

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

### Płyta.

Płyta może być wykonana jako ciągła na wielu podporach, lub jako wolno/podparta na dwóch podporach. Płyta ciągła przedstawia pewne korzyści, gdyż może być cieńsza /oszczędność na materiale/, zapewnia dobre stężenie filarów, szczególnie gdy płyta jest sztywno połączona z filarami. Wreszcie płyta ciągła nie posiada spoin w miejscach podparcia, a więc wynikają stąd oszczędności na materiałach uszczelniających. Szczeliny dylatacyjne w płycie ciągłej wykonywa się co 15 .... 20 m .

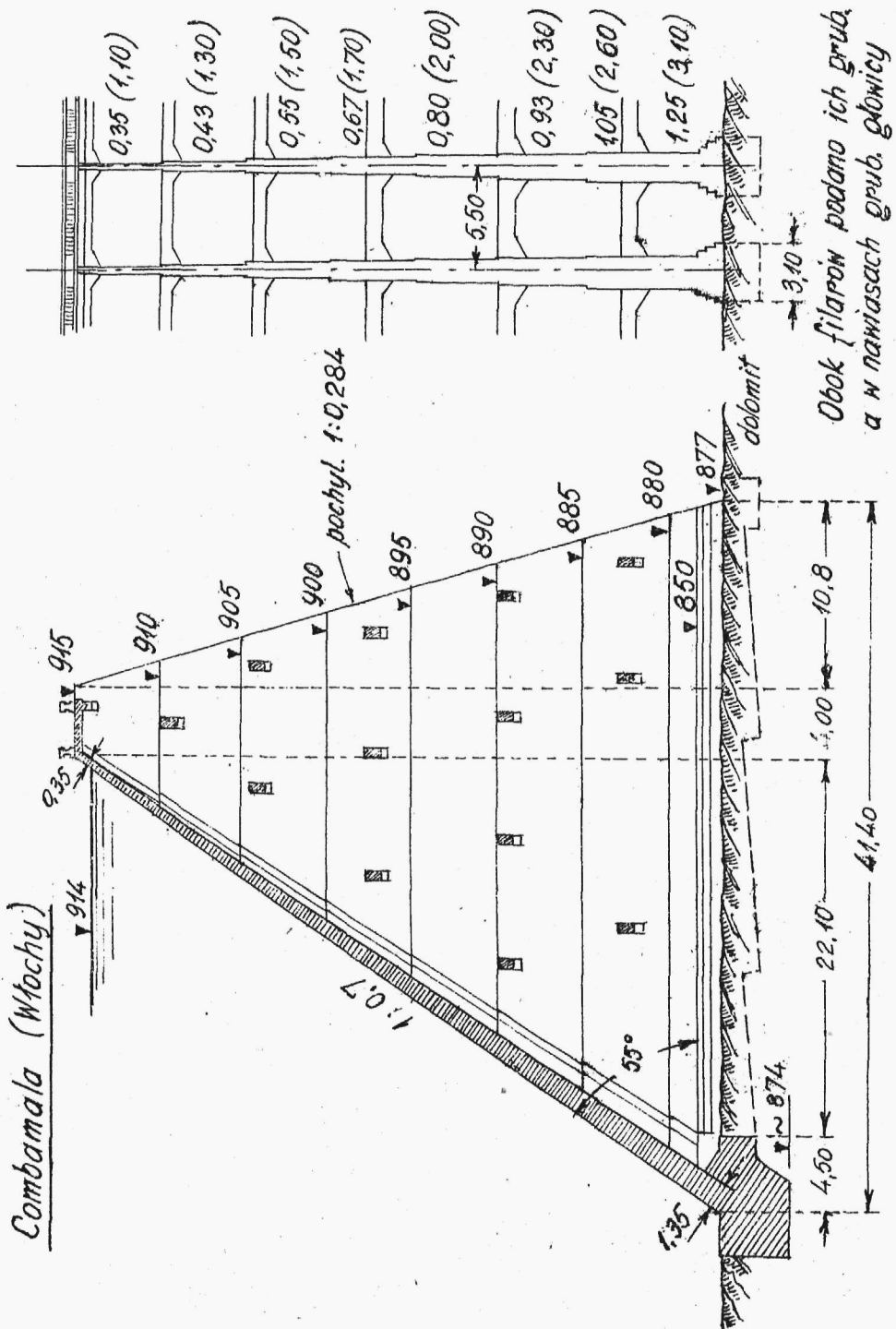
Płyta ciągła ma jednak swoje wady. Przede wszystkim nad podporami występuje ujemny moment gnący, który powoduje, że w płycie od strony wody powstają naprężenia rozciągające. Istnieje więc możliwość tworzenia się drobnych pęknięć, które - przez wprowadzenie wody do wnętrza płyty żelbetowej - powodują rdzewienie i niszczenie żelaza oraz rozkruszanie betonu przez zamarzającą wodę w ziemi. Przepisy niemieckie pozwalają w podobnych warunkach na obliczanie ustroju żelbetowego /w da-

nym wypadku płyty/ wzorami uwzględniającymi wytrzymałość betonu na rozciąganie.

Drugą wadą płyty ciągłej jest boczne obciążenie filarów wskutek zmian długości płyty, wywołanych wahaniami temperatury lub kurczeniem się betonu. Aby uniknąć tych sił poprzecznych, płyta nie jest sztywno połączona z filarami, lecz opiera się na nich swobodnie. Środek ten jednak zawodzi, gdyż swobodne przesuwanie się płyty po filarze jest ograniczone silnym tarciem na podporach, wynikającym z dużego nacisku, jaki wywiera na płytę woda /zwłaszcza w większych głębokościach/.

Z zasady zatem wykonywa się płyty wolnopodparte na głowicach dwóch sąsiednich filarów.

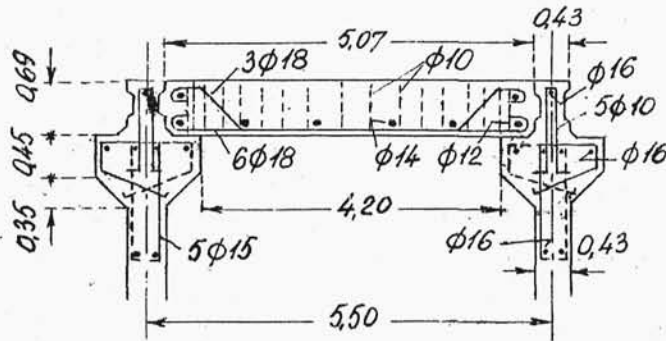
Płyty wolnopodparte są prostej konstrukcji, lepiej zachowują się przy niejednakowym osiadaniu filarów, wreszcie mogą być wykonane osobno, obok zapory, niekoniecznie w deskowaniu od razu pomiędzy filarami. Płyty wykonane w osobnym miejscu przewozi się następnie na miejsce budowy zapory i układa między filarami przy pomocy żurawia. Okoliczność ta ma bardzo duże znaczenie, bo pozwala na skrócenie czasu budowy. Wreszcie zastosowanie



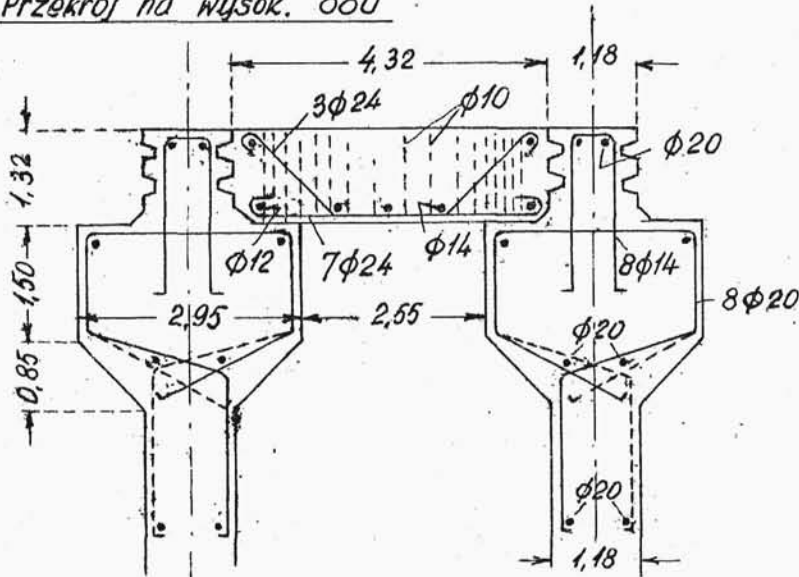
rys. 73

Combamala.

Przekrój na wysok. 910



Przekrój na wysok. 880



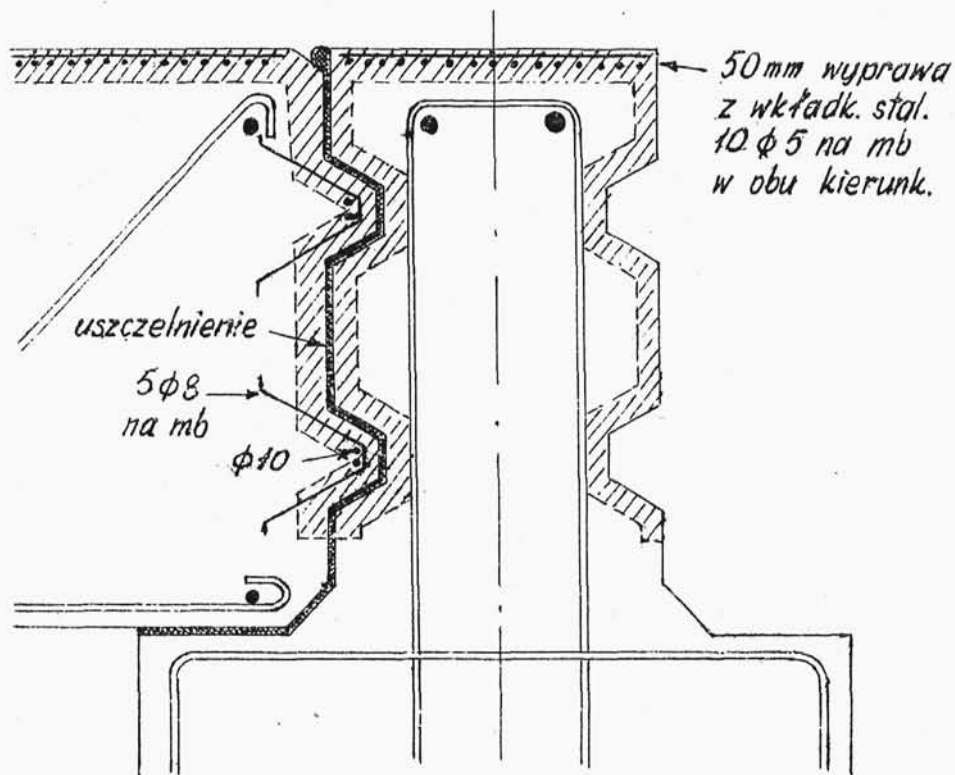
Ilości wkładek stal. podane są na 1 mb szerok. płyty

plyt wolnopodpartych stwarza konstrukcję złożoną z niezależnych elementów. Pozwala to na odprowadzenie wody w czasie budowy zapory bez potrzeby budowania kosztownych sztolni obiegowych. Buduje się mianowicie najpierw filary, choćby zapuszczając je na kesonach, zakłada fundament pod płytę między filarami i następnie montuje się stopniowo płytę /wykonaną uprzednio w osobnym miejscu/, pozostawiając w końcu kilka tylko otworów niezamkniętych, które przykrywa się płytą w ostatniej chwili, podczas niskich stanów, przepuszczając wodę przez spusty.

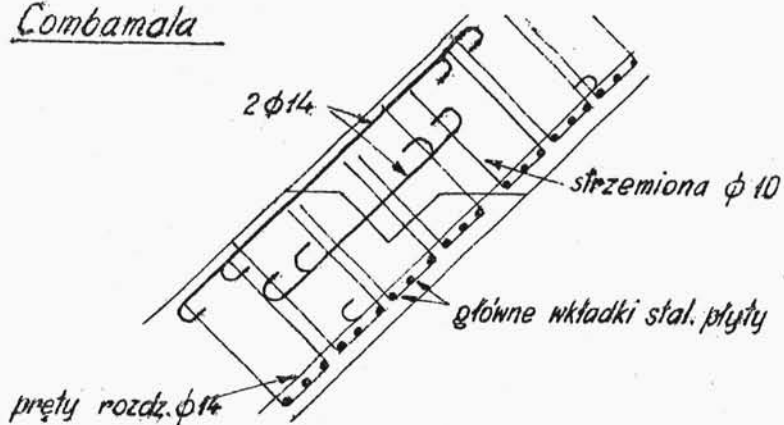
Sposób ułożenia płyt na głowicach filarów ilustrują rys. 74, 75, 80 i 82.

Filary i krawędzie płyt mają pasujące do siebie zazębienia, które są wypełnione asfaltem i przyczyniają się do szczelności zapory. Spoiny te odgrywają jednocześnie rolę szczelin skurczowych.

Do betonowania płyty używa się zawsze betonu szczelnego o dużej zawartości cementu /400 kg cementu w  $1\text{ m}^3$  betonu/. Betonowanie płyty odbywa się partiami po kilka metrów, odpowiednio do odsadzek filara. Poszczególne partie wiąże się ze sobą przy pomocy odpowiedniego zbrojenia /rys 76/.

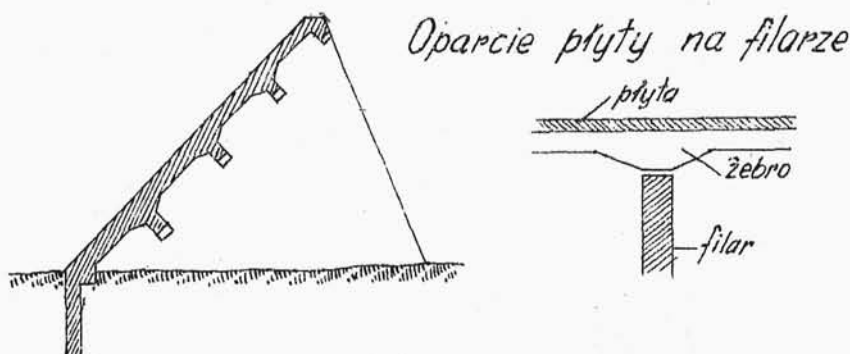


rys 75.



rys. 76.

Płyty wolnopodparte wypadają bardzo grube przy większym rozstawie filarów i wtedy korzystniej będzie wykonać płytę żebrową /rys.77/. Płyta

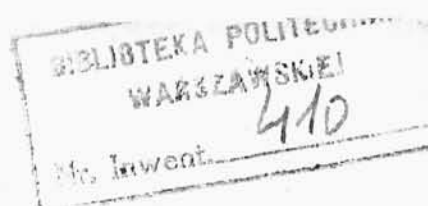


rys.77.

jest w takim wypadku ciągła podobnie jak i żebra, które oparte są swobodnie na filarze. Niedogodnością tej konstrukcji jest skoncentrowanie parcia wody w kilku tylko punktach krawędzi filara /w miejscach podparcia żeber/. Żebra w konstrukcji pokazanej na rys.77 oblicza się jako teową belkę żelbetową.

#### Filary.

Konstrukcja filarów, poza drobnymi szczegółami, nie różni się od konstrukcji filarów zapór o łukach wielokrotnych, obszernie opisanych w odpo -



wiednim rozdziale na str. 32 i n.

Grubość filarów wzrasta od góry ku dołowi od-  
sádzkami, wykonanymi na wysokościach, w których  
równocześnie zmienia się także grubość płyty.

Pochylenie od strony wody

$$n = 0,7 \quad \underline{0,8} \quad \underline{0,9} \quad \underline{1,0} \quad 1,2 ;$$

od strony powietrza

$$m = \text{od } 0,1 \text{ do } 0,4;$$

Większe wielkości  $n$  stosuje się wtedy, gdy  
grunt pod zaporą jest słaby.

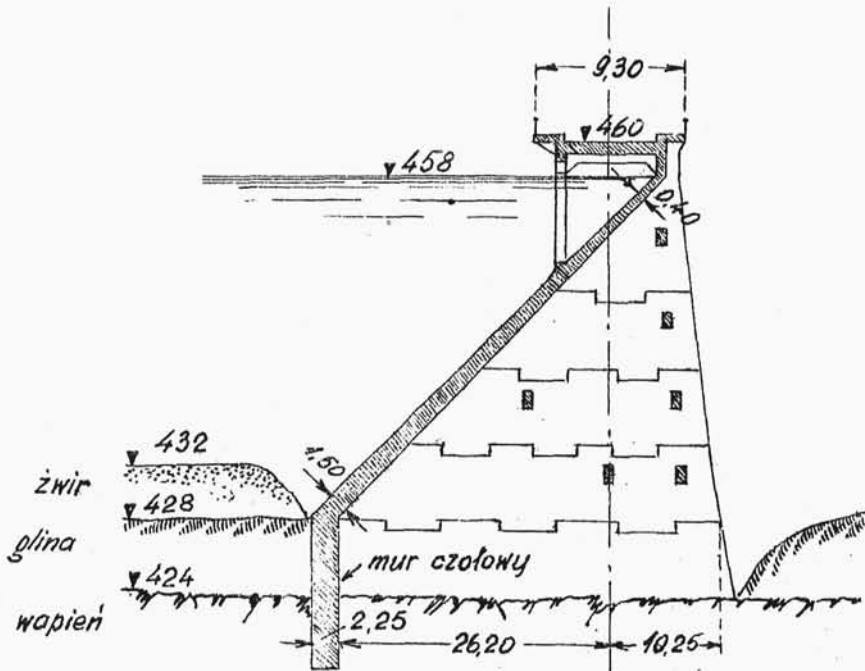
Aby płyty nie wypadły zbyt grube, rozstaw  
filarów musi być mały i wynosi zwykle 5,0...5,5 m.  
Rozstaw ten powinien być w każdym wypadku osobno  
ustalony z warunku minimum kosztów filarów i płyt  
razem wziętych.

W związku z niewielkim odstępem między fila-  
rami te ostatnie wypadają cienkie, wobec czego są  
wiotkie i muszą być powiązane ze sobą /steżone/.

Do budowy filarów używa się betonu o zawar-  
tości cementu od 300 do 400 kg w 1 m<sup>3</sup> betonu.  
Jeśli betonowanie odbywa się partiami, to poszcze-  
gólne warstwy muszą się ze sobą zazębiać /rys. 78/.

Dla oszczędności pozostawia się niekiedy w



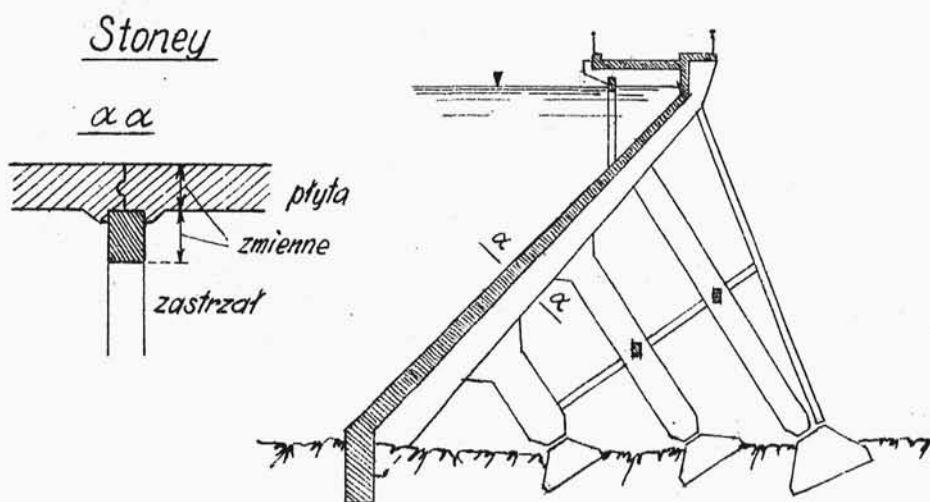


rys. 78.

filarach otwory, które mogą być wykorzystane jako przejścia, lub dla przeprowadzenia różnych przewodów.

Przestrzeń między filarami może być wykorzystana dla umieszczenia turbogeneratorów, jakkolwiek niekiedy występują pewne trudności z powodu małego rozstawu filarów.

Podobnie jak dla zapór o łukach wielokrotnych próbowano stosować zastrzały zamiast pełnych filarów, tak i dla zapór krytych płytami próby te powtarzano. Projekt zapory krytej pły-



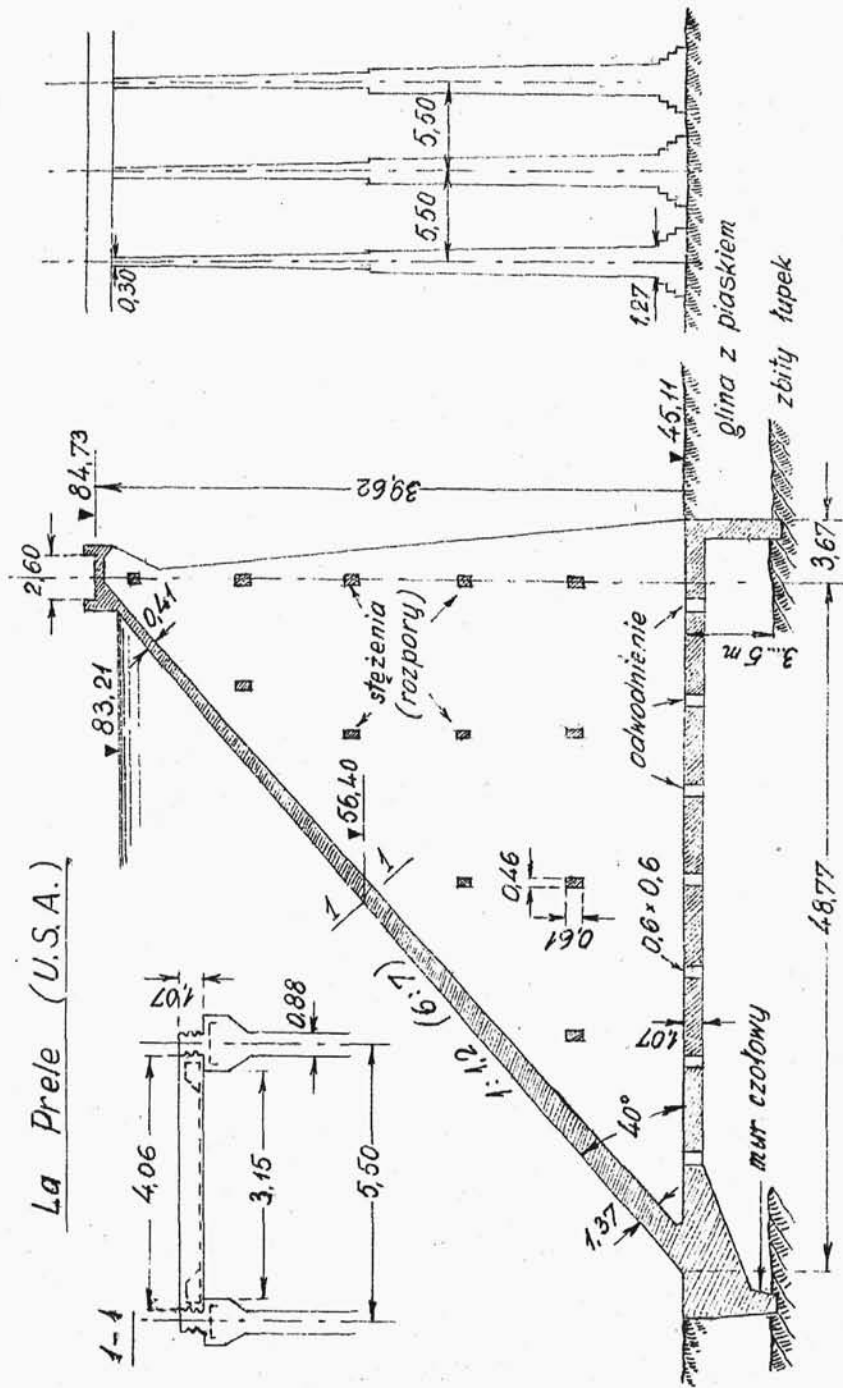
rys.79.

tami - z zastrzałami zamiast filarów - dla utworzenia zbiornika na rz. Stoney /wysokość zapory około 15 m, rys.79/ okazał się droższy od takiej samej zapory z pełnymi filarami.

### Fundamenty.

Wszystkie kwestie dotyczące fundamentu omówione zostały już w rozdziale o zaporach o łukach wielokrotnych.

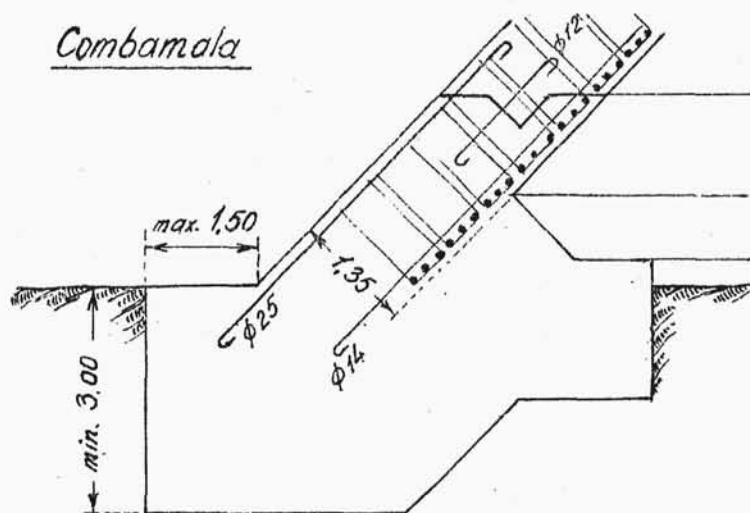
Na rys.80 podany jest przykład posadowienia filarów na płycie fundamentowej z murem czołowym /ostroga/. Podobnie na rys.78 widać ostrogę zabezpieczającą przed infiltracją wody pod fundament.



rys. 80

Odwodnienie pokazane na rys.80, wykonane po prostu jako otwory w płycie fundamentowej, jest na ogół niewystarczające. Potrzebne są zazwyczaj jeszcze dreny.

Płyta /ścianka piętrząca/ powinna być silnie zamocowana w fundamencie /rys.81/.



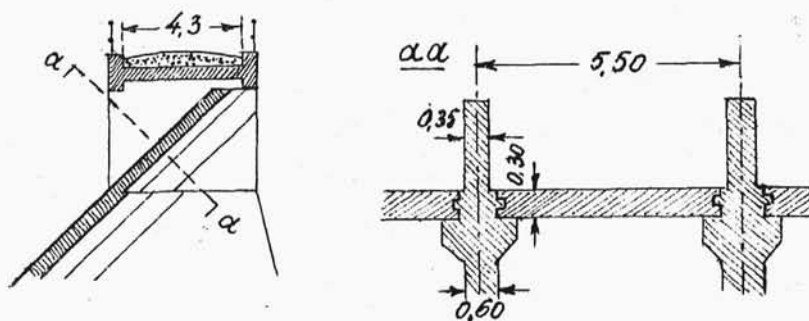
rys.81.

Korona.

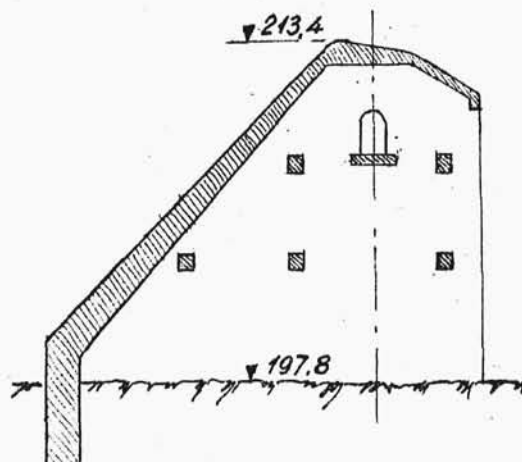
Jeśli w koronie zapory przeprowadzona jest droga, to most drogowy opiera się albo wprost na filarach, o ile są one dość szerokie u góry /rys.73/, albo też na filarkach, będących niejako przedłużeniem filarów zapory. Filarki te mogą być

pełne /rys.82/, lub w postaci słupa /rys.78 i 79/.

Większość zapór krytych płytami wykonywana jest jako wysokie jazy. W tym wypadku woda może



rys. 82.



rys.83.

przelewać się przez koronę, która powinna być odpowiednio zaokrąglona /rys.83/.

Czasami koronę przelewu wykłada się wymiennymi brusami drewnianymi, które ją chronią przed uderzeniami kry i przedmio-

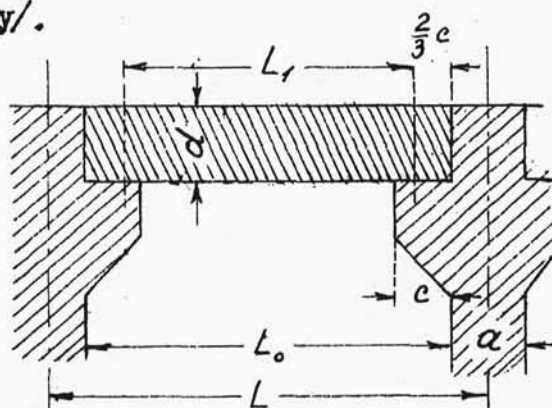
tów płynących. Przelewająca się woda powinna być łagodnie sprowadzona na dół. W tym celu wskazane

jest przykrycie filarów od strony powietrza płytą /szczegóły przelewów opisane są w III cz. niniejszego skryptu/.

### O b l i c z e n i e   p ł y t y

Płyta obciążona jest parciem wody prostopadłym do płyty oraz składową ciężaru własnego normalną do płyty /rys.85/. Obliczenie przeprowadza się na 1 m = 100 cm szerokości płyty /mierzonej pochyło wzwyż zapory/.

Teoretyczne punkty podparcia płyty przyjmuje się w odległości  $1/3$  szerokości głowicy od jej krawędzi; w ten sposób rozpiętość teoretyczna płyty /rys.84/

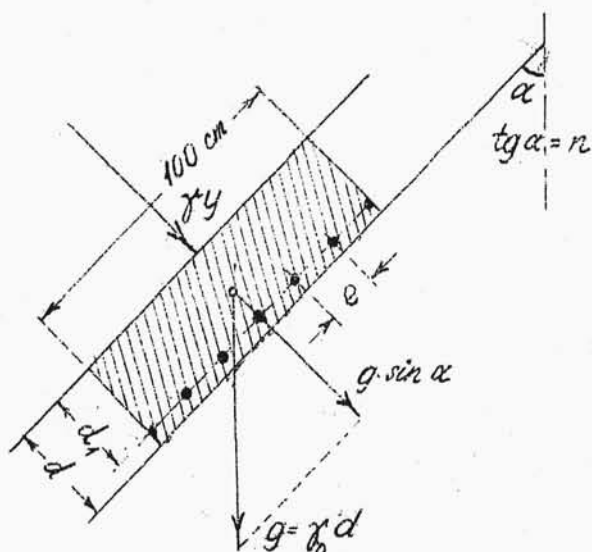


rys. 84.

$$L_1 = (L - \alpha) - 2 \cdot \frac{2}{3} c ;$$

Wielkość  $L$  jest zadana. Wielkości  $\alpha$  i  $c$  określają dopiero dalsze obliczenia, na razie więc należy je sobie założyć. Gdyby z późniejszych obli-

czeń wypadły  $a$  i  $c$  znacznie różniące się od przyjętych, należy obliczenie powtórzyć. Wielkość  $a$  można przyjmować  $\cong d$ , zaś  $c = \frac{2}{3} d \dots 1. d$ ;



rys. 85.

W głębokości  $y$  pod powierzchnią wody parcie hydrostatyczne wynosi  $\gamma y$  kg/mb. Ciężar własny  $g'$  kg/mb przyjmuje się na razie w pewnym przybliżeniu. Zatem przybliżony moment gnący w

środku płyty

$$M' = \frac{(\gamma y + g' \sin \alpha) L_1^2}{8} \cdot 100 \text{ kgcm};$$

Grubość użyteczną płyty i przekrój wkładek stalowych określają wzory

$$d_1 = C_1 \cdot \sqrt{\frac{M'}{100}}; \text{ cm}$$

$$A_2 = C_2 \cdot \sqrt{M' \cdot 100}; \text{ cm}^2$$

współczynniki  $C_1$  i  $C_2$  podają podręczniki żel-

betonictwa.

Na podstawie obliczonych wymiarów płyty można z kolei obliczyć dokładnie ciężar własny oraz rzeczywisty moment gnący  $M$  w środku płyty.

Napężenia sprawdza się przy pomocy wzorów: położenie osi obojętnej /rys.86/

$$x = \frac{15 \cdot A_z}{100} \cdot \left[ -1 + \sqrt{1 + \frac{2 \cdot 100 \cdot d_1}{15 \cdot A_z}} \right]; \quad \text{cm}$$

napężenia w betonie

$$\sigma_b = \frac{2 M}{100 \cdot x \cdot \left( d_1 - \frac{x}{3} \right)}; \quad \text{kg/cm}^2$$

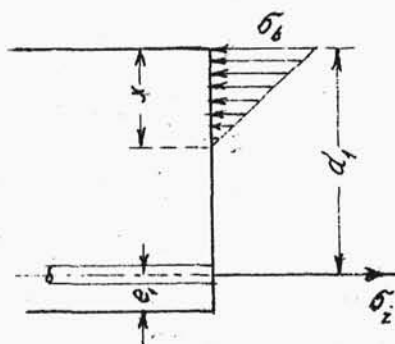
napężenia we wkładkach stalowych

$$\sigma_z = \frac{M}{A_z \cdot \left( d_1 - \frac{x}{3} \right)}; \quad \text{kg/cm}^2$$

Można jednak ominąć zgadywanie ciężaru własnego, a wymiary płyty określić od razu z uwzględnieniem ciężaru własnego. Postępujemy wówczas tak: składowa normalna ciężaru własnego płyty wynosi

$$g \cdot \sin \alpha = \gamma_o d_1 \sin \alpha + \gamma_o e_1 \sin \alpha;$$

$e_1$  - jest grubością



rys.86.



warstwy betonu okrywającej wkładki stalowe.

Oznaczając

$$\gamma' = \gamma_0 \sin \alpha = \gamma_0 \frac{\operatorname{tg} \alpha}{\sqrt{1 + \operatorname{tg}^2 \alpha}} ;$$

a ponieważ  $\operatorname{tg} \alpha = n$  /porów.cz. I rys. 102/, wypada

$$\gamma' = \gamma_0 \frac{n}{\sqrt{1 + n^2}} ;$$

oraz

$$M = \frac{(\gamma y + \gamma' d_1 + \gamma' e_1) L_1^2}{8} ;$$

Jeśli więc w równaniu  $d_1 = C_1 \sqrt{M}$  podnieść obie strony równania do kwadratu i uporządkować wyrazy, wstawiając na miejsce  $M$  wyżej podane wyrażenie, to otrzyma się następujące równanie /wszystkie wymiary w kg i cm/:

$$d_1^2 - \frac{1}{8} C_1^2 L_1^2 \gamma' d_1 - \frac{1}{8} C_1^2 L_1^2 (\gamma y + \gamma' e_1) = 0 ;$$

skąd można określić od razu  $d_1$  w cm.

Potrzebny przekrój wkładek stalowych

$$A_2 = C_3 \cdot 100 \cdot d_1 ; \quad \text{cm}^2$$

Współczynnik  $C_3$ , określający stosunek przekroju wkładki stalowej do przekroju betonu, zna-

leżć można w podręcznikach żelbetnictwa.

Jako najmniejszą grubość płyty przyjmuje się 30 cm /względ na należyte osłonięcie wkładów stalowych/

Płytę oblicza się w kilku przekrojach poziomych, a zmiana grubości może następować w sposób ciągły lub skokami. Nie wystarcza jednak obliczenie płyty w jednym tylko przekroju najniższym i przyjęcie liniowego wzrostu grubości płyty od przyjętego  $d_{min}$  u góry, w koronie zapory, do obliczonego  $d_{max}$  na dole. W takim bowiem wypadku naprężenia w przekrojach na wysokościach pośrednich przekroczą normy dopuszczalne /porów.przykład liczbowy i rys.90/.

Pozostaje wreszcie sprawdzenie naprężeń tnących wzorem

$$\tau = \frac{R}{100(d_1 - \frac{x}{3})} ; \quad \text{kg/cm}^2$$

gdzie  $R$  jest reakcją płyty 1 m szerokiej:

$$R = \frac{1}{2} (\gamma y + \gamma_0 d \sin \alpha) L_1 ; \quad \text{kg}$$

Naprężenia główne są równe naprężeniom tnącym co do wielkości bezwzględnej. Najniebezpieczniejsze są naprężenia  $\sigma_{min} = -|\tau| ;$

które - jako ujemne - powodują rozrywanie betonu w kierunku ukośnym.

Na wskazanie sposobu obliczania strzemion i prętów ukośnych /odgiętych/ nie pozwalają ramy niniejszego skryptu. Obszerne wskazówki znaleźć można w odpowiednich podręcznikach, a częściowo także w przykładzie liczbowym, zamieszczonym poniżej.

## O b l i c z e n i e   a n a l i t y c z n e

### F i l a r ó w .

#### Omówienie.

Obliczenie filarów zapór krytych płytami w niczym się nie różni od obliczenia filarów zapór o łukach wielokrotnych - nie będzie więc powtarzane.

Zapory kryte płytami należą do typu zapór lekkich, należy więc zwrócić główną uwagę na dostateczne zabezpieczenie przed poślizgiem przez przyjęcie odpowiedniego pochylenia od strony wody  $/1:n/$ .

Poniżej podane jest obliczenie głowicy filara oraz wykreślony sposób obliczania filarów. W przykładzie liczbowym przedstawione jest obli-