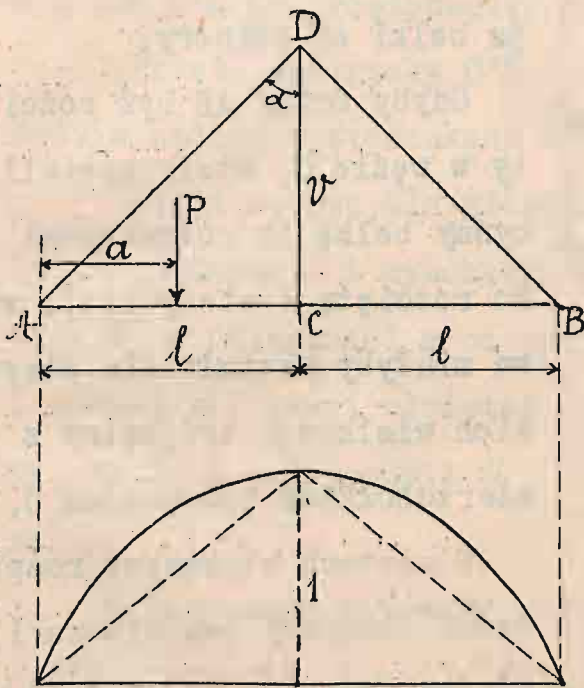


Mosty trójkątno-wieszarowe.

W moście trójkątno-wieszarowym pojedynczym [rys. 439] rozpiętość $2l$ jest zwykle niewielka, nie przekracza 9 mtr. Ściąg jest



rys. 439.

jednocześnie belką, na której są ułożone belki poprzeczne, przytem belką zazwyczaj ciągłą.

Jeżeli założymy, że punkt C gdzie belka AB jest podtrzymywana na wieszaku DC, jest stały [rys 439], mamy dla ciężaru skupionego P, znajdującego się w odległości a od podpory A, ciśnienie.

$$C = P\left(\frac{3}{2} \frac{a}{l} - \frac{1}{2} \frac{a^3}{l^3}\right)$$

Z równowagi węzła C otrzymujemy że siła w wieszaku V będzie się równać sile C, zaś z równowagi węzła D otrzymujemy, że siła w

zastrzałach będzie $Z = -\frac{C}{2 \cos \alpha}$

Z równowagi węzła A z rzutu na oś poziomą otrzymujemy, że siła w ściągach $H = -Z \sin \alpha = C \tan \alpha$.

Zatem linje wpływu dla wszystkich trzech wielkości V, Z i H będzie jednego kształtu z linją wpływu dla C.

Przy obliczaniu zastrzałów, jako prętów ściskanych, musimy uwzględnić możliwość wyboczenia, zaś ściąg, który oprócz siły osiowej, zaczepionej mimośrodowo, będzie jeszcze zginany momentem M

musi być sprawdzany według wzoru naprężeń : $K = \frac{H}{\omega} + \frac{M + m}{W}$

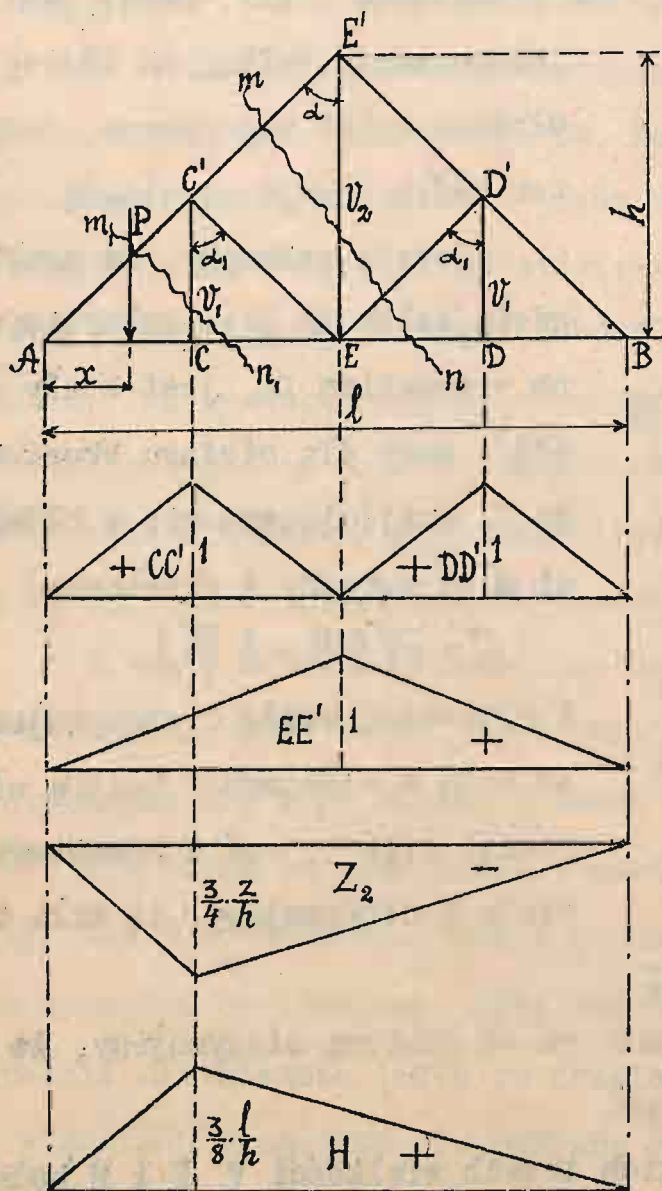
$$K = \frac{H}{\omega} + \frac{M - m}{W}$$

jeżeli przez m oznaczymy moment, wynikający z mimośrodkowego zaczepienia siły H , Co się zaś tyczy momentu M , to może on być

dodatni lub ujemny w zależności od odległości przekroju belki od podpory.

Gdyby ściąg AB był rozcięty w węźle C , wtedy musieliśmy belkę AB rozpatrywać jako rozciętą i wtedy linje wpływ miałyby kształt dla wszystkich wielkości trójkątny z wierzchołkiem pod węzłem C .

W mostach większych rozpiętości dodajemy dwa wieszaki, a więc dzielimy rozpiętość na 4 przedziały i otrzymujemy wtedy jakby 3 proste układy trójkątno-wieszarowe [rys.440] Belkę AB , ponieważ rozpiętość jej jest dość znaczna, [docho-
dzić może do 18 mtr.] dajemy przeważnie rozciętą w miej-



rys.440.

scach jej zawieszenia C , E i D i dlatego rozpatrujemy ją jak rozciętą.

Z równowagi węzłów C i D z rzutów na oś pionową możemy napisać, że siła w wieszakach $C'C$ i $D'D$ równa się sile w punktach

C i D, przeto linja wpływu tych sił będzie miała kształt trójkąta o wysokości równej l pod węzłem C i D.

Z równowagi węzła C' i D' z rzutów na oś prostopadłą do AE' znajdziemy, że siła w zastrzałach C'E i D'E będzie się równać $Z = -V_1 / \cos \alpha$, jeżeli przez α , oznaczmy kąt pochylenia zastrzału C'E lub D'E do prostopadłej do AE' lub E'B.

Przeto zastrzały C'E i D'E będą tylko wtedy pracowały, gdy będzie naciąg w wieszakach C'C i D'D.

Linja wpływu dla wieszaka E'E będzie miała kształt trójkąta o podstawie l i wysokości $h = l$ pod wieszakiem E'E, gdyż dla siły P w odległości x od podpory A, jeżeli weźmiemy przekrój mn i moment sił lewej odciętej części względem węzła A, to otrzymamy, że $V_2 \frac{l}{2} = Px$ czyli $V_2 = \frac{2x}{l}$ ponieważ siła w D'E równa się zeru.

Z równowagi węzła E' otrzymujemy, że siła w zastrzałach E'C i E'D' równa się $Z_1 = -V_2 / 2 \cos \alpha$, t.j. kształt linji wpływu dla sił w zastrzałach będzie jak dla siły V_2 tylko zamiast jedności pod węzłem E będzie $\frac{1}{2 \cos \alpha} = \frac{x}{2h}$, jeżeli przez z oznaczmy długość zastrzału AE'.

Siłę w zastrzale AC' Z_2 znajdziemy z równania momentu sił lewej odciętej przekrojem $m-n$, części względem węzła C. Otrzymamy, że $Z_2 = -\frac{3xz}{hl}$ dla $x \leq \frac{l}{4}$ i $Z_2 = -\frac{(l-x)z}{2h}$ dla $x > \frac{l}{4}$

Linja wpływu będzie trójkąt o wysokości $\frac{3}{4} \frac{z}{h}$ pod wieszakiem C'C

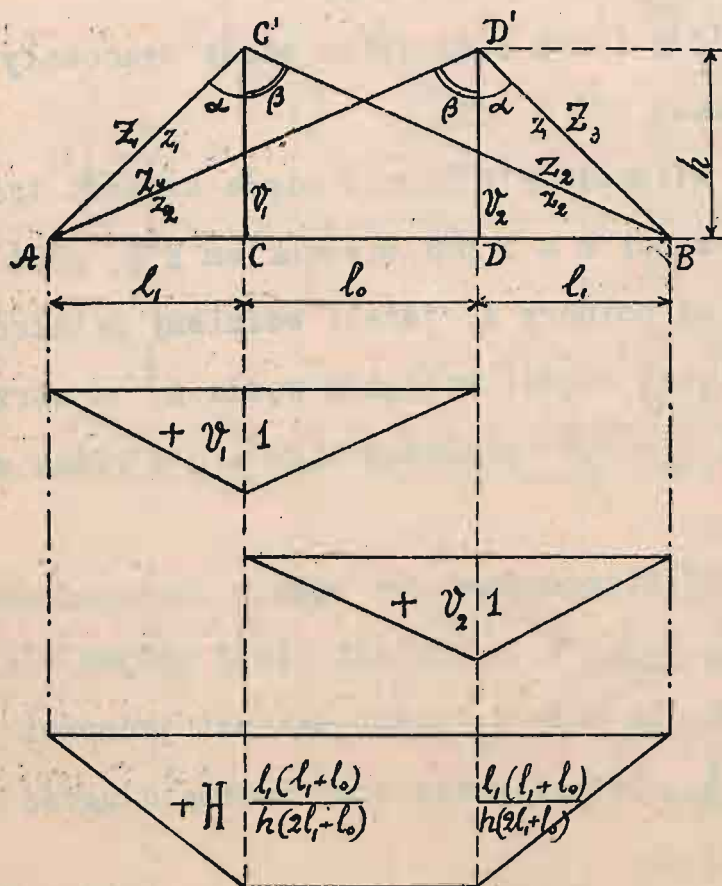
Z równowagi węzła A, rzutując siły na oś poziomą, otrzymamy że siła w ściągu H będzie się równać :

$$H = -Z_2 \sin \alpha = -Z_2 \frac{l}{2x} = + \frac{3x}{2h} \text{ dla } x \leq \frac{l}{4}$$

$$H = \frac{(l-x)}{2h} \text{ dla } x > \frac{l}{4}$$

Linia wpływu będzie tego samego kształtu co i dla Z_2 , tylko rzędna będzie pod C'C $\frac{3}{8} \cdot \frac{l}{h}$.

Trójkątno-wieszarowy układ z dwiema parami zastrzałów.



rys. 441.

Układ ten [rys. 441] w istocie swej niczem się nie różni od układu trójkątno zastrzałowego z dwiema parami zastrzałów i dlatego też i obliczenie jego niczem się nie różni od obliczenia mostu zastrzałowego.

Jeżeli siły w zastrzałach oznaczymy przez Z , siłę w ściągu przez H , wysokość belki przez h , kąty pochylenia zastrzałów do pionu przez α, β , zaś długość krzyżulców przez z ,

to możemy napisać

$$Z_1 = \frac{v_1 \sin \beta}{\sin(\alpha + \beta)}; \quad Z_2 = -\frac{v_1 \sin \alpha}{\sin(\alpha + \beta)}; \quad Z_3 = -\frac{v_2 \sin \beta}{\sin(\alpha + \beta)}; \quad Z_4 = -\frac{v_2 \sin \alpha}{\sin(\alpha + \beta)}.$$

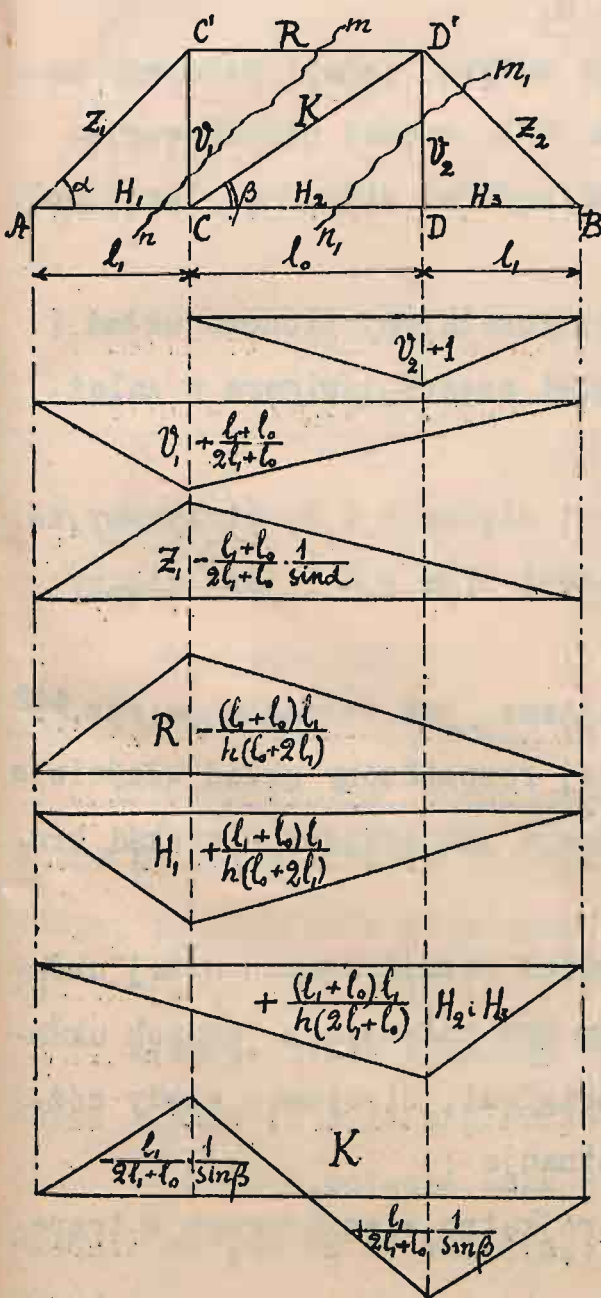
$$H = -Z_1 \sin \alpha - Z_4 \sin \beta = (v_1 + v_2) \frac{\sin \alpha \sin \beta}{\sin(\alpha + \beta)} = (v_1 + v_2) \frac{l_1(l_1 + l_0)}{h(l_0 + 2l_1)}.$$

Ustrój tego rodzaju mostów może być stosowany do 18 - 20 mtr. rozpiętości.

Belka AB zwykle jest belką rozciętą i przy takowej kształt linii wpływu sił dla poszczególnych prętów będzie, jak pokazano na rys.441

W punktach skrzyżowania się wieszaków i zastrzałów długich pręty te przechodzą swobodnie bez połączenia.

Układ trapezowo-wieszarowy z rozpornicą.



rys.442.

W układzie tym dajemy zwykle krzyżulec CD' , aby otrzymać układ niezmienny.

Belkę AB uważamy jako rozciętą w węzłach C i D [rys.442]. Linia wpływu dla wieszaka V_2 będzie trójkąt o podstawie $l_1 + l_0$ i wysokości $h = 1$ z wierzchołkiem pod punktem D.

Linia wpływu dla wieszaka V_1 będzie trójkąt o podstawie $2l_1 + l_0$ i wysokości $h = \frac{l_1 + l_0}{2l_1 + l_0}$ z wierzchołkiem pod punktem C co lekko otrzyma się, jeżeli zrzutujemy wszystkie siły, działające na lewą, odciętą przekrojem mn część układu.

Linia wpływu dla Z_1 otrzymuje się, jeżeli rozpatrzemy równowagę węzła A. Z rzutu na oś pionową otrzymamy

$$Z_1 = -\frac{P}{\sin \alpha} = -\frac{x}{2l_1 + l_0} \cdot \frac{1}{\sin \alpha}$$

jeżeli x oznacza odległość siły P od prawej podpory.

Dla rozpornicy R linję wpływu

otrzymamy, jeżeli weźmiemy moment sił lewej odciętej części względem węzła C. $R = - \frac{A l_1}{h} = - \frac{l_1 x}{(2l_1 + l_0)h}$

pod węzłem C rzędna będzie

Dla części A C' ściągą otrzymamy siłę $H_1 = \frac{A l_1}{h}$ z momentu sił względem węzła C'. $H_1 = + \frac{x l_1}{(2l_1 + l_0)h}$ przy $x < l_1 + l_0$.

Tę samą wielkość otrzymamy i dla H_2 i H_3

Dla H_3 otrzymamy równanie rzędnych linii wpływu, jeżeli weźmiemy moment sił w prawej odciętej przekrojem $m_1 n_1$ części układu względem węzła D' przy oznaczeniu przez x odległości siły P od lewej podpory :

$$H_3 = \frac{B l_1}{h} = \frac{x l_1}{(2l_1 + l_0)h}$$

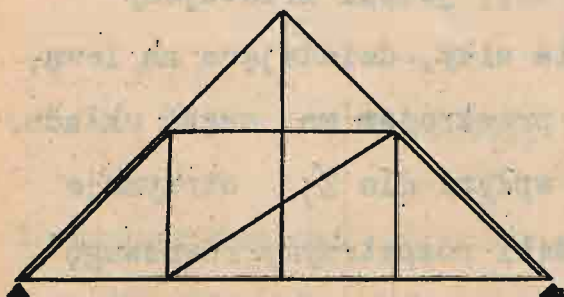
Dla krzyżulca K otrzymamy siłę, jeżeli rozetniemy pionowo układ i rozpatrzemy rzut pionowy jednej i drugiej części dźwigara w zależności, gdzie jest siła $P = 1$.

Dla lewej części, jeżeli siła $P = 1$ jest między B i D, otrzymamy, że $K \sin \beta = -A$, zaś dla prawej części, jeżeli siła $P = 1$ jest między A i C otrzymamy, że $K \sin \beta = +B$.

Zatem linja wpływu będzie dodatnia i ujemna, jak wskazano na rys. 442

Wyżej rozpatrzony układ właściwie przedstawia już dźwigar poniekąd kratowy.

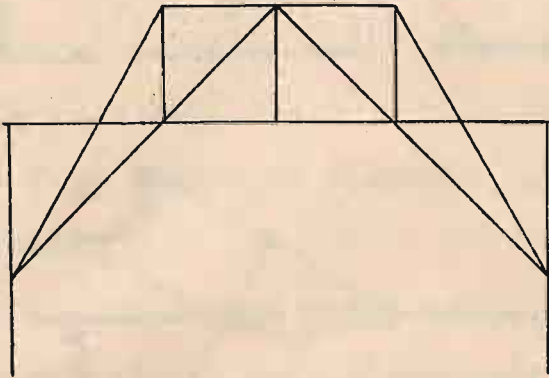
Oprócz rozpatrzonych wyżej układów mogą być połączenia jednych układów z drugimi. Otrzymamy wtedy różne kombinacje :



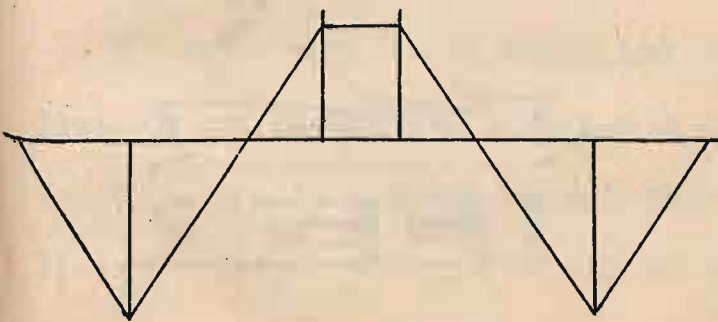
rys. 443.

Na rys. 443 jest połączenie układu trójkątno-wieszarowego z trapezowo-wieszarowym z rozpornicą.

Na rys.444 trójkątno-wieszarowego i trapezowo-wieszarowego z rozpornicą.



rys.444



rys.445.

Rys. 445 daje połączenie układów trapezowo-wieszarowego z rozpornicą i zastrzałowego. Nadaje się ten układ dla wiaduktów przy niewielkiej wysokości ustrojowej.

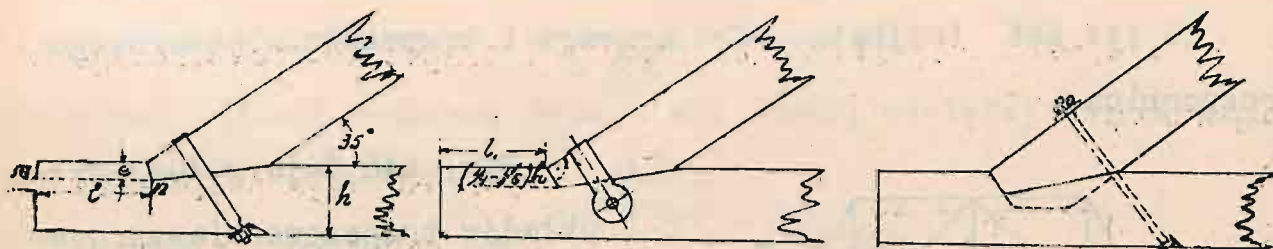
Połączenie zastrzałów ze ściągami.

Połączenie zastrzałów ze ściągami może być wykonane różnym sposobem. Zależy to od pochylenia krzyżulca do ściąga i od siły, panującej w krzyżulcu, która pod postacią składowej pionowej musi się oddać na ściąg.

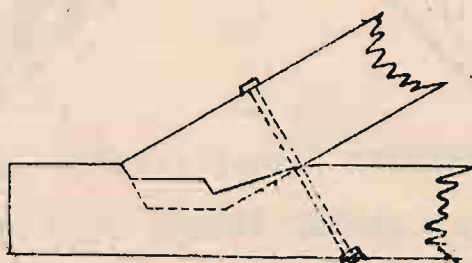
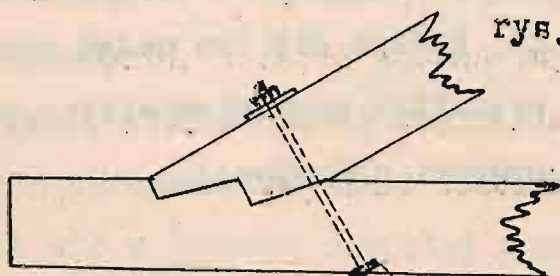
Dla zastrzałów, pochylonych do ściąga pod kątem 35° i więcej można połączenie robić prostym pojedynczym zębem z czopem lub bez czopa, przytem należy ściągnąć zastrzał ze ściągami śrubą lub kłamrą.

Kłamry dajemy z żelaza płaskiego rozmiarów 30 - 50 mm. szerokości i około 12 - 15 m/m grubości.

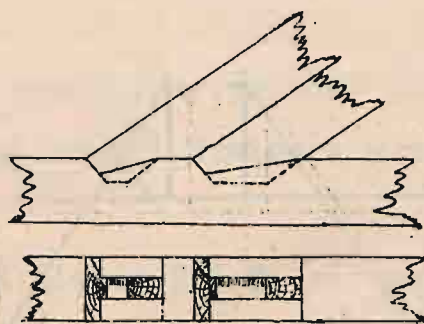
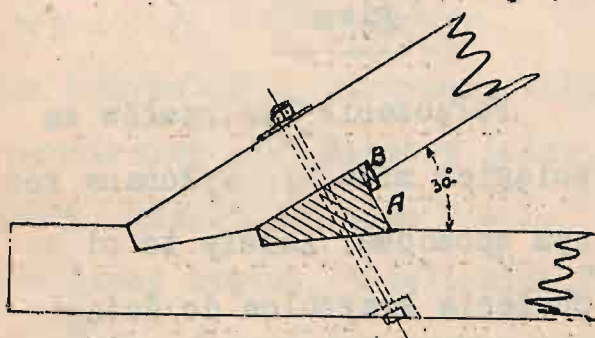
Głębokość wcięcia zęba powinna zadość czynić warunkowi wytrzymałości na docisk od składowej poziomej, t.j. $H \leq e.b. k_c$, zaś odległość wcięcia od końca ściąga powinna być dostateczna, aby nie mogło nastąpić ścinanie ściąga wzdłuż linii mn, powinno być zatem



rys.446.

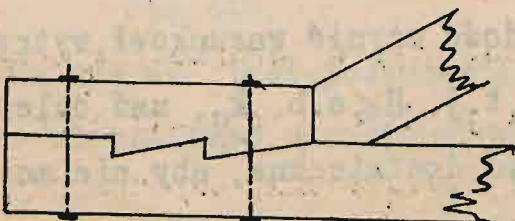
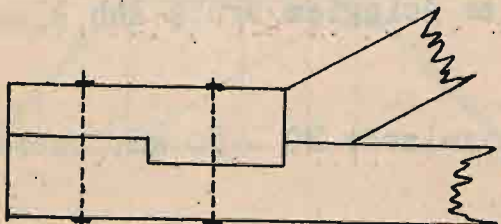
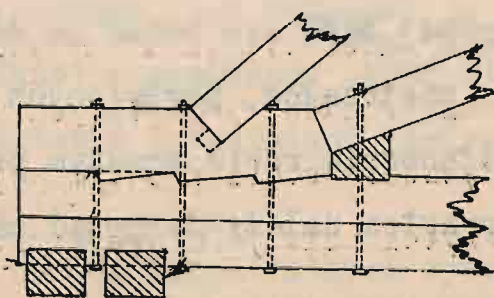
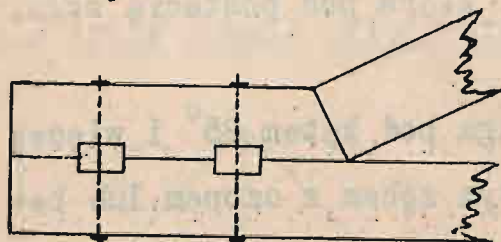


rys. 447.



rys.448.

rys.450



rys. 449

$H \leq lb k_t$ rys.451.

k_c i k_t oznaczają dopuszczalne na-
prężenie na ściskanie i ścinanie,
 b grubość ściągą, która zwykle bie-
rze się taka, jak grubość zastrza-
łu, l odległość wcięcia od końca

ściągą i e głębokość wcięcia [rys.446].

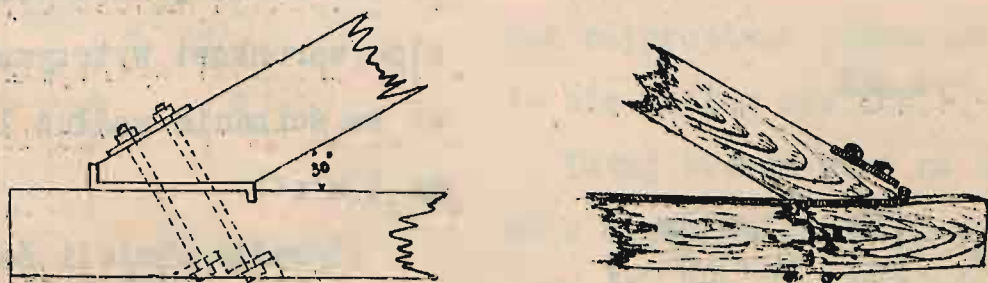
Przy mniejszem pochyleniu zastrzału do ściągą można uzbroić zastrzał w podwójny ząb i połączyć go ze ściągą śrubami lub klamrami [rys.447].

Przy znacznych siłach w zastrzałach można dodać kliny A i B [rys.448].

Koniec ściągą można połączyć z klockiem zębami lub klinami i w czoło klocka oprzeć zastrzał [rys.449].

To połączenie nadaje się przy dużych siłach, nadto w zastrzałach nie osłabia niepotrzebnie ściągą.

Wreszcie połączenie można uskutecznić zapomogą trzewików żelaznych lub żelaznych. Połączenie to jest stosunkowo bardzo proste, daje prosty i łatwy sposób składania mostu. Ilość i wielkość listew wciętych w ściągą zależy od siły w zastrzale.



rys.452.

Zastrzały podwójne mogą być połączone ze ściągą według rys 450 lub według rys.451, jeżeli zastrzały są różnie pochyłone do ściągą.

Koniec ściągów należy sprawdzić na ścięcie od sił poprzecznych by nie nastąpiło ich złamanie [rys.452].

Połączenie wieszaków z zastrzałami.

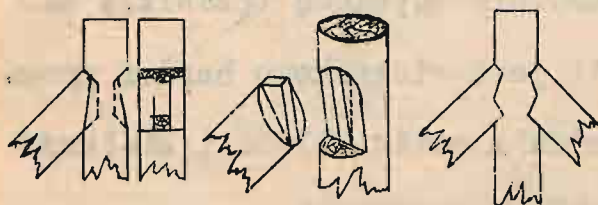
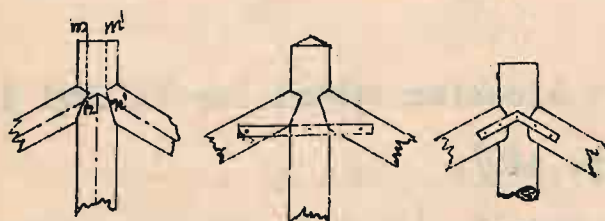
Mosty trójkątne wieszarowe.

Przy wieszakach pojedynczych można połączyć zastrzały, wcinając je w wieszak prostym pojedynczym lub podwójnym zębem z czo-

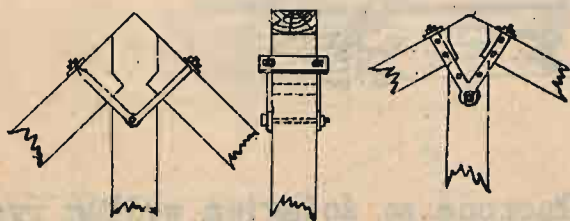
pem lub bez czopa. Aby utrzymać zastrzały we wcięciach, stosujemy proste lub załamane klamry żelazne o szerokości od 60 - 75 mm i grubości 10 - 12 mm, przez które przepuszczamy śruby, jak to wiadać z rys.453.

W tych połączeniach wieszak wznosi się ponad końce zastrzałów, zadość czyniąc warunkowi wytrzymałości na ścinanie wzdłuż linii mn i $m'n'$.

Gdybyśmy chcieli ściąć wieszak narówni z zastrzałami, wtedy moglibyśmy urządzić połączenie według jednego ze sposobów pokaza-



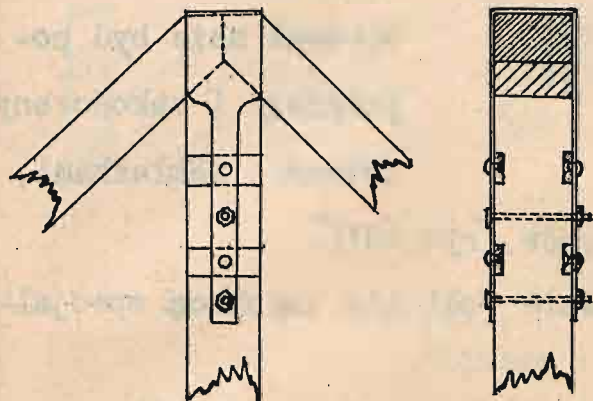
rys.453



rys.454.

nych na rys.454. Przy tych połączeniach musimy dobrze związać zastrzały z wieszakiem zapomocą klamer i dobrze ściągnąć połączenie, aby nie nastąpiło ścięcie końców wieszaka.

Można dać żelazne opaski, do których mogą być przymocowane poprzeczne listwy, wpuszczone w wieszak. Listwy te oddadzą siłę wie-

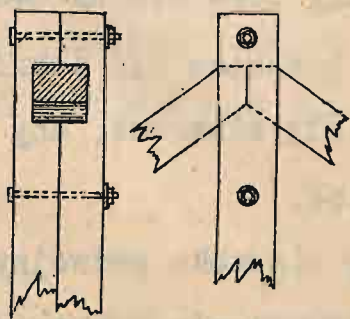


rys.455.

szaka na wcięcia i śruby nie będą pracować na zginanie [rys 455].

Zależnie od siły w wieszaku listwy mogą być dwie [po jednej z każdej strony] lub 4 [po dwie z każdej strony], a nawet więcej. Listwa do śruby może być przynitowana nitami z

główką od wewnątrz wtopioną, krytą. Grubość listew stosuje się od 15 do 25 mm, szerokość około 50 - 65 mm.

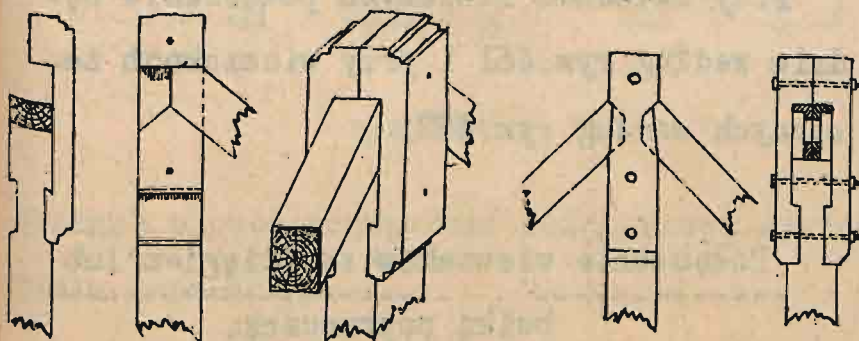


rys.456

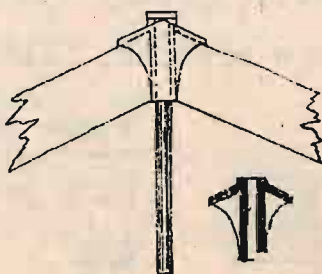
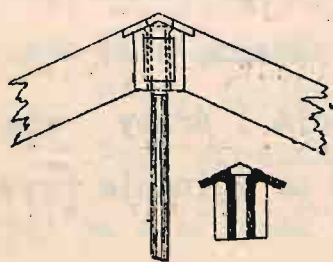
Zamiast opasek żelaznych można zastosować kleszcze podwójne. Przytem najprostsze połączenie otrzymuje się według rys.456.

Tutaj trzeba mieć na uwadze, że obie części wieszaka powinny być połączone ze sobą tak, aby nie mo-

gły przesuwac się ani w kierunku poprzecznym, ani podłużnym, gdyż wtedy tylko praca ich będzie równomierna. Zatem trzeba je połączyć



rys.457



rys.458.

albo klinami, albo specjalnymi żeliwnymi wstawkami.

Wieszak może być pojedynczy i zakończony dwiema nakładkami,

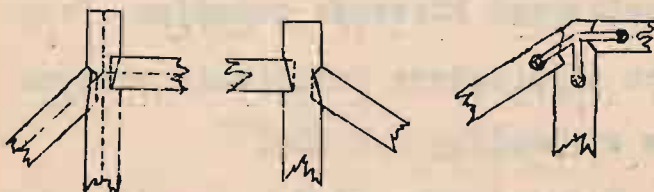
połączonymi z wieszakiem zapomocą zębów [rys.457].

Przy wieszakach żelaznych połączenie robi się zapomocą specjalnych trzewików żeliwnych [rys.458].

Połączenie zastrzałów z rozpornicą.

Przy wieszakach pojedynczych połączenie może być dokonane według rys.459, przytem należy zaznaczyć, że jeżeli wieszak nie jest wydłużony poza koniec zastrza-

łu, to powinien być dobrze ściągnięty kłami, aby się nie ściał.

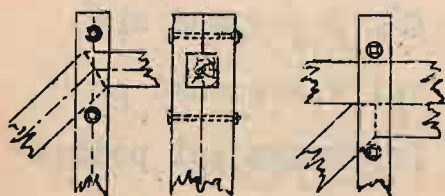


rys.459.

Przy wieszaku podwójnym

można połączenie uskutecznić

według rys.460.

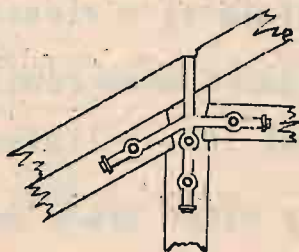
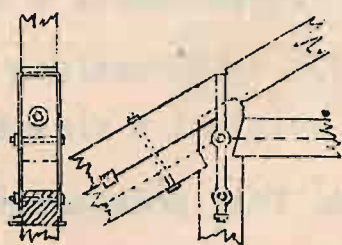


rys.460.

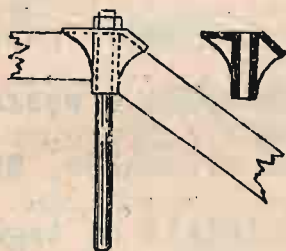
Przy układach złożonych połączenie będzie według rys.461 i przy wieszakach żelaznych według rys.462.

Połączenie wieszaków ze ściąganiem lub belką poprzeczną.

Musimy tutaj rozpatrzyć dwa wypadki :



rys.461.



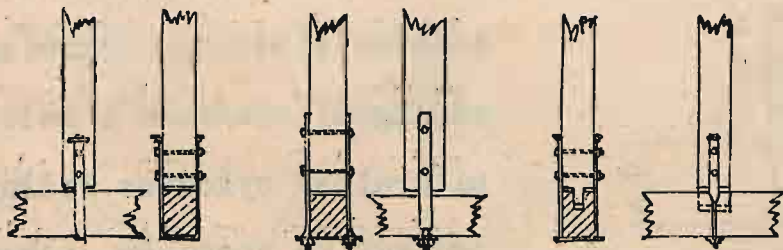
rys.462.

Pierwszy wypadek, kiedy ściągić pracuje jako ściągić i znajduje się tylko pod działaniem wagi własnej. Wtedy, oczywiście, podwieszenie ściągi do wieszaka może być zrobione bardzo lekkie, gdyż siły

poziome w tym wypadku są niewielkie. Można podwiesić ściągić na klamrach żelaznych, wziętych na jedną lub na dwie śruby według rys. 463.

Aby ściągić nie mógł się przesunąć pod wieszakiem, można go połączyć na czop z wieszakiem

jednak pomiędzy końcami wieszaka i ściągić powinien pozostać niewielki luz, aby przy opuszczaniu się wieszaka na dół pod obciążeniem pionowym, ten ostatni nie naciskał na ściągić.



rys.463.

Zamiast klamer żelaznych można zastosować kleszcze drewniane [rys.464] lub przy podwójnych wie-

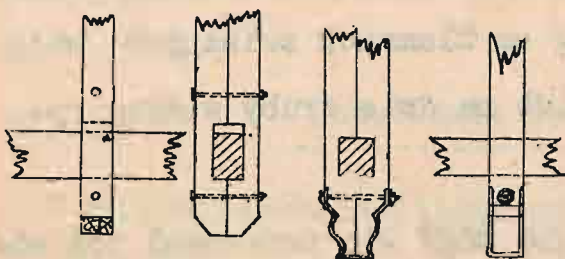
szakach prosto przepuścić ściągić przez wycięcie między częściami wieszaka [rys.465].

Drugi wypadek, kiedy ściągić służy jednocześnie jako belka podłużna, na której są ułożone poprzecznice, wtedy przymocowanie jej do



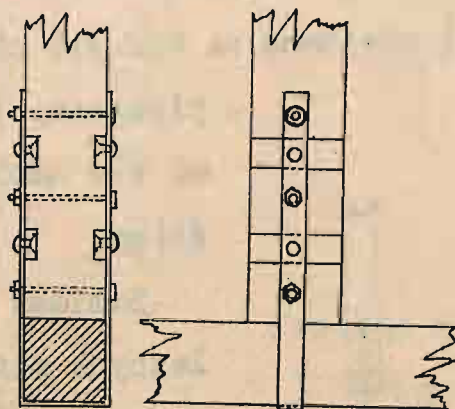
rys.464.

wieszaka musi odpowiadać całkowitej sile, powstającej w wieszaku. Przymocowanie w tym wypadku może również być uskutecznione kłami, lecz z listwami, wciętymi w wieszak, aby ulżyć pracy śrubom. Przy podwieszeniu według rys.466 końce wieszaków muszą być dostatecznie długie, aby się nie ścięły.



rys.465.

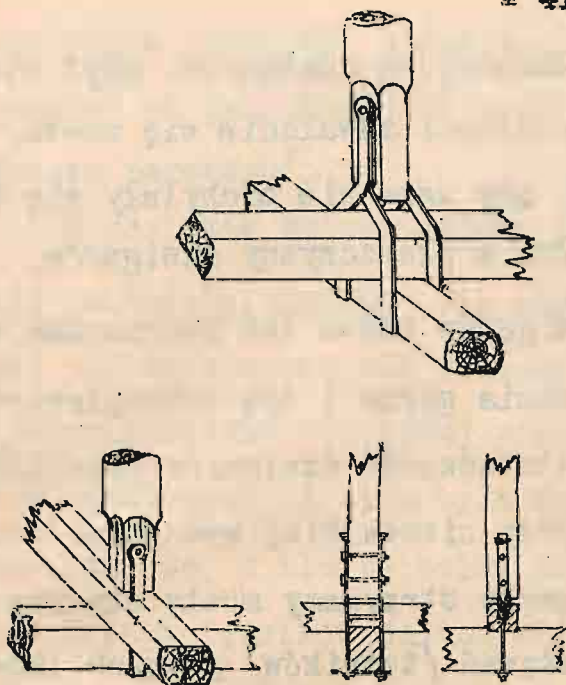
Ściąg pracuje tylko na rozciąganie od rozporu H i belki poprzeczne są podwieszone tylko w węzłach głównych, t.j. do wieszaków. Wtedy, naturalnie, niezależnie od tego, czy belki będą ułożone nad ściągami,



rys.466.

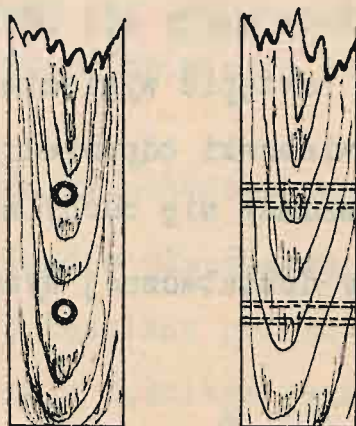
giem, t.j. położone na ściągach, czy też położone pod ściągami, zaś ściąg położony na belkach, w obu wypadkach przy mocowaniu powinno odpowiadać naciągowi wieszaka i może być naturalnie wykonane według jednego ze sposobów, pokazanych na rys.467, z nadaniem

odpowiednich przekrojów kłom, wcięciom, śrubom, gdyby takowe przeznaczone były brać na się całkowitą siłę przeznaczoną dla wieszaka. W ostatnim wypadku, aby śruby nie wypadły zbyt dużych średnic, ze względu na zgniatanie drzewa, można w wieszaki zapuścić rurki żelazne lub żeliwne odpowiedniej średnicy i grubości



rys.467.

Rurki przytem mogą być wbite w otwory nieco mniejsze tak, że dobrze będą oddawać ciśnienie na ścianki otworów drzewa [rys.468].

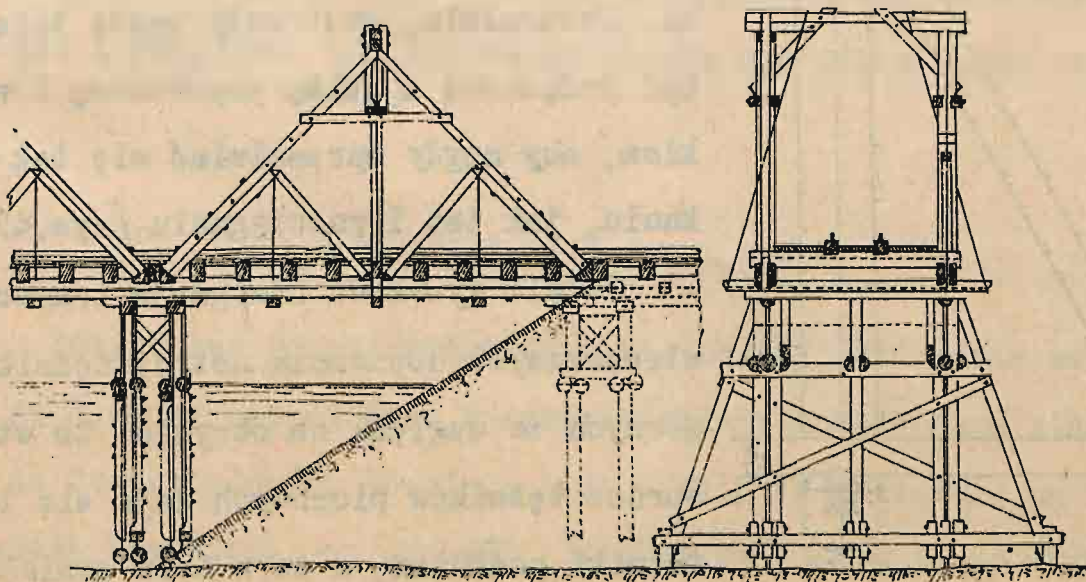


rys.468.

ścianek i przez te rurki przepuszczając śruby o średnicy otworu rurki.

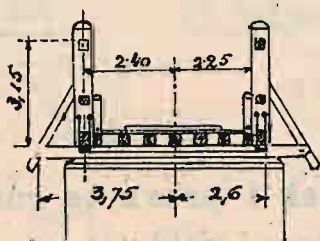
Tężniki pionowe i poziome.

Ponieważ zastrzały w mostach wieszarowych są ściskane i opierają się wolno o wieszaki, należy przeto nie dopuścić, aby



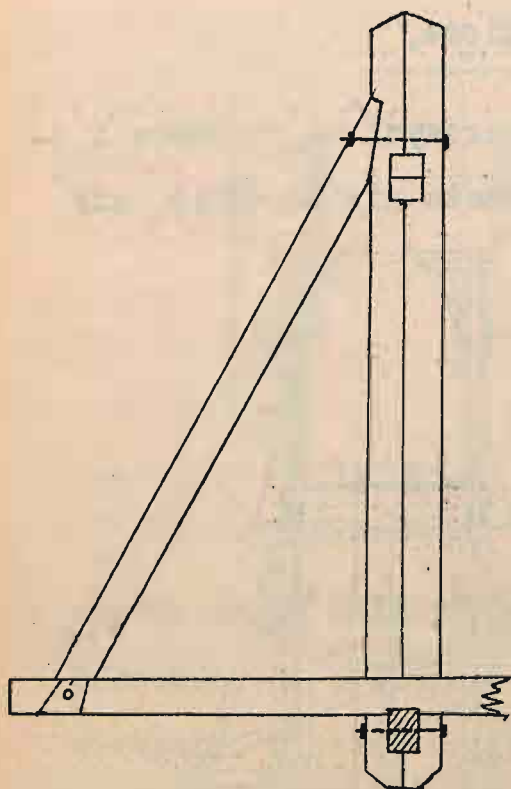
te ostatnie mogły się odchyłać z płaszczyzny dźwigarów, gdyż wtedy mogłoby nastąpić wygięcie się zastrzałów i zawalenie się mostu. Musimy wieszaki odpowiednio stężyć, aby same nie odchylały się i nie pozwalały się odchylać zastrzałom z płaszczyzny dźwigarów.

Przy dostatecznej wysokości dźwigarów można dać poprzeczne wią-



rys.470.

Związać belkę poprzeczną z wieszakiem zastrzałami poprzeczne-
mi tak, aby górny koniec wieszaka nie mógł wyjść z płaszczyzny dźwi-



rys.471.

zania górna i tym zabezpieczyć
stateczność dźwigarów [rys.469].

Przy niewielkiej wysokości dźwi-
garów otrzymamy mosty otwarte bez
wiązań [tężników] górnych. Musi-
my wtedy dać usztywnienie dolne
[rys.470].

gara. W tym celu belkę poprzeczną możemy
wypuścić na zewnątrz dźwigarów i dać za-
strzały zewnętrzne, a w mostach kolejo-
wych także wewnętrzne w granicach skraj-
ni. Naturalnie, zastrzały muszą tutaj tak
być połączone z belką poprzeczną i wiesz-
kiem, aby mogły sprzeciwiać się tak ścis-
kaniu, jak też i rozciąganiu [rys.471].

Jeżeli wysokość dźwigarów trapezowo-
wieszarówych dopuszcza ustrój tężników
górnych ze względu na obrys, to wtedy
oprócz tężników pionowych daje się też
teżniki podłużne, a to w celu zmniejsze-
nia długości wybaczałnej rozpornicy w pra-

szczyźnie poziomej, a także aby zmniejszyć naprężenia, które mogą powstać od jakichkolwiek bądź sił poziomych [np. wiatru, bocznych uderzeń parowozu].

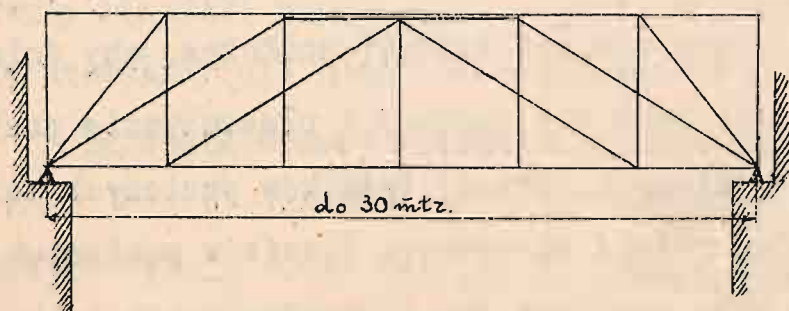
W poziomie ściąga dajemy również tężniki podłużne, aby ściągi były należycie stężony, nie mógł się wyginać w płaszczyźnie poziomej pod działaniem sił poziomych. Ustrój tężników poziomych podłużnych nie będzie się tutaj różnił od ustroju tężników poziomych mostów leżajowych, o czym była mowa już wyżej. Musimy tutaj tylko zaznaczyć, że, o ile te belki poprzeczne mają służyć, jako rozpórki lub ściągi tężników poziomych, to muszą one być odpowiednio połączone ze ściągiem tak, aby nie mogły przesunąć się ani wzdłuż, ani wpoprzek ściąga.

Dając krzyżulce, powinniśmy je łączyć ze ściągiem zapomocą trzewików specjalnych z drzewa, aby ściąga nie osłabiać wcięziami dla krzyżulców.

Krzyżulce, oczywiście, powinny iść od skrajnych belek poprzecznych, połączonych nad podporami dźwigarów, w przeciwnym bowiem razie siły poziome, oddając się na podpory, mogłyby wywołać niebezpieczne momenty gnące końców ściąga pomiędzy ostatnimi krzyżulcami i podporami lub takowe musiałyby być odpowiednio wzmożone.

M o s t y k r a t o w e .

Dotychczas rozpatrywaliśmy takie układy, które nie nadają się do dużych rozpiętości. Wprawdzie układy kombinowane stosują się do rozpiętości do 30 mtr., lecz układy te właściwie są już układami kratowymi, np. rys. 472, chociaż zaliczają je do układów



rys. 472.

złożonych: wieśzarowo-
zastrzałowych z rozpor-
nicą i trójkątno wie-
szarowych.

Przechodząc do ukła-
dów kratowych, będzie-
my rozpatrywać tylko
belki o pasach równo-

ległych, wykonanie bowiem belek z pasami łamanymi związane jest z dość dużymi trudnościami przy połączeniu części załamanych między sobą.

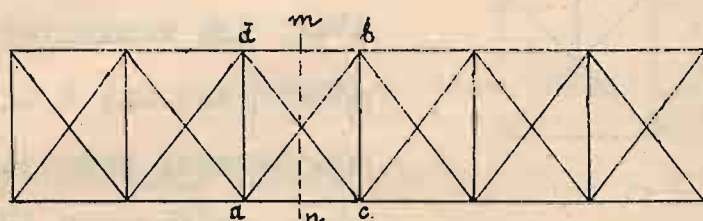
Jako materiał do mostów kratowych używamy zwykle drzewo obrobio-
ne o przekroju prostokątnym lub też deski, choć ostatnio zaczęto
stosować i do mostów kratowych drzewo okrągłe, nieobrobione.

Z różnych systemów mostów kratowych rozpatrzymy następujące sy-
stemy: How'a, Rychtera, Pintowskiego, Town'a i Lembkego. Ostatnie
dwa układy robią się przeważnie tylko z desek, gdy pierwsze trzy
przeważnie z bali, choć pierwszy układ, How'a, ma pasy rozciągane z
bali lub z desek.

B e l k i H o w ' a .

Belki How'a należą do belek kratowych o kracie prostokątnej ze-
wnętrznie złożonej. Mówimy zewnętrznie, gdyż w istocie, o ile nie
są więcej, niż o kracie podwójnej, należą do układów nieprzesztyw-
nionych, gdyż ustrój kraty jest taki, że krzyżulce mogą pracować
tylko na ściskanie, zaś słupki tylko na rozciąganie. Dla dowolnego
przebiegu obciążenia pracuje tylko jeden układ krzyżulców i słupki,
zaś drugi nie pracuje w zależności od kierunku siły poprzecznej.
Jeżeli w jakimkolwiek przekroju ma [rys. 473] dla prawej odciętej

części siła poprzeczna jest skierowana na dół, to z równowagi tej części i z rzutu wszystkich sił na oś pionową wynika, że część ta może być w równowadze tylko wtedy, gdy rzut siły w krzyżulcu na oś pionową jest skierowany do góry, zatem może zrównoważyć siłę zewnętrzną tylko krzyżulec ab , bo ten może cisnąć na węzeł b do góry, zaś krzyżulec dc pod działaniem rzutu siły, skierowanej



do góry, wskutek swego połączenia w węzle c , nie może wywołać żadnej reakcji.

rys.473.

Belki How'a mogą być stosowane do

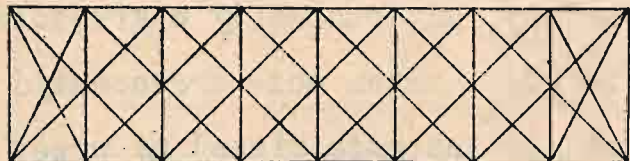
rozpiętości do 50 mtr.choć były przykłady stosowania tych układów w Ameryce do 76 mtr., zaś w Rosji na kolei Mikołajewskiej dla wiaduktu Werebińskiego do 60 mtr., zresztą rozpiętość belek How'a zależy od obciążenia ruchomego. Im większe jest obciążenie ruchome, tem granica rozpiętości jest mniejsza, gdyż przy większych rozpiętościach siły otrzymują się zbyt duże i wykonanie staje się zbyt trudne i drogie.

Wysokość dźwigarów daje się od $1/4,5$ - do $1/9$.

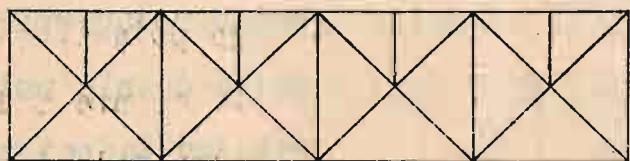
Najdogodniejsze pochylenie krzyżulca do słupka wynosi około 45° .

Ponieważ elementy pasa, w poziomie którego jest położony pomost ze względu na ustrój, pracują nie tylko na siły osiowe, lecz także są zginane, przeto przedziały w tych układach są niewielkie i dla mostów drogowych nie przekraczają 2,5 mtr., dla mostów zaś kolejowych 2,3 mtr. Przy tężniejszych przepisach, dotyczących norm ob-

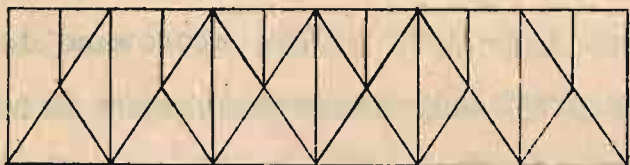
ciężenia ruchomego, przedziały winny być jeszcze mniejsze. Jeżeli przeto przyjmieniemy wyżej wskazane warunki dla pochylenia krzyżulców oraz wielkości przedziałów, to się okaże, że tylko dla mostów nie-



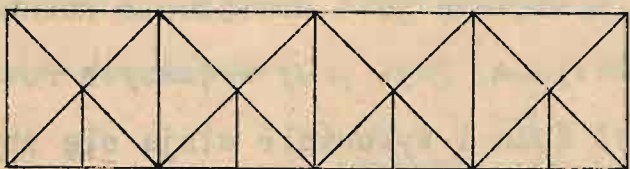
rys. 474.



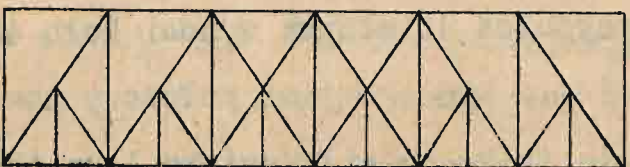
rys. 475-a.



rys. 475-b.



rys. 476-a.



rys. 476-b.

wielkiej rozpiętości można stosować układ prosty z jednym przecięciem się krzyżulców, zaś przy większych rozpiętościach trzeba stosować trzy przecięcia [rys. 474], lub wzmacniać kratę półkrzyżulcami i skupkami dodatkowymi przy jeździe górą, według rys. 475 i przy jeździe dołem według rys. 476.

Mosty systemu How'a stosują się przeważnie, jako belki proste wolno podparte na podporach, choć można je stosować i do belek ciągłych wieloprzęsłowych.

W belkach prostych od sił pionowych pas górny jest cały ściśnięty, zaś dolny cały rozciągany.

Siła poprzeczna jest jednokierunkowa w przekro-

jach w pobliżu podpory, zaś różnokierunkowa w części środkowej.

Krzyżulce przeto kraty muszą być również obowiązkowo dwukierunkowe

w części, gdzie całkowita siła poprzeczna zmienia kierunek w zależności od obciążenia ruchomego.

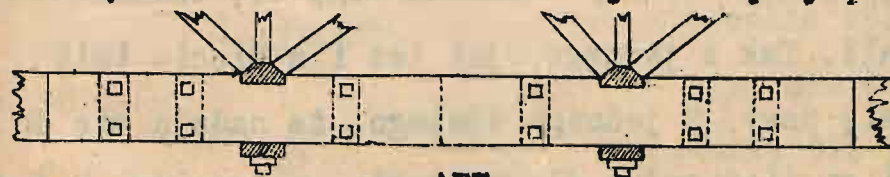
Krzyżulce, skierowane górnym końcem ku środkowi dźwigara, nazywać będziemy głównymi, zaś odwrócone od środka górnymi końcami drugorzędnymi, odwrotnymi zastrzałami.

Przedziały 0-2-4-6-8 nazywamy przedziałami dużymi, zaś 0-1; 1-2 i t.d. przedziałami małymi [rys.474].

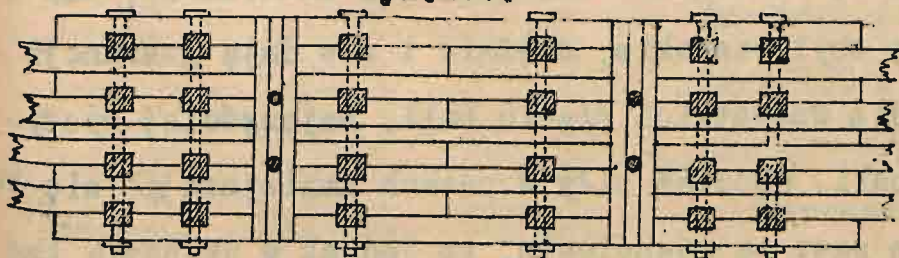
Pasy dźwigarów układu How'a.

Pasy dźwigarów układu How'a robimy z drzewa obrobionego o przekroju prostokątnym lub z desek, przytem pasy ściskane z bali, pasy zaś rozciągane z bali lub desek.

Deski stosujemy o grubości od 7 do 12 cm., szerokości od 25 - 30 cm. i długości 8 - 12 mtr. Deski stawiamy na kant, szczelnie jedna obok drugiej i łączymy je w jedną całość zapmocą śrub i klinów poziomych lub pionowych. Pierwsze są lepsze, gdyż mniej osłabiają deski wcięciami dla klinów. Śrub zwykle dajemy po 3 na jeden mały prze-



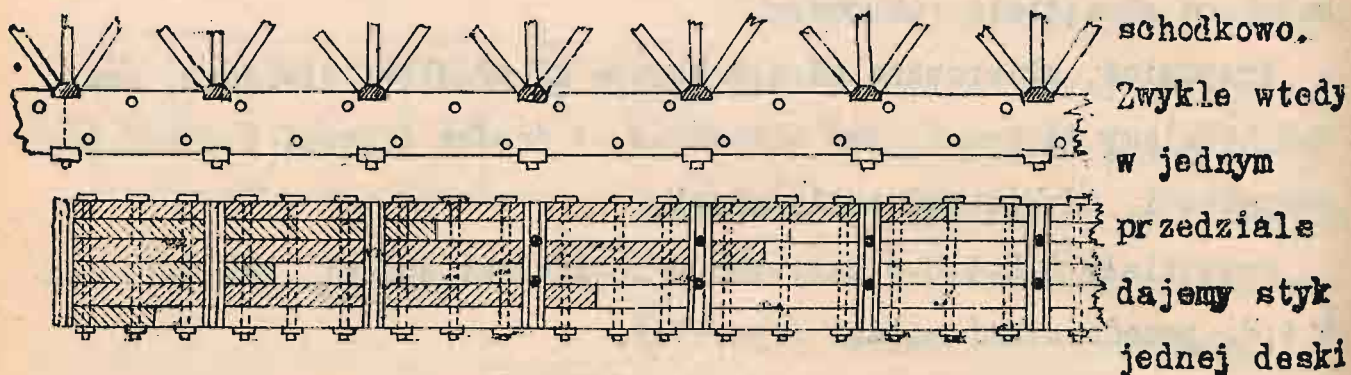
rys.477.



dział, stawiając je w szeregach przestępnych. Ilość desek dajemy albo odpowiednio do siły, panującej w sie, albo czasem

dwa razy więcej, niż jest to potrzebne ze względu na obliczenie. W ostatnim wypadku można dawać styk połowy desek w jednym przekroju, druga połowa desek służy wtedy jako nakładki [rys.477].

Stosując ilości desek według obliczenia, możemy dać o dwie deski więcej, które służą wtedy jako nakładki przy stykowaniu desek schodkowo.

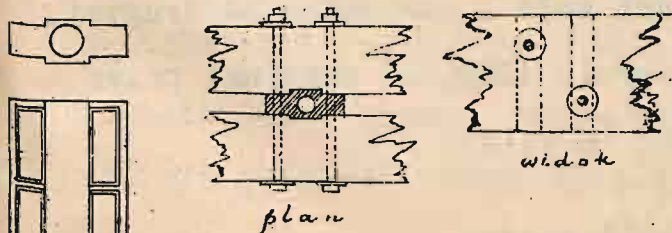


rys. 478.

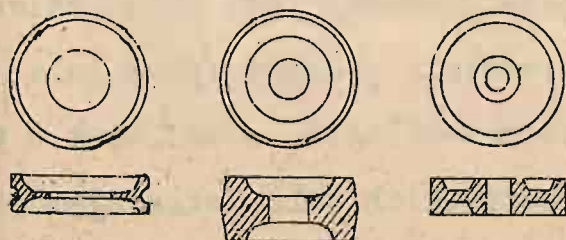
W porównaniu z pasami z belek pasy deskowe mają te zalety, że są nieco tańsze, że drzewo w deskach może być lepiej wysortowane, za to niedogodność ich polega na tem, że pasy z desek mają dużo szpar pomiędzy deskami, w których powstaje wilgoć, co powoduje szybkie ich gnicie, gdy tymczasem pasy z belek mają szczeliny pomiędzy sobą co najmniej szerokości 20 - 25 mm, które przewietrzają bale i wskutek tego pasy z bali są trwalsze. Ostatnie względy, a także to, że dla desek potrzebna jest znaczna ilość śrub, powodują, że pasy z desek stosują się stosunkowo rzadko.

Pasy z bali w zależności od siły w pasach mogą się składać od jednego do pięciu bali. Tak z jednego, jak też i z pięciu bali rzadko projektują się pasy. Z jednego dlatego, że nadają się do małych rozpiętości i są niedogodne dla ułożenia zastrzałów, zaś z pięciu otrzymują się zbyt szerokie, ciężkie i nie dają gwarancji równomiernej pracy dla wszystkich pięciu bali. Najczęściej spotykamy pasy z trzech bali. Chociaż siły w pasach zmniejszają się ku podporom dlatego, że pasy są równoległe, to jednak w układzie tym przekroje pasów dają zwykle jednakowe we wszystkich przedziałach a to dlatego, aby dogodniej było łączyć w węzłach krzyżulce i słupki, których przekroje wzrastają ku podporom. Odległość pomiędzy

balami dajemy od 2 - 8 cm. w zależności od tego, jak łączymy styki bali zapomocą żelaznych, czy też drewnianych nakładek. Zresztą odstęp między balami zależy też od grubości słupków żelaznych, które przepuszczają się pomiędzy balami bez jakichkolwiek wcięć. Odstęp pomiędzy balami na całej długości dźwigarów daje się zwykle jednostajny. Grubość i wysokość belek, tworzących dany pas, są jednakowe, choć wysokość belek pasa dolnego i górnego może być różna w zależności od sił i dopuszczalnych naprężeń na ściskanie i rozciąganie. Oddzielne belki, tworzące pas, powinny być dobrze między sobą połączone, aby praca ich była możliwie jednakowa i naprężenia jednakowe. Dla połączeń stosujemy śruby poziome, które przechodzą



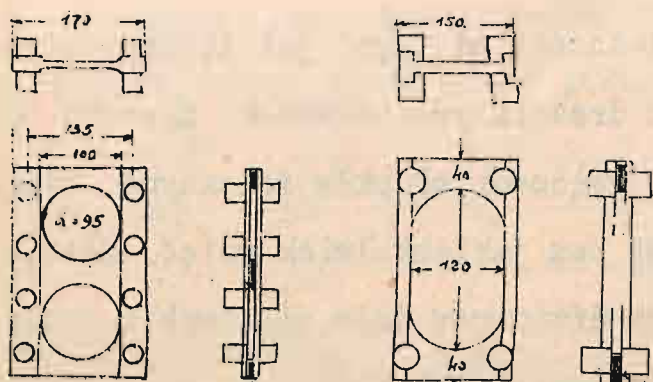
rys.479.



rys.480.

przez wszystkie bale pasa; w odstępie pomiędzy balami dajemy żelazne lub z drzewa twardego przekładki, aby odstęp od naciągu śrub nie zmienił się. Przekładki żelazne odgrywają jednocześnie rolę rozdzielną i klinów, nie dając możliwości przesuwania się jednego bala względem drugiego [rys.479]. Na rysunkach 480 i 481 pokazane są takie przekładki żelazne.

Pierwsze w kształcie szpułek z ostreimi brzegami na końcach; zewnątrz występujące ostre brzozy przy ześrubowa-



rys. 481.

śrubami, trzymając dobrze bale w danej odległości, nie dając im możliwości do przesunięcia jednego względem drugiego.

Rolę łączników oddzielnych bali danego pasa spełniają też klacki węzkowe, w które opierają się krzyżulce, a także węzkowe podkładki pod naśrubki szupków.

Przekładki stawiamy w odległości około 1 mtr. jedna od drugiej.

Dziury dla śrub powinno się wiercić długimi świdrami przez wszystkie bale po złożeniu takowych na kliny.

Sztukowanie bali pasów.

Styków bali pasowych nie powinno się robić pośrodku dźwigarów, gdyż w tym przekroju pas zwykle pracuje całym swym przekrojem, lecz w pewnej odległości od środka, gdzie siły są mniejsze, ponieważ bądź co bądź, styk zawsze tworzy miejsca słabsze. Przy kilku balach pasa najlepiej robić styk w danym przedziale jednego tylko bala, przenosząc styki innych bali do innych przedziałów, aczkolwiek w pasie ściśkanym można by było dać styki wszystkich bali, składających się w jednym przekroju, jeżeli tylko pomost nie leży na tym pasie.

Styki bali pasa ściśkanego mogą być przekryte drewnianymi lub żelaznymi nakładkami [łubkami] i ściągnięte śrubami. Koniec czołowy

niem bali wżerają się w drewno, nie dając możliwości przesuwania się ani w kierunku podłużnym, ani poprzecznym.

Drugie na bokach zewnętrznych mają trzpienie, które, wchodząc w odpowiednie otwory, również po ściągnięciu

Obliczenie nakładek możemy przeprowadzić w następujący sposób.

Jeżeli przekrój pasa netto oznaczmy przez ω , dopuszczalne naprężenia na rozciąganie dla drzewa i żelaza odpowiednio przez K_r i K_r' , na ścinanie i bezpośrednie ściskanie dla drzewa przez K_t i K_c przez d średnicę nitów i przez m ich ilość w jednej listwie, to grubość blach δ przy ich szerokości h otrzymamy z równanie :

$$\delta = \frac{\omega K_r}{2(h-md)K_r'}$$

Jeżeli nazwiemy grubość żeber przez e , to ich ilość w każdej nakładce będzie

$$n = \frac{\omega K_r}{2heK_c}$$

Odległości c między żebrami w świetle oraz ich odległość od końca belek powinna być $c \gg \frac{eK_c}{K_t}$

Ilość nitów na jedno żebro przy żebrach jednostronnych powinna być

$$m_1 = \frac{eK_c}{\frac{\pi d^2}{4} \cdot 0.8 K_r'}$$

zaś przy żebrach z dwóch stron nakładek [rys. 482] liczba nitów nad to powinna zadość czynić jeszcze równaniu

$$m_2 = \frac{2cK_c}{\delta \cdot d \cdot 1.8 K_r'}$$

aby nie nastąpiło zgniatanie blachy w otworach nitów.

Odległość między nitami przyjmuje się od $\sqrt{3 - 4}$ d .

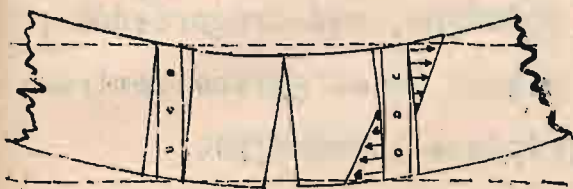
Jeżeli pas oprócz sił osiowych pracuje jeszcze na zginanie, wtedy przy obliczaniu styku musimy przyjąć pod uwagę i zginanie.

Przy momencie wytrzymałości dwóch nakładek równym $2W$ i momencie gnącym M naprężenie w nakładce nie powinno przekraczać dopuszczalnego, t.j.

$$\frac{\omega K_r}{2\delta(b-md)} + \frac{M}{2W} \leq K_r'$$

Siła, przypadająca w tym wypadku na jedno żebro, będzie również nieco inna. Obliczenie ścisłe żeber nakładek byłoby dość skompli-

kowane i zresztą byłoby niecelowe, gdyż bardzo trudno byłoby wykonać takie wcięcia, jakie zrobilibyśmy przypuszczenia przy obliczaniu. Wykonanie może zawsze posiadać znaczne niedokładności, które trudno jest ująć przy obliczeniu, przeto obliczenie dostateczne



rys.484.

przeprowadzić w przybliżony sposób z pewnym jednak zapasem: Przy zginaniu się belki w miejscu zetknięcia belka ugnie się, jak to jest pokazane na rys.484, nakładka zaś, pozostając prostą, otrzyma nacisk na żebra od wcięć belki, które będą równe zeru na osi obojętnej, dalej zaś założymy, że zmie-
niać się będą linjowo.

Największe naprężenie od ugięcia

będzie $\frac{M_1}{W_1}$

Jeżeli M_1 nazwiemy moment gnący, przypadający na jedną listwę i przez W_1 moment wytrzymałości przekroju jednej listwy, który się równa $\frac{ek^3}{6}$ i następnie przypuścimy, że naprężenie od zginania jest jednakowe na całej wysokości listwy, wtedy otrzymamy, że od ugięcia na listwę przypada siła skierowana w jedną stronę

$$S_2 = \frac{3M_1}{h}$$

zaś od siły osiowej siła $S_1 = \frac{\omega K_2}{n}$

i całkowita siła na jedno żebro będzie $S_c = \frac{3M_1}{h} + \frac{\omega K_2}{n}$

Mając siłę, przypadającą na jedno żebro, można sprawdzić naprężenie na ośnięcie drzewa, we wcięciach listew oraz naprężenie w nitach na ścinanie i na zgniatanie.

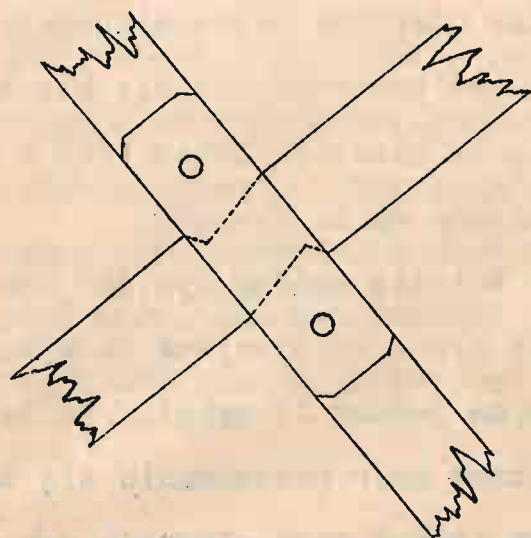
K r z y ż u l c e .

Krzyżulce dajemy z drzewa obrobionego o przekroju prostokątnym przytem zwykle grubość belek [w kierunku poprzecznym mostu] pozostaje bez zmiany, szerokość zaś zmienia się w miarę zmniejszania się siły ku środkowi dźwigara. W zależności od ilości belek pasa i krzyżulce dajemy: przy pasach pojedynczych pojedynczo, przy pasach podwójnych i potrójnych zastrzały główne podwójne, zaś drugorzędne pojedyncze ; przy pasach poczwórnych i z pięciu belek główne zastrzały podwójne i potrójne, drugorzędne pojedyncze i podwójne.

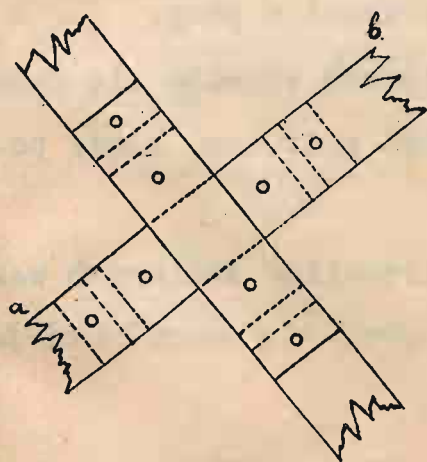
Ogólna grubość zastrzałów głównych i drugorzędnych w danym przedziale więcej grubość słupków danego przedziału powinna być nieco mniejsza od szerokości pasa, a to dlatego, że przy kracie wielokrotnej słupki muszą przechodzić pomiędzy krzyżulcami. Tylko przy kracie podwójnej słupki nie przecinają krzyżulców, a zatem ogólna ich grubość może być równa szerokości pasów.

Przy krzyżulcach pojedynczych można we wszystkich przedziałach, gdzie siła poprzeczna nie zmienia znaku, dać tylko główne krzyżulce, odwrotne zaś krzyżulce wyznaczyć tylko dla przedziałów różnokierunkowej siły poprzecznej.

W skrzyżowaniu się krzyżulców wcinamy jeden krzyżulec w drugi do połowy grubości każdy, jeżeli pracują oba jednakowo, w przeciwnym bowiem razie ten, co pracuje słabiej, może być nieco więcej wcięty. Od strony wcięcia można dać dodatkowe nakładki z żelaza lub drzewa na kliny i śruby. Czasem krzyżulec główny daje się cały, zaś odwrotny przerywa się i wcina w krzyżulec prosty prostym zębem z dodaniem dwustronnych nakładek [rys.485 -a,b.]



rys.485-a



rys.485-b



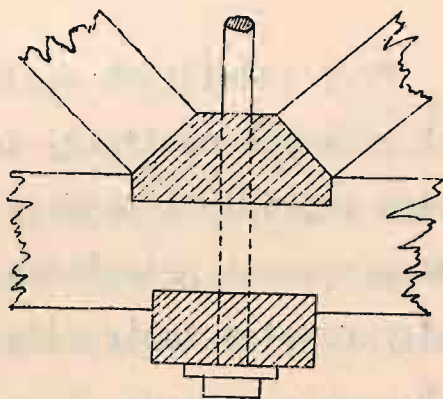
Przy podwójnych zastrza-
łach głównych zastrzały drugo-
rzędne pojedyncze zajmują środ-
kowe miejsce i przechodzą po-
między rozstaw zastrzałów głów-
nych.

Jeżeli główne zastrzały są
potrójne, wtedy mamy między nie-
mi dwa równe odstęp, w które
przechodzą podwójne zastrzały
odwrotne.

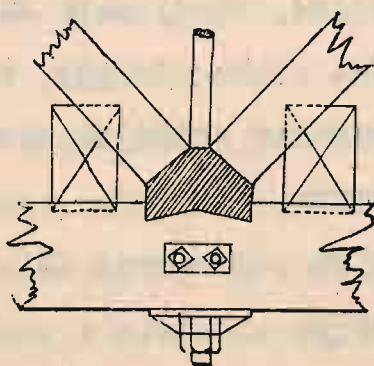
Siła poprzeczna zmienia się
w każdym przedziale przesła i
ponieważ przekroje krzyżulców
zależą od tej siły, przeto i
przekroje ich możnaby zmieniać
w każdym polu, jednak, aby nie
otrzymywać zbytniego różnic-
kowania materiału, dzielą krzy-
żulce na serje, t.j.dla pewnej
ilości przedziałów nie zmienia-

ją przekroju, a przyjmują przekroje jednakowe według największej
siły poprzecznej dla danej serji krzyżulców.

Połączenie krzyżulców z pasami dokonywa się prostym czopem,
wpuszczonym w odpowiednie klocki poprzeczne z drzewa dębowego, ma-
jąc na względzie ciśnienie na klocki prostopadłe do włókien przy
ciśnieniu na krzyżulec, równoległe do włókien. Klocki te robimy de-
bowo i wcinaamy nieco w pasy, aby wskutek składowej siły od krzyżul-
ca wzdłuż pasa, końce krzyżulców nie przesuwwały się.



rys.486.



rys.487.

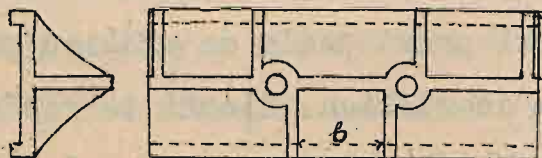
przeczne.

Zamiast klocków drewnianych możemy użyć trzewików żeliwnych według rys.489 lub rys.490. Długość trzewika równa się szerokości pasa



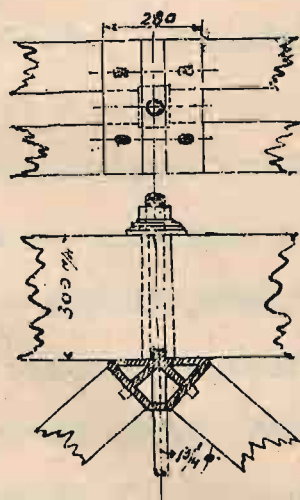
rys.488.

Odstępy między żebrami a odpowiadają grubości krzyżulców głównych i odstęp b między żebrami grubości krzyżulca odwrotnego. Otwory o służą do przepuszczania przez nie skupków żelaz-



rys.489

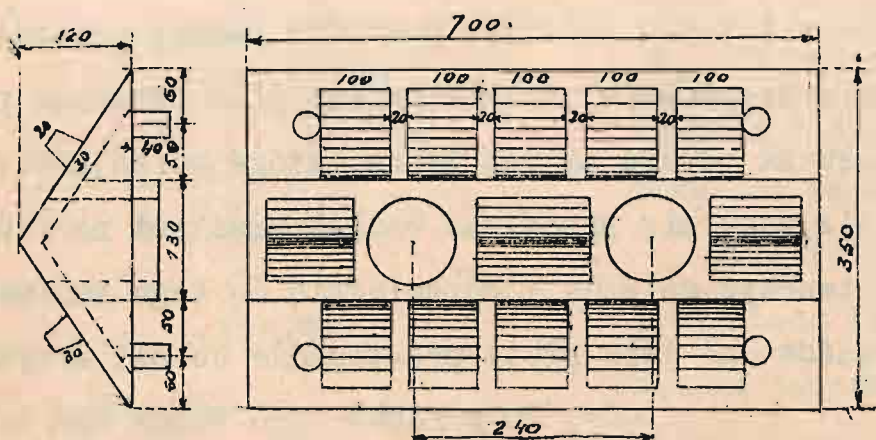
nych. Żebra poprzeczne i żebro podłużne pośrodku tworzą gniazda, w które wchodzi końce krzyżulców, ścięte dwiema płaszczyznami pod prostym kątem. Z dołu na płycie są dwa żebra, które wcinają się w pasy, aby trzewik nie mógł się przesuwac wzdłuż pasa pod naciskiem zastrzału. Zamiast tworzyć gniazda i odpowiednio do tego zacinać końce krzyżulców, można dać dwie płyty prostopadłe do osi krzyżul-



rys.490.

ców. Na płytach tych winny być trzpie-
nie, na które nasadzamy końce krzyżul-
ców, aby się nie mogły zsunąć. W dol-
nej płycie pośrodku jest żebro, któ-
re wpuszczamy w pasy, aby trzewik
pozbawić wolności przesuwania się
wzdłuż pasa. Ścianki wewnętrzne, pro-
stopadłe do płyt, na których opie-
rają się krzyżulce, służą do wzmoc-
nienia tych płyt, aby się nie złama-
ły pod naciskiem krzyżulców.

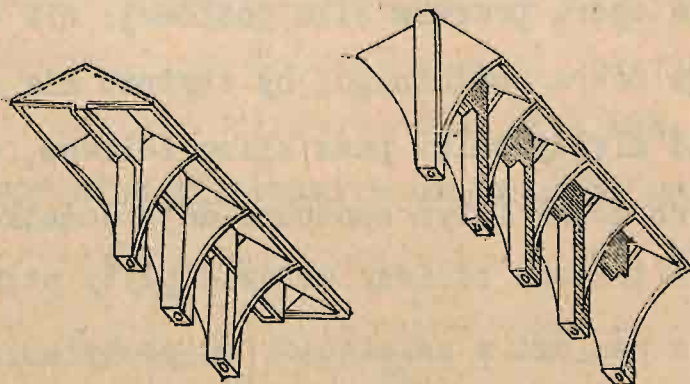
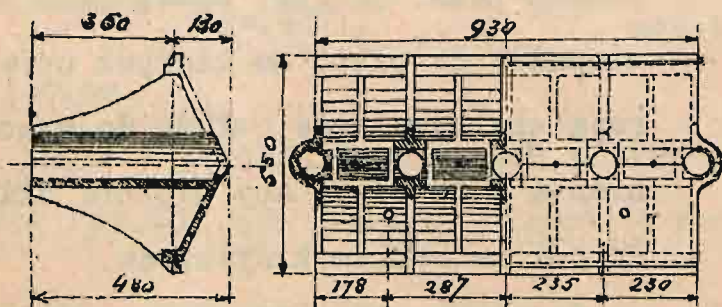
Trzpienie 25 -- 30 m/m wysokie i ko-
ło 25 m/m średnicy trzymają końce
krzyżulców. Dla zwiększenia oporu przeciw sile poziomej, nie chcąc
zwiększać wysokości dolnego żebra podłużnego, by zbyt nie osła-
biać pasów, możemy wstawiać między balke pasa kliny żeliwne, w wy-
cięcie którego wchodzi żebro dolne i tym sposobem daje dodatkowy
opór trzewikowi. Na rys.491 trzewik żeliwny ma dwie płyty połączo-
ne pod kątem i pochylone do poziomu w zależności od pochylenia krzy-
żulców. Płyty te są prostopadłe do osi krzyżulców, koło środka mają
nadto dwie ścianki pionowe, które wystając ponad płaszczyznę pozio-



rys.491.

nia skłupków, płyty do płaszczyzny poziomej stanowią jedno ciało bez pustych miejsc.

Na płytach oraz na rogach części poziomych są trzpienie, pierwsze do osadzenia na nich krzyżulców, drugie - do osadzenia trzewików na pasach. Średnica trzpieni około 25 m/m długość 30 - 40 m/m.



rys.492.

mą, tworzą występ dość szeroki, wcięty w pasy. Ścianki pionowe są połączone z płytami kilkoma żebrami. na czterech rogach oraz koło otworów dla przepuszcze-

Trzpienie mają formę ściętych stożków.

Zamiast robić oddzielnie kliny żelwne, o których była mowa przy trzewikach /rys.490/ można je dać jako jedną całość z trzewikiem, o ile zachodzi potrzeba zwiększenia oporu trzewika przeciw

przesuwaniu się go wzdłuż pasów. Taki trzewik żeliwny pokazany jest na rys.492.

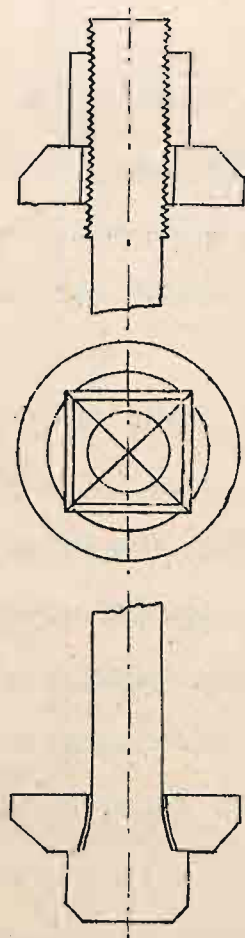
Przez kliny, które są przekroju rurowego, przepuszczamy słupki. Aby kliny te lepiej były zespolone z trzewikiem, mają one żebra poprzeczne. Trzewiki te, dając dobre połączenia z pasami, są dość złożone i drogie. Grubość żeber i płyt w trzewikach żeliwnych może być od 15 - 25 m/m.

Zasadą w mostach kratowych jest, aby osie prętów schodziły się w węźle. Gdybyśmy jednak chcieli zachować tę zasadę w ustroju mostów How'a, to trzewiki otrzymałyby się zbyt szerokie. Przeto tutaj od tej zasady musimy odstąpić, dążąc do tego, aby szerokość trzewików nie przekraczała 350 - 500 m/m. Wykreślamy zwykle trzewiki wpierw i nazywamy środki trzpieni, na które nasadzamy krzyżulce a następnie środek trzpienia trzewika dolnego łączymy ze środkiem trzpienia odpowiedniego trzewika górnego i otrzymujemy oś krzyżulca. Przy trzewikach drewnianych łączymy środki gniazd dla czopów krzyżulców, aby otrzymać kierunek osi krzyżulców.

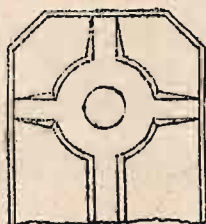
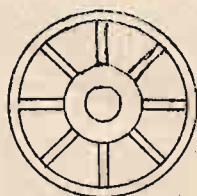
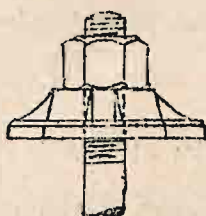
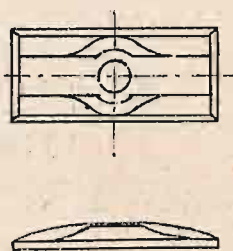
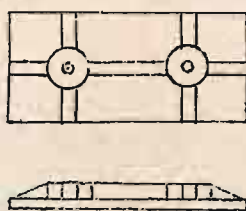
S ł u p k i .

Słupki w dźwigarach How'a dajemy z żelaza okrągłego o średnicy od 20 do 100 m/m. Słupki te przechodzą wolno przez otwory trzewików na zewnętrzne strony pasów dźwigara, na końcach mają gwinty i nasrúbki [rys.493]. Słupki ściągają pasy dźwigara, nie przeszkadzają jednak zbliżeniu się pasa górnego do dolnego, mogą zatem przeciwdziałać tylko sile rozciągającej węzły, które łączą dany słupek. Aby ciśnienie od naciągu słupków oddawało się na cały pas, dajemy albo poprzeczne klocki z drzewa twardego i na nie pod na-

Budowa mostów ark.XXVIII



rys.493.

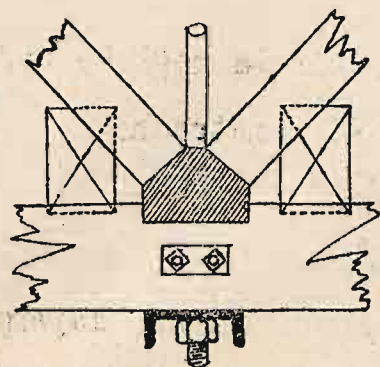


rys.494.

śrubki podkładki żelazne lub żeliwne. Klocki poprzeczne wcina się nieco w belki pasów, aby nie przesuwwały się wzdłuż pasa [rys.486].

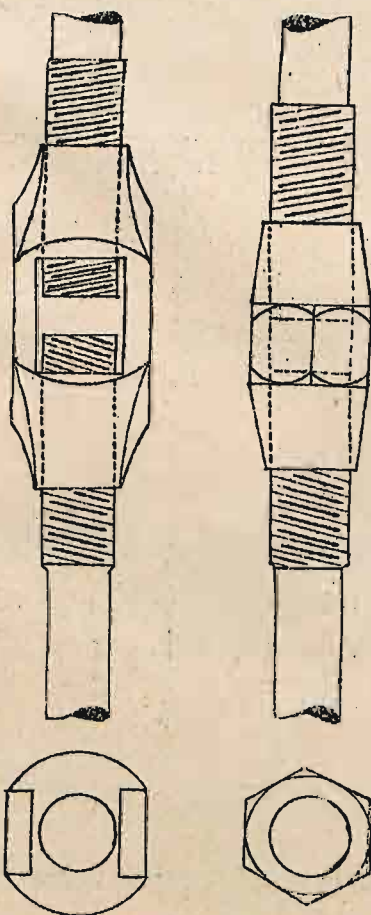
Zamiast klocków poprzecznych z podkładkami możemy dać specjalne płyty żeliwne dostatecznie sztywne, aby mogły równomiernie oddać ciśnienie skupków na pasy. Płyty te muszą być dość grube lub stężone żebrami. Takie płyty są pokazane na rys.494.

Zamiast płyt żeliwnych dają czasem żelazo-korytkowe [rys.495]. Nie uważamy jednak, aby ono mogło w zupełności zastąpić płyty żeliwne, aby mogło równomiernie cisnąć całą swą płaszczyznę, dotykającą do pasa,, a to dlatego, że ścianka, na którą bezpośrednio ciśnie na śrubek jest cienka, ma moment bezwładności bardzo mały i przeto mo-



rys. 495.

ki mają tę zaletę, że dają możliwość naciągania skupków nawet podczas pracy dźwigarów.



rys. 496.

że się wgniatać pod naśrubkiem w belki pasa, nie rozkładając ciśnienia na całą płaszczyznę dotyku korytka do pasów.

Zamiast zakńczować końce skupków gwintem z naśrubkiem, można na końcach dawać główki, zaś skupki rozcinać pośrodku, końce uzbroić gwintami różnokierunkowymi i połączyć je naśrubkami rzymskimi [rys. 496]. Tego rodzaju naśrub-

Aby naśrubki nie odkręcały się, końce śrub winny być zaopatrzone albo w naśrubki dodatkowe, albo też w dziury, w które zakładają się zatyczki.

W zależności od siły, zatem w zależności od rozpiętości, od szerokości pasów i ilości belek w krzyżulcach skupki mogą być pojedyncze, podwójne lub potrójne. Najczęściej są podwójne i przechodzą w odstępach pomiędzy krzyżulcami.

Im z większej ilości poszczególnych części składa się dany skup, tem trudniej otrzymać zupełnie jednokowy naciąg każdej części jego i dla

tego też dopuszczalne naprężenie w skupku powinno być uzależnione

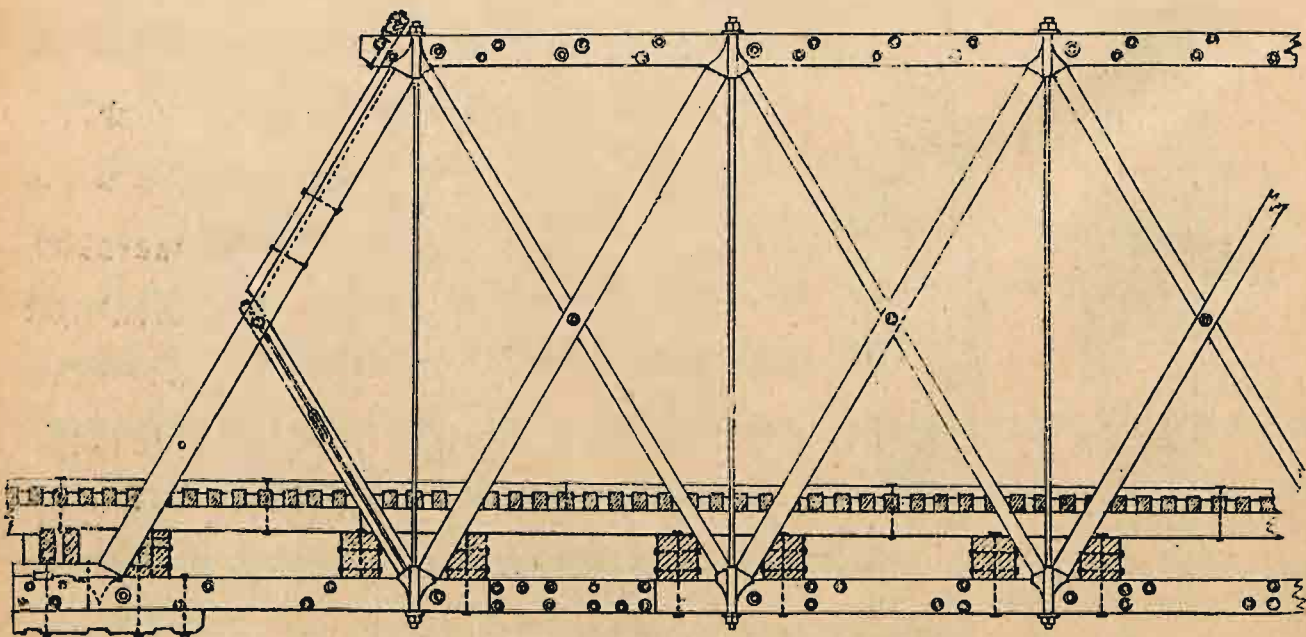
od ilości składowych części.

Dla pojedynczego słupka dopuszczalne naprężenie mogłoby być koło $850 + 2\ell \text{ k/cm}^2$, jeżeli ℓ oznacza rozpiętość w metrach,

w podwójnym słupku koło $0,8 [850 + 2\ell] \text{ k/cm}^2$,

w potrójnym zaś koło $0,7 [850 + 2\ell] \text{ k/cm}^2$.

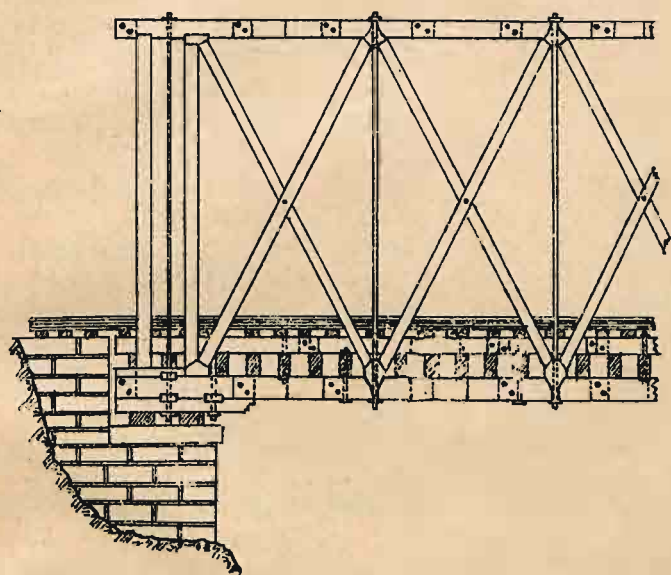
Na podporach oprócz słupków żelaznych, jako ściągów, dajemy zwykła, szczególnie zaś przy jeździe górą, dodatkowe słupki drewniane z takim połączeniem z pasami, aby mogły pracować na ściskanie. Słupki te przy jeździe dołem nie są konieczne, gdyż siłę poprzeczną na podporze przejmuje krzyżulec główny podporowy, przeto często słupków nie dają [rys.497].



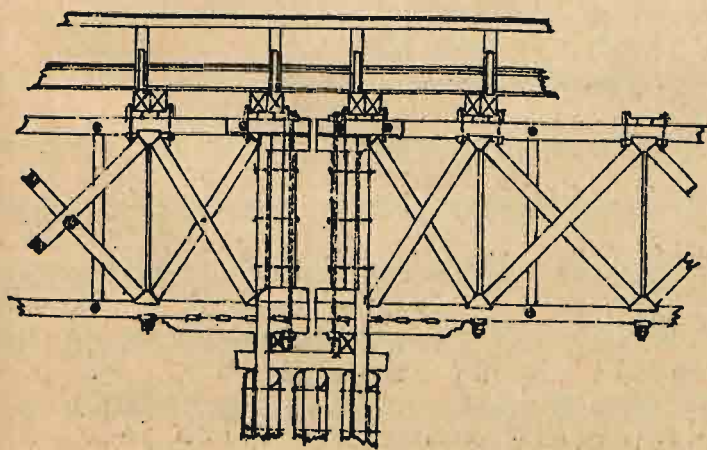
rys.497.

Przy jeździe górą słupki drewniane podtrzymuje pas ostatniego przedziału, na który ciśnie bezpośrednio pomost. Zresztą słupki drewniane pionowe na podporze tak przy jeździe górą, jak i dołem, ułatwiają konstrukcje tężników pionowych i dlatego też je przeważ-

nie dają. Drewniane słupki na podporze mogą być pojedyncze lub podwójne. Przy pasach, składających się z kilku belek, słupki narożne dajemy z kilku belek, które wpuszczamy w odstępy pomiędzy belkami pasów na czop, wycinając nieco pasy. Końce pasów wtedy wydłużamy poza słupki narożne. Długość słupków narożnych drewnianych powinna



rys. 498.



rys. 499.

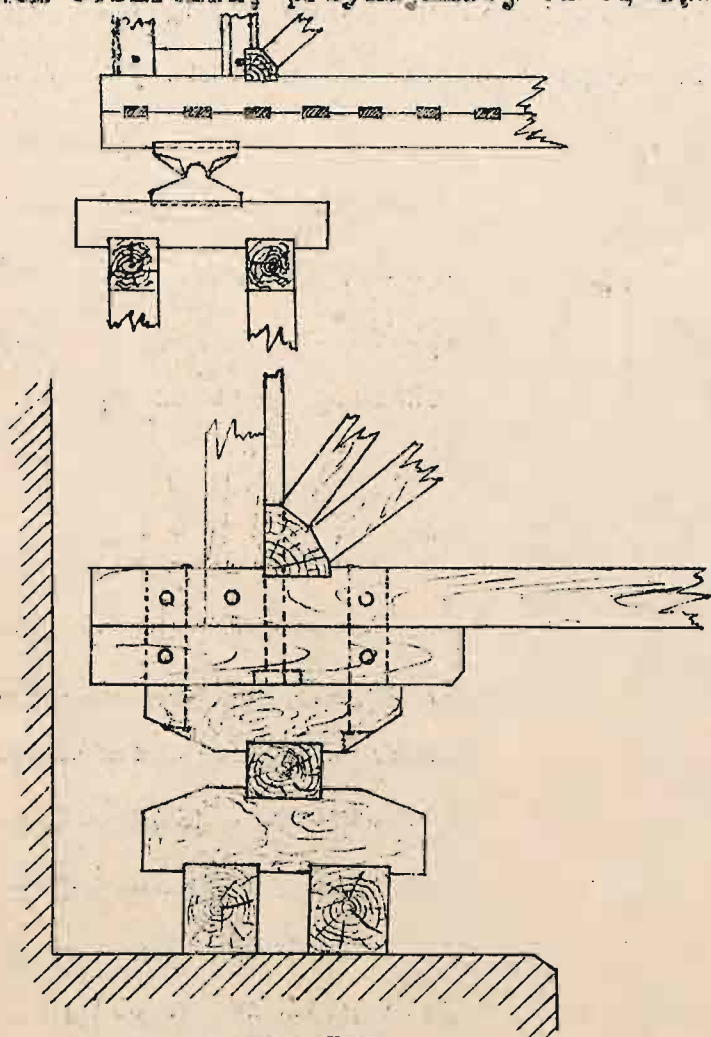
być taka, aby dały możliwość naciągnięcia słupka żelaznego na podporze. Ustrój węzłów narożnych ze słupkiem pokazany jest na rys. 498 i 499.

Podpory.

Na podporach pod pas dolny dajemy zwykle dodatkowe belki krótkie w kształcie siodełek i takowe bezpośrednio spoczywają na ławach podpór kamiennych lub na oczepach podłużnych podpór drewnianych [rys. 498]. Tego rodzaju ustrój nadaje się jednak do mostów niewielkiej rozpiętości, nie nadaje zaś do mostów większej rozpiętości, w których ciśnienie na podpory może być znaczne i wymaga nie jednej lecz kilku

ław. O ile przy jednej ławie ciśnienie oddaje się na mur lub oczep

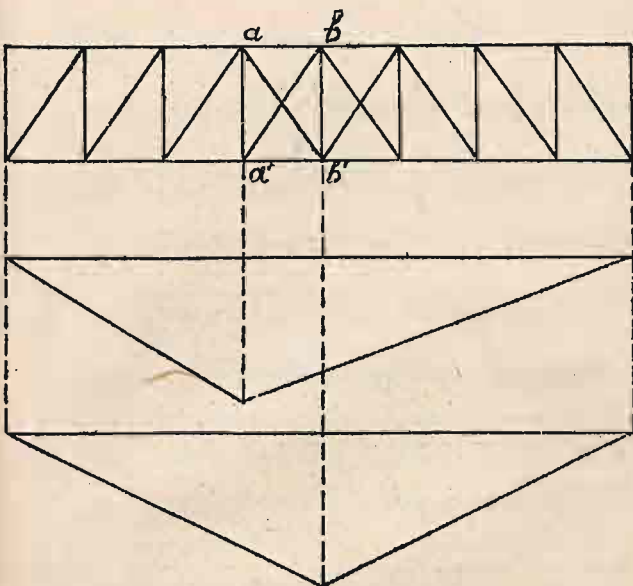
dość równomiernie, o tyle przy kilku oczepach, położonych jeden obok drugiego lub w pewnym odstępie, nie może być mowy o jednakowym ciśnieniu, przynajmniej od obciążenia mostu ciężarem ruchomym.



rys.500.

Obliczenie sił w prętach systemu How'a.

Ponieważ pasy w układzie tym dajemy o przekroju stałym, przeto dostatecznie jest znaleźć największy moment gnący pośrodku dźwigara i z momentu oznaczyć siły w pasach. Gdybyśmy jednak zechcieli zastosować linie wpływu, to musielibyśmy rozważyć, względem jakiego węzła brać moment dla danego pręta pasa, gdyż tylko jeden z dwóch krzyżulców pracuje przy danym obciążeniu ; przeto dla pręta ab [rys.501] musielibyśmy obciążyć najpierw według linii wpływu



rys.501.

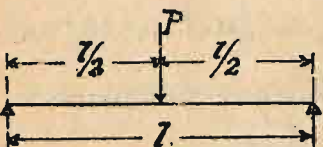
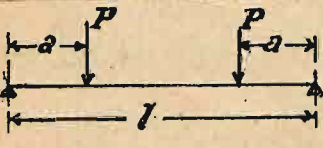
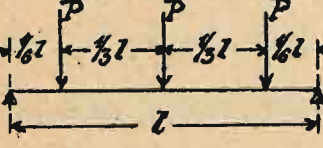
z wierzchołkiem pod węzłem a i rozważyć, czy krzyżulec a'b jest ściśkany, w przeciwnym razie należałoby przyjąć linję wpływu z wierzchołkiem pod węzłem b.

Oprócz siły od obciążenia pionowego powinno się znaleźć w danym przecie siłę od działania wiatru i dodać jedną do drugiej. Otrzymana siła będzie całkowitą siłą osiową w danym przecie

cie pasa ab.

Jeżeli do tego most jest z jazdą górą i belki poprzeczne są położone nie tylko w węzłach, lecz i pomiędzy węzłami, co zdarza się przeważnie, to wtedy musimy uwzględnić i moment gnący. Przyjęto przy obliczeniu momentu gnącego uważać pręt pasa, jako belkę wolno podpartą w węzłach. Nie odpowiada to rzeczywistości, każdy pas bowiem przedstawia belkę ciągłą wieloprzęskową na podporach sprężystych, gdyż pod obciążeniem węzły obniżają się. Ponieważ jednak różnica w obniżaniu się węzłów sąsiednich jednego względem drugiego jest niewielka, przeto można rozpatrywać, że podpory są stałe. Dalej, mając na uwadze, że wpływ innych przęseł na dane przęskło szybko maleje w miarę oddalania się od danego przęskła, dostatecznie jest rozpatrzeć tylko dwa sąsiednie przęskła i rozpatrywać pręt pasa, jako jedno z przęseł belki dwuprzęskowej bezprzegubowej. Przytem obciążenie stałe można rozpatrywać, jako równomiernie rozłożone, zaś ruchome zaczepione w określonych punktach, gdyż

takowe oddaje się przez belki poprzeczne. Jeżeli przyjmujemy położenie belek poprzecznych na pasach, jak to jest pokazane na rysunkach, w niżej podanej tabelicy, to momenty gnące można przyjąć według tejże tabelicy.

<i>Położenie belek poprzecznych na pasach według schematu.</i>	<i>Moment gnący od obciążenia stałego P w punktach położenia belek poprzecznych i na podporach.</i>	<i>Moment gnący od obciążenia ruchomego wszystkich przęseł w punktach położenia belek poprzecznych i na podporach</i>	<i>Moment gnący od obciążenia ruchomego poszczególnych przęseł w punktach położenia belek poprzecznych i na podporach.</i>
	2 przęsła $+ \frac{1}{16} pl^2$ $- \frac{1}{8} pl^2$	2 przęsła $+ \frac{5}{32} Pl$ $- \frac{1}{16} Pl$	2 przęsła $+ \frac{15}{64} Pl$ $- \frac{5}{32} Pl$
	$\frac{Pa}{2} (0.751 - a)$ $\frac{p(l-a)(a-0.251)}{2}$ $- \frac{1}{8} pl^2$	$+ Pa(1 - \frac{3}{2} \frac{a}{l} + \frac{3}{2} \frac{a^2}{l^2})$ $- Pa(1 - \frac{3a}{l} + \frac{3}{2} \frac{a^2}{l^2})$ $- \frac{3}{2} Pa(1 - \frac{a}{l})$	$Pa(1 - \frac{3}{4} \frac{a}{l} + \frac{3}{4} \frac{a^2}{l^2})$ $\frac{Pa}{4}(1 + \frac{6a}{l} - \frac{3a^2}{l^2})$ $- \frac{3}{4} Pa(1 - \frac{a}{l})$
	$+ \frac{7}{144} pl^2$ $+ \frac{1}{16} pl^2$ $- \frac{5}{144} pl^2$ $- \frac{1}{8} pl^2$	$+ \frac{53}{288} Pl$ $+ \frac{63}{288} Pl$ $- \frac{23}{288} Pl$ $- \frac{114}{288} Pl$	$+ \frac{125}{576} Pl$ $+ \frac{61}{192} Pl$ $- \frac{49}{576} Pl$ $- \frac{19}{96} Pl$

Mając siłą csiową i moment gnący, naprężenie dla pasa ciągniętego znajdziemy ze wzoru :

$$K_z = \frac{S}{\omega} + \frac{Mz}{J}$$

zaś dla pasa ściskanego ze wzoru :

$$K_c = \frac{S}{\varphi \omega} + \frac{Mz}{J}$$

Przekrój pasa ω przyjmujemy netto, zaś współczynnik φ według wzoru Tetmajera lub Rankina. Co się tyczy długości wybaczalnej l pręta ściskanego, która to długość figuruje we wzorze φ , to tutaj trzeba mieć na uwadze, że, rozpatrując wyboczenie w płaszczyźnie dźwigara

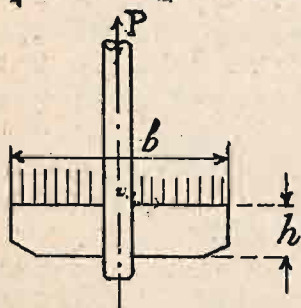
przyjmujemy l , równe długości jednego przedziału, przy wyboczeniu zaś z płaszczyzny dźwigara za długość l przyjmujemy odległość między węzłami tężników poziomych, jeżeli takowe są, co ma miejsce w mostach zamkniętych. W mostach zaś otwartych długość l zależy od sztywności tężników pionowych i ich odległości. Długość l może tutaj dochodzić do długości dwóch przedziałów.

Krzyżulce i słupy na podporze, jako pręty ściskane, obliczamy na wyboczenie, przytem za długość l we wzorze dla φ przyjmujemy połowę długości krzyżulca, gdy on jest skrzyżowany z krzyżulcem odwrotnym, lub całą długość, jeżeli odwrotnego krzyżulca niema. Uwzględniając wyboczenie z płaszczyzny dźwigara, przyjmujemy za wazę długość całą, lecz wtedy przy połączeniu odpowiedniemi belek jednego krzyżulca możemy moment bezwładności przekroju krzyżulca przyjmować względem osi, leżącej w płaszczyźnie dźwigara. Siły osiowe w krzyżulcach otrzymamy z linii wpływu. Musimy tutaj zauważyć, że obciążenie ruchome stawiać będziemy tylko na tem polu linii wpływu, które odpowiada ciśnieniu danego krzyżulca, drugie pole wtedy będzie należeć do krzyżulca odwrotnego.

Słupy żelazne są rozciągane. Siłę w nich otrzymamy również z linii wpływu. Jako przekrój użyteczny można przyjmować całkowity przekrój słupka, gdyż na końcach, gdzie jest nacięty gwint dla nasrubków, słupek zwykle jest pogrubiony o tyle, aby przekrój jego po odciągnięciu nacięcia równał się przekrojowi miejsca bez gwintu. Rozmiary podkładek pod ścięgna powinny być takie, aby nacisk na drzewo prostopadle do włókien nie przekraczał dopuszczalnego naprężenia.

Grubość podkładek powinna być dostateczna, aby mogły one prze-

nosić to ciśnienie równomiernie. Zatem powinny mieć dostateczny moment bezwładności, aby przy równomiernym ciśnieniu nie wygięły się. Jeżeli przeto przez b oznaczmy szerokość nakładki przez l jej długość [rys. 502], a przez K_g dopuszczalne naprężenie na zginanie, to



rys. 502.

otrzymamy

$$\frac{Pb}{8} = \frac{bh^2}{6} K_g \quad \text{czyli} \quad h = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{3Pl}{bK_g}}$$

Przypuszczamy, że długość podkładki, przypadająca na jeden szupek, jest mniejsza od szerokości podkładki. W przeciwnym bowiem

razie musielibyśmy h znaleźć ze wzoru $h = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{3Pl}{bK_g}}$

Dla żeliwa dla K_g można przyjąć 250 k/cm.²

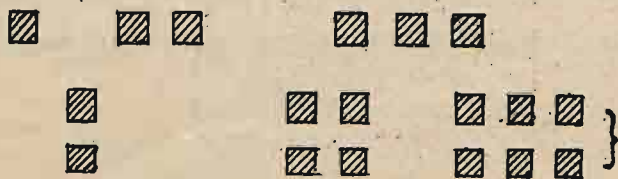
Przy układach wielokrotnych można rozłożyć kratownicę złożoną na kratownice proste nieprzesztynnione i odpowiednio do ilości n układów prostych przyjąć na każdy układ prosty $1/n$ część obciążenia stałego i ruchomego. Otrzymane siły w kracie będą siłami obliczeniowymi, zaś siły w pasach elementów, które się nakładają jeden na drugi przy tworzeniu układu złożonego z prostych układów, będą się dodawać dla otrzymania całkowitych sił obliczeniowych.

Mosty systemu Rychtera.

Plan



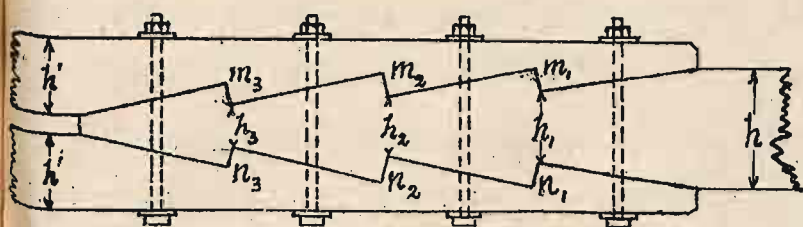
Widok.



rys. 503

Jeżeli w układzie How'a słupki żelazne zamienimy słupkami drewnianymi z takim połączeniem z pasami, że słupki będą mogły pracować tylko na rozciąganie, nadto jeżeli

pasu damy o przekroju zmiennym w zależności od siły, jakie panują w poszczególnych prętach pasów, to otrzymamy most systemu Rychtera.



Rys. 504

Pasy w zależności od siły mogą być zrobione z jednej, dwóch, trzech, czterech do sześciu belek. Od jednej można zrobić przejście do dwóch, od dwóch do trzech

lub czterech i od trzech i czterech do sześciu według rys. 503. Belki mogą leżeć w jednej płaszczyźnie, tworząc pas jednopiętrowy i w dwóch płaszczyznach - pasy dwupiętrowe.

Spojenie pasów ciągniętych może być wykonane za pomocą zazębienia, według rys. 504. Jeżeli przez P oznaczmy siłę w pasie, przez K_t dopuszczalne naprężenie na rozciąganie, przez b grubość belki, to wysokość h , w miejscu m, n , największego osłabienia pojedynczej belki otrzymamy z równania: $h_1 = \frac{P}{bK_t}$. Przyjmując wysokość zęba równą $e = [5 - 7.5]$ cm. otrzymujemy całkowitą wysokość belki pojedynczej $h_1 + 2e = h$. Ilość zębów otrzymamy z równania: $n = \frac{P}{ebK_c}$; jeżeli K_c jest dopuszczalne naprężenie na ciśnienie równoległe do włókien.

Długość zęba C otrzymamy z równania jednakowej wytrzymałości zęba na ciśnienie i ścinanie $C = \frac{eK_c}{K_t}$. Wysokość w przekrojach m_2, n_2 i m_3, n_3 określi się z równania

$$h_2 = \frac{P - 2ebK_c}{bK_t}; \quad h_3 = \frac{P - 4ebK_c}{bK_t} \quad \text{it.d.}$$

Pas podwójnych belek ma najszerszy przekrój w $m_1 - n_1$ i wysokość jego otrzyma się w ten sam sposób, jak pojedynczej. Czyli, że

$$h'_3 = \frac{P_2}{bK_z} ; \quad h'_2 = \frac{P_2 - ebK_c}{bK_z} ; \quad h'_1 = \frac{P_2 - 2ebK_c}{bK_z} ; \text{ itd. } h' = h'_3 + e.$$

Zęby dajemy prostokątne.

Pasy ciśnione łączymy według rys.505 i rys.506, w pierwszym

wypadku zęby są prostokątne w

drugim nieco zastrzone. Jak

widzimy z tych rysunków, przy

połączeniu możemy bezpośred-

nio ciśnienie całkowitego

przekroju jednej belki oddać

na belki, z którymi ją łączy-

my przez zetknięcie czół tych

belek. Naturalnie tak jedno po

łączenie, jak i drugie, wymaga

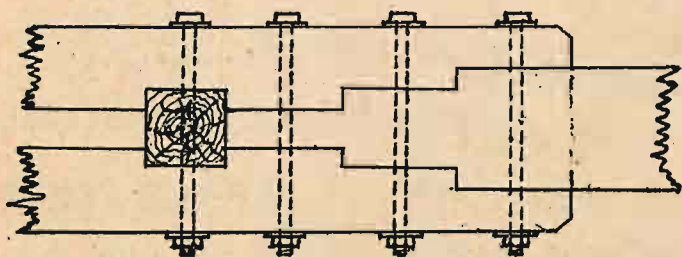
bardzo dokładnej roboty w prz-

ciwnym razie zęby będą praco-

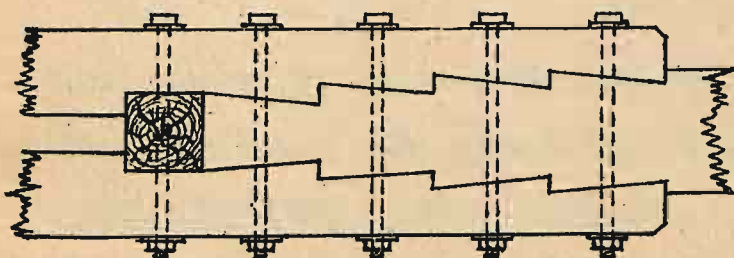
wały niejednakowo. Mając na uwadze, że zetknięcie może być wykonane niedokładnie, bezpieczniej jest dopuszczalne naprężenie w pasach nieco zmniejszać [do 15%]. Śruby należy stawiać w zetknięciu na każdej zęb po jednej śrubie, aby dobrze zacisnąć belki w zetknięciu i tym sposobem zapobiec pęknięciom od usychania zębów, gdyż pęknięcia takie w znacznej mierze osłabiają pasy w połączeniu.

Odległość pomiędzy belkami w kierunku pionowym daje się od 5 - 15 cm., zaś w planie w zależności od grubości słupków, które przechodzą pomiędzy belkami pasów.

Aby belki, z których składa się pas, pracowały możliwie jednako- kowo, musimy je połączyć dobrze klinami poziomymi i pionowymi oraz śrubami, jak to zresztą wskazane było przy rozpatrywaniu dźwigarów



rys.505



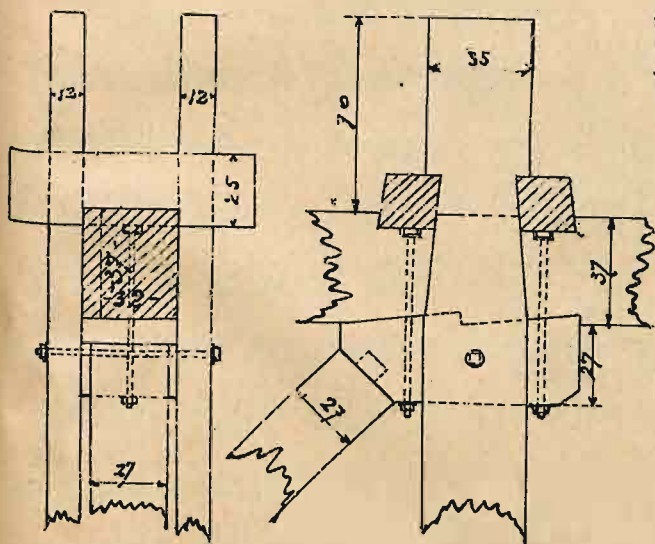
rys.506.

systemu How'a.

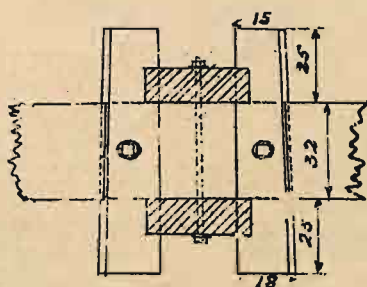
S ł u p k i .

Słupki, jak w belce How'a, składają się z jednej i kilku części. Naturalnie, powinno się dążyć do tego, aby ilość części składowych była jak najmniejsza, bo im mniej ich jest, tem większa jest pewność, że praca ich będzie jednakowa. Już w systemie How'a zwr-

caliśmy uwagę, że dopuszczalne naprężenie w miarę zwiększenia



rys.507.



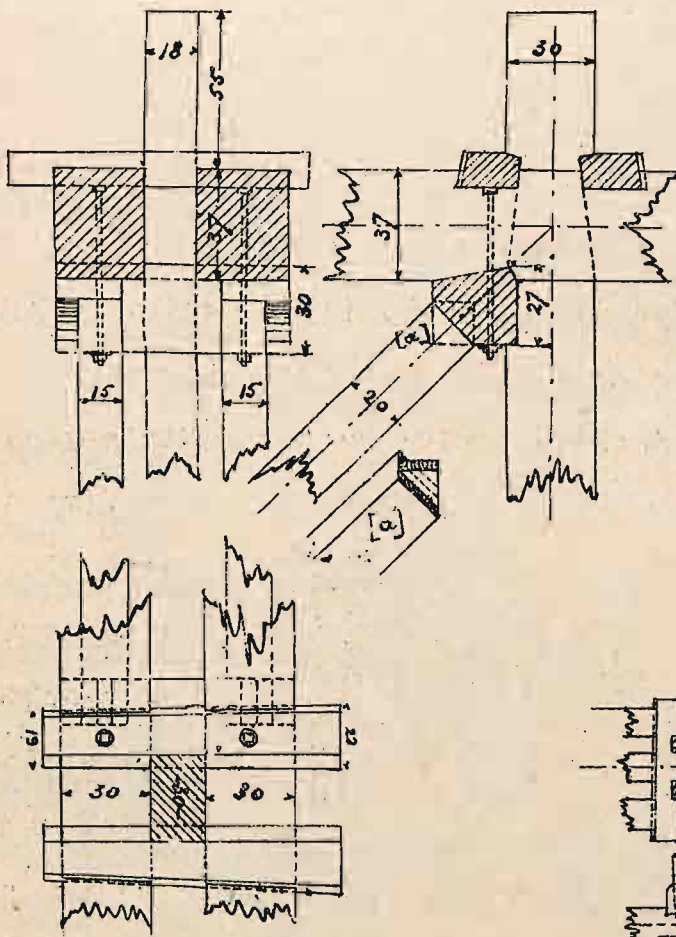
ilości prętów jednego słupka powinno zmniejszać się ze względu na trudność jednakowego naciągu. Tem większe trudności są przy słupkach drewnianych i tem nie-

bezpieczniejsze jest wskutek nie

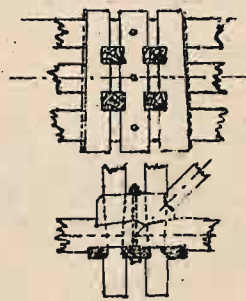
jednakowego naciągu zwiększenie naprężeń w drzewie w porównaniu z żelazem.

Przy pasach pojedynczych słupki zawsze są podwójne, obejmują pas z dwóch stron [rys.507].

Przy pasach podwójnych jednego poziomu, słupki mogą być pojedyncze, lub podwójne, przechodzący w odstępie pomiędzy belkami pasów [rys.508]. Stosowanie słupka potrójnego, mianowicie jednego pomiędzy belkami pasów i dwóch z boków pasów, nie jest do polecenia



rys.508.



rys.509.

dla wyżej wskazanych powodów -
możliwej nierównomierności pra-
cy.

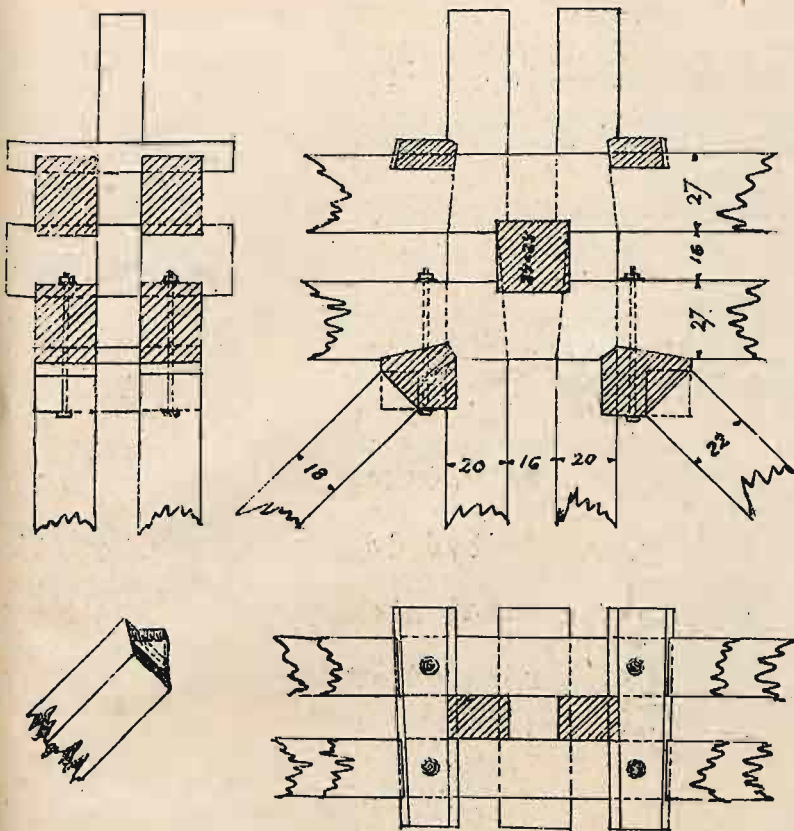
Przy pasach potrójnych jedne-
go poziomu słupki mogą być pod-
wójne lub poczwórne. W pierw-
szym wypadku dwa słupki wchodzi-
ją w odstęp pomiędzy belkami pasa,
w drugim wypadku cztery słupki
[rys.509 i 510].

Stosowanie słupków podwój-
nych w płaszczyźnie

dźwigara ma tę zaletę
że pozwala w odstęp
pomiędzy nimi stawiać
belki poprzeczne i

tym sposobem otrzymy-
wać obciążenia dźwigarów węzłowe [rys.542.] Jednak w tym wypadku

słupki otrzymują się dość szerokie, co ma wpływ na zwiększenie na-
prężen drugorzędnych tak w słupkach, jak w pasach. Lecz nie tylko
ze względów wyżej wymienionych, powinniśmy dążyć do zmniejszenia
ilości części składowych danego słupka. Im więcej jest części, tem
naturalnie części te są mniejszych przekrojów, zatem wszelkie pęk-
nięcia, które powstają wskutek usychania, mogą stanowić duży pro-
cent osłabienia małych przekrojów, szczególnie na końcach powyżej
wcięt pęknięcia mogą być niebezpieczne, a tutaj otrzymują się one
czasem dość znaczne. Dlatego też zaleca się końce słupków ściągac



rys.510.

śrubami, co jest dogodną, jeżeli słupki są z dość grubych dyli [rys.511].

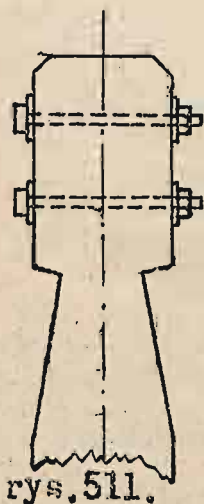
Naciąg słupków oraz ich zamocowanie w węzłach otrzymuje się za pomocą klinów poziomych, położonych na pasach górnych i pod pasami dolnymi i czasem też przy pasach piętrowych pomiędzy belkami pasa [rys.510].

Kliny w przekroju są w kształcie równoległoboku

z pochyleniem boków do pionu $1/10$ albo pięcioboku z pochyleniem stron bocznych do pionu również $1/10$ i boku, na który opiera się

wycięcie słupka z pochyleniem do poziomu $1/5$. Kliny pracują na zginanie, zginięcie i ścięcie, robią się z drzewa dębowego. Stoczystość podłużna klinów około $1/20 - 1/30$ i długość ich od 10 do 20 cm. większa niż szerokość pasów.

Wysokość klina zależy od siły w słupku; im większa siła w słupku, tem wysokość klina po-



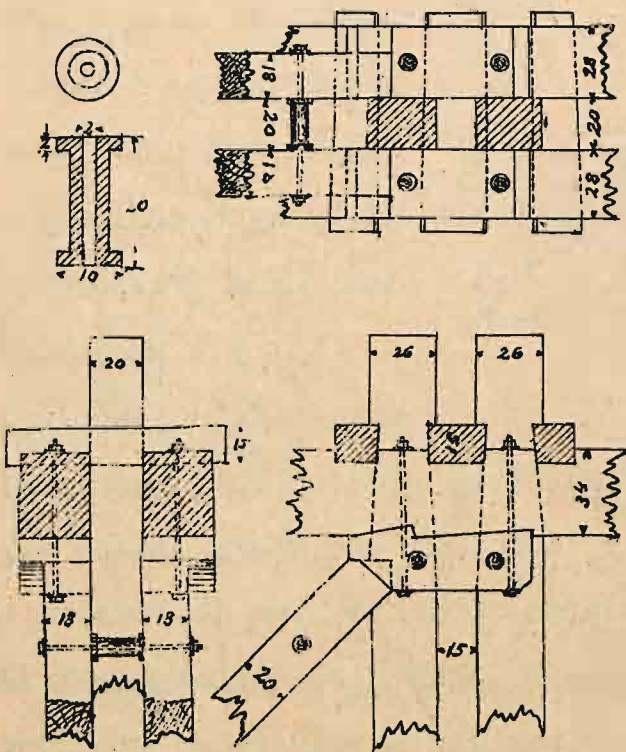
rys.511.

winna być większa. Ponieważ siła w słupkach wzrasta ku podporom, przeto wysokość klinów około podpór daje się większą, niż pośrodku dźwigara. Szerokość klina u podstawy daje się od 15 - 30 cm. i sto-

sunek szerokości do wysokości w granicach od 1 - 6. Szerokość klina powinna odpowiadać dopuszczalnemu naprężeniu na ściskanie drewna pasów prostopadle do włókien.

Krzyżulce, jak w dźwigarach How'a, mogą pracować tylko na ściskanie, przeto w pobliżu podpór, gdzie siła poprzeczna jest jednokierunkowa, zastrzały mogą być tylko jednego kierunku, t.j. główne,

ku środkowi siła poprzeczna może być dwukierunkowa, przeto tutaj niezbędne jest stawianie również krzyżulców odwrotnych - drugorzędnych.



rys. 512.

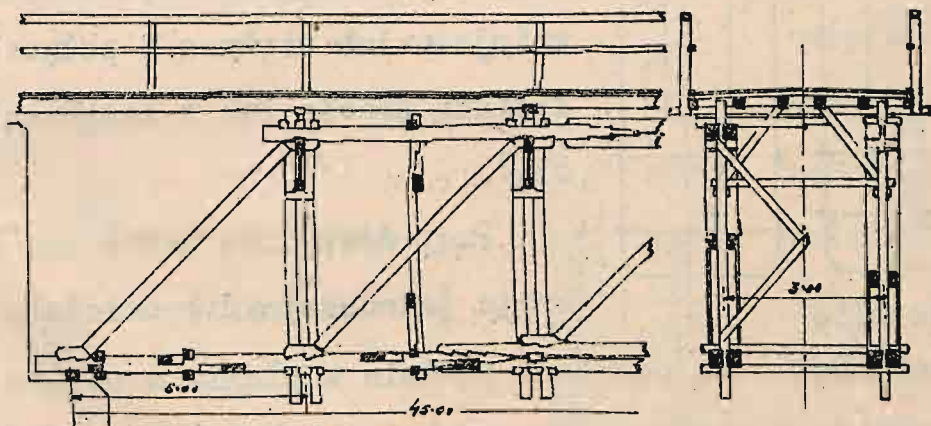
Ustrój przekroju krzyżulców będzie tutaj zupełnie taki sam jak w belkach How'a. Krzyżulce główne mogą być pojedyncze lub podwójne, krzyżulce odwrotne przechodzą pomiędzy krzyżulcami podwójnymi. Odległość pomiędzy podwójnymi krzyżulcami utrzymuje się za pomocą zaporek szpulowych, które stawiają się na końcach i pośrodku. Krzyżulce końcami swymi opierają się na drewniane trzewiki [piętki], które mogą być poprzeczne i podłużne. Połączenie zastrzałów z trzewikami robi się albo za pomocą czopa trójkątnego, prostokątnego, albo za pomocą trzpienia żelaznego. Piętki poprzeczne równomierniej przenoszą siły na belki pasów, zato mogą być wcięte tylko jednym zębem w pasy, nadając się przeto tylko dla takich zastrzałów, w których składowa pozioma

siły jest niewielka. Dla składowej poziomej dużej trzeba stosować piętki podłużne, które dają możliwość dać dwa lub trzy zęby [rys.512]

Obliczenie mostów układu Rychtera niczem się nie różni od obliczenia układu How'a. Na rysunku 513 pokazany jest z widoku dźwigar układu Rychtera.

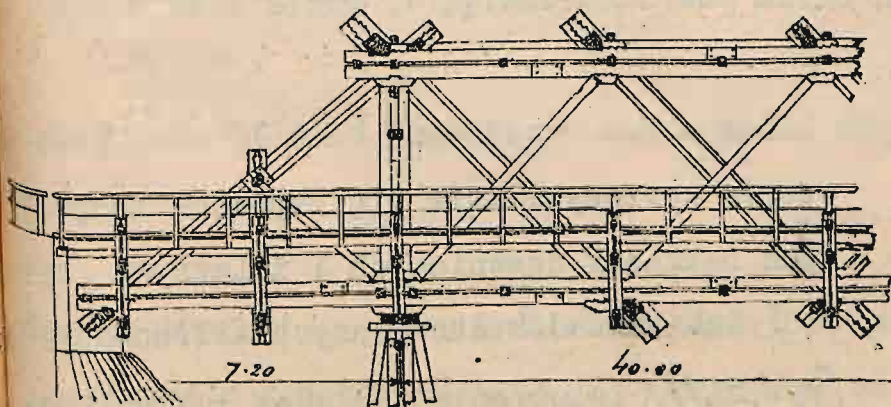
Mosty Pintowskiego.

Mosty systemu Pintowskiego należą do mostów kratowych, których krata składa się z samych krzyżulców [rys.514]. Mamy przeto tutaj



rys.513.

krzyżulce, które muszą pracować nie tylko na ściskanie, lecz i na rozciąganie. Odpowiednio do tego i połączenie krzyżulców w węzłach



rys.514.

z pasami musi być takie, aby krzyżulce mogły wypełnić swe zadanie. Krzyżulce ściskane są tutaj połączone tak, jak w mostach How'a lub Rychtera, krzyżulce

zaś rozciągane zwykle składają się w płaszczyźnie dźwigara z dwóch

budowa mostów ark. XXIX.