

ich - jest naogół większa, niż to ma miejsce w belkach nitowanych.

Z powyższymi zastrzeżeniami można jednakże zalecać stosowanie profilów dwuteowych walcowanych - niezbyt wysokich numerów - zwłaszcza do mostów drogowych, gdzie - przy jeździe górnej - można je układać - tak jak i drewniane dźwigary - równolegle w odległości ok. 0,8 - 1 metra osi od osi. Nadają się one i do normalnotorowych mostów kolejowych niewielkich rozpiętości /do 5 mtr./.

Tembardziej uprawnione będzie ich zastosowanie na drogach wąskotorowych. Poza tem w mostach z jazdą dolną bardzo wskazanem jest stosowanie dwuteowych profilówek jako podłużnic, ewentualnie nawet i poprzecznic.

Przechodząc teraz do belek nitowanych, wypada przedewszystkiem przytoczyć następujące ogólne uwagi:

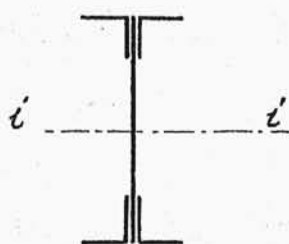
Stosunek wysokości tych dźwigarów do ich rozpiętości waha się w następujących granicach:

- | | | | |
|----|--------------------------------|---|-----------------------------------|
| a/ | przy rozpiętościach do 10 mtr. | - | od $\frac{1}{5}$ do $\frac{1}{9}$ |
| b/ | " " " 15 " | " | $\frac{1}{7}$ do $\frac{1}{10}$ |
| c/ | " " " 20 " | " | $\frac{1}{8}$ do $\frac{1}{12}$ |

Przy ustalaniu wysokości należy ją zawsze zaokrąglać do jakiejś przybliżonej całkowitej liczby

centymetrów, mając przytem na względzie obowiązujące asortymenty hut - zwłaszcza kiedy chodzi o blachy wysokie. Pamiętać również należy o tem, co w swoim miejscu powiedziano odnośnie do wymiarów kulantowych.

Jakkolwiek niepodobna dać jakichś określonych wskazówek co do najodpowiedniejszej wysokości, to jednak naogół można powiedzieć, że najkorzystniejszą jest możliwie największa - z wyjątkiem jednak mostów słabo obciążonych, gdzie przeciwnie - nie warto stosować belek dużych wysokości.



Rys. 198.

Blacha stanowi ośrodek przekroju, do niej przynitowują się u góry i u dołu po 2 kątowniki /rys. 198/ takiego profilu, ażeby moment wytrzymałości całego zespołu - względem osi *i-i* odpowiadał równaniu:

$$k \geq \frac{M}{W}$$

Jeżeli 4 kątowniki nawet dużego stosunkowo kalibru łącznie z blachą pionową nie dadzą jeszcze wystarczającego *W*, - to wtedy donitowujemy jeszcze po jednej blasze poziomej - u góry i u dołu /rys. 199/. Gdy i tego będzie za mało, - wtedy dodajemy jeszcze po jednej blasze

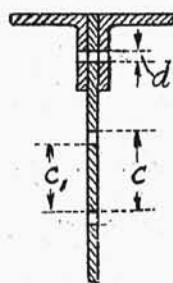
i t.d.



Rys 199.

Sprawdzanie grubości pionowej blachy polega - jak wiadomo - na zastosowaniu wzoru $k_t \geq \frac{\max Q.S.}{\delta.T}$,

gdzie δ - jest to właśnie grubość, o którą chodzi. Ponieważ do ścianki pionowej przynitowują się różne części dodatkowe - o których niżej, - to zawsze należy przewidywać, że przekrój, w którym sprawdzamy δ , - może być akurat podziurawiony nitami. Uwaga ta stosuje się i do wielu późniejszych przypadków i - wogóle - w mostownictwie obowiązuje powszechnie - dla tem większego bezpieczeństwa - uwzględnienie tak zwanego przekroju netto. W danym wypadku trzeba się liczyć z tem, że ścinająca siła T , która, jak wiadomo $= k \delta$, trafiając w pewnych miejscach na próżnię /rys.200/ -



Rys.200.

musi wywoływać tem większe naprężenie w pełnych miejscach przekroju. Jeżeli zatem k , niema wyjść z granic dozwolonych, to grubość δ musi być odpowiednio zwiększona, mianowicie w stosunku $\frac{c}{c_1} = \frac{c}{c-d}$. Stosunek ten w

praktyce - bez wielkiej omyłki - może być oceniany okrągłe na 1,25. Jeżeli teraz we wzorze

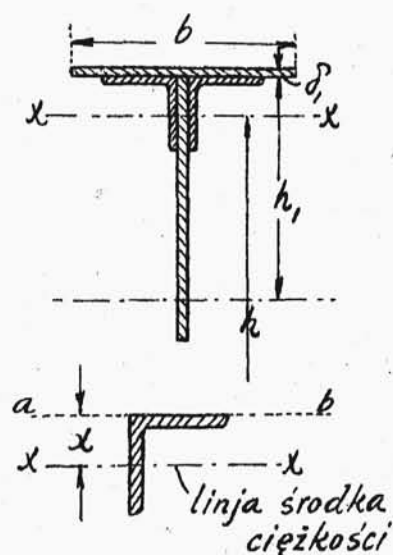
zasadniczym chcemy mieć δ bez zmiany, to zato musimy wprowadzić dodatkowy mnożnik $\frac{c}{c-d}$ i wtedy otrzymujemy:

$$k_t \geq \frac{\max Q.S.}{\delta.T} \cdot \frac{c}{c-d} = \frac{5}{4} \cdot \frac{\max Q.S.}{\delta.T}.$$

Jak wiadomo, wartość k_t nie powinna przekraczać $3/4$ zasadniczego k , przyczem wtedy możemy być spokojni, że t.zw. "naprężenia główne" /które powstają jako wynik łącznego działania naprężeń normalnych i naprężeń ścinających/ nie przekroczą granic dozwolonych. Niektórzy nawet inżynierowie są zdania, że należy, właściwie, przyjmować z tego względu $k_t = 0,6 k$.

Ponieważ - przystępując do projektowania belki - nie wiemy jeszcze, jakie będzie S i T , - przeto albo możemy zgóry przypuścić na chybił trafił pewien skład przekroju i poddać go sprawdzeniu, albo też - dla wstępnego określenia δ skorzystać z przybliżonego wzoru, który otrzymamy z dokładnego, biorąc $\frac{T}{S} = 0,83h + 0,87h$, w zależności od tego, czy belka ma mieć w przekroju blachy poziome, czy też nie. Podane wartości stosunku $\frac{T}{S}$, oparte są na bardzo wielu rzeczywistych wyliczeniach, wziętych z praktyki.

W dalszym ciągu jednak, obliczając przekrój na gięcie, musimy już naprzód założyć pewien jego skład, t.j. przedewszystkiem - mając już określony średnik - dobrać 4 jakieś kątowniki. Zaraz też trzeba wyliczyć moment bezwładności tego przekroju względem osi $i-i$. Z początku - brutto, t.j. bez



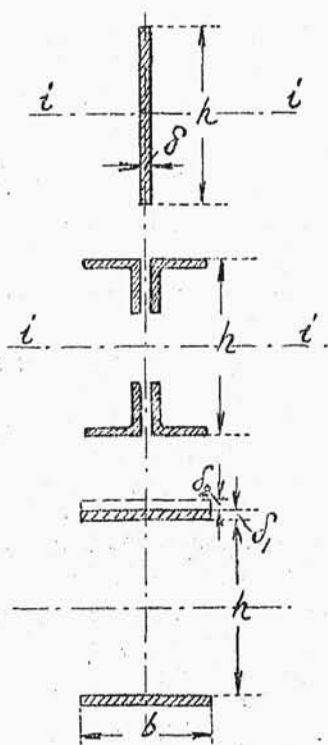
Rys. 201.

uwzględniania otworów na nity. Robimy to obliczenie w ten sposób, - korzystając z symetryczności przekroju, że sumujemy J_1 - z blachy pionowej ($= \frac{1}{12} \cdot \delta \cdot h^3$), z J_2 czterech kątowników względem $i-i$; wiadomo zaś, że

$$J_2 = 4[J_{xx} + w \cdot h^2] = 4[J_{xx} + w(\frac{h}{2} - x)^2];$$

wymiar x /rys. 201/ czyli odległość od podstawy ab do osi $x-x$, przechodzącej przez środek ciężkości przekroju kątownika, bierzemy z tablic asortymentowych. O ile do powyższych składowych części dochodzą jeszcze blachy poziome, - to ich moment

$$J_3 = 2[\frac{1}{12} b \delta^3 + b \delta (\frac{h}{2} + \frac{\delta}{2})^2];$$



Rys. 202.

wartość tegoż dolicza się do ogólnej sumy.

Istnieją tablice, korzystając z których możemy od razu - bez żmudnych obliczeń - określić wartość J_1 , J_2 oraz J_3 , mamy tam bowiem podane:

a/ dla różnych h i δ gotowe J_1 ;

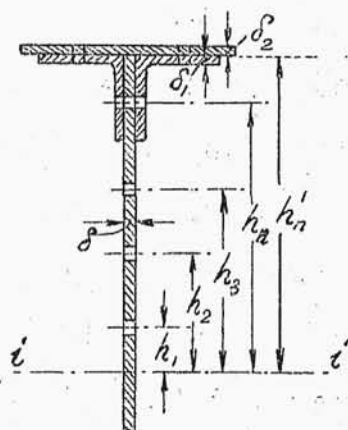
b/ dla różnych kątowników i różnych h - odpowiednie J_2 .

c/ dla różnych szerokości b i grubości δ_1 , δ_2 i t.d. - i dla różnych h - odpowiednie J_3 .

Orientując się na podstawie równania $k = \frac{M \cdot Z}{J}$ i mając powyższe tablice możemy bardzo szybko dobrać taki przekrój, żeby jego J_{br} przewyższał nieco wartość, jaka wypada z podanego dopiero co równania.

Mając już J_{br} trzeba wyliczyć J_{netto} , zakładając, że pionowa blacha osłabiona jest szeregiem nitów. Kątowniki - o ile są same - należy brać osłabione każdy jednym nitem w pionowym boku. O ile zaś są jeszcze blachy poziome, - to przy dużych wysokoś-

ośiach h zamiast liczyć dziury poziome, liczymy zazwyczaj w blachach i kątownikach dziury tylko pionowe, jako osłabiające w większym stopniu /rys.



Rys. 203.

203/. Samo obliczenie robimy w ten sposób:

$$J_{netto} = J_{br} - 2 \left\{ n \frac{\delta \cdot d^3}{12} + \delta d [h_1^2 + h_2^2 + \dots + h_n^2] \right\} - 4 \left[\frac{\delta_1 \cdot d^3}{12} + \delta_1 \cdot d h_n^2 \right],$$

/jeżeli wytrąca się dziury poziome/ albo poprostu tylko

$$- 4 \left[\frac{d(\delta_1 + \delta_2)^3}{12} + d(\delta_1 + \delta_2) \cdot h_n'^2 \right]$$

/jeżeli wytrąca się dziury pionowe/.

Kiedy już określiliśmy J_{netto} , to wtedy robimy ostateczne sprawdzenie, czy mianowicie wartość jego odpowiada warunkowi $k \geq \frac{M \cdot Z}{J_n}$. O ileby nie odpowiadała, należy przekrój wzmocnić - przez zastosowanie większych kątowników, lub przez dodanie grubszych czy też szerszych blach poziomych, - wreszcie: przez

zwiększenie ilości tych ostatnich.

Do powyższego dodać należy następujące uwagi ogólne.

Kątowniki stosujemy wyłącznie równoboczne, wymiary ich wahają się w granicach od 80 x 80 x 10 do 100 x 100 x 12, rzadko kiedy do 120 x 120 x 12.

Grubość ścianki pionowej bywa zwykle 10 mm., rzadziej dochodzi do 12 mm. Szerokość blach poziomych jest taka, że zwykle przewyższa ona nieco podwójną szerokość kątownika + δ pionowej blachy; grubość tychże - od 8 do 10 mm., ilość ich nie przekracza zazwyczaj czterech - w środku przęsła.

Każda ze składowych części przekroju nitowanej belki może mieć tylko pewną ograniczoną długość - w zależności od różnych warunków. A więc kątowniki stosujemy w kawałkach, nie dłuższych nad 10 mtr., ażeby uniknąć skrzywienia ich przy przewożeniu i podczas roboty. Długość blach pionowych pozostaje zawsze w pewnym określonym stosunku do szerokości, ze względu, mianowicie, na warunki walcowania; często także liczymy się z tym, żeby pojedyncze sztuki nie były zbyt ciężkie, na przykład: żeby nie ważyły ponad 500 klg.

Blachy znów poziome - z tych samych powodów, co i kątowniki - stosuj się nie dłuższe nad 10 mtr.

Z powyższego wynika konieczność zesztukowywania pojedynczych części - czy to blach pionowych, czy też kątowników, czy wreszcie blach poziomych, - w tych mianowicie wypadkach, kiedy most jest rozpiętości większej, niż przytoczone wyżej granice długości.



Rys. 204.

Sztukowanie środnika skutecznia się wyłącznie przez zetknięcie ze sobą brzegów łączonych części oraz przez przykrycie styku z obu stron łubkami i połączenie na nity. Łubki winny mieć w sumie przekrój nie mniejszy od przekroju samej blachy, jednakże - w praktyce - są one zawsze znacznie grubsze, mają bowiem zazwyczaj $\delta \geq 10$ mm.

Rola łubków polega na przenoszeniu z jednej części pionowej ścianki na drugą tych wysiłków, jakim ta ostatnia podlega w danym miejscu - wskutek działania obciążenia zewnętrznego. Z każdej zatem strony styku odnośna część blachy pionowej musi być zczepiona z łubkami taką ilością nitów, jaka ze względu na całkowitą wytrzymałość jest w stanie przenieść wysiłki, o których wyżej mowa. Skoro są 2 łubki, to nity podlegają ścinaniu w równoległych płaszczyznach *a b*

i $a'b'$ /rys.204/ i jednocześnie zgniataniu, przy-
czem wystawiona na działanie tego ostatniego po-
wierzchnia wynosi $d\delta$, gdzie d - średnica nita,
zaś δ - grubość blachy, oczywiście wytrzymałość
dwuciętego nita pod tym ostatnim względem jest sto-
sunkowo mniejsza, w rachunku zatem ją właśnie musi-
my mieć na widoku.

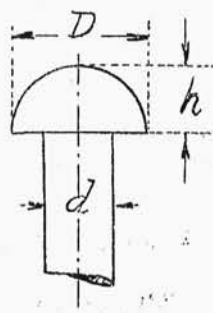
Z uwagi na ostatnią okoliczność - musi być za-
chowany pewien odpowiedni stosunek pomiędzy średni-
cą nita a grubością blach łączonych. Istotnie wy-
trzymałość nita na ścinanie /w 2 płaszczyznach ab
i $a'b'$ / wynosi $\frac{2\pi d^2}{4} \cdot k_t$; wytrzymałość zaś je-
go na zgniecenie stanowi $d \cdot \delta k_g$. Obie powinny
być sobie równe, zatem

$$\frac{2\pi d^2}{4} \cdot k_t = d \cdot \delta \cdot k_g.$$

Zważywszy, iż $k_t = 0,8k$, zaś $k_g = 2k$, otrzymuje-
my: $\frac{d}{\delta} = \infty 1,7$.

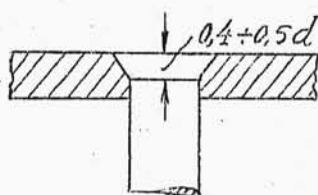
Dla nitów jednociętych stosunek ten wypada -
 $\frac{d}{\delta} = \infty 3,3$. W praktyce $\frac{d}{\delta}$ waha się w granicach
od 2 do 3. Nity, - stosowane w konstrukcjach mosto-
wych - mają zwykle średnicę od 18 do 25 mm. Naj-
częściej trafiające się wymiary są: $d = 20$ mm.
- w mostach do 10 mtr. - oraz $d = 22$ mm. - w in-

nych wypadkach. Średnicę dziury robi się zwykle o 1 mm. większą.



Rys.205.

Długość trzpienia nita nie powinna przekraczać $4d$, inaczej nie będzie zapewnione dosyć ścisłe przyleganie łączonych z sobą blach. Stosunek D do d najlepiej około 1,5; wysokość główki równa się zwykle $0,5d$ /rys.205/. Bywają



Rys.206.

jednak wypadki; że główkę - aby nie przeszkadzała - sklepują zupełnie, otwór zaś przedtem rozwierca się stożkowo, tak że nit w górnej części swojej ma kształt - jak na rys.206.

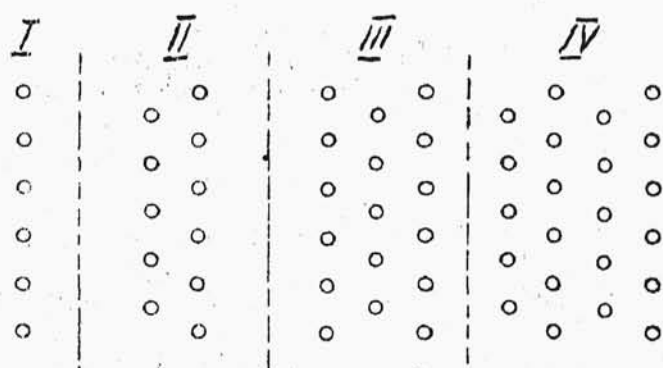
Podobny stożek robi się często i pod główkami zwykłych nitów; oczywiście, jest to korzystne, aczkolwiek pociąga za sobą pewien kłopot oraz większy koszt.

Nity układane są zwykle równoległymi szeregami, - często również - w szachownicę. Najmniejsza odległość między pionowymi rzędami w pierwszym wypadku $= 3,5d$ do $4d$, w drugim - $2,5d$ do $3d$, w kierunku ukośnym powinno być wtedy pomiędzy środkami dziur co-

najmniej 4 d . Największa odległość między łożkami nitów nie powinna przekraczać 6 d , jeżeli chodzi o połączenie części żelaza płaskiego, zaś 9 d - jeżeli wchodzi w grę kątowniki.

Do brzegu arkusza w kierunku działania siły powinno być co najmniej 2 d , w kierunku równoległym do siły , - nie mniej 1,5 d . Największa zaś odległość od brzegu - ok. 3,5 d .

Na zasadzie wielokrotnych obserwacji, potwierdzonych zresztą rozumowaniem, - okazuje się, że jeżeli mamy w szeregu wzdłuż kierunku działania siły - kilka nitów - to obciążenie ich ubywa znacznie w kierunku od brzegu, czyli - że pierwszy nit pracuje najwięcej, drugi - mniej, następny - jeszcze mniej i t. d. Piąty z brzegu prawie już nie uczestniczy w oddawaniu wysiłku. Z tego względu przyjmuje



się za zasadę, aby dawać w szeregach podłużnych nie więcej jak 4 nity rzędu

/rys. 207/.

Rys. 207.

Niezbędna

ilość nitów w stykach oblicza się w sposób następujący:

1/ w ścianie pionowej: przypuszczamy, że nity muszą opierać się łącznemu działaniu sił poziomych, powstających pod wpływem momentu gnącego, oraz sił pionowych ścinających, wywołanych przez siłę poprzeczną Q ,

Jeżeli oznaczymy przez M_s tę część momentu gnącego, którą przypuszczalnie musi wytrzymywać ścianka pionowa /patrz niżej/ - przez n - ilość nitów w pierwszym od styku rzędzie pionowym, przez h - odległość między skrajnymi nitami tamże, - to nacisk poziomy na te ostatnie można określić za pomocą następującego wzoru:

$$\max N = f \frac{M_s}{h},$$

gdzie f w zależności od tego, według jakiego z 4-ch obecnych schematów wypadnie nam nity rozłożyć, będzie miało wartość:

$$f_1 = \frac{6(n-1)}{n(n+1)}; \quad f_2 = \frac{6(n-1)}{n(2n-1)}; \quad f_3 = \frac{2(n-1)}{n^2}; \quad f_4 = \frac{3(n-1)}{n(2n-1)}.$$

Co do siły pionowej ścinającej, to wartość tejże jest, pewną częścią całkowitej poprzecznej siły, - i mianowicie taką, jaka odpowiada stosunkowi odpowied-

niej wytrzymałości ścianki pionowej do całkowitej odporności przekroju w tym kierunku. Ze wzoru

$$T = \frac{Q \cdot S}{J} \quad \text{wynika, iż przy pewnym określonym } T$$

- wspólnym i jednakowym w każdym danym punkcie przekroju dla wszystkich części tegoż - wielkość Q dzieli się - jeżeli tak można powiedzieć - pomiędzy owe poszczególne części w stosunku odwrotnym do właściwego każdej danej części stosunku $\frac{S_x}{J_x}$.

Jeżeli zatem przypadającą na blachę pionową część Q oznaczmy przez Q_s , zaś moment bezwładności i statyczny tejże nazwiemy przez J_s i S_s , to w myśl powyższego możemy napisać:

$$Q_s : Q = \frac{S}{J} : \frac{S_s}{J_s} = \frac{J_s}{S_s} : \frac{J}{S}.$$

Jak wiadomo, stosunek $\frac{J}{S}$ równa się w przybliżeniu od $0,83 \, h$ do $0,87 \, h$. Weźmy średnio $0,85 \, h$. Z drugiej strony stosunek $\frac{J_s}{S_s}$ możemy ująć całkiem dokładnie w sposób następujący:

$$\frac{J_s}{S_s} = \frac{S h^3}{12} : \left(\frac{S \cdot h}{2} \cdot \frac{h}{4} \right) = \frac{8 h^3}{12 h^2} = 0,67 h$$

Zatem:

$$Q_s : Q = 0,67 h : 0,85 h = \text{ok. } 0,78$$

czyli $Q_s = 0,78 \, Q$.