

Stężenia podłużne /poziome/ oraz poprzeczne /pionowe/ niezbędne są przede wszystkim dla nadawania budowłom mostowym należytej stateczności, co zwłaszcza dla mostów żelaznych - wobec wielkiej dysproporcji pomiędzy wysokością a szerokością dźwigarów - jest rzeczą konieczną i ważną. Poza tem przeznaczeniem powyższych usztywnień jest przyjmowanie nacisku od sił poziomych i przenoszenie tegoż na podpory.

Z pośród różnych możliwych układów - dla mostów mniejszych - najlepiej nadają się następujące:

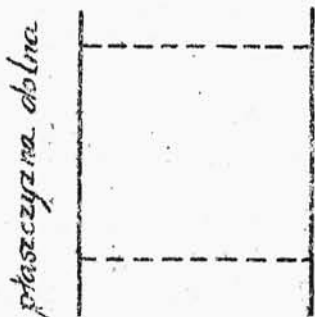
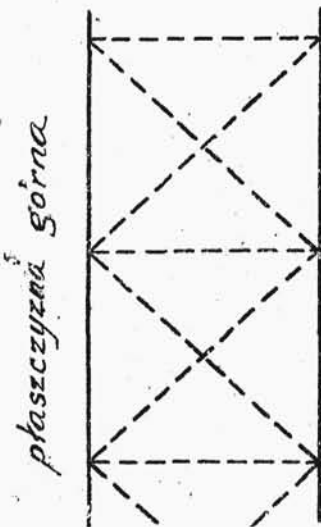
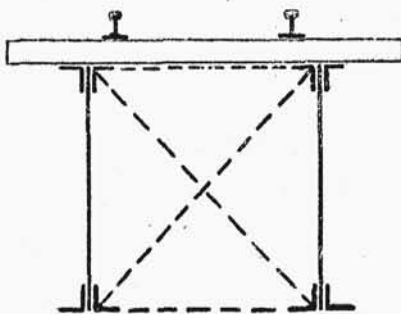
1/ w razie jezdni górnej:

a/ usztywnienia - w postaci kratownicy /rys.230/ w płaszczyźnie górnej, przytem albo o jednym albo o dwóch systemach krzyżujących się zastrzałów;

b/ krzyżowe usztywnienia poprzeczne, - niekoniecznie przytem w każdym węźle, lecz ewentualnie co drugi, albo jeszcze rzadziej;

c/ w płaszczyźnie dolnej - tylko pojedyncze rozporki.

2/ Przy dźwigarach wysokich - w wypadku pod p.1 - można dawać poziome usztywnienia tak w górnym, jak i w dolnym pasie, poprzecznych zaś wiązań wtedy nie należy robić zupełnie, prócz przekrojów oporowych.

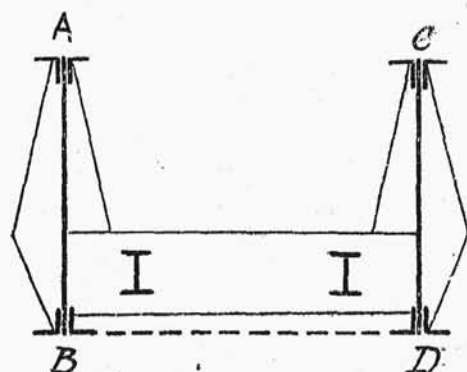


Rys. 230.

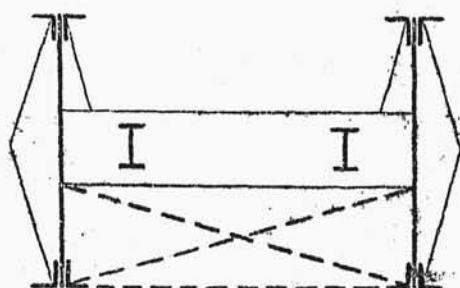
3/ W razie jazdy dol-
nej /rys. 231/.

Wiatrownice mogą być oczywiście tylko w płaszczyźnie dolnej, przyczem poprzecznice wchodzi wtedy w ich system kratowy, jako rozpórki. Wobec braku jakiegokolwiek stężeń w płaszczyźnie górnej, przypadający na tę część dźwigara, nacisk od sił poziomych musi być przez ostatni przeniesiony na wiatrownice dolne, za ich zaś pośrednictwem na podpory. Aby to przeniesienie mogło być z powodzeniem uskutecznione, całość konstrukcji w przekroju poprzecznym musi otrzymać w każdym węzle kształty możliwie aktywnej ramy *ABCD*.

4/ W razie jazdy po środku /rys. 232/ najlepiej



Rys. 231



Rys. 232.

dać wiatrownice poziome w płaszczyźnie dolnej, po-
zatem zaś - krzyże pionowe pod każdą poprzecznica.

Co do wielkości nacisku, wywieranego przez wiatr,
oraz sposobów obliczania tego obciążenia, - zostały
w swoim miejscu poprzednio już przytoczone dotyczą-
ce dane i przepisy. W związku zaś z podaniem dopie-
ro co zasadami ustroju wiatrownic należy zauważyć,
co następuje:

a/ W wypadku usztywnień w płaszczyźnie tylko
górnej - cały nacisk - tak przypadający na sam
dźwigar, jak i na tabor - przenosi się oczywiście
na te właśnie usztywnienia;

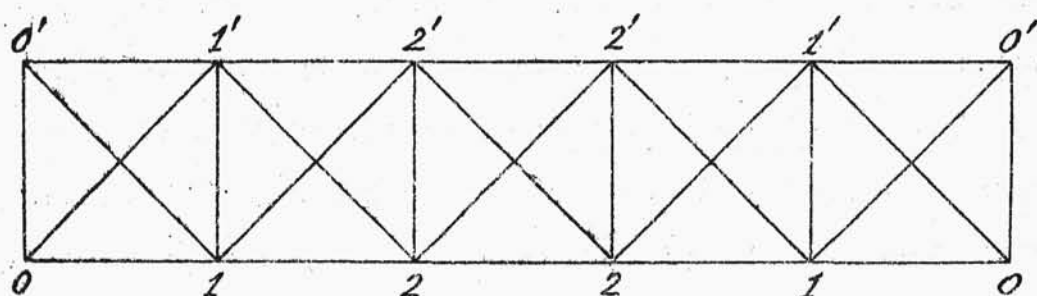
b/ o ile wiatrownice są i w górnej i w dolnej
płaszczyznach, to nacisk na dźwigar dzielić się mu-
si między nimi po połowie, zaś nacisk na tabor -
przypada wtedy całkowicie na górne,

c/ w razie jezdni dolnej cały oczywiście nacisk

wiatru przenosi się na wiatrownice, znajdujące się w płaszczyźnie dolnej,

d/ w razie jezdni pośrodku - i przy braku wiązań w płaszczyźnie jezdni - również cały nacisk przenosi się na wiatrownice dolne.

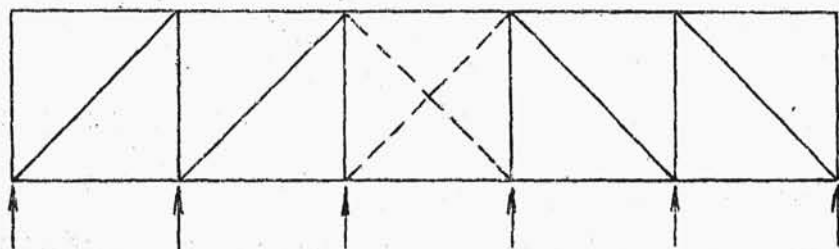
Sposoby obliczania wysiłków w poszczególnych prętach układów wiatrownicowych są różne; można korzystać między innymi z następującego /rys.233/:



Rys. 233

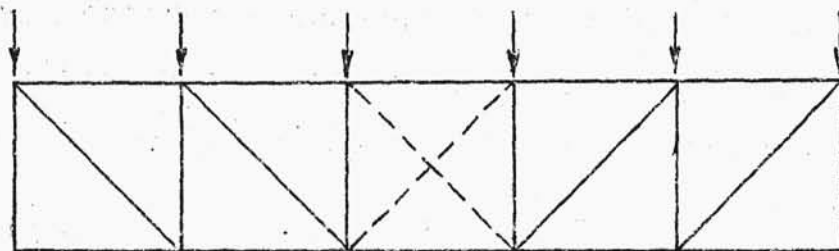
Niech będzie $0-0'-0'-0$ dany układ, składający się, jak to zresztą przy małych mostach często bywa: a/ z podwójnego systemu zastrzałów $0-1', 1-2', 0'-1$ i t.d., b/ z rozpórek $0-0', 1-1'$ i t.d., oraz c/ z pasów, które, oczywiście, są same dźwigary. Wobec tego, że dany system kratownicowy jest statycznie niewyznaczalny, zakładamy, że - w zależności od kierunku wiatru - pracują w nim albo tylko zastrzały $0-1', 1-2'$ i t.d., albo też tylko $0'-1, 1-2$, i t.d., a i mówicie za i za te, które w takim wypad-

ku podlegają rozciąganiu, czyli które pochyłają się w kierunku ku środkowi dźwigara. Wyobrażamy sobie przytem, że zastrzały drugiego kierunku - jako te, które powinny podlegać wysiłkom ściskającym - mają tendencję do wybaczania się zaraz od pierwszego nacisku; że w ten sposób nacisku tego przyjąć nie są w stanie i dlatego cała praca spada na zastrzały wyciągane. Przy założeniu powyższem będziemy mieli do czynienia albo z układem /rys. 234/:



Rys. 234.

albo też z odwróconym, w razie działania wiatru ze strony przeciwnej /rys. 235/:



Rys. 235.

Oczywiście, z punktu widzenia wysiłków - oba układy są identyczne.

W razie nieparzystej ilości pól - w środkowym z konieczności - uwzględnia się przy obliczeniu zastrzały i jednego i drugiego kierunku, z których też każdy, - wobec możliwości działania wiatru to z jednej to z drugiej strony - musi podlegać na zmianę to wyciąganiu, to ściskaniu. Sam nacisk wiatru przedstawiamy sobie jako ześrodkowany w węzłach. Jeżeli długość pola oznaczmy przez d , wielkość nacisku przypadająca na jednostkę bieżącą przez p kl/m.b., to na każdy węzeł pośredni wypadnie po pd kg., zaś na oporowe po $\frac{pd}{2}$.

To jest obciążenie stałe, t.j. pochodzące z nacisku całego lub częściowego - patrz wyżej o podziale nacisku - na dźwigar i ewentualnie na jezdnię, o ile ona wystaje ponad dźwigar. Dalej idzie obciążenie ruchome na tabor, którego wartość na jednostkę bieżącą oznaczmy przez K kg/m.b. Będziemy je sobie wyobrażać również zgrupowane w węzłach, przy czym tak, ażeby wywołać ono mogło w poszczególnych kolejnych węzłach - łącznie z obciążeniem p - maksimum poprzecznej siły.

Przebieg obliczania zastrzałów jest następujący /rys.236/:

Wysiłki N są siłami wyciągającymi, jak to jasno wynika z kierunku strzałek.

b/ W rozpórkach wysiłki V obliczamy, jak niżej: Zróbmy cięcie $y-y'$ i zestawmy równanie równowagi odcinka $0-0'y'y$, biorąc rzut sił na płaszczyznę pionową:

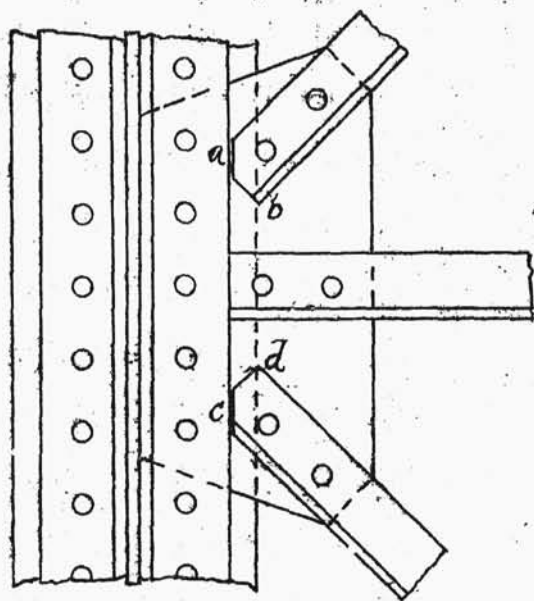
$$\Sigma P + V = 0 \quad \text{skąd} \quad V = -\Sigma P$$

I w tym wypadku ΣP oznacza max. Q dla danego pola, przyczem z rozumowania jak wyżej wypadnie, że przy węzłowym rozkładzie obciążeń dla $1-1'$ musimy mieć na względzie max. Q_1 , dla $2-2'$ max. Q_2 i t.d.

Widzimy więc, że tak wysiłek w $0-1'$, jak i w $1-1'$ są funkcjami tej samej max. Q_1 . Obliczenia dalej jak do środka prowadzić nie trzeba, ponieważ po drugiej stronie maksymalne wysiłki w prętach będą symetrycznie identyczne.

Na podstawie obliczonych wysiłków należy następnie zaprojektować przekroje prętów i sprawdzić naprężenia; te ostatnie wypadają zwykle bardzo małe, ponieważ zazwyczaj nie bierzemy profilów słabszych jak $50 \times 50 \times 70$. Jednakże wiatrownice w istocie doznają jeszcze naprężeń innych, wskutek, na przykład, odkształcenia się dźwigarów, z którymi wszak są zwią-

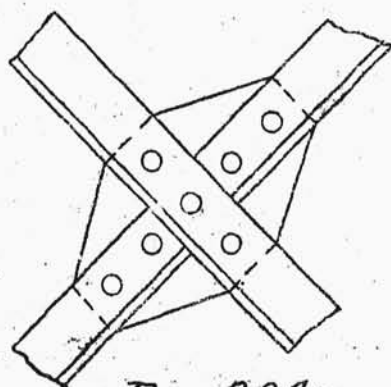
związane, dalej - wskutek dynamicznego działania ciężarów i t.d., których to wszystkich naprężeń w obliczeniu nie uwzględniamy. Pręty wiatrownic przytem podlegają wysiłkom zmiennym, zatem, licząc je tylko jako wyciągane, - za miarodajne dopuszczalne dla nich należy właściwie brać naprężenia, obliczone według znanego wzoru Weyrauch'a /dla prętów ściskano-wyciąganych/, aczkolwiek wychodząc z podstawowych, ustanowionych specjalnie dla działania wiatru. Na podstawie wysiłków obliczamy również dla każdego pręta ilość nitów, niezbędnych do jego przy-czepienia; nie stosujemy ich jednak nigdy mniej niż



dwa w każdym koń-cu. Stosownie do ilości nitów pro-jektujemy blachy węzłowe, za pomo-cą których przymo-cujemy wiatrow-nice do dźwigarów. Niech będzie np. węzeł, jak niżej podany /rys. 237/. Ustaliwszy odste-

py nitów od skrajów *ab* i *cd*, odstępów pomiędzy nitami ($\geq 4d$) oraz od skrajów blachy węzłowej, - z łatwością wyznaczamy jej kontur całkowity.

Blachy takie zazwyczaj przynitowują się do pasów od góry. Bardzo często zastrzały kierujemy tak, że pionowe boki wypadają u jednego kątownika ku dołowi, u drugiego - ku górze; wtedy na przecięciu one się mijają; jeżeli zaś musimy dla pewnych powodów obrócić oba kątowniki pionowymi bokami jednocześnie albo ku górze, albo ku dołowi, - to wtedy na przecięciu się ich w środku pola jeden trzeba przerwać i dać w tym miejscu łatę - jak niżej /rys.238/.



Rys.238

Co do ogólnego rozplanowania wiatrownic zauważyć należy, że długość pól wybierać należy taką, aby one miały kształt możliwie zbliżony do kwadratów. Przy jezdni dolnej, rolę rozpórki gra poprzecznicą. Obli-

czywszy przypadający na nią od działania wiatru wysiłek, należy go uwzględnić przy obliczaniu naprężeń od sił pionowych, tak że ostateczne naprężenie

powinniśmy byli otrzymać ze wzoru

$$k_g = \frac{P}{F} + \frac{Mz}{J}$$

Należy jednak mieć na uwadze, że siła pozioma ściskająca działa na dolny pas poprzecznicy, a więc nieosiowo; z tego powodu - obok naprężenia ściskającego $\frac{P}{F}$ musi mieć miejsce jeszcze naprężenie od momentu gnącego wielkości, mianowicie $\frac{P \cdot \frac{h}{2}}{W}$, gdzie h - oznacza wysokość, zaś W - moment wytrzymałości poprzecznicy. To ostatnie naprężenie jest wyciągające w pasie górnym, zaś ściskające - w dolnym.

W rezultacie zatem będziemy mieć:

a/ w górnym pasie:

$$k = \frac{P}{F} - \frac{P \frac{h}{2}}{W} + \frac{Mz}{J}$$

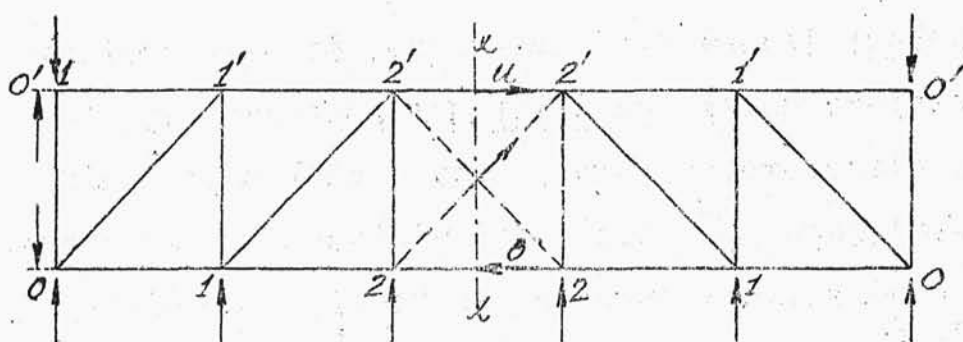
b/ w dolnym:

$$k = \frac{P}{F} + \frac{P \frac{h}{2}}{W} - \frac{Mz}{J}$$

Za dopuszczalne uznajemy w podobnych wypadkach naprężenie specjalnie powiększone, stosownie do obowiązujących na ten przedmiot przepisów.

Dotąd mówiliśmy tylko o zastrzałach i podpórkach. Jednak dźwigary w układach wiatrownicowych odgrywa-

ją rolę pasów, w których też muszą pojawiać się pewne wysiłki od wiatru. Obliczamy te wysiłki w sposób następujący: /rys.239/:



Rys.239.

Niech będzie obciążenie, jak wskazano na szkicu. Biorąc cięcie po XX w miejsce $\max. M$, zestawiamy równanie momentów dla odcinka $00'XX$ względem punktu $2'$: $\sum M + 0 \cdot h = 0$, ponieważ moment wysiłków U i N względem $2'$ jest $= 0$.

Z powyższego równania wypada: $0 = -\frac{M}{h}$. Tak samo $U = -\frac{M}{h}$. Wysiłki te mogą być - zależ-

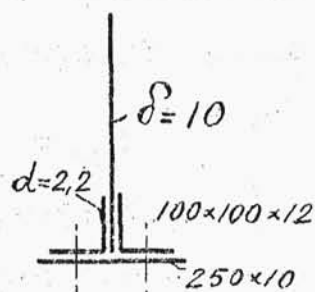
nie od kierunku wiatru, - ściskającymi lub wyciągającymi. Wywoływane przez nich naprężenia dodatkowe, w dźwigarze, wielkości $\frac{0}{F}$, gdzie F - przekrój poprzeczny dolnego lub górnego pasa, należy sumować algebraicznie z naprężeniem, wywołwanym w tymże pasie dolnym lub górnym przez siły pionowe. Stąd wzór

ostateczny:

$$\frac{Q}{F} + \frac{M.Z}{J} \leq K$$

w którym K ma wartość na podobny wypadek /łączonego działania sił pionowych i wiatru/, specjalnie powiększoną - stosownie do znanych przepisów.

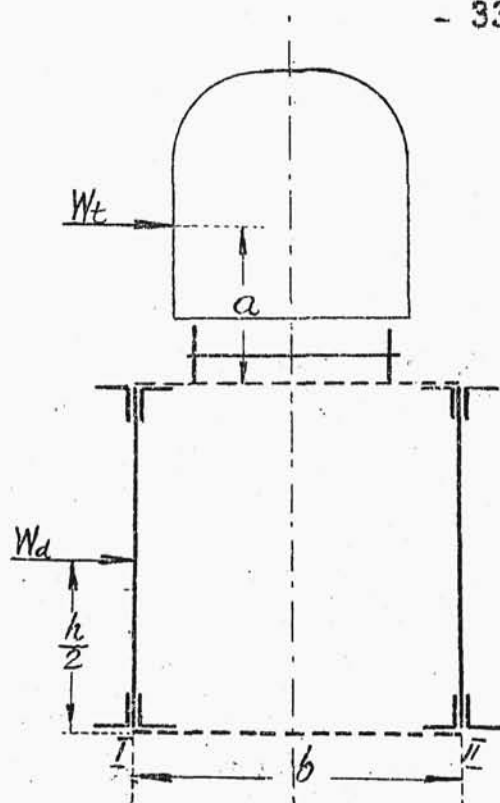
Przykład obliczania F :



$$\begin{aligned} & (25 - 2 \times 2,2) \times 1 + \\ & + 2[W(\text{kątownika}) - 2,2 \times 1] + \\ & + 10 \times 1 - 2,2 \times 1 = F_{\text{netto}} \end{aligned}$$

Na zakończenie powyższych uwag o wiatrownicach wspomnieć jeszcze trzeba o pewnym zjawisku, które jest bardzo często następstwem działania wiatru; mianowicie: o wywoływaniem przez ten ostatni przeciążaniu poszczególnych części konstrukcji mostowych

w skutek mianowicie działania jego w sposób taki, że wytwarza się para sił. A więc: a/ w wypadku jezdni górnej /rys. 240/ - jeżeli przytem mamy wiatrownice w obu pasach, - taką parą sił - wielkości $W_f \cdot a$ wywołuje parcie wiatru na tabor W_f ; wielkość stąd



Rys.240.

nacisku dodatkowego na dźwigar II będzie:

$$P_w = \frac{W_t \cdot a}{b} ; \text{ jeżeli pod}$$

W_t rozumiemy obciążenie na jednostkę długości, to i P_w stanowi również nacisk równomierny na jednostkę bieżącą. Stosowny moment gnący będzie $M_w = \frac{P_w \cdot l^2}{8}$ gdzie l - rozpiętość, zaś naprężenie dodatkowe

$$k = \frac{M_w}{W}$$

b/ W takim samym wypadku jezdni górnej, ale kiedy mamy tylko wiatrownice górne i wiązania-poprzecznice - przeciążenie będzie wyrażało się tak /mając na względzie, że oba naciski przypadają wtedy na pas górny, wytwarzając przytem 2 pary sił przeciwnych kierunków/:

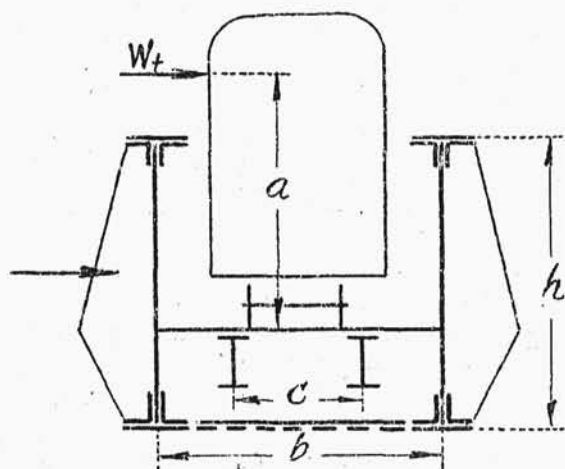
$$P_w = \frac{W_t \cdot a - W_d \cdot \frac{h}{2}}{b}$$

a/ Przy jezdni dolnej /rys.241/ wytwarzają się wskutek parcia wiatru na tabor: 1/ przeciążenie jed-

nej podłużnicy w stosunku do drugiej, wielkości:

$$\frac{W_t \cdot a}{c} ; 2/ \text{ niesymetryczne z tego powodu ob-}$$

ciążenie poprzecznic; 3/ przeciążenie jednego



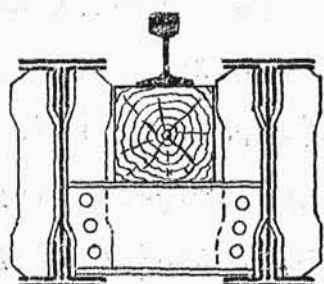
Rys.241.

dźwigara w następstwie powyższego. Wskutek zaś parcia wiatru na dźwigar powstaje przeciążenie drugiego dźwigara wielkości /na jednostkę bieżącej/:

$$P_w = \frac{W_d \cdot \frac{h}{2}}{b}$$

Mówiąc o mostach żelaznych, mieliśmy dotychczas na uwadze wyłącznie t.zw. "blachownice" nitowane, względnie: I-owe walcowane belki. Należy wspomnieć o jednej jeszcze formie pokrewnej, mianowicie następującej: w wypadkach, kiedy rozporządzamy bardzo małą swobodną wysokością na umieszczenie dźwigara, - udaje się często rozwiązać zadanie w ten sposób, że dajemy dźwigar możliwie niski /stosunek h/l na przykład, od 1/15 - 1/20 /, ale zato parzysty, przytem zamiast poprzecznie stosujemy drewnianą podłużnicę, umieszczając ją pomiędzy obiema

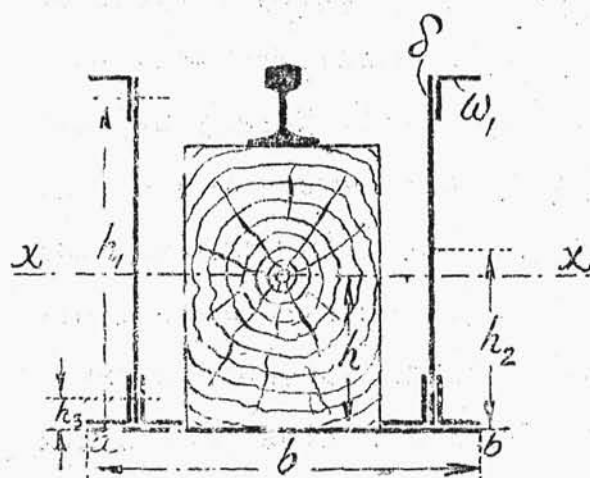
częściami naszego podwójnego dźwigara i syskują w ten sposób kosztem jazdy nieco wysokości dla podwyższenia dźwigara ; podłużnica spoczywa na krótkich poprzeczkach /rys.242/, odgrywających za-



Rys.242.

razem rolę usztywnień, łączących dwie połówki dźwigara w jedną całość.

Sposób obliczania takich dźwigarów - jest zupełnie taki sam, jak dźwigarów zwykłych. Można je projektować w taki jeszcze sposób /rys.243/.



Rys.243.

Obliczanie J_{xx} podobnych przekrojów uskutecznia się jak niżej:

Moment statyczny względem ab :

$$S_{ab} = \sum F \cdot h ;$$

$$h = \frac{S_{ab}}{\sum F} \quad / \text{rzędna środka ciężkości} /$$

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

Dźwigary opisane nadają się przeważnie dla mostów żelaznych.

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

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

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