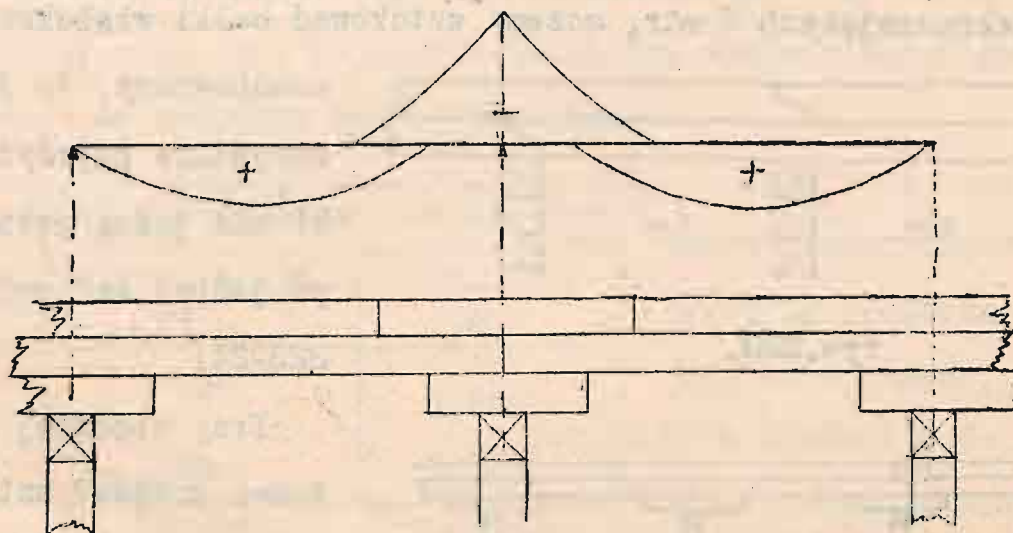


jako ciągle dwuprzęsłowe.

Jak wiadomo, momenty gnące dodatnie otrzymujemy największe wtedy



rys. 328.

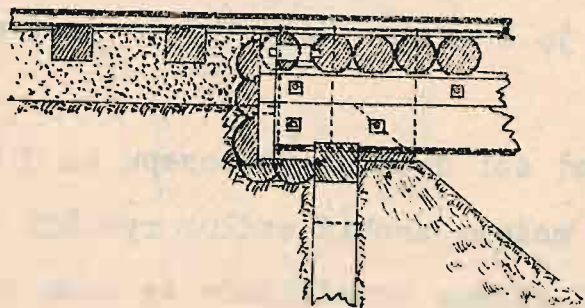
w odległości około 0,4 mtr. od skrajnych podpór oraz nad podporą środkową moment ujemny. W odległości około 0,1 l otrzymujemy momenty gnące niewielkie i w tym miejscu rozmieszczamy styki belek, jak to widać z rys. 328. Nie uważamy jednakże takiego stykowania za dobre, gdyż przy rozluźnieniu się klinów, 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 siodelka.

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 warunki, aby końce mostu, stykając się z nasypem, były, o ile to można, zabezpieczone od szybkiego gnicia przynajmniej ważne części mostu, jak to końce belek głównych oraz czop części przyczółka,

nurzanego w nasypie.

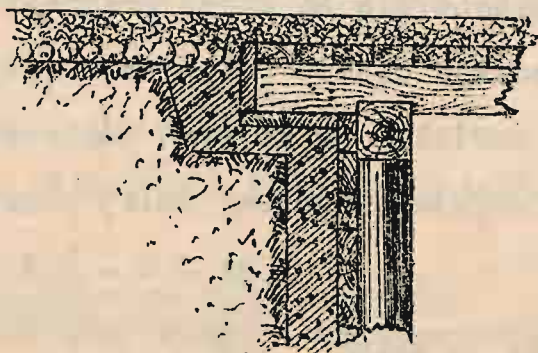
Następnie, aby konstrukcja główna mostu była dostępna do rewizji i aby konstrukcja zakończenia mostu nie pozwalała usiawać się nasypowi i nadsypce i przez to sprzeciwiała się osiadaniu nasypu bezpośrednio zaraz za mostem.



rys.329.

aby przy mostach, szczególnie kolejowych, przejście z mostu na nasyp dawało najmniejsze wstrząśnienia.

Jedno połączenie mostu z nasypem było już pokazane wówczas, gdy rozpatrywaliśmy ustrój przyczółków. Warunkom pierwszym będziemy za-



rys.330.

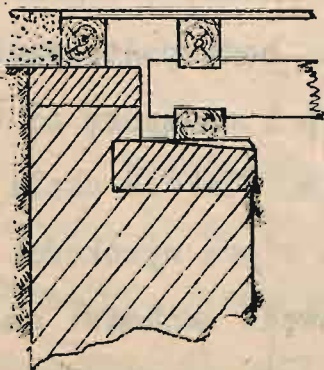
dość czynili, jeżeli końce belek głównych oraz oczep okrążymy od strony nasypu specjalnymi tarczami drewnianymi, które będą podparte od strony mostu o czoła belek głównych, będą podtrzymywały nasyp i nadsypkę od osiadania. Tarcze okalają koniec mostu z trzech stron. Górna krawędź ich sięga wysokości górnej krawędzi podkładów dla szyn, dolna zaś krawędź zachodzi na 0,2 - 0,3 mtr. niżej dołu oczepu. Z boków tarcze te na długości co najmniej 0,5 mtr. od osi ostatniego oczepu mogą być rozparte ostat

niemi mostownicami. Górnej powierzchni nasypu dajemy stoczystość w kierunku mostu co najmniej 5% i do przecięcia się tej płaszczyzny ze skarpą nasypu wzmacniamy ją brukiem. Wszystko to jest pokazane na rys. 160.

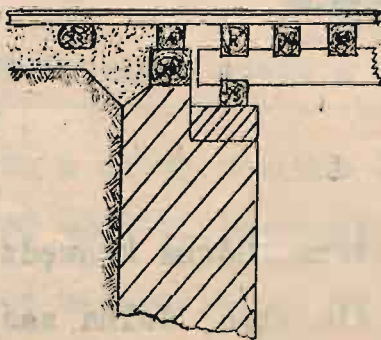
Belki główne przedłużamy od osi ostatniego oczepu na 0,5 mtr. W mostach drogowych połączenie możemy zrobić według rys. 329 i 330. Jak widać z tych rysunków, belki główne przedłużone są poza oczep, na końcach belek położone są belki poprzeczne lub dyle w zależności od ustroju nawierzchni na moście. Końce belek oraz oczepu są oszalowane dylami dla podtrzymania nasypu oraz dla zabezpieczenia części mostu od szybkiego gnicia.

Połączenie mostu z drogą przy przyczółkach murowanych.

Połączenie mostu z drogą w razie przyczółków murowanych jest mniej więcej jednakowe. Mianowicie na murze przyczółka lub na specjalnych kamieniach w rodzaju ciosów podporowych, ułożonych na niszy łożyskowej, kładziemy murłaty, na których wspieramy końce belek podłużnych. Końce te zwykle ciągniemy dalej poza murłatę

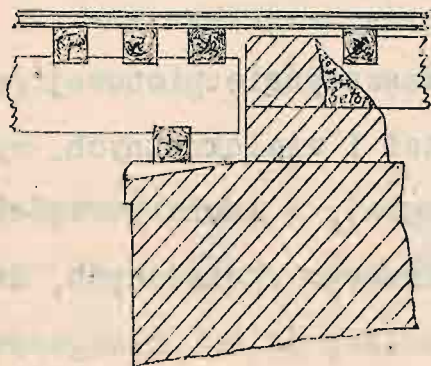


rys. 331



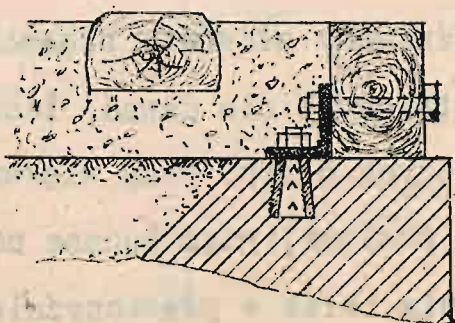
rys. 332

na 0,2 - 0,4 mtr. i w razie, gdy mur kończy się na wysokości nieco mniejszej, niż górna krawędź belek podłużnych, to poza końcami belek stawiamy deski wpoprzek dla podtrzymania ziemi albo



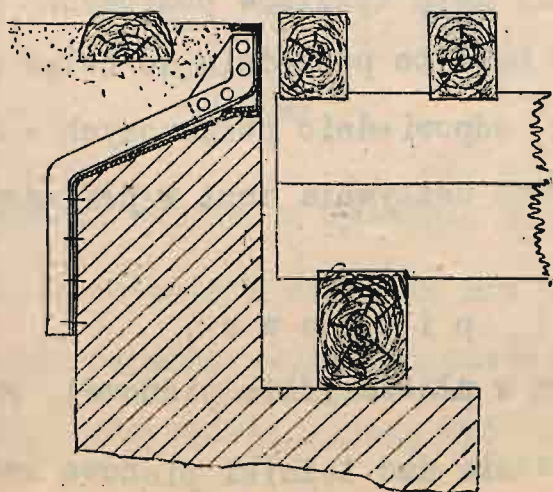
rys.333.

o przyczółkach kamiennych, na przedniej ścianie przyczółka stawiamy zwykle podkład, który jest przymocowany do kątownika, przymocowanego



rys.334.

cym się na belkach podłużnych i pierwszym podkładem, położonym na



rys.335

też stawiamy na murze progi, które tworzą jakby ściankę oporową dla podtrzymania nasypu [rys.331 i 332]. Jeżeli mur przyczółka dochodzi do stopy szyny, wtedy połączenie otrzymuje się proste i jest ono pokazane na rys.333.

W mostach kolejowych, jak to już zresztą było mówione w dziale o przyczółkach kamiennych, na przedniej ścianie przyczółka stawiamy zwykle podkład, który jest przymocowany do kątownika, przymocowanego śrubą do muru [rys.334]. Podkład ten podtrzymuje nadsypkę warstwy zwirowej. Lepiej, gdy szyna na progu tym nie spoczywa, gdyż uderzenia kół pociągu niszczą mur.

Aby zmniejszyć odległość między skrajnym podkładem, znajdującym się na belkach podłużnych i pierwszym podkładem, położonym na przyczółku, i by grubość podsypki zwiększyć, można mur ścianki zakończyć korytkiem, umocowanym do muru przyczółka za pomocą kątowników [rys.335].

Tężniki pomiędzy dźwigarami głównymi.

Dla stateczności dźwigarów w płaszczyźnie pionowej przy wysokich dźwigarach tak złożonych, jak też i wielokrotnych, wytworzonych z belek, postawionych jedna na drugiej, a także poczęści i dla jednakowego ugięcia dźwigarów, nie jednakowo obciążonych, dajemy tężniki pionowe w płaszczyźnie prostopadłej do osi dźwigarów.

Dla stężenia belek głównych w płaszczyźnie poziomej dajemy tężniki poziome, aby uchronić belki główne od ugięcia się belek w planie pod działaniem sił poziomych.

Przy belkach niskich pojedynczych tężników pionowych zwykle nie dajemy. Mostownice połączone śrubami z belkami głównymi w mostach kolejowych dostatecznie stężają dźwigary główne w płaszczyźnie pionowej i poziomej, przeto można takowych nie dawać, lecz tylko przy rozpiętościach nie przekraczających 6 mtr. Przy większych rozpiętościach należy stosować tężniki poziome, gdyż boczne uderzenia parowozu mogą wywołać znaczne ugięcia belek w płaszczyźnie poziomej.

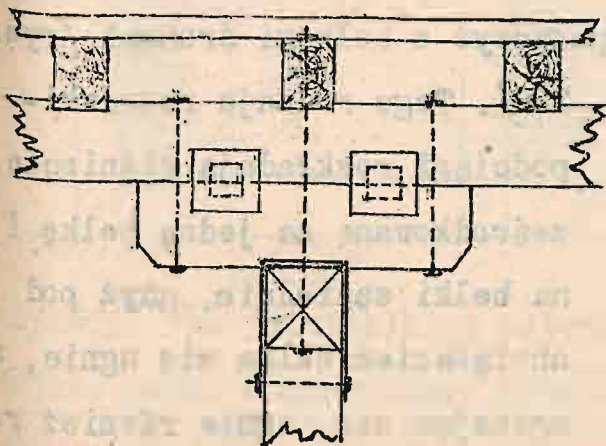
W mostach drogowych przy nieznacznej wysokości dźwigarów nawet przy większych rozpiętościach nie dają tężników poziomych, gdyż pomost w postaci dyli, przymocowany bądź to pośrednio do belek głównych, bądź to do belek poprzecznych, odpowiednio połączonych z belkami podłużnymi, w dostatecznej mierze usztywnia most w płaszczyźnie poziomej.

A. Tężniki pionowe.

Dla stateczności belek głównych w płaszczyźnie pionowej, prostopadłej do osi dźwigarów, dostatecznie dać tężniki pionowe nad

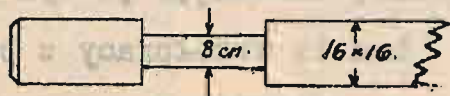
podporami.

Jak już mówiliśmy przy belkach głównych wysokich w mostach kolejowych dajemy pionowe tężniki nie tylko nad podporami, lecz także pomiędzy podporami w odległości od 2 do 3 mtr.

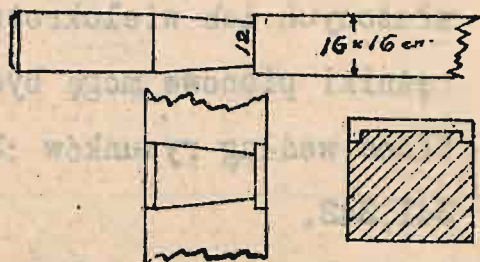


rys.336

Najprostszy ustrój tężników pionowych przedstawia się w postaci rozpórek, które nadają belkom głównym stateczność w płaszczyźnie pionowej oraz trzymają belki na danej odległości. Tego rodzaju tężniki-rozpórki pokazane są na rys. 336.



rys.337



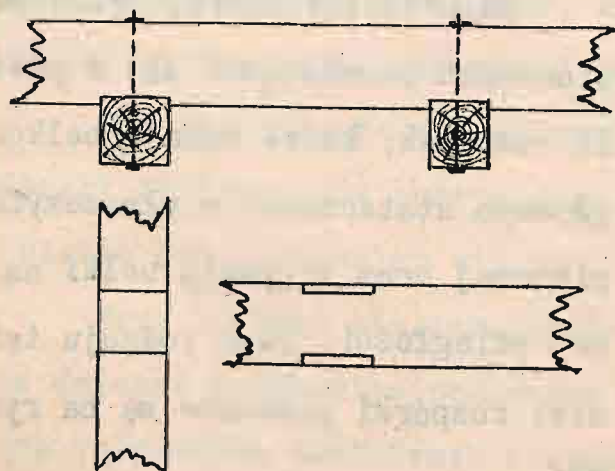
rys.338

Są one postawione nad podporą i są wcięte pomiędzy belką i siodelką. Wcięcie to może być zrobione albo według rys.337, albo też według rys.338. Rozpórki te ciągną się przez całą szerokość mostu, łącząc pomiędzy sobą wszystkie dźwigary główne.

Według drugiego rysunku wcięcia rozpórki skryte są belkami, przeto woda nie tak łatwo będzie zaciekać we wcięcia i zagnicie nie będzie tak prędkie. Czasem tego rodzaju rozpórki służą jednocześnie jako kliny dla belek złożonych. Wtedy, oczywiście, muszą być robione z drzewa twardego [dębu] i sta-

wiamy je nie tylko nad podporami, lecz także pomiędzy podporami.

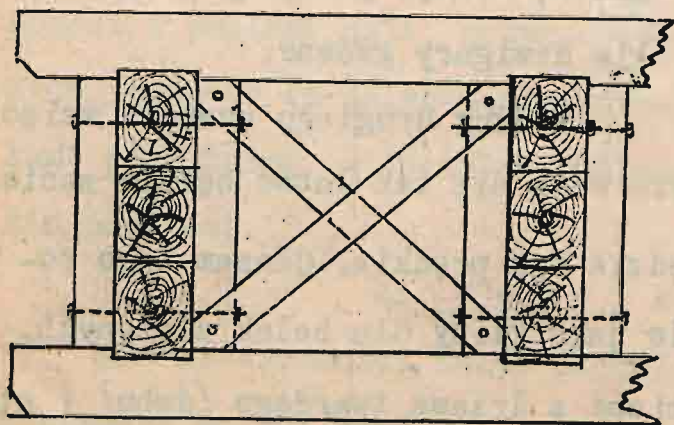
Zamiast wcinania rozpórek pomiędzy dwie belki położone jedna na drugiej, przy belkach pojedynczych można rozpórki dać pod belkami, wcinając je tak, aby nie mogły się przesunąć ani w kierunku podłużnym, ani w kierunku poprzecznym i połączyć z belkami śrubami [rys.



rys.339.



rys.340

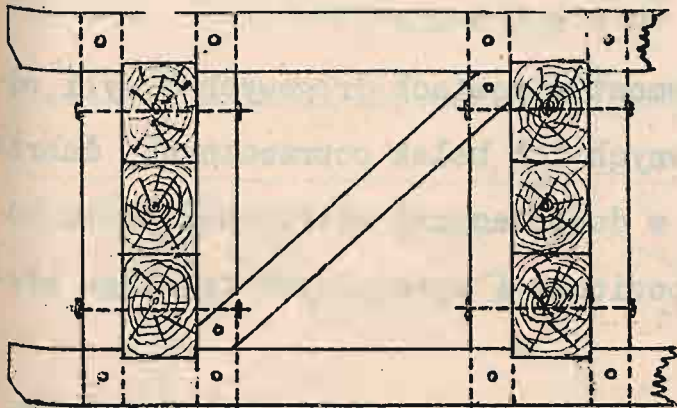


rys.341.

339]. Tego rodzaju rozpórki podciągi rozkładają ciśnienie, ześrodkowane na jedną belkę, i na belki sąsiednie, gdyż pod obciążeniem belka się ugnie, a uginając się, ugnie również rozpórkę, która przez sztywność swą pociągnie za sobą i inne belki, zmuszając je tym sposobem do współpracy z belką obciążoną.

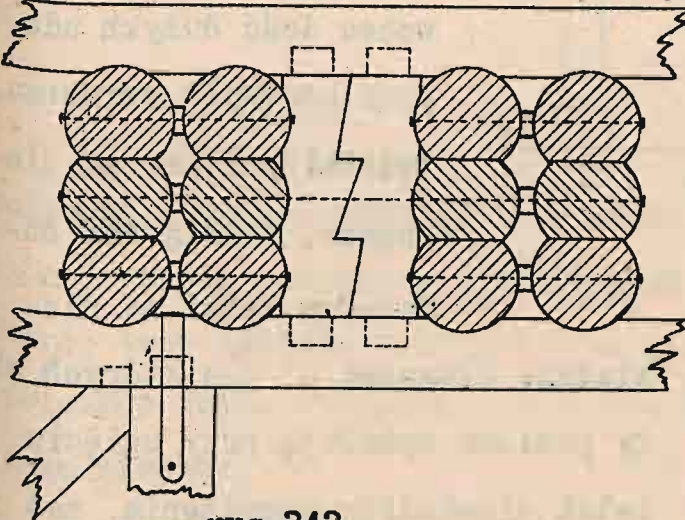
Przy wysokich belkach złożonych lub wielokrotnych tężniki pionowe mogą być zrobione według rysunków :340, 341, 342.

Jak widać z tych rysunków, belki główne są ujęte w kleszcze pionowe i z boków kleszczy postawione są tężniki albo z desek przyśrubowanych do tych kleszczy, albo



rys.342.

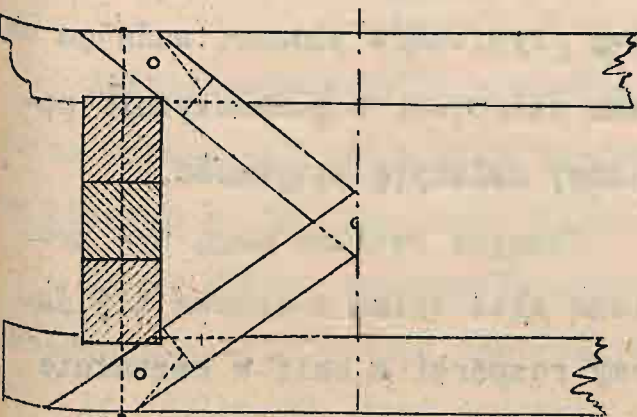
szytwny. Przy niewielkiej odległości pomiędzy dźwigarami, jeżeli stosujemy belki wielokrotne, jako rozpórki mogą być pionowe przekładki



rys.343.

zazębione - postawione pomiędzy dźwigarami i ściągnięte odpowiednio śrubami, jak to jest pokazane na rys.343.

W mostach czasowych nie zawsze dajemy kleszcze pionowe pomiędzy podporami i wtedy tężniki pionowe mogą być urządzone w kształcie krzyży ukośnych. Krzyżuloe tedy wcinamy i łączymy śrubami do poprzecznic, odpowiednio przymocowanych do dźwigarów głównych i do podciągów, które tworzą rozpórki. Podciągi te muszą być wcięte, aby się nie mogły przysuwać ani wzdłuż, ani wpoprzek dźwigarów głównych i są ujęte na te same śruby, które

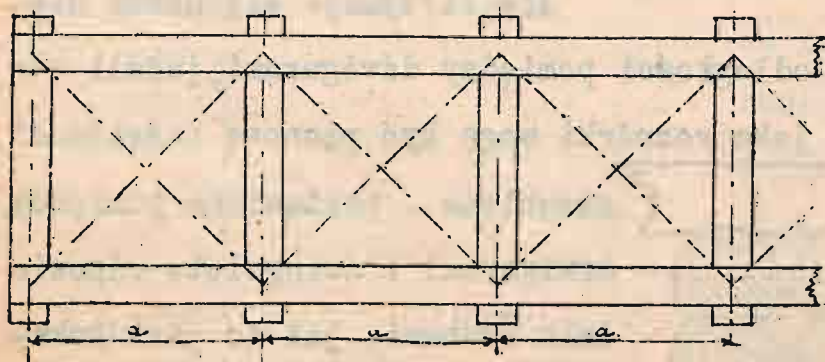


rys.344.

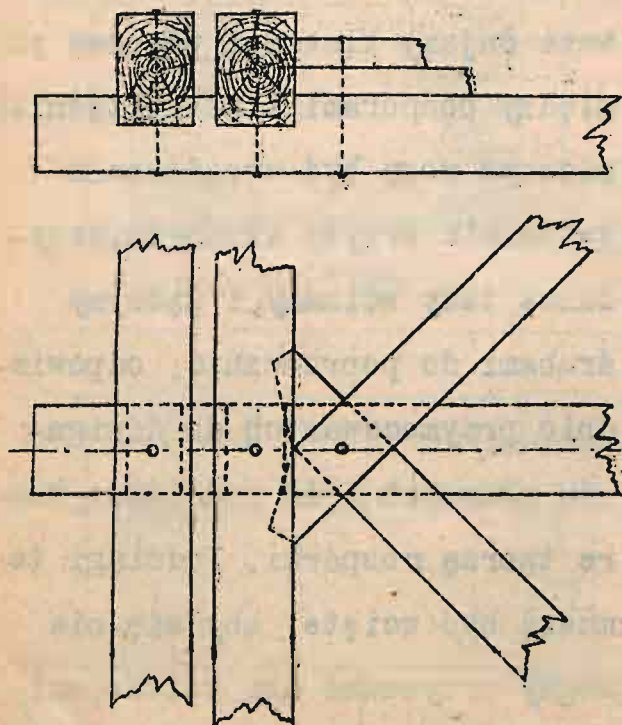
przymocowują poprzecznicę do dźwigarów [rys.344].

B. Tężniki poziome.

Jak już mówiliśmy wyżej, pomost w mostach drogowych z dyli, odpowiednio przybity do belek głównych lub belek poprzecznych, dobrze połączonych z belkami głównymi, w dostatecznej mierze usztywnia budowę wierzchnią w płaszczyźnie poziomej i specjalnych tężników wtedy niema potrzeby dawać.



rys.345.



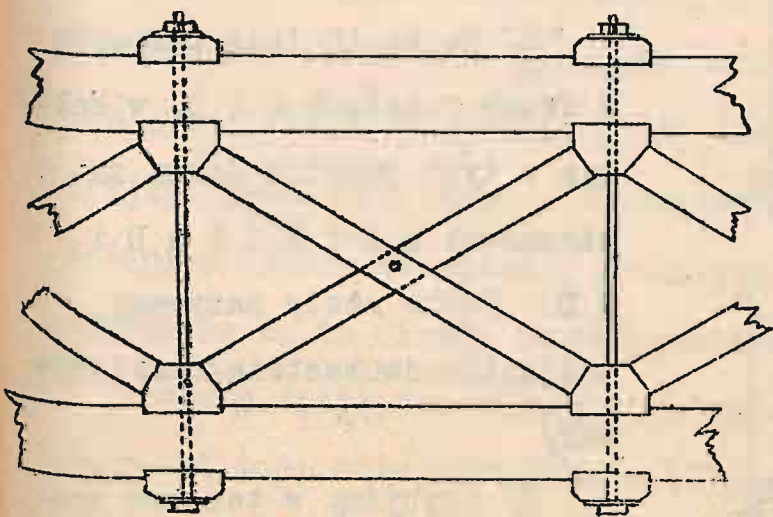
rys.346

W mostach zaś kolejowych przy rozpiętości większej od 5 - 6 mtr. wobec dość dużych uderzeń bocznych parowozu, tężniki poziome są niezbędne. Dzielą one oddzielne belki na nie-

wielkie długości a , dla których siły poziome wywołują przy ugięciu belek niewielkie naprężenia, zaś całe dźwigary łączą w dźwigar kratowy [rys.345] w planie, nadając całemu ustrojowi w płaszczyźnie poziomej należyłą sztywność.

Tężniki poziome mogą być zrobione albo tylko z drzewa, t.j. dajemy rozpórki z bali w kształcie podciągów, jednak tak połączone z belkami głównymi, aby mogły pra-

ować na rozciąganie, krzyżulce zaś dajemy też drewniane z desek lub bali, położonych na rozpórkach i połączonych z rozpórką śrubą



rys. 347.

i wciętych odpowiednio w belki główne tak, aby mogły pracować na ściskanie, jak to jest pokazane na rys. 346.

Drugi ustrój może być przy zastosowaniu zamiast rozpórek drewnianych ściągów z żelaza okrągłego i krzyżulców drewnianych, końce których opierają się w specjalne klocki drewniane-

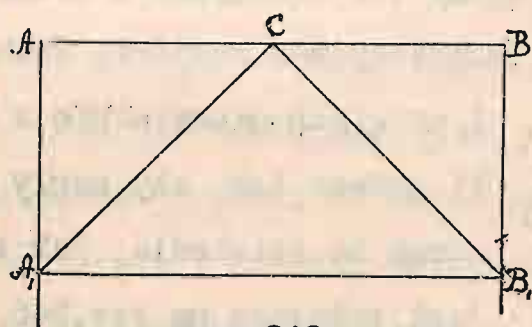
poduszki z drzewa twardego i w które krzyżulce wpuszczone są na czop [rys. 347]. Krzyżulce tutaj mogą pracować jedynie na ściskanie. Ustrój tego rodzaju tężników jest niczem innem, jak tylko ustrojem dźwigarów How'a w planie, o których będziemy szczegółowo mówili w innym miejscu.

Mosty zastrzałowe.

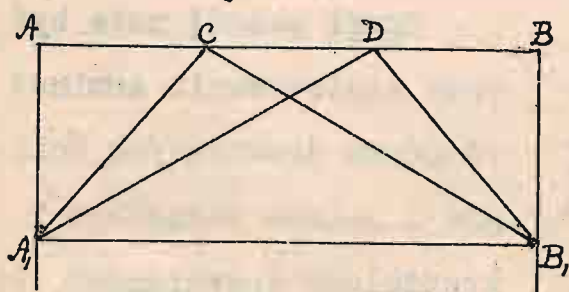
Jeżeli prostą belkę, podpartą na dwóch podporach, podeprzemy jeszcze w punktach pośrednich zastrzałami, opartymi o te same podpory, na których belka spoczywa, otrzymamy układ mostu zastrzałowego.

Co do ilości zastrzałów oraz ich położenia będziemy rozróżniać następujące typy mostów zastrzałowych.

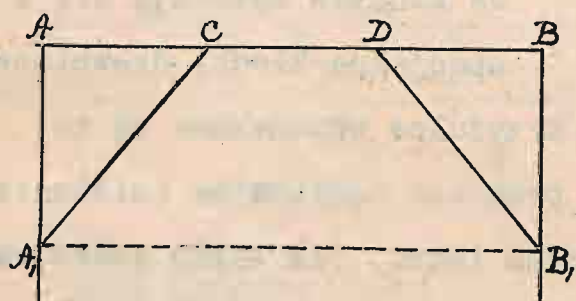
1/ Belka AB jest podparta w jednym punkcie pośrednim C, zwykle pośrodku, dwoma zastrzałami A, C i B, C. Mosty takie nazywamy trój-



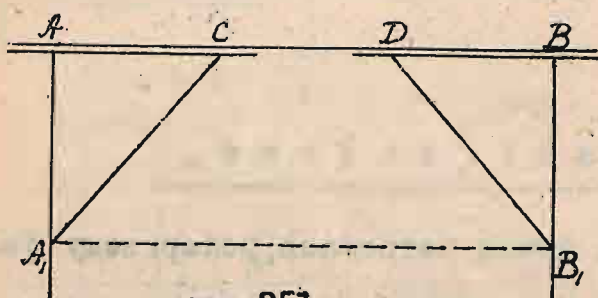
rys.348



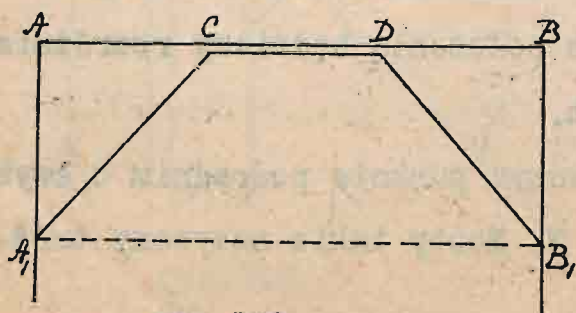
rys.349



rys.350



rys.351



rys.352

katnozastrzałowemi lub jednozastrzałowemi [rys.348].

2/ Belka AB jest podparta w dwóch punktach C i D, w każdym z tych punktów dwoma zastrzałami A, C i B, C i A, D i B, D. Takie mosty nazywamy trójkątno-dwuzastrzałowemi [rys. 349]

3/ Gdybyśmy w ten sam sposób podparli belkę w trzech punktach, w każdym przytem dwoma schodzącemi się w tych punktach zastrzałami, otrzymalibyśmy mosty trójkątno-trójszastrzałowe.

Jeżeli belkę AB podeprzemy w dwóch punktach pośrednich C i D dwoma zastrzałami A, C i B, D bądź to bezpośrednio podpierającami belkę, bądź to podpierającami końce siodełek, na których belka spoczywa, otrzymujemy wtedy układ trapezowastrzałowy [rys.350,351,352] Zamiast końców zastrzałów, podpierające belkę, łączyć bezpośrednio z belką lub z siodeł-

kami, możemy je oprzeć o końce dodatkowej belki poziomej, otrzymamy wtedy układ trapezowo-zastrzałowy z rozpornicą [rys. 352/]

We wszystkich tych układach punkty A, i B, mogą być połączone lub nie belkami poziomymi A, B, tak zwanymi ściągami. W układach trójkątno-zastrzałowych zazwyczaj ściąg ma miejsce. Układy te ze ściągami należą do układów niezmiennych, układy zaś trapezowo-zastrzałowe są to układy teoretycznie zmienne.

Mosty trójkątno-zastrzałowe należą do układów sztywnych i dla tego też mają duże zastosowanie do mostów kolejowych. Natomiast układy trapezowo-zastrzałowe stosujemy w mostach drogowych, szczególnie zaś w wiaduktach, gdyż, robiąc je przeważnie bez ściaga, mamy możliwość przy stosowaniu nadto dowolnej długości zastrzałów oraz ich pochylenia do pionu zwiększyć światło mostu, stosownie do wymagań.

We wszystkich mostach zastrzałowych otrzymujemy na podpory mostowe oprócz ciśnienia pionowego, przy siłach zewnętrznych pionowych, jeszcze ciśnienie poziome, t.j. rozpór. Rozpór ten, działając na podpory na poziomie stóp zastrzałów, ugina podpory. Dlatego też w mostach kolejowych, w których rozpór, wobec znacznego obciążenia, może być dość znacznym, zwykle stosujemy ściąg, który przyjmuje na siebie ten rozpór i otrzymujemy wtedy ciśnienie na podpory tylko pionowe.

W mostach drogowych rozpór ten jest zazwyczaj znacznie mniejszy, przeto, stosując w nich podpory silniejsze, możemy ściaga nie dawać i stosować układy trapezowo-zastrzałowe.

Mosty zastrzałowe, jak i mosty leżajowe, należą do mostów z

Budowa mostów ark.XXIII

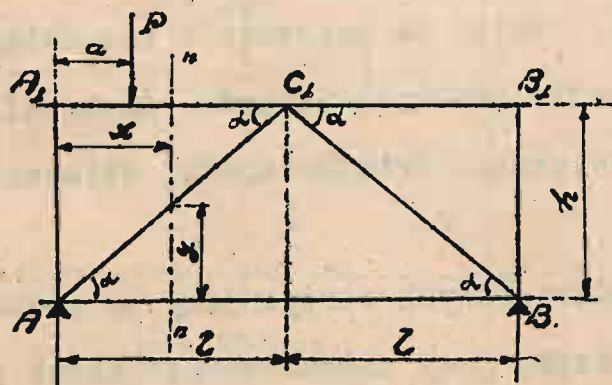
jazdą górą. Część przejazdowa ich pokrywa dźwigary główne, chroniąc je od deszczu.

W mostach tych mamy możliwość dać tężniki pionowe, przez co usztywnia się cała budowa wierzchnia w kierunku poziomym.

Mosty zastrzałkowe mogą być stosowane do rozpiętości 25 mtr., a nawet nieco większej.

Obliczenie mostów zastrzałkowych.

1/ Mosty trójkątno-zastrzałkowe ze ściągiem.



rys. 353.

Belka $A_1C_1B_1$ jest belką ciągłą, podpartą w punktach A_1, C_1, B_1 . Podpory te są sprężyste wskutek ściśniętości skupków A_1A_2, B_1B_2 i zastrzałków A_1C_1 i B_1C_1 , oraz rozciągłości ściągu A_2B_2 rys. 353.

Oznaczamy przez A_1, B_1, C_1 od-

działywanie podpór A_1, B_1 i C_1 ,

przez A i B , oddziaływanie podpór A i B , przez Z siły w zastrzałkach, przez z długość zastrzałków, przez J moment bezwładności belki ACB , przez h wysokość skupków A_1A_2 i B_1B_2 , przez ω przekroje skupków AA_1 i BB_1 , przez ω_z - przekrój zastrzałków, przez H siłę powstającą w ściągu przy obciążeniu belki $A_1C_1B_1$, przez ω_s - przekrój ściągu i przez α kąt pochylenia ściąga do zastrzałki.

Niech na belkę $A_1C_1B_1$ działa siła skupiona P w odległości a od podpory A .

Możemy przeto napisać :

$$H = Z \cos \alpha$$

zaś z równowagi węzła C_1 :

$$C = 2Z \sin \alpha$$

dalej $A = A_1 + Z \sin \alpha$ $B = B_1 + Z \sin \alpha$
 lecz $Z = \frac{H}{\cos \alpha}$ przeto $A_1 = A - H \tan \alpha$; $B_1 = B - H \tan \alpha$
 Z drugiej zaś strony mamy, że $A = \frac{P(2l - a)}{2l}$; $B = \frac{Pa}{2l}$.

Dla przekroju w odległości x od podpory A, możemy napisać moment gnący $M_x = A_1 x - P(x - a) = (A - H \tan \alpha)x - P(x - a) = Ax - P(x - a) - H \tan \alpha x$.

Pierwsze dwa wyrazy stanowią nic innego, jak moment gnący dla prostej belki AB, który oznaczymy przez M_0 , zaś $x \tan \alpha$ jest rzędna zastrzału przy odciętej x .

Możemy zatem napisać $M_x = M_0 - Hy$.

Dla pracy sprężystej całego układu otrzymamy następujący wzór:

$$\Pi = \frac{A_1^2 h}{2E\omega_1} + \frac{B_1^2 h}{2E\omega_2} + \frac{2Z^2 z}{2E\omega_2} + \int_0^{2l} \frac{M_x^2 dx}{2EJ}$$

Ściąg pod działaniem siły H rozporu wydłuży się o $\frac{H 2l}{E\omega_s}$.

Jeżeli teraz weźmiemy pochodną od pracy sprężystej Π względem H , to otrzymamy przesunięcie siły H , t.j. $\frac{2Hl}{E\omega_s}$, które musimy wziąć ze znakiem minus, gdyż przesunięcie to jest w kierunku odwrotnym do działania siły H . Zatem mamy:

$$\frac{d\Pi}{dH} = \frac{A_1 h}{E\omega_1} \frac{dA_1}{dH} + \frac{B_1 h}{E\omega_2} \frac{dB_1}{dH} + \frac{2Zz}{E\omega_2} \frac{dZ}{dH} + \int_0^{2l} \frac{M_x}{EJ} \frac{dM_x}{dH} dx = -\frac{2lH}{E\omega_s}$$

Mając na uwadze, że

$$\frac{dA_1}{dH} = \frac{dB_1}{dH} = -\tan \alpha; \quad \frac{dZ}{dH} = \frac{1}{\cos \alpha}; \quad \frac{dM_x}{dH} = -y,$$

otrzymamy dla H następujące wyrażenie

$$H = \frac{\frac{Ph \tan \alpha}{\omega_h} + \frac{1}{J} \int_0^{2l} M_0 y dx}{\frac{2l}{\omega_s} + \frac{2z}{\omega_2 \cos \alpha} + \frac{2h \tan \alpha}{\omega_h} + \frac{1}{J} \int_0^{2l} y^2 dx}$$

$$\frac{1}{J} \int_0^{2l} y^2 dx = \frac{2}{J} \int_0^l y^2 dx = \frac{2}{J} \int_0^l x^2 \tan^2 \alpha dx = \frac{2l^3 \tan^2 \alpha}{3J}$$

$$\int_0^{2l} M_0 y dx = \int_0^a Ax^2 \tan \alpha dx + \tan \alpha \int_a^l (Ax^2 - Px^2 + Pax) dx + \int_l^{2l} Bx^2 \tan \alpha dx =$$

$$= \frac{Pa l^3 \tan \alpha}{6} \left(3 - \frac{a^2}{l^2} \right)$$

Podstawiając otrzymane wartości całek do wzoru dla H , otrzymamy :

$$H = \frac{\frac{Ph \lg a}{\omega_h} + \frac{1}{j} \frac{Pa l^2 \lg a}{6} (3 - \frac{a^2}{l^2})}{\frac{2l}{\omega_1} + \frac{2a}{\omega_2 \cos^2 a} + \frac{2h \lg^2 a}{\omega_h} + \frac{1}{j} \frac{2l^3 \lg^2 a}{3}} \quad (1)$$

to jest najogólniejsze wyrażenie dla siły H . Mając siłę H , możemy znaleźć wszystkie inne siły, które wyrażają się przez H i wielkości wiadome.

Gdybyśmy założyli, że układ cały jest absolutnie sztywny, t.j. założyli, że $\omega_1 = \omega_2 = \omega_3 = \infty$, to otrzymalibyśmy następujące wyrażenie dla H

$$H = \frac{Pa(3 - \frac{a^2}{l^2})}{4 l \lg a} = \frac{Pa}{4 h} (3 - \frac{a^2}{l^2}) \quad (2)$$

Podstawiając tę wartość do wzorów dla A, B , i C , otrzymamy następujące wyrażenia dla tych wielkości :

$$A_1 = P(1 - \frac{5}{4} \frac{a}{l} + \frac{1}{4} \frac{a^3}{l^3}); \quad C_1 = P(\frac{3}{2} \frac{a}{l} - \frac{1}{2} \frac{a^3}{l^3}); \quad B_1 = -P(\frac{1}{4} \frac{a}{l} - \frac{1}{4} \frac{a^3}{l^3})$$

t.j. odpory dla belki ciągłej dwuprzęsłowej na podporach sztywnych.

Zakładając $a = 0$, co będzie, kiedy siła P stanie nad skupkiem, dla rozporu H otrzymujemy pewną wartość, aczkolwiek zdawałoby się, że wartość ta powinna być równa zeru. Ponieważ założyliśmy, że słupki ściskają się pod działaniem siły P , przeto, gdy siła P stanie nad skupkiem, słupek skurczy się, punkt A , obniży się, belka A, C, B , ugnie się, powodując nacisk w punkcie C , zaś nacisk w punkcie podparcia zastrzałów wywoła oczywiście rozpór H .

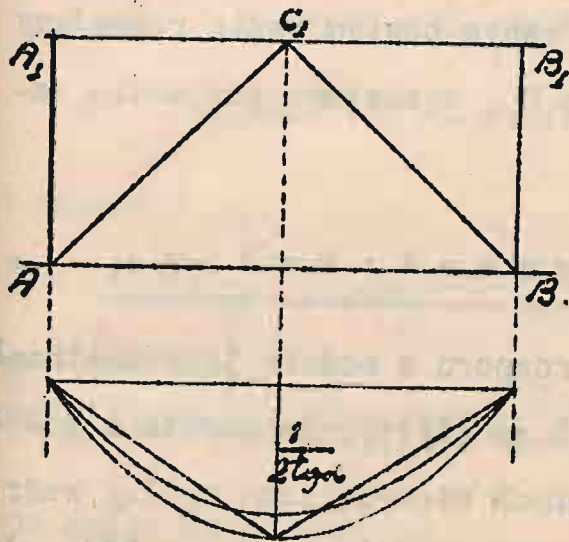
Przy obliczaniu mostów zastrzałowych korzystamy zwykle ze wzorów wyprowadzonych, jeżeli belka A, C, B , jest belką ciągłą. Gdyby belka $A B$ była nad podporą C , rozciętą, wtedy dla rozporu H otrzymalibyśmy

$$H = \frac{C}{2 \lg a} \quad (3)$$

Linia wpływu dla H byłaby tutaj [rys.354] w kształcie trójkąta o wysokości $\frac{1}{2lga}$

Ze wzoru [2] linia wpływu dla H otrzymamy się w kształcie paraboli z wierzchołkiem pod C , i rzędną, równą również $\frac{1}{2lga}$

Zaś z ogólnego wzoru dla H [1] linia wpływu byłaby również paraboliczna, lecz z rzędną w i wierzchołku nieco mniejszą, niż $\frac{1}{2lga}$

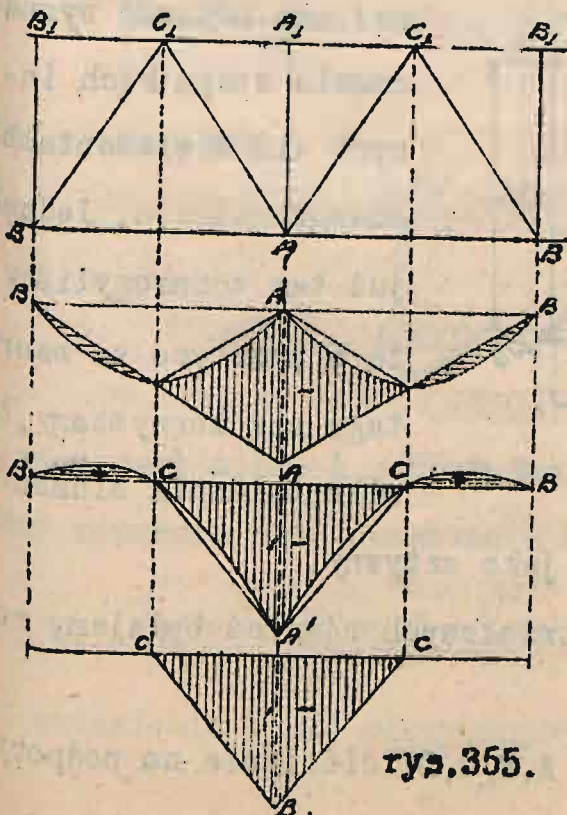


rys.354.

Pole przekroju otrzymujemy największe, korzystając dla H ze wzoru [2], ściśle wzór [1] daje pośrednie znaczenie, zaś założenie, że belki są rozcięte, daje najmniejsze pole linii wpływu.

Cisnienie od zastrzałów na podpory wyraża się wzorem $H lga$. Przy belkach ciągłych dwuprzęsłowych linia wpływu ciśnienia na podporę A będzie, jak na rys.355

Siłę H w ściągu obliczamy według wzoru [2]. Przy rozpiętościach przęseł jednakowych siła w ściągu od obciążenia stałego będzie się równać zero, gdyż rozpory dwóch sąsiednich przęseł będą się równoważyć, będą tylko ścisnąć podporę, na której się opierają, w kierunku poprzecznym.



rys.355.

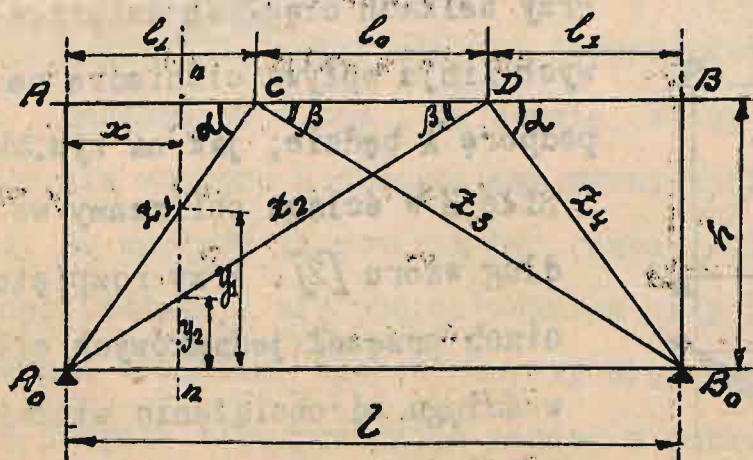
Wyżej mieliśmy wzór $\chi = \frac{H}{\cos \alpha}$, t.j. siła w zastrzale jest proporcjonalna do rozporu, przeto linja wpływu siły w zastrzale będzie taka sama, jak dla rozporu.

Dla belki mamy moment gnący $M_x = M_0 - Hy$

Według tego wzoru obliczamy belkę tylko wtedy, gdy belka istotnie jest belką ciągłą, w przeciwnym bowiem razie rozważamy ją, jako belkę rozciętą nad podporą C, w miejscu podparcia zastrzaków.

Belki dwuzastrzakowe.

Przy wyprowadzeniu wzoru dla rozporu w moście jednozastrzakowym założyliśmy, że cały układ jest sprężysty, że przeto i podpory były sprężyste i w tych założeniach otrzymaliśmy ogólny wzór



rys. 356.

dla rozporu, który dawał nam możliwość wyznaczenia wszystkich innych sił w elementach całego ustroju. Jednak już tam zaznaczyliśmy, że w praktyce ze wzoru tego nie korzystamy, że odkształcenia elementów

odrzucaamy i rozpatrujemy układ jako sztywny.

Przy obliczaniu mostów dwuzastrzakowych również będziemy rozpatrywali cały układ jako sztywny.

Jeżeli przeto oznaczmy przez A, B, C, D ciśnienie na podpory

belki AB od jakiejkolwiek siły zewnętrznej, przez Z_1, Z_2, Z_3, Z_4 siły w krzyżulcach przez l_0, l rozpiętości belek A C = BD i CD, przyczem $l_0 + 2l = l$, przez h wysokość belki A_0A przez α i β kąty pochyle-
nia krzyżulców do poziomu i przez z_1, z_2, z_3, z_4 długość krzyżulców,
to z równowagi węzłów C i D [rys.356] możemy napisać:

$$\begin{aligned} Z_1 \cos \alpha &= Z_3 \cos \beta ; & Z_4 \cos \alpha &= Z_2 \cos \beta ; \\ Z_1 \sin \alpha + Z_3 \sin \beta + C &= 0 ; & Z_3 \sin \beta + Z_4 \sin \alpha + D &= 0 \end{aligned}$$

co nam daje :

$$\begin{aligned} Z_1 &= -\frac{C \cos \beta}{\cos \alpha \sin \beta + \sin \alpha \cos \beta} = -\frac{C \cos \beta}{\sin(\alpha + \beta)} ; & Z_2 &= -\frac{D \cos \alpha}{\sin \alpha \cos \beta + \cos \alpha \sin \beta} = -\frac{D \cos \alpha}{\sin(\alpha + \beta)} \\ Z_3 &= -\frac{C \cos \alpha}{\sin \alpha \cos \beta + \cos \alpha \sin \beta} = -\frac{C \cos \alpha}{\sin(\alpha + \beta)} ; & Z_4 &= \frac{D \cos \beta}{\sin \alpha \cos \beta + \cos \alpha \sin \beta} = \frac{D \cos \beta}{\sin(\alpha + \beta)} \end{aligned}$$

Lecz mając na uwadze, że

$$\sin \alpha = \frac{h}{z_1} ; \quad \sin \beta = \frac{h}{z_2} ; \quad \cos \alpha = \frac{l_0}{z_1} ; \quad \cos \beta = \frac{l_0 + l}{z_2}$$

możemy napisać

$$\begin{aligned} Z_1 &= \frac{C z_1 (l_0 + l)}{h l} ; & Z_2 &= -\frac{D z_2 l_0}{h l} ; \\ Z_3 &= -\frac{C z_2 l_0}{h l} ; & Z_4 &= \frac{D z_1 (l_0 + l)}{h l} . \end{aligned}$$

Z równowagi węzła A_0 , rzutując wszystkie siły na oś ściągą, otrzymamy równanie przy oznaczeniu rozporu przez H

$$Z_1 \cos \alpha + Z_2 \cos \beta + H = 0 \quad \text{skąd} \quad H = -Z_1 \cos \alpha - Z_2 \cos \beta$$

Po wstawieniu wyżej otrzymanych wartości otrzymamy dla H znaczenie:

$$H = + \frac{C(l+l_0)l}{hl} + \frac{Dl_0(l+l_0)}{hl} = \frac{l_0(l+l_0)}{hl} [C+D].$$

Reakcja podpory A_0 , jak dla belki prostej wolno podpartej na dwóch podporach, będzie równała siłę w skupku A_0 więcej składowe pionowe od zastrzałów Z_1 i Z_2

$$A_0 = A + Z_1 \sin \alpha + Z_2 \sin \beta = A + \frac{C_1(l+l_0)}{l} + \frac{Dl_0}{l}$$

Przeto $A = A_0 - \frac{1}{l} [C_1(l+l_0) + Dl_0]$.

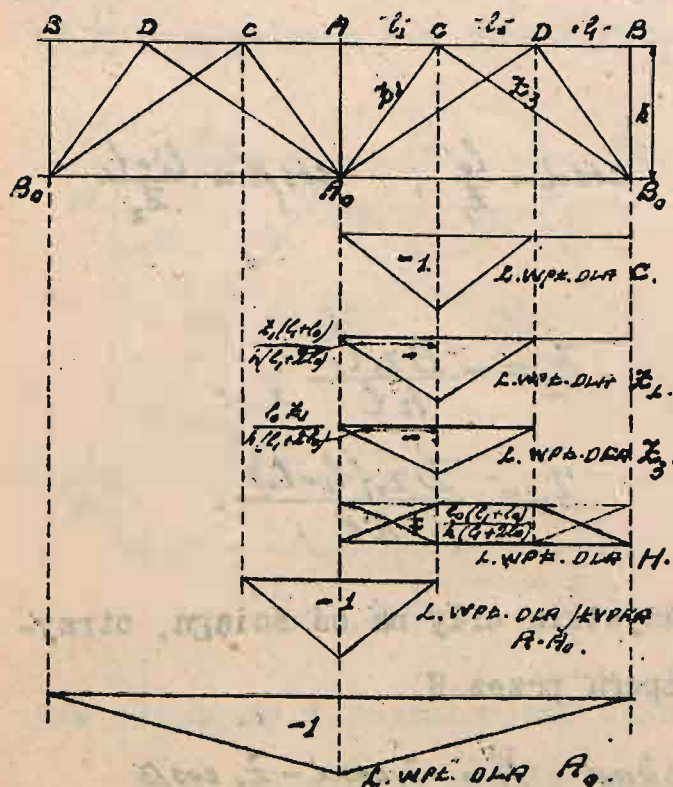
Tym sposobem otrzymaliśmy wzory dla sił we wszystkich prętach, jako pewne funkcje od ciśnienia belki w punktach C i D podparcia zastrzałami. Przeto wszystko sprowadza się do obliczenia wielkości

C i D od obciążenia belki AB

Jeżeli belka AB będzie na podporach C i D rozcięta, to wielkości C i D znajdziemy prosto, a zatem znajdziemy siły we wszystkich elementach całego układu. Przy belkach rozciętych zwykle dajemy $l_0 = 1$.

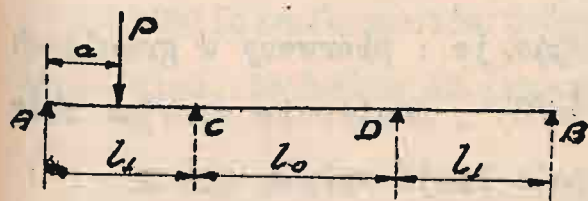
Dla ogólnych naszych wzorów otrzymalibyśmy linje wpływu przedstawione na rys.357.

Gdybyśmy jednak belkę AB mieli ciągłą, to dla reakcji podpór A, C, D i B mielibyśmy następujące wzory



rys.357.

przy obciążeniu ciężarem skupionym w przęśle skrajnym [rys.357] A C w odległości a od podpory A [rys.358].



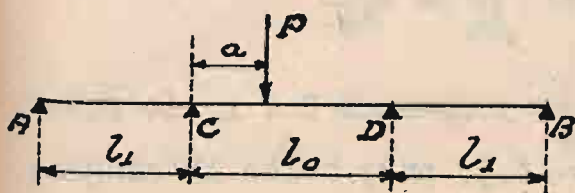
rys.358

$$A = \frac{Pa(l_1-a)(l_1+a)l_0}{l_1^2(2l_1+3l_0)(2l_1+l_0)}$$

$$C = \frac{Pa}{l_1} + \frac{Pa(l_1-a)(l_1+a)(2l_0+l_1)}{l_1^2l_0(2l_1+3l_0)}$$

$$D = -\frac{Pa(l_1-a)(l_1+a)(l_1+l_0)}{l_1^2l_0(2l_1+3l_0)}$$

$$B = \frac{Pa(l_1-a)(l_1+a)l_0}{l_1^2(2l_1+3l_0)(2l_1+l_0)}$$



rys.359.

Dla siły skupionej P w przęśle środkowym, zaczepionej w odległości a od podpory C otrzymamy następujące wzory dla reakcji podpór

A, B, C, D [rys.359]

$$A = -\frac{Pa(l_0-a)}{l_1(2l_1+l_0)} \left[\frac{3l_0+4l_1}{2l_1+3l_0} - \frac{a}{l_0} \right]; \quad C = \frac{P(l_0-a)}{l_0} \left[1 + \frac{a(l_1+3l_0)}{l_1(2l_1+3l_0)} - \frac{a^2}{l_1l_0} \right];$$

$$D = \frac{Pa}{l_0} \left[1 - (l_0-a) \left(\frac{1}{2l_1+3l_0} - \frac{a}{l_1l_0} \right) \right]; \quad B = -\frac{Pa(l_0-a)}{2l_1+l_0} \left[\frac{2}{2l_1+3l_0} + \frac{a}{l_1l_0} \right]$$

Mając oddziaływanie podpór od siły skupionej, nietrudno wykreślić dla dowolnych przekrojów belki linje wpływu momentów gnących oraz sił poprzecznych.

Rozpór otrzymamy ze wzoru $H = \frac{(l_0+l_1)l_1}{h} (C+D)$

Jeżeli zamiast C i D wstawimy ich wartości ze wzorów poprzednich to otrzymamy

1/ kiedy siła P jest w przęśle AC.

$$H_1 = \left[\frac{Pa}{l_1} + \frac{Pa(l_1-a)(l_1+a)}{l_1^2(2l_1+3l_0)} \right] \frac{l_1(l_1+l_0)}{hl}$$

i 2/ kiedy siła P jest w przęśle środkowym

$$H_0 = \left[P + \frac{3Pa(l_0 - a)}{l(2l + 3l_0)} \right] \frac{l(l + l_0)}{hl}$$

Mnożąc oba wzory przez da i całkując je : pierwszy w granicach a do l , i drugi w granicach od 0 do $l_0/2$, następnie sumując obie całki i mnożąc przez dwa, otrzymamy pole linii wpływu dla H.

Jeżeli $l_1 = l_0 = l$, to dla C + D i H otrzymamy następujące wielkości

$$C + D = 2.2l \quad ; \quad H = 2.2l \cdot \frac{2l}{3h} = \frac{4.4l^2}{3h}$$

Jeżeli belka AB będzie rozcięta na podporach C i D, to pole linii wpływu dla H równałoby się $\frac{4l^2}{3h}$, t.j. przy belce AB ciągłej rozpor otrzymujemy nieco większy, niż przy belce rozciętej na podporach C i D.

Ciśnienie na skupki A_0 , A i B_0 , B otrzymują się większe przy belkach rozciętych, niż przy belkach ciągłych.

W mostach dwuzastrzałowych przy dość znacznych rozpiętościach belka AB jeżeli nie całkowicie, to częściowo jest zwykle rozcięta nad podporami C i D, przeto tak z tych względów, jak również i dla tego, że podpory C i D nie są stałe, zastrzały wskutek usychania drzewa, a także wskutek wcięć w punktach podparcia belki obniżają się, co powoduje zmianę wielkości momentów gnących. W praktyce obliczamy belkę AB, jako rozcięta na podporach C i D, mając na względzie, że to daje większe nieco momenty gnące, niż dla belki ciągłej, również otrzymują się większe siły w skupkach A_0 , A i B_0 , B.

Co się tyczy rozporu H i sił w zastrzałach, to takowe lepiej obliczać, wychodząc z założenia, że belka AB jest belką ciągłą, gdyż to daje większą pewność.

... ..

Obliczenie wtedy niczem się nie
będzie różniło od ^{obliczenia} belki dwuza-

strzałkowej. Jeżeli siły w za-
strzałkach oznaczymy przez Z_1, Z_2 i
 Z_3 , przez H rozpór i przez α, β, γ
pochylenie zastrzałków do pozio-

rys. 360

rys. 360
mu, przez rozpiętości belek AC, CD, DE i EB, to otrzymamy

$$Z_1 = \frac{C \cos \beta}{\sin(\alpha + \beta)} ; \quad Z_3 = \frac{F \cos \alpha}{\sin(\alpha + \beta)} ; \quad Z_2 = \frac{D}{2 \sin \gamma} ; \quad Z_4 = \frac{E \cos \beta}{\sin(\alpha + \beta)}$$

$$H = \tilde{x}_1 \cos \alpha + \tilde{x}_2 \cos \beta + \tilde{x}_3 \cos \gamma.$$

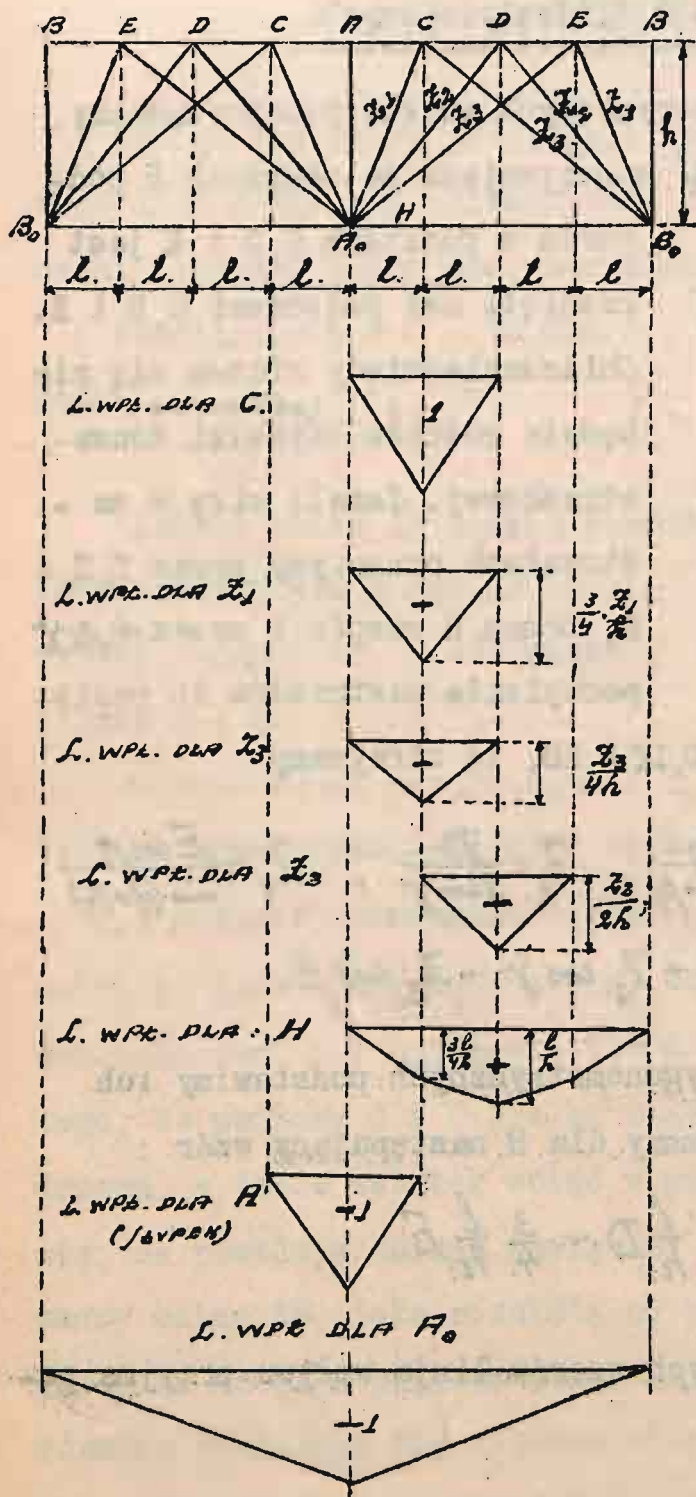
Jeżeli zamiast wielkości trygonometrycznych podstawimy ich znaczenie geometryczne, to otrzymamy dla H następujący wzór :

$$H = \frac{3}{4} \frac{l}{h} C + \frac{l}{h} D + \frac{3}{4} \frac{l}{h} E$$

Odpowiednio do wyżej napisanych wzorów linje wpływu przyjmą postać wskazaną na rysunku 361.

.....

Jak dla układu trójzastawkowego tak i dla tego układu zało-



rys. 361.

pokazane na rys. 362.

żymy, że belka nad punktami podparcia C, D i E jest rozcięta i rozpiętości jej są równe. Jeżeli oznaczymy przez Z_1, Z_2, Z_3, Z_4, Z_2' i Z_3' siły w zastrzałach, przez α, β kąty pochylenia zastrzałów do poziomu, przez h wysokość dźwigara i przez h , wysokość skupka DF, przez z_1 i z_2 długości całkowite zastrzałów, to możemy napisać

$$Z_1 = \frac{C \cos \beta}{\sin(\alpha + \beta)}; \quad Z_3' = \frac{C \cos \alpha}{\sin(\alpha + \beta)}$$

$$Z_3 = \frac{D}{2 \sin \beta} + \frac{C \cos \alpha}{\sin(\alpha + \beta)}$$

$$Z_2 = \frac{E \cos \alpha}{\sin(\alpha + \beta)} + \frac{D}{2 \sin \beta}$$

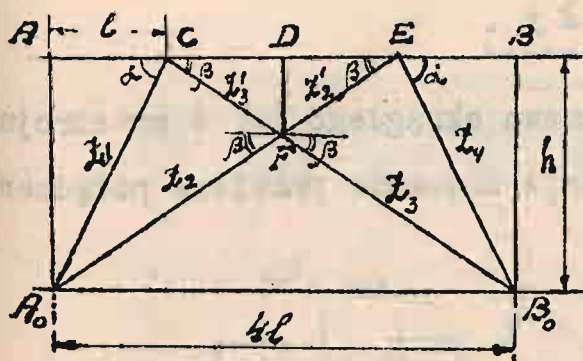
$$H = Z_1 \cos \alpha + Z_2 \cos \beta.$$

Zamieniając zaś wielkości trygonometryczne ich geometrycznymi wartościami, otrzymamy wzór dla

$$H = \frac{3}{4} \frac{l}{h} (C + E) + \frac{3}{2} \frac{l}{h} D.$$

Linje wpływu zbudowane na zasadzie wzorów powyższych są

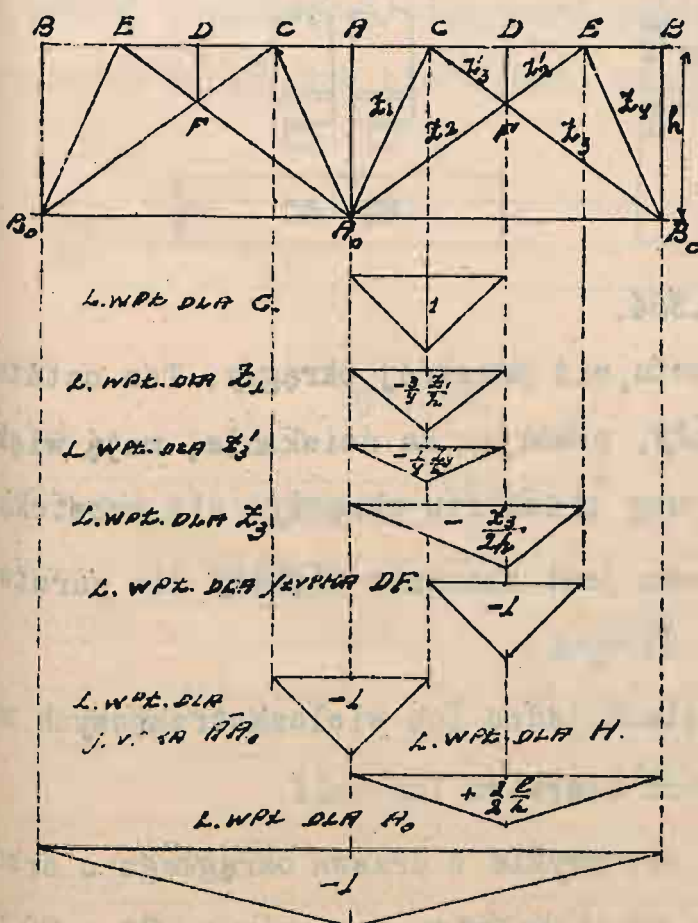
Mając siły w zastrzałach Z oraz w ściągu H , nietrudno znaleźć



rys. 362.

zastrzału, zaś długość wybaczalna.

Przy długich zastrzałach powinno się nadto uwzględnić dodatkowo naprężenie od ugięcia się zastrzału od wagi własnej.



rys. 363.

naprężenie w tych prętach, przytem oczywiście należy uwzględnić możliwość wyboczenia zastrzałów jako prętów ściskanych. Dla naprężenia otrzymamy wzór $K_c = \frac{Z}{\varphi w}$

gdzie $\varphi = \frac{1}{1 + 0.00016 \frac{\omega^2 L^4}{g}}$
w którym to wzorze J jest najmniejszy moment bezwładności przekroju

szy moment bezwładności przekroju

Ściąg jest rozciągany przez rozpór H oraz zginany wskutek wagi własnej, przeto naprężenie w ściągach otrzymanych ze wzo-

$$K_2 = \frac{H}{\omega} \pm \frac{Mz}{J}$$

jeżeli M jest moment gnący od
wagi własnej.

Połączenie słupka z zastrzałkami pokazane jest na rys.364, zaś połączenie jego z belką zapomocą oczepu na rys.365.