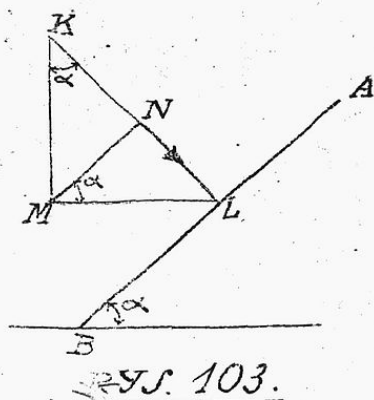


$$KL = pF$$

do  $KL$  ; otrzymamy punkt  $N$  .  $ML = pF \sin \alpha$  , a  $NL = ML \sin \alpha = pF \sin^2 \alpha = W$  . Z tego wynika, że odcinek  $NL$  jest równy szukanej normalnej sile parcia wiatru  $W$  .



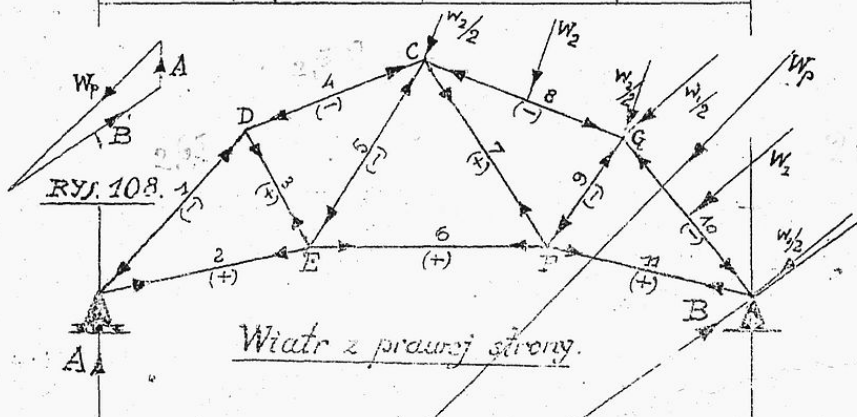
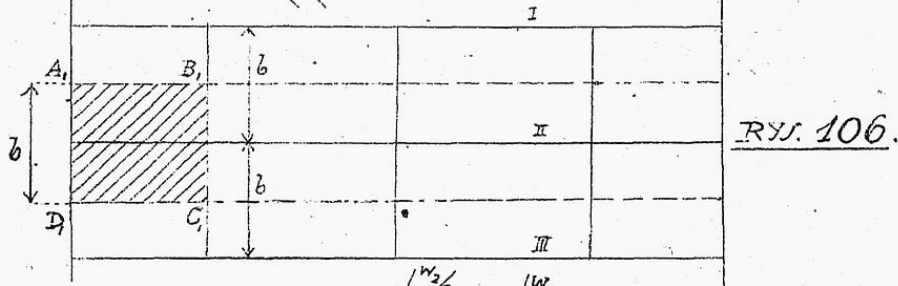
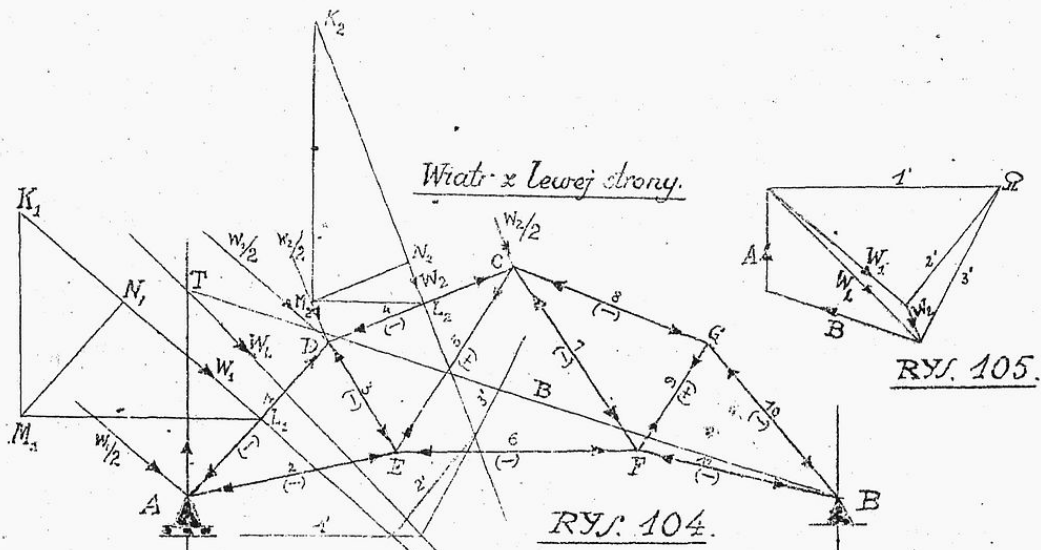
### 121. OBLICZANIE WIAZAPA PODDANEGO DZIAŁANIU WIA TRU.

Dla przykładu rozpatrzmy wiązar, przedstawiony na rys. 104 - 110.

Kryćba opiera się na szeregu wiązarów /I, II, III/, ustawionych równolegle jeden do drugiego, zwykle w jednakowych odstępach /rys. 106/.

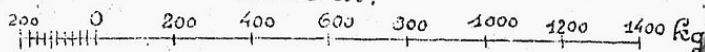
Pokrycie tworzy powierzchnię, składającą się z 4-ch płaszczyzn, przedstawionych w rzucie pionowym prostami  $AD, DC, CG, GB$  , pochylonych do poziomu pod różnymi kątami. Wiatr działa na każdą z nich z inną siłą, wypada więc do każdej oddzielnie zastosować budowę, wskazaną na rys. 103. Przypuśćmy, że wiatr działa z lewej strony wiazara, zatem działa tylko na płaszczyzny  $AD$  i  $DC$  - na pozostałe płaszczyzny wiatr działania nie wywiera. Obliczmy, jakie jest parcie na płaszczyzny  $AD$  i  $DC$  .

Na każdy wiązar przypada połowa parcia wiatru, wywieranego na płaszczyznę, zawartą pomiędzy dwoma przyległymi wiązarami /rys. 106/. Na skrajne wiązary przypada



Skala długości 1:100.

Skala sił.



RYS. 107

mniejsze obciążenie, niż na wewnętrzne, dlatego też dla bezpieczeństwa należy rozpatrzyć ten ostatni.

Jeśli odstęp między wiązarami są  $= b$ , siła wiatru, która działa na płaszczyznę  $AD$ , należąca do jednego wiązara, wynosi  $\rho \cdot b \cdot AD$ . Odcinek, równy temu iloczynowi trzeba odmierzyć na prostopadłej do rozpatrywanej płaszczyzny w jej środku  $L_1$ , a dalej należy postąpić, zgodnie z par.115. Stosując się do wyłożonego tam prawidła, otrzymamy, że siła, którą istotnie wywiera wiatr na  $AD$ , jest równa  $W_1 = N_1 L_1$ .

Podobnie dla płaszczyzny  $DC$  otrzymamy siłę  $W_2 = N_1 L_1$ . Parcie całkowite wiatru dmącego z lewej strony znajdziemy jako wypadkową sił  $W_1$  i  $W_2$ . Wypadkową  $W_L$  wyznaczamy łatwo za pomocą wieloboku sił i wieloboku sznurowego, co jest wykonane na rys.104 i 105.

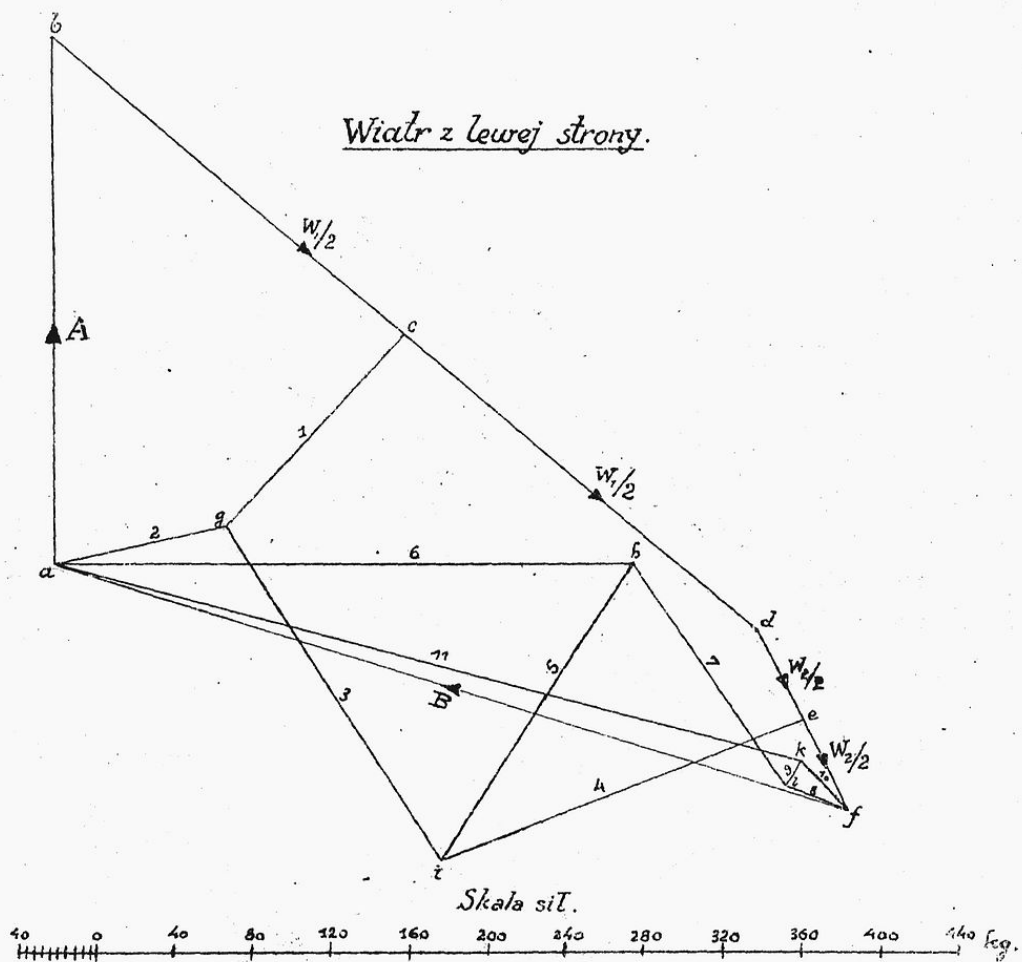
Jeśli przyjmiemy, że na wiązar działa jedynie siła wiatru, to siła ta musi się równoważyć z odporami  $A$  i  $B$ .

Pierwszy z nich jest pionowy /podpora na wałkach/; kierunek drugiego odporu otrzymamy, łącząc punkt  $T$  przecięcia się  $W_L$  z  $A$  - z punktem  $B$ . Mając kierunki odporów  $A$  i  $B$ , wyznaczymy je co do wartości za pomocą wieloboku sił /rys.105/.

Gdy wiatr działa z prawej strony /rys.107/, wówczas działanie jego jest jedynie na płaszczyzny  $CG$  i  $GB$ .

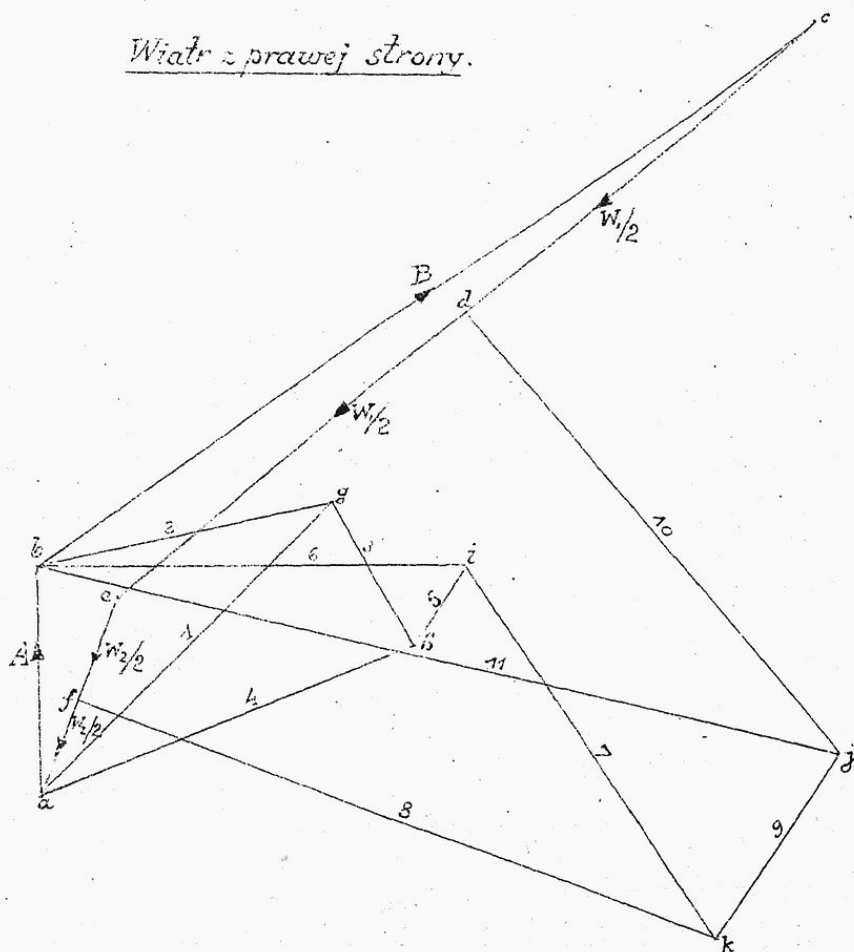
Oczywiście, działanie na pierwszą z nich wynosi  $W_2$  /gdyż jest ona symetryczna względem  $DC/$ , a na drugą  $W_1$ . Wypadkowa  $W_p$  /tych sił  $W_1$  i  $W_2$  / będzie symetrycznie skierowana względem  $W_L$ . Odpory  $A$  i  $B$  znajdziemy z tego warunku, że odpór  $A$  jest pionowy i przecina się z siłą  $W_p$  w punkcie  $S$ ; kierunek drugiego odporu  $B$  znajdziemy, połączymy punkt  $B$  z  $S$ . Mając obydwa kierunki odporów  $A$  i  $B$ , wyznaczmy wartości tych odporów, jak na rys.108. Widoczne jest, że odpory  $A$  i  $B$ , a wskutek tego również siły, powstające w prętach więzara, są w tym razie inne, niż poprzednio. Wobec tego należy rozpatrywać działanie wiatru z prawej strony oddzielnie, z lewej strony oddzielnie.

Wróćmy do przypadku, gdy wiatr dmie z lewej strony. W tym razie na węzeł  $A$  działa odpór  $A$  oraz połowa siły  $W_1$ . Na węzeł  $D$  działa druga połowa  $W_1$  i połowa  $W_2$ , na  $C$  - druga połowa  $W_2$ ; na  $G$ ,  $E$  i  $F$  nie działa żadna siła; na  $B$  - jedynie odpór  $B$ , znaleziony na wykresie rys.105. Kiedy mamy wyznaczone siły, działające na poszczególne węzły, możemy przystąpić do wykresu Cremony, co jest wykonane na rys.109. Zaczynamy, zgodnie z prawidłem od węzła  $A$ , i idziemy przez węzły  $D, E, C, G, F$  do  $B$ . Nawiasem dodamy, że dla wyprostności na rys.109 skala sił obraną została

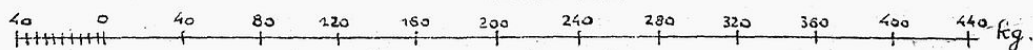


RYŚ. 109.

Wiatr z prawej strony.



Skala sił.



RYJ. 110.

znacznie większą, niż na rys. 104 i 105.

Zupełnie tak samo postępujemy w tym przypadku, gdy wiatr działa z prawej strony /rys. 107/. W tym razie na węzeł  $A$  działa jedynie odpór  $A$ , na  $D, E, F$  nie działają żadne siły, na  $C - \frac{W_2}{2}$ , na  $G - \frac{W_2}{2}$  i  $\frac{W_1}{2}$ ; wreszcie na  $B$  - odpór  $B$  i  $\frac{W_1}{2}$ .

Odpowiedni wykres Cremony mamy na rys. 110.

122. ZESTAWIENIE WYNIKÓW OBLICZENIA WIĄZARA. W paragrafie 118 była mowa o określeniu sił w prętach pod działaniem ciężaru własnego i śniegu; siły znaleźliśmy przy pomocy wykresu, podanego na rys. 100. W par. 122 wskazane było, jak należy szukać sił w prętach pod działaniem wiatru, dmącego z prawej lub lewej strony; siły te obliczyliśmy przy pomocy wykresów na rys. 109 i 110.

Wyniki,

## TABELKA.

№ pręta.	Siły wywołane			Siły do obliczenia pręta	Długość pręta	Wymiary pręta.
	ciężarem własnym i cięż. śniegu.	wiatrem z lewej strony.	wiatrem z prawej strony.			
1	-3750	-135	-215	-3965	2.65	
2	+2600	-90	+155	+2755	2.70	
3	+250	-200	+85	+335	1.65	
4	-2850	-200	-210	-3060	2.50	
5	+425	+185	-50	+610	2.70	
6	+2425	-295	+220	+2645	3.00	
7	+425	-140	+230	+655	2.70	
8	-2850	-30	-345	-3195	2.50	
9	+250	+15	-120	+265	1.65	
10	-3750	-30	-300	-4050	2.65	
11	+2600	-395	+420	+3020	2.70	

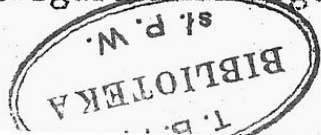
otrzymane  
z tych  
obliczeń  
zestawiamy  
w tabelce  
poniższej:



Tabelka zawiera siedem kolumn: w pierwszych czterech zapisujemy wartości sił w prętach, a to z wykresów rys. 100, 109 i 110. W szóstej kolumnie notujemy z rys. wiązara /rys. 100, lub 104, 107/ długości prętów; w piątej piszemy największe siły, jakie się mogą okazać w prętach przy jednoczesnem działaniu ciężaru własnego oraz śniegu i wiatru. Np. dla pręta I wszystkie siły są ściskające. Gdy działa prócz ciężaru właściwego i śniegu wiatr z lewej strony, to siła ściskająca pręta I jest równa  $3750 + 135 = 3885$  kg.; przy działaniu wiatru z prawej strony siła ściskająca wynosi  $3750 + 215 = 3965$  kg. Widzimy, że ta wartość siły, jako większa, jest miarodajna do obliczenia wymiarów pręta, to też tę siłę zapisujemy w rubryce piątej. Nie raz należy pisać tam dwie wartości, mianowicie siłę ściskającą i rozciągającą, gdyż niewiadomo zgóry, która z nich da większe wymiary pręta.

W ostatniej rubryce pisze się wreszcie, wymiary pręta po obliczeniu ich na podstawie teorii wytrzymałości materiałów. Zagadnienie to nie należy już do naszego wykładu.

123. OBCIĄŻENIE DŹWIGARÓW MOSTOWYCH STAŁEMI SIŁAMI PIONOWEMI. Kratownicę, podtrzymującą pokład, po którym odbywa się ruch ludzi, wozów, pociągów i t.p., nazywamy DŹWIGAREM MOSTOWYM. Do obliczenia poszczególnych części dźwigara mostowego należy przedewszystkiem określić





siły, które w prętach dźwigara działają; w tym celu musimy mieć dane siły zewnętrzne, przyłożone do węzłów dźwigara. Rozróżniamy zewnętrzne siły pionowe, wywołane ciężarem własnym wiązara i przedmiotów poruszających się po nim, oraz siły poziome, wywołane działaniem wiatru.

Siły pionowe rozumiemy jako obciążenie STAŁE i obciążenie RUCHOME.

Obciążenie stałe jest uwarunkowane ciężarem własnym dźwigara, pokładu z pomostownikami lub z bali, z tłuczniem lub bruku, torów kolejowych i t.p.

Obciążenie stałe dźwigarów obliczamy z wzorów praktycznych, które znajdujemy w "Techniku", w kalendarzach technicznych lub w specjalnych dziełach.

Naprz. dla mostu ulicznego o rozpiętości  $L$  m, wykonane go pod jezdnię z tłuczniem, znajdujemy ciężar własny:

$$q = 170 + 3,2 L + 0,028 L^2 \text{ (kg/m}^2\text{)};$$

$L$  powinno być dane w m, i wtedy  $q$  otrzymamy w  $\text{kg/m}^2$ .

Uwzględnić, dalej, należy ciężar pomostowników i tłuczniem, wynoszący  $480 + 80 = 560 \text{ kg/m}^2$ .

Dla innego rodzaju mostów - stosowane są odmienne wzory.

Jeżeli mamy daną rozpiętość  $L$  mostu i szerokość  $B$ , wówczas ciężar całego mostu obliczymy z wzoru:

$$Q = L \cdot B \cdot (q + 560).$$

Niech cały most wspiera się na  $m$  /  $m > 2$  / dźwigarach; wtedy na każdy dźwigar /prócz skrajnych/ przypada ciężar  $Q_0 = \frac{Q}{m-1}$ ; jeśli  $m=2$ , wtedy  $Q_0 = \frac{Q}{2}$

Ciężar  $Q_0$  rozrzucamy na węzły górne - kiedy  $m > 2$ , lub górne albo dolne, kiedy  $m=2$ . Rozkład się wykonywamy w ten sam sposób, jak to mówiliśmy o wiązarach dachowych w par.117.

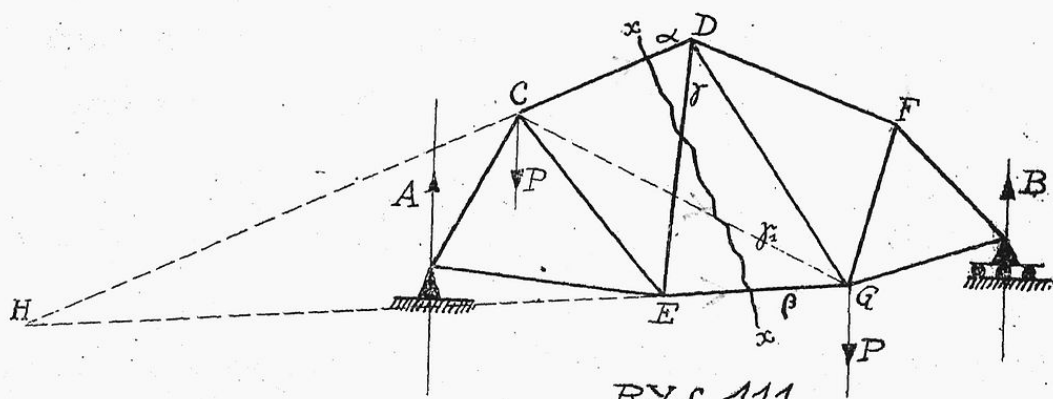
124. OBCIĄŻENIE RUCHOME DŹWIGARÓW. Obciążenie to uwarunkowane jest takim czy innym położeniem na moście tłumy ludzi, wozów, walców szosowych, parowozów z tendrami i t.p. Dane o tem obciążeniu można znaleźć w odpowiednich podręcznikach. Naprz. znajdziemy tam, że tłum ludzi wywiera obciążenie, wynoszące  $400 \text{ kg/m}^2$ ; konny walec szosowy -  $6000 \text{ kg}$ ., parowy walec szosowy:  $10 \text{ t}$ . na przednie koło i  $13 \text{ t}$ . na obydwie tylne /rozstęp -  $2,75 \text{ m}$ . / i t.d.

Przy obciążeniu ruchomem ważna jest wiadomość, jaki układ tego obciążenia może być najbardziej niekorzystny dla tego czy innego pręta.

Zbadanie tej zależności będzie treścią następnych paragrafów.

125. OBCIĄŻENIE RUCHOME NIEKORZYSTNE DLA PRĘTÓW GÓRNEGO PASA DŹWIGARA. W każdym dźwigarze możemy różnić: pręty, tworzące pas górny, pręty, tworzące pas

dolny i pręty wewnętrzne. Załóżmy, że układ prętów jest taki, iż, przecinając dźwigar na dwie części, przecinamy po jednym pręcie z pasa górnego i z pasa dolnego i jeden pręt wewnętrzny. Załóżmy dalej, że: dźwigar jest podparty w dwóch krańcowych punktach i że jeden z odporów ma kierunek pionowy; obciążenie ruchome również jest pionowe. Przy takich założeniach zbadajmy sposobem Rittera, jakie będzie działanie siły  $P$ , przyłożonej do jakiegokolwiek węzła dźwigara, na dowolny pręt  $\alpha$  górnego pasa /rys. 111/.



RYS. 111.

Rozetnijmy dźwigar po linii  $xx$  na dwie części. Przy-  
puśćmy, że siła  $P$  działa na jakikolwiek węzeł, znajdujący  
się z prawej strony  $xx$ , naprz. w  $G$ . Rozpatrując lewą  
część dźwigara, widzimy, że na nią działają siły: odpór  $A$ ,  
oraz siły  $S_\alpha$ ,  $S_\beta$ ,  $S_\gamma$  w prętach  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ . Aby zna-

leżąc siłę  $S_x$  napiszmy równanie momentów tych sił względem węzła  $E$ . Ponieważ siła  $A$  względem  $E$  daje moment dodatni, więc siła  $S_x$  powinna dać moment ujemny; stąd wniosek, że siła  $S_x$  na część lewą działa KU węzłowi  $C$ , zatem, że pręt  $\alpha$  jest ŚCISKANY. Ten sam rodzaj siły  $S_x$  otrzymamy, kiedy siła  $P$  przyłożona będzie do węzła  $D$  lub  $F$ . Co będzie z prętem  $\alpha$ , kiedy siłę przyłożymy do jakiegokolwiek węzła z lewej strony przekroju  $xx$ , naprz. do węzła  $C$ ? W tym razie rozpatrzmy prawą część kratownicy, na którą działają siły: odpór  $B$  i siły w prętach  $S_x, S_p, S_r$ . Znajdźmy siłę  $S_x$ ; w tym celu napiszemy równanie momentów dla tych sił względem węzła  $E$ . Siła  $B$  daje moment ujemny, więc siła  $S_x$  powinna dać moment dodatni; stąd wniosek, że siła  $S_x$  na część prawą działa KU węzłowi  $D$ , czyli, że pręt  $\alpha$  jest ŚCISKANY. To samo znajdziemy, jeśli siła  $P$  działać będzie na węzeł  $E$ .

Z powyższego rozumowania widzimy, że jakakolwiek siła pionowa  $P$ , przyłożona do któregośkolwiek węzła dźwigara, wywołuje w dowolnym pręcie pasa GÓRNEGO siłę ŚCISKAJĄCĄ ten pręt; ta sama uwaga dotyczy obciążenia ciągłego.

Stąd wnioski:

- a/ Wszystkie pręty pasa górnego będą ściskane.
- b/ Aby otrzymać jaknajwiększą siłę ŚCISKAJĄCĄ który-

kolwiek pręt PASA GÓRNEGO, należy obciążenie ruchome przyłożyć do WSZYSTKICH węzłów dźwigara, na które obciążenie to może działać.

126. W podobny do powyższego sposób rozważymy los prętów DOLNEGO PASA, na przykład pręta  $\beta$  /rys. 111/. Niech siła  $P$  działa na węzeł  $G$ . Rozpatrując lewą część kratownicy w celu znalezienia siły  $S_\beta$ , napiszmy równanie momentów względem  $D$ : Siła  $A$  da moment dodatni, zatem siła  $S_\beta$  powinna dać moment ujemny, stąd widzimy, że siła  $S_\beta$  na lewą część dźwigara działa OD węzła  $E$ , czyli, że pręt  $\beta$  jest ROZCIĄGANY. Charakter siły  $S_\beta$  zostanie ten sam, niezależnie od tego, do jakiego węzła z prawej strony  $x x$  siła  $P$  będzie przyłożona. Jeśli obierzemy jako punkt przyłożenia siły  $P$  którykolwiek węzeł z lewej strony  $x x$ , otrzymamy również pręt  $\beta$  rozciągany, co łatwo dostrzedz, zakładając, że siła  $P$  działa na węzeł  $C$ ; badamy wówczas prawą część wiązara, na którą działają: odpór  $B$  i siły  $S_\alpha, S_\beta, S_\gamma$ . Równanie momentów tych sił względem  $D$  wskazuje nam: ponieważ moment odporu  $B$  jest ujemny, więc moment siły  $S_\beta$  powinien być dodatni, czyli, że siła  $S_\beta$  działa OD węzła  $G$ ; zatem, pręt będzie ROZCIĄGANY. Z powyższego rozumowania wynika, że jakakolwiek siła pionowa  $P$ , przyłożona do któregośkolwiek węzła dźwigara, w każdym pręcie pasa DOLNEGO, wywołuje siłę, ROZCIĄGAJĄCĄ ten



pręt.

Stąd wnioski: a/ Wszystkie pręty pasa dolnego są rozciągane. b/ Aby otrzymać jaknajwięźszą siłę, ROZCIĄGAJĄCĄ którykolwiek pręt PASA DOLNEGO, należy obciążenie ruchome przyłożyć do WSZYSTKICH węzłów dźwigara, na które to obciążenie może działać.

127. DZIAŁANIE OBCIĄŻENIA RUCHOMEGO NA PRĘTY WEWNĘTRZNE. Zbadajmy wpływ siły ruchomej  $P$ , przyłożonej do węzła, wziętego z prawej strony przekroju  $xx$ , na siłę w pręcie  $\gamma$  /rys.111/.

Niech siła  $P$  będzie przyłożona do węzła  $G$ . Na lewą część dźwigara działają siły  $A, S_\alpha, S_\beta, S_\gamma$ ; aby znaleźć siłę  $S_\gamma$ , ułożymy równanie momentów względem punktu  $H$  /przecięcie się prętów  $\alpha$  i  $\beta$ /, który, zwróćmy na to uwagę, znajduje się POZA linjami działania odporów  $A$  i  $B$ . Moment odporu  $A$  względem punktu  $H$  jest ujemny, zatem moment siły  $S_\gamma$  powinien być dodatni, to jest siła  $S_\gamma$  jest skierowana KU  $E$ , czyli że pręt  $\gamma$  jest ŚCISKANY. Jeżeliby siła  $P$  działała z LEWEJ strony przekroju  $xx$ , np. na węzeł  $C$ , wówczas, rozpatrując równowagę prawej części dźwigara, na którą działają siły  $B, S_\alpha, S_\beta, S_\gamma$ , napiszmy równanie momentów względem poprzedniego punktu  $H$ . Wtedy znajdziemy: moment odporu  $B$  względem  $H$  jest ujemny, zatem moment siły  $S_\gamma$  powinien być