niższych części mostu od deszczu. Zamiast gzymsów w mostach prostych dajemy zwykle deski okapowe, jak to jest pokazane na rys.274a

Czasem na mostach drewnianych dajemy poręcze żelazne, lecz rzadko to się zdarza, gdyż poręcze takie są zwykle droższe od drewnianych.

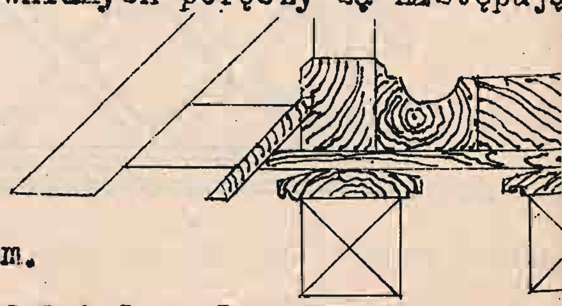
Wymiary poszczególnych części drewnianych poręczy są następujące :

Pochwyt od 15 - 18 cm. grubości.

Słupki od 15 - 18 cm. grubości.

Zastrzały od 10 x 14 do 12 x 16 cm.

Pręty krótkie 6 x 6, dłuższe 8 x 8 lub 10 x 10 cm.



rys 274a

Ciężar poręczy na metr bieżący wynosi od 50 do 180 kgr, przeciętnie koło 85 kgr.

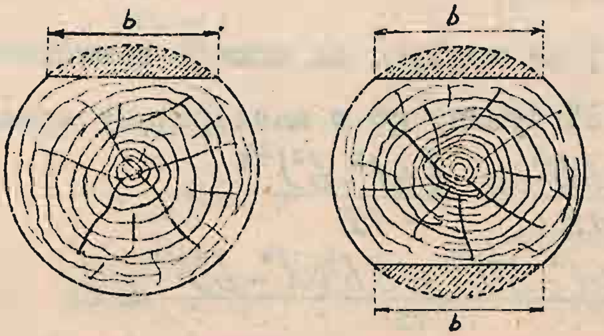
Mosty belkowe leżajowe.

Najprostszy ustrój mostu belkowego otrzymamy, jeżeli belki okantowane o przekroju prostokątnym lub też ociosane z dwuch stron lub tylko z jednej strony, położymy jedna obok drugiej na oczepach podpór.

Jeżeli przyjmiemy, że największy wymiar drzewa iglastego będzie o średnicy d = 42 cm., to, stosując takie drzewo nieociosane, otrzymamy moment wytrzymałości przekroju jego: $W = \frac{1}{32} \pi d^3 = 7274 \, cm^3$. i przy dopuszczalnem naprężeniu na zginanie 90 k/cm.^{2} otrzymamy największy moment gnący, który mogłaby belka wytrzymać M = 654660 kcm. Jest to moment stosunkowo niewielki i dlatego też ustrój taki nadaje się do niewielkich rozpiętości : dla mostów drogowych do 3,5 mtr., zaś dla mostów kolejowych do 2,5 mtr., o ile byśmy stosowali drzewo znacznej średnicy. Jeżeli zaś stosować drzewo koło 32 cm. średnicy, to dla mostów kolejowych wypadną rozpiętości nie większe od 2 mtr.

Stosowanie drzewa okrągłego nie jest dogodne ze względów ustrojowych. Aby belki poprzeczne lub dyle poprzeczne nie zgniatały włókien belki głównej, musimy wytworzyć pewną płaszczyznę dotyku przez ściosanie belek chociażby z jednej strony.

Ociosujemy drzewo zwykle tak, aby szerokość płaskiej części była w granicach od 1/4 d do 1/2 d, gdzie d jest średnica drzewa.



rys.275.

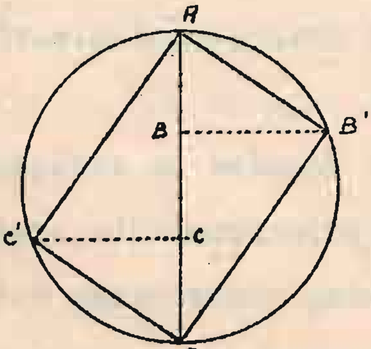
Tutaj trzeba zaznaczyć, że drzewo ociosane z jednej tylko strony lub z dwuch stro stron, według rys.275, daje najmniejszy moment wytrzymałościowy jednakowy.

Ze względu przeto na naprężenie od zginania jest wszystko jedno, czy ciosać drzewo z jednej, czy też z dwuch stron. Ugięcie zaś otrzymamy mniejsze przy ociosaniu drzewa tylko z jednej strony.

Stosowanie drzewa ociosanego tylko z jednej strony lub dwuch stron ma tę zaletę, że wymaga mało roboty i jest przez to tanie.

Stosując belki ociosane, musimy wybrać taki stosunek grubości belki do jej wysokości, aby przy średnicy d drzewa okrągłego moment wytrzymałości belki wyciosanej był największy [rys.276]. Jeżeli przeto oznaczymy grubość belki przez b, a wysokość przez h, to możemy napisać :

$$W=\frac{bh^2}{6};\quad b^2+h^2=d^2 \quad \text{czyli} \quad W=\frac{b(d^2-b^2)}{6}$$



rys.276.

z równania $\frac{dW}{db}=\frac{d^2-3b^2}{6}=0$ otrzymujemy, że $b=\frac{d}{3}\sqrt{3}$; $h=\frac{d}{3}\sqrt{6}$ i $\frac{h}{b}=\sqrt{2}$

Dla otrzymania grubości bala b dzielimy średnicę drzewa d na 3 równe części AB, BC i CD; z punktów B i C prowadzimy prostopadłe B B' i CC' i, łącząc punkty A i B', B' i D, D i C' i wreszcie C' i A, otrzymamy najdogodniejszy przekrój.

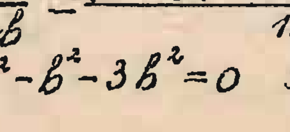
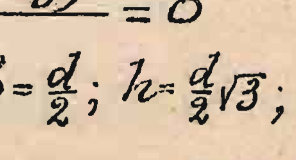
Najdogodniejszy przekrój ze względu na moment bezwładności jest nieco inny, mianowicie otrzymamy go w następujący sposób:

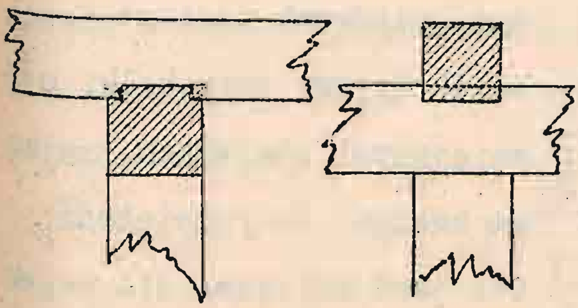
$$J=\frac{bh^3}{12}=\frac{b(d^2-b^2)^{3/2}}{12}$$

$$\frac{dJ}{db}=\frac{(d^2-b^2)^{3/2}-3b^2(d^2-b^2)^{1/2}}{12}=0$$

$$\text{czyli} \quad d^2-b^2-3b^2=0 \quad \text{skąd} \quad b=\frac{d}{2};\quad h=\frac{d}{2}\sqrt{3};\quad \frac{h}{b}=\sqrt{3}$$

Dla drzewa okrągłego, ociosanego z jednej strony i ociosanego z dwuch stron, otrzymamy następujące momenty bezwładności i momenty wytrzymałości.

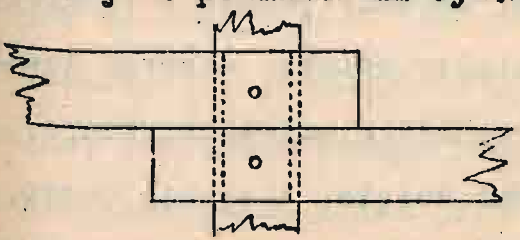
						
$b=0$	$b=\frac{d}{4}$	$b=\frac{d}{3}$	$b=\frac{d}{2}$	$b=\frac{d}{4}$	$b=\frac{d}{3}$	$b=\frac{d}{2}$
$J_x=0.0491d^4$.	$0.048d^4$	$0.047d^4$	$0.044d^4$	$0.047d^4$	$0.045d^4$	$0.039d^4$
$W_x=0.098d^3$.	$0.096d^3$	$0.095d^3$	$0.090d^3$	$0.097d^3$	$0.095d^3$	$0.090d^3$
$S_x=0.083d^3$.	$0.082d^3$	$0.080d^3$.	$0.073d^3$	$0.081d^3$.	$0.077d^3$.	$0.063d^3$.



rys.277.

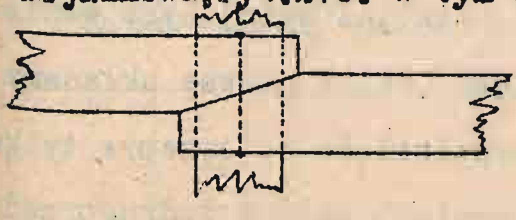
Odległość pomiędzy belkami w mostach drogowych dajemy od 0,8 do 1,2 mtr, przytem po środku po osi most zbliżamy belki do 0,6 mtr,, a to ze względu na możliwość częściowego remontu mostu, t.j. jednej połowy mostu przy zachowaniu ruchu na drugiej połowie.

Kładziemy belki główne bezpośrednio na oczepy, wcinając je na 2,5 cm.tak, aby nie mogły się przesuwać ani wzdłuż, ani wpoprzek, jak to jest pokazane na rys.277.



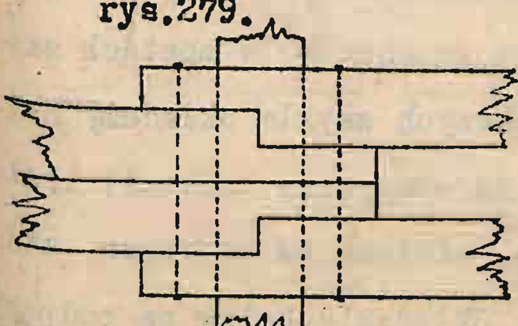
rys.278.

Układając belki podłużne bezpośrednio na oczep w mostach mniejszgo znaczenia i przytem w mostach długich, o ile trzeba by było układać belki odpowiedniej długości, możemy je sztukować lub też układać mijankowo,rys.278. W tym wypadku osie belek jednego przęsła przesunięte są o całą grubość belki od osi belek sąsiedniego przęsł Aby tę odległość między osiami zmniejszyć do połowy grubości belek można układać belki według rys.279



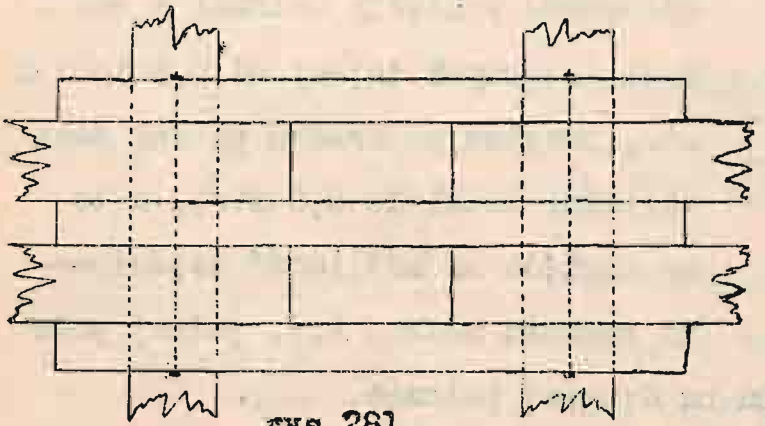
rys.279.

Przy belkach podwójnych jedna obok drugiej, położonych na podporach pojedyńczych, otrzymamy połączenie pokazane na rys.280.



rys.280.

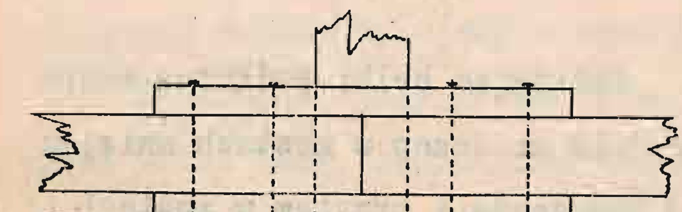
Przy podporach podwójnych i podwójnych belkach głównych ułożenie może być wykonane według rysunku 281, z którego widać, że



rys.281.

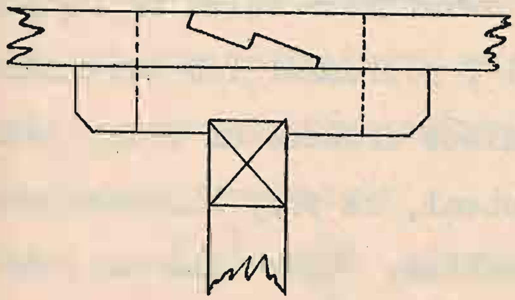
nad podporami zamiast dwuch belek dajemy trzy belki o mniejszych wymiarach, mając na uwadze, że rozpiętość ich jest mniejsza, niż belek przekrywających odległości między podporami.

Przy odpowiedniej szerokości oczepów lub też przy podwójnych oczepach w kształcie kleszczy możemy układać belki w dotyk czołowemi końcami jedna do drugiej, pomiędzy belkami stawiać deski w kształcie nakładek, które, będąc wcięte, obejmują oczep, nie pozwalając się belkom przesuwać wzdłuż [patrz rys.282].



rys.282.

Jak już wyżej było wspomniane, belki główne układamy bezpośrednio na oczepie tylko w mostach małych i drugorzędnego znaczenia, w mostach zaś większych zwykle układamy belki na specjalne beleczki krótkie, ułożone na oczepach, które nazywamy siodełkami lub podbelkami. Układanie belek na podpory zapomocą siodełek ma tę jeszcze dobrą stronę, że nie potrzebujemy osłabiać belki głównej wcięciami, gdyż siodełko odpowiednio jest wcięte w oczep. Następnie nad siodełkami możemy w dobry sposób zro bić sztukowanie belek [rys.283]

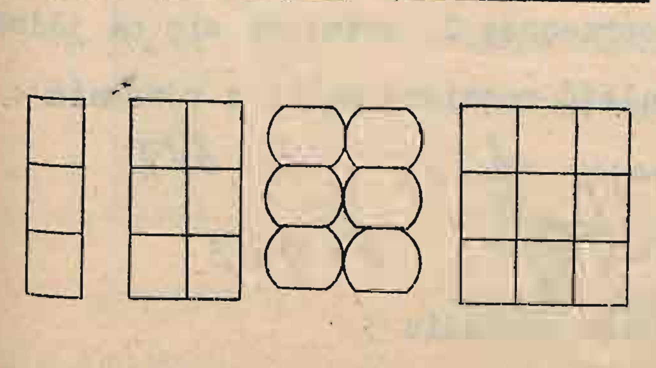


rys.283.

Ponieważ jednak od sposobów połączenia belek z siodełkami zależy praca belek, a przeto i ich obliczenie, musimy zatem rozpatrzeć wpierw belki wielokrotne i belki złożone.

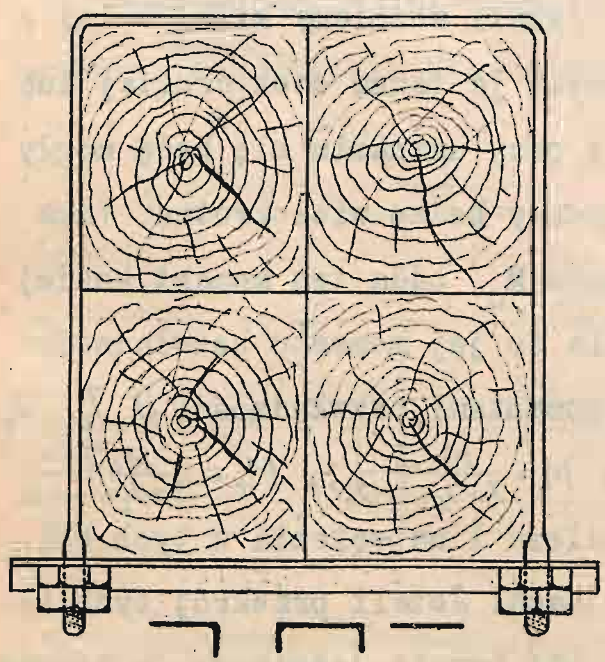
Jeżeli weźmiemy kilka belek o różnych momentach bezwładności i ułożymy je jedna obok drugiej lub jedną na drugą, lecz tak, że belki te przy uginaniu się będą mogły przesuwać się jedna po drugiej, otrzymamy belkę wielokrotną. Taka belka, obciążona pewnym momentem gnącym M_c, odda ten moment każdej z poszczególnych belek proporcjonalnie do jej momentu bezwładności, t.j., jeżeli będziemy mieli belki z momentami bezwładności $J_1, J_2 \ldots J_n$, to momenty gnące dla tych belek będą $M_1 = \frac{M_c J_1}{J_1 + J_2 + \ldots + J_n}$; $M_i = \frac{M_c J_i}{J_1 + J_2 + \ldots + J_n}$

Mając momenty gnące, możemy znaleźć i naprężenia w tych belkach. Jeżeli przekrój tych belek będzie jednakowy, a liczba ich jest n, to oczywiście $M_1 = \frac{M_c}{n}$, t.j. na każdą belkę odda się jedna n-ta część momentu.



rys.284

Jeżeli belkę złożymy z kilk belek oddzielnych, położonych jedna na drugiej, lecz tak, że połączymy je między sobą, że nie będzie przesunięć podłużnych jednej belki po drugiej, że przy zginaniu belki te będą pracowały, jakby stanowiły jedną całość - belkę jednolitą - otrzymamy belkę złożoną. Na rysunkach 284 pokazane są belki wielokrotne, składające się z dwuch do 9 belek pojedyńczych. Belki te są połączone śrubami pionowemi i poziomemi lub też klamrami z żelaza płaskiego. Chociaż klamry są nieco droższe od śrub, jednakże mają tę przewagę w porównaniu ze śrubami, że przy klamrach nie osłabiamy belek dziurami, do których w dodatku dostaje się woda i powoduje szybsze gnicie. Sruby jednak lepiej łączą belki niż klamry. Klamry robimy z żelaza płaskiego rozmiarów 65 x 12 lub 60 x 15 mm. Mają one kształt litery U, na końcach ich są nacięte gwinty. Poprzeczki z kątowników, płaskowników albo teowników nakładamy na końce z gwintami, dając naśrubki, któremi ściągamy belki, jak to jest pokazane na rys.285.



rys.285.

Mając moment gnący M i siłę poprzeczną Q, oddającą się na jedną belkę belki wielokrotnej możemy znaleźć rozmiary belki z równania :

$$W = \frac{bh^2}{6} = \frac{M}{K_g}; \quad bh^2 = \frac{6M}{K_g} \quad i\ mając \quad \frac{b}{h} = \sqrt{2}; \quad h = b\sqrt{2}$$

otrzymamy $b^3 = \frac{3M}{K_g}; \quad b = \sqrt[3]{\frac{3M}{K_g}}; \quad b = \frac{d}{3}\sqrt{3}$

Musimy jednakże zadość uczynić jeszcze równaniu :

$K_t = \frac{3}{2}\frac{Q}{bh};$ $\quad K_g$ i K_t są dopuszczalne naprężenia na zginanie i na ścinanie przy zginaniu.

W równaniu naprężenia na ścinanie wchodzi pole przekroju belki i im pole to jest większe, tem wygodniejszy jest przekrój belki pod względem wytrzymałości na ścinanie. Wyciosując belkę z drzewa okrągłego, otrzymaliśmy największy przekrój, gdy b = h, t.j. gdy przekrój jest kwadratowy :

Z równań $bh^2 = \frac{6M}{K_g}$ i $K_t = \frac{3}{2}\frac{Q}{bh}$ czyli $bh = \frac{3}{2}\cdot\frac{Q}{K_t}$

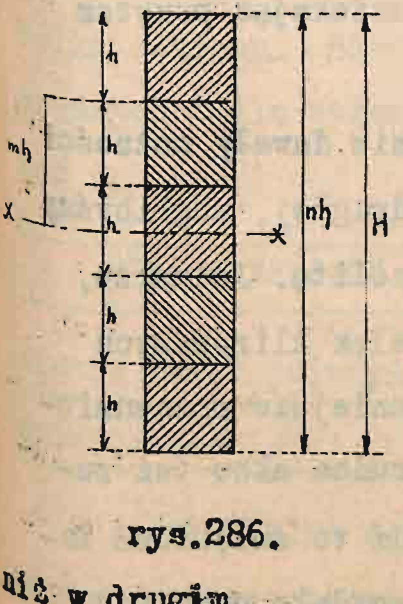
możemy otrzymać, że $h\cdot\frac{3}{2}\frac{Q}{K_t} = \frac{6M}{K_g}$

skąd $h = \frac{4MK_t}{K_gQ}$ i $b = \frac{3}{8}\frac{Q^2K_g}{MK_t^2}$

t.j. otrzymaliśmy przekrój belek, mając siłę poprzeczną Q i moment gnący M.

B e l k i z ł o ż o n e .

Jeżeli teraz założymy, że belkę, składającą się z kilku belek położonych jedna na drugą i tak połączonych między sobą, że jest zupełnie niemożliwe przesunięcie się jednej belki po drugiej, to wtedy moment wytrzymałości takiej belki złożonej o grubości b i wysokości n h [rys.286] będzie się równał $W = \frac{bn^2h^2}{6}$, gdy tymczasem moment wytrzymałości n takich belek, stanowiących jedną belkę wielokrotną, będzie $W = \frac{bnh^2}{6}$; w pierwszym wypadku moment wytrzymałości jest n razy większy niż w drugim.



rys.286.

Moment statyczny przekroju części belki, położonej wyżej linji mh od osi obojętnej będzie $S_{mh} = \frac{bh^2}{8}(n^2 - 4m^2)$

Moment bezwładności przekroju belki $J_{nh} = \frac{bn^3h^3}{12}$

i stosunek

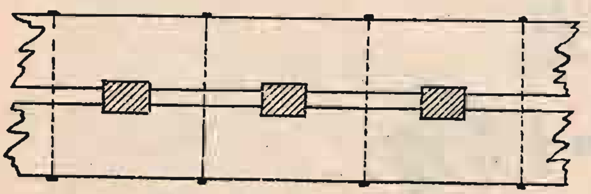
$$\frac{S_{mh}}{J_{nh}} = \frac{3}{2}\frac{(n^2-4m^2)}{n^3h}.$$

Dla m = 0 otrzymamy $\frac{S_{mh}}{J_{nh}} = \frac{3}{2}\frac{1}{nh} = \frac{3}{2}\cdot\frac{1}{H} = 1.5\frac{1}{H}$,

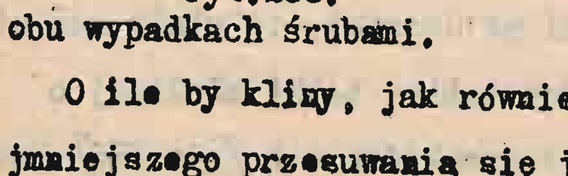
gdzie H jest całkowita wysokość belki złożonej, równa nh.

Wogóle możemy ten stosunek wyrazić przez wzór ogólny

$$\frac{S_{mh}}{J_{nh}} = \alpha\frac{1}{H}$$



rys.287



rys.288.

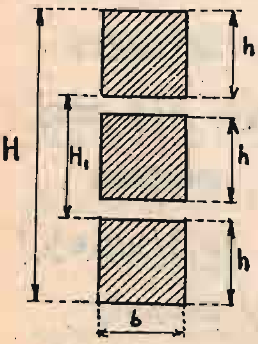
Aby belki położone jedna na drugiej przy zginaniu nie mogły się przesuwać jedna po drugiej, możemy pomiędzy belkami postawić kliny poprzeczne, które nie dądzą możności przesuwania się belki po belce [rys.287] lub też zazębić belki i zazębione połączyć między sobą [rys.288], ściskając przytem w obu wypadkach śrubami.

O ile by kliny, jak również i zazębienia nie dawały możności najmniejszego przesuwania się jednej belki po drugiej, moglibyśmy taką belkę złożoną rozpatrywać, jako belkę jednolitą. Jednakże, jak pokazały doświadczenia, wykonanie takich belek klinowanych lub zazębionych tak, aby nie miało miejsca najmniejsze przesunięcie jednej belke po drugiej, jest albo nader trudne albo też zupełnie niemozebne Belki bądź to klinowane, bądź to zazębione łamia się pod mniejszem obciążeniem, niż by to wypadało przy ich wytrzymałości, obliczonej jako belek jednolitych.

Przy doświadczeniach, przeprowadzonych przez inż. Bocka w r. 1891, okazało się, że belki klinowane złożone z trzech belek łamały się przy obciążeniu, odpowiadającym naprężeniom przy zginaniu od 141 do 239 k/cm^2, gdy tymczasem belka jednolita łamała się przy naprężeniu 440 k/cm^2. Naturalnie taka różnica naprężeń powstała wskutek tego, że pierwotnie belki się przesuwały jedna po drugiej, pracując jako belki oddzielne i następnie dopiero kliny zaczęły okazywać dostateczny opór przesuwaniu się i belki wystąpiły, jako belka jednolita. Dlatego też belkę złożoną, klinowaną oraz zazębioną, nie możemy rozpatrywać jako belkę całkowicie jednolitą, lecz raczej jako coś pośredniego między belką jednolitą, a belką wielokrotną. Przeto, dla belek tych musimy albo obniżyć nieco dopuszczalne naprężenie przy przyjmowaniu momentów wytrzymałości, jako belek jednolitych, lub też obliczony moment wytrzymałości mnożyć przez spółczynnik mniejszy od jedności, przytem spółczynnik ten będzie tem mniejszy, im z większej liczby belek będzie się składać belka złożona. Również spółczynnik ten nie jest jednakowy dla klinowanych i dla belek zazębionych. Spółczynnik ten μ można przyjmować :

Belki złożone	Klinowane		Zazębione	
liczba belek pojedyńczych	2	3	2	3
spółczynnik μ	0,70	0,50	0,80	0,60

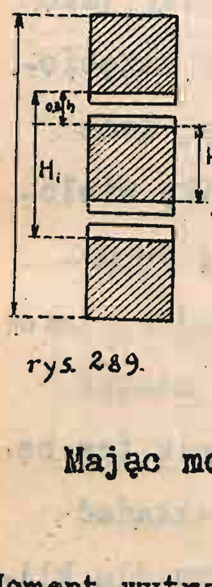
Robiąc belki klinowane, oddzielne belki kładziemy jedną na druga z pewnym niewielkim odstępem, równym koło 1/10 h , jeżeli h jest wysokość poszczególnych belek, z których składamy belkę złożoną. Moment bezwładności wtedy otrzymamy, uwzględniając osłabienie belek śrubami o średnicy d; dla dwuch i trzech belek [rys.289].



$$J=\frac{1}{12}(b-d)\left[H^3-h^3\right]=\frac{bH^3}{12}\left(1-\frac{d}{b}\right)\left[1-\left(\frac{h}{H}\right)^3\right].$$

$$J=\frac{1}{12}(b-d)\left[H^3-H_1^3+h^3\right]=\frac{bH^3}{12}\left(1-\frac{d}{b}\right)\left[1-\left(\frac{H_1}{H}\right)^3+\left(\frac{h}{H}\right)^3\right]$$

Jeżeli przyjmiemy, że wysokość poszczególnych belek jest h, grubość ich jest b = 0,75 h, wysokość klinów h_1 = 0,3h ; odległość pomiędzy oddzielnemi belkami belki złożonej e = 0. 1h i wreszcie d = 0,1 b, to dla momentu bezwładności możemy otrzymać następujące wyrażenie :



$$J=\frac{bH^3}{12}\left(1-\frac{d}{b}\right)\left[1-\left(\frac{H_1}{H}\right)^3+\left(\frac{H_2}{H}\right)^3\right]=\frac{0.75\,H^3}{12}(1-0.1)\left[1-\left(\frac{1.4}{3.2}\right)^3+\left(\frac{0.8}{3.2}\right)^3\right]=$$

$$=\frac{0.75\times0.9H^4}{12}\left[1-0.0837+0.0156\right]=0.05625\times0.9319\,H^4=0.0524\,H^4$$

rys. 289.

$$W=2\times0.0524\,H^3=0.105\,H^3.$$

Mając moment gnący M i dopuszczalne naprężenie Kg, otrzymamy

$$K_g=\frac{M}{0.105H^3}\qquad \text{skąd}\qquad H=\sqrt[3]{\frac{M}{0.105\,K_g}}$$

Moment wytrzymałości będzie dla ogólnego wzoru

$$W=\frac{2J}{H}=\frac{bH^2}{6}\left(1-\frac{d}{b}\right)\left[1-\left(\frac{H_1}{H}\right)^3+\left(\frac{H_2}{H}\right)^3\right]$$

Siłę ścinającą na jednostkę długości belki otrzymamy z równania :

$$T=\frac{QS}{J}=\frac{3}{2}Q\,\frac{n^2-4m^2}{n^2H}$$

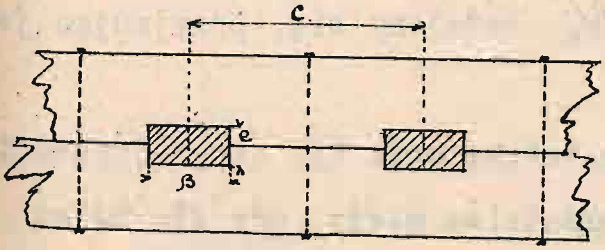
gdzie n oznacza liczbę belek belki złożonej, zaś m oznacza odległość od osi obojętnej, wyrażoną w liczbach oderwanych

dla $n=2$ i $m=0$ otrzymamy $\quad T=\frac{3}{2}\cdot\frac{Q}{H}=1.5\,\frac{Q}{H}$

dla $n=3$ i $m=\frac{1}{2}$ mamy $\quad T=\frac{4}{3}\cdot\frac{Q}{H}=1.33\,\frac{Q}{H}$

dla $n=4$ i $m=1.$ " $\quad T=1125\,\frac{Q}{H}$

Mając siłę T na jednostkę długości, która wyraża się naogół wzorem $T=\alpha \frac{Q}{H}$, możemy obliczyć kliny zęby lub klocki, które zabezpieczają od przesuwania się belek jednej po drugiej. Jeżeli oznaczymy [rys.290] przez C odległość pomiędzy klinami, przez e grubość przez β szerokość i przez λ długość klina, przez K_t i przez Kc dopuszczalne naprężenia na ścinanie i ściskanie drzewa równolegle do włókien, to, zakładając, że siła poprzeczna na odległości pomiędzy dwoma klinami nie zmienia się, możemy napisać następujące równania :



rys.290.

$$(c-\beta)\, b K_t \geqslant T_c = \alpha \frac{Q}{H} c ; \quad \frac{e b}{2} K_c \geqslant \alpha \frac{Q}{H} c ; \quad \beta \lambda K_t' \geqslant \alpha \frac{Q}{H} c .$$

Z tych równań otrzymamy odległość pomiędzy klinami C

$$c \geqslant \frac{\beta b K_t}{b K_t - \alpha \frac{Q}{H}} ; \qquad c \leqslant \frac{e b K_c}{2 \alpha \frac{Q}{H}} ; \qquad \beta \geqq \frac{\alpha Q c}{H \lambda K_t'} .$$

Gdybyśmy uwzględnili tarcie pomiędzy belkami, wywołane naciągiem śrub, to, oznaczając przez m liczbę śrub, przypadających na jeden klin, przez d średnicę śruby, przez K_r dopuszczalne naprężenie na rozrywanie śrub i przez f spółczynnik tarcia drzewa po drzewie, wzory te napisalibyśmy w takiej postaci :

$$c \geqslant \frac{\beta b K_t - m f \frac{\pi d^2}{4} K_r}{b K_t - \alpha \frac{Q}{H}} ; \quad c \leqslant \frac{e b K_c + m f \frac{\pi d^2}{4} K_r}{2 \alpha \frac{Q}{H}} ; \quad \beta \geqslant \frac{\alpha Q c - m f \frac{\pi d^2}{4} K_r H}{H \lambda K_t'} .$$

Wyżej wskazane wzory dają nam dwie granice odległości pomiędzy klinami najmniejszą i największą :

pierwsza otrzymuje się ze względu na ścinanie belki pomiędzy klinami,

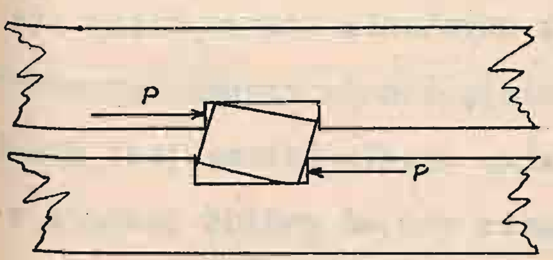
druga zaś ze względu na docisk, na zgniatanie włókien wciętych.

Zwykle głębokością wcięcia $e/2$ zadajemy się, przyjmując je koło 1/10 h.

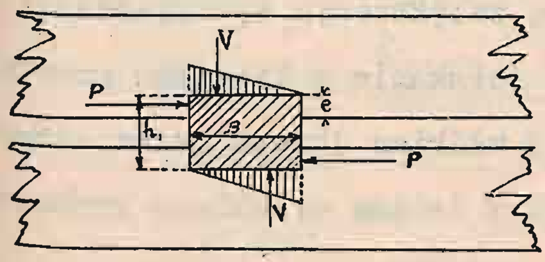
Co się tyczy siły tarcia, to takowa może być uwzględniona tylko w wyjątkowych razach, przedewszystkiem wtedy, gdy dla belek złożonych używamy drzewa bezwzględnie suchego i kiedy dozór nad mostem jest odpowiedni tak, że śruby, które zwykle od wstrząśnień mostu się rozluźniają, są niezwłocznie naciągane. Również możemy przyjmować siłę tarcia dla mostów czasowych, co może mieć miejsce w czasach wojennych, gdy częstokroć stawia się most na bardzo krótki okres czasu, podczas którego jest się pewnym, że drzewo, o ile było mokre, nie uschnie i śruby się nie rozluźnią. W innych wypadkach przy stosowaniu belek złożonych lepiej siły tarcia nie uwzględniać.

Obliczenie śrub w belkach klinowanych i klockowych.

Przy obciążeniu belki złożonej każdy klin lub klocek znajduje się pod działaniem pary sił, które starają się klin lub klocek obrócić w kierunku działania sił. Przypuszczamy, że siły te są zaczepione w połowie wcięcia klina w belkę. Otrzymamy wtedy moment pary sił $M = P [h, -e]$ rys.291. Jeżeli przytem założymy, że kliny nie odstają od belek wskutek naciągu śrub, że zatem ciśnienie na kliny od naciągu śrub najmniejsze jest równe zeru, to otrzymamy, że moment M pary musi być zrównoważony [rys.292] przez parę sił V



rys.291.



rys.292.

z ramieniem działania $\beta/3$ czyli przez moment $\frac{V\beta}{3} = P(h_1 - e)$ skąd otrzymamy $V = \frac{3P(h_1 - e)}{\beta}$ siła $P = K_c \cdot e \cdot b$, gdzie b oznacza grubość belki, zatem mamy $V = \frac{3eb(h_1 - e)K_c}{\beta}$

Mając siłę V i liczbę n śrub, przypadających na jeden klin, otrzymamy siłę $S = \frac{V}{n}$, rozrywającą śrubę.

Przy dopuszczalnem naprężeniu K_r na rozrywanie dla żelaza średnica śruby otrzyma się ze wzoru :

$$d = 2\sqrt{\frac{S}{\pi K_r}} = 2\sqrt{\frac{3eb(h_1 - e)K_c}{n\pi K_r \beta}}.$$

Przy klockach obliczenie będzie takie same jak przy klinach, przypuszczamy tylko tutaj, że przy wywracaniu klocków od momentu pary sił klocek może odstawać od belki i, że siły są zaczepione do skrajnych krawędzi klocków. Otrzymamy przy tych założeniach równanie :

$$V\beta = Ph_1 = bek_c h_1 \quad i \quad V = \frac{bek_c h_1}{\beta}$$

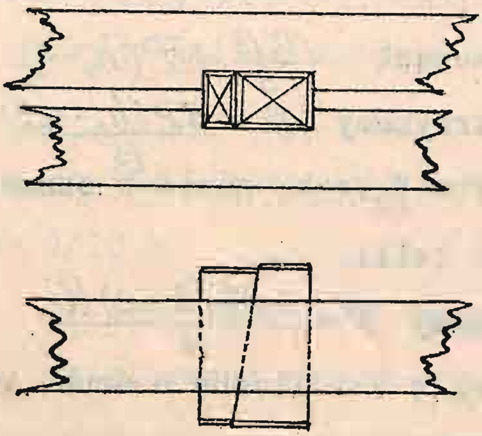
lub, mając na uwadze, że $\beta b K_t = bek_c$

otrzymamy $V = bh_1 K_t$

Mając siłę V, znajdziemy średnicę śrub, jak wyżej.

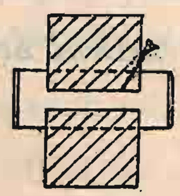
Kliny w belkach klinowanych robimy zwykle dębowe. Długość ich powinna być koło 10 cm.większa od grubości belek, aby końce klinów wystawały, co jest niezbędne dla podbicia klinów, celem lepszego docisku. W tym również celu dajemy kliny podwójne, jak to jest wskazane na rys.293.

Ponieważ przy drganiu mostów i wskutek usychania drzewa kliny się rozluźniają i mają czasem dążność do wypadania, przeto dobrze jest dla ich utrzymania wbijać gwóźdź pochyło w belkę i klin [rys.294].



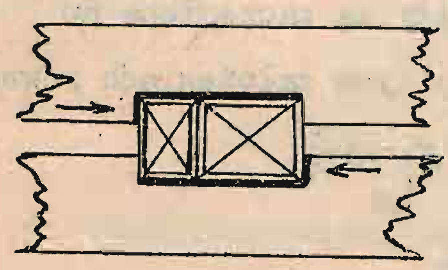
rys.293

Dla zwiększenia wytrzymałości klinów na ściskanie w kierunku prostopadłym do włókien drzewa można stosować wkładki z żelaza cienkiego grubości 2 - 3 m/m, według rys.295.



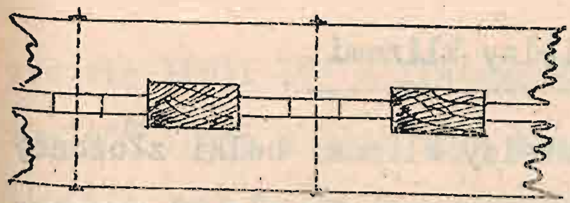
rys.294

Kliny dajemy zwykle poziome, lecz zamiast zwiększać grubość klinów i ich wcięcia w miejscach belek, gdzie siła poprzeczna zwiększa się i gdzie wypadnie nie tylko zmniejszać odległość pomiędzy klinami ze względu na ciśnienie, lecz także i głębokość wcięcia klina e, dajemy czasem kliny pochyłe, zmniejszając to pochylenie do poziomego, w miarę zbliżania się przekrojów belki, gdzie siła poprzeczna Q zmniejsza się lub zmienia znak. Stosowanie klinów pochyłych wymaga roboty dokładnej.

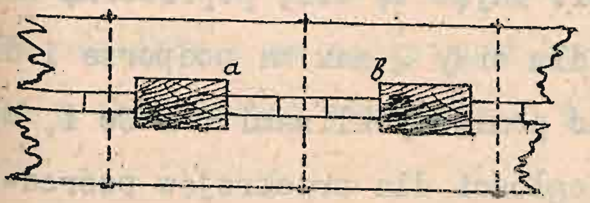


rys.295.

Sruby, któremi ściągamy belki złożone, stawiamy zwykle pomiędzy klinami. Przepuszczanie śrub przez kliny nie jest wskazane, gdyż utrudnia to podbijanie klinów w razie ich rozluźnienia. Przy pozostawieniu luzu pomiędzy belkami, tworzącemi belkę złożoną, do-

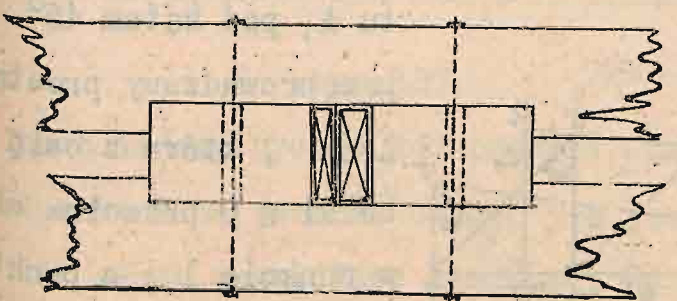


rys.296.



rys.297.

brze jest w miejscach przepuszczania śrub dawać pomiędzy belkami przekładki [rys.296], aby przy naciągu śrub belki nie uginały się, gdyż to może powodować czasem odłupanie się warstwy belki pomiędzy klinami na grubość wcięcia po linji ab [rys.29 Przekładki te mają jeszcze tę zaletę, że przy nacisku na nie belek zwiększają tarcie pomiędzy belkami. Stawianie takich przekładek przy klinie zwiększa nadto stateczność klinów. Przy połączeniach klockowych odległość pomiędzy belkami dajemy znacznie większą, niż w belkach klinowanych, mianowicie e=0,4h, gdzie h jest wysokość pojedyńczej belki. Długość klocków wynosi od 0,75 do 1,00 mtr.



rys.298.

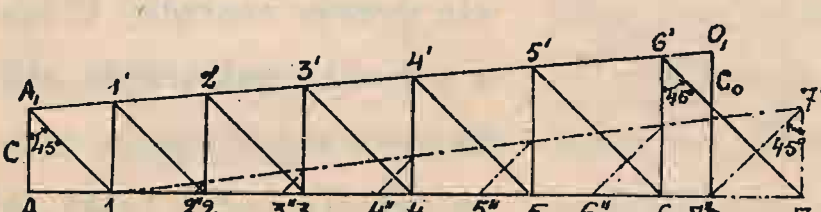
Wobec tego, że przy usychaniu drzewa pomiędzy klockiem a wcięciem belki może się wytworzyć szczelina, a przez to ugięcie całej belki, niezbędne jest stosowanie klinów, któremi można byłoby usuwać nieszczelne przyleganie klocków do czoła wcięć belek. W tym celu można stosować klocki podwójne i pomiędzy te klocki zakładać kliny [rys.298]. Ponieważ śruby przepuszczamy przez klocki, przeto otwory w klockach powinny być podłużne, aby klocek, przesuwając się pod naciskiem klina, nie naciskał na śrubę i nie giął jej.

Wyznaczenie odległości pomiędzy klinami.

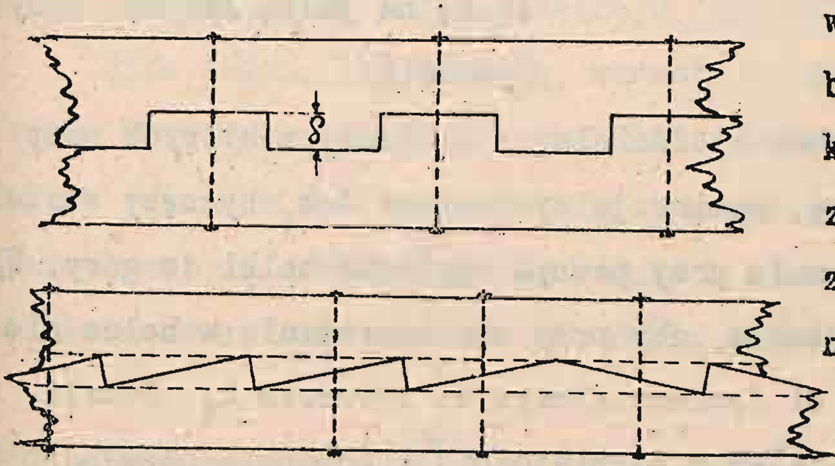
Jak zaznaczyliśmy odległość pomiędzy klinami belki złożonej zależy od siły poprzecznej, która w belce zmienia się od przekroju do przekroju. Największa jest dla belki zwykłej na podporach i najmniejsza pośrodku rozpiętości belki. Mając tę siłę poprzeczną na podporze i pośrodku belki, możemy dla siły Q max na podporze i dla siły Q_0 pośrodku określić odległość pomiędzy klinami C i Co i, zakładając dalej, że zmiana tych odległości dla przekrojów pośrednich przy wykresie mało odbiega od prostej, przyjąć zmianę tę według linji prostej i wtedy możemy graficznie [rys.299] wyznaczyć miejsca klinów w belce.

Odkładamy odległość C na pionowej linji nad podporą A, również odległość Co pośrodku belki O. Końce tych odcinków C i Co łączymy prostą A_1 O_1 i z punktu A_1 pod kątem 45° przeprowadzamy prostą $A_1 1$, która z osią belki A O przecina się w punkcie 1 ; z punktu 1 prowadzimy linję pionową 1-$1'$ do przecięcia z A_1 O_1 w punkcie $1'$, następnie z punktu $1'$ prowadzimy linję $1'2$ pod kątem 45° do pionu i otrzymujemy na linji A O punkt 2 i t.d. Punkty 1,2,3 i t.d. będą osiami klinów. Jeżeli ostatni klin 7 wypadnie poza środkiem O, wtedy w punkcie 7 odkładamy odcinek równy O7 na pionowej 77'. Punkt 7' tego odcinka łączymy z punktem O i z punktem 1, a następnie z punktów przecię-

rys.299.



cia się linji 17' z linjami 22',33'....66' przeprowadzamy pod kątem 45° linję w odwrotnym kierunku, otrzymujemy przecięcie tych linij z osią belki w punktach 2", 3",4",...6", które dadzą nam ostateczne położenie klinów przy klinie 7 w punkcie O pośrodku belki(7") Zamiast dzielić belkę na dwie części moglibyśmy podzielić ją na kilka odcinków i na początku i końcu każdego z tych odcinków odłożyć na prostopadłych wielkości C i, łącząc końce odcinków, wyrażających wielkości C, otrzymalibyśmy linję łamaną, na której, postępując jak z linją A O, moglibyśmy znowu znaleźć osie klinów dla danej belki.



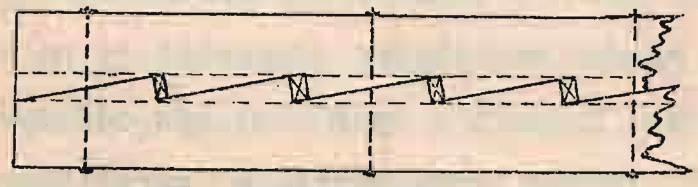
rys.300.

Belki zazębione.

Zęby belek zazębionych dajemy proste lub pochyłe [patrz rys.300]. Przy zębach pochyłych trzeba zwracać uwagę, jak jest skierowana siła tnąca, aby nadać zębom prawidłowy kierunek, by mogły sprzeciwiać się tym siłom tnącym, a zatem przesunięciu się jednej belki po drugiej.

Zwykle przyjmujemy wysokość zęba δ w granicach od 0,08 h do 0,12h, jeżeli h jest wysokość oddzielnych belek i w zależności od wytrzymałości zęba na ściskanie nadajemy mu taką długość, aby był dostatecznie wytrzymały na ścinanie, t.j., aby $\delta b K_c = \lambda b K_t$ czyli długość $\lambda \geqslant \frac{\delta K_c}{K_t}$.

Aby zwiększyć wytrzymałość zębów na zgniatanie, można pomiędzy czoła zębów zakładać kliny dębowe lub przekładki żelazne. Kliny debowe mają jeszcze tę zaletę, że w razie usychania drzewa i wytwarzania się szczelin pomiędzy zębami, możemy podtrzymywać szczelność pomiędzy klinami, podbijając je odpowiednio.



rys.301.

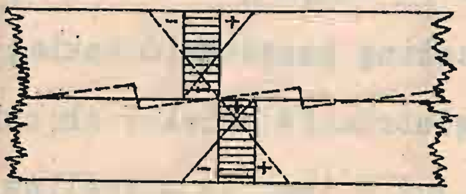
Łączymy belki zazębione śrubami średnicy od 20 do 25 m/m, a przy dużych belkach i 30 m/m, przytem dajemy jedną śrubę na jeden lub dwa zęby /rys.301/.

Przy wycinaniu zębów w oddzielnych belkach, z których mamy składać belkę zazębioną, musimy je wyciosywać tak, by zęby szczelnie dotykały się wzajemnie przy pewnym wygięciu belki do góry. Wygięcie to powinno być takie, aby przy nim naprężenie w belce nie otrzymało się większe od dopuszczalnego na zginanie k_g. Jeżeli przeto będziemy mieli belkę o rozpiętości l i momencie bezwładności belki składowej J przy jej wysokości h, to, przyjmując belkę jako swobodnie podpartą na dwuch podporach, mamy strzałkę ugięcia

$$f = \frac{Pl^3}{48EJ} = \frac{Pl}{8J} \cdot \frac{l^2}{6E} = \frac{Plh}{4 \cdot 2J} \cdot \frac{l^2}{h6E}$$

lecz $\frac{Plh}{4 \cdot 2J} = K_g$ zatem $f = \frac{K_g}{h} \cdot \frac{l^2}{6E}$

Wyginanie belek do góry przy wycinaniu zębów ma tę dobrą stronę, że każda poszczególna belka otrzymuje po złożeniu ich w jedną całość dobre rozłożenie naprężeń. Przy wygięciu do góry górne włókna belki górnej są rozciągane, w całości zaś przy obciążeniu są ściskane i dolne włókna dolnej belki odwrotnie od wgięcia są ściskane, w całości zaś są rozciągane. Co się tyczy dolnych włókien górnej belki i górnych włókien dolnej belki, to pierwsze od wygięcia do góry są ściskane, zaś w całości, leżąc na osi obojętnej, otrzymują ściskanie zero, dalej ściskanie to dla belki jako całości wzrasta, zaś w belce pojedyńczej od ugięcia do góry ubywa do zera, przechodząc następnie w naprężenie znaku odwrotnego. Tym sposobem dla wszystkich włókien belki górnej i dolnej otrzymujemy mniej. więcej jednakowe naprężenia na całym przekroju [rys.302].



rys.302.

Siła tnąca, jak wiadomo, wzrasta ku podporom, przeto długość zębów ku podporom przy ich jednakowej wysokości powinna się zmniejszać, jednak w belkach niewielkiej rozpiętości dajemy zwykle zęby jednakowej długości. W belkach dużych rozpiętości długość zęba dają jednakową, zaś wysokość ich robią zmienną.

Porównanie belek złożonych : klinowanych, zazębionych i klockowych.

Jak już wyżej było powiedziane, belki zazębione wymagają daleko ściślejszego wykonania, niż belki klinowane, przeto robota ich jest droższa. Niedokładność w wykonaniu zębów może dać w wyniku, że nie wszystkie zęby będą przylegać szczelnie jeden do drugiego, zatem obniży to wytrzymałość belki. W belkach klinowanych niedokładność ta może być usunięta przez odpowiednie podbicie klinów. Przy usychaniu drzewa w belkach zazębionych, jeżeli nie mają one klinów dębowych, osiągnięcie docisku zębów jest niemożliwe bez obniżenia wytrzymałości belki, przy belkach zaś klinowanych możemy, podbijając kliny, paraliżować zły wpływ usychania drzewa.

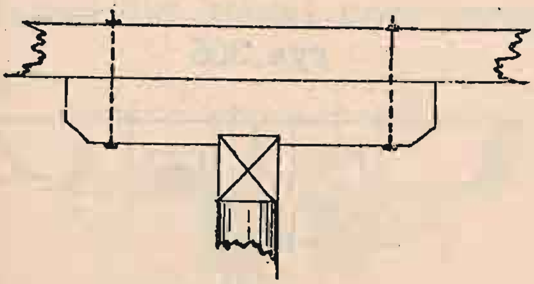
W belkach zazębionych szczelina podłużna pomiędzy belkami która otrzymuje się przy niezupełnie dobrem przyleganiu belek, jest szkodliwa, gdy wilgoć w tej szczelinie powoduje gnicie belki, w belkach zaś klinowanych możemy tę szczelinę pozostawić takiej wielkości, że otrzymuje się dobre przewietrzanie belek i chronienie ich przeto od zagnicia, nie mówiąc już o tem, że szczelina ta daje większą wysokość belki złożonej, a zatem i większy moment wytrzymałości.

Robiąc belki złożone z belek jednakowych, wytrzymałość belek klinowanych otrzymujemy większą, niż belek zazębionych, gdyż w tych ostatnich całkowita wysokość belek H zmniejsza się. Przy dwuch belkach zazębionych o wysokości h każda, otrzymujemy całkowitą wysokość $H = 2h - \delta$, przy trzech belkach $H = 3h - 2\delta$ i t.d.; przy klinowanych zaś belkach całkowita wysokość może nawet być większa, niż suma wysokości belek, tworzących belkę złożoną.

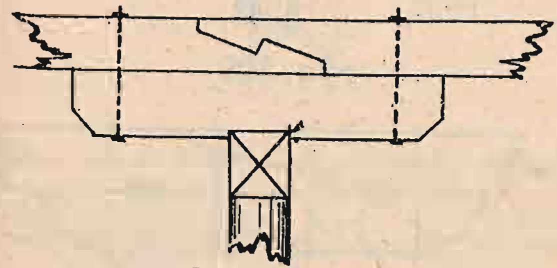
Lecz, mając pewne zalety, belki klinowane w porównaniu z belkami zazębionemi mają też i wady. Przedewszystkiem belki klinowane wymagają dobrego dozoru, dobijania klinów, gdyż z czasem kliny rozluźniają się, zmniejszając wytrzymałość belki złożonej. Kliny, będąc ściskane prostopadle do włókien, wymagają drzewa twardego, któreby miało na ściskanie taką wytrzymałość, jak ma drzewo belki na ściskanie równolegle do włókien.

Porównując belki klinowane z klockowemi, musimy zauważyć, że belki klockowe mają większą wysokość od belek klinowanych przy jednakowej liczbie i jednakowych rozmiarach belek tworzących. W belkach klinowanych musimy mieć drzewo różnorodne /kliny i belki/, w belkach zaś klockowych drzewo jednego gatunku /drzewo belek/.

Przy klockach pojedyńczych wykonanie musi być bardzo dokładne, aby belka złożona klockowa pracowała jako belka złożona. Po uschnięciu drzewa może nastąpić pewne rozluźnienie klocków i zmniejszenie się wytrzymałości belki. Podwójne klocki z klinami zapobiegają temu rozluźnieniu, gdyż przez podbicie klinów można naciąg belki przywrócić, lecz komplikują robotę, czyniąc ją droższą, wymagając nadto różnorodnego materjału dla klinów.



rys.303



rys.304.

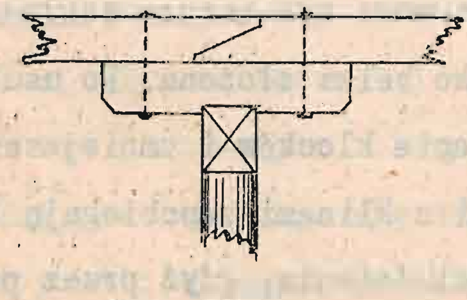
Mosty klockowe z klockami pojedyńczemi nadają się dla mostów czasowych w szczególności dla mostów wojskowych.

Ustawianie belek na podporach zapomocą siodełek.

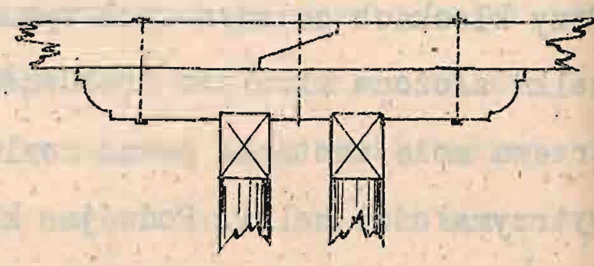
Belki na podporach układamy przeważnie na krótkie beleczki, siodełka, które odpowiednio łączymy z oczepem podpory. Ułożenie na siodełkach może być dokonane według jednego ze sposobów wskazanych na rysunkach 303 - 312.

Na rysunkach 303-312 belka położona jest bezpośrednio na siodełku i połączona z nim śrubami.

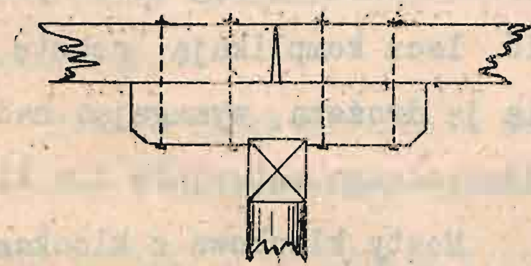
Jeżeli belka niema styku nad daną podporą, jak to ma miejsce np. na rys. 303 i 312, wtedy belki takie możemy rozpatrywać jako belki ciągłe, przytem przy konstrukcji, wskazanej na rys.303, moment gnący na podporze oddaje się częściowo na belkę, częściowo na siodełko, przytem proporcjonalnie do momentów bezwładności.



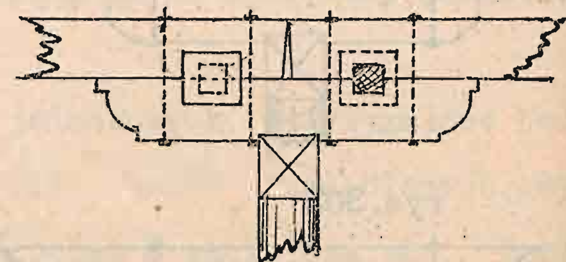
Rys. 305



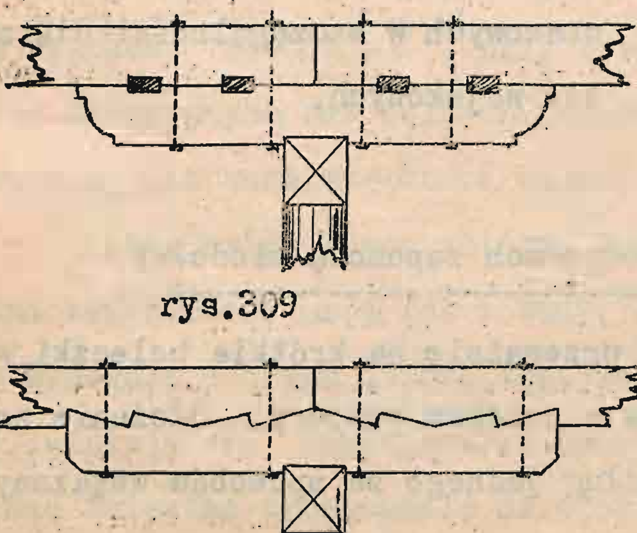
rys.306



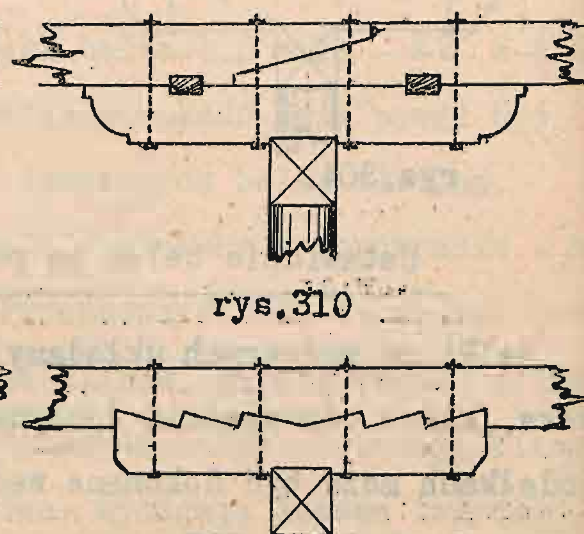
rys.307



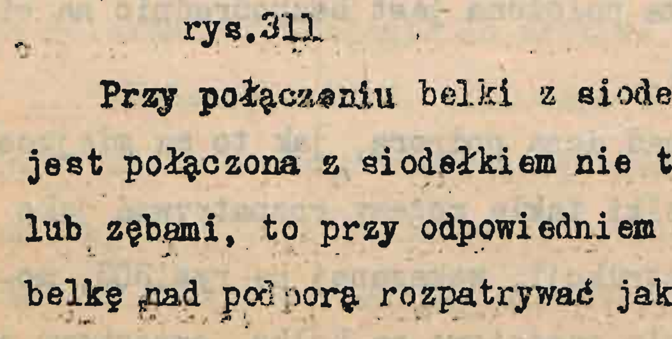
rys.308



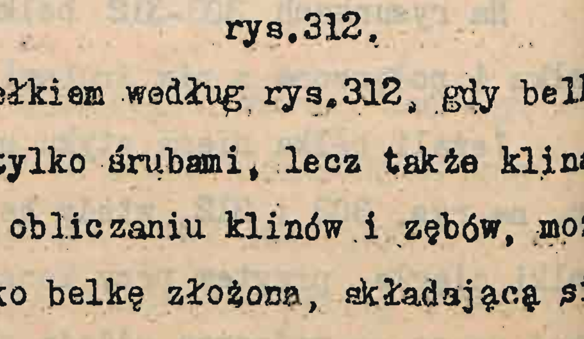
rys.309



rys.310



rys.311

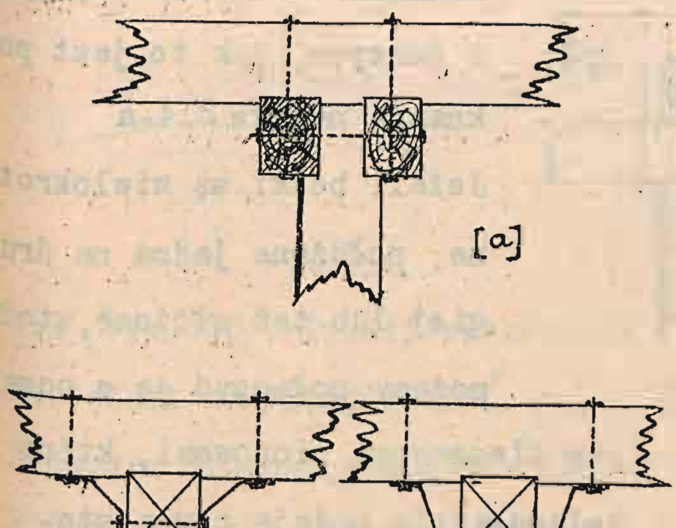


rys.312.

Przy połączeniu belki z siodełkiem według rys.312, gdy belka jest połączona z siodełkiem nie tylko śrubami, lecz także klinami lub zębami, to przy odpowiedniem obliczaniu klinów i zębów, możemy belkę nad podporą rozpatrywać jako belkę złożoną, składającą się z siodełka i belki.

Jeżeli belka na podporze ponad siodełkiem jest rozcięta i połączona z siodełkiem tylko śrubami, według rys. 304-5-6-7, wtedy belkę taką możemy uważać tylko jako belkę rozciętą i wspartą na siodełku.

Wreszcie belki rozcięte nad podporami i połączone z siodełkami klinami lub zębami oraz śrubami możemy uważać jako belki ciągłe, dla których siodełko przyjmuje całkowity moment gnący na podporze przy należytem klinowaniu lub zazębieniu [rys.308 -312]



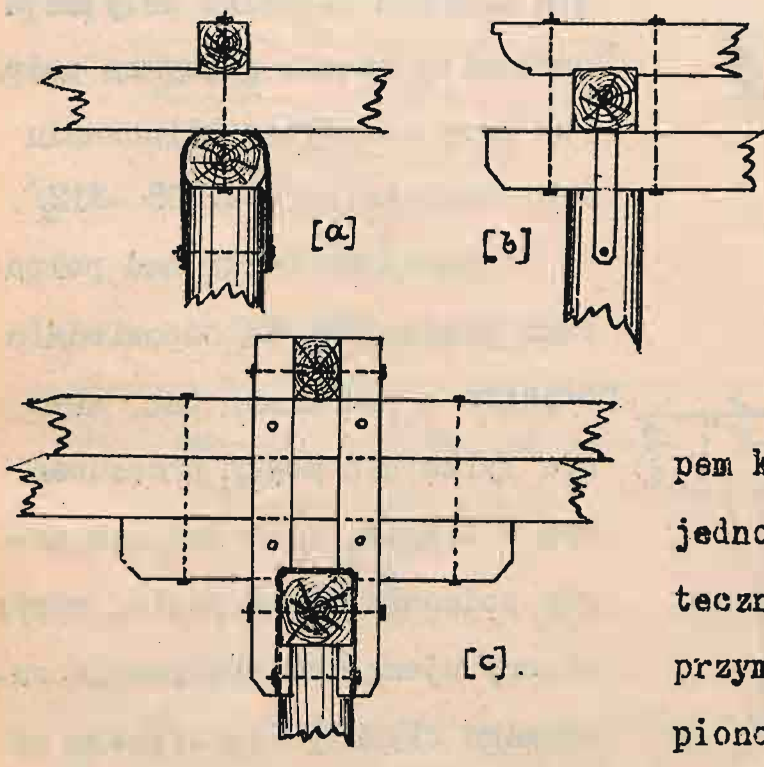
rys.313.

Ustawiając belki nad podporami, powinniśmy je odpowiednio połączyć z podporami tak, aby nie tylko nie mogły przesuwać się w planie, lecz też nie mogły podnosić się w razie, gdyby odpory ujemne od obciążenia ruchomego okazały się większe od odporów dodatnich od obciążenia stałego [rys.313 a,b,c,d]

Zamocowanie belek przeciw podnoszeniu się ich do góry może być albo bezpośrednio z palami podpory, albo też za pośrednictwem kaptura. Kaptur łączymy z palami podpory, zaś belki łączymy z kapturem.

Bezpośrednie połączenie mogłoby być wykonane zapomocą kątowników, zamocowanych do pali i do belki, jak to jest pokazane na rys. 314 a i b, lub przy kapturze w kształcie kleszczy podwójnych połączenie belek z kapturem może być uskuteoznione śrubami pionowemi patrz rys. 314-c.

Połączenie pośrednie robimy tak, że oczep łączymy z palami klamrami i belki łączymy z oczepem, jak to jest pokazane na rys.314-a Jeżeli belki są wielokrotne, położone jedna na drugiej lub też złożone, wtedy możemy połączyć je z oczepem kleszczami pionowemi, które jednocześnie nadają pewną stateczność belkom i mogą służyć do przymocowania do nich tężników pionowych. [rys.314-c]

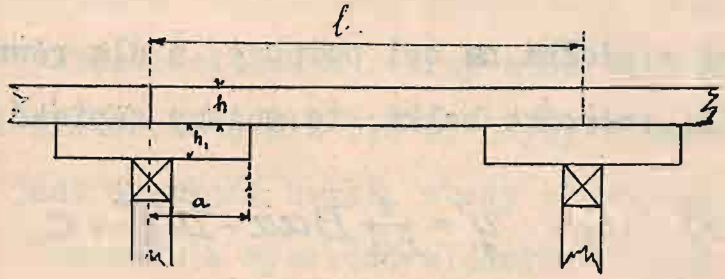


rys.314.

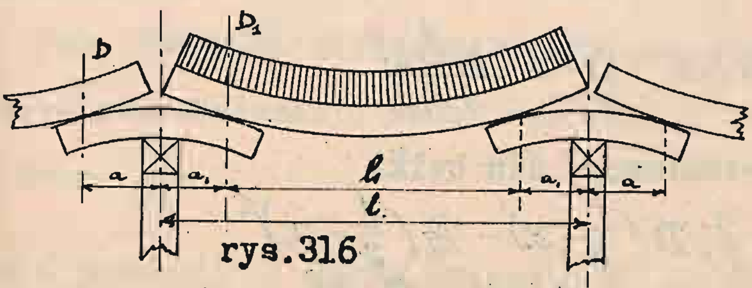
Obliczenie belek podłużnych rozciętych i siodełek.

Wspierając belkę na siodełku, grubość siodełka b przyjmujemy taką samą jak i belki. Wysokość siodełka zależy od połowy jego długości a oraz od rozpiętości belki l, spoczywającej na siodełku [rys. 315.]

Jeżeli obciążymy jedno przęsło, zaś sąsiednie dwa przęsła nie obciążymy, to siodełko, nie będąc zrównoważone odchyli się w stro-



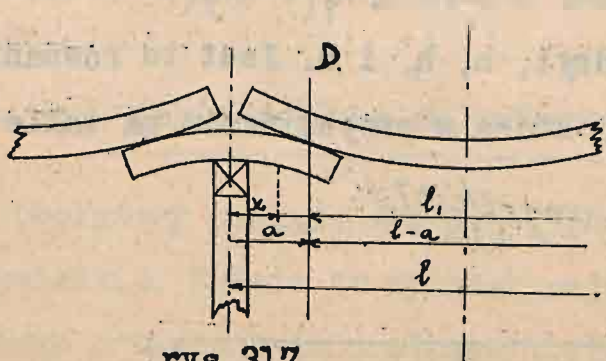
rys.315



rys.316

nę przęsła obciążonego, punkt podparcia belki obciążonej przesunie się ku podporze i nastąpi równowaga przy $Da = D_1 a_1$. Tak belka obciążona, jak też i siodełko ugną się. Otrzymamy dwie krzywe zwrócone wypukłościami do siebie [rys.316]. Punkty zetknięcia się belki ugiętej i siodełka będą leżały na odległości $l_1 < l$. Przy takim obciążeniu przęsła pożyteczna długość siodełka będzie tylko w granicach $a + a_1$, dalsze końce będą się tylko zwieszały i będą niepożyteczne. Pożyteczna długość siodełka będzie tylko ta, w końcach której styczna do osi odkształconej będzie mniej pochylona do poziomu, niż w tej samej odległości styczna do osi odkształconej belki, t.j. gdy $tg\alpha_1 \leq tg\alpha$

Największa praca siodełka będzie wtedy, gdy oba przęsła sąsiednie będą obciążone.



rys.317.

Oznaczymy [rys.317] przez a długość siodełka od środka podpory do punktu dotyku siodełka z belką, przez l rozpiętość belki i przez p całkowite obciążenie belki [stałe i ruchome]. Jeżeli weźmiemy początek osi spółrzędnych dla równania odkształconej osi siodełka na osi podpory, a dla równania odkształconej osi belki pośrodku belki, to możemy napisać równania :

$$y_1'' = \frac{1}{E_1 J_1} D(a-x) \quad \text{czyli} \quad y_1' = \frac{1}{E_1 J_1} Dax + D\frac{x^2}{2} + C$$

lecz $C = 0$, gdyż przy $x = 0$ $y_1' = 0$.

Przeto $y_1' = \frac{1}{E_1 J_1} D \frac{a^2}{2}$ przy $x = a$

lecz $D = \frac{pl}{2}$, zatem $y_1' = \frac{pla^2}{4E_1 J_1}$

Z równania osi odkształconej dla belki

$$y'' = \frac{1}{EJ} D\left(\frac{l_1}{2} - x\right) - \frac{p}{2}\left(\frac{l}{2} - x\right)^2$$

otrzymamy dla $x = \frac{l_1}{2}$ $y' = \frac{1}{EJ} \frac{pl_1(6ll_1 - 3l^2 - l_1^2}{48}$

mając jednak na uwadze, że $l_1 = l - 2a$ możemy napisać

$$y' = \frac{p(l-2a)}{48EJ}\left[6l(l-2a) - 3l^2 - (l-2a)^2\right] = \frac{p(l-2a}{24EJ}\left[l^2 - 4la - 2a^2\right].$$

Ponieważ $y_1' \leq y'$, przeto mamy

$$\frac{pla^2}{4EJ_1} \leq \frac{p(l-2a)(l^2 - 4la - 2a^2)}{24EJ}$$

a, zakładając, że siodełko i belka są zrobione z jednego materjału, mamy $E_1 = E$, przeto

$$6Jla^2 \leq J_1(l-2a)(l^2 - 4la - 2a^2)$$

lecz $J_1 = \frac{1}{12}bh_1^3$; $J = \frac{1}{12}bh^3$ zatem $6lh^3a^2 \leq h_1^3(l-2a)(l^2 - 4la - 2a^2)$

Otrzymaliśmy zależność pomiędzyl, h, h_1 i a. Jest to równanie trzeciego stopnia względem a, które w przybliżeniu ma takie rozwiązanie

$$a \leq \left[0.245\frac{h_1}{h} - 0.075\left(\frac{h_1}{h}\right)^2\right] l$$

jeżeli przyjąć

$\frac{h}{h}$	1,3	1,0	0,7
a =	0,19 l	0,17l	0,14 l

Tym sposobem znaleźliśmy pożyteczną długość a siodełka.

Wysokość siodełka robimy albo taką samą, jak wysokość belki, lecz nie większą niż 1,3 h. Gdyby wypadło stosować siodełko wyższe, niż jest wysokość belki, wtedy stosujemy siodełko podwójne.

Przeważnie wysokość siodełka dajemy równą lub nieco większą od wysokości belek, przeto całkowitą długość siodełka dajemy w granicach od $0{,}3\,l$ do $0{,}4\,l$.

Przy długości siodełka a największy moment gnący będzie przy największem obciążeniu dwuch sąsiednich przęseł i będzie się równać $M = Da = \frac{pla}{2}$

Jeżeli przekrój siodełka będzie $b\,h_1$, to naprężenie na zginanie będzie $K_g = \frac{3pla}{bh_1^2}$, zatem $h_1 = \sqrt{\frac{3pla}{bK_g}}$

Przyjmując przeto grubość siodełka b, otrzymamy jego wysokość h_1. Gdybyśmy zastosowali siodełko podwójne połączone tylko śrubami i jeżeli wysokość tych siodełek byłaby różna h_1 i h_2, to moment gnący $M = \frac{pla}{2}$ rozłożyłby się na każde z siodełek proporcjonalnie do wysokości ich, podniesionych do trzeciej potęgi, czyli otrzymalibyśmy momenty

$$M_1 = \frac{M h_1^3}{h_1^3 + h_2^3}; \qquad M_2 = \frac{M h_2^3}{h_1^3 + h_2^3}.$$

Obliczenie belek, podpartych na siodełkach.

Obciążamy przęsło środkowe, pozostawiając nieobciążone przęsła sąsiednie. Będzie to wypadek najniekorzystniejszy dla belki.
Oznaczamy przez p - jednostkowy ciężar belki

q-jednostkowe obciążenie ruchome,

$p + q = g$-obciążenie całkowite.

Wówczas reakcje D i D_1 [rys.316] będą :

$$D = \frac{pl}{2}\ ;\ D_1 = \frac{gl}{2}.$$

Ze względu na symetrję obciążenia największy moment gnący będzie panował w przekroju środkowym przęsła środkowego i będzie miał wartość

$$M = \frac{D_1 l_1}{2} - \frac{gl}{2}\cdot\frac{l}{4} = \frac{gl l_1}{4} - \frac{gl^2}{8}$$

Z równowagi siodełka wynika, że

$$Da = D_1 a_1$$

po podstawieniu wartości D i D_1 mamy

$$\frac{pl}{2}a = \frac{gl}{2}a_1$$

skąd $\quad a_1 = \frac{p}{g}a$

Lecz $\quad l_1 = l - 2a_1 = l - \frac{2p}{g}a$

wstawimy tę wartość l_1 w wyrażenie momentu

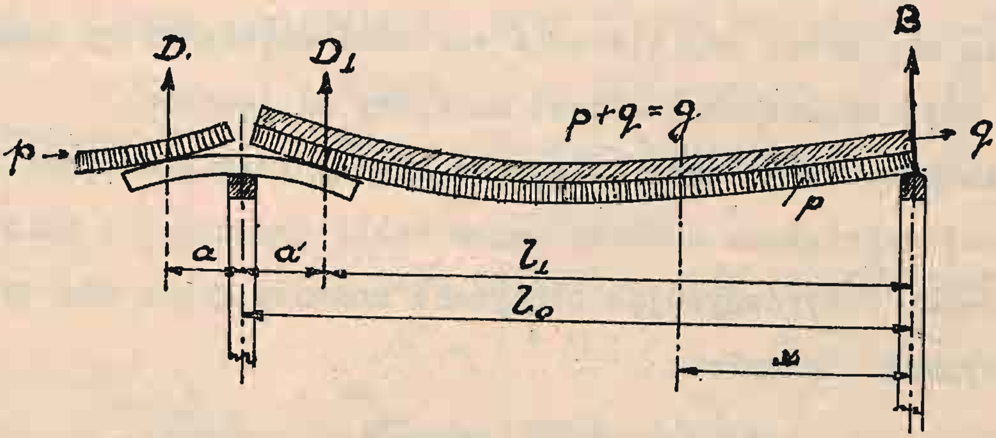
$$M = \frac{gl}{4}\left(l - \frac{2pa}{g}\right) - \frac{gl^2}{8} = \frac{gl^2}{4} - \frac{pal}{2} - \frac{gl^2}{8} =$$
$$= \frac{gl^2}{8} - \frac{pal}{2} = \frac{gl^2}{8}\left(1 - \frac{4pa}{gl}\right) = \frac{gl^2}{8}\cdot\varphi.$$

gdzie $\quad \varphi = 1 - \frac{4pa}{gl} < 1.$

Ponieważ spółczynnik φ, zależny od długości siodełka, jest mniejszy od jedności, przeto siodełko zmniejsza teoretyczną rozpiętość dźwigara, a zatem i momenty gnące. Wartość φ zależy od stosunku obciążenia stałego do obciążenia ruchomego. Jak to widać ze wzoru dla φ, im ten stosunek jest bliższy do jedności, tym mniejsze jest φ, a więc tym większy wpływ siodełka, czyli że ono lepiej pracuje.

Robienie siodełek na skrajnych podporach nie jest racjonalne, gdyż siodełko, jako obciążone tylko z jednej strony, ugina się wraz z belką, wskutek czego nie zmniejsza się rozpiętości belki. Wobec powyższego wzór na moment gnący największy dla przęseł skrajnych będzie miał inną postać.

W celu wyzyskania materjału możemy postawić sobie następujące pytanie : jaką musi być rozpiętość przęsła skrajnego, aby największy moment gnący tego przęsła miał tę samą wartość, co i największy moment gnący przęseł środkowych?



rys.317.

Wyznaczamy reakcję D_1 [rys.317].

$$D_1 l_1 = g l_0 \frac{l_0}{2} \quad \text{skąd} \quad D_1 = \frac{g l_0^2}{2 l_1}$$

Reakcja sąsiedniego przęsła nieobciążonego ciężarem ruchomym

$$D = \frac{pl}{2}.$$

Z równowagi siodełka wynika

$$Da = D_1 a_1 \quad \text{czyli} \quad a_1 = \frac{Da}{D_1} = \frac{p l l_1 a}{g l_0^2}$$

lecz $l_1 = l_0 - a_1 = l_0 - \dfrac{p l l_1 a}{g l_0^2}$

skąd

$$l_1 g l_0^2 = g l_0^3 - p l_1 l a \quad ; \quad l_1 = \frac{g l_0^3}{g l_0^2 + p l a}.$$

Reakcja prawej podpory będzie :

$$B = g l_0 - D_1 = g l_0 - \frac{g l_0^2}{2 l_1} = g l_0 - \frac{g l_0^2 (g l_0^2 + p l a)}{2 g l_0^3} =$$

$$= \frac{2 g l_0^2 - g l_0^2 - p l a}{2 l_0} = \frac{g l_0^2 - p l a}{2 l_0} = \frac{g l_0}{2}\left(1 - \frac{p l a}{g l_0^2}\right).$$

Znajdziemy teraz przekrój X, dla którego moment gnący jest największy

$$M_x = Bx - \frac{g x^2}{2}; \qquad \frac{dM_x}{dx} = B - gx = 0. \quad \text{skąd} \quad x = \frac{B}{g}.$$

a więc moment największy ma wartość:

$$M_{max} = \frac{B^2}{g} - \frac{B^2 g}{2g^2} = \frac{B^2}{2g}$$

a, podstawiając wartość B, otrzymamy :

$$M_{max} = \frac{gl_o^2}{8}\left(1 - \frac{pla}{gl_o^2}\right)^2 = \frac{gl_o^2}{8}\varphi_1$$

Jak widać z tego wzoru, tu też działanie siodełka na lewej podporze wyraża się przez zmniejszenie wartości największego momentu gnącego, gdyż spółczynnik φ_1 jest mniejszy od jedności.

Wyznaczymy teraz taką zależność między rozpiętościami lo i l, przy której największe momenty gnące belki środkowej i belki skrajnej są równe. Przyrównywując otrzymane momenty gnące dla tych belek, otrzymamy równanie :

$$\frac{gl^2}{8}\left(1 - \frac{4pa}{gl}\right) = \frac{gl_o^2}{8}\left(1 - \frac{pla}{gl_o^2}\right)^2$$

z którego znajdziemy

$$l_o = \frac{l}{2}\left(1 + \sqrt{1 - \frac{4pa}{gl}}\right)$$

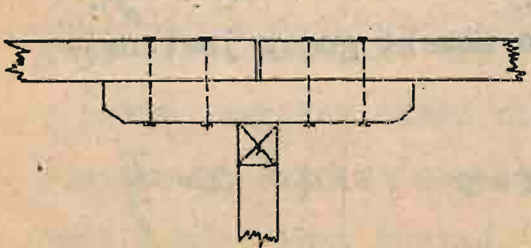
Podstawiając najczęściej spotykane wartości g i p otrzymamy w przybliżeniu, że

$$l_o = [0.97 - 0.94]\, l.$$

czyli średnio $\quad l_o = 0.95\, l.$

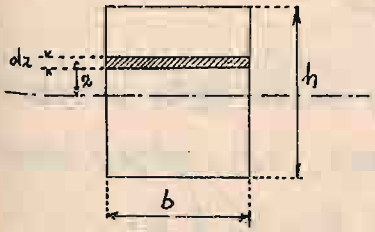
Obliczenie połączenia belek z siodełkami.

Jeżeli belka główna, spoczywająca na siodełku, jest nad nim rozcięta i połączona z siodełkiem tylko przy pomocy śrub [rys.318] wówczas nie możemy uważać tej belki za ciągłą.



rys.318

Za belkę ciągłą możemy uważać belkę rozciętą nad podpora tylko wtedy, gdy ona jest połączona z siodełkiem przy pomocy klinów, kloców lub zębów, to znaczy, tylko wtedy, gdy siły jednej belki oddawałyby się na drugą przez siodełko bez przesunięć. Wtedy musielibyśmy liczyć na całkowitą siłę rozciągającą, względnie ściskającą. Siłę tę wyznaczamy w sposób następujący : przy gięciu naprężenie normalne w



rys.319.

dz pasku [rys.319] będzie $N = \frac{Mz}{J}$.

Zatem siła działająca na pasek dz

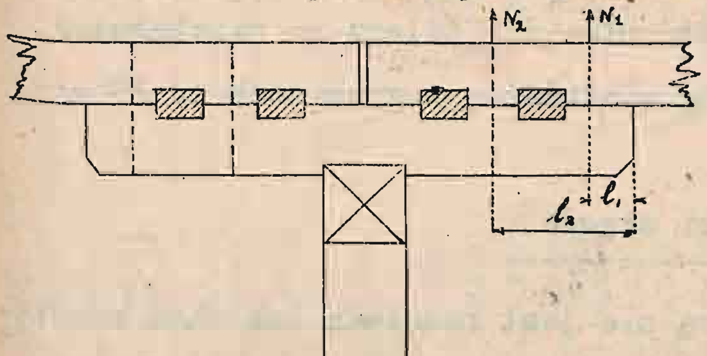
$$N_1 = \frac{Mz}{J} \cdot b\,dz.$$

a więc całkowita siła jednego znaku będzie

$$N_1' = \int_0^{\frac{h}{2}} \frac{Mz}{J} b\,dz = \frac{M}{J}\int_0^{\frac{h}{2}} z\,b\,dz = \frac{MS}{J},$$

gdzie S jest momentem statycznym połowy przekroju względem osi obojętnej.

Mając siłę N_1 rozciągającą lub ściskającą, obliczenie klinów nie przedstawia już żadnych trudności.



rys.320.

Połączenie klinowe podane jest na rys.320.

Obliczenie śrub.

Przy obciążeniu przęsła końce belki będą się starały podnieść, czyli wykonać obrót około końców siodełka. Przeciwdziałają temu śruby, w których występują rozciągania N_1 i N_2 [rys.320]

Przypuśćmy, że moment zamocowania został tak czy inaczej wyliczony. Z drugiej strony jest on równy $M = N_1 l_1 + N_2 l_2$.

Przypuśćmy dalej, że siły N_1 i N_2 są proporcjonalne do odległości od osi obrotu, t.j.

$$\frac{N_1}{N_2} = \frac{l_1}{l_2} \quad \text{skąd} \quad N_1 = \frac{l_1}{l_2} N_2$$

Zaś moment $M = \frac{l_1}{l_2} N_2 \cdot l_1 + N_2 l_2$

lub $M l_2 = N_2 (l_1^2 + l_2^2)$

skąd $N_2 = \frac{M l_2}{l_1^2 + l_2^2}$; $N_1 = \frac{M l_1}{l_1^2 + l_2^2}$

Podobne wyliczenie zastosowalibyśmy, gdyby belka była przymocowana do siodełka nie dwiema, lecz trzema śrubami, t.j. gdyby moment był zrównoważony nie dwiema lecz trzema siłami N_1, N_2 i N_3. Mając wartości sił N_1 i N_2, rozciągających śruby, oraz naprężenia dopuszczalne dla żelaza, z którego one są zrobione, znajdziemy ich średnicę ze wzoru.

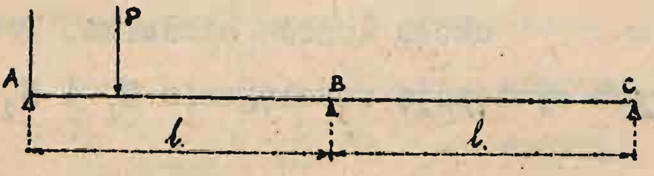
$$\frac{\pi d^2}{4} K_r = N_i$$

skąd $$d = \sqrt{\frac{4 N_i}{\pi K_r}}$$

gdzie K_r jest naprężenie dopuszczalne dla żelaza na rozciąganie. Średnicę śruby dobieramy według sortamentu w granicach od 19 m/m do 25 m/m.

Belki leżajowe, jako belki ciągłe.

Jeżeli belka nad podporą nie jest rozcięta lub choć rozcięta, to odpowiednio połączona z siodełkiem, wtedy możemy belkę taką rozpatrywać, a zatem i obliczać, jako belkę ciągłą. Jednak dla uproszczenia obliczeń, a nawet ze względu na dostateczną ścisłość, możemy belki takie rozpatrywać, jako belki dwuprzęsłowe, mając na uwadze

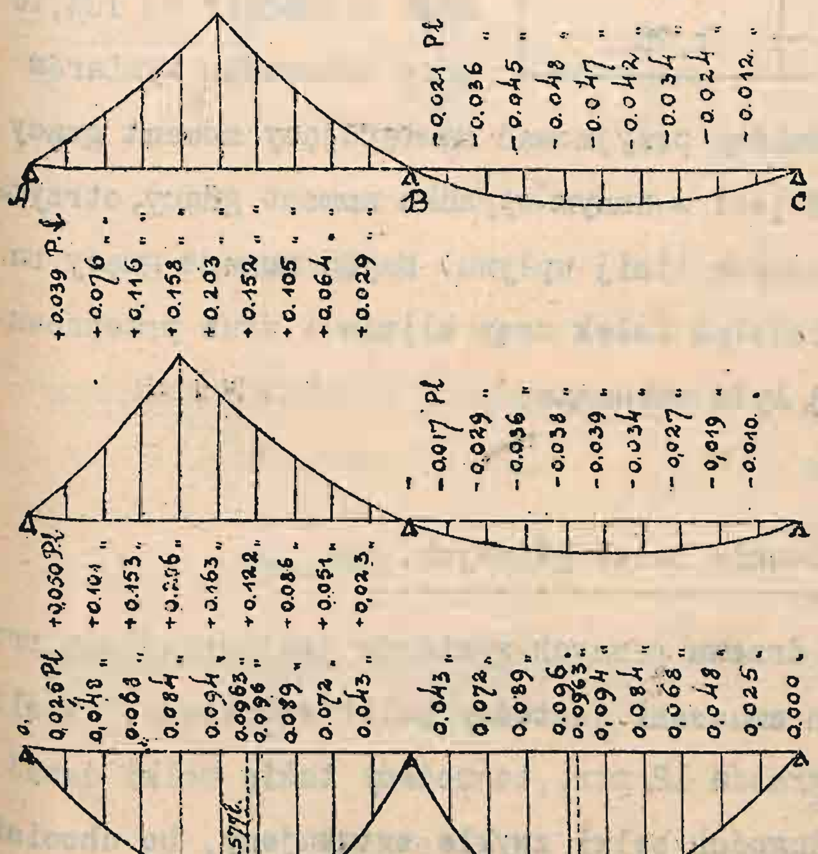


rys.321.

że wpływ dalszych odleglejszych przęseł szybko maleje. Dla siły P, zaczepionej w odległości a od lewej podpory lewego przęsła /rys. 321/, otrzymajemy takie oddziaływania podpór A,B,C:

$$A=P\left(1-\frac{5}{4}\frac{a}{l}+\frac{1}{4}\frac{a^3}{l^3}\right);\ B=P\left(\frac{3}{2}\frac{a}{l}-\frac{1}{2}\frac{a^3}{l^3}\right);\ C=-P\left(\frac{1}{4}\frac{a}{l}-\frac{1}{4}\frac{a^3}{l^3}\right).$$

Rzędne linji wpływu dla momentów gnących pośrodku w odległości 0,4 l od podpory A i nad podporą B przy podziale każdego przęsła na 10 części otrzymamy w Pl, jak wskazane na rys.322



rys.322.

Mając linje wpływu, możemy znaleźć największy moment gnący. Linje wpływu są tu wyrysowane i rzędne obliczone w założeniu, że moment bezwładności belek jest wielkością stałą na całej długości. W rzeczywistości tak nie jest, gdyż siodełko niezależnie, czy jest sklinowane z belką, czy tylko połączone śrubami, zmienia moment bezwładności, zwiększając go na podporze, co powoduje zwiększenie momentu gnącego na podporze. Oczywiście połączenie siodełka z belką tylko śrubami mniej zwiększa ten moment gnący, niż połączenie klinami Również ma wpływ na zmianę momentu i długość siodełka. Jeżeli przeto stosunek długości siodełka do belki oznaczymy a/l, to otrzymamy następujący spółczynnik μ zwiększenia momentu na podporze według Winklera.

a/l	Belka połączona z siodełkiem	
	tylko śrubami μ	klinami μ
0,1	1,13	1,25
0,2	1,20	1,75

Jeżeli do tego jeszcze dodać pewne zwiększenie momentu na podporze wskutek osiadania podpór, które może dochodzić do 10%, to przy nadawaniu wymiarów belki i siodełka, powinniśmy przyjmować następujący moment gnący $M_o = (0.1 + \mu) M$. M jest w danym wypadku moment gnący, otrzymany np. z wyżej przytoczonych linij wpływu. Mając moment gnący na podporze, obliczenie siodełek belek oraz klinów i śrub przeprowadzamy, jak to już wyżej było wskazane.

Sztukowanie belek głównych.

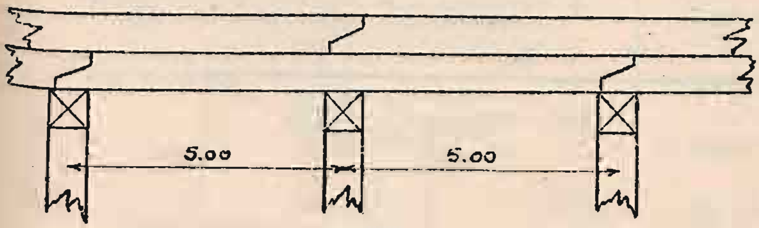
Ponieważ długość drzewa pewnych wymiarów jest określona, przeto przy długich mostach zmuszeni jesteśmy belki sztukować. Jeżeli długość belek nie przekracza 12 mtr., to możemy takie belki dawać całe ; przy większej długości belki zwykle sztukujemy, bo chociaż moglibyśmy dostać drzewo dłuższe danej średnicy, to jednak byłoby ono zbyt drogie, nieproporcjonalnie do długości, i przeprowadzenie manipulacji przy tak długiem drzewie podczas roboty byłoby dość trudne, a zatem robota byłaby droższa.

Normalnie przyjmujemy długość drzewa w granicach 6,5 mtr.- 8,5 mtr.

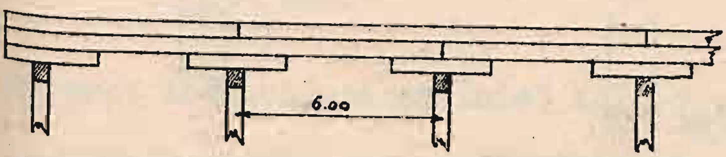
Sztukujemy belki zwykle nad podporą ponad siodełkiem, jeżeli takowe stosujemy. Przy niewielkich odległościach pomiędzy podporami, nie przekraczających 6 mtr, możemy sztukować belki wielokrotne w szachownicy, to jest nie wszystkie pojedyńcze belki nad jedną podporą, lecz po jednej nad podporą /rys. 323-24/

Przy większej rozpiętości przęseł sztukujemy wszystkie belki nad daną podporą, robiąc styk ich w jednym przekroju /rys. 325 -326/, lub przesuwając styki tych belek na odległość koło pół metra tak, aby można było pomieścić pomiędzy stykami kleszcze pionowe /rys.327/

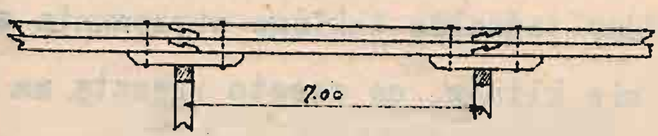
Stosując belki klinowane lub zazębione z siodełkami, połączonemi również klinami lub zębami i śrubami z belkami, dają niekiedy styki belek w zależności od wykresu momentów gnących, przyjmując belki



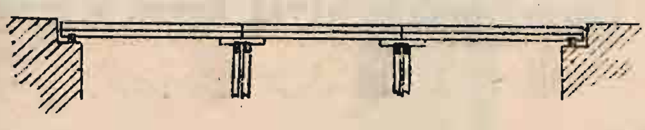
rys.323.

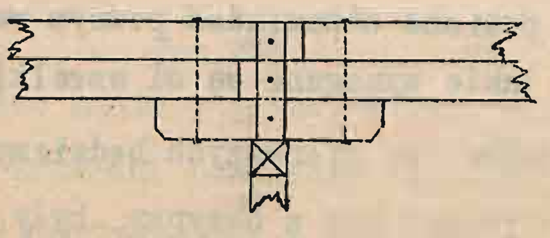


rys.324.



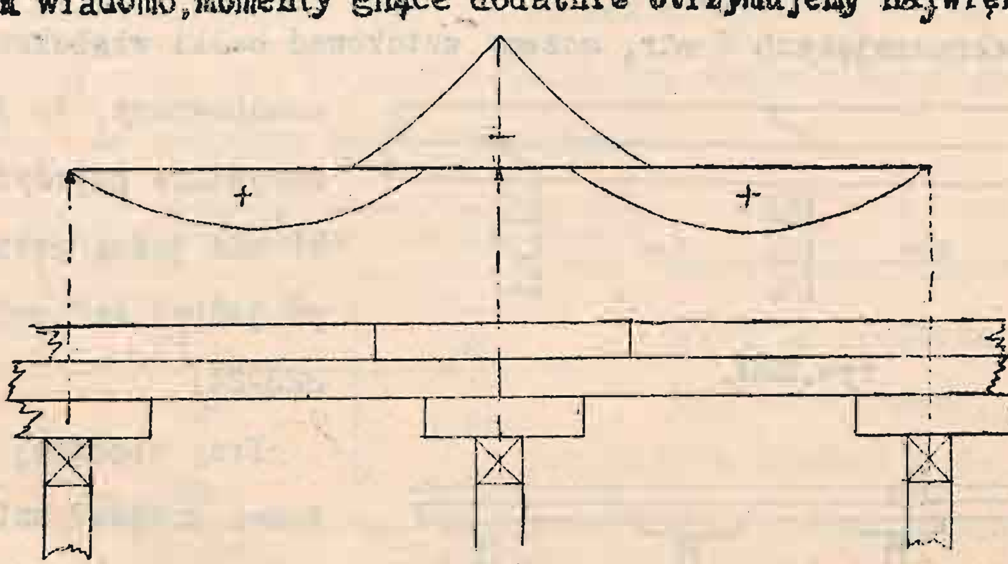
rys.325.


rys.326.


rys.327.

jako ciągle dwuprzęsłowe.

Jak wiadomo, momenty gnące dodatnie otrzymujemy największe wtedy



rys.328.

w odległości koło 0,4 mtr. od skrajnych podpór oraz nad podporą środkową moment ujemny. W odległości koło 0,1 l otrzymujemy momenty gnące niewielkie i w tym miejscu rozmieszczamy styki belek, jak to widać z rys.328. Nie uważamy jednakże takiego stykowania za dobre, gdyż przy rozluźnieniu się klinów, co często zresztą ma miejsce, belki mogą zmieniać swą pracę, największe momenty mogą się przesunąć i w miejscach styków w przelocie, gdzie były momenty małe mogą te momenty wzrosnąć. Lepiej przeto styki dawać w granicach siodełka.

Połączenie mostu z drogą.

Połączenie mostu z drogą powinno odpowiadać pewnym warunkom. Warunki te są częściowo ogólne, jakie wymagane są od wszelkich konstrukcji, częściowo zaś są specjalne. Do pierwszych będziemy zaliczać warunek, aby końce mostu, stykając się z nasypem, były, o ile można, zabezpieczone od szybkiego gnicia przynajmniej ważne części mostu, jak to końce belek głównych oraz czop części przyczółka,