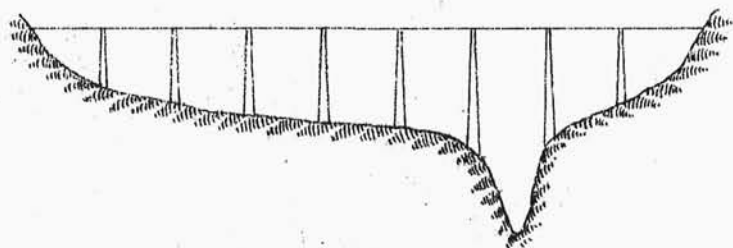


Uwagi praktyczne.

Z wszystkich formuł daje się zauważyć duży wpływ wysokości filara; w szczególności ze wzoru na objętość V filara /str.163/ wynika, że jest ona proporcjonalna do trzeciej potęgi wysokości filara. Dlatego też, gdy rzeka płynie w parowie głęboko wciętym w dolinę rzeki /rys.71/, należy tak dobrać L , aby filar nie wypadł w tym parowie.



rys.71.

Obliczenia ekonomiczne wskazują też na to, że najracjonalniejszy rozstaw filarów wypada mniejszy dla niższych zapór, a większy dla wyższych, przy czym waha się w granicach od 9 do 15 m.

Zestawienie wzorów dla filarów.

Wzory podane niżej dotyczą wypadku, gdy zbior-

nik jest pełny i uwzględniają całkowitą wysokość H filara, a naprężenia określają dla przekroju najniższego, w płaszczyźnie podstawy filara.

Siły zewnętrzne.

Ciężar własny filara

$$G = \frac{1}{6} \gamma_0 H^2 L \lambda (m+n) (2\mu+1);$$

jego mimośród

$$e = \frac{H}{4} (n-m) \cdot \frac{\mu+1}{2\mu+1};$$

Parcie wody

$$P' = \frac{\gamma H^2}{2} \cdot L; \quad P'' = \gamma \frac{n H^2}{2} \cdot L;$$

Wypór

$$U = \frac{1}{2} \theta \gamma H L^2 \lambda^2 \mu^2;$$

/wypór działa pod filarem na długości a_1 /, albo

$$U = \theta \gamma H^2 L \frac{m+n}{2};$$

/wypór działa na całej szerokości ciągłej płyty fundamentowej/.

Nierównomiernie rozłożone parcie wody

$$P'_s = \gamma h_s L \left(H - \frac{h_0}{2} \right);$$

$$P''_s = \gamma h_s L n \left(H - \frac{h_0}{2} \right);$$

$$h_s = \frac{l_z}{2} \cdot \frac{n}{\sqrt{1+n^2}} \cdot k;$$

k - podane jest w tabeli na str.127

$$h_o = l_z \cdot \frac{n}{\sqrt{1+n^2}} \cdot \left(\frac{1}{\sin \varphi} - \operatorname{ctg} \varphi \right);$$

Mimośród składowej pionowej P_s''

$$e_s = \frac{1+n^2}{n} \cdot \frac{P_{s1} \cdot \frac{H-h_o}{2} + P_{s2} \left(H - \frac{2}{3} h_o \right)}{P_s} - \frac{m+n}{2} \cdot H;$$

przy czym $P_{s1} = \gamma h_s (H-h_o) \cdot \sqrt{1+n^2} \cdot L;$

$$P_{s2} = \frac{\gamma h_s}{2} \cdot h_o \cdot \sqrt{1+n^2} \cdot L;$$

Ciężar sklepienia

$$G'_1 = \gamma_o H (d_1 + d_2) \varphi r_o \frac{n}{\sqrt{1+n^2}};$$

$$G''_1 = \gamma_o H (d_1 + d_2) \varphi r_o \frac{n^2}{\sqrt{1+n^2}};$$

gdzie $r_o = \frac{l_z}{\sin \varphi} - \frac{1}{3} \cdot \frac{d_1^2 + d_1 d_2 + d_2^2}{d_1 + d_2};$

Mimośród siły G''_1

$$e_1 = H \left(\frac{1}{3} \cdot \frac{d_1 + 2d_2}{d_1 + d_2} \cdot \frac{1+n^2}{n} - \frac{m+n}{2} \right);$$

Naprężenia.

We wzorach poniższych znak górny dotyczy naprężeń na krawędzi odwodnej / σ ze znacznikiem 1/.

Naprężenia zasadnicze /wywołane parciem wody

1 ciężarem własnym/

$$\sigma_{1,2} = \frac{q + p''}{a_1 b} \mp \frac{q e + p' \frac{H}{3} - p'' \left(\frac{b}{2} - \frac{nH}{3} \right)}{\frac{a_1 b^2}{6}};$$

$$a_1 = \lambda \mu L;$$

$$b = (m + n) H;$$

Napężenia dodatkowe wywołane:

1/. wyporem działającym pod filarem

$$\Delta \sigma_{1,2} = \mp \left/ \frac{U}{a_1 b} \mp \frac{U \left(\frac{b}{2} - \frac{a_1}{3} \right)}{\frac{a_1 b^2}{6}} \right/;$$

gdy wypór działa na całą podstawę płyty fundamentowej, wtedy

$$\Delta \sigma_1 = \frac{\theta \delta H}{\lambda \mu}; \quad \Delta \sigma_2 = 0;$$

2/. nierównomiernie rozłożonym parciem wody

$$\sigma_{s,1,2} = - \frac{p_s''}{a_1 b} \mp \frac{p_s'' e_s}{\frac{a_1 b^2}{6}};$$

3/. ciężarem sklepienia

$$\sigma_{q,1,2} = \frac{q_1''}{a_1 b} \mp \frac{q_1'' e_1}{\frac{a_1 b^2}{6}};$$

4/. ciężarem korony

$$\sigma_{k,1,2} = \frac{q_2}{a_1 b} \mp \frac{q_2 \cdot e_2}{\frac{a_1 b^2}{6}};$$

Ciężar G_2 belek stężających i korony oraz mimośród e_2 oblicza się na podstawie szkiców konstrukcyjnych.

Napężenia rzeczywiste

$$\sigma_{rx} = \sigma + \Delta\sigma + \sigma_s + \sigma_c + \sigma_k ;$$

dodawanie algebraiczne.

Napężenia główne:

na krawędzi od strony wody

$$\sigma_{t \min} = \sigma_1 (1+n^2) - \frac{\gamma H n^2}{\lambda \mu} ;$$

$$\sigma_{t \max} = \frac{\gamma H}{\lambda \mu} ;$$

na krawędzi od strony powietrza

$$\sigma_{2 \min} = 0 ;$$

$$\sigma_{2 \max} = \sigma_2 (1+m^2) ;$$

Warunki stateczności:

zabezpieczenie przed poślizgiem

$$f = \frac{P'}{G + P''} \leq \operatorname{tg} \vartheta ;$$

lub dokładniej

$$f = \frac{P' - P'_s + G'_1}{G + P'' - U - P''_s + G''_1 + G_2} \leq \operatorname{tg} \vartheta ;$$

zabezpieczenie przed wywróceniem

$$\alpha = \frac{G(\frac{b}{2} - e) + P''(b - \frac{nH}{3})}{P' \frac{H}{3}} \geq 1,5 \dots 2,0 ;$$

dokładniej

$$\kappa = \frac{G_1 \left(\frac{b}{2} - e \right) + P'' \left(b - \frac{nH}{3} \right) - P_s'' \left(\frac{b}{2} - e_s \right)}{P'_3 H + U \left(b - \frac{a_1}{3} \right)} +$$

$$+ \frac{G_2'' \left(\frac{b}{2} - e_1 \right) + G_2 \left(\frac{b}{2} - e_2 \right)}{P'_3 H + U \left(b - \frac{a_1}{3} \right)} ;$$

Z a l e t y i w a d y z a p ó r o ł u k a c h w i e l o k r o t n y c h .

Do największych zalet zapór tego typu należy bardzo dobre wyzyskanie materiału, którego w dodatku potrzeba w niewielkich ilościach /jest to szczególnie cenną zaletą przy budowie zapory wysoko w górach, gdzie jest utrudniony dowóz materiałów/.

Kubatura zapory o łukach wielokrotnych wynosi około 25 % kubatury zapory ciężkiej, jednakże koszt nie jest 4 razy mniejszy, lecz dochodzi do 50 % kosztu zapory ciężkiej, a to ze względu na kosztowniejsze szalowanie, na wkładki stalowe i większe ilości cementu.

Miejsce pomiędzy filarami można wykorzystać na ustawienie turbogeneratorów bez potrzeby budowania osobnego budynku.

Wykonanie zapory o łukach wielokrotnych postępuje stosunkowo szybko. Dostęp do wszystkich miejsc jest łatwy /wygodna kontrola konstrukcji/.

Zapory tego typu, jako lekkie, przy zachowaniu odpowiednich ostrożności mogą być postawione na gruntach stosunkowo słabych /pokłady żwirów i piasków/.

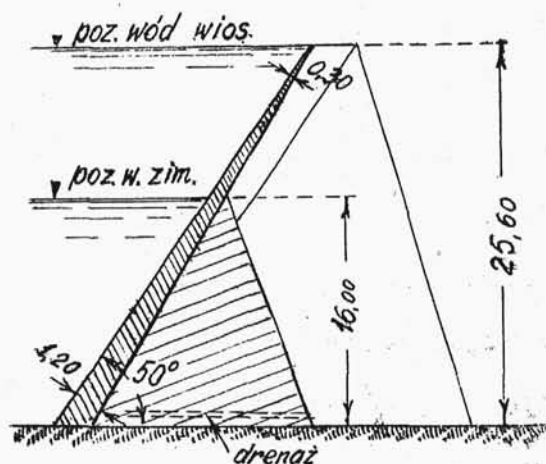
Brak niebezpieczeństwa występowania wyporu pod stopą fundamentu zapory.

Przechodząc do omówienia wad zapór o łukach wielokrotnych, należy na wstępie od razu wymienić największą wadę: pęknięcie lub zniszczenie jednego sklepienia pociąga za sobą zawalenie się całej zapory. Wynika to ze sztywnego powiązania ze sobą wszystkich sklepień i łuków, które pracują zawsze razem, wspólnie, jak jedna konstrukcyjna całość.

Drugą wielką wadą jest wrażliwość na temperaturę i przemarzanie w krajach o zbyt ostrym klimacie. Przemarznięcie sklepienia powoduje zamarznienie wody, stykającej się ze ścianą, oraz wody, znajdującej się we włoskowatych pęknięciach betonu. W następstwie tego rozpoczyna się kruszenie ściany, które powiększa się z roku na rok, prowadząc osta-

teczenie do destrukcji zapory.

Przykładem służyć tu może zaporą na jez. Gem /Kalifornia/, gdzie zimą temperatura spada do $- 22^{\circ} \text{C}$. W trzecim i czwartym roku po wybudowaniu zapory stwierdzono rozkruszanie się betonu od strony wody, spowodowane rozsadzającym działaniem wody, zamarzającej w drobnych szczelinach i pęknięciach. Całkowitemu zniszczeniu zapory przeciwdziałano w ten sposób, że odbito rozkruszony beton przy pomocy dłut pneumatycznych do głębokości, dochodzącej do 20 cm, następnie starannie nałożono nowy beton, pokrywając go warstwą nieprzepuszczalną. Jednakże środek ten okazał się niewystarczający i następnej zimy zaobserwowano



ponowne kruszenie się betonu. Nie pozostawało więc nic innego, jak wypełnić przestrzeń pod sklepieniami betonem, tworząc jakby zaporę ciężką, sięgającą do poziomu wód zimowych /rys.72/ - krusze-

rys.72.

nie się betonu występowało tylko poniżej tego poziomu. W ułożonej masie betonu umieszczono sieć rur odwadniających, by nie dopuścić do powstania wyporu. Dalsze szczegóły znaleźć można w Engineering News Record z dnia 2 lipca 1925r.

Na zakończenie należy zaznaczyć, że konstrukcja, której oszczędność polega na wyzyskaniu wytrzymałości materiału i ograniczeniu wymiarów do koniecznej potrzeby, musi być bardzo starannie wykonana siłami wykwalifikowanych robotników, a użyte materiały muszą być pierwszorzędnej jakości.

Z a s t o s o w a n i e .

Zapory o łukach wielokrotnych są stosowane do przegradzania dolin szerokich a płaskich. Znajdujące się zwykle w takich dolinach pokłady alluwialne piasków i żwirów nie stanowią istotnej przeszkody dla zastosowania tego właśnie typu zapory, jak to już było wyżej wyjaśnione.

Wysokości piętrzenia uzyskiwane przy pomocy zapór o łukach wielokrotnych ograniczone są cyfrą 60.....70 m, podyktowaną względami natury praktycznej. Przy dużych wysokościach wzrastają nad-

miernie grubości łuków i filarów, przez co zmniejsza się znaczenie tych zapór jako typu oszczędnego.

-----0000000000-----

ZAPORY KRYTE PŁYTAMI.

O p i s k o n s t r u k c j i

Zapory kryte płytami wprowadzone zostały przez Ambursen Hydraulic Construction Co /Boston U.S.A./ w r.1903.

Zapora składa się z filarów ustawionych obok siebie i przykrytych od strony wody płytą żelbetową, stanowiącą ściankę piętrzącą /rys.73,78 i 80/. Swoją konstrukcją zapory Ambursena przypominają zapory o łukach wielokrotnych. W obu tych typach parcie wody działa bezpośrednio tylko na ściankę piętrzącą /płytę lub sklepienie/, a na grunt przenosi się za pośrednictwem filarów.

Filary muszą być należycie posadowione, a ich obrzeże od strony wody posiada poszerzenie /głowicę/, aby stworzyć wystarczająco dużą powierzchnię podporową dla płyt, ułożonych na tych głowicach. Szczegóły konstrukcyjne omówione są dalej.

Konstrukcja zapory krytej płytami jest bardzo prosta, obliczenie łatwe, objętość - w porównaniu z kubaturą zapory ciężkiej - jest daleko

mniejsza, waga nieznaczna /co pozwala na budowanie zapór tego typu na gruntach mniej wytrzymałych/.

Zapora kryta płytami nie różni się konstrukcją od wysokiego jazu żelbetowego i na ogół częściej spotyka się jazy stałe tego typu /o nie-wielkiej wysokości piętrzenia/ z przelewem przez koronę.

Do największych zapór krytych płytami należą: zapora na rz. La Prele /U.S.A./ i na rz. Combamala /Włochy/. Pierwsza /rys. 80/, wybudowana w r. 1903, ma wysokość niespełna 40 m nad dnem doliny w najgłębszym miejscu i spiętrza wody rz. La Prele, tworząc zbiornik o pojemności 30 milionów m^3 i o zalewie 285 ha. Do budowy tej zapory zużyto 17200 m^3 betonu, a największe naprężenia dochodzą do 39 kg/cm^2 . Druga /rys. 73/ wybudowana została w latach 1915 1917 w dolinie górskiego potoku Combamala. Wysokość zapory 38 m ponad dnem doliny, betonu zużyto 11500 m^3 . Zbiornik zamknięty tą zaporą ma pojemność 0,43 milionów m^3 .