

wody, który mają wspierać

w śluzach kanałowych o 0,15 - 0,30 m.,

" rzecznych 0,30 - 0,50 "

" morskich 1,00 - 1,50 "

Mury śluz należy wyprowadzić ponad wrota o 0,3 - 1,0 m., zależnie od tego, czy są to śluzy kanałowe, rzeczne, czy morskie.

Wyznaczenie naprężeń w ścianach i dnie śluzy komorowej, oraz ciśnienia na grunt.

Przy obliczeniu naprężeń w ścianach i dnie śluzy, oraz ciśnienia na grunt, musimy zgóry przyjąć sposób wykonania śluzy, a mianowicie: wykonanie dna i następnie osadzenie na niem ścian bocznych, lub też wykonanie najpierw ścian, a następnie osadzenie dna. Nie jest też obojętne, kiedy wypełnimy materiałem przestrzeń wolną za ścianami.

Ściany śluzy ponad dnem oblicza się tak, jak mury oporowe. Do obliczenia naprężeń w dnie śluzy oraz ciśnienia na grunt, użyjemy znanych równań równowagi.

1/ $\sum V=0$ t.j. suma sił pionowych, działających na pełową przekroju śluzy równa się zeru.

2/ $\sum H = 0$ t.j. suma sił poziomych równa się zeru.

3/ $\sum M = 0$ t.j. suma momentów równa się zeru.

Jeżeli oznaczymy przez A_1 - ciężar ściany bocznej, A_2 - ciężar dna, A_w - ciężar wody w śluzy, W - parcie tej wody na ścianę boczną, Z - parcie ziemi na ścianę boczną, φ - kąt tarcia ziemi, H_w - parcie wody gruntowej na ścianę boczną, C - parcie tej wody na dno śluzy, H - parcie poziome w dnie śluzy, zaś przez $s, m, h, t, d, a_1, a_2, a_w, h_g, h_z, h_w, b, c, n$ - długości widoczne z rys.108, to otrzymamy:

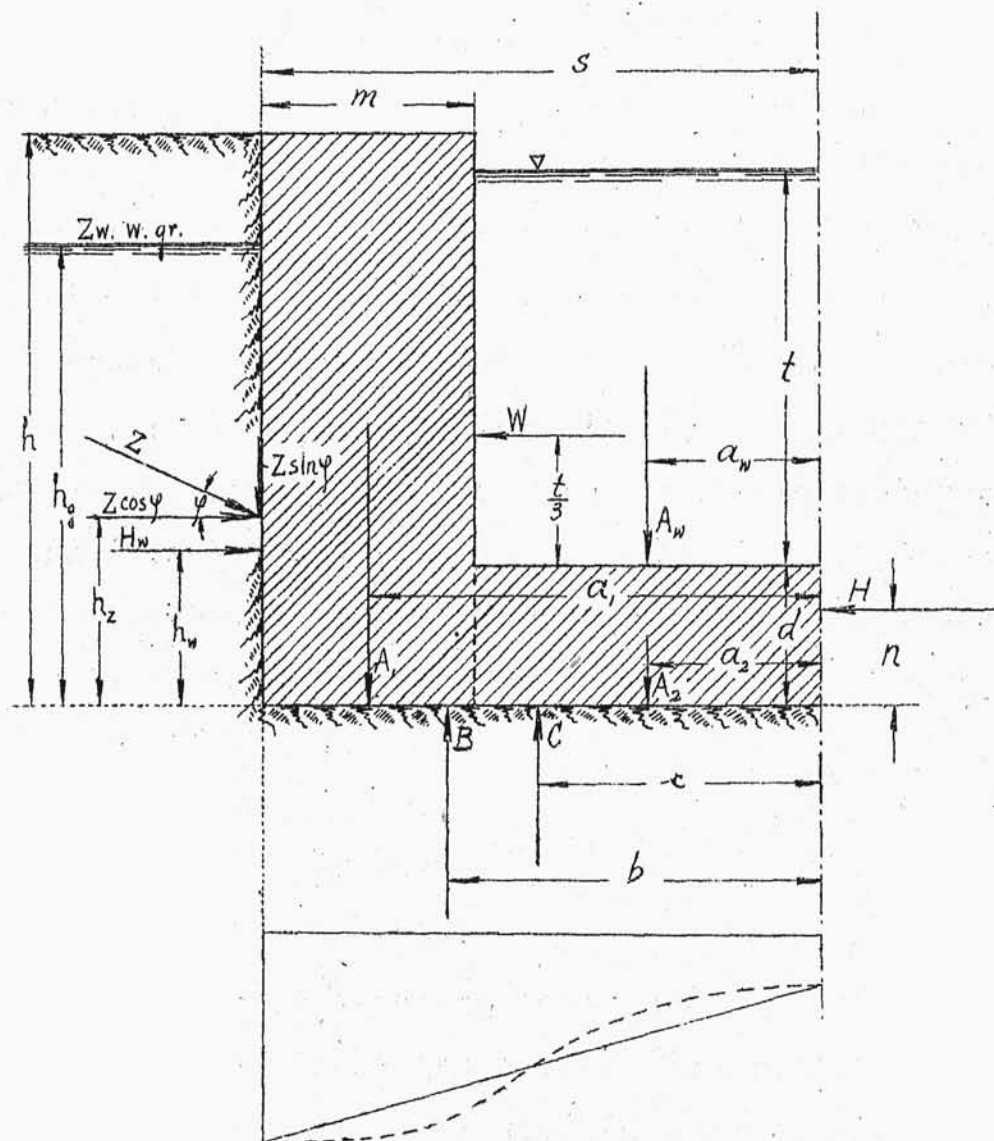
$$1/ A_1 + A_2 + A_w + Z \sin \varphi - C - B = 0;$$

$$2/ Z \cos \varphi + H_w - W - H = 0;$$

$$3/ A_1 a_1 + A_2 a_2 + A_w a_w - C c - B b + Z \sin \varphi s - Z \cos \varphi h_z - H_w h_w + W \left(\frac{t}{3} + d \right) + H n = 0.$$

Badania należy przeprowadzić dla śluzy próżnej i napełnionej; w pierwszym razie ciśnienie na grunt będzie mniejsze, a naprężenie w dnie większe, w drugim wypadku odwrotnie.

Parcie ziemi na ścianę pionową można przyjąć zdaniem Engelsa poziome. Przyjęcie to jest niekorzystne dla naprężeń w ścianach, ale korzystne dla naprężeń w dnie, a ponieważ zabezpieczenie dna



Rys. 108.

przed pęknięciem jest trudniejsze, niż wykonanie odpowiednio grubych ścian, przeto należy starać się o doprowadzenie kąta φ do zera. W tym celu powierzchnia zewnętrzna ścian powinna być gładka, a do wypełnienia przestrzeni wolnej za ścianą należy użyć możliwie czystego piasku, wtedy bowiem wielkość kąta φ będzie się zbliżać do zera. Ten warunek jest jednak w sprzeczności z warunkiem stawianym budowie słuz, że należy starać się o uniemożliwienie przeciekania wody wzdłuż ścian zewnętrznych, a zatem powierzchnia ich powinna być szorstka, a przestrzeń wolna za ścianą wypełniona iłem. Aby pogodzić te dwa warunki dajemy ścianom głów powierzchnię szorstką i za nią wypełnienie iłem, a ścianom komory powierzchnię gładką i wypełnienie piaskiem. W głowach więc kierunek parcia ziemi na ścianę pionową będzie odchylony od poziomej o kąt φ , w komorze zaś poziomy.

Kąt tarcia φ przyjmiemy w pierwszym wypadku równy kątowi tarcia naturalnego ziemi, w drugim równy zeru.

Wielkość parcia ziemi można obliczyć ze wzoru Rankine'a:

$$Z = \frac{\gamma z}{2} \frac{h^2}{\gamma} \left(45^\circ - \frac{\varphi}{2} \right),$$

w którym γ_z - ciężar właściwy ziemi, h - wysokość ściany, a φ - kąt tarcia naturalnego ziemi. Rozkład ciśnienia ziemi przedstawia się jako trójkąt o wysokości h i podstawie równej $h \operatorname{tg}^2(45^\circ - \frac{\varphi}{2})$. Punkt zaczepienia wypadkowej leży w wysokości $\frac{1}{3}h$ od podstawy.

Można przyjąć	γ_z w $\frac{t}{m^3}$	φ°
dla piasku suchego	1,6	30 - 35
" " nasycenego wodą	2,0	20 - 29
" ziemi ilastej suchej	1,5	40
" " " mokrej	2,0	17

Jeżeli zewnątrz śluzy znajduje się woda gruntowa, należy przyjąć ciężar właściwy ziemi równy $(\gamma_z - 1)$ i osobno uwzględnić parcie ziemi.

Parcie wody gruntowej na dno śluzy zależy od stopnia przepuszczalności gruntu. W śluzie kanałowej otoczonej czystym piaskiem, parcie to na dno głowy górnej można przyjąć równe ciśnieniu hydrostatycznemu wody w górnym poziomie kanału, parcie wody na dno głowy dolnej, ciśnieniu hydrostatycznemu wody w dolnym stanowisku, a w komorze równe średniej z obu ciśnień. W śluzach rzecznych, przypierających do jazu, parcie na dno komory zależy od położenia jazu, a mianowicie jeżeli jaz

przypiera do górnej głowy śluzy, parcie na dno komory można przyjąć równe ciśnieniu hydrostatycznemu dolnej wody, jeżeli zaś jaz przypiera do dolnej głowy, wtedy na dno komory działa ciśnienie hydrostatyczne górnej wody.

Jeżeli grunt nie jest zupełnie przepuszczalny, wtedy należy przeprowadzić sondowanie gruntu i można przyjąć, że wielkość parcia wody równa się różnicy między wysokością zwierciadła wody w otworach sond, a wysokością dna fundamentu. Jeżeli sondy kończą się w warstwie nieprzepuszczalnej, będą one bez wody. Należy wtedy skonstatować przez głębsze wiercenia, czy pod warstwą nieprzepuszczalną znajduje się warstwa wodonośna i jak wielkie jest parcie tej wody. Wogóle należy zbadać przez staranne wiercenia uwarstwienie gruntu i poziomy wody gruntowej.

Co do rozkładu ciśnienia na grunt, należy zauważyć, że ciśnienie rozłoży się prawdopodobnie według linii kreskowanej /na rys.108/. Do obliczenia przyjmiemy rozkład wyrównany według linii prostej tak, iż przedstawiać będzie trapez, a wielkość b będzie w granicach $\frac{s}{2} < b < \frac{2}{3}s$.

Aby zagadnienie dało się statycznie rozwiązać,

należy przyjąć jeszcze dalsze założenie - wprowadzić dowolne, ale możliwie zbliżone do stanu faktycznego - co do rozkładu ciśnienia na grunt /np. co do wielkości tego ciśnienia w środku śluzy/, albo co do położenia parcia poziomego w dnie śluzy.

A. Ściany i dno śluzy stanowią jedną całość.

a/. Niema wody gruntowej.

1. Śluza próżna.

Zakładamy, że parcie poziome H w dnie śluzy przechodzi przez środek przekroju środkowego, czyli $n = \frac{d}{2}$ /rys.109/.

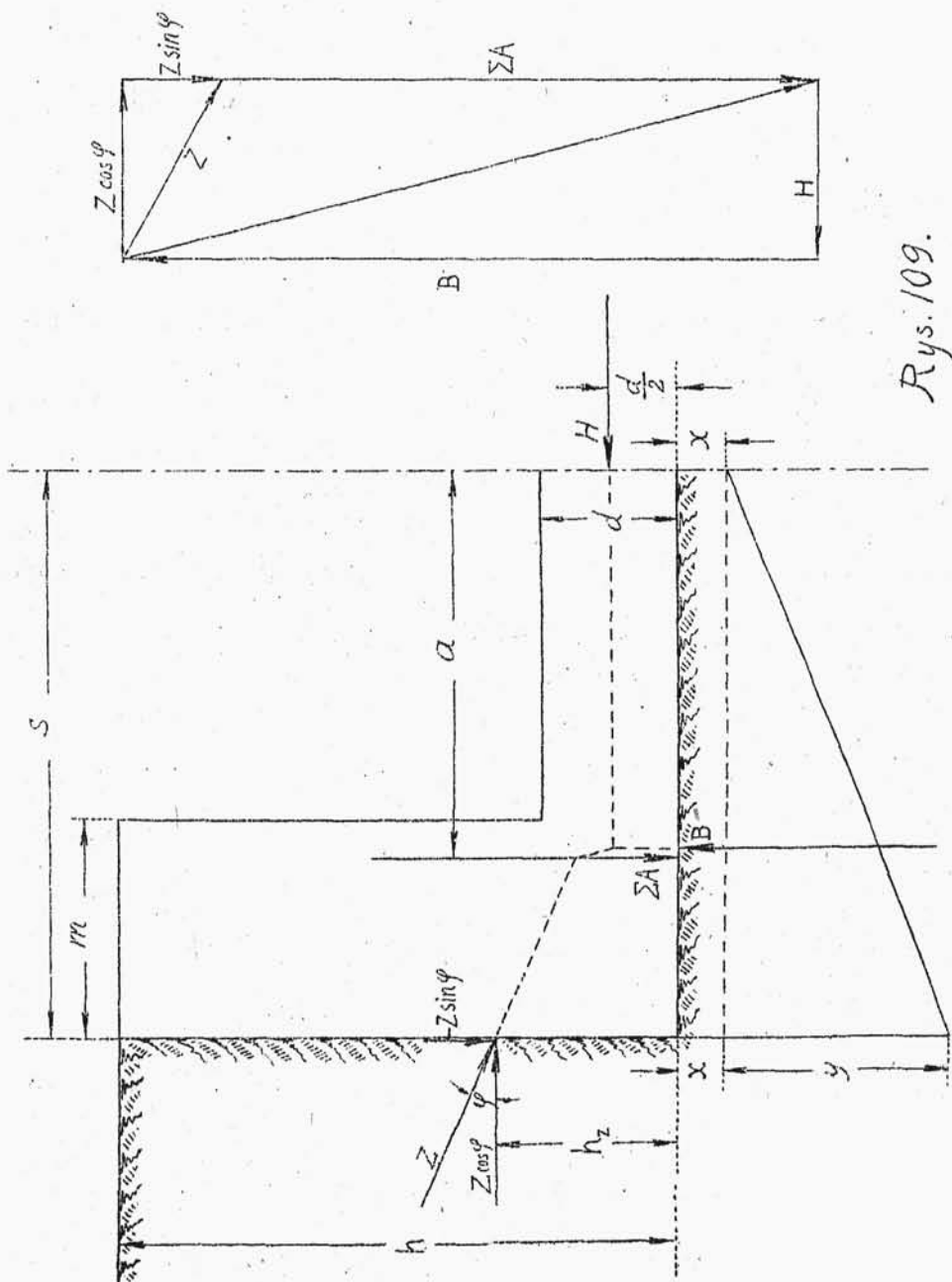
Równania równowagi otrzymują wartości:

$$1/ \sum A + Z \sin \varphi = x s + \frac{y \cdot s}{2} ;$$

$$2/ Z \cos \varphi = H ;$$

$$3/ \sum A \cdot a - \frac{x s^2}{2} - \frac{y \cdot s^2}{3} + Z \sin \varphi \cdot s - Z \cos \varphi \cdot \left(h_z - \frac{d}{2} \right) = 0 ;$$

gdzie w miejsce H wstawiono jego wartość z równania 2-go. Z równań 1/ i 3/ otrzymujemy wielkość ciśnienia na grunt \bar{x} i $(x+y)$.



Rys. 109.

Napężenie w przekroju środkowym dna

$$\tau = \frac{H}{d},$$

a po wstawieniu wartości na H z równania 2/

$$\tau = \frac{Z \cos \varphi}{d}.$$

Celem określenia napężenia w przekroju skrajnym dna, wyznaczamy położenie siły H z równania /rys.110/:

$$A, \frac{m}{2} - Z \cos \varphi (h_z - n) - Z \sin \varphi \cdot m - B, b_1 = 0.$$

Jeżeli przyjmiemy $\varphi = 0$, wtedy powyższe równania upraszczają się następująco:

$$1/ \sum A = x \cdot s + \frac{y \cdot s}{2};$$

$$2/ Z = H;$$

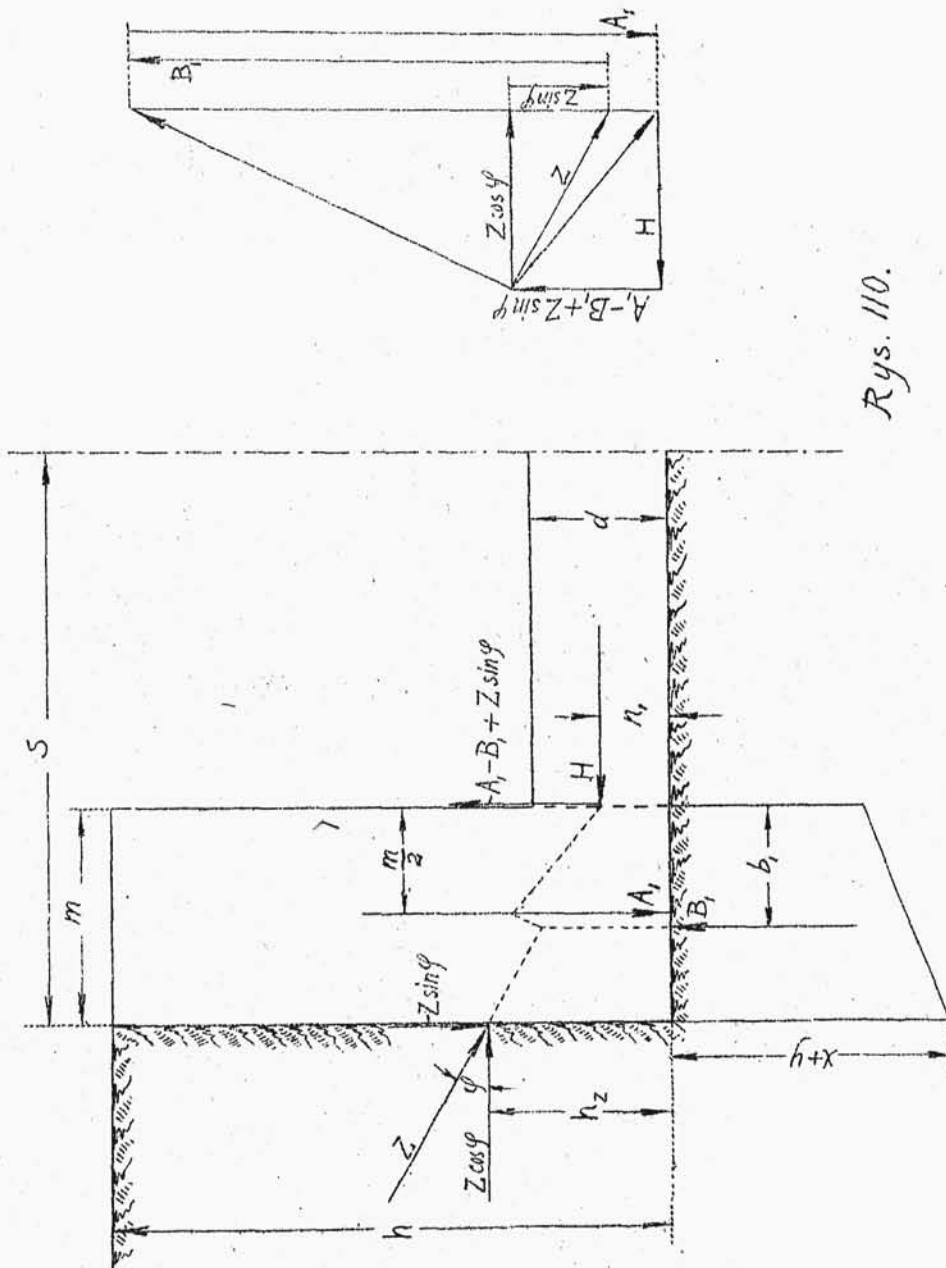
$$3/ \sum A \cdot a - \frac{x \cdot s^2}{2} - \frac{y \cdot s^2}{3} - Z(h_z - \frac{d}{2}) = 0;$$

$$\tau = \frac{Z}{d};$$

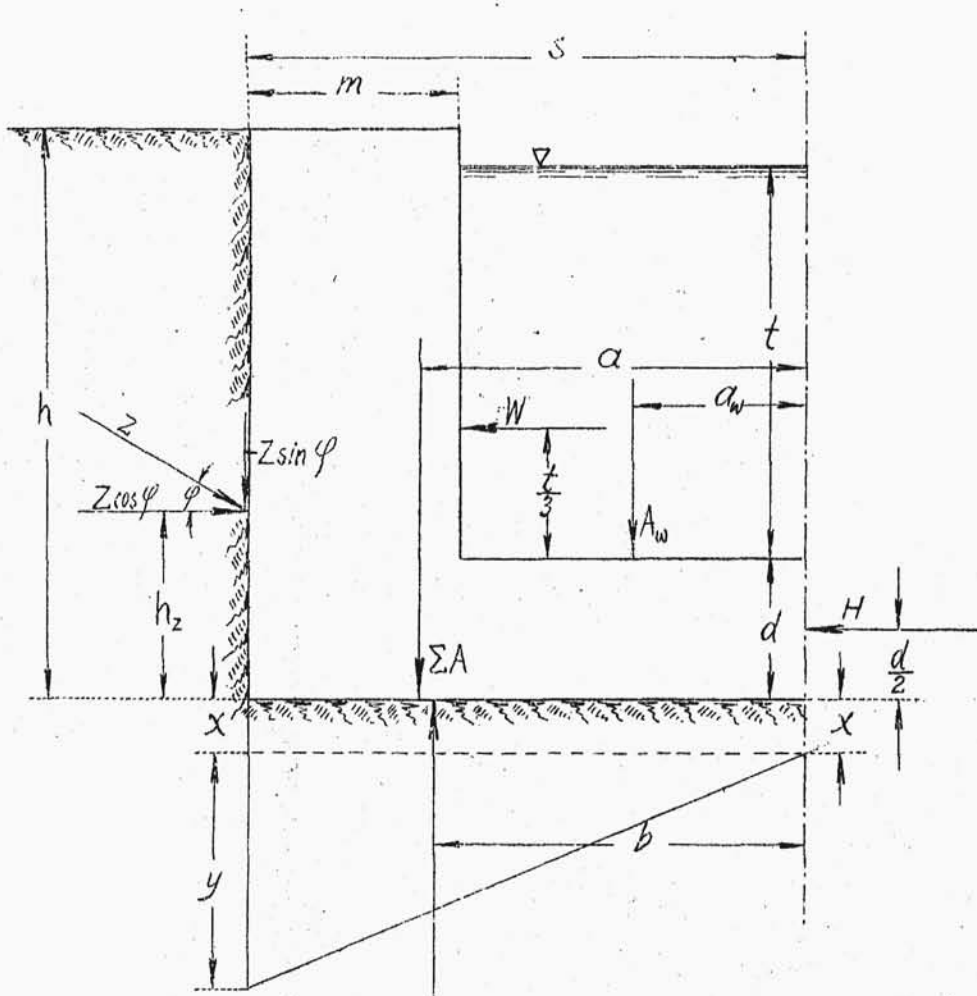
$$A, \frac{m}{2} - Z(h_z - n) - B, b_1 = 0.$$

2/ Śluza pełna /rys.111/.

Położenie parcia poziomego w dnie jak poprzednio.



Rys. 110.



Rys. III.

Równania równowagi przedstawiają się w tym wypadku następująco:

$$1/ \sum A + A_w + Z \sin \varphi = \chi S + \frac{\gamma S}{2} ;$$

$$2/ Z \cos \varphi - W = H ;$$

$$3/ \sum A \cdot a + A_w \cdot a_w - \frac{\chi \cdot S^2}{2} - \frac{\gamma \cdot S^2}{3} + Z \sin \varphi \cdot S - Z \cos \varphi \left(h_z - \frac{d}{2} \right) + W \cdot \frac{t}{3} = 0.$$

Parcie poziome H w dnie śluzy jest ciśnieniem, jeżeli $Z \cos \varphi > W$, a ciągnieniem, jeżeli $Z \cos \varphi < W$.

Naprężenie w przekroju środkowym dna

$$\tau = \frac{Z \cos \varphi - W}{d}.$$

Naprężenie w przekroju skrajnym dna wyznacza się z równania:

$$A_i \frac{m}{2} - Z \cos \varphi (h_z - n) - Z \sin \varphi \cdot m - B_1 b_1 - W \left(\frac{t}{3} + d - n \right) = 0.$$

Dla $\varphi = 0$, równania powyższe przyjmą postać:

$$1/ \sum A + A_w = \chi S + \frac{\gamma S}{2} ;$$

$$2/ Z - W = H ;$$

$$3/ \sum A \cdot a + A_w \cdot a_w - \frac{\chi \cdot S^2}{2} - \frac{\gamma \cdot S^2}{3} - Z \left(h_z - \frac{d}{2} \right) + W \cdot \frac{t}{3} = 0 ;$$

$$\tau = \frac{Z - W}{d} ;$$

$$A_i \frac{m}{2} - Z (h_z - n) - B_1 b_1 - W \left(\frac{t}{3} + d - n \right) = 0.$$

To samo można otrzymać wykreślnie.

b/ W wodzie gruntowej.

Przyjmujemy zupełną przepuszczalność gruntu.

Dla wody słodkiej $\gamma = 1000$, dla morskiej 1026 kg/m^3 .

1/ Śluza próżna.

Równania zasadnicze /rys.112/:

$$1/ \sum A + Z \sin \varphi = \gamma h_g \cdot s + \frac{\gamma s^2}{2};$$

$$2/ Z \cos \varphi + H_w = H;$$

$$3/ \sum A \cdot a - \frac{\gamma h_g s^2}{2} - \frac{\gamma s^2}{3} + Z \sin \varphi \cdot s - Z \cos \varphi \cdot h_z - \\ - H_w \cdot h_w + (Z \cos \varphi + H_w) \cdot n = 0;$$

gdzie w miejsce H wstawiono jego wartość z równania 2-go. Ciśnienie na grunt wyznaczymy z równania 1/, wielkość parcia poziomego daje równanie 2/, a jego położenie równanie 3/, skąd obliczymy naprężenia w przekroju środkowym dna.

W podobny sposób, jak poprzednio, wyznacza się naprężenie w przekroju skrajnym dna.

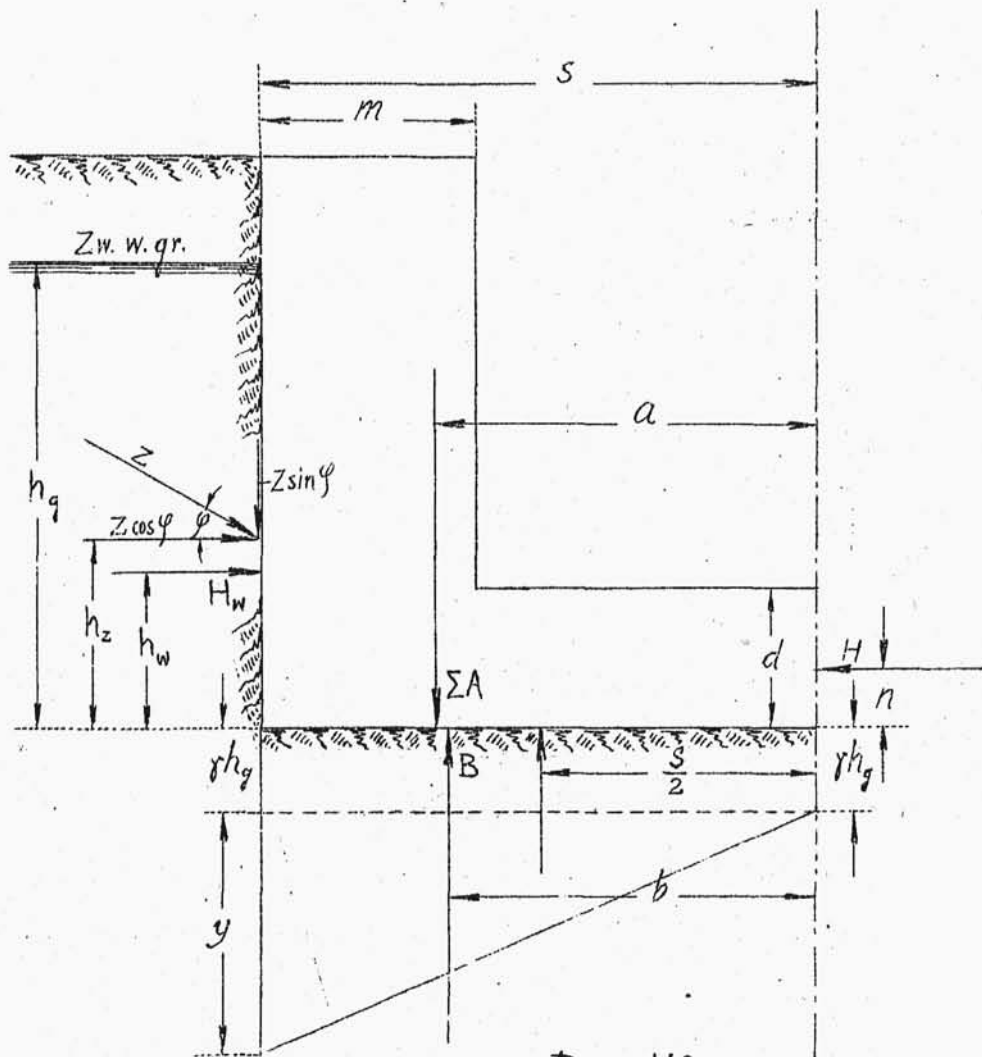
Dla $\varphi = 0$, otrzymujemy:

$$1/ \sum A = \gamma h_g \cdot s + \frac{\gamma s^2}{2};$$

$$2/ Z + H_w = H;$$

$$3/\Sigma A \cdot a - \frac{\gamma h_g \cdot s^2}{2} - \frac{\gamma s^2}{3} - Z h_z - H_w h_w + (Z + H_w)n = 0$$

Te same wyniki otrzymuje się wykreślnie.



2/. Śluza pełna.

Przyjmujemy, że ciśnienie na grunt, wywołane ciężarem wody w śluzie, rozkłada się równomiernie na całej szerokości śluzy /rys.113/.

Równania równowagi przedstawiają się następująco:

$$1/ \sum A + A_w + Z \sin \varphi = \gamma h_g \cdot s + \frac{A_w \cdot s}{s} + \frac{\gamma s}{2};$$

$$2/ Z \cos \varphi + H_w - W = H;$$

$$3/ \sum A \cdot a + A_w \cdot a_w - \frac{\gamma h_g s^2}{2} - \frac{A_w \cdot s}{2} - \frac{\gamma s^2}{3} + Z \sin \varphi \cdot s - \\ - Z \cos \varphi \cdot h_z - H_w h_w + W \left(\frac{t}{3} + d \right) + (Z \cos \varphi + H_w - W) \cdot n = 0.$$

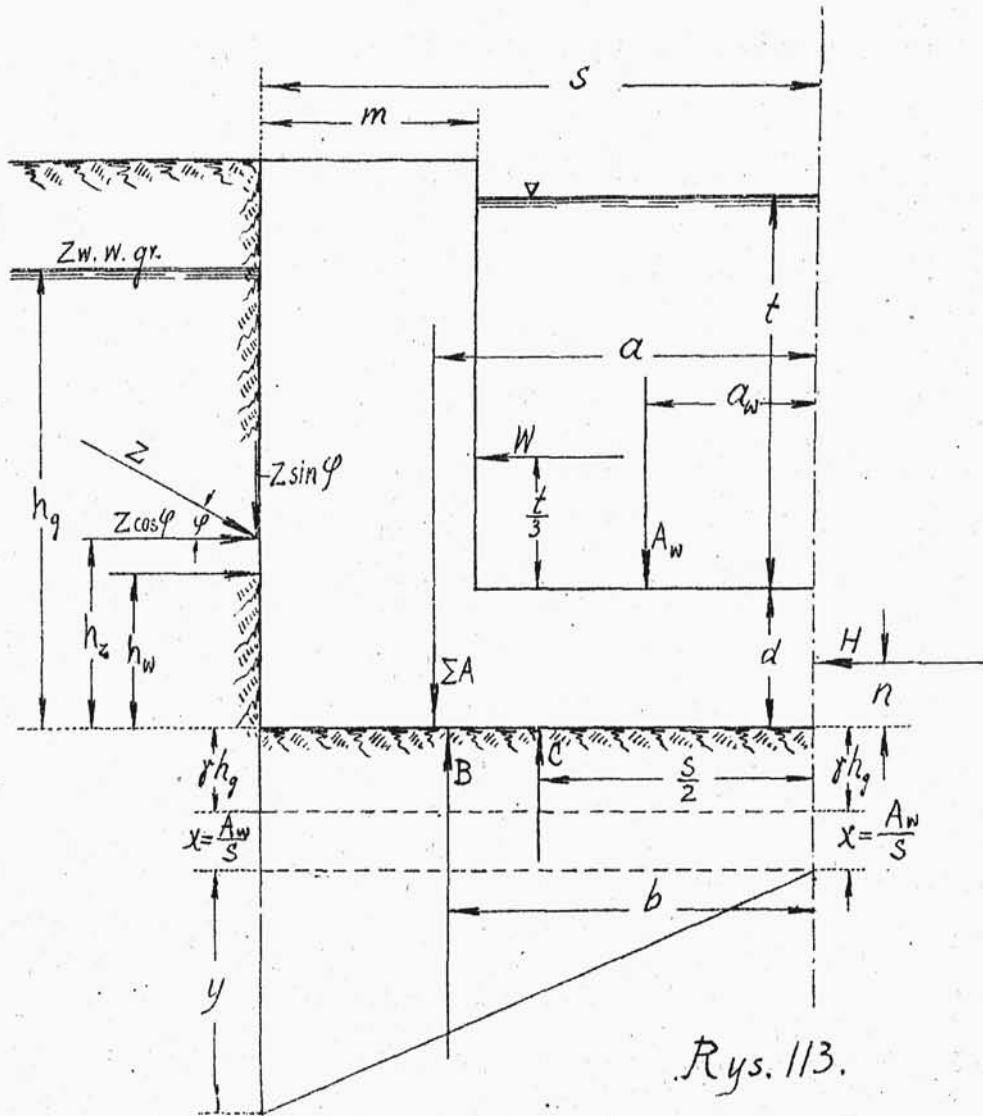
Parcie poziome H w dnie śluzy zmienia kierunek, zależnie od tego, czy $(Z \cos \varphi + H_w)$ jest większe lub mniejsze od W .

Z równań tych wyznaczymy wielkość ciśnienia na grunt i naprężenie w przekroju środkowym dna śluzy, a w sposób podobny, jak poprzednio, można wyznaczyć naprężenie w przekroju skrajnym dna.

Dla $\varphi = 0$ równania upraszczają się następująco:

$$1/ \sum A + A_w = \gamma h_g s + A_w + \frac{\gamma s}{2};$$

$$2/ Z + H_w - W = H;$$



$$3/\Sigma A \cdot a + A_w \cdot a_w - \frac{r h_g s^2}{2} - \frac{A_w s}{2} - \frac{y s^2}{3} - Z \cdot h_z - H_w \cdot h_w +$$

$$+ W \left(\frac{t}{3} + d \right) + (Z + A_w - W) \cdot n = 0.$$

Te same wyniki otrzymamy wykreślnie.

B. ŚCIANY I DNO NIE TWORZĄ JEDNEJ CAŁOŚCI.

Jeżeli założymy dno po wykonaniu ścian, a potem dany wypełnienie za ścianami, jest wskazane między ścianami a dnem dać szwy nachylone w ten sposób, aby parcie poziome w dnie przejęły ściany, a dno działało, gdy śluza jest próżna, jak płaskie sklepienie. Kąt nachylenia szwów^α dajemy równy około 80°. /rys.114/.

1/. Śluza próżna /rys.114/.

Przyjmujemy, że linia ciśnienia przechodzi przez kraje rdzenia przekroju, a mianowicie: w przekroju środkowym śluzy w 1/3 dolnej, w przekroju skrajnym w 1/3 górnej. Wtedy parcie poziome w przekroju środkowym dna obliczamy z równania:

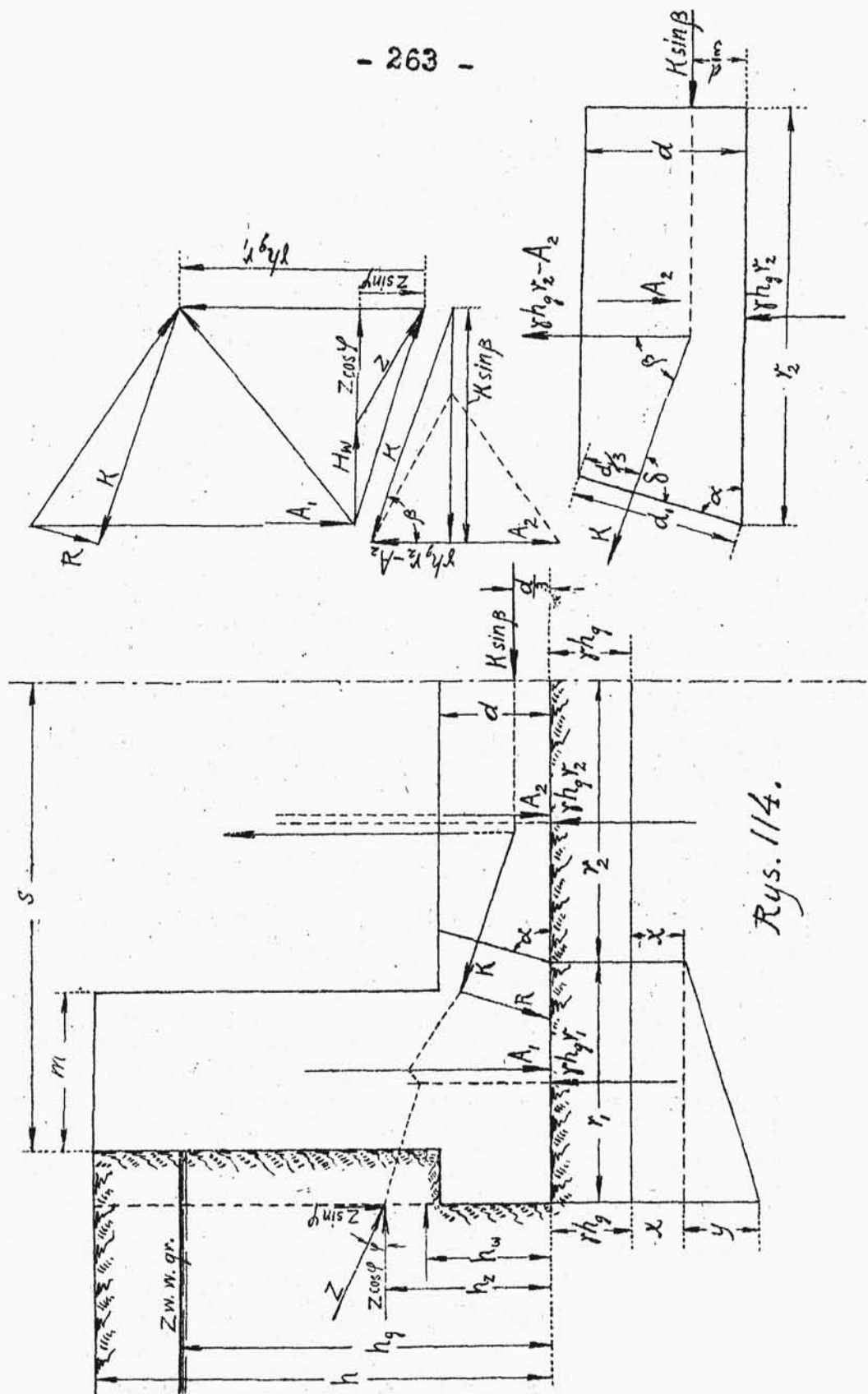
$$K \sin \beta = (\gamma h_g r_2 - A_2) \cdot \operatorname{tg} \beta ;$$

Skąd

$$K = \frac{\gamma h_g r_2 - A_2}{\cos \beta} .$$

Kąty β i δ najprościej wyznaczyć z rysunku.

Ciśnienie na grunt liczymy dla najniekorzystniej-



szego wypadku t.j. wtedy, gdy niema jeszcze dna lub nie działa, zatem dla $K=0$. Wartości na x i y obliczamy z równań /1/ i /3/ o kształcie następującym:

$$1/ A_1 + Z \sin \varphi = r h_g r_1 + \frac{2x+y}{2} \cdot r_1 ;$$

$$3/ A_1 \cdot \alpha - \frac{r h_g r_1^2}{2} - \frac{x r_1^2}{2} + Z \sin \varphi \cdot r_1 - Z \cos \varphi h_z - H_w h_w - \frac{y \cdot r_1^2}{3} = 0$$

dla $\varphi = 0$ otrzymujemy:

$$1/ A_1 = r h_g r_1 + \frac{2x+y}{2} r_1 ;$$

$$3/ A_1 \cdot \alpha - \frac{r h_g r_1^2}{2} - \frac{x r_1^2}{2} - \frac{y r_1^2}{3} - Z h_z - H_w h_w = 0$$

Celem zmniejszenia ciśnienia na grunt, dajemy w fundamencie odsadzkę na zewnątrz śluzy.

Napężenie w przekroju środkowym dna:

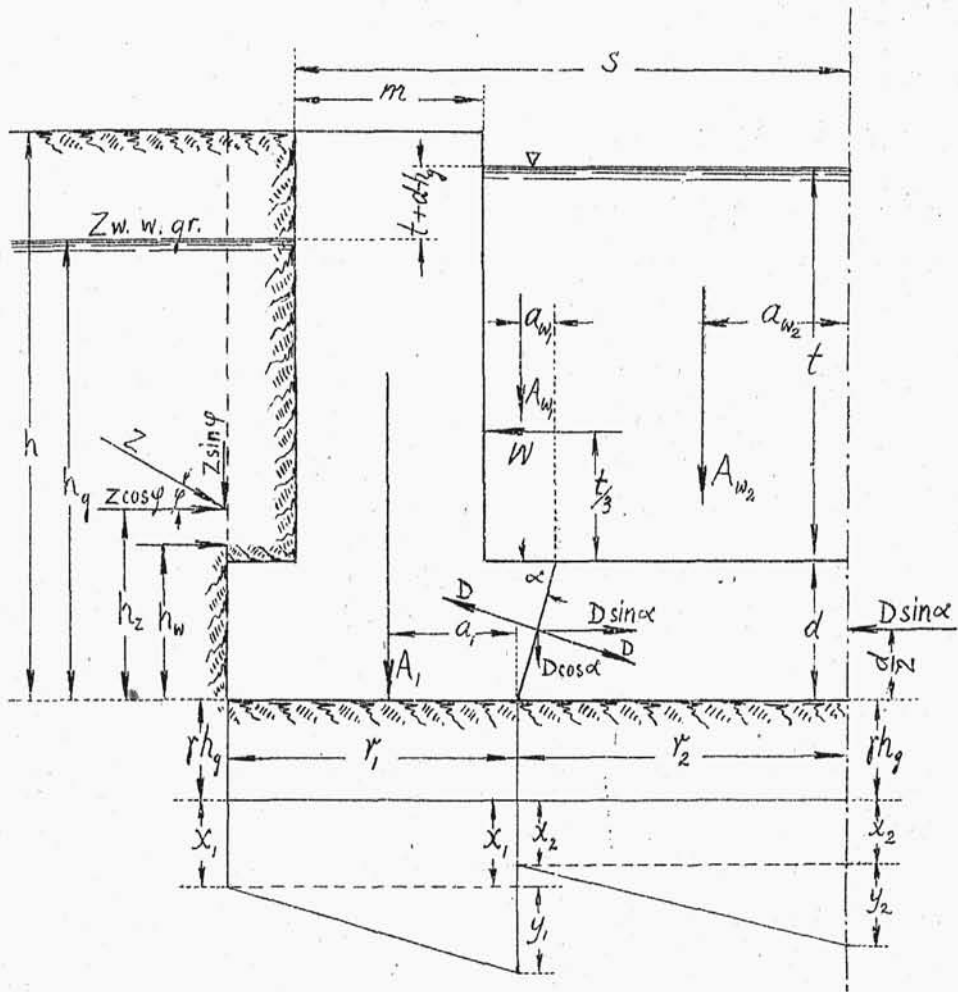
$$\tau = \frac{2 K \sin \beta}{d}$$

Napężenie w przekroju skrajnym dna:

$$\tau = \frac{2 K \sin \delta}{d_1} = \frac{2 K \sin \delta \cdot \sin \alpha}{d}$$

2/. Śluza pełna /rys.115/.

Pod ciężarem wody w komorze, dno nieco się podda,



Rys. 115.

otworzą się szwy i powstanie w nich ciśnienie o wielkości:

$$D = \gamma \cdot \frac{d}{\sin \alpha} (t + d - h_g),$$

którego punkt zaczepienia leży w środku szwu.

Również zakładamy, że punkt zaczepienia parcia poziomego w dnie równego $D \sin \alpha$ przypada w środku przekroju środkowego dna.

Ciśnienie na grunt obliczamy z równań 1/ i 3/, zestawionych dla dna i dla ścian bocznych następująco:

$$a) A_1 + A_w + Z \sin \varphi = D \cos \alpha + \gamma h_g r_1 + \frac{2x_1 + y_1}{2} r_1 ;$$

$$b) A_1 a_1 + A_w a_w - \frac{\gamma h_g r_1^2}{2} - \frac{x_1 r_1^2}{2} - \frac{y_1 r_1^2}{6} + Z \sin \varphi \cdot r_1 - Z \cos \varphi h_z - \\ - H_w \cdot h_w - \frac{D \cdot d}{2 \sin \alpha} + W \left(\frac{t}{3} + d \right) = 0 ;$$

$$c) A_2 + A_{w_2} + D \cos \alpha = \gamma h_g r_2 + \frac{2x_2 + y_2}{2} r_2 ;$$

$$d) A_{w_2} a_{w_2} + A_2 a_2 + \frac{D \cdot d \cdot \cos^2 \alpha}{2 \sin \alpha} - \frac{\gamma h_g r_2^2}{2} - \frac{x_2 r_2^2}{2} - \frac{y_2 r_2^2}{3} = 0 ;$$

Dla φ równania a/ i b/ otrzymują następujące brzmienie:

$$a/) A_1 + A_w = D \cos \alpha + \gamma h_g r_1 + \frac{2x_1 + y_1}{2} r_1 ;$$

$$b/) A_1 a_1 + A_w a_w - \frac{\gamma h_g r_1^2}{2} - \frac{x_1 r_1^2}{2} - \frac{y_1 r_1^2}{6} - Z h_z - H_w h_w -$$

$$-\frac{D \cdot d}{2 \sin \alpha} + W\left(\frac{t}{3} + d\right) = 0;$$

Przez otwarte szwy między ścianami a dnem będzie woda wyciekła pod ciśnieniem $\gamma(t-d-h_g)$.

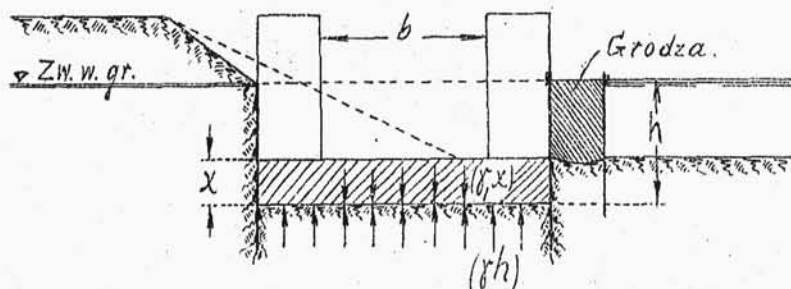
Przy wielkiej zatem różnicy poziomów wody w śluzie i zewnątrz, jeśli żąda się szczelności śluzy /gdy zachodzi brak wody zasilającej kanał/, należy dno ściany wykonać raczej jako jedną całość, a większe ciągnięcia, jakie powstaną w środku dna i przy ścianach, pokonać przez wkładki żelazne w betonie.

Tożsamo należy uczynić, gdy grunt jest niejednostajny i słaby, a gdy jest bardzo niewytrzymały, dno oprzeć na pilotach.

Ten sposób wymaga wypompowania wody z dołu fundamentowego. Jeżeli nie można wypompować wody, jak to ma miejsce w rzekach lub na ich brzegach przepuszczalnych, albo gdyby przez obniżenie wody gruntowej, wskutek wypompowania wody, mogły powstać szkodliwe ruchy ziemi, wtedy należy - jeżeli wogóle będziemy fundować na płycie betonowej - dół fundamentowy wybagrować i wykonać dno śluzy podwodnie. Dno śluzy powinno wtedy otrzymać taką grubość, aby ciężar jego pokonał parcie wody do góry.

Jak z rys. 116 jest widoczne, powinno być

$$\gamma_1 x = \gamma h;$$

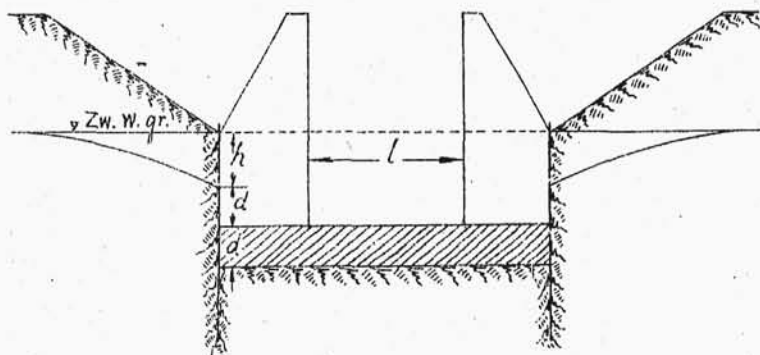


Rys. 116.

dla $\gamma_1 \approx 2$ wypada $x = \frac{1}{2} h$, a więc grubość dna powinna być równa połowie wysokości słupa wody, czyli dno powinno być tak grube, jak wysoko stoi nad nim woda. Po stężeniu betonu można wodę wypompować i wykonać mury boczne na sucho.

Jeżeli śluza ma być wybudowana poza łożyskiem rzeki, lecz podłoże stanowią warstwy płynnego piasku i jest zbyt silny napływ wody zaskórnej, można dół fundamentowy wybrać aż do zwierciadła wody gruntowej, następnie zabić ściany palisadowe, między nimi wybagrować dół fundamentowy do potrzebnej głębokości i następnie zabetonować dno podwodnie, dając mu grubość taką, jaka jest potrzebna, gdy dno i ściany śluzy tworzą jedną bryłę. Po stężeniu betonu należy obniżyć wysokość

wody gruntowej o tyle, aby po wypompowaniu wody z dołu fundamentowego dno nie podniosło się pod wpływem parcia wody do góry, a zatem wysokość zwierciadła wody gruntowej nad dnem powinna się równać grubości dna śluzy. W tej wysokości należy utrzymać zwierciadło wody zaskórnej przez czas budowy ścian bocznych /rys.117/.



Rys. 117.

Naogół wykonanie robót na sucho przy zastosowaniu betonu lub żelazo-betonu wymaga kosztownego pompowania wody, natomiast przy wykonaniu pod wodą mamy zużycie większej ilości betonu i przygotowanie głębszego dołu fundamentowego.

Jeżeli w ścianie bocznej biegnie kanał obiegowy /patrz dalej ustęp o napełnianiu i opróżnianiu komory/, należy, celem obliczenia naprężeń w ścianie,

drugim sposobem, podanym przez inż. Tolmanna. Przyjęto mianowicie, że pod kanałem obiegowym mur jest wykonany w kształcie sklepienia grubości 50 cm. o idealnych przegubach. Badany przekrój podzielono płaszczyznami, przechodzącymi przez najcieńszy przekrój każdej z części murów, ograniczających kanał obiegowy, przez co mur zostaje podzielony na: część odgraniczoną temi płaszczyznami i górną powierzchnię sklepienia, na sklepienie i dwa mury przyczółkowe. Wypadkową siłę przedstawia się zapomocą trapezu, podzielonego linjami równoległymi do wypadkowej na 3 części, które działają na mury przyczółkowe i sklepienie. Następnie wyznaczamy w znany sposób wypadkowe siły zewnętrznych i reakcji sklepienia, działających na mury przyczółkowe /rys.119/.

Wykonanie ścian i dna śluzy.

Śluzy drewniane.

Z drzewa buduje się śluzy mniejsze o nieznacznym spadzie, na bardzo złym gruncie, albo śluzy tymczasowe, lub wreszcie celem zaoszczędzenia kosztów, gdyż są tańsze, od murowanych.