

Mosty kamienne.

Napisał

inż. dr. Maksymiljan Thullie,

profesor politechniki, Lwów.

Wiadomości wstępne. Korzyści mostów kamiennych: Mały wpływ ciężaru ruchomego w stosunku do ciężaru własnego, mała wysokość konstrukcyjna w kluczu, przeprowadzenie żwirówki przez most, możliwie małe niebezpieczeństwo przy wykojeniu, mały koszt utrzymania, bardzo wielka trwałość, piękny wygląd.

Wady w stosunku do mostów żelaznych: Trudne do wykonania, względnie niemożliwe bardzo wielkie rozpiętości, kosztowne rusztowania i zwykle dłuższy czas budowy, większy ciężar, zatem większe obciążenie gruntu.

Wysokość. Przy mostach kolejowych zostawiamy powyżej przekroju normalnego 10—20 *cm* wolne, ewent. potrzebne miejsce na krażyny. Wez-głowia mostów o sklepieniu odcinkowem powinny leżeć najmniej 30 *cm* nad zwykłą wielką wodą.

§ 19. Najmniejsze wzniesienie dolnej krawędzi konstrukcji nośnej oznacza się w sposób następujący:

a) Łukowe mosty kamienne i betonowe, o ile mają strzałkę mniejszą niż $\frac{1}{6}$ rozpiętości, a styczna nasadowa nie jest pionowa, należy założyć tak, ażeby zwierciadło najwyższego znanego stanu wody nie sięgało ponad węgłowia.

W razie, jeżeli strzałka przekracza $\frac{1}{6}$ rozpiętości, nie powinno zwierciadło najwyższego znanego stanu wody sięgać ponad punkt, w którym promień poprowadzony pod kątem 30° ze środka koła, zakreślającego najniższą część podniebienia łuku, przebiega podniebienie.

Rozpiętości. Zwyczajnie przyjmujemy w rzekach rozpiętości 25—30 m, większe tylko ze względu na żeglugę lub w razie znaczniejszych trudności

fundowania, a to aż do 100 m.

Mosty o większych rozpiętościach robi się zwykle żelbetowe lub betonowe; największe rozpiętości mostów kamiennych dochodzą do 90 m, w Polsce w Jaremczu na Prucie $l = 65$ m. Dla mostów lądowych przyjmuje się rozpiętości mniejsze, bo fundowanie filarów jest tańsze, a mianowicie rozpiętości zależne tu są od wysokości filarów w metrach $l = 6 + 0,4 h$.

Szerokość mostu zależy od szerokości drogi

i chodników. Szerokość sklepienia musi być taka, aby podparcie poręczy było dostatecznem, ewentualnie rozszerzenie na wspornikach (fig. 100).

Skrzydła. Boczne zakończenie nasypu stanowią skrzydła równoległe, ukośne lub prostopadłe. Aby skrócić długość skrzydeł równoległych, robimy stożki stromsze niż nasyp, mianowicie 1:1, a nawet 1:2/3, w ostatnim wypadku kamienne. Czasem zanurzamy sklepienia w nasypie, oszczędzając na skrzydłach (fig. 101).

Rodzaj muru. Mosty kamienne budujemy albo z kamieni naturalnych albo sztucznych. Do pierwszych należą ciosy i kamień łamany, do drugich

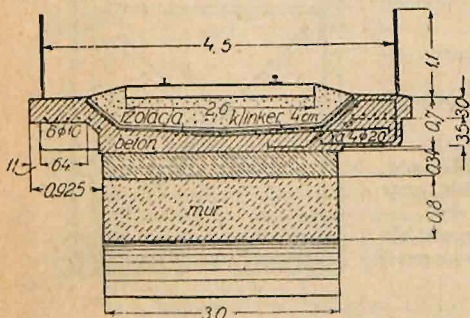


Fig. 100.

cegły, beton i żelbet. Wybór zależy zwykle od warunków miejscowych. Głaz, jako bardzo drogich, używa się obecnie rzadko i chyba do budowli ozdobnych i monumentalnych. Z kamienia łamanego robi się nie tylko filary i przyczółki, ale i sklepienia — i to nawet dla wielkich rozpiętości. Na ściany zewnętrzne używa się zwykle kamienia obrobionego. Muru z cegły używa się bardzo rzadko.

Polskie przepisy o budowie i utrzymaniu mostów drogowych z r. 1926, § 50. Materiały. 1. Do budowy mostów kamiennych oraz kamiennych przyczółków i filarów należy używać kamieni naturalnych, a tylko w wyjątkowych wypadkach dobrze wypalanej cegły. Kamienie naturalne mogą być użyte jako kamień łamany lub ciosany.

3. Do wiązania kamieni należy używać zaprawy cementowej.

Ciśnienie dopuszczalne przyjmujemy mniejsze dla małych, większe dla wielkich rozpiętości, a to dlatego, by wymiary nie stały się zanadto wielkie; używamy też zato wtedy wyborowych materiałów. Zresztą wpływ ciężaru ruchomego jest przy większych sklepieniach mniejszy, a im większy ciężar własny, tem większy wpływ siły podłużnej, a mniejszy momentu.

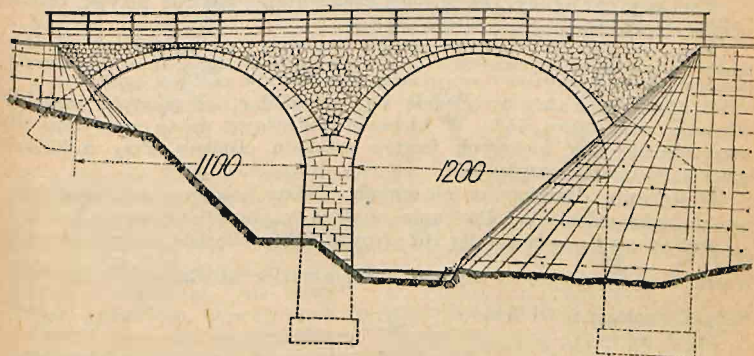


Fig. 101.

Dla małych i średnich rozpiętości możemy przyjąć następujące ciśnienia w kg/cm^2 :

	Ciśnienie	
	mimośrodkowe	osiowe
Zwykły mur ceglany na wapnie	8	7
Lepszy " " " cemente	10—15	8—10
Najlepszy mur ceglany z zendrówek na cemencie	20—25	15—20
Zwykły mur z kamienia łamanego na cemencie	20—30	12—18
Mur ciosowy	20—60	40
Beton 1 : 5 do 1 : 3	25—40	20—25
Mur z kamienia warstwowego	30—40	20—30

Dla większych rozpiętości przyjmuje się większe ciśnienia:

Most na	Przebieg w Jaremczu ($l = 65$ m, cios)	27,5 kg/cm ²
" "	dolinie Syra pod Plauen ($l = 90$ m, kam. łam.)	49,5 kg/cm ²
" "	Soczy w Salkanie ($l = 85$ m, cios)	51 kg/cm ²
" "	Addie pod Morbegno ($l = 70$ m, kam. łam.)	56 kg/cm ²
" "	dolinie Syra (ze zmiany ciepłoty)	69 kg/cm ²
" "	Valserine pod Bellegarde ($l = 80$ m, cios)	80 kg/cm ²

Przepisy polskie o budowie mostów drogowych z r. 1926. § 53. 2. Dla sklepień z kamienia ciosowego należy przyjmować naprężenie dozwolone dla rozpiętości w świetle do 20 m równe $\frac{1}{25}$ wytrzymałości kamienia, dla rozpiętości w świetle ponad 25 m równe $\frac{1}{20}$ wytrzymałości kamienia.

4. Naprężenia dopuszczalne w przyczółkach i filarach nie powinny przekraczać $\frac{1}{25}$ wytrzymałości kamienia.

5. W sklepieniach mniejszych mostów o rozpiętościach w świetle, nie przekraczających 15 m, jako też w przyczółkach i filarach, na których spoczywają przęsła o rozpiętościach, nie przekraczających 25 m, można dopuścić następujące naprężenia:

Materiały	Naprężenia dopuszczalne
Mur ciosowy z granitu, porfiru, twardego piaskowca kwarcytowego	40 kg/cm ²
Mur ciosowy z wapienia	30 kg/cm ²
" " z piaskowca miękkiego	25 kg/cm ²
" z kamienia warstwowego	12—18 kg/cm ²
" zwykły	10—12 kg/cm ²
" z cegły wyborowej	12—20 kg/cm ²
" " maszynowej	10—14 kg/cm ²
" " zwykłej	8 kg/cm ²

W powyższem przyjęto wszędzie zaprawę z cementu portlandzkiego 1 : 3.

Ciężar własny wyznaczamy na podstawie przybliżonego projektu z rysunku.

Zmiany ciepłoty. Dla sklepień kamiennych wystarczy przyjąć zmianę ciepłoty $\pm 15^{\circ}\text{C}$.

Przepisy polskie o budowie mostów drogowych z r. 1926. § 54. 2. Przy obliczaniu statycznym należy uwzględnić . . . dla sklepień o rozpiętościach, przekraczających w świetle 20 m, także i wpływ zmian temperatury w granicach $\pm 10^{\circ}\text{C}$.

Ciężar ruchomy uwzględnia się, przyjmując, że nadsypka rozdziela ciśnienie pod kątem 45° . W kierunku podłużnym mostu zazwyczaj nie uwzględniamy dla większych mostów rozkładu ciśnienia. Przy rozkładzie przez beton można przyjąć 55° .

Obliczenie dźwigarów głównych. Mosty kamienne wykonywujemy zwykle jako sklepienia; dla bardzo małych rozpiętości używa się też płyt.

Przepusty płytowe (fig. 102; typy M. R. P.) obliczamy na zginanie wedle wzoru $W = \frac{M}{k}$, przyczem naprężenie dopuszczalne na złamanie k przyjmuje się wedle następującej tabliczki:

łupek łkowy	10 kg/cm ²	granit	5 kg/cm ²
kwarc	8 kg/cm ²	piaskowiec średni	4,5 kg/cm ²
bazalt	6 kg/cm ²	łupek krzemionkowy	2 kg/cm ²
łupek łuszczkowy	5 kg/cm ²	wapień	1,5 kg/cm ²

Typy M. R. P. podają następne wymiary:

Klasa drogi	Rozpiętość w świetle	Grubość płyty g	Szerokość podparcia b
I i II	0,60	0,20	0,20
	0,80	0,25	0,25
III	0,60	0,15	0,15
	0,80	0,20	0,20
	1,00	0,25	0,25

Sklepienia obliczamy jako łuki sprężyste bezprzegubowe lub trójprzegubowe. Naprężenia wyznaczamy dla mostów mniejszych (do 20 m) zapomocą linii ciśnienia, dla większych na podstawie linii wpływowych. Linje ciśnienia wyznacza się zw. dla obciążenia zupełnego i dla obciążenia połowy sklepienia. Obciążenie do połowy, względnie nieco poza połowę, jest najniekorzystniejsze dla węzłowania i dla przekroju w $\frac{1}{4}l$. Pierwsze koło wałka lub parowozu należy zatem umieścić w odległości 0,4 l od podpory. Obciążenie zupełne wywołuje najw. H i najw. M w kluczu. Przy sklepieniach obliczamy pasek o szerokości 1 m, przy odrębnych łękach musimy wyznaczyć, jaki ciężar przypada na jeden łęk.

Polskie przepisy o budowie i utrzymaniu mostów drogowych z r. 1926. § 54.

2. Przy obliczeniu statycznym należy uwzględnić najniekorzystniejsze działanie sił zewnętrznych, a dla sklepień o rozpiętościach, przekraczających w świetle 20 m, także

Kształt i grubość łuku. Grubość sklepienia w kluczu. Rozpiętość i strzałkę wyznaczamy zwykle wedle skrajni lub wysokości wielkiej wody i niwelety, poczem przystępujemy do wyznaczenia grubości sklepienia

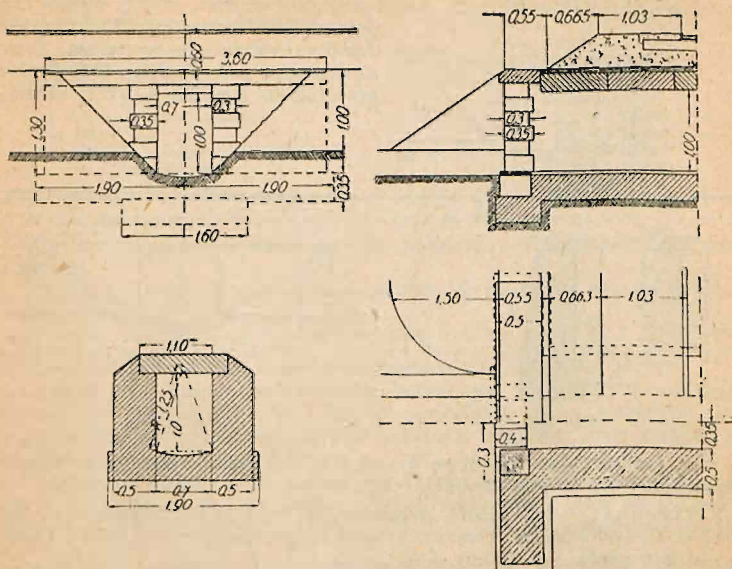


Fig. 105.

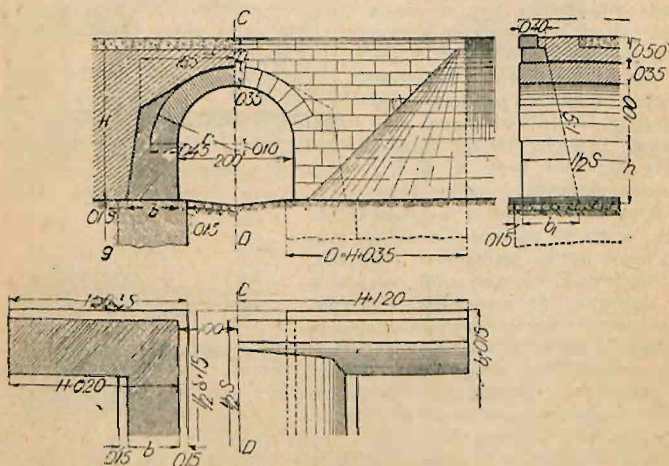


Fig. 106.

w kluczu i w węzłowie. Przy bezprzegubowym grubość rośnie od d_0 w kluczu ciągle do d_1 w węzłowie, tak, aby rzut pionowy szwów pozostał ten sam. Przy trójprzegubowym sklepieniu największa jest grubość d_2 w jednej czwartej rozpiętości.

Croizette Desnoyers podaje następujące wzory, przy czem r_1 oznacza promień krzywizny w kluczu.

Dla sklepień półkolistych i eliptycznych:

$$\left. \begin{aligned} \text{mosty drogowe } d_0 &= 0,15 + 0,15 \sqrt{2 r_1} \\ \text{mosty kolejowe } d_0 &= 0,20 + 0,17 \sqrt{2 r_1} \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots (1)$$

Dla sklepień odcinkowych:

stosunek $f:l$	mosty drogowe	mosty kolejowe
1: 4	$d_0 = 0,15 + 0,15 \sqrt{2 r_1}$	$0,20 + 0,17 \sqrt{2 r_1}$
1: 6	$d_0 = 0,15 + 0,14 \sqrt{2 r_1}$	$0,20 + 0,16 \sqrt{2 r_1}$
1: 8	$d_0 = 0,15 + 0,13 \sqrt{2 r_1}$	$0,20 + 0,15 \sqrt{2 r_1}$
1: 10	$d_0 = 0,15 + 0,12 \sqrt{2 r_1}$	$0,20 + 0,14 \sqrt{2 r_1}$
1: 12	$d_0 = 0,15 + 0,11 \sqrt{2 r_1}$	$0,20 + 0,13 \sqrt{2 r_1}$

Wzory te ważne tylko dla $l > 10 m$. $r_1 = \frac{l^2 + 4 f^2}{8 f}$.

Dla mniejszych rozpiętości poleca Heinzerling:

$$\left. \begin{aligned} \text{dla sklepień z ciosu, nadsypka } h < 1,5 m & d_0 = 0,40 + 0,025 r_1 \\ \text{,, ,, ,, ,, ,, } h > 1,5 m & d_0 = 0,45 + 0,03 r_1 \\ \text{,, ,, ,, ,, ,, } h < 1,5 m & d_0 = 0,43 + 0,028 r_1 \\ \text{,, ,, ,, ,, ,, } h > 1,5 m & d_0 = 0,51 + 0,033 r_1 \\ \text{,, ,, ,, ,, ,, } h < 1,5 m & d_0 = 0,48 + 0,031 r_1 \\ \text{,, ,, ,, ,, ,, } h > 1,5 m & d_0 = 0,55 + 0,037 r_1 \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots (2)$$

Séjourné przyjmuje dla większych sklepień:

$$d_0 = \alpha (1 + \sqrt{l}) \mu \dots \dots \dots (3)$$

Spółczynnik α przyjąć należy:

dla mostów drogowych
 $\alpha = 0,12 - 0,18$, średnio 0,15,
dla mostów kolei normalnotorowych
 $\alpha = 0,15 - 0,21$, średnio 0,185,
dla mostów kolei wąskotorowych
 $\alpha = 0,14 - 0,20$, średnio 0,17.

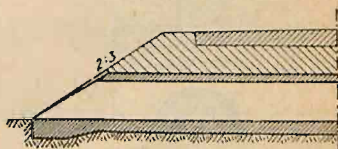


Fig. 107.

μ jest funkcją $\varphi = \frac{f}{l}$ i wynosi dla półkola $\dots \dots \dots 1$,

$$\begin{aligned} \text{dla elipsy zniżonej} & \frac{4}{3 + 2\varphi} \\ \text{,, odcinka} & \dots \dots \dots \frac{4}{3} (1 + \varphi^2). \end{aligned}$$

Grubość w węzłowie d_1 przyjmuje Croizette Desnoyers:

dla łuku pełnego podwyższonego $\frac{d_1}{d_0} = 2$.

dla łuków eliptycznych dla $\frac{f}{l} = \frac{1}{3} \quad \frac{1}{4} \quad \frac{1}{5}$
 $\frac{d_1}{d_0} = 1,8 \quad 1,6 \quad 1,4,$

dla łuków odcinkowych dla $\frac{f}{l} = \frac{1}{4} \quad \frac{1}{6} \quad \frac{1}{8} \quad \frac{1}{10} \quad \frac{1}{18}$
 $\frac{d_1}{d_0} = 1,8 \quad 1,4 \quad 1,25 \quad 1,15 \quad 1,10.$

Séjourné przyjmuje dla elipsy $\frac{d_1}{d_0} = 1 + 2 \frac{f}{l}$, dla odcinka jeżeli $\frac{f}{l} > \frac{1}{2\sqrt{3}} \dots 2$, jeżeli $\frac{f}{l} < \frac{1}{2\sqrt{3}} \dots 1 + 2 \left(\frac{f}{l}\right)^2$.

Powyższe wzory doświadczalne dają tylko wartości przybliżone. Najpewniejsze są wzory Séjournégo. Chcąc liczyć dokładniej, użyjemy jednego z poniżej podanych sposobów.

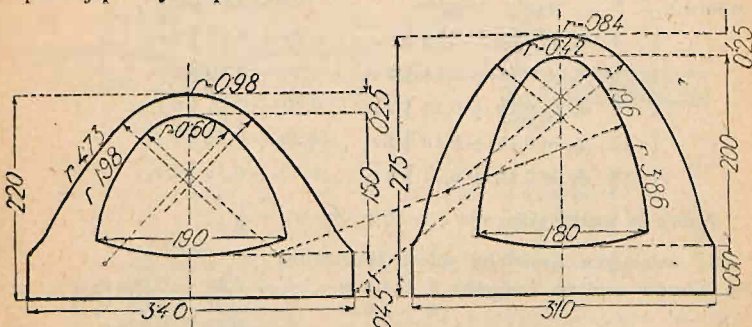


Fig. 108.

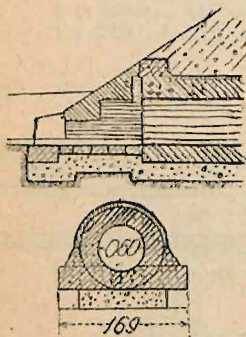


Fig. 109.

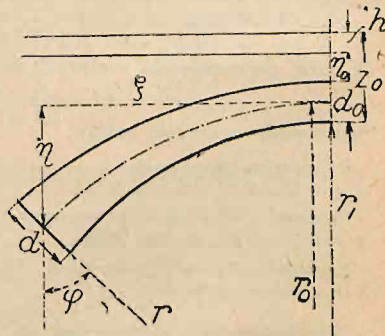


Fig. 110.

1. Sposób Melana. Jeżeli nadsypka w kluczu jest r_0 (fig. 10), a wysokość obciążenia z_0 , to $H = z_0 r_0$. Jeżeli ciśnienie w kluczu przy jednostajnym rozdzieleniu jest τ_0 , γ i γ_1 są ciężarami gatunkowymi muru i nadsypki, to $z_0 r_0 = z_0 (r_1 + d_0) = d_0 \tau$, stąd

$$d_0 = \frac{(\gamma_1 r_0 + p) r_1}{\sigma - \gamma r_1 - z_0} \dots \dots \dots (4)$$

wszystko w t i m. d_0 należy tymczasowo przyjąć. σ_0 należy przyjąć mniejsze niż dopuszczalne σ przy największym wychyleniu się linii ciśnienia. Przy obciążeniu połowy sklepienia ciężarem p_1 otrzymuje Melan, nazwawszy

$$w = \gamma_1 r_0 + \frac{1}{2} p_1,$$

$$d_0 = -\frac{w}{2\gamma} + \sqrt{\frac{w^2}{4\gamma^2} + \frac{p_1 f}{2\gamma} \cos^2 \varphi} \dots \dots \dots (5)$$

przyczem $\cos^2 \varphi = \frac{l^2}{l^2 + 4f^2}$.

2. Sposób Tolkmitta.

$$d_0 = \frac{0,15 \gamma \frac{l^2}{f} \left(\eta_0 + \frac{p}{2} + \frac{f}{10} \right)}{10 \sigma - 0,15 \gamma \frac{l^2}{f}}, \dots \dots \dots (6)$$

jeśli σ w kg/cm^2 , reszta w t i m .

$$\text{Dokładniej } d_0 = \frac{\gamma z_0 r_1}{10 \sigma - \gamma z_0}.$$

$$\text{Jeżeli nazwiemy } m = \frac{z_0}{\frac{1}{8} + \frac{\gamma z_0}{10 \sigma}}, \text{ to } r_1 = \frac{l^2}{8} \cdot \frac{f + m}{fm}.$$

Jednak ze względu na obciążenie jednostronne musi być także

$$d_0 \geq 0,43 \frac{pf}{d_0 + \eta_0 + \frac{p}{2} + \frac{f}{10}} \dots \dots \dots (7)$$

Przykład 1. Dane $l = 30 m$, $f = 10 m$, $\eta_0 = 0,8 m$, $p = 1 m$, $\sigma = 12 kg/cm^2$, $\gamma = 2,4 t/m^3$.
Mamy naprzód

$$d_0 = \frac{0,15 \cdot 2,4 \cdot \frac{900}{10} \left(0,8 + 0,5 + \frac{10}{10} \right)}{10 \cdot 12 - 0,15 \cdot 2,4 \cdot \frac{900}{10}} = 0,85 m,$$

$$\text{więc } z_0 = 0,85 + 0,80 + \frac{1,0}{2} = 2,15 m,$$

$$m = \frac{245}{\frac{1}{4} + \frac{2,4 \cdot 245}{10 \cdot 12}} = 12,8, \quad r_1 = \frac{900}{8} \left(\frac{1}{10} + \frac{1}{12,8} \right) = 20 m,$$

$$d_0 = \frac{2,4 \cdot 2,15 \cdot 20}{10 \cdot 12 - 2,4 \cdot 2,15} = 0,90 m.$$

Dla obciążenia częściowego:

$$d_0 \geq 0,43 \frac{1 \cdot 10}{0,9 + 0,8 + \frac{1}{2} + \frac{10}{10}} = 1,34 m.$$

Liczmy jeszcze raz; przyjmujemy $d_0 = 1,2 m$.

$$d_0 \geq 0,43 \frac{1 \cdot 10}{1,2 + 0,8 + \frac{1}{2} + \frac{10}{10}} = 1,23, \text{ co się dostatecznie zgadza z przyjęciem.}$$

Według Melana otrzymamy:

$$d_0 = \frac{(1,8 \cdot 0,8 + 1) 20}{120 - 2,4 \cdot 20 - 2,15} = 0,7 m.$$

Przy uwzględnieniu obciążenia jednostronnego otrzymamy dla $p_1 = 1,2$, $w = 2,04$,

$$\text{dost}^2 \varphi = \frac{30^2}{30^2 + 4 \cdot 10^2} = 0,69, \quad d_0 = \frac{2,04}{2,24} + \sqrt{\left(\frac{2,04}{2,24} \right)^2 + \frac{1,2 \cdot 10}{2 \cdot 2,4}} \cdot 0,69 = 0,95 m.$$

Według Melana otrzymujemy więc mniejszą grubość.

Kształt łuku. Oś łuku przyjmujemy w kształcie półkola, odcinka, elipsy, paraboli, łuku kosowego. Dla nieco większych sklepień przyjmujemy obecnie oś łuku w kształcie linii ciśnienia dla obciążenia ciężarem własnym i połową ciężaru ruchomego.

Linję ciśnienia, która ma wpadać w oś łuku, wyznaczamy według Köglera nazwawszy $\varphi = \frac{z - z_0}{6 z_0} = \frac{z'}{6 z_0}$ (fig. 111). Rzędne y należy odnieść na dół od poziomej przez oś w kluczu; równają się one współczynnikiowi, podanemu w tabl. 1, pomnożonemu przez f .

Tabela 1.

$x: \frac{l}{2}$	$\varphi = 0$	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0,1	0,0100	0,0072	0,0064	0,0060	0,0057	0,0054	0,0051	0,0049	0,0047	0,0046	0,0045	0,0044	0,0043
0,2	0,0400	0,0352	0,0320	0,0306	0,0285	0,0271	0,0259	0,0249	0,0241	0,0234	0,0228	0,0223	0,0217
0,3	0,0900	0,0810	0,0752	0,0710	0,0674	0,0643	0,0617	0,0596	0,0576	0,0560	0,0544	0,0531	0,0518
0,4	0,1600	0,1463	0,1369	0,1297	0,1237	0,1186	0,1143	0,1106	0,1071	0,1040	0,1013	0,0990	0,0967
0,5	0,2500	0,2308	0,2184	0,2082	0,1995	0,1921	0,1856	0,1803	0,1751	0,1708	0,1667	0,1628	0,1593
0,6	0,3600	0,3367	0,3213	0,3088	0,2973	0,2876	0,2794	0,2722	0,2658	0,2600	0,2549	0,2496	0,2447
0,7	0,4900	0,4649	0,4476	0,4328	0,4206	0,4097	0,4009	0,3920	0,3844	0,3777	0,3718	0,3658	0,3604
0,8	0,6400	0,6167	0,5999	0,5860	0,5739	0,5633	0,5539	0,5446	0,5382	0,5318	0,5266	0,5202	0,5151
0,9	0,8100	0,7936	0,7813	0,7713	0,7627	0,7550	0,7481	0,7420	0,7364	0,7314	0,7269	0,7226	0,7184
0,975	0,9506	0,9459	0,9420	0,9389	0,9361	0,9337	0,9315	0,9295	0,9276	0,9258	0,9245	0,9231	0,9220
1,0	1,000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000

Przyjmując linię obciążenia paraboliczną, otrzymamy wedle Färbera i Rittera, gdy nazwiemy $\xi = x: \frac{l}{2}$, $\eta = y:f$, $\varphi' = 1 + \varphi$

$$\eta = \frac{1}{\varphi'} \xi^2 (1 + \varphi \xi^2) \dots \dots \dots (8)$$

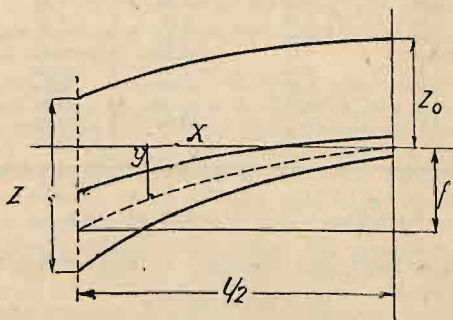


Fig. 111.

Łuki trójpřzegubowe. Oś łuku, która ma wpadać na linię ciśnienia, wyznaczyć możemy, jak poprzednio. Grubość w kluczu i w węzłowi u obliczymy także, jak poprzednio, dla obciążenia zupełnego, chodzi jeszcze o grubość d_2 w $\frac{l}{4}$. Tolkmitt otrzymuje $d_2 = 0,94 \frac{\gamma p l^2}{H} \cos \alpha$. Wstawivszy wartość za H , otrzymamy:

$$d_2 = 0,73 \frac{p f}{z_0 - 0,5 p} \cos \alpha \dots \dots \dots (9)$$

Mörsch wyznacza linię ciśnienia, a zarazem oś, w następny sposób. Wyznaczamy najpierw, poczynivszy od klucza, momenty ciężarów pasków (fig. 112)

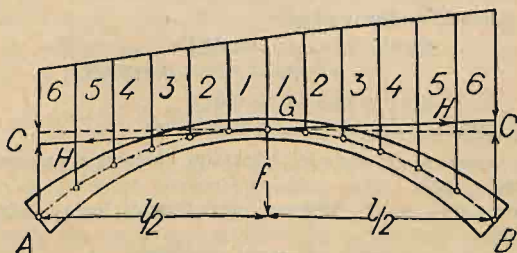


Fig. 112.

ze względu na poszczególne linie podziału zapomocą sił poprzecznych $M = \sum T' dx$, aż do podpór A i B . Momenty w węzłowiach niech będą M_a i M_b , wtedy mamy $M_a = H(f - e)$, $M_b = H(f + e)$, a stąd wyznaczymy H i e , przyczem dla obciążenia symetrycznego $e = 0$. $M : H = y$ oznacza odstęp punktów linii ciśnienia pod linią H .

Przykład 2. Dla sklepienia zaprojektowanego wedle fig. 113 ($l = 20,8$ m, $f = 3,2$ m) należy wyznaczyć dokładny kształt osi. Przyjmujemy $dx = \frac{l}{20} = 1,04$ m.

$x : \frac{l}{2}$	$P : dx$	$T : dx$	$T_{\text{šred.}} : dx$	$M : dx^2$	y_{wm}
0	0,86	0	0,43	0	0
0,1	0,88	0,86	1,30	0,43	0,022
0,2	0,97	1,74	2,22	1,73	0,085
0,3	1,11	2,71	3,27	3,95	0,203
0,4	1,29	3,82	4,46	7,22	0,371
0,5	1,54	5,11	5,88	11,68	0,601
0,6	1,85	6,65	7,58	17,06	0,903
0,7	2,26	8,56	9,53	25,14	1,292
0,8	2,80	10,76	12,16	34,77	1,787
0,9	3,47	13,56	15,80	46,93	2,413
1,0	0	17,08		62,23	3,200

$$H = \frac{M_{10}}{f} = \frac{62,23 \cdot 1,04^2}{3,2} = 21,03 \text{ m}^3 = 50,5 \text{ t}.$$

Grubość sklepień betonowych. Wzór doświadczalny podaje
Housselle

$$d_0 = 0,2 + 0,022 r \quad , \quad , \quad , \quad , \quad , \quad , \quad , \quad , \quad (10)$$

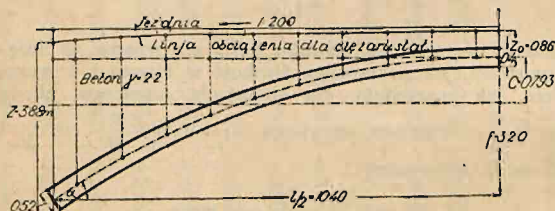


Fig. 113.

Dla płaskich mostów drogowych $\left(\frac{f}{l} = \frac{1}{10}\right)$ i dla sklepień, zbudowanych wedle linii ciśnienia, można przyjąć:

$$\left. \begin{aligned} d_0 &= 0,02 l \\ d_1 &= (1,5 \pm 0,015 l) d_0 \end{aligned} \right\} \dots \dots (11)$$

$$\text{dla } l \geq 30 \text{ m } d_0 = 0,01 \text{ l} \quad (12)$$

Dla przepustów kolejowych $d_0 = 0,033 l + 0,1 \dots \dots \dots (13)$

Dokładne wyznaczenie grubości i kształtu sklepienia następuje, jak powyżej dla kamiennych.

Sklepienia. Materiał. Możemy użyć do sklepienia cegły, kamienia łamanego, ciosów i betonu.

- a) Cegły. Zmianę grubości osiągamy odsadkami.
b) Kamień łamany. Szwy mają być cienkie przy kamieniu obrobionym (0,5—1 cm), grubsze przy nieobrobionym (2—3 cm). Do zaprawy używa się obecnie tylko cementu portlandzkiego 1:3 do 1:5.
c) Ciosy. Wysokość ciosów ma być, ile możności, równa grubości sklepienia g , $\frac{1}{2}g$ lub $\frac{1}{3}g$. Szerokość ciosów wynosi 30—60 cm, rzadko 75 cm.
d) Beton. Używamy zwykle mieszaniny 1:2:5 do 1:3:6. W miejscach, gdzie naprężenia są większe, w kluczu i w węzłowiach mieszaniny tłustszej 1:2:4, nawet 1:1,5:1,5.

Wykonanie sklepień. Małe sklepienia sklepimy w całej grubości od przyczółków do klucza. Dla większych sklepień używa się rozmaitych sposobów, aby uniknąć otwarcia szwów podczas sklepienia i potem. Najpierw zostawia się w kluczu, w węzłowiach i w szwach niebezpiecznych szwy otwarte, nawet przerwy, rozparte beleczkami, i zapełnia się je dopiero przed zdjęciem krążyn, a nawet i potem, i zamyka się sklepienie w kilku punktach równocześnie, przez co zmniejsza się też odkształcenie krążyn podczas budowy.

Dla $l > 40 m$ wykonywa się sklepienia pierścieniami z ząbieniem naturalnym, wynikiem z układu klinów.

Beton układa się w warstwach 18—20 cm, prostopadle do podniebienia i ubija bijakami. Betonuje się w paskach takich, aby je można w jednym dniu wykonać (60—100 m³). Jeżeli trzeba betonować dłużej, to albo robi się bez przerwy i w nocy albo też zostawia szczelinę, którą wypełniamy dopiero po ustaniu ruchów rusztowania. Sklepienie trzeba w pierwszych tygodniach często polewać wodą. Obecnie wchodzi też w użycie beton lany.

Przeguby ustalają linję ciśnienia i przeciwdziałają powstawaniu naprężeń wskutek zmiany ciepłoty i ruchów przyczółka. Konieczne przy niepewnym gruncie, a wskazane wogóle dla większych rozpiętości. Przy mostach murywanych używamy zawsze trzech przegubów, przy żelbetowych czasem dwu przegubów. Charakterowi mostów kamiennych odpowiadają przeguby kamienne (most kolei Drezno-Staremiasto; fig. 114) lub betonowe (najw. $k = 90 kg/cm^2$).

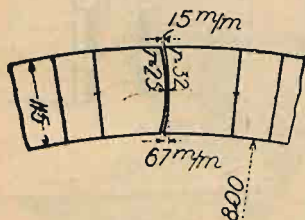


Fig. 114.

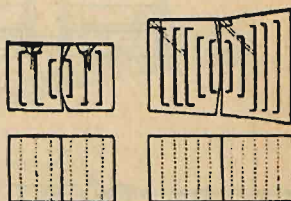


Fig. 115.

Często wstawiamy wkładki ołowiane o grub. 2 mm, ujęte w blachy mosiężne. Przy większych rozpiętościach używamy ciosów przegubowych żelbetowych (fig. 115). Nazwijmy k_m najw. dop. ciśnienie, P ciśnienie na jednostkę długości, E , E_1 współczynniki sprężystości, R i R_1 promienie obu walców się dotykających, a połowę szerokości zetknięcia, to

$$a = \frac{2P}{\pi k_m}, k_m = 2 \sqrt{\frac{5P}{18\pi} \cdot \frac{E E_1}{E + E_1} \left(\frac{1}{R} + \frac{1}{R_1} \right)} \dots (14)$$

R_1 jest ujemne, jeżeli leży na tej samej stronie, co R . Ponieważ największe ciśnienie występuje tylko w bardzo wąskim pasku, więc można k_m przyjąć bardzo wysokie; dla żelaza możemy pójść aż do granicy plastyczności (2,2—2,4 t/cm²), dla stali do 2,8 t/cm², dla kamieni do połowy wytrzymałości materiału.

Przeguby ołowiane, nieodpowiednie dla wielkich sklepień, składają się z warstwy ołowin, zwykle 15—25 mm, przy wielkich ciśnieniach nawet 8 mm grubiej. Zw. grubość płyty wynosi $\frac{1}{8}$ do $\frac{1}{12}$ szerokości płyty b .

Aby ołów nie wciskał się w pory kamienia, kładziemy zwykle między ołów a kamień blachę miedzianą lub mosiężną. Szerokość płyty $b = \frac{N}{60}$, jeżeli dopuszczamy ciśnienia na ołów 120 kg/cm². Jeżeli ciśnienie na cios ν ,

Najmniejsza grubość nadsypki w kluczu wynosi:

	mosty murowane	betonowe
Mosty drogowe	45 cm	20 cm
" kolei głównych	85 cm	75 cm
" " drugorzędnych	50 cm	45 cm
Kładki	0 cm	0 cm

W Niemczech grubość żwirówki pod podkładami wynosi

	najmniej	poleca się
dla mostów kolei głównych	20 cm	30 cm
" " " drugorzędnych	15 cm	20 cm

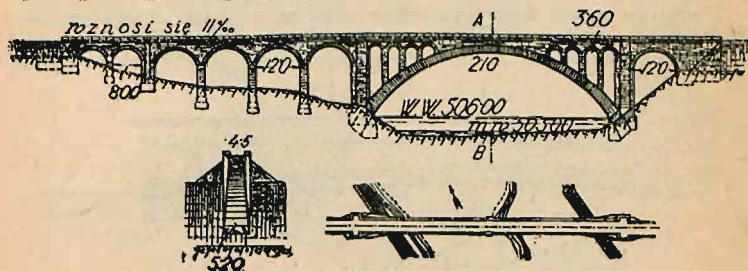


Fig. 119.

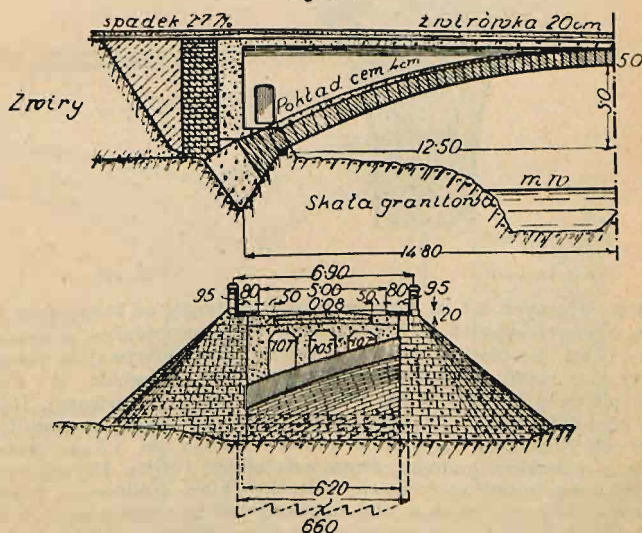


Fig. 120.

Przepisy polskie o budowie mostów drogowych z r. 1926, § 51. Nadsypka jezdni.
2. Grubość nadsypki z pomostem nie powinna w żadnym miejscu być mniejsza, niż 45 cm. 3. Spad poprzeczny jezdni należy dostosować do rodzaju użytego materiału.

Mury pachwinowe. Aby zmniejszyć objętość nadsypki przy mostach dla $l > 15$ m, a w wiaduktach dla $l > 19$ m, budujemy często w pachwinach mury, ograniczające komory, a przykryte płytami lub sklepieniami. Zmniejszają one ciężar własny mostu, umożliwiają lepsze odwodnienie i ładnie wyglądają. Mury pachwinowe mogą być poprzeczne (most na Prucie w Jarzemczu; fig. 119) lub podłużne (fig. 120). Przy mostach jednoprzęsłowych i mo-

stach o $l > 40$ m spotykamy mury podłużne tylko wyjątkowo. Odstęp w świetle murów pachwinowych podłużnych wynosi średnio 1,3 m, rozpiętość sklepień pachwinowych poprzecznych wynosi średnio 3—4 m. Komory można przykryć sklepieniami lub płytami kamiennymi lub żelbetowymi. Mury pachwinowe przerywa się czasem otworami; wtedy mamy tylko filary odosobione.

Mury czołowe mają u góry grubość najmniej 40—50 cm. Powierzchnia wewnętrzna zwykle pochyla, nakryta powłoką aż do gzymsu. Należy obliczać je na parcie ziemi.

Gzyms główny nie powinien brakować nawet przy najskromniejszym moście, choćby w kształcie płyty nieco wysuniętej.

Poręcze muszą być dostatecznie silne ze względu na siły poziome, działające w wysokości oparcia. Grubość kamiennych poręczy najmniej 25—30 cm, żelbetowych 8—10 cm, żelaznych 4—5 cm. Wysokość wynosi

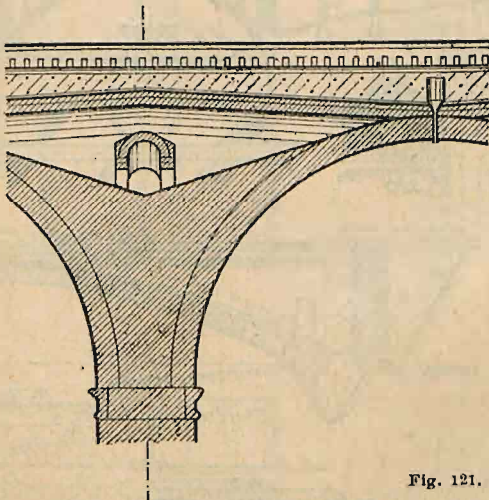


Fig. 121.

około 1 m, żelaznych 1,1 m. Poręcze żelazne są tańsze od kamiennych i wymagają węższych sklepień, architektonicznie więcej uzasadnione są kamienne.

Powłoka jest to warstwa nieprzepuszczalna, pokrywająca sklepienie lub inny mur mostu. Musi ona być sprężysta, aby nie pękała. We Francji zwykle pierwsza warstwa 3 cm składa się z zaprawy wapiennej, 1350 kg wapna na 1 m³ piasku. Na tej warstwie ubitej układa się warstwę 1,5 cm asfaltu. W Niemczech dają dwie warstwy asfaltu po 1,5 cm grubości; pierwsza z dodatkiem gudronu, druga z dodatkiem żwirku. Używane są też płyty pilśni asfaltowej, których szwy zalepia się kitem asfaltowym. Ponieważ pilśń z czasem gnije, zamiast niej używamy też juty asfaltowej lub tektolitu, płyty asfaltowej, wewnątrz której znajduje się płótno. Najpewniejszą, ale najdroższą powłoką są płyty ołowiane 2 mm grube. Wszystkie te powłoki zakłada się na warstwie 2—3 cm grubej zaprawy cementowej 1:2 do 1:3, dobrze wygładzonej i wyschniętej, czasem na warstwie betonu 8 cm grubej lub na jednej lub dwu warstwach cegieł na cemencie. Na ściany pionowe daje się asfalt czysty bez piasku na warstwie 1 cm zaprawy wapiennej. Na powłoce nie można dawać ostrokanciastego żwiru, lepiej nakryć ją warstwą cegieł lub piasku.

Odwodnienie wykonujemy wedle zasady, że wodę odprowadzić należy drogą pewną i jak najkrótszą, ochronić ją przed mrozem, a urządzenia muszą być takie, aby rewizja była łatwa.

Odwodnienie powierzchniowe jest ważne zwłaszcza przy mostach drogowych. W tym celu dajemy powierzchni spadek poprzeczny dla żwirówki 40—60‰, dla bruku 24—30‰, dla chodników 12—20‰, oprócz tego spadek podłużny najmniej 1—2‰. Por. jednak str. 754. Co 25 m należy odprowadzić wodę z rynien rurami spustowymi na zewnątrz.

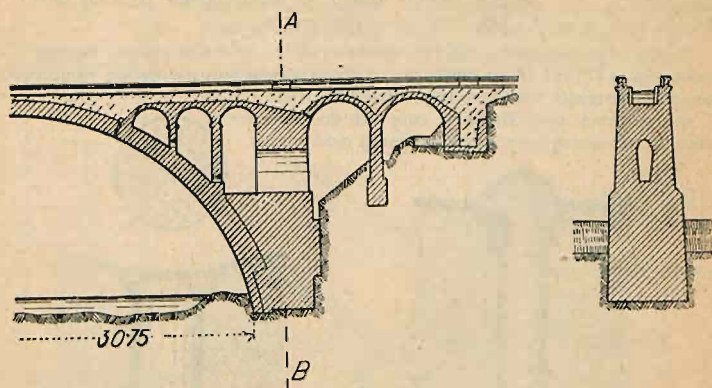


Fig. 122.

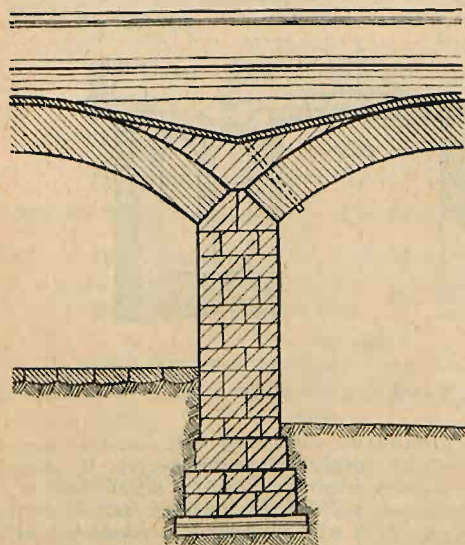


Fig. 123.

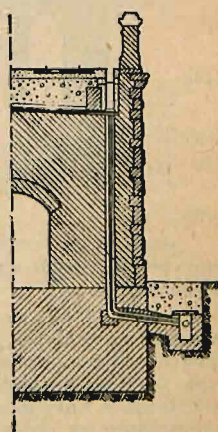


Fig. 124.

Odprowadzenie wody wsiakającej może być rozmaite. Ilość wody przy mostach drogowych zależy od rodzaju pokrycia pomostu; przy mostach kolejowych należy przyjąć całą ilość wody opadowej jako wsiakającą. Przy mostach o małej rozpiętości odprowadzamy wodę poza przyczółki (fig. 106). Warstwa kamienia o grub. 50—60 cm ułatwia odwodnienie. Przy dłuższych

mostach nadajemy nadmurowaniu spadek ku rurom odpływowym. Odprowadzić wodę możemy przez klucz (fig. 121), co robimy zazwyczaj tylko przy małych rozpiętościach, przez boki sklepień (fig. 122) lub w pobliżu wezglowia (fig. 123). Jeżeli pod sklepieniem jest droga lub ulica, odprowadzamy też wodę przez filar (fig. 124). W takim razie należy się starać urządzić tak odwodnienie, aby można każdej chwili je kontrolować (szeroki otwór, do którego można włożyć lub rury do wyjmowania).

Wodę wprowadzamy do rur spadowych za pośrednictwem talerza i kołczyka (fig. 125) lub tylko rusztu (fig. 126). Czasem sprowadza się wodę równocześnie z pomostu tym samym otworem. W takim razie przedłużamy rurę aż do pomostu. Średnicę rury odwadniającej mo-

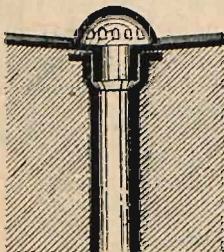


Fig. 125.

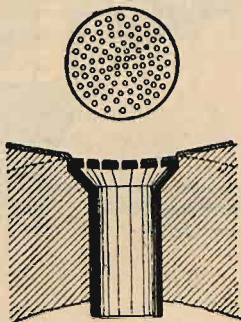


Fig. 126.

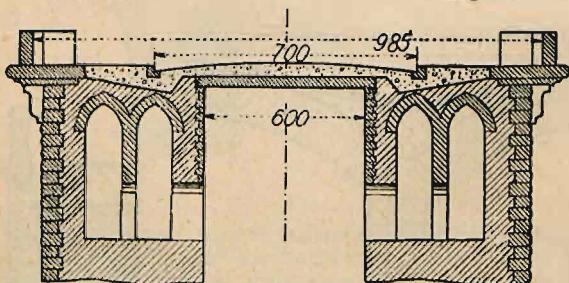


Fig. 127.

żemy przyjąć wedle wzoru $d = \sqrt{F}$, gdzie d jest w *cm*, F zaś powierzchnią odwodnioną w m^2 .

Pomost. Podparcie pomostu. Zazwyczaj cała szerokość pomostu spoczywa na nadsypce, płytach lub sklepieniach pachwinowych. W ostatnich czasach podpierają pomost mostów drogowych dwoma sklepieniami w odstepie 5–6 m. Na części środkowej podpira pomost płyta żelbetowa (most na Petrusse w Luksemburgu; fig. 127). Aby zmniejszyć szerokość sklepienia, umieszczamy też chodniki na wspornikach. Przy mostach kolejowych zmniejszamy wtedy szerokość sklepienia do 3,80 m, dwutorowych do 7,50 m, wąskotorowych do 3,70 m.

Szerokość pomostu zależy od szerokości drogi czy ulicy. W miastach szerokości bywają większe, nawet do 55 m.

Przyczółki i filary. Przy obliczeniu przyczółka musimy uwzględnić oprócz ciężaru własnego i nadsypki parcie sklepienia i parcie ziemi. Filary obliczamy, przyjmując jedno sklepienie obciążone, drugie nie. Wtedy linja

ciśnienia nie powinna wyjść z rdzenia. W razie zawalenia się jednego sklepienia, drugie nieobciążone działa jednostronnie; wtedy linja ciśnienia nie powinna wyjść z przekroju.

Kształt. Przyczółki mają kształt prostokątny tylko dla małych przepustów, zresztą nachylamy oś przyczółka wedle linji ciśnienia. Ściany wysokich filarów także nachylamy w kierunku podłużnym mostu, średnio 2%, w kierunku poprzecznym 2–5% (fig. 128).

Grubość przyczółków u góry przyjąć możemy wedle Molana dla $l \geq 16 m$ i nachylenia tylnej powierzchni 1:5.

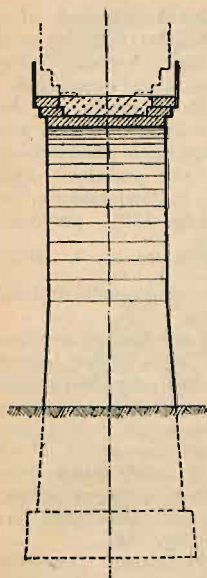


Fig. 128.

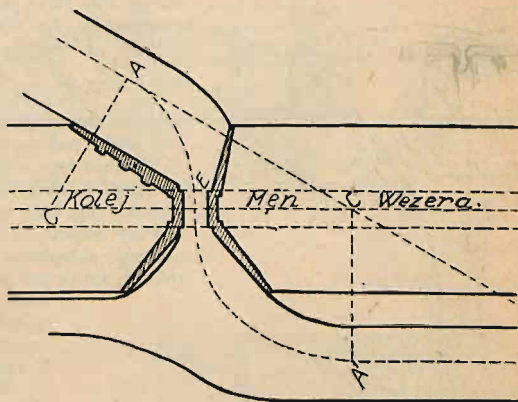


Fig. 129.

$$\left. \begin{array}{l} \text{dla sklepień półkolistych} \quad b = 0,8 + 0,13 l \\ \text{dla sklepień odcinkowych} \quad \frac{f}{l} = \frac{1}{4} \quad b = 0,8 + 0,2 l \end{array} \right\} \dots \dots \dots (15)$$

Należy sprawdzić, czy wymiary są odpowiednie, przy pomocy linji ciśnienia.

Grubość filarów. Dla mostów rzecznych przyjąć możemy dla $40 m > l > 15 m$ grubość filara u góry

$$b = 2,0 + 0,07 l \dots \dots \dots (16)$$

Wedle Séjourné'go jeżeli nazwiemy h wysokość filarów do pomostu,

$$\left. \begin{array}{l} b = 0,1 l + 0,04 h \\ \text{dla mostów niskich} \quad b \geq 0,125 l \end{array} \right\} \dots \dots \dots (17)$$

$$\text{dla sklepień półkolistych,} \quad b = 0,125 l \text{ do } 0,1 l \dots \dots \dots (18)$$

dla sklepień eliptycznych i odcinkowych.

Dla wiaduktów możemy przyjąć z Houssellem

$$b = 0,5 + 0,16 l \dots \dots \dots (19)$$

$$\left. \begin{array}{l} \text{Séjourné przyjmuje} \quad b = 0,2 l + 0,04 h \\ \text{dla małych} \quad b = 0,4 + 0,15 l \end{array} \right\} \dots \dots \dots (20)$$

Jeżeli przyległe sklepienia mają rozpiętości nierówne, to grubość musi być większa 0,25 l do 0,3 l .

Głowice urządzamy przy filarach rzecznych. Dajemy im dla ułatwienia odpływu wody kształt półkolisty, eliptyczny lub ostrołukowy. Por. „Przy-

czołki i filary", str. 833. Głowice powinny wystawać około 0,5 m nad wielką wodę. Przykrywamy je czapką stożkową. Filary lądowe są w rzucie poziomym prostokątne, wzmacnia się je czasem przyporami. Jeżeli most jest w łuku, przekrój filarów jest trapezowy.

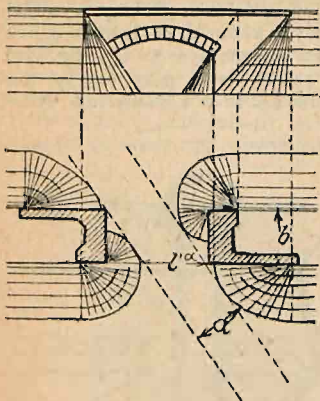


Fig. 130.

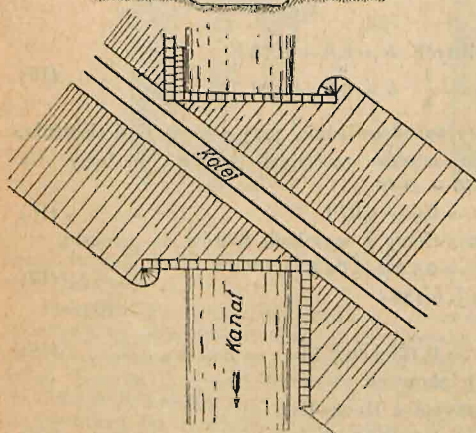


Fig. 131.

Sposoby uniknięcia sklepień ukośnych. 1. Jeżeli kąt ukosu mało co różni się od prostego, to można wykonać sklepienie proste, a potem ścinać poszczególne klince równoległe do osi mostu. 2. Jeżeli kąt ukosu jest mniejszy, to przy małych mostach i przepustach przekładamy drogę lub strumykę, aby przecięcie było prostopadłe (fig. 129). 3. Powiększamy rozpiętość w świetle (fig. 130), przyczem $l + l' + c = \frac{a}{\sin \alpha} + b \cos \alpha$. 4. Mury czołowe zamieszczamy prostopadłe do drogi lub wody pod mostem.

Wobec tego mają one kształt niesymetryczny, a skrzydła są z jednej strony wysokie (fig. 131), uż. zwł. przy przepustach. 5. Przy większych rozpiętościach możemy uniknąć sklepień ukośnych, dzieląc szerokość mostu na paski równoległe do osi mostu i każdy pasek przeklepiamy prostym łukiem (most pod Sutterhaus na Volme; fig. 132).

Wykonanie mostów sklepionych. 1. Rusztowania krążynowe. Rusztowanie krążynowe ma służyć jako podparcie nieukończonego sklepienia, powinno być więc mało odkształcalne i pod całym ciężarem sklepienia ma mieć kształt projektowany. Musi ono być tak ułożone, aby można zdjąć krążyny, łatwo je wreszcie ustawić i rozebrać. Rusztowanie krążynowe składa się z następujących części: 1. Krążyny, belki, niosące ciężar sklepienia. Górna część krążyny, mająca kształt podniebienia, nazywa się wieńcem. 2. Deskowanie, którego górna powierzchnia leży dokładnie w powierzchni podniebienia. 3. Przy-

rzędy do zdjecia krążyn. 4. Teżniki poprzeczne. 5. Rusztowanie podpierające, słupy.

Polskie przepisy o budowie i utrzymaniu mostów drogowych z r. 1926, § 55. Rusztowania krążynowe 1. Dla podtrzymania sklepienia przez cały czas budowy aż do zupełnego steżenia zaprawy, wiążącej kamienie, należy wykonać silne i pewne rusztowania krążynowe, które oprócz ciężaru sklepienia powinno utrzymać bez widocznego odkształcenia ciężar maszyn roboczych i ludzi pracujących.

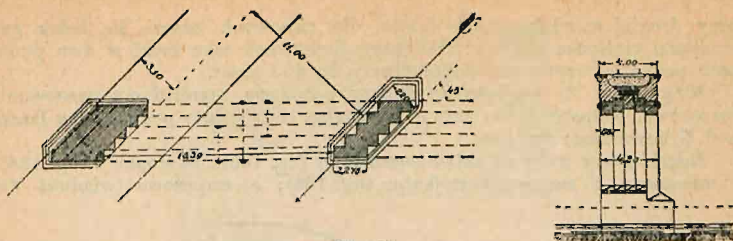


Fig. 132.

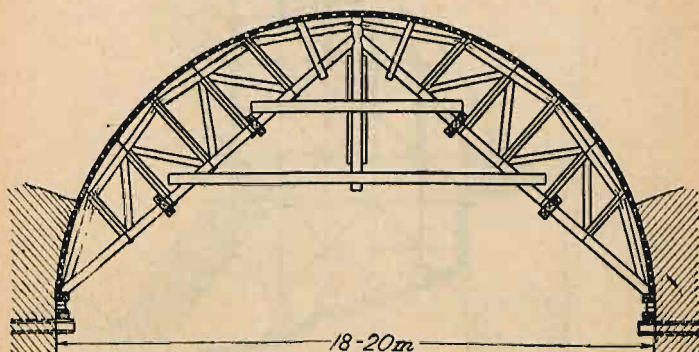


Fig. 133.

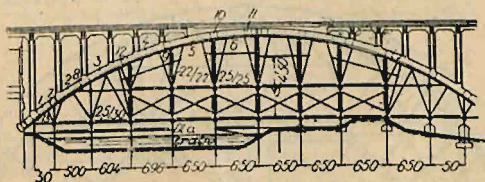


Fig. 134.

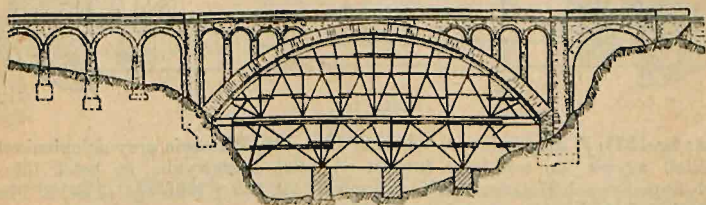


Fig. 135.

Zasady przy projektowaniu. Unikać zginania belek, lepiej dopuszczać tylko ciśnienie, poszczególne słupy, o ile możności, równomiernie obciążać, jak najmniej wykonywać połączeń.

Deskowanie dla sklepień ceglanych robi się z łąt z odstępami 2—4 cm, przy kamieniu łamanym do 10 cm, dla betonowych daje się deski jedna

przy drugiej w odstępach 3—5 mm, dla ciosowych używa się belek pod środkami ciężkości klinców. Obliczamy deskowanie jako belki w dwu punktach podparte, naprężenia dopuszczamy do 60 kg/cm².

Krażyny. Ze względu na punkty podparcia rozróżniamy rusztowanie rozporowe, podparte tylko przy filarach (fig. 133) i stale podparte (na Izarze pod Grünwaldem; fig. 134).

Rozróżniamy dalej *a*) układ zastrzałowy (fig. 135) i *b*) słupowy (fig. 136); *c*) mieszany; *d*) rozpornice trójkątne (fig. 133); *e*) trapezowe (wiadukt Val

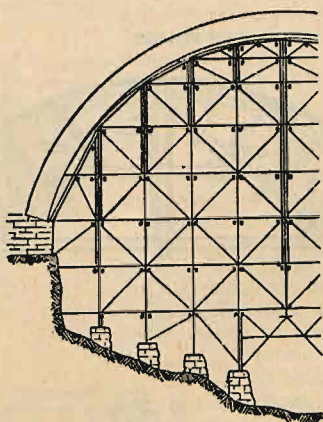


Fig. 136.

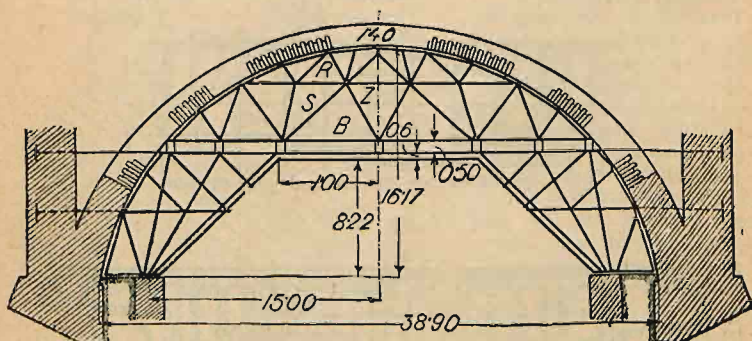


Fig. 137.

Mela; fig. 137); *f*) rozpornice wieloboczne (fig. 138). Wreszcie przy sklepieniach płaskich używa się też jako krażyn *g*) belek kratowych; *h*) belek łukowych drewnianych Hetzera, spajanych masą (fig. 139); jako też *i*) belek blaszanych lub *k*) kratowych żelaznych (fig. 140).

Odstęp krażyn wynosi 1—2 m, skrajną krażynę umieszczamy w odstępie do 0,5 m od czoła. Krażyny i rusztowania osiadają się, dlatego podwyższamy nieco krażyny w kluczu. Dla stale podpartych krażyn понижение klucza podczas murowania sklepienia wynosi $\Delta f = \frac{1}{200} (l - f)$, dla rozporowych $\Delta f = \frac{1}{100} (l - f)$.

Wieniec składa się przy małych rozpiętościach z dyli u góry wyciętych wedle kształtu podniebienia. Przy większych rozpiętościach używamy belek, które pracują na zginanie. Połączenie w zastrzałami i słupami wedle fig. 141.

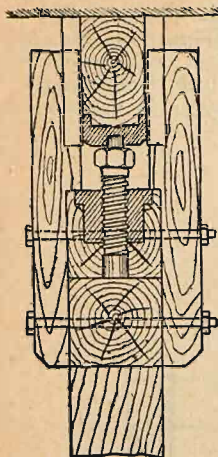


Fig. 142.

Przyrządy do zdjęcia krawężyn. Zdjęcie krawężyn powinno odbywać się bez wstrząśnień. Dla małych mostów wystarczą *a*) kliny, dla większych używa się *b*) śrub (fig. 142), umieszczonych w kierunku promienia pod wieniec albo pionowo między

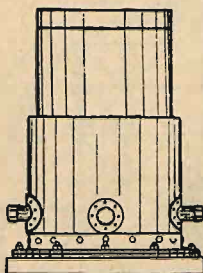


Fig. 143.

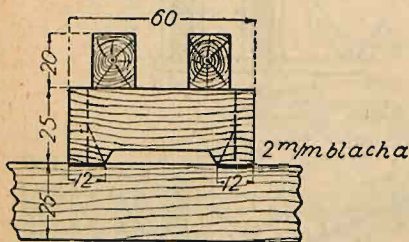
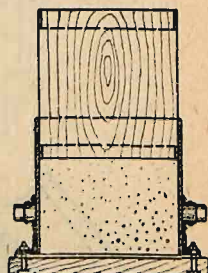


Fig. 144.

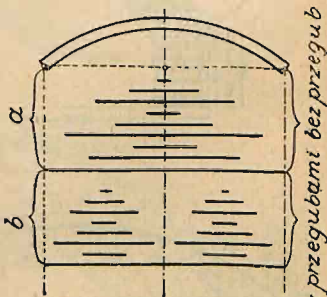


Fig. 145.

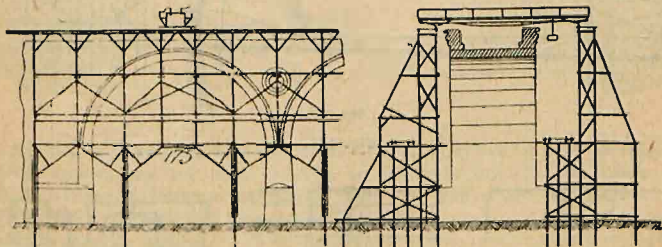


Fig. 146.

rusztowaniem dolnem a górnem; często używamy *c*) skrzyń z piaskiem (fig. 143), których jednak trzeba strzec przed wilgocią. W ostatnich czasach Zuffer użył przy kolejach alpejskich *d*) strzemion drewnianych (fig. 144), które się podcina i sprowadza zgniecenie podstawy strzemiona, a przez to zniżenie krawężyn.

Wreszcie używa się też wind hydraulicznych, składających się z walca z tłokiem, do którego pompuje się wodę, a potem ją wypuszcza.

Sposób spuszczenia krawężników wskazuje fig. 145. Przy sklepieniach bezprzegubowych zaczynamy niżenie w kluczu, przy trójprzegubowych w jednej czwartej rozpiętości.

Polskie przepisy o budowie i utrzymaniu mostów drogowych z r. 1926, § 55. 3. Podparcie krawężników na rusztowaniu należy urządzić w ten sposób, ażeby przy rozbieraniu nie wywołać szkodliwych wstrząsów sklepienia, a zarazem, ażeby obniżenie krawężników mogło się odbywać spokojnie i stopniowo.

4. Czas usunięcia krawężników oznaczy techniczny kierownik budowy.... W każdym razie czas ten nie może być mniejszy, niż 1 miesiąc od chwili wykonania sklepienia.

2. Wykonanie. Rusztowania wykonawcze. Dla wykonania sklepień potrzebne są osobne rusztowania, na których poruszają się żóławie. Budujemy je z obu stron mostu (fig. 146). Odstęp słupów 4—9 m, wysokość pięter 5—8 m. Przy obliczaniu można przyjąć napężenie 120 kg/cm^2 .

Wykonanie sklepień zależy od materiału. Obecnie używamy zaprawy cementowej. Małe sklepienia wykonywamy, sklepiąc z obu stron od wezglowia do klucza. Przy większych zostawia się w kluczu, wezglowiu lub szwach niebezpiecznych szwy otwarte albo przerwy rozparte beleczkami (most Gour Noir; fig. 147) i zapełnia szwy i przerwy dopiero przed zdjęciem krawężników lub potem. Sklepienie zamyka się równocześnie w kilku punktach. Większe sklepienia wykonywano też w pierścieniach.

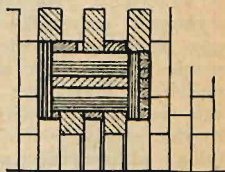


Fig. 147.

Betonowe sklepienia budujemy w takich paskach, aby je można w jednym dniu wykonać ($60\text{--}100 \text{ m}^3$). Na drugi dzień zostawia się szczelinę, którą się wypełnia po ustaniu ruchów rusztowania, albo też robi się bez przerwy dzień i noc. Szerokie sklepienia można podzielić na dwie lub więcej części. Nadmurowanie wykonywamy albo równocześnie ze sklepieniem, ale przy dostatecznym obciążeniu krawężników albo później, ale przed zdjęciem krawężników.

Wykończenie. Po wykończeniu sklepienia dajemy powłokę sklepienia, po zdjęciu krawężników mury czołowe, gzymsy, poręcze, nadsypkę, stożki. Nadsypkę należy nakładać równocześnie w warstwach cienkich, ubitych symetrycznie, aby nie powstało niejednostajne obciążenie lub parcie.

LITERATURA.

- Thullie M.: Mosty kamienne. Lwów 1902, II. w. 1908.
 Croizette-Desnoyers: Cours de construction de ponts. Paryż 1885.
 Morandière R.: Traité de la construction de ponts et viaducs. Paryż 1888.
 Résal J.: Emplacement, débouchés, fondations des ponts en maçonnerie. Paryż 1896.
 Séjourné P.: Grandes voûtes. Bourges 1913—1916.
 Grattan Tyrrel: Concrete bridges and culverts for both railroads and highways. London 1909.
 Heinzerling: Die Brücken der Gegenwart. II. Steinerne Brücken. Akwizgran 1875 i 1877.
 Färber R.: Dreigelenkbogenbrücken. Stuttgart 1908.
 Zimmermann K.: Der Dreigelenkbogen aus Stein, Beton oder Eisenbeton. Stuttgart 1909.
 Schönhöfer R.: Die Haupt-, Neben- und Hilfsgerüste im Brückenbau. Berlin 1911.
 Schmid K.: Steinbrücken, Durchlässe, Dohlen. Techn. Studienhefte 13. Stuttgart 1916.
 Foerster: Massive Brücken in Stein, Beton und Eisenbeton, Handb. d. Ingw., II. wyd. Lipsk 1917.
 Melan J.: Der Brückenbau, II. Band. Steinerne Brücken. Lipsk-Wiedeń 1911, III. w. 1924.