

$$J_{xx} = 2 \left[\frac{\delta \times (2h_2)^3}{12} + 2\delta h_2 \times (h_2 - h)^2 \right] + \\ + 2 \left[i_1 + w_1 \times (h_1 - h)^2 \right] + 4 \times \left[i_2 + w_2 (h_2 - h_3)^2 \right] + \\ + \frac{1}{12} b \delta^3 + b \delta \times \left(h + \frac{\delta}{2} \right)^2$$

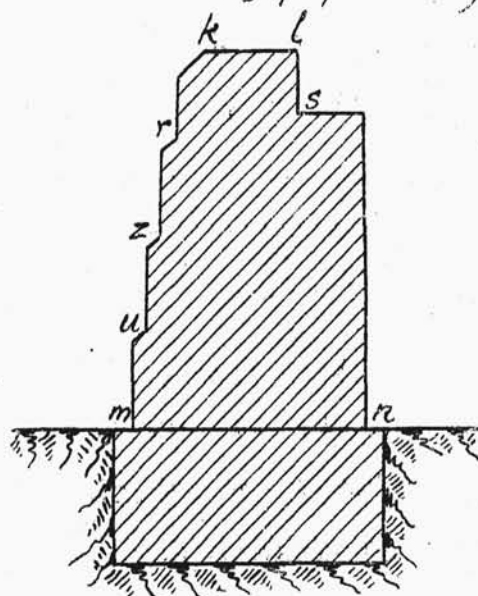
Dźwigary opisane nadają się przeważnie dla mostów żelaznych.

Przyczółki mostowe kamienne - murowane z kamienia, rzadziej z cegły - względnie betonowe - są zarazem ścianami oporowymi dla nasypu drogowego. - Ta ich podwójna rola wymaga też specjalnych kształtów i wymiarów.

Zasadniczym ich elementem jest część środkowa, wspierająca jądro nasypu, zarazem podtrzymująca opory dźwigarów /rys.244/. O jej wymiarach poprzecznych decyduje wysokość; w miarę wzrostu bowiem tej ostatniej zwiększa się parcie ziemi, na działanie którego obliczamy ściankę. Stąd też grubość jej przekroju - idąc ku dołowi - wzrasta schodkowo.

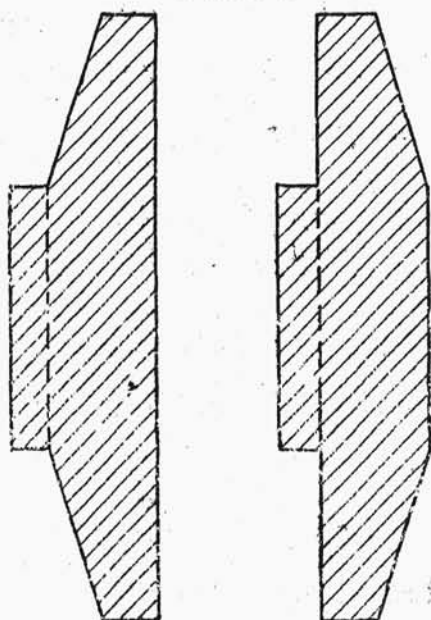
Oprócz wymienionej części środkowej mamy jeszcze 2 części boczne /rys.246/, tak zwane "skrzydła", które albo stanowią z nią jedną linję /rys.245 a i b,

Przekrój poprzeczny

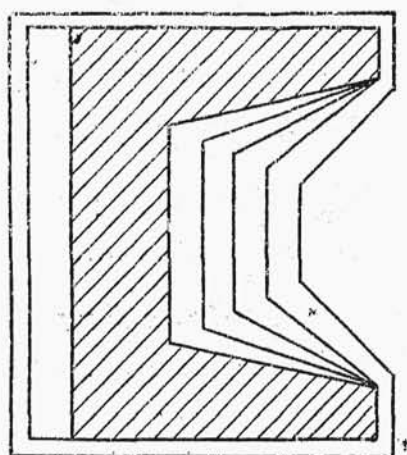


Rys.244

Plan



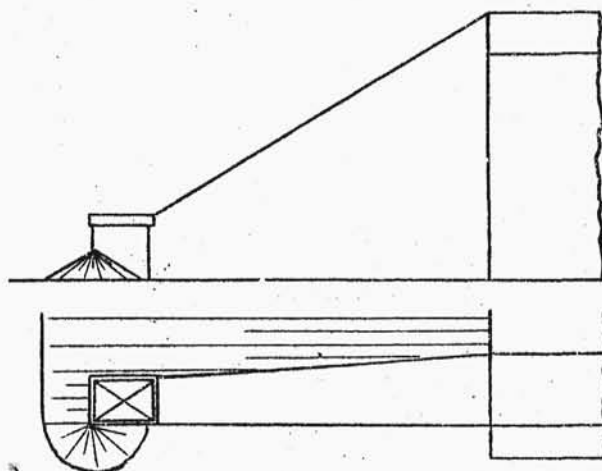
Rys.245



Rys.246.

albo też załamują się
względem niej pod ką-
tem prostym /rys.246/.
W pierwszym wypadku
boki podtrzymują stoki
nasypu i dlatego gór-
ny kant rch spada po-
chyło, stosownie do
nachylenia stoku; czę-
sto skrzydła są w rzu-
cie poziomym, krótsze
nieco niż podstawy sto-
ków; wtedy w zakońce-

niu ich dajemy słupki, okolone przez pozostałą część stoku, tworzącą wokół nich część powierzchni stożka /rys.247/. W drugim wypadku koronę nasypu

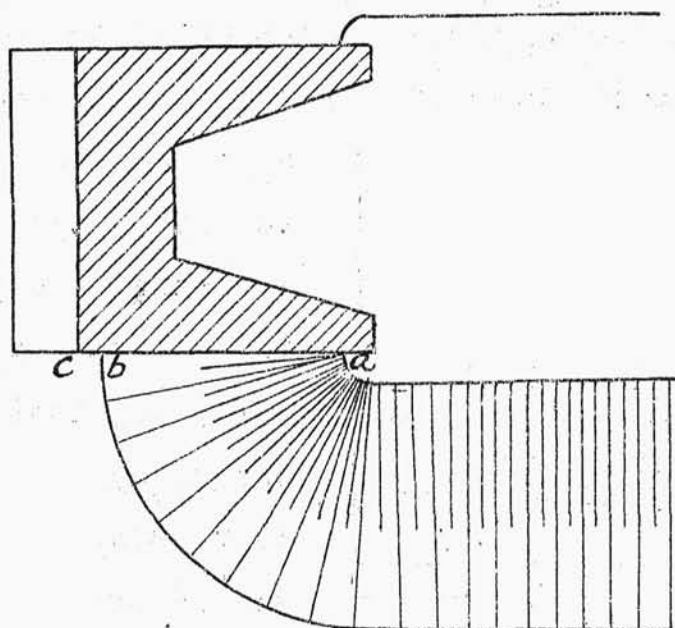


Rys.247.

doprowadzamy do punktu, odległego od końca skrzydła o jakieś 40 - 50 cm, poczem górny jej kant zaokrąglamy /korona jest zazwyczaj szersza od przyczółka/, zaś stok od tego sa-

meo punktu zakończamy powierzchnią stożka, mającego za podstawę elipsę, ponieważ zazwyczaj, w celu oszczędzenia na murze w kierunku prostopadłym do osi podłużnej nachylenie jest większe niż w kierunku równoległym do tejże osi. W związku z tem długość skrzydła musi być tak obliczona, ażeby podstawa stożku *ab* /rys.248/ wypadła o jakieś 20-30 cm. od punktu końcowego *c*. Ponieważ zaś nachylenie stoku *ab* robi się zazwyczaj 1:1, przeto długość, o której mowa, wynosi $H + 0,20 - 0,30m$, gdzie H oznacza wysokość nasypu. Obecnie przyczółki mostów kolejowych buduje się zwykle z odwróconymi prostopad-

le skrzydłami. Pozostałe ich wymiary zasadnicze

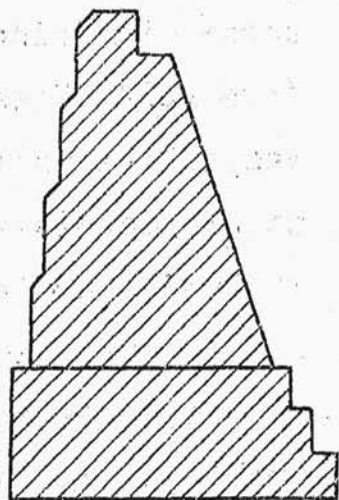


Rys. 248.

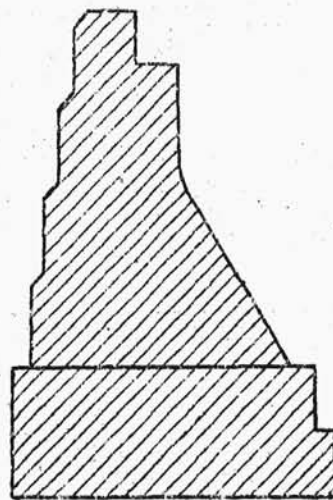
ustalamy drogą empiryczną - w sposób, jak wyżej:
grubość MN przekroju u podstawy części środkowej
wybieramy taką, żeby stanowiła co najmniej $0,45-0,5H$;
szerokość u góry KL robi się zwykle co najmniej
 $0,40 - 0,50$ mtr.; grubość w linii RS wynosi prze-
ważnie ok. $0,5$ wysokości ls , zwiększoną o wysokość
podsyпки żwirowej pod szynami; od tego miejsca po-
czynając aż do podstawy MN grubość przekroju po-
większa się schodkowo, przyczem wysokość jednego
stopnia WZ, ZU, UV - stanowi ok. $1 - 1,5$ mtr.
Grubość skrzydeł w miejscu załamania prawie równa

się grubości ścianki środkowej, zaś w drugim końcu robi się ją najmniejszą, jaką tylko w kamieniu można wyrobić, czyli ok. 40 cm. Grubość ta, od góry poczynając, aż do dołu może być niezmienną, ponieważ - jak to widzieliśmy wyżej - parcie ziemi jest jednakowe ze stron obu, czyli wzajemnie się równoważą. Czasami jednak - bez żadnej istotnej potrzeby - i tę grubość zwiększamy schodkowo ku dołowi.

Ściankę środkową od strony przedniej ograniczamy przeważnie linią pionową, czasami jednak, -



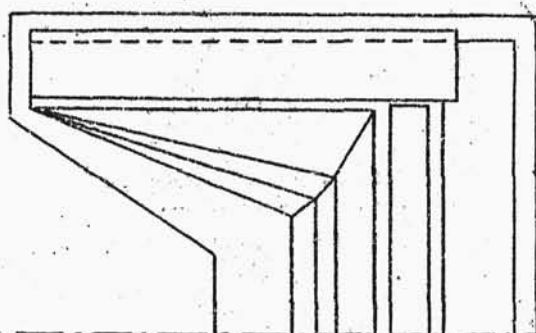
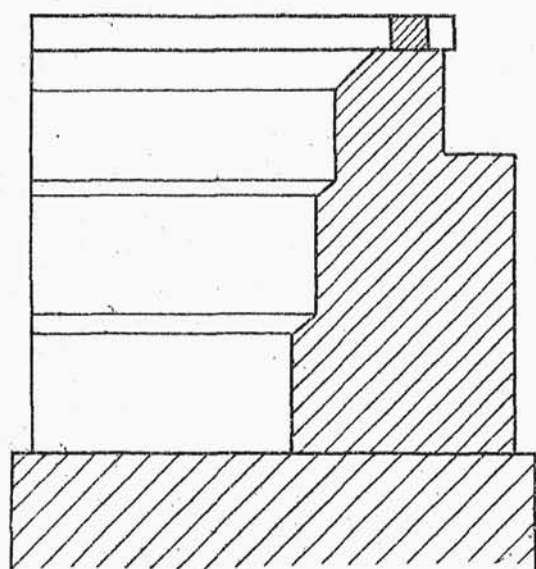
Rys. 249



Rys. 250.

zwłaszcza przy nasypach wysokich - dajemy jej zarys pochyły /rys. 249 albo rys. 250/.

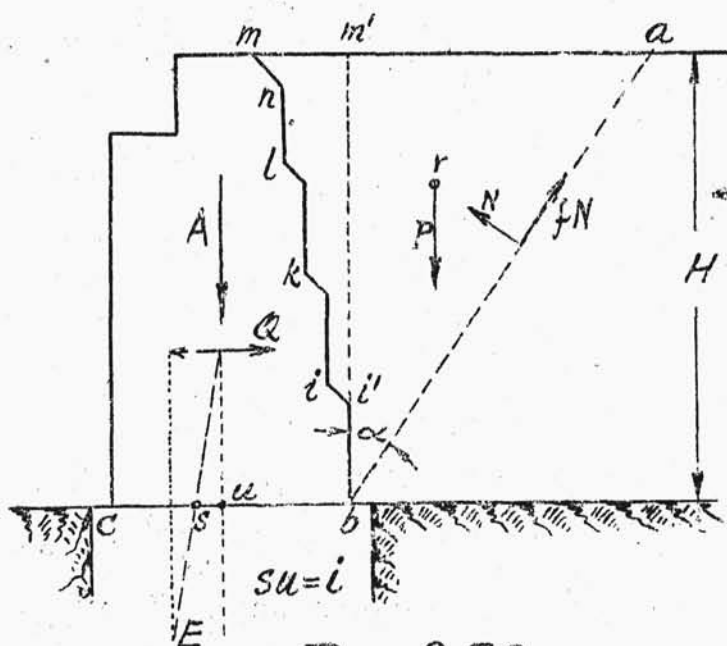
U góry, na przyczółku, kładziemy z 2 stron bocznych kamienie gżemsowe grub. 0,30 - 0,40 mtr., z trzeciej zaś frontowej - przeważnie w przerwie między tamtymi - układamy belkę drewnianą, której przeznaczeniem jest z jednej strony podtrzymywać żwirówkę /zwłaszcza w mostach kolejowych/, z drugiej zaś zastępować podkład /rys.251/. Stateczność



Rys.251.

oraz wytrzymałość zaprojektowanej ścianki środkowej przyczółka, należy sprawdzać sposobem, jak niżej /rys.252/. Przede wszystkim ustalić należy domniemaną wielkość parcia ziemi, zasypanej za przyczółkiem, traktując ją jako masę sypką, część której, - przednia, nie mogąc utrzymać się w stoku pionowym, - musi runąć,

obsuwając się po jakiejś pochyłej płaszczyźnie ab . Zaznacza się przytem, że aczkolwiek od strony przyczółka mamy właściwie powierzchnię schodkową, $m-n-l-k-l-b$, to jednak - z uwagi na to, że część ziemi pomiędzy tą ostatnią, a linią $m'e$ faktycznie opuścić się na dół nie może, będąc ściśniętą pomiędzy pryzmatem $m'ab$, a przyczółkiem - możemy bez poważniejszego błędu prowadzić obliczenie tak, jakgdybyśmy mieli mur, ograniczony linią $m'b$. Upraszcza to nam znacznie wywody.



Rys. 252.

Zatem pryzmat ziemi o przekroju poprzecznym $m'ab$ usiłuje spełznąć na dół, wciskając się jak klin i cisnąć na przyczółek. Rozważmy warunki jego

równowagi, zakładając, że w kierunku poprzecznym do rysunku, posiada on długość $= 1$. Jeżeli

P jest jego punktem ciężkości, jeżeli przez P oznaczymy jego wagę, przez N odpór \perp do ab , przez f - współczynnik tarcia i stąd przez fN siłę, opierającą się spełzaniu, wreszcie przez Q , wypadkową odporu, wywieranego przez mur, - to rzutując raz wszystkie siły działające na płaszczyznę pionową, drugi raz zaś na płaszczyznę poziomą, - otrzymujemy 2 następujące równania:

$$P - f \cdot N \cdot \cos \alpha - N \cdot \sin \alpha = 0$$

albo

$$P = f \cdot N \cos \alpha + N \sin \alpha = N (\sin \alpha + f \cos \alpha).$$

$$Q - N \cos \alpha + f N \sin \alpha = 0$$

albo

$$Q = N \cdot (\cos \alpha - f \sin \alpha).$$

Stąd przez podzielenie mamy:

$$\frac{P}{Q} = \frac{\sin \alpha + f \cos \alpha}{\cos \alpha - f \sin \alpha}.$$

Zważywszy zaś, że $f = \operatorname{tg} \varphi$, gdzie φ oznacza kąt stoku naturalnego danego rodzaju ziemi, mamy:

$$\frac{P}{Q} = \frac{\sin \alpha \cdot \cos \varphi + \cos \alpha \sin \varphi}{\cos \alpha \cdot \cos \varphi - \sin \alpha \sin \varphi} = \frac{\sin(\alpha + \varphi)}{\cos(\alpha + \varphi)} = \operatorname{tg}(\alpha + \varphi)$$

Stąd ostatecznie niewiadoma wielkość

$$Q = \frac{P}{\operatorname{tg}(\alpha + \varphi)}$$

Jeżeli linja górna nasypu jest poziomą, to

$$P = \frac{\gamma \cdot H^2 \cdot \operatorname{tg} \alpha}{2}$$

gdzie γ - oznacza wagę jednostkową ziemi.

Wobec tego:

$$Q = \frac{\gamma \cdot H^2 \cdot \operatorname{tg} \alpha}{2 \operatorname{tg}(\alpha + \varphi)}$$

W tem wyrażeniu α - jest nieznane. Ale możemy znaleźć takie znaczenie α , przy którym otrzymuje wartość maximum, mianowicie:

$$\frac{dQ}{d\alpha} = \left[\frac{\operatorname{tg}(\alpha + \varphi) \cdot \frac{1}{\cos^2 \alpha} - \operatorname{tg} \alpha \cdot \frac{1}{\cos^2(\alpha + \varphi)}}{\operatorname{tg}^2(\alpha + \varphi)} \right] \cdot$$

$$\frac{\operatorname{tg}(\alpha - \varphi) \cdot \frac{1}{\cos^2 \alpha} - \operatorname{tg} \alpha \cdot \frac{1}{\cos^2(\alpha + \varphi)}}{\operatorname{tg}^2(\alpha + \varphi)} = 0$$

Ponieważ mianownik nie może tu być $= 0$, ponieważ $(\alpha + \varphi) < 90^\circ$, przeto

$$\frac{\operatorname{tg}(\alpha + \varphi)}{\cos^2 \alpha} - \frac{\operatorname{tg} \alpha}{\cos^2(\alpha + \varphi)} = 0$$

skąd $\sin(2\alpha + 2\varphi) = \sin 2\alpha$, co jest możliwe

przy $2\alpha + 2\varphi = 180 - 2\alpha$, skąd $\alpha = 45 - \frac{\varphi}{2}$.

W takim zaś razie

$$\begin{aligned} \max Q &= \frac{\gamma H^2}{2} \cdot \frac{\operatorname{tg}(45^\circ - \frac{\varphi}{2})}{\operatorname{tg}(45^\circ + \frac{\varphi}{2})} = \\ &= \frac{\gamma H^2}{2} \cdot \frac{\operatorname{tg}(45^\circ - \frac{\varphi}{2})}{\operatorname{ctg}(45^\circ - \frac{\varphi}{2})} = \\ &= \frac{\gamma H^2}{2} \cdot \operatorname{tg}^2(45^\circ - \frac{\varphi}{2}) \end{aligned}$$

Rzędna punktu zaczepienia tej siły Q , licząc od góry, znajdujemy w sposób następujący:

Jeżeli H na pewnej jakiejś wysokości zastapiemy wielkością x , to:

$$\int_0^H dQ_x \cdot x = Q \xi \quad \text{skąd} \quad \xi = \frac{\int_0^H dQ_x \cdot x}{Q}$$

Ale

$$Q_x = \frac{\gamma \cdot x^2 \operatorname{tg} \alpha}{2 \operatorname{tg}(\alpha + \varphi)}$$

zaś

$$dQ_x = \gamma \frac{x \operatorname{tg} \alpha}{\operatorname{tg}(\alpha + \varphi)} dx$$

Zatem

$$\xi = \frac{\int_0^H \frac{\gamma x^2 \operatorname{tg} \alpha}{\operatorname{tg}(\alpha + \varphi)} dx}{Q} = \frac{\gamma H^3 \frac{\operatorname{tg} \alpha}{\operatorname{tg}(\alpha + \varphi)}}{3 \gamma \frac{H^2}{2} \frac{\operatorname{tg} \alpha}{\operatorname{tg}(\alpha + \varphi)}} = \frac{2}{3} H.$$

Licząc od dołu, ramię e siły Q będzie się
równać $e = \frac{1}{3} H$.

Prócz parcia ziemi należy oceniać jeszcze wpływ
obciążenia ruchomego, względnie - jak dla kolei -
parowozu, którego waga rozkłada się na prostokąt
o długości równej rozstawowi skrajnych osi + 2 ra-
zy grubość podsypki, zaś szerokość równa się dłu-
gości podkładu + 2 razy grubość podsypki. Przy-
padający stąd na 1 m^2 nacisk P klg. można przyj-
mować jako dodatkowe obciążenie warstwą ziemi wy-
sokości h_0 , które to h_0 z łatwością może być
ustalone jako iloraz $\frac{P}{\gamma}$. Dla tego zaś wypadku

$$\max Q = \frac{\gamma \cdot \tan^2(45^\circ - \frac{\varphi}{2})}{2} \cdot H(H + 2h_0)$$

zaś

$$e = \frac{H}{3} \cdot \frac{H + 3h_0}{H + 2h_0}$$

Mając wielkość Q i punkt zaczepienia, oblicza-
my jeszcze wagę własną ścianki A i jej punkt za-
czepienia /rys.252/, poczem - najlepiej graficznie -
znajdujemy wypadkową i jej punkt przecięcia się
z linią bc . Siła Q skierowana jest teraz w stro-
nę przeciwną /od prawej ręki do lewej/. Ten punkt
 S , jak wiadomo, powinien znajdować się w środka-

wej trzeciej części szerokości bc , jeżeli w punkcie b nie mają pojawiać się naprężenia wyciągające, niedopuszczalne dla muru.

Jeżeli wypadkową E rozłożymy znów na pionową i poziomą składowe, to okaże się, że dzięki naciskowi Q siła pionowa gniotąca A zostaje jakby przesuniętą i działa teraz nieosiowo, wywołując w płaszczyźnie cb ściskanie nierównomierne, którego wielkość maksymalną /w C / obliczamy dla wzoru:

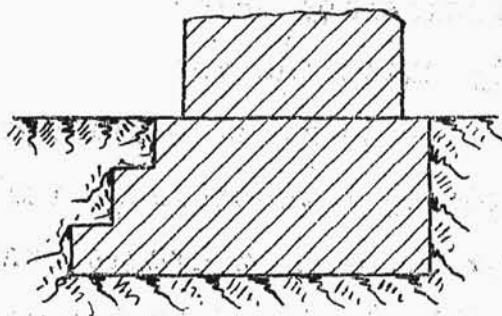
$$\begin{aligned} \max K_z &= \frac{A}{F} + \frac{A i}{\frac{1}{6} \times 1 \times \bar{c} \bar{b}^2} = \\ &= \frac{A}{1 \times \bar{c} \bar{b}} + \frac{A \frac{1}{6}}{\frac{1}{6} \times 1 \times \bar{c} \bar{b}^2} = 2 \times \frac{A}{1 \times \bar{c} \bar{b}} = 2 \frac{A}{F} \end{aligned}$$

Jest ono zatem podwójne w stosunku do K_2 w wypadku osiowego działania siły A ; będzie to w razie najbardziej krańcowego bezpiecznie dopuszczalnego przesunięcia siły A ($Su = i = \frac{1}{6} \bar{c} \bar{b}$). O ile S jest bliżej środka, - K_2 jest mniejsze. W każdym razie K_2 musi być \leq od maximum dopuszczalnego K .

Sprawdzenie warunków wytrzymałości - sposobem, jak wyżej, należy wykonać nietylko dla podstawy cb , ale również dla kilku jeszcze przekrojów poziomych oraz i dla podstawy fundamentu celem przekonania się czy nacisk na grunt około punktu lewego krańcowego

nie przewyższa dopuszczalnego dla danego rodzaju gruntu.

Gdyby warunki wytrzymałości nie były zachowane, należy przyczółek pogrubić, - względnie nadać jego przedniej powierzchni frontowej pewne nachylenie nazewnątrz. O ile nacisk na grunt pod fundamentem wypada zaduży, wypada rozszerzyć tenże schodkowo ku przodowi /rys. 253/.



Rys. 253.

Jak widać z powyższego, obliczenie przyczółków prowadzi się w najbardziej niekorzystnym przypuszczeniu, że na przyczółek działa ciśnienie ziemi, spotęgowane jeszcze

naciskiem na nią obciążenia ruchomego, opiera się zaś tylko przyczółek wagą swoją własną, przytem współdziałanie ze strony skrzydeł nie bierze się pod uwagę.

M o s t y k a m i e n n e .

Rozumiemy pod tem mosty sklepione, przyczem mogą to być mosty - w ścisłym tego słowa znaczeniu - lub