

jednostkę pola - kg/m^2 . Zwykle przyjmujemy $\rho = 150 \text{ kg/m}^2$.

Z rozważań analitycznych, których tu nie będziemy przytaczali^{x/}, wypada, że rdzeń przekroju pierścieniowego jest kołem, którego środek przypada na osi komina, a promień wynosi

$$r = \frac{D}{8} \left[1 + \left(\frac{d}{D} \right)^2 \right],$$

gdzie litery mają znaczenie zgodne z rys. 148.

Dla największego naprężenia mamy zaś wzór:

$$\sigma_1 = \frac{R}{F} \left(1 + \frac{8De}{D^2 + d^2} \right),$$

przyczem F oznacza pole przekroju komina, a e odległość punktu przyłożenia siły wypadkowej, działającej na stosując od osi komina; σ_1 powinno być $\leq K_c$. Największe naprężenie σ_1 można też znaleźć drogą wykreślną: por. "Technik" tom I str. 409.

ROZDZIAŁ IX.

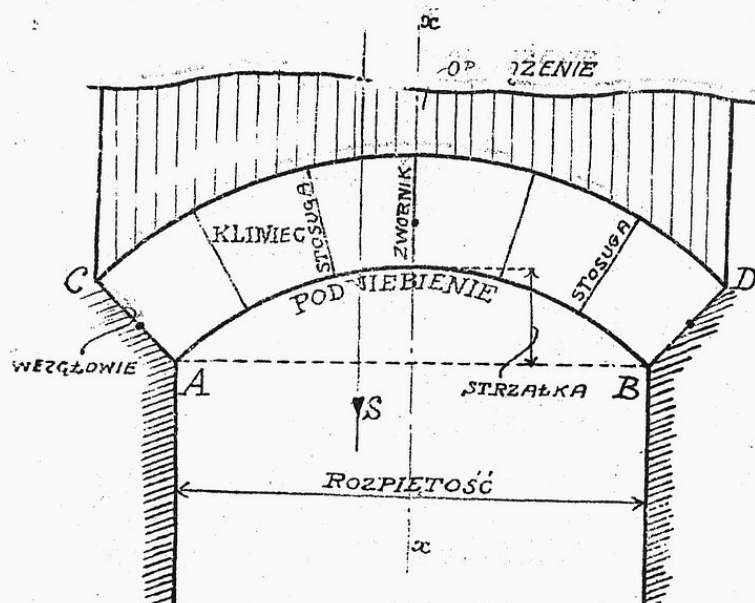
SKLEPIENIA.

159. OKREŚLENIA PRZEDMIOT ROZDZIAŁU. SKLEPIENIEM

NAZYWAMY KONSTRUKCJĘ Z BLOKÓW, KAMIENI LUB CEGIEŁ, SŁUŻĄCĄ DO POKRYCIA DANEJ PRZESTRZENI, O PEWNEJ ROZPIĘTOŚCI I PODTRZYMUJĄCĄ ZAZWYCZAJ /OPRÓCZ CIĘŻARU WŁASNEGO/ OBCIĄ-

^{x/} Por. Teorię wytrż. materiałów.

ŻENIE DODATKOWE W POSTACI MURU, NASYPU, CIĘŻARÓW STAŁYCH
I RUCHOMYCH i t.d.



rys. 149.

Na rys.
149 widzi-
my typowe
sklepienie
"beczukowe".
Kombinując
kilka skle-
pień beczuk-
kowych otrzy-
mamy sklepie-
nie "krzyżo-
we", "kasz-

torne" i t.p.

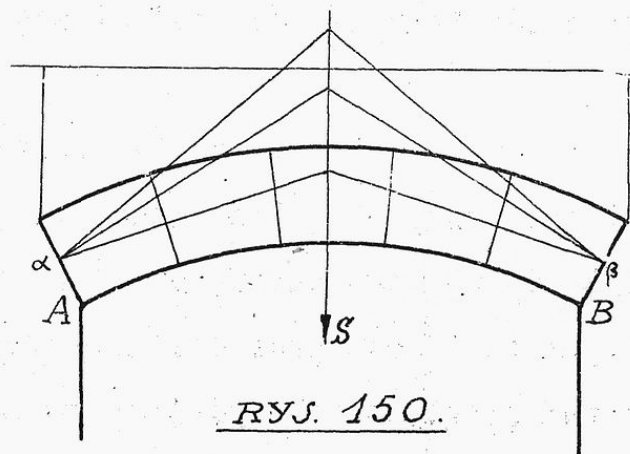
Poszczególne kamienie, tworzące sklepienie nazywamy KLINCAMI, powierzchnie ich zetknięcia STOSUGAMI; miejsce, w którym sklepienie opiera się o ścianę, nosi nazwę WEZGŁOWIA; najwyższy kliniec nazywamy ZWORNIKIEM; dolną powierzchnię sklepienia - PODNIEBIENIEM; pod ROZPIĘTOŚCIĄ sklepienia rozumiemy odległość poziomą, mierzoną w świetle między podporemami sklepienia. Wreszcie STRZAŁKĄ zwiemy odległość najwyższego punktu sklepienia od prostej AB .

Sklepienia rozróżniamy symetryczne względem osi i nie-

symetryczne. Poza tem rozpatrywać będziemy sklepienia obciążone symetrycznie i niesymetrycznie. Naprz. na rys. 149 mamy sklepienie symetryczne, lecz niesymetrycznie obciążone. Na rys. 153 widzimy sklepienie SYMETRYCZNE, SYMETRYCZNIE OBCIĄŻONE oraz na rys. 151 SKLEPIENIE NIESYMETRYCZNE, NIESYMETRYCZNIE OBCIĄŻONE. W dalszym wykładzie rozpatrzemy każde z nich oddzielnie.

Mówiąc o DŁUGOŚCI SKLEPIENIA będziemy mieli na myśli wymiar jego w kierunku prostopadłym do płaszczyzny rysunku. Długość tę przyjmujemy zwykle równą 1 metrowi.

160. ODDZIAŁYWANIA W WEZGŁOWIACH. Mur, o który opiera się sklepienie, będące w równowadze, wywiera nań oddzia-



ływanie. Jakiż jest kierunek i wartość oddziaływania? Aby odpowiedzieć na to pytanie weźmy pod uwagę sklepienie, przedstawione na rys. 150.

Przypuśćmy, że wypadkowa sił zewnętrznych, działających na to sklepienie, jest $= S$. Siła ta w przypadku równowagi sklepienia musi się zrównoważyć z oporami muru w

węzłowiach A i B , a więc te dwa oddziaływania i siła S powinny przecinać się w jednym punkcie. Punktem tym może być dowolny punkt, leżący na linii działania siły S , bo kierunki oddziaływań nie są niczem określone. I nie tylko kierunki! Nie wiemy nawet, gdzie znajdują się punkty przyłożenia α i β tych oddziaływań, bo, rzecz jasna, mogą być niemi dwa którekolwiek punkty węzłowia A i B .

Ta nieoznaczoność kierunków i punktów przyłożenia oddziaływań stoi na przeszkodzie do ścisłego rozwiązania naszego zagadnienia.

Brak nam danych po temu, aby z pośród nieskończenie wielu kierunków linii działania i punktów przyłożenia w węzłowiach wybrać te lub owe, a tem samem nie możemy z całą pewnością wyznaczyć oddziaływań, co jest niezbędne dla potrzeb życia.

Możnaby tu skorzystać z pomocy t.zw. teorii sprężystości, która rozważa podobne przypadki, lecz temat ten, z jednej strony nie należy do naszego kursu, a z drugiej strony wyniki, do których ta teoria prowadzi, nie mogą mieć szerszych zastosowań praktycznych, gdyż własności materiału, rozważanego w teorii, bardzo daleko odbiegają od tych, jakie spotykamy w materiale stosowanym do sklepień, jak kamień, cegła, beton /nie żelazobeton/.

Niżej zobaczymy, że można sobie z góry zadać w węzło-

wiach punkty α i β tak, aby oddziaływania musiały przez nie przejść, ale i to nie rozwiąże jeszcze sprawy, bo pozostaną nieznane kierunki oddziaływań. Zatem, kiedy mamy zamiar budować sklepienie należy iść drogą empiryczną, korzystając z wzorów i przykładów sklepień już zbudowanych, które okazały stateczność i wytrzymałość. Przytem wzorujemy się zwykle na dobrze poznanych sklepieniach, oddawna będących w służbie.

Pomimo, jednak, że do budowy sklepień przystępujemy, korzystając z wzorów starych, istnieje w nas żądza sprawdzenia dostępnymi nam środkami, czy i o ile projektowane sklepienie może być stateczne i wytrzymałe.

Badanie to, jak zobaczymy, polega na poznaniu możliwości wykreślenia wewnątrz sklepienia t.zw. linii ciśnień i następnie na wysnuciu wniosków, jakie wykreślona linja ciśnień dostarczy. Zresztą, bliższe szczegóły później.

16.1. WYKREŚLNE SPRAWDZANIE SKLEPIEŃ W OGÓLNYM PRZYPADKU. SKLEPIENIE NIESYMETRYCZNE, NIESYMETRYCZNIE OBCIĄŻONE.

Sklepienie takie widzimy na rys. 151. Przypuśćmy, że sklepienie jest obciążone warstwą ziemi $LA_0C_0B_0M$ i dajmy na to, że ciężar właściwy ziemi (q_z) jest mniejszy od ciężaru właściwego kłińców (q_k). Sklepienie dzielimy płaszczyznami stosug na kłińce: $AA_0DD_0DD_0EE_0$ i t.d.

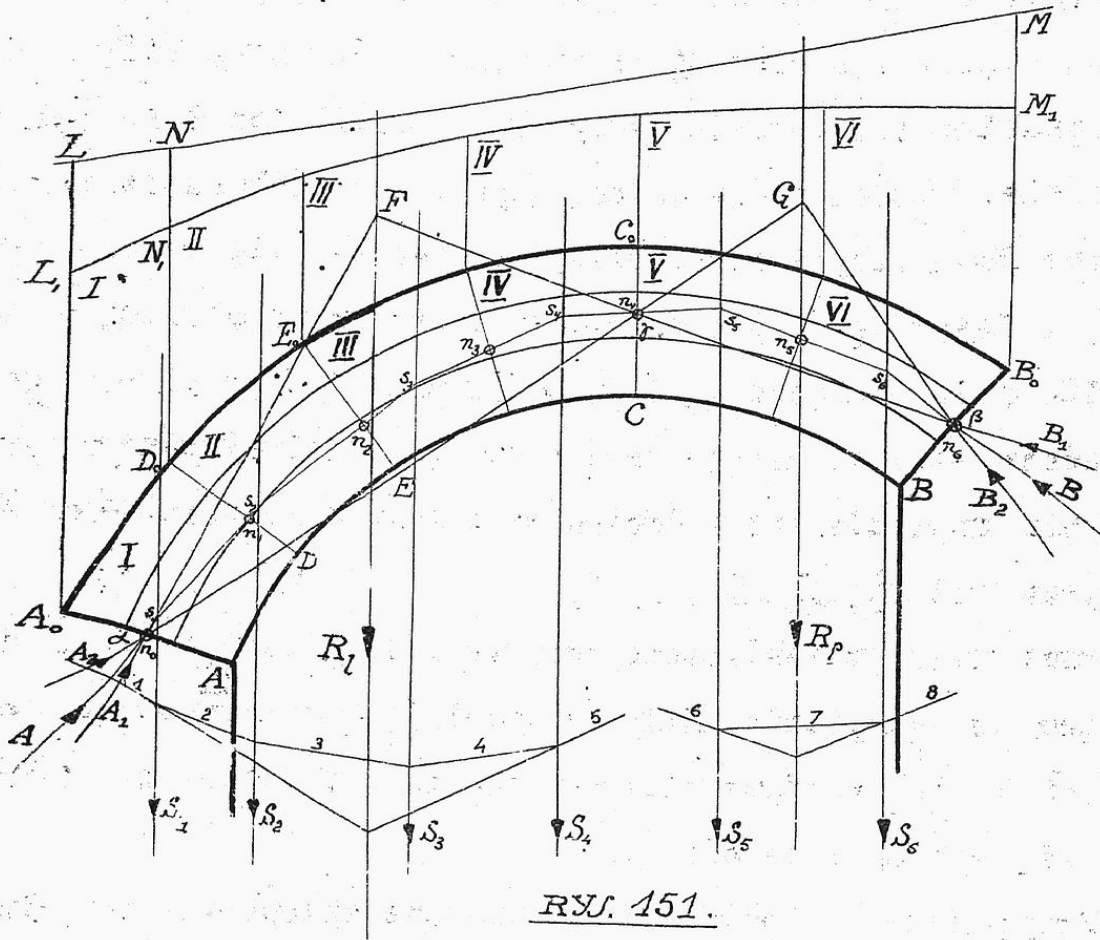
Aby uprościć sobie zadanie, zastępujemy warstwę ziemi

$LA_oC_oB_oM$ inną, o ciężarze właściwym takim, jaki mają klince. Aby zachować przytem pierwotny ciężar, należy nadać zastępczej warstwie mniejszą wysokość. Oczywiście jest rzeczą, że wysokość ta jest równa wysokości pierwotnej, zmniejszonej w stosunku $\frac{q_1}{q_2}$. Zmniejszając w ten sposób wszystkie rzędne pola $LA_oC_oB_oM$ otrzymamy nową linię obciążeń, t.zw. sprowadzoną LINIĘ OBCIĄŻEŃ L_1M_1 .

Obecnie będziemy postępować tak, jak gdyby sklepienie było obciążone bryłą ziemi $L_1A_oC_oB_oM_1$. Na każdy kliniec przypada część tej bryły, zawarta pomiędzy dwiema płaszczyznami pionowymi, poprowadzonymi przez górne krawędzie odpowiednich klinców. Tak więc np. kliniec I jest obciążony warstwą ziemi $A_oL_1N_1D_o$, której ciężar, dodany do ciężaru klinca, daje wypadkową S_1 - jedną z sił, działających na sklepienie. Podobnie postępujemy z klincami II, III i t.d., przyczem otrzymamy wypadkowe S_2, S_3, \dots, S_6 .

Zanim pójdziemy dalej, wyjaśnimy w paru słowach, na czem polega udogodnienie, które nam daje sprowadzona linja obciążeń:

Gdybyśmy jej nie mieli, wówczas, aby wyznaczyć siłę S_1 , trzebaby obliczyć pole A_oLND_o , pomnożyć je przez ciężar właściwy ziemi q_2 /długość bryły - w kierunku prostopadłym do rysunku - jest równa 1 m./ i otrzymaną stąd siłę przyłożyć w środku ciężkości tego pola. Następnie na-



leżałoby zrobić to samo z klinćem, mnożąc pole $A_0 D_0 DA$ przez ciężar właściwy γ_2 ; otrzymalibyśmy nową siłę, której punktem przyłożenia byłby środek ciężkości tego pola; wreszcie, musielibyśmy dodać, za pomocą wieloboku sznurowego owe dwie siły i otrzymalibyśmy wówczas siłę wypadkową

S_2 . Mając zaś linię sprowadzoną wystarczy obliczyć całkowite pole obciążeń $L_1 A_0 ADD_0 N_2$ i pomnożyć je przez γ_2 . Wypadnie stąd odrazu ta sama siła S_2 , której punkt przyłożenia znajdzie się w środku ciężkości tego pola. To samo dotyczy sił S_2, S_3, S_4, S_5, S_6 .

Mamy więc już obliczone wszystkie siły zewnętrzne, działające na sklepienie. Siły te wywołują oddziaływania /odpory/ A i B w odpowiednich węzłach. Zobaczymy teraz, jak się wyznaczają te odpory.

Przypuśćmy, że podzieliliśmy zadane sklepienie na dwie części stosugą CC_0 ; założmy, że części te stykają się ze sobą tylko w jednym, zgóry zadany punkcie J w stosudze $CC_0/$ i że zetknięcie się skrajnych klinców z węzłowami zachodzi także TYLKO w punktach α i β . Oczywiście, przez punkt J przechodzą oddziaływania wzajemne części prawej i lewej sklepienia, a przez punkty α i β - odpory węzłowi A i B .

Rozpatrzmy naprzód lewą część sklepienia, uważając część prawą wyłącznie, jako konstrukcję geometryczną.

NIEWAŻKĄ, lecz mogącą wywierać odpór (B_1) na pozostałą część sklepienia. Odpór ten przechodzi, oczywiście, przez punkty β i γ i musi się przeciąć z odporem A_1 węgłowia A na wypadkowej R_1 sił S_1, S_2, S_3, S_4 , działających na lewą część sklepienia. Wyznaczymy więc za pomocą wieloboku sił i wieloboku sznurowego /rys.151 i 152/ ową wypadkową; połączmy z punktem α punkt przecięcia się wypadkowej R_1 z prostą $\beta\gamma$, otrzymamy linię działania odporu A_1 . Wartość i lot jego znajdziemy z wieloboku sił /rys.152/, w którym $\overline{ae} = R_1$, $\overline{ek} = B_1$, $\overline{ka} = A_1$.

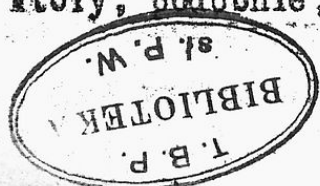
Zupełnie tak samo rozpatrzmy część lewą sklepienia, jako nieważką i wywierającą jedynie odpór (A_2) na część pozostałą. Odpór ten przejdzie przez punkty α i γ i przecnie się z odporem B_2 węgłowia B w punkcie Q wypadkowej R_p sił S_5 i S_6 ; należy więc wyznaczyć wypadkową R_p , za pomocą wieloboku sznurowego i wieloboku sił /rys.151 i 152/. Prosta βQ jest linią działania odporu B_2 . Wartość i lot jego wyznaczymy z nowego wieloboku sił /rys.152/, gdzie $\overline{eg} = R_p$, $\overline{gk} = B_2$, a $\overline{k_e} = A_2$.

Ostatecznie znaleźliśmy cztery oddziaływania A_1, A_2, B_1 i B_2 ; z nich A_1 i B_1 wywierają węgłowia, gdy prawa część sklepienia jest nieważką i bez obciążenia, a A_2 i B_2 - gdy nieważką i bez obciążenia jest część lewa. W rzeczywistości, obydwie części sklepienia są obciążone, a więc w istocie działają jednocześnie wszystkie cztery siły

A_1, A_2, B_1, B_2 , przy czem A_1 i A_2 wywiera wezgiowie A , a B_1 i B_2 - wezgiowie B . Aby wiec wyznaczyć całkowite odpory wezgiowi trzeba odpowiednie siły dodać. Wykonujemy to zapomocą wieloboku sił na rys. 152, prowadząc przez punkt K_1 równoległą do $e\bar{k}_2 = A_2$, a przez K_2 , równoległą do $e\bar{k}_1 = B_1$. W przecięciu tych dwóch równoległych otrzymamy punkt Ω ; oczywiście, odcinki $\bar{\Omega}a$ i $g\bar{\Omega}$ są odpowiednio równe szukanym odporom całkowitym wezgiowi A i B . Ich linie działania przechodzą przez punkty α i β wezgiowi A i B .

Kiedy wyznaczyliśmy oddziaływania wezgiowi, przechodzimy do rozpatrzenia równowagi poszczególnych klinców, przy czem postępujemy w podobny sposób, jak przy ścianach oporowych /par. 154/.

Bierzemy wiec naprzód pod uwagę kliniec I. Działają nań siły A i S_1 i oddziaływanie klinca II P_1 . Wartość i kierunek siły P_1 wyznaczymy z warunków równowagi, z trójkąta sił $\bar{\Omega}ab$ /rys. 152/, w którym boki $\bar{\Omega}a$ i ab są znane, równe, mianowicie, siłom A i S_1 , trzeci bok $b\bar{\Omega}$ /zamykający/ daje oddziaływanie klinca II na I, t.j. siłę P_1 . Linia działania siły P_1 przechodzi przez punkt s_1 przecięcia się siły A z S_1 i jest równoległa do $b\bar{\Omega}$. Linia działania P_1 przecina stosugę DD_0 w punkcie n_1 który, podobnie, jak dla ściany oporowej, nazywamy ŚRODKIEM



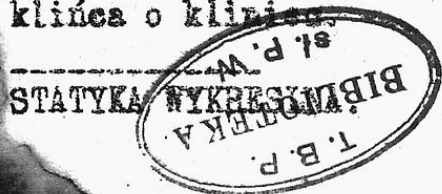
CISNIEN w tej stosudze. Dalej rozważamy kliniec II. Dzia-
ła nań siła S_2 , o której była mowa poprzednio oraz od-
działywania klinców I i III. Pierwsze z nich jest już znane:
co do wartości i linii działania jest równe P_1 , lecz lot
ma odwrotny, równe jest, mianowicie, odcinkowi \overline{ab} w wie-
loboku sił /rys. 152/. Siła S_2 wyznaczona jest odcinkiem
 $\overline{bc} = S_2$; oddziaływanie zaś klinca III na II wyznaczymy,
jako odcinek $\overline{c\Omega} = P_2$, budując trójkąt \overline{abc} . Linia dzia-
łania siły P_2 przechodzi przez punkt S_2 przecięcia się
sił S_2 i P_1 i jest równoległa do odcinka $\overline{c\Omega}$. Siła ta
przecina stosugę, odgraniczającą kliniec II od III w punk-
cie n_2 , który jest nowym środkiem ciśnienia.

Tak samo postępujemy z klincami III, IV, V i VI, otrzy-
mamy przytem nowe środki ciśnienia n_3, n_4, n_5 i n_6 . Jeśli
budowa jest wykonana prawidłowo, to środki ciśnienia n_4 i n_6
powinny upaść na punkty β i γ .

Połączmy ze sobą kolejne środki ciśnienia linią ciągłą,
otrzymamy wówczas LINJĘ CISNIEN rozważanego sklepienia.
Linja ta odgrywa tu podobną rolę, jaką posiada przy badaniu
ścian oporowych linja środków ciśnienia.

A zatem:

1/ Stateczność sklepienia wymaga, aby linja ciśnienia
przecinała stosugi pod kątami nie większemi od kąta tarcia
klinca o kliniec.



2/ Należy nadać sklepieniu takie wymiary, żeby większe naprężenie w stosudze, wywołane przez składową normalną /do płaszczyzny stosugi/ oddziaływania wzajemnego przyległych klinów, nie przekraczało dozwolonych granic.

3/ Aby naprężenia w stosudze były wyłącznie ściskające, należy dążyć do tego, iżby linja ciśnień przebiegała wewnątrz rdzenia sklepienia, t.j. wewnątrz środkowej trzeciej części sklepienia /dla stosugi o przekroju prostokątnym/.

W przykładzie, przedstawionym na rys.151, ostatni warunek dla części sklepienia między II i III klinem nie jest spełniony.

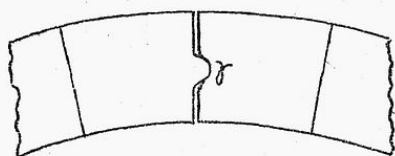
162. SKLEPIENIE SYMETRYCZNE, SYMETRYCZNIE OBCIĄŻONE.

/rys.153 i 154/. W tym przypadku sposób postępowania jest prostszy niż poprzednio, ze względu na symetrię zarówno sklepienia, jak i obciążenia.

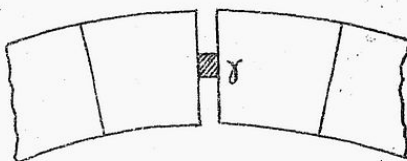
Wystarczy wobec tego rozpatrzyć tylko jedną połowę sklepienia, np. lewą. Działają na nią następujące siły: siły S_1, S_2, S_3, S_4 /pochodzące od ciężaru własnego klinów I, II, III, IV oraz obciążenia zewnętrznego/, odpór węzłowa A i oddziaływanie H prawej połowy sklepienia. Zakładamy, że siła H przechodzi przez punkt J . Siła H , którą nazywamy też rozporem, musi być pozioma.

163. W JAKI SPOŚÓB MOŻNA ZAPĘWNIĆ SOBIE PUNKTY $\alpha, \beta,$

γ ? Mówiliśmy parokrotnie w par. poprzedzających o tem, że zadajemy sobie punkty α, β, γ . Wypada teraz wskazać, jak to można zrobić praktycznie. Można nałożyć na przylegające klince pochwy żelazne lub też wykuc dotykające się płaszczyzny klinców tak, aby jedna płaszczyzna miała występ /rys. 155/, a druga odpowiednie



RYS. 155.



RYS. 156.

wgłębienie. Jeśli występ będzie nieco większy od wgłębienia, to zetknięcie będzie zachodziło, praktycznie, w jednym punkcie, a nie na całej powierzchni klinca. Oczywiście, z braku innych klinców, oddziaływanie sąsiednich klinców będzie musiało przejść przez ten punkt, a więc cel, do którego dążymy, będzie osiągnięty.

Nieraz zamiast poprzedniego sposobu pomiędzy klince wstawia się płytkę ołowianą /rys. 156/, a w celu zabezpieczenia się przed wypłynięciem ołowiu pod wpływem znacznego ciśnienia, otacza się ją miedzianą koszulką.

164. PUNKTY α, β, γ NIE SĄ ZAPEWNIONE. ZAUFANIE DO LINII CIŚNIEŃ. W praktyce rzadko korzysta się z umyślnego zaznaczania punktów α, β i γ w sposób poprzednio podany, gdyż jest to połączone z trudnościami technicznymi. Jeśli, bowiem, klince stykają się całą powierzchnią, to oddziaływanie ich rozkłada się na duże pole i ciśnienie na jednostkę pola nie jest znaczne. To samo zachodzi nawet wtedy, gdy zetknięcie jest tylko częściowe. Inaczej zaś jest w tym razie, gdy zastosujemy jeden z wymienionych w par. poprzedzającym sposobów. Zetknięcie będzie się odbywało tylko w jednym punkcie^{x/}, a więc ciśnienie, przypadające na jednostkę pola, może być bardzo duże; może ono przekraczać naprężenia bezpieczne dla danego materiału.

Gdy punktów α, β i γ konstrukcyjnie nie zaznaczamy, wówczas, jak wiemy, nie można zgóry przewidzieć, przez które punkty przejdą oddziaływania wezgłowi i wobec tego nieznana jest linja ciśnień.

W tym razie wykreślamy szereg linii ciśnień, odpowiadających różnym punktom α, β, γ , wziętym dowolnie jako punkty, przez które przechodzić ma linja ciśnień.

JĘŚLI CHOĆ JEDNA Z TYCH LINJI CIŚNIEŃ ODPOWIADA WARUNKOM PRZYTOCZONYM W PAR. 161, PRZYJMUJEMY, ŻE MOŻEMY MIEĆ

^{x/} Pod "punktem" trzeba tu rozumieć w rzeczywistości małe pole.

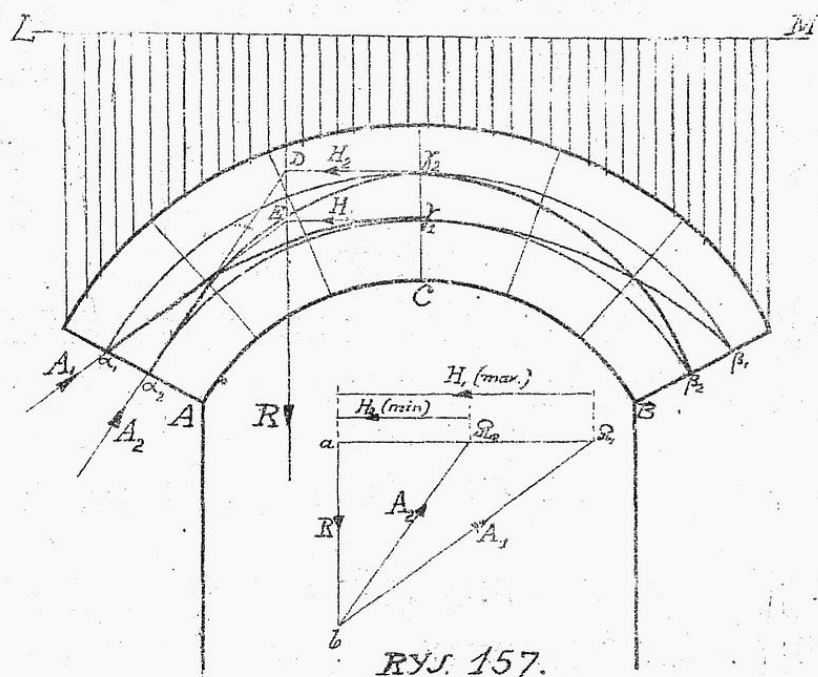
NADZIEJĘ, IŻ SKLEPIENIE BĘDZIE STATECZNE I WITRZYMAŁO
I IM WIĘCEJ JEST TAKICH LINIJ, TEM NADZIEJĘ NASZĄ UWAŻAMY
ZA BARDZIEJ UGRUNTOWANĄ.

Jest to, oczywiście, przypuszczenie, nie oparte na
ścisłym rozumowaniu, lecz poparte wielokrotnem doświadcze-
niem.

165. LINJE CIŚNIEŃ: MINIMALNA I MAKIMALNA. Jeśli bę-
dziemy badali sklepienie sposobem, wyłożonym w par. poprze-
dzającym, to może się zdarzyć, iż uda się nam poprowadzić
cały szereg linii ciśnień wewnątrz rdzenia. Która z tych
linij jest jednak najbardziej miarodajna do obliczania wy-
miarów sklepienia, albo, innemi słowy, która z nich daje
najbezpieczniejsze i najpewniejsze wymiary sklepień? Po-
starajmy się na to pytanie odpowiedzieć.

W tym celu rozpatrzmy sklepienie symetryczne, symetrycz-
nie obciążone /rys. 157/. Przypuśćmy, że R jest wypadkową
ciężaru własnego i obciążenia zewnętrznego, które przypada-
ją na lewą połowę sklepienia. Wypadkowa ta pozostaje w rów-
nowadze z odporem A w węzłowie A i z rozporem H w
zworniku C . Zatem te trzy siły muszą się przeciąć w jed-
nym punkcie. Założmy naprzód, że odpór węzłowie przecho-
dzi przez punkt α_2 dolny skrajny punkt rdzenia przy węzło-
wiu, a rozpór H w zworniku przez β_2 - górny skrajny
punkt rdzenia. Te dane wystarczają już do wyznaczenia

owych oddziaływań. Trzeba tylko przez punkt \mathcal{J}_2 poprowadzić prostą poziomą, aż do punktu D przecięcia się H_2 z siłą R i połączyć punkt D z punktem α_2 ; proste $\mathcal{J}_2 D$ i $\alpha_2 D$ dadzą nam linie działania szukanych sił. Ich wartości i loty wyznaczamy z trójkąta sił $\triangle b\Omega_2$, z którym $\overline{ab} = R$, $\overline{b\Omega_2} = A_2$ a $\overline{\Omega_2\alpha} = H_2$.



RYS. 157.

Przypuśćmy teraz, że punkt \mathcal{J} obieramy w stosudze zwornikowej coraz niżej zaś punkt α w stosudze wezgłowa A - coraz wyżej. Wtedy z wieloboku sił zobaczymy, że zarówno siła A , jak i siła H - będą wzrastały. Największą wartość osiągną one wtedy, gdy linja ciś-

nień przejdzie przez punkty α_1 i β_2 . Wówczas oddziaływania wyniosą $\overline{R}_1 \alpha = H_1$ i $\overline{b} \overline{R}_1 = A_1$.

Większych oddziaływań nie otrzymamy przy żadnym innym układzie linii ciśnień.

Z rozważań poprzedzających, oraz z rys. 157 wynika kilka wniosków:

1/ SKŁADOWA PIONOWA ODPORU A JEST STAŁA I RÓWNA WYPADKOWEJ R , NIEZALEŻNIE OD PRZEBIEGU LINJI CIŚNIEŃ.

2/ SKŁADOWA POZIOMA ODPORU A JEST RÓWNA ROZPOROWI H W ZWORNIKU.

3/ ODPÓR W WEZŁOWIU ORAZ ROZPÓR W ZWORNIKU (H) OSIĄGAJĄ WARTOŚCI $\frac{\text{NAJMNIEJSZE}}{\text{NAJWIĘKSZE}}$, GDY LINJA CIŚNIEŃ PRZECHODZI PRZEZ $\frac{\text{NAJNIZSZY}}{\text{NAJWYŻSZY}}$ PUNKT RDZENIA W WEZŁOWIU A I PRZEZ $\frac{\text{NAJWYŻSZY}}{\text{NAJNIZSZY}}$ PUNKT RDZENIA W ZWORNIKU C . Z tego powo-

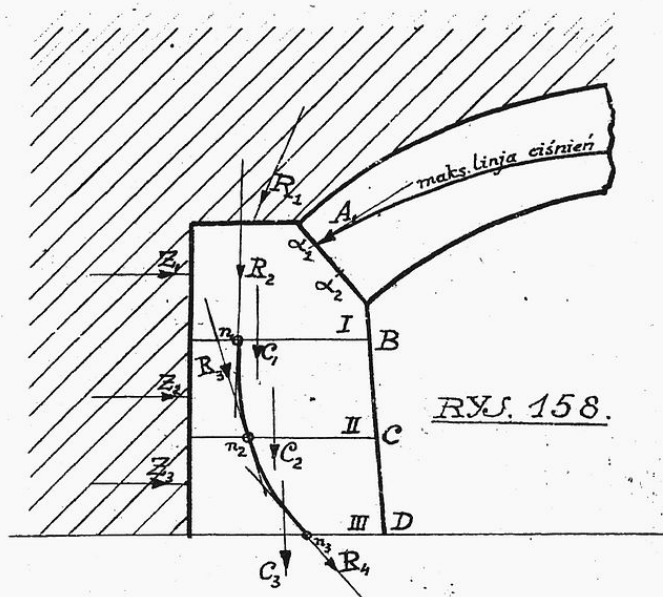
du linję $\alpha_2 \beta_2$ nazywamy LINJĄ CIŚNIEŃ MINIMALNĄ, a $\alpha_1 \beta_1$ - LINJĄ CIŚNIEŃ MAXIMALNĄ.

Ponieważ nie mamy pewności, w jaki sposób przebiegać będzie w sklepieniu linja ciśnień, należy założyć, że jest nią linja maximalna, gdyż ta daje największe wartości sił, działających między poszczególnymi klinami. Otrzymane siły powinny być podstawą do obliczenia wymiarów bezpiecznych sklepienia.

Poza tem należy wykreslić linję ciśnień minimalną,

aby upewnić się co do granic, w których linje ciśnien mogą być w sklepieniu zmieniane.

166. PODPORY SKLEPIEN muszą tak samo, jak sklepienia, czynić zadość warunkom stateczności i wytrzymałości. Podpory te obliczamy na zasadzie teorii ścian oporowych.

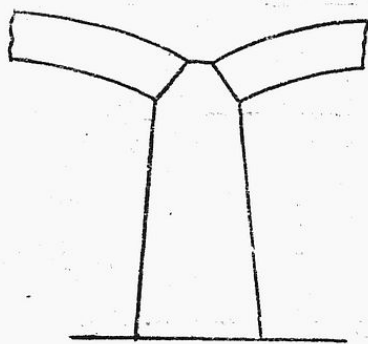


Dzielimy więc ścianę na kilka bloków i rozpatrujemy równowagę każdego z nich oddzielnie. Na blok I /rys.158/ działa sklepienie z siłą (A_1), ciężar własny (C_1), napór ziemi z góry (R_1) i napór ziemi z oku (Z_1). Te cztery siły dają wypadkową R_2 , z którą blok I działa na blok II. Prócz siły R_2 działa na blok II jeszcze ciężar własny C_2 i parcie ziemi Z_2 . Wypadkowa R_3

sił R_2, C_2, Z_2 jest równa oddziaływaniu bloku II na III. Podobnie postępujemy wreszcie z blokiem III: działają nań siły R_3, C_3, Z_3 ; ich wypadkowa jest równa R_4 .

Kolejne wypadkowe R_2, R_3, R_4 przecinają stosugi B, C, D w punktach n_1, n_2, n_3 , które są środkami ciśnień w tych stosugach. Linja ciśnień, łącząca te środki musi czynić za-
dość warunkom stateczności i wytrzymałości, podanym dla ścian oporowych.

167. Jeśli o tę samą ścianę opierają się dwa sklepienia symetryczne /rys. 159/, zdawałoby się, że stateczność takiej ściany jest zapewniona.



RYC. 159.

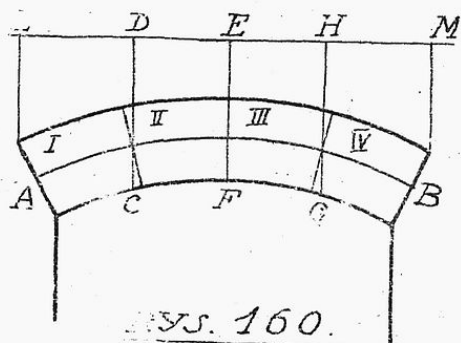
Byłoby tak w istocie, gdyby owa symetria nigdy nie była naruszona. Tak jednak nie jest, np. przy budowie, kiedy to może się zdarzyć, że na-
przód zostanie wykonane jedno sklepienie, a potem drugie. Może też zejść wypadek taki, że jedno ze sklepień się za-

wali, a wtedy ściana będzie pozostawała wyłącznie pod na-
porem drugiego sklepienia.

Aby zapobiedz w tym razie zawaleniu się i drugiego sklepienia należy obliczać ścianę w ten sposób, jakgdyby

miało być wykonane tylko jedno sklepienie i jakgdyby z drugiej strony ściana nie miała żadnego oparcia.

168. INNY ROZKŁAD OBCIĄŻENIA. W par. 161 mówiliśmy, że obciążenie zewnętrzne sklepienia należy dzielić płaszczyznami pionowymi, przechodzącymi przez górne krawędzie klinców. Nieraz jednak postępuje się inaczej, mając na



względnie ułatwienie przy wyznaczaniu pola obciążeń i środków ciężkości.

Prowadzimy mianowicie w sklepieniu linię środkową AB i owe płaszczyzny pionowe prowadzimy przez

punkty przecięcia się jej ze stosagami /rys. 160/. Jeśli przypuścimy, że prosta LM oznacza linię sprowadzoną, to obciążenie /łącznie z ciężarem klinca/, które przypada np. na blok II, będzie wtedy równe iloczynowi z pola $CDEF$ przez ciężar właściwy kamieni i będzie przyłożone w środku ciężkości tego pola. Podobnie rzecz się ma dla innych klinców.

Sposób ten jest tem ściślejszy, im mniejsza jest krzywizna sklepienia.

SPIS ROZDZIAŁÓW.

	Str.
Rozdział wstępny	3
Rozdział I. Składanie i rozkładanie sił do jednego punktu przyłożonych	11
Rozdział II. Składanie i rozkładanie sił przy- łożonych do różnych punktów i dzia- łających w jednej płaszczyźnie. Wieloboki Varignona, ich własności. Warunki równowagi	22
Rozdział III. Momenty statyczne sił	51
Rozdział IV. Belka prosta na dwóch podporach	77
Rozdział V. Środek sił i środek ciężkości	105
Rozdział VI. Moment bezwładności	125
Rozdział VII. Kratownice	137
Rozdział VIII. Ściany oporowe	198
Rozdział IX. Sklepienia.	247

