

626/627:627.2

K O Ł O I N Ż Y N I E R I I W O D W A R S Z A W S K I E J
S Ł U C H A C Z Ó W P O L I T E C H N I K I W A R S Z A W S K I E J

BIBLIOTEKA POLITECHNIKI
WARSZAWSKIEJ
Nr. Inwent. 410

BUDOWNICTWO WODNE

ZBIORNIKI I ZAPORY

CZĘŚĆ II

ZAPORY DREWNIANE, O ŁUKACH WIELOKROTNYCH, KRYTE PŁYTAMI,
ŁUKOWE, KOPULASTE I ŻELAZNE. BADANIA ZAPÓR NA MODELACH.

NA PODSTAWIE WYKŁADÓW I POD REDAKCJĄ
PROF. D-RA KAROLA POMIANOWSKIEGO

OPRACOWALI

EUGENIUSZ CHOJNACKI I INŻ. KONSTANTY ŻÓŁCIŃSKI

WARSZAWA

1 9 3 7

LG SKŁAD GŁÓWNY W KOMISJI WYDAWNICZEJ TOW. BRATNIEJ POMOCY
STUDENTÓW POLITECHNIKI WARSZAWSKIEJ — WARSZAWA POLNA 3.

i.2.3217



~~C. 1039. / II~~



nr. 28



OD WYDAWCÓW.

Oddając do użytku część II wydawnictwa p.t. "Zbiorniki i Zapory" prof. dra K. Pomianowskiego, poczytujemy sobie za miły obowiązek wyrazić serdeczne podziękowanie Panu Profesorowi Drowi K. Pomianowskiemu za bezinteresowną pomoc okazaną przy opracowywaniu powyższego wydawnictwa. Dziękujemy również P. Drowi K. Wóycickiemu, P. Inż. Ziemowitowi Słowińskiemu i P. Inż. E. Czetwertyńskiemu za trudy poniesione przy uzupełnianiu materiału.

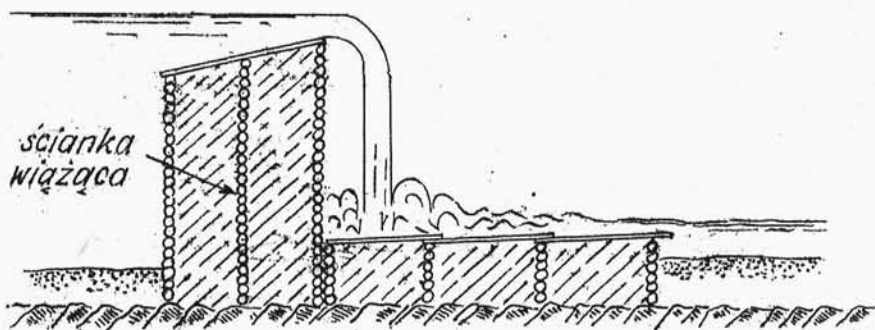
Komisji Wydawniczej Tow. Bratniej Pomocy Stud. Politechniki Warszawskiej składamy podziękowania za zajęcie się techniczną stroną wydawnictwa.

KOŁO INŻYNIERII WODNEJ
SŁUCHACZÓW POLITECHNIKI WARSZAWSKIEJ

ZAPORY DREWNIANE / KASZYCOWE / .

W s t ę p .

Konstrukcja zapory drewnianej polega na utworzeniu przegrody doliny z kaszyc t.j. ze skrzyń o ściankach wieńcowych, obciążonych kamieniami i ziemią /rys. 1/.



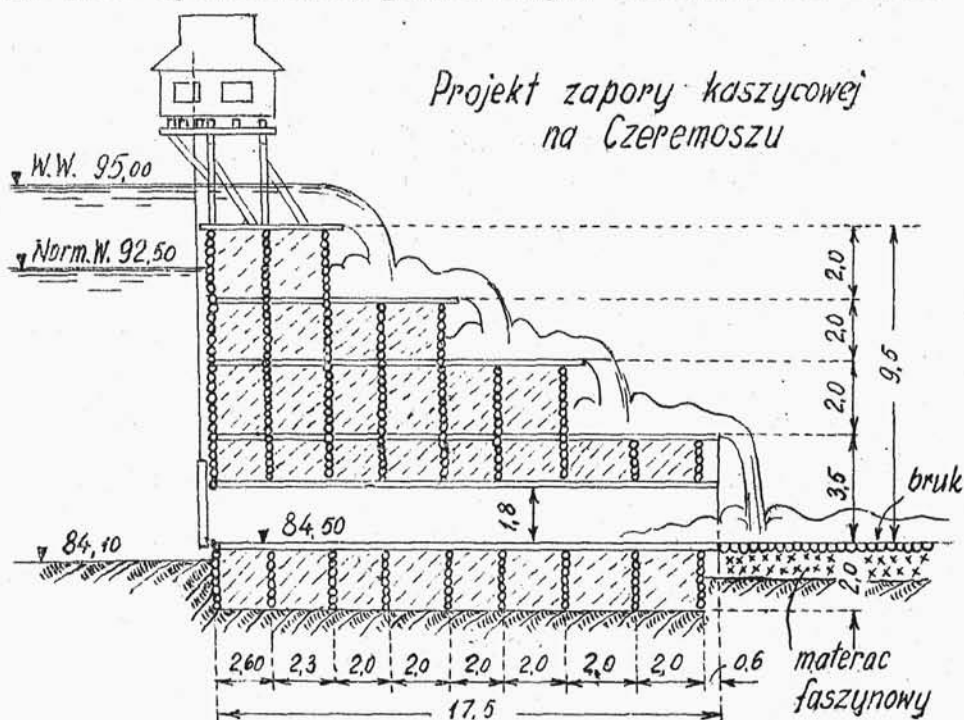
rys. 1.

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

Zapory drewniane są zwykle obiektami niewielkimi, często o charakterze tymczasowym, stosowanymi chętnie w lesistych okolicach górskich, najwięcej w Ameryce i Szwecji, krajach bogatych w lasy. Zapór kaszycowych nie wykonywa się jako samostojnych wielkich budowli, lecz przeważnie stosuje się je jako czasowe grodze, pod osłoną których bu-

duje się właściwą zaporę /porów. rozdział o wykonywaniu zapór w cz.III niniejszego skryptu/. Zapory drewniane doskonale nadają się do tego celu, gdyż są silne, elastyczne i bardzo dobrze wytrzymują napór fal powodziowych, zalewających plac budowy.

Poza tym zapory kaszycowe stosowane są w lesistych okolicach górskich, gdzie stawia się je w dolinach małych potoków, tworząc niewielkie zbiorniki wody, wykorzystywanej do dzikiego spławu drzewa /porów.cz.I str.29/, /rys.2/. Spław ten odbywa się na fali wytworzonej przez nagłe opróżnienie zbior-



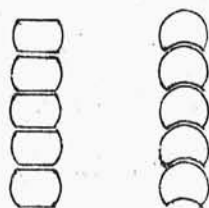
rys.2.

nika /otworzenie spustu/.

B u d o w a .

Kaszyca jest ścianą wieńcową wiązaną zwykle z okrągłaków, odpowiednio wciętych w węglach, połączonych ze sobą kołkami drewnianymi. Ciężki materiał wypełniający /kamienie, żwir, glina, piasek i t.p. / wywołuje silne rozpieranie ścian kaszyco, które wobec tego muszą mieć wewnątrz ścianki wiążące /ściągacze/; większe konstrukcje dzieli się na kilka komór /porów.rys.1 i 2/.

Szczelność zapory drewnianej uzyskuje się przez przyciosanie wieńców /rys.3/, albo przez pozatykanie szpar między nimi, a głównie przez wypełnienie kaszyce kamieniami z gliną /kamienie dodane są dla zwiększenia ciężaru/. W Ameryce buduje się kaszyce przeważnie z drzewa częściowo obrobionego, z t.zw. krawędziaków /kantówek /zwykle z oflisami.



rys.3

Jako materiał do budowy zapór drewnianych może być użyte zarówno drzewo twarde /dąb/, jak drzewo miękkie /sosna/, z tych pierwsze stosuje się tylko

wyjątkowo do części narażonych na uderzenia i ścieranie /spust, korona przelewu i t.p./.

Zapory drewniane stawia się na skale /po usunięciu zwietrzałych warstw wierzchnich i po wyrównaniu skały/. Na gruntach nieskalistych /iły, piaski, żwiry/ można również postawić zapórę kaszycową, jednak wówczas dałoby się dotkliwie odczuwać silne osiadanie kaszyc; w tych warunkach kaszyc jako zapór nie buduje się.

O b l i c z e n i e .

Obliczenie zapory drewnianej polega na nadaniu jej takiej szerokości w podstawie, aby zapewniona była stateczność. Zatem, aby mieć 2 - krotne zabezpieczenie przed wywróceniem się kaszycy koło krawędzi od strony powietrza, musi być spełniony warunek /oznaczenia wg rys.4/:

$$\kappa = \frac{G \cdot \frac{B}{2}}{P \cdot \frac{H}{3}} \geq 2 ;$$

przy czym: parcie wody wynosi $P = \frac{\gamma H^2}{2}$;

$\gamma = 1 \text{ t/m}^3$ c.wł. wody

ciężar kaszycy $G = B \cdot H \cdot \gamma_z$;

γ_z = ciężar właściwy materiału wypełniającego kaszycę:

glina luźno usypana	$\gamma_z = 1,5 \text{ t/m}^3$
glina ubita	$= 1,7 \text{ t/m}^3$
piasek i żwir	$= 1,5 \text{ do } 2,0 \text{ t/m}^3$
kamienie luźno ułożone, zależnie od gatunku .	$= 1,5 \text{ do } 2,2 \text{ t/m}^3$

Zarówno ζ jak P liczone są
na 1 mb długości zapory.

Wypada zatem

$$B \geq H \cdot \sqrt{\frac{2}{3} \cdot \frac{\gamma}{\gamma_z}} ;$$

Jeśli kaszyca będzie wypeł-
niona kamieniami / $\gamma_z = 1,8$
 t/m^3 / wypadnie

$$B \geq 0,6 \cdot H ;$$

Gdyby zadowolić się tylko

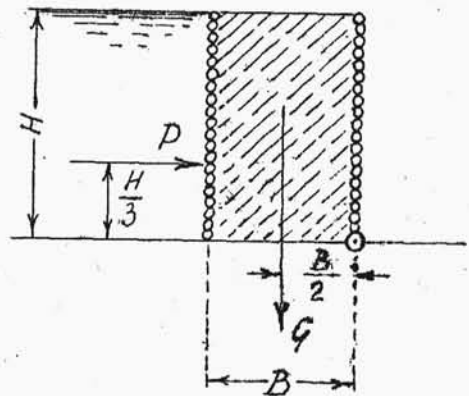
rys.4

1,5 - krotnym bezpieczeństwem, wystarczyłoby

$$B \geq 0,53 \cdot H ;$$

Poza tym kaszyca nie może być przesunięta. Parcie
wody musi być mniejsze od oporu tarcia kaszycy po
skale.

Wskazany wyżej wymiar B musi być zachowany w
płaszczyźnie podstawy zapory. W przekrojach wyż-
szych szerokość jej może być mniejsza i dlatego,
aby bez potrzeby nie powiększać kubatury kaszyc,



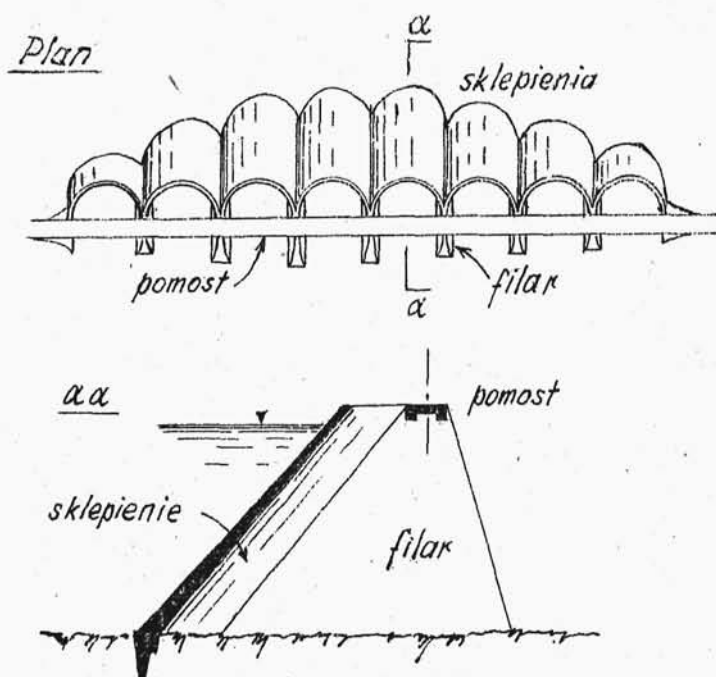
dla dużych piętrzeń wykonywa się zapory kaskadowe piętrowe, coraz węższe ku górze /rys.2/. Takie rozwiązanie ma jeszcze tę zaletę, że wielka woda, przelewająca się przez krawędź zapory, spada kaskadami, ze stopnia na stopień, z niewielkiej wysokości, nie przyczyniając się do uszkodzenia zapory i podłoża za zaporą. Mogłoby to łatwo nastąpić, gdyby woda, przelewając się przez krawędź kaskady, spadała z wielkiej wysokości wprost na podłoże.

-----oooOooo-----

ZAPORY O ŁUKACH WIELOKROTNYCH

W s t ę p .

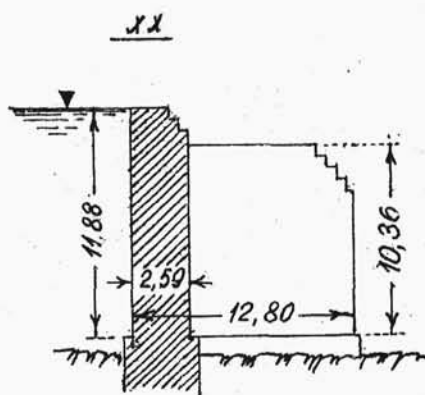
Kształt łukowy zapór, będący najracjonalniejszą ich formą, nie daje się jednak zastosować w każdym wyrunku topograficznych /porów. rozdział o zaporach łukowych/. Aby móc zastosować łukową formę do zapór przegradzających szerokie a stosunkowo niegłębokie doliny, stworzono typ zapory o łukach wielokrotnych, która utworzona jest z szeregu obok siebie pochyło ustawionych sklepień



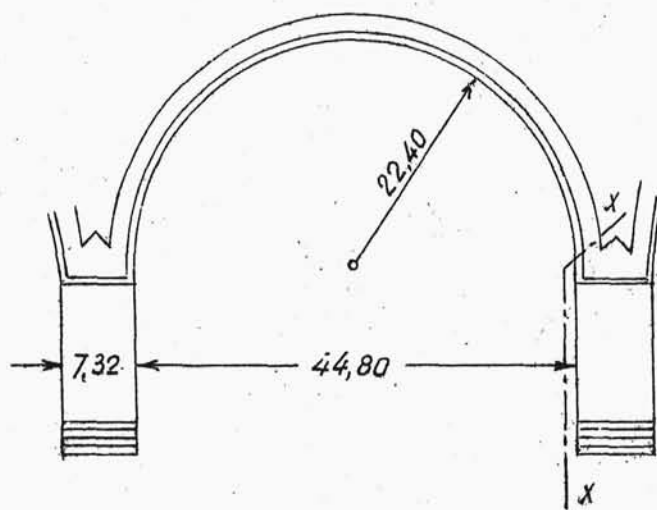
rys. 5.

/rys.5/, opierających się wezłowiami na filarach.

Pierwszą zaporę o łukach wielokrotnych zbudowano około 1800 r. w Indiach Angielskich na jez. Meer Allum. Zbiornik przeznaczony do zaopatrzenia miasta Hyderabad w wodę ma $8,5 \text{ mil.m}^3$ pojemności i zalewa $3,6 \text{ km}^2$. Maksymalna głębokość $15,24 \text{ m}$, oś zapory w planie łukowa /jak na rys.9a/; dłu-



gość 805 m , wysokość spiętrzenia 12 m . Zapora składa się z 21 sklepień pionowych /rys.6/ o rozpiętościach niejednakowych: od $21,3 \text{ m}$ do $44,8 \text{ m}$, największe łuki znajdują się po-



rys.6

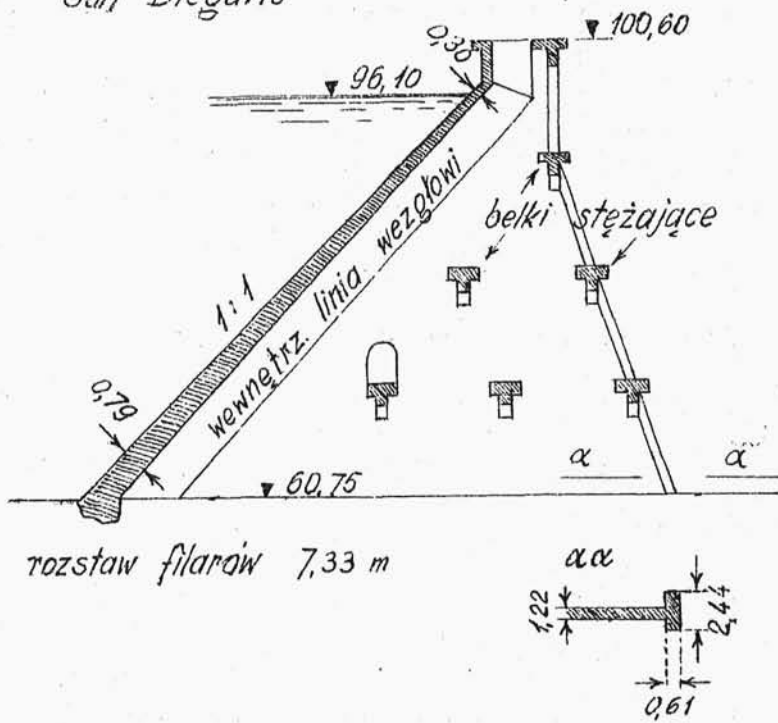
środku zapory.

W roku 1897 Henryk Goldmark opracował projekt zapory na rzece Ogden. /U.S.A. - Utah/. Zapora ma 122 m długości, 18,3 m wysokości ponad dnem doliny, od stopy fundamentu jednak 30 m /należało dostać się do wytrzymałych wapieni, które były przykryte warstwą żwiru grubości 10 do 12 m/. Zapora składa się z 7 sklepień, które są już pochyłe. Wytworzony zbiornik o pojemności 57 milionów m^3 służy do nawadniania i wyzyskania siły wodnej w ilości 12500 KM. Zalew wynosi 810 ha.

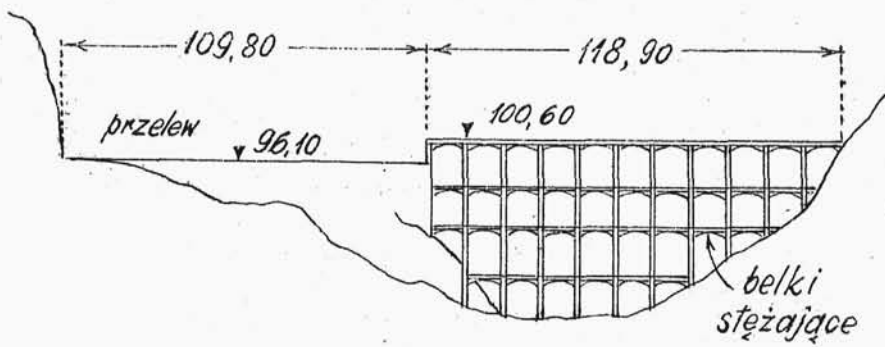
Od r. 1910 rozpoczyna się właściwy rozwój zapór o łukach wielokrotnych, budowanych już racjonalnie, dokładnie obliczanych, wykonywanych z żelbetu.

Najwięcej zapór tego typu zbudowano we Włoszech i w Stanach Zjednoczonych A.P.. Na rys. 7 i 8 pokazana jest zapora na rz. San Dieguito koło jez. Hodges /płd. Kalifornia/. Zbiornik o pojemności 47 milionów m^3 służy do nawadniania. Właściwa zapora ma 170 m długości i 41,5 m wysokości. Część dalsza zapory wykonana jest jako przelew, który sięga poza za-

San Diego



rys. 7.



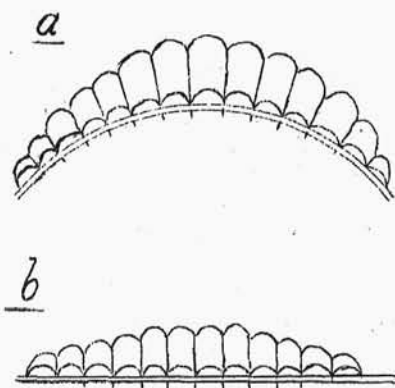
rys. 8.

porę, wcinając się w stok doliny /rys.8/. Przez przelew można przepuścić $8000 \text{ m}^3/\text{sek}$. Szczegółowy opis znajduje się w Engineering News Record z dn. 4 września 1919 r.

S z c z e g ó ł y k o n s t r u k c y j n e .

Kształt zapory w planie.

Zapory o łukach wielokrotnych z zasady wykonywa się w linii prostej /rys.9^b/, gdyż wtedy budowa jest ekonomiczniejsza: zapora jest krótka, wychodzi mało materiału i upraszcza się się urządzenia do transportu betonu.



rys.9

Sklepienia.

Kształt sklepień

Sklepienia opierające się na filarach stanowią właściwą konstrukcję piętrzącą, bezpośrednio obciążoną parciem wody. Łuki przenoszą parcie hydrostatyczne na filary, a te z kolei na grunt.