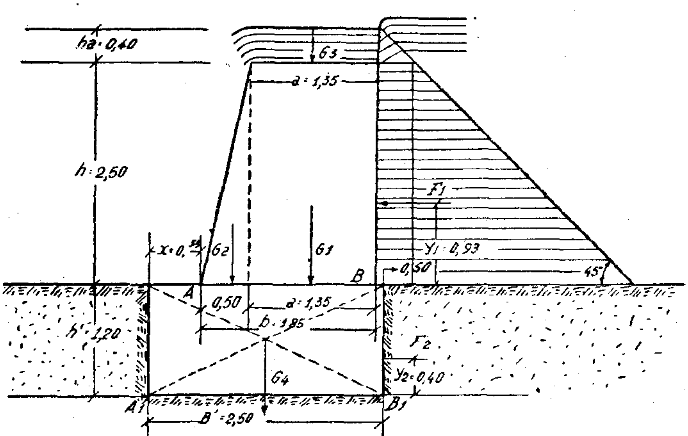

Fig. 3. — Secțiune în baraj, având h = 2,50 m solicitat integral la presiunea apei. Verificarea dimensionării.

Verificări:

I Poziţia centrului de presiune faţă de treimea mijlocie
(X_1 = distanţa dela pt. A la centrul de presiune)

$$X_1 = \frac{9917 - 4220}{9394} = \frac{5697}{9394} = 0{,}61 \text{ m}$$

$$e_1 = \frac{b}{2} - x_1 = \frac{1{,}85}{2} - 0{,}61 = 0{,}315 \text{ m}; \frac{b}{6} = \frac{1{,}85}{6} = 0{,}31 \text{ m}$$

$$\text{excentric. } e_1 \sim \frac{b}{6}; \mathbf{0{,}315 \sim 0{,}31}$$

II Stabilitatea:

$$\frac{M.\ st/A}{M.\ \text{răst}/A} = \frac{9917}{4220} = \mathbf{2{,}35 > 1{,}5}$$

III Alunecarea:

$$\frac{\Sigma F}{\Sigma G} = \frac{4538}{9394} = \mathbf{0{,}48 < 0{,}75}$$

IV Compresiunea:

$$\sigma A = \frac{9394}{1{,}85} \cdot \left(1 + \frac{6 \times 0{,}315}{1{,}85}\right) = 5077 \times 2{,}02 = 10250 \text{ kg/m}^2$$

V Tensiunea:

$$\sigma B = \frac{9394}{1{,}85} \cdot \left(1 - \frac{6 \times 0{,}315}{1{,}85)}\right) = 5077 \times 0{,}02 = -100 \text{ kg/m}^2$$

adică:

$\sigma A = \mathbf{1{,}025 \text{ kg/cm}^2}$ $\qquad$ $\sigma B = -\mathbf{0{,}01} \text{ kg/cm}^2$

Prin urmare, se vede clar că centrul de presiune cade cu foarte puţin în afara extremităţii treimii mijlocii a bazei, iar răsturnare şi alunecare nu există pe planul superior al fundaţiei.

Aplicând în locul formulei 6, formula 5 stabilită mai sus, adică:

$$a = 0{,}50 \times \frac{ha + \frac{h_1}{2}}{0{,}75} + 0{,}114 \text{ h},$$

pentru aceeaşi înălţime de baraj, obţinem:

$$e_1 = 0{,}31 \text{ iar } \frac{b}{6} = \frac{1{,}885}{6} = 0{,}314;$$

deci:

$$e_1 < \frac{b}{6}$$

adică: $\qquad 0{,}31 < 0{,}314$

II. *Fundaţia barajului*

In ceeace priveşte lăţimea fundaţiei, atunci când se cunoaşte adâncimea ei, ea se poate calcula cu ajutorul formulei deja cunoscute:

$$X^2 + X\left(\frac{4 \cdot \sum_1^3 \cdot G}{d \times h'} + 2b\right) + b^2 - \frac{6\sum_1^2 F}{d} = 0$$

în care:

X = cantitatea cu care trebue mărită baza mare a secţiunii barajului pentru a se obţine lăţimea necesară fundaţiei,

d = greutatea specifică a zidăriei = 2200 kg/m³,

h' = înălţimea (adâncimea) fundaţiei rezultate din sondaj,

G = forţa care contribue la stabilitatea barajului,

b = grosimea barajului la bază,

F = forţele care contribue la răsturnarea barajului.

$$X^2 + X\left(\frac{4 \times 9394}{2200 \times 1{,}20} + 3{,}70\right) + 3{,}42 - \frac{6\,(4538 + 337)}{2200} =$$

$$= X^2 + X\left(\frac{37576}{2640} + 3{,}70\right) + 3{,}42 - \frac{29250}{2200} =$$

$$= X^2 + X\,(14{,}23 + 3{,}70) + 3{,}42 - 13{,}30 = 0$$

$$X^2 + 17{,}93\,X - 9{,}88 = 0$$

$$X = \frac{-17{,}93 + \sqrt{17{,}93^2 + 4 \times 9{,}88}}{2} = \frac{-17{,}93 + \sqrt{321{,}4894 + 39{,}52}}{2}$$

$$= \frac{-17{,}93 + \sqrt{361{,}0049}}{2} = \frac{-17{,}93 + 19}{2} = \frac{1{,}07}{2} = 0{,}55 \text{ m}$$

$B' = 1{,}85 + 0{,}10 + 0{,}55 = 2{,}50$ m; (0,10 este un spor care se dă fundaţiei în spate).

$G_4 = 2{,}50 \times 1{,}20 \times 2200 = 6600$ kg/m.

Pe planul inferior al fundaţiei

Forţe care contribue la stabilitate		Calculul Mom. de stabilitate în rap. cu pt. A_1	
G_1 =	7425 kg/m	7425 × 1,73 =	12845 kgm
G_2 =	1375 »	1375 × 0,88 =	1210 »
G_3 =	594 »	594 × 1,73 =	1028 »
G_4 =	6600 »	6600 × 1,25 =	8250 »
Total:	15994 kg/m	Total:	23333 kgm

Forţe care contribue la răsturnare		Calculul Mom. de răsturnare în rap. cu pt. A_1	
F_1 = ...	4538 kg/m	4538 × 2,13 =	9666 kgm
$F_2 = \frac{1}{2} \times 1{,}20^2 \times 1800 \times 0{,}260 =$	337 kg/m	337 × 0,40 =	135 kgm
Total:	4875 kg/m	Total:	9801 kgm

(0,260 = coef. de frecare)

$$Y_2 = \frac{h'}{3} = \frac{1{,}20}{3} = 0{,}40 \text{ m}$$

Verificări:

I $$X_2 = \frac{23333 - 9801}{15994} = \frac{13532}{15994} = 0{,}85 \text{ m}$$ (X_2 = distanţa dela A_1 până la centrul de presiune).

$$e_2 = \frac{B'}{2} - X_2 = \frac{2{,}50}{2} - 0{,}85 = 1{,}25 - 0{,}85 = 0{,}40 \text{m}$$

$$\frac{B'}{6} = \frac{2{,}50}{6} = 0{,}42 \text{ m}$$

excentricitatea: **0,40 < 0,42**

II

$$\frac{\text{Mst. } A_1}{\text{Mr. } A_1} = \frac{23333}{9801} = \mathbf{2{,}38 > 1{,}5}$$

III

$$\frac{\Sigma F}{\Sigma G} = \frac{4875}{15994} = \mathbf{0{,}30 < 0{,}75}$$

IV

$$\sigma A_1 = \frac{15994}{2{,}5} \cdot \left(1 + \frac{6 \times 0{,}40}{2{,}5}\right) = 6398 + 1{,}96 = \mathbf{1{,}25 \text{ kg/cm}^2}$$

$$\sigma B_1 = \frac{15994}{2{,}5} \cdot \left(1 - \frac{6 \times 0{,}40}{2{,}5}\right) = 6398 \times 0{,}04 = \mathbf{0{,}025 \text{ kg/cm}^2}$$

Cazul 2

Considerăm acelaş baraj, de înălţime utilă $h = 2{,}50$ m, în spatele căruia pe o înălţime $h_2 = 1{,}70$ m s'a format un aterisament artificial. Deci, pe 1,70 m din înălţime, barajul este solicitat la împingerea pământului, iar pe restul de 0,80 la împingerea apei.

In acest caz:

$a = 0{,}80$ m
$b = 1{,}30$ m
$h = 2{,}50$ m
$ha = 0{,}40$ m
$h_1 = 0{,}80$ m
$h_2 = 1{,}70$ m
$h' = 1{,}20$ m
$d = 2200$ kg/m³
$\delta = 1100$ kg/m³
$d_1 = 1800$ kg/m³ (greutatea specifică a pământului)

$$a = 0{,}50 \times \frac{0{,}40 + \frac{0{,}80}{2}}{0{,}75} + 0{,}10 \times 2{,}5$$

$$= 0{,}50 \times \frac{0{,}40 + 0{,}40}{0{,}75} + 0{,}25 = 0{,}785 \sim \mathbf{0{,}80 \text{ m}}$$

$$b = 0{,}80 + 0{,}20 \times 2{,}5 = \mathbf{1{,}30 \text{ m}}$$

Calculul forţelor care contribue la stabilitatea barajului		Calculul Moment. de stabilitate Mst./A
$G_1 = 0{,}80 \times 2{,}50 \times 2200$	= 4400 kg/m	$4400 \times 0{,}90 = 3960$ kgm
$G_2 = \frac{1}{2} \times 0{,}50 \times 2{,}50 \times 2200$	= 1375 ,,	$1375 \times 0{,}33 = 459$,,
$G_3 = 0{,}80 \times 0{,}40 \times 1100$	= 352 ,,	$352 \times 0{,}90 = 317$,,
Total:	6127 kg/m	Total: 4731 kgm

Calculul forţelor care contribue la răsturnarea barajului

$$F_1 = 0{,}80 \times 1100\left(0{,}40 \times \frac{0{,}80}{2}\right) = 704 \text{ kg/m}$$

Calculul Moment. de răsturnare Mr./A

$704 \times 2{,}03 = 1429$ kgm
$676 \times 0{,}57 = 385$,,
Total: 1814 kgm

$$Y_1 = \frac{h^1}{3} \times \frac{3\,ha + h_1}{2\,ha + h_1} = \frac{0{,}80}{3} \times \frac{3 \times 0{,}40 + 0{,}80}{2 \times 0{,}40 + 0{,}80} = 0{,}33 \text{ m}$$

$$Y_1 = 1{,}70 + 0{,}33 = 2{,}03 \text{ m}$$

$$F_2 = \frac{1}{2} \times 1{,}70^2 \times 1800 \times 0{,}260 = 678 \text{ kg/m}$$

$$Y_2 = \frac{h_2}{3} = \frac{1{,}70}{3} = 0{,}57 \text{ m}$$

$$F_1 + F_2 = 704 + 676 = 1380 \text{ kg/m}$$

Verificări:

I

$$X_1 = \frac{4731 - 1814}{6127} = \frac{2917}{6127} = 0{,}47 \text{ m}$$

$$e_1 = \frac{b}{2} - X_1 = \frac{1{,}30}{2} - 0{,}47 = 0{,}65 - 0{,}47 = 0{,}18 \text{ m}$$

$$\frac{b}{6} = \frac{1{,}30}{6} = 0{,}21 \text{ m} \quad e_1 < \frac{b}{6}$$

$$\mathbf{0{,}18 < 0{,}21}$$

II

$$\frac{\text{Mst./A}}{\text{Mrăst./A}} = \frac{4731}{1814} = \mathbf{2{,}60 > 1{,}5}$$

III

$$\frac{\Sigma F}{\Sigma G} = \frac{1380}{6127} = \mathbf{0{,}22 < 0{,}75}$$

IV

$$\sigma A = \frac{\Sigma G}{b}\left(1 + \frac{6 \,.\, e^1}{b}\right) = \frac{6127}{1,30}\left(1 + \frac{6 \times 0{,}18}{1{,}30}\right) + 4713 \times 1{,}83 =$$

$$= \mathbf{0{,}86 \text{ kg/cm}^2}$$

$$\sigma B = \frac{\Sigma G}{b}\left(1 - \frac{6\, e^1}{b}\right) = \frac{6127}{1{,}30}\left(1 - \frac{6 \times 0{,}18}{1{,}30}\right) = 4713 \times 0{,}17 =$$

$$= \mathbf{0{,}08 \text{ kg/cm}^2}$$

C o n c l u z i a : Centrul de presiune cade chiar în treimea mijlocie a bazei. Deci, dimensionarea elevaţiei barajului se verifică.

II. *Fundaţia barajului*

Pentru dimensionarea ei, se procedează la fel ca şi în cazul precedent:

$$X^2 + X\left(\frac{4\,\Sigma G}{d \times h'} + 2\,b\right) + b_2 - \frac{6\,\Sigma F}{d} = 0$$

$$X^2 + X\left(\frac{4 \times 6127}{2200 \times 1{,}20} + 2 \times 1{,}30\right) + 1{,}30^2 - \frac{6\ (1380 + 337)}{2200} =$$

$$= X^2 + X\left(\frac{24508}{2640} + 2{,}60\right) + 1{,}69 - \frac{10302}{2200} = 0$$

$$X^2 + X\,(9{,}28 + 2{,}60) + 1{,}69 - 4{,}68 = 0$$

$$X^2 + 11{,}88\,X - 2{,}99 = 0$$

$$X = \frac{-11{,}88 + \sqrt{11{,}88^2 + 4 \times 2{,}99}}{2} = \frac{-11{,}88 + \sqrt{153{,}0944}}{2} =$$

$$= \frac{-11{,}88 + 12{,}37}{2} = \frac{0{,}49}{2} = 0{,}25 \sim 0{,}26;\ \text{deci,}$$

$$B' = 1{,}30 + 0{,}10 + 0{,}26 = 1{,}66\ \text{m}$$

$$G_4 = 1{,}66 \times 1{,}20 \times 2200 = 4378\ \text{kg/m}$$

Forţe care contribue la stabilitate	Calculul Moment. de stabilitate în raport cu punct. A_1
$G_1 =$ 4400 kg/m	4400 × 1,16 = 5104 kgm
$G_2 =$ 1375 ,,	1375 × 0,59 = 811 ,,
$G_3 =$ 352 ,,	352 × 1,16 = 408 ,,
$G_4 =$ 4378 ,,	4378 × 0,83 = 3634 ,,
Total: 10505 kg/m	Total: 9957 kgm

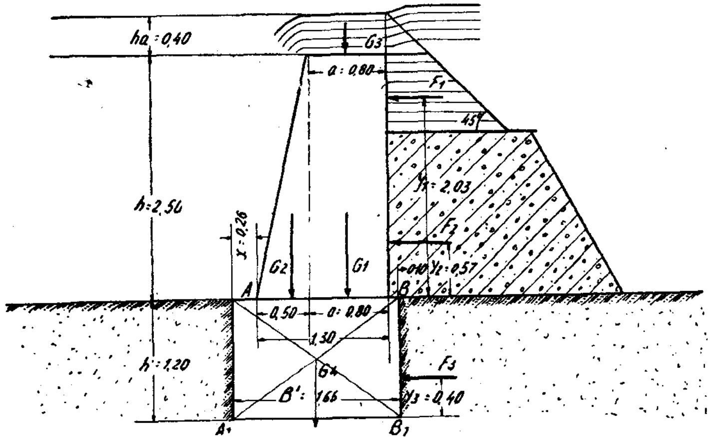

Fig. 4. — Secţiune în baraj, având h = 2,50 m solicitat la presiunea apei şi împingerea pământului. Verificarea dimensionării.

Forțe care contribue la răsturnare		Calculul Moment. de răsturnare în raport cu punct A_1
F_1 = ...	704 kg/m	$704 \times 3{,}23 = 2274$ kgm
F_2 = ...	676 „	$676 \times 1{,}77 = 1197$ „
$F_3 = \frac{1}{2} \times 1{,}20^2 \times 1800 \times 0{,}260 = 337$	„	$337 \times 0{,}40 = 135$ „
Total:	1717 kg/m	Total: 3606 kgm

$$Y_3 = \frac{h'}{3} = \frac{1{,}20}{3} = 0{,}40 \text{ m}$$

Verificări:

I

$$X_2 = \frac{9957 - 3606}{6127 + 4378} = \frac{6351}{10505} = 0{,}60 \text{ m}$$

$$e_2 = \frac{B'}{2} - 0{,}60 = \frac{1{,}66}{2} - 0{,}60 = 0{,}83 - 0{,}60 = 0{,}23 \text{ m}$$

$$\frac{B'}{6} = \frac{1{,}66}{6} = 0{,}27 \text{ m} \qquad e_2 < \frac{B'}{6}$$

$$\mathbf{0{,}23 < 0{,}27}$$

II

$$\frac{\text{Mst.} / A_1}{\text{Mrăst}/A_1} = \frac{9957}{3606} = \mathbf{2{,}7 > 1{,}5}$$

III

$$\frac{\Sigma F}{\Sigma G} = \frac{1717}{10505} = \mathbf{0{,}16 < 0{,}75}$$

$$\sigma A_1 = \frac{10505}{1{,}66}\left(1 + \frac{6 \times 0{,}23}{1{,}66}\right) = 6328\,(1 + 0{,}83) = 6328 \times 1{,}83 =$$

$$= \mathbf{1{,}16 \text{ kg/cm}^2}$$

$$\sigma B_1 = \frac{10505}{1{,}66}\left(1 - \frac{6 \times 0{,}23}{1{,}66}\right) = 6328\,(1 - 0{,}83) = 6328 \times 0{,}17 =$$

$$\mathbf{0{,}11 \text{ kg/cm}^2}$$

Cazul 3

Considerăm un baraj de înălțimea utilă $h = 3{,}0$ m, în spatele căruia, pe o înălțime de 2,00 m, s'a format un aterisament artificial. Deci, pe $h_2 = 2{,}00$ m din înălțime, barajul este solicitat la împingerea pământului, iar pe restul de $h_1 = 1{,}00$ m, la împingerea apei. Să vedem care sunt dimensiunile acestui baraj pe planul superior al fundației.

$a = 0,90$ m
$b = 1,50$ m
$h = 3,00$ m

$$a = 0,50 \times \frac{0,40 + \frac{1}{2}}{0,75} + 0,10 \times 3$$

$ha = 0,40$ m
$h_1 = 1,00$ m
$h_2 = 2,00$ m
$h' = 1,50$ m
$d = 2200$ kg/m³
$\delta = 1100$ »
$d_1 = 1800$ »

$$a = 0,50 \times 1,20 + 0,30 = 0,60 + 0,30 = 0,90 \text{ m}$$
$$b = 0,90 + 0,20 \times 3 = 0,90 + 0,60 = 1,50 \text{ m}$$

Calculul forţelor care contribue la stabilitatea barajului		Calculul Momentelor de stabilitate Mst. A
$G_1 = 0,90 \times 3 \times 2200$	$= 5940$ kg/m	$5940 \times 1,05 = 6237$ kgm
$G_2 = \frac{1}{2} \times 0,60 \times 3 \times 2200$	$= 1980$ »	$1980 \times 0,40 = 792$ kgm
$G_3 = 0,90 \times 0,40 \times 1100$	$= 396$ »	$396 \times 1,05 = 416$ »
Total:	8316 kg/m	Total: 7445 kgm

Calculul forţelor care contribue la răsturnare		Calculul momentelor de răsturnare M. r. $/A$.
$F_1 = 1 \times 1100\ (0,40 + 0,50)$	$= 990$ kg/m	$990 \times 2,41 = 2386$ kgm
$F_2 = \frac{1}{2} \times 2^2 \times 1800 \times 0,260$	$= 936$ »	$936 \times 0,67 = 627$ »
Total:	1926 kg/m	Total: 3013 kgm

$$Y = \frac{h}{3} \times \frac{3\,ha + h}{2\,ha + h} = \frac{1}{3} \times \frac{1,20 + 1}{0,80 + 1} = 0,41 \text{ m}$$

$$Y_1 = 0,41 + 2,00 = 2,41 \text{ m}$$

$$Y_2 = h\frac{h^1}{3} \quad \frac{2}{3} = 0,67 \text{ m}$$

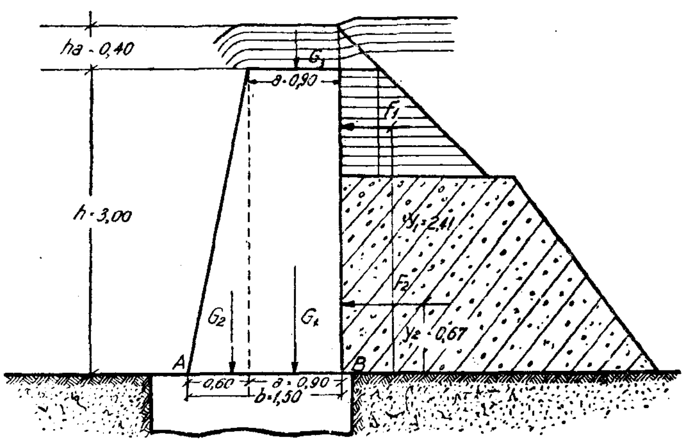

Fig. 5. — Secţiune în baraj, având h = 3,00 m solicitat la presiunea apei şi împingerea pământului. Verificarea dimensionării.

Verificări:

I

$$X_1 = \frac{7445 - 3013}{8316} = \frac{4432}{8316} = 0{,}53 \text{ m}$$

$$e_1 = \frac{b}{2} - X_1 = \frac{1{,}50}{2} - 0{,}53 = 0{,}75 - 0{,}53 = 0{,}22 \text{ m}$$

$$\frac{b}{6} = \frac{1{,}50}{6} = 0{,}25 \text{ m} \qquad e_1 < \frac{b}{6}$$

$$\mathbf{0{,}22 < 0{,}25}$$

II

$$\frac{\text{M. st./A}}{\text{M. rast./A}} = \frac{7445}{3013} = \mathbf{2{,}47 > 1{,}5}$$

III

$$\frac{\Sigma F}{\Sigma G} = \frac{1926}{8316} = \mathbf{0{,}23 < 0{,}75}$$

IV

$$\sigma A = \frac{8316}{1{,}50}\left(1 + \frac{6 \times 0{,}22}{1{,}50}\right) = 5544 \times 1{,}88 = \mathbf{1{,}04\ kg/cm^2}$$

$$\sigma B = \frac{8316}{1{,}50}\left(1 - \frac{6 \times 0{,}22}{1{,}50}\right) = 5544 \times 0{,}12 = \mathbf{0{,}066\ kg/cm^2}$$

Concluzia: Dimensionarea barajului, făcută cu noua formulă, se verifică. Pe planul inferior al fundaţiei se procedează la fel ca în cazurile precedente.

Cazul 4

Considerăm un baraj de înălţime utilă $h = 3{,}50$ m. Pe $1{,}20 \text{ m} = h_1$ din înălţime, barajul este solicitat la împingerea apei, iar pe $2{,}30 \text{ m} = h_2$, la împingerea pământului. Dimensiunile acestui baraj, pe planul superior al fundaţiei, sunt:

$a = 1{,}00$ m
$b = 1{,}70$ m
$h = 3{,}50$ m
$ha = 0{,}40$ m
$h_1 = 1{,}20$ m
$h_2 = 2{,}30$ m
$h' = 1{,}50$ m
$d = 2200$ kg/m³
$\delta = 1100$
$d_1 = 1800$

$$a = 0{,}50 \times \frac{0{,}40 + \frac{1{,}20}{2}}{0{,}75} + 0{,}10 \times 3{,}50 =$$

$$= 0{,}50 \times 1{,}33 + 0{,}35 = 0{,}66 + 0{,}35 = 1{,}01 \sim 1$$

$$b = 1 + 3{,}50 \times 0{,}20 = 1{,}70 \text{ m}$$

Calculul forţelor care contribue la stabilit. baraj.

$G_1 = 1 \times 3{,}50 \times 2200 = 7700$ kg/m

$G_2 = \frac{1}{2} \times 0{,}70 \times 3{,}50 \times 2200 = 2695$ »

$G_3 = 1 \times 0{,}40 \times 1100 = 440$ »

Total: 10835 kg/m

Calculul Momentelor de stabilitate M. st./A.

$7700 \times 1{,}20 = 9240$ kgm

$2695 \times 0{,}46 = 1240$ »

$440 \times 1{,}20 = 528$ »

Total: 11008 kgm

Calculul forţelor care contribue la răsturnarea barajului

$$F_1 = 1{,}20 \times 1100 \left(0{,}40 + \frac{1{,}20}{2}\right) = 1320 \text{ kg/m}$$

$$Y = \frac{1{,}20}{3} \times \frac{3 \times 0{,}4 + 1{,}20}{2 \times 0{,}4 + 1{,}20} = \frac{1{,}3 \times 2{,}4}{3 \times 2} = 0{,}48; \quad Y_1 = 0{,}48 + 2{,}30 = 2{,}78 \text{ m}$$

$$F_2 = \frac{1}{2} \times 2{,}3^2 \times 1800 \times 0{,}260 = 1237 \text{ kg/m}$$

$$Y_2 = \frac{2{,}30}{3} = 0{,}77 \text{ m}$$

Calculul Momentelor de răsturnare M. r./A.

$1320 \times 2{,}78 = 3670$ kgm

$1237 \times 0{,}77 = 952$ »

Total: 4622 kgm

Verificări:

I

$$X_1 = \frac{11008 - 4622}{10835} = \frac{6386}{10835} = 0{,}59 \text{ m}$$

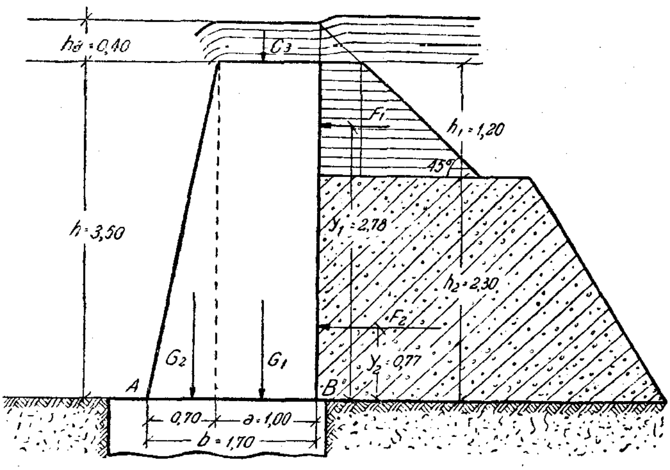

Fig. 6. — Secţiune în baraj, având h = 3,50 m solicitat la presiunea apei şi la împingerea pământului. Verificarea dimensionării.

$$e_1 = \frac{b}{2} - X_1 = \frac{1,70}{2} - 0,59 = 0,85 - 0,59 = 0,26 \text{ m}$$

$$\frac{b}{6} = \frac{1,70}{6} = 0,28 \text{ m} \qquad\qquad e_1 < \frac{b}{6}$$

$$\mathbf{0,26 < 0,28}$$

II

$$\frac{\text{M. st./A.}}{\text{M. rast./A}} = \frac{11008}{4622} = \mathbf{238 > 1,5}$$

III

$$\frac{\Sigma F}{\Sigma G} = \frac{2557}{10835} = \mathbf{0,24 < 0,75}$$

IV

$$\sigma A = \frac{10835}{1,70}\left(1 + \frac{6 \times 0,26}{1,70}\right) = 6373 \times 1,92 = \mathbf{1,22} \quad \mathbf{kg/cm^2}$$

$$\sigma B = \frac{10835}{1,70}\left(1 - \frac{6 \times 0,26}{1,70}\right) = 6373 \times 0,08 = \mathbf{0,051} \ \mathbf{kg/cm^2}$$

Concluzia: Dimensionarea făcută se verifică.

Cazul 5

Considerăm un baraj de 4,00 m înălţime, care este solicitat: pe 1,30 m la presiunea apei, iar pe 2,70 m la împingerea pământului. Dimensiunile acestui baraj, pe planul superior al fundaţiei, sunt:

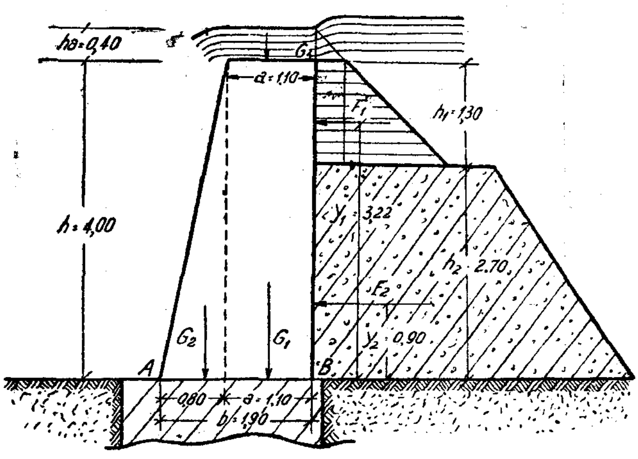

Fig. 7. — Secţiune în baraj, având h = 4,00 m solicitat la presiunea apei şi împingerea pământului. Verificarea dimensionării.

$a = 1,10$ m
$b = 1,90$ m
$h = 4,00$ m
$ha = 0,40$ m
$h_1 = 1,30$ m
$h_2 = 2,70$ m
$h' = 1,50$ m
$d = 2200$ kg/m³
$\delta = 1100$ m
$d_1 = 1800$ m

$$a = 0,50 \times \frac{0,40 + \frac{1,30}{2}}{0,75} + 0,10 \times 4 =$$

$$= 0,50 \times \frac{1,05}{0,75} + 0,40 = 0,50 \times 1,40 + 0,4 = 1,10 \text{ m}$$

$$b = 1,10 + 0,20 \times 4 = 1,90 \text{ m}$$

Calculul forţelor care contribue la stabilit. baraj

$G_1 = 1,10 \times 4 \times 2200 = 9680$ kg/m
$G_2 = \frac{1}{2} \times 0,80 \times 4 \times 2200 = 3520$ »
$G_3 = 1,10 \times 0,40 \times 1100 = 484$ »
Total: 13684 kg/m

Calculul Momentelor de stabilitate M. st./A.

$9680 \times 1,35 = 13068$ kgm
$3520 \times 0,54 = 1901$ »
$484 \times 1,35 = 653$ »
15622 kgm

Calculul forţelor care contribue la răsturnarea barajului

$F_1 = 1,30 \times 1100 (0,40 + 0,65) = 1502$ kg/m
$F_2 = \frac{1}{2} \times 2,7^2 \times 1800 \times 0,26 = 1706$ »
Total: 3208 kg/m

Calculul Momentelor de răsturnare Mrăst./A

$1502 \times 3,22 = 4836$ kgm
$1706 \times 0,90 = 1535$ »
Total: 6371 kgm

$$Y = \frac{h}{3} \times \frac{3\,ha + h}{2\,ha + h} = \frac{1,30}{3} \times \frac{3 \times 0,40 + 1,30}{2 \times 0,40 + 1,30} = 0,52 \text{ m}$$

$$Y_1 = 0,52 + 2,70 = 3,22 \text{ m}$$

$$Y_2 = \frac{2,70}{3} = 0,90 \text{ m}$$

Verificări:

I

$$X_1 = \frac{15622 - 6371}{13684} = \frac{9251}{13684} = 0,68 \text{ m}$$

$$e_1 = \frac{b}{2} - X_1 = \frac{1,90}{2} - 0,68 = 0,95 - 0,68 = 0,27 \text{ m}$$

$$\frac{b}{6} = \frac{1,90}{6} 0,31 \text{ m}$$

$$e_1 < \frac{b}{6}$$

$\mathbf{0,27 < 0,31}$

II

$$\frac{M.st./A}{Mrăst./A} = \frac{15622}{6371} = \mathbf{2{,}45 > 1{,}5}$$

III

$$\frac{\Sigma F}{\Sigma G} = \frac{3208}{13684} = 0{,}23 < \mathbf{0{,}75}$$

IV

$$\sigma A = \frac{G}{b}\left(1 + \frac{6\,e_1}{b}\right) = \frac{13684}{1{,}90}\left(1 + \frac{6 \times 0{,}27}{1{,}90}\right) = 7202 \times 1{,}85 = \mathbf{1{,}33\ kg/cm^2}$$

$$\sigma B = \frac{G}{b}\left(1 - \frac{6\,e_1}{b}\right) = \frac{13684}{1{,}90}\left(1 - \frac{6 \times 0{,}27}{1{,}90}\right) = 7202 \times 0{,}15 = \mathbf{0{,}11\ kg/cm^2}$$

Concluzie: Dimensionarea făcută se verifică.

Cazul 6

In sfârşit considerăm un baraj de 2,00 m înălţime, în spatele căruia s'a format un aterisament artificial, începând dela planul superior al fundaţiei până la fundul cuvetei. Intrucât această înălţime a depozitului făcut nu rămâne constantă, deoarece pământul se tasează şi scade, considerăm acest baraj solicitat la împingerea pământului numai pe 1,80 m din înălţime, iar pe 0,20 m la presiunea apei. In acest caz, dimensiunile barajului vor fi:

$a = 0{,}54$ m
$b = 0{,}94$ m
$ha = 0{,}40$ m
$h = 2{,}00$ m
$h_1 = 0{,}20$ m
$h_2 = 1{,}80$ m

$$a = 0{,}50 \times \frac{0{,}40 + \frac{0{,}20}{2}}{0{,}75} + 0{,}10 \times 2$$

$$a = 0{,}50 \times \frac{0{,}50}{0{,}75} + 0{,}20 = 0{,}50 \times 0{,}68 + 0{,}20$$

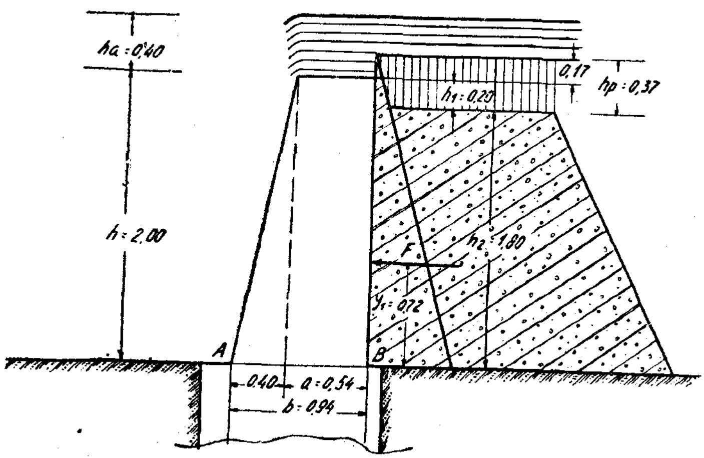

Fig. 8. — Secţiune în baraj, având h = 2,00 m solicitat la presiunea apei şi împingerea pământului. Verificarea dimensionării.

$hp =$ înălţimea prizmei de pământ echivalente, înlocuind lama de apă

$d = 2200 \text{ kg/m}^3$ $\quad a = 0,34 + 0,20 = 0,54$ m

$\delta = 1100$ » $\quad b = a + n\,h = 0,54 + 2 \times 0,20 = 0,95$ m

$d_1 = 1800$ »

Calculul forţelor care contribue la stabilit. baraj.		Calculul Momentelor de stabilitate M. st./A
$G_1 = 0,54 \times 2 \times 2200$	$= 2376$ kg/m	$2376 \times 0,67 = 1592$ kgm
$G_2 = \frac{1}{2} \times 0,40 \times 2200 \times 2$	$= 880$ »	$880 \times 0,27 = 238$ »
$G_3 = 0,54 \times 0,40 \times 1100$	$= 238$	$238 \times 0,67 = 159$ »
Total:	3494 kg/m	Total: 1989 kgm

Calculul forţelor care contribue la răsturnarea baraj.

Calculul momentelor de răsturnare M. r./A.

$1095 \times 0,72 = 788$ kgm

$S \times (ha + 0,20).\,\delta = S \times hp \times d_1$

$$h_p = \frac{\delta}{d_1}(ha + 0,20)$$

$$h_p = \frac{1100}{1800}(0,40 + 0,20) = 0,61 \times 0,6 = 0,37 \text{ m}$$

$$F = 2 \times 1800 \times 0,260\left(0,17 + \frac{2}{2}\right) = 1095 \text{ kg/m}$$

$$Y_1 = \frac{2}{3} \times \frac{3 \times 0,17 + 2}{2 \times 0,17 + 2} = \frac{0,67 \times 2,51}{2,34} = 0,72 \text{ m}$$

Verificări:

I.

$$X_1 = \frac{1988 - 788}{3494} = \frac{1201}{3494} = 0,34 \text{ m}$$

$$e_1 - \frac{b}{2} - X_1 = \frac{0,94}{2} - 0,34 = 0,47 - 0,34 = 0,13 \text{ m}$$

$$\frac{b}{6} = \frac{0,94}{6} = 0,16 \text{ m} \qquad e_1 < \frac{b}{6} \qquad \mathbf{0,13 > 0,16}$$

II

$$\frac{\Sigma \text{ Mst.}/A}{\Sigma \text{ Mrăst.}/A} = \frac{1989}{788} = \mathbf{2,52 > 1,5}$$

III

$$\frac{\Sigma F}{\Sigma G} = \frac{1095}{3494} = \mathbf{0,31 < 0,75}$$

IV

$$\sigma A = \frac{G}{b}\left(1 + \frac{6\,e_1}{b}\right) = \frac{3494}{0,94}\left(1 + \frac{6 \times 0,13}{0,94}\right) = 3717 \times 1,83 = \mathbf{0,68 \text{ kg/cm}^2}$$

$$\sigma B = \frac{G}{b}\left(1 - \frac{6\,e_1}{b}\right) = \frac{3494}{0,94}\left(1 - \frac{6 \times 0,13}{0,94}\right) = 3717 \times 0,17 = \mathbf{0,06 \text{ kg/cm}^2}$$

In tabelul, 2, s'a calculat cu ajutorul formulelor 1 şi 2 dimensiunile barajelor de diverse înălţimi, în ipoteza diferitelor sarcini normale.

Dimensiunile barajelor, astfel obţinute, apar ceva mai mari, faţă de cele calculate cu alte formule, dat fiind că în calculele de faţă se ţine seamă şi de jerba de apă ce deversează barajul, pe care noi o considerăm ca necesară.

REZUMAT ŞI CONCLUZII

Barajele de zidărie fiind lucrări de artă ce se construesc transversal în canalul de scurgere al torentului, obişnuit sunt solicitate la presiuni mari, mai ales în timpul ploilor torenţiale şi de lungă durată, încât este necesar ca fiecare baraj, din punct de vedere static, să fie iniţial bine dimensionat şi verificat.

Pentru dimensionarea acestor lucrări există o serie de formule, unele suficient de bune, dar destul de complicate, iar altele empirice, care dau rezultate aproximative.

Pentru dimensionarea barajelor e necesară o formulă aplicabilă în cazurile cele mai frecvente, adică atunci când ele sunt solicitate mixt atât la împingerea pământului, cât şi la presiunea apei.

Ţinând seamă de greutăţile pe care le întâmpină personalul tehnic pe teren mai ales atunci când la faţa locului doreşte să afle într'un anumit punct care trebue să fie dimensiunile barajului respectiv, în cadrul temei « Cercetări asupra tehnicii lucrărilor de lemn şi zidărie adoptate la tipurile de sol, am socotit util să stabilesc o formulă simplă şi practică pentru dimensionare, care să poată fi aplicată uşor şi de tehnicienii cu un nivel de cunoştinţe matematice mai redus şi să poată fi folosită în orişice caz prezentat.

La elaborarea formulei s'a plecat dela ipoteza impingerii apei şi s'a procedat mai înainte la stabilirea grosimii utile a barajului la coroană, măsurată pe fundul cuvetei, care s'a calculat cu ajutorul uneia din formulele verificate, punându-se următoarele 2 premize:

1. Centrul de presiune al barajului să cadă în treimea mijlocie a bazei sale inferioare şi cât mai aproape de extremitatea acelei treimi, pentru ca în corpul barajului să nu se nască tensiuni, dar în acelaş timp construcţia să fie cât mai economică;

2. Presiunea verticală maximă ce se naşte pe planul superior al fundaţiei să nu întreacă rezistenţa admisibilă a zidăriei.

Odată stabilită această dimensiune, adică grosimea utilă a coroanei, am determinat şi grosimea minimă a barajului la coroană, măsurată tot pe fundul cuvetei, plecând dela ipoteza că în spatele acelui baraj, aşa cum s'a dimensionat, s'a format un aterisament până la o anumită înălţime, restul rămânând degajat de materiale (vezi înălţimea, h_1 fig. 2 din text).

Aplicând principiile cunoscute din hidraulică, am stabilit, pe de o parte, care este mărimea presiunii exercitate de apă în timpul viiturilor mari pe porţiunea degajată de materiale, iar pe de altă parte, am calculat greutatea coroanei supusă acestui efort şi la care trebue să reziste prin frecare.

Plecând dela condiţia că aceste 2 forţe trebue neapărat să fie în stare de echilibru, am stabilit ecuaţia respectivă, din care am dedus cifra minimă a grosimii barajului la coroană.

Cu această grosime minimă am construit o secţiune de baraj, echivalentă cu prima, având acelaş volum. Deosebirea este că prima secţiune, având grosimea utilă la coroană, are fructul mai mic (0,20), iar cea de a 2-a, un fruct mai mare (aproape dublu).

Secţiunea cu fructul mai mare prezintă desavantajul că jerba de apă în căderea ei loveşte paramentul din aval şi-i produce degradări.

S'a făcut diferenţa între grosimea utilă şi grosimea minimă a barajului, după care s'a stabilit modulul. Acest modul multiplicat cu înălţimea utilă a oricărui baraj dă tocmai cantitatea cu care trebue sporită grosimea minimă a barajului respectiv ca să găsim grosimea lui utilă corespunzătoare unui fruct de 0,20 m.

Formula generalizată pentru aflarea grosimii utile la coroană în cazul barajelor solicitate numai la presiunea apei este:

1. $$\boxed{a = 0{,}50 \times \frac{ha + \frac{h_1}{2}}{f} + 0{,}114\,h}$$

în care ha, h_1 şi f au semnificaţiile arătate în text, iar 0,114 modulul.

Examinând figura 1 cu cele 2 secţiuni ale barajului se vede că în mod practic cantitatea cu care trebue sporită grosimea minimă a barajului ca să obţinem grosimea utilă, corespunzătoare fructului obişnuit de 0,20 m., se poate lua egală cu:

$$n \times \frac{h}{2} = 0{,}20 \times \frac{h}{2} = 0{,}10\,h$$

(h fiind înălţimea utilă a barajului) şi în acest caz formula 1 de mai sus se mai poate scrie:

2. $$\boxed{a = 0{,}50 \times \frac{ha + \frac{h_1}{2}}{f} + 0{,}10\,h}$$

Această ultimă formulă se poate aplica mai ales în cazul barajelor solicitate mixt; împingerea pământului + presiunea apei (caz frecvent), dând rezultate bune.

Pentru barajele solicitate numai la presiunea apei rezultatele care se obţin sunt însă la limită. (A se vedea primul caz tratat mai sus). Deaceea în acest ultim caz se va folosi formula 1.

In exemplificările practice care s'au făcut în cele 6 cazuri tratate în lucrare considerând baraje de diferite înălţimi şi solicitate fie la presiunea apei, fie mixt (împingerea pământului şi presiunea apei) se poate vedea clar în tabelul anexat că rezultatele obţinute verifică toate condiţiile cerute de statica barajului.

In concluzie se poate spune că:

1. Noile formule stabilite pentru dimensionarea barajelor care se construesc în canalul de scurgere al torenţilor, în ipoteza sarcinilor normale, dau rezultate bune care satisfac toate verificările statice ale barajului.

2. Se pot calcula dimensiunile barajului în timp de 5 minute, în loc de minimum o oră cât ar dura de exemplu prin formula din îndrumător.

3. Formulele cunoscute până în prezent pot fi folosite numai pentru cazuri speciale atunci când barajul este solicitat numai la presiunea apei sau numai la împingerea pământului. In cazul împingerii mixte asemenea formule nu pot fi întrebuinţate.

Tabelul nr. 1

Centralizator al datelor obținute prin dimensionarea diferitelor tipuri de baraj ilustrate în cele 6 cazuri din text, cu ajutorul noii formule și cu verificările statice corespunzătoare

Cazul	Înălțimea utilă a barajului h	Presiunea exercitată în spate		Grosimea barajului		Greutatea corpului barajului	Excentricitatea e_1	$\frac{b}{6}$	Verif. la răsturnare $\frac{M.\ st.}{M.\ răst.} < 1,5$	Verif. la alunecare $\frac{F}{G} < 0,75$	Compresiune		Rezist. admisibilă a zidăriei
		Apă	Pământ	a	b						Maxim σ A	Minim σ B	
	m	kg/m	kg/m	m	m	kg/m	m	m			kg/cm²	kg/cm²	kg/cm²
1 a	2,50	4.538	—	1,35	1,85	9.394	0,315	0,31	2,35	0,48	1,01	0,01	6 kg/cm²
1 b	2,50	4.538	—	1,38	1,88	9.602	0,31	0,314	2,43	0,47	1,00	0,01	
2	2,50	704	678	0,80	1,30	6.127	0,18	0,21	2,60	0,22	0,86	0,08	6 »
3	3,00	990	936	0.90	1,50	8.316	0,22	0,25	2,47	0,23	1,04	0,066	6 »
4	3,50	1.320	1.237	1,00	1,70	10.835	0,26	0,28	2,38	0,24	1,22	0,051	6 »
5	4,00	1.502	1.706	1,10	1,90	13.684	0,27	0,31	2,45	0,23	1,33	0,110	6 »
6	2,00	—	1.095	0,54	0,94	3.494	0,13	0,16	2,52	0,31	0,68	0,06	6 »

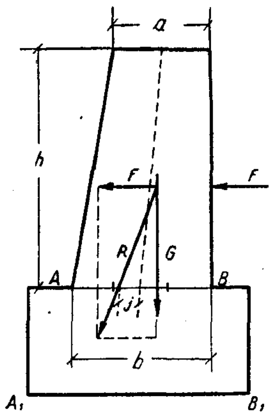

Fig. 9

Grosimea barajelor de diferite înălţimi, calculate cu ajutorul formulelor tratate în textul lucrării, în ipoteza diferitelor solicitări şi în funcţie de variaţia înălţimii jerbei de apă

Nr. crt.	Inălţimea utilă a barajului h m	Inălţimea ierbei de apă h^2 m	Solicitat la presiunea apei — grosimea — Coroană a m	Solicitat la presiunea apei — grosimea — bază b m	Solicitat la presiunea mixtă — Inălţime aterisam. artificial h_2 m	Solicitat la presiunea mixtă — Inălţimea din baraj solicitat la presiunea apei h_1 m	Solicitat la presiunea mixtă — Grosimea — Coroana a m	Solicitat la presiunea mixtă — Grosimea — baza b m	Solicitat la împingerea pământului — Inălţimea aterisam h m	Solicitat la împingerea pământului — Grosimea — Coroană a m	Solicitat la împingerea pământului — Grosimea — bază b m
1	1,50	0,40	0,94	1,24	1,00	0,50	0,58	0,88	1,50	0,42	0,72
2	2,00	0,40	1,16	1,56	1,50	0,50	0,63	1,03	2,00	0,47	0,87
3	2,50	0,40	1,38	1,88	1,70	0,80	0,79	1,29	2,50	0,52	1,12
4	3,00	0,40	1,61	2,21	2,00	1,00	0,90	1,50	3,00	0,57	1,17
5	3,50	0,40	1,83	2,53	2,30	1,20	1,00	1,70	3,50	0,62	1,32
6	4,00	0,40	2,06	2,86	2,70	1,30	1,10	1,90	4,00	0,67	1,47
1	1,50	0,50	1,04	1,34	1,00	0,50	0,65	0,95	1,50	0,48	0,78
2	2,00	0,50	1,23	1,64	1,50	0,50	0,70	1,10	2,00	0,53	0,93
3	2,50	0,50	1,46	1,96	1,70	0,80	0,85	1,35	2,50	0,58	1,08
4	3,00	0,50	1,67	2,27	2,00	1,00	0,97	1,57	3,00	0,63	1,23
5	3,50	0,50	1,90	2,60	2,30	1,20	1,08	1,78	3,50	0,68	1,38
6	4,00	0,50	2,13	2,93	2,70	1,30	1,17	1,97	4,00	0,73	0,53
1	1,50	0,60	1,07	1,37	1,00	0,50	0,72	1,02	1,50	0,55	0,85
2	2,00	0,60	1,30	1,70	1,50	0,50	0,77	1,17	2,00	0,60	1,00
3	2,50	0,60	1,52	2,02	1,70	0,80	0,92	1,42	2,50	0,65	1,15
4	3,00	0,60	1,74	2,34	2,00	1,00	1,03	1,63	3,00	0,70	1,30
5	3,50	0,60	1,97	2,67	2,30	1,20	1,15	1,85	3,50	0,75	1,45
6	4,00	0,60	2,19	2,99	2,70	1,30	1,23	2,03	4,00	0,80	1,60
1	1,50	0,70	1,14	1,44	1,00	0,50	0,78	1,08	1,50	0,62	0,92
2	2,00	0,70	1,36	1,76	1,50	0,50	0,83	1,23	2,00	0,67	1,07
3	2,50	0,70	1,59	2,09	1,70	0,80	1,98	1,48	2,50	0,72	1,22
4	3,00	0,70	1,81	2,41	2,00	1,00	1,10	1,70	3,00	0,77	1,37
5	3,50	0,70	2,03	2,73	2,30	1,20	1,22	1,92	3,50	0,82	1,52
6	4,00	0,70	2,26	3,06	2,70	1,30	1,30	2,10	4,00	0,87	1,67
1	1,50	0,80	1,20	1,50	1,00	0,50	1,85	1,15	1,50	0,68	0,98
2	2,00	0,80	1,43	1,83	1,50	0,50	0,90	1,30	2,00	0,73	1,13
3	2,50	0,80	1,66	2,16	1,70	0,80	1,05	1,55	2,50	0,78	1,28
4	3,00	0,80	1,87	2,47	2,00	1,00	1,17	1,77	3,00	0,83	1,43
5	3,50	0,80	2,10	2,80	2,30	1,20	1,28	1,98	3,50	0,88	1,58
6	4,00	0,80	2,33	3,13	2,70	1,30	1,37	2,17	4,00	0,93	1,73
1	1,50	0,90	1,27	1,57	1,00	0,50	0,92	1,22	1,50	0,75	1,05
2	2,00	0,90	1,50	1,90	1,50	0,50	0,97	1,37	2,00	0,80	1,20
3	2,50	0,90	1,72	2,22	1,70	0,80	1,12	1,62	2,50	0,85	1,35
4	3.00	0,90	1,94	2,54	2,00	1,00	1,23	1,83	3,00	1,90	1,50
5	3,50	0.90	2,17	2,87	2,30	1,20	1,35	2,05	3,50	0,95	1,65
6	4,00	0,90	2,39	3.19	2,70	1,30	1,43	2,23	4,00	1,00	1,80
1	1,50	1,00	1,34	1,64	1,00	0,50	0,98	1,28	1,50	0,82	1,12
2	2.00	1,00	1,56	1,96	1,50	0,50	1,03	1,43	2,00	0,87	1,27
3	2,50	1,00	1,79	2,29	1,70	0,80	1,18	1,68	2,50	0,92	1,42
4	3,00	1,00	2,01	2,61	2,00	1,00	1,30	1,90	3,00	0,97	1,57
5	3,50	1,00	2,23	2,93	2,30	1,20	1,42	2,12	3,50	1,02	1,72
6	4,00	1,00	2,46	3,26	2,70	1,30	1,50	2,30	4,00	1,07	1,87

Formulele stabilite mai sus pot fi folosite pentru orişice caz, considerând fructul 0,20.

4. Sunt formule simple şi expeditive, care pot fi aplicate cu uşurinţă de orice tehnician cu un nivel de cunoştinţe matematice redus.

5. Mărimea grosimii care se obţine la coroană prin aplicarea acestei formule este desigur cea minimă.

Rezultă deci, că stabilirea unor noi formule practice pentru dimensionarea barajelor, care să poată fi aplicate în orice caz prezentat şi să poată fi folosite cu uşurinţă de orice tehnician prezintă importanţă pentru economia ţării.

Introducerea acestei formule, în practica torenţilor, va contribui în largă măsură la vindecarea rănilor pământului ţării şi la ridicarea productivităţii suprafeţelor de teren astăzi degradate şi sustrase producţiei.

* * *

BIBLIOGRAFIE

Dubach A. D. — Ameliorări hidrotehnice în terenurile forestiere. Ed. gospod. forest. de stat, Moscova, 1945.

Herheulidze I. I. — Depunerile torenţilor şi torenţi cu lavă. Moscova 1947.

Thiery E. — Restauration des montagnes. Correction des torrents. Reboisement. Ed. Baudry et Comp. Paris 1891.

Wang F. — Grundriss der Wildbachverbaung. Ed. S. Hirzel, Leipzig 1901.

* * *

Резюме

К УСТАНОВЛЕНИБ РАЗМЕРОВ ПЛОТИН ИСПОЛЬЗОВАННЫХ В РАБОТАХ ПО ИСПРАВЛЕНИЮ СЕЛЕВЫХ ПОТОКОВ

Для размеривания плотин, строющихся в спускном канале селевых потоков, существует ряд классических формул, — некоторые из них довольно хорошие, но все таки довольно сложные, а другие более практичные дают приблизительные результаты. Ни одна из этих формул не может быть применена для самых обыкновенных работ, а именно, тогда, когда требуются плотины смешанные для сопротивления земли в добавок с гидростатическим давлением воды.

Учитывая трудности, которые встречает технический персонал в полевых работах когда он хочет рассчитать размер проектируемой плотины в каком нибудь пункте, считаем полезным установить простую и практическую формулу, которую мог бы применить любой техник пользуясь ею в каждом необходимом случае.

При установлении формулы были приняты во внимание следующие два соображения:

1. Центр давления плотин должен находиться на средней трети своего основания и как можно ближе к концу этой трети, для того, чтобы в корпусе плотины не возникали напряжения, а постройка была бы как можно более экономной.

2. Максимальное вертикальное давление, возникающее на верхнем плане фундамента, не должно превосходить допустимого сопротивления каменной кладки.

Обобщенная формула для выявления полезной толщины венца.

1. Для плотин рассчитанных только на давление воды:

$$a = 0{,}50\,\frac{ha + \frac{h_1}{2}}{f} + 0{,}114\ h$$

2. Для плотин рассчитанных на смешанное давление, давление воды вдобавок с давлением земли

$$a = 0{,}50 \frac{ha + \frac{h_1}{2}}{f} + 0{,}10\ h$$

a — полезная толщина венца плотин,
ha — высота гребня воды, которая переливается из бассейна,
h_1 — высота задней части плотины, расчитанная на давление воды,
h — полезная высота плотины,
f — коэффициент трения каменной кладки, считаемый на минимум 0,75,

Выгоды

— Установление формулы в предположении нормальных нагрузок, даёт почти точные результаты, удовлетворяющие все статические проверки плотины.

— Можно расчитать размеры профиля плотины в течении 5 минут.

— Вторая формула может быть использована на случай, если плотина расчитана на смешанные давления.

— Формулы простые, быстро разрешаемые, могут быть применены любым техноработником.

— Величина толщины, получаемой применением этих формул, есть минимальная.

* * *

Résumé

CONTRIBUTIONS A L'ÉTUDE DES DIMENSIONS DES BARRAGES UTILISÉS DANS LA CORRECTION DES TORRENTS

Pour le calcul des dimensions des barrages qu'on construit dans les canaux d'écoulement des torrents existe une série des formules classiques — certaines assez bonnes, mais très compliquées, d'autres empiriques — qui donnent des résultats à peu près bons. Mais aucune de ces formules ne peut pas être appliquée aux cas les plus fréquents, c'est à dire aux barrages qui sont doublement solicités: à la pression des terres et à la pression hydrostatique.

Tenant compte des difficultés que rencontre le personnel technique de terrain quand il est obligé à dimensioner le barrage qu'il veut construire, nous avons établi une formule simple et pratique qui peut être appliquée facilement par le technicien et utilisée à n'importe quel cas qui se présente.

Pour établir cette formule nous sommes partis de prémises suivantes:

1. Le centre de pression du barrage doit se trouver dans le tiers de sa base inférieure et le plus proche possible de l'extremité de ce tiers, ceci âfin d'éviter les tensions dans le corps du barrage et pour économie de matériaux.

2. La pression verticale maximum qui à lieu sur le plan supérieur de la fondation, ne doit pas dépasser la résistence admissible de la maçonnerie.

La formule généralisée, pour trouver l'épaisseur utile au couronnement, est celle ci:

1. Dans le cas des barrages sollicités seulement à la pression de l'eau:

$$a = 0{,}50 \frac{ha + \frac{h_4}{2}}{f} + 0{,}114\, h$$

2. Dans le cas des barrages sollicités doublement: à la pression de l'eau et à la poussée de terres:

$$a = 0{,}50 \frac{ha + \frac{h_4}{2}}{f} + 0{,}10\ \mathrm{h}$$

dans lesquelles:

a = l'épaisseur utile du couronnement du barrage
ha = la hauteur du jet d'eau qui se déverse par la cuvette,
h_1 = la hauteur de la partie arrière du barrage sollicitée par la pression des eaux.
h = la hauteur du barrage,
f = coeffioient de frottement de la maçonnerie, dont la valeur minimum = 0,75.

Avantages :

Les formules établies dans l'hypothèse des charges normales, donnent des résultats presque exactes, qui satisfont toutes les vérification statiques du barrage.

— On peut calculer les dimensions de l'élévation du barrage dans un intervale de 5 minutes.

— La deuxième formule peut être utilisée aussi pour le cas où le barrage est soumis à une *sollicitation mixte*.

Les formules sont simples et expéditives et peuvent être appliquées facilement par n'importe quel technicien.