

Montowanie mostów żelaznych.

Napisał

inż. Aureljusz Chrościelewski,

Mińsk Mazowiecki.

Wstęp. Przesła żelazne, oprócz niewielkich, nitowanych w wytwórni całkowicie, wysyła się na miejsce montażu w częściach najdogodniejszych do montowania i przesyłki, tak pod względem wagi, jak i wymiarów. Zazwyczaj przytem sporządza się specjalne wyszczególnienia wysyłanych części, oraz nitów, aby w wytwórni było podług czego przygotować wysyłkę, a na miejscu montażu sprawdzić, czy wszystko przyszło. W wyszczególnieniu podaje się ilość nitów o 5% wyższą od rzeczywiście potrzebnej ze względu na spalenie się i psucie nitów podczas nitowania.

Wybór sposobu montowania, w zależności od warunków miejscowych, powinien być uskuteczniiony już w okresie projektowania mostu.

Dane do obliczania rusztowań. Na rusztowania działa:

- obciążenie stałe, składające się z ciężaru własnego zmontowanego przesła, oraz ciężaru rusztowań;
- obciążenie ruchome, składające się z wagi najcięższej części mostowej, wysłanej na montaż lub oddziaływania obciążonego tą częścią żórawia, oraz ciężaru ludzi i narzędzi;
- parcie wiatru na przesło i na rusztowanie.

Ciężar własny przesła (bez pomostu i bez łożysk) określa się na podstawie porównania z ciężarem przesła zbliżonych co do rozpiętości i systemu kraty lub na zasadzie znanych wzorów (por. str. 868). Ciężar mostu działa na rusztowanie w węzłach przesła za pośrednictwem podłożonych klinów, na których przesło spoczywa. Ponieważ słupy rusztowaniowe przeważnie znajdują się bezpośrednio pod węzłami, przeto belki główne rusztowania w rzadkich tylko wypadkach narażone są na zginanie od wagi zmontowanego przesła, a zazwyczaj obciążenie węzła działa bezpośrednio na słup.

Ciężar rusztowań określimy wedle zestawionego uprzednio rysunku, przyjmując wagę $1 m^3$ drzewa miękkiego (odkrytego) $900 kg$ lub wedle wzoru (1), podającego wagę całego rusztowania na długości $1 m$ b.

$$g = 1,006 \cdot 900 \cdot C \cdot h = 905 C h \frac{kg}{m \text{ b. przesła}} \quad \dots (1)$$

gdzie 1,006 — współczynnik wprowadzony dla uwzględnienia połączeń żelaznych.

C — ilość m^3 drzewa na $1 m^2$ płaszczyzny rzutu pionowego rusztowania. Ilość ta zależy od ilości słupów i zastrzałów w przekroju poprzecznym rusztowań, mianowicie:

jeżeli jarzmo składa się z czterech lub pięciu

$$\text{słupów i dwóch zastrzałów} \dots C = 0,13 \frac{m^3 \text{ drzewa}}{m^2 \text{ rzutu pion.}}$$

jeżeli jarzmo składa się z trzech słupów i dwóch

$$\text{zastrzałów} \dots C = 0,11 \quad "$$

jeżeli jarzmo składa się z dwóch słupów i dwóch

$$\text{zastrzałów} \dots C = 0,08 \quad "$$

h — wysokość rusztowania, wyrażona w metrach od poziomu wody lub ziemi do poziomu pomostu.

Na wypadek jeżeli wysokość rusztowań będzie niższa niż 4,5 m, współczynnik C należy powiększyć o 25%.

Jeżeli rusztowania są szczególnie złożone (np. dźwigary drewniane złożone, zazębione itd.), wzór powyższy nie odpowiada rzeczywistości i wtedy wagę należy specjalnie obliczyć. Ponieważ jednak pomyłka w określeniu wagi własnej tylko w małym stopniu wpływa na zmianę naprężeń, a krótki czas trwania rusztowań pozwala na pewne przeciążenie prętów (do 5%), przeto na dokładność określenia wagi można nie zwracać szczególniejszej uwagi.

Wagę największej części nitowanej w fabryce możemy dla przesła średniej wielkości przyjąć w przybliżeniu równą około 1,7 tonny. Przyjmując ten ciężar jako siłę skupioną, możemy już nie przyjmować pod uwagę obciążenia rusztowania wagą, ludzi i narzędzi. Ponieważ oddziaływanie żorawia, niosącego tę największą część przesła, będzie mniejsze niż siła skupiona równa wadze tej części, więc przy obliczaniu rusztowań również i oddziaływania żorawia można nie przyjmować pod uwagę.

Ciśnienie wiatru poleca przyjmować M. K., oraz M. R. P. w wysokości 250 kg/m². Płaszczyznę, na którą wiatr działa, wedle str. 774.

Spółczynnik pewności na przewrócenie od wiatru przyjmuje się dla rusztowań 1,25.

Naprężenia dopuszczalne. Naprężenia dopuszczalne, ze względu na krótki stosunkowo czas pracy drzewa rusztowaniowego, oraz brak większych wstrząszeń podczas jego pracy, można przyjąć wedle przepisów M. R. P. o 50% większe niż dla mostów drewnianych, mianowicie (por. str. 777).

Naprężenia dopuszczalne w kg/cm ²	dla drzewa	
	miękkiego	twardego
Na rozciąganie $k_r =$	165	180
" zginanie $k_g =$	150	165
" ciśnienie równoległe do włókien . $k_c =$	97,5	120
" " prostopadłe " " . $k'_c =$	22,5	60
" ścinanie równoległe " " . $k_s =$	18	30
" " prostopadłe " " . $k'_s =$	45	60

Obliczenie statyczne rusztowań. Rusztowanie składa się z pali, słupów, zastrzałów, oczepów, rygli, kleszczy, poprzecznic i dyliny (wyściółki).

Poprzecznice pomostu, leżące bezpośrednio pod wyściółką z desek $g = 4 \text{ cm}$ ($1\frac{1}{2}''$), układa się w odległościach od 600 do 1000 mm od siebie, przyjmując ich średnice 16,18 lub 20 cm. Oblicza się je na obciążenie ciężarem własnym i ciężarem dyliny, oraz ciężarem najcięższej znitowanej części przesła, wysłanej z wytwórni na montaż, zakładając, że ciężar ten jako siła skupiona działa w środku rozpiętości na trzy sąsiednie poprzecznice.

Belki główne oblicza się na ciężar własny pomostu, oraz ciężar najcięższej części przesła, położonej w środku rozpiętości belki głównej. Jeżeli na belkę główną w miejscu nie podpartym słupem przenosi się ciężar zmontowanego przesła przez kliny, ułożone pod węzłem, to w tym (wyjątkowym) wypadku należy sprawdzić belkę główną również na odpowiedni moment zginający.

Dźwigarami takimi zazwyczaj przykrywa się tylko przejazd, pozostawiony dla statków, ruchu kołowego lub kolejowego.

Jeżeli belka główna składa się z dwóch odrębnych materiałów, np. z szyn żelaznych i z belek drewnianych, co ma miejsce przy przesuwaniach przesł (patrz fig. 500), to określamy część momentu gnącego przejętego przez oba materiały, wychodząc z założenia, że ugięcie sprężyste obu części belki jest jednakowe, gdyż belki połączone w jedną całość,

$$r_1 = r_2 = \frac{E_1 I_1}{M_1} = \frac{E_2 I_2}{M_2},$$

gdzie r_1 i r_2 — promień ugięcia belek drewnianych i żelaznych, E_1 i E_2 — współczynniki sprężystości dla drewna i żelaza, I_1 i I_2 — momenty bezwładności belki drewnianej, względnie żelaznej w cm^4 , M_1 i M_2 — części momentu gnącego M , przypadające na oba materiały.

Wtedy: $M_1 = M \cdot \frac{E_1 I_1}{E_1 I_1 + E_2 I_2}$ i $M_2 = M \cdot \frac{E_2 I_2}{E_1 I_1 + E_2 I_2} \dots (2)$

Śłupy i zastrzały sprawdza się na wyboczenie, przyjmując za l całą długość pręta, względnie odległość pomiędzy punktami stężeń.

Legary sprawdza się na zginanie od jednostajnego obciążenia ciśnieniem ziemi.

Sprawdzając stałość rusztowania na przewrócenie przez wiatr, zakładamy, że zmontowane przesło spoczywa całkowicie na rusztowaniu, nie wspierając się na filarach lub przyczółkach. Współczynnik pewności na przewrócenie nie powinien być mniejszy niż 1,25.

Niekiedy zachodzi potrzeba wzmocnienia kratowego dźwigara żelaznego na czas montażu. Wzmocnienie słupów lub ściągien uskutecznia się zapomocą belek drewnianych, obejmujących słup żelazny z dwóch albo czterech stron. Belki drewniane łączy się ze sobą i z konstrukcją żelazną zapomocą śrub. Sprawdzenie słupa wzmocnionego wykonywa się na zgniecenie, względnie wyboczenie, zakładając, że odkształcenie obu materiałów od napięcia ścisniającego jest jednakowe, czyli, że:

$$\frac{\sigma_z}{E_z} = \frac{\sigma_d}{E_d} \text{ i } \sigma_z = \frac{E_z}{E_d} \sigma_d \text{ i } \frac{E_z}{E_d} = \frac{2150000}{110000} \approx 19,5, \text{ czyli } \sigma_z = 19,5 \sigma_d.$$

Jeżeli siłę działającą na słup oznaczymy przez P , płaszczyznę przekroju drzewa przez F_d , a płaszczyznę przekroju żelaza przez F_z , to mamy:

$$P = \sigma_d F_d + \sigma_z F_z.$$

Czyli: $\sigma_d = \frac{P}{F_d + 19,5 F_z} \dots (3)$

Stosując współczynnik zmniejszający β (por. dział: „Budownictwo”), otrzymamy naprężenie dla drzewa na wyboczenie:

$$k_d \geq \frac{P}{(F_d + 19,5 F_z)} \leq \beta \cdot 97,5 \text{ kg/cm}^2 \dots (4)$$

Jeżeli zachodzi potrzeba wzmocnienia pasu dolnego wskutek dodatkowego zginania, to uskuteczniamy to drzewem (por. fig. 495) sprawdzając podług wzorów (2).

Posadowanie rusztowań odbywa się na legarach, palach, a czasami na pontonach lub barkach.

Posadowanie na legarach stosuje się zawsze jako najtańsze, gdy rusztowanie wznosi się na lądzie stałym. Ciśnienie na grunt, zależnie od jego

rodzaju, nie powinno przekraczać $2-3 \text{ kg/cm}^2$. Czasami grunt wzmacnia się zapomocą ubijania kamieni, ułożenia warstwy podkładów itp. Posadowanie na palach stosuje się wszędzie, gdzie tylko pozwala na to dno rzeki. Pale, które osiągnęły grunt stały i nie dają już przy uderzeniu bąbą wpędu, lub dają nieznaczny, mogą nieść następujące obciążenia:

$\phi = 22 \text{ cm}$	$P \leq 20 \text{ t}$
$\phi = 27 \text{ cm}$	$P \leq 25 \text{ t}$
$\phi = 31 \text{ cm}$	$P \leq 30 \text{ t}$

Jeżeli stałego gruntu przy wbijaniu pala nie osiągnięto, to siłę nośną pala określamy podług wzoru Brix'a, zakładając wielkość wpędu przy ostatnim uderzeniu bąbą, lub też przyjmując wpęd otrzymany podczas wbijania próbnego.

$$P = \frac{h \cdot Q^2 \cdot q}{e \cdot (Q + q)^2} \quad (\text{por. str. 710}),$$

gdzie P — obciążenie pala w kg , Q — waga bąby w kg , q — waga pala w kg , h — wysokość spadania bąby w mm , e — wpęd pala przy ostatnim

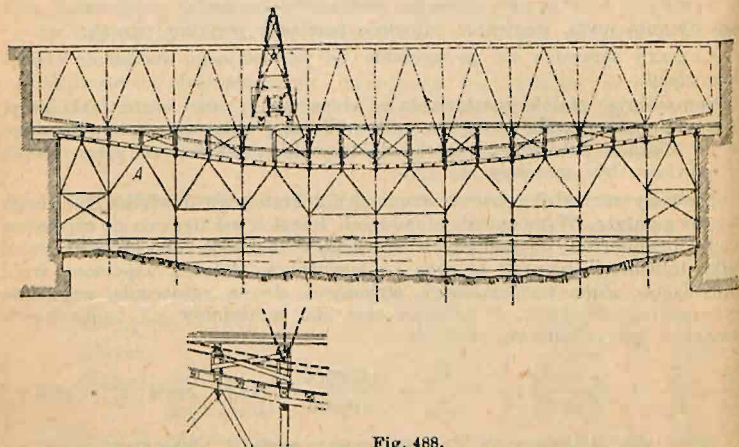


Fig. 488.

uderzeniu bąby w mm . Przy rusztowaniach jako budowli czasowej, siłę nośną pala przyjmujemy $= \frac{1}{2} P$, przy budowlach stałych $= \frac{1}{8} - \frac{1}{4} P$.

Dla steżenia pali, wbitych w dno rzeki, przy bardzo głębokiej wodzie ($\infty 4,5 \text{ m}$), stosuje się ściągacze żelazne podwodne (fig. 491) z żelaza okrągłego, które się przymocowuje jednym końcem do pala przed wbiciem na takiej wysokości, aby po wbiciu dochodziły do dna rzeki, zaś drugi koniec umocowiywa się wysoko do innego pala po wbiciu takowego. Długość ściągaczy reguluje się przy pomocy gwintu rzymskiego. Jeżeli ukończenie montażu przed nadejściem wiosennych lodów nie da się uskutecznić, należy przed jarzmami zbudować izbice, oraz wyrąbywać lód naokoło pali.

Jeżeli wbijanie pali jest niemożliwe z powodu okoliczności miejscowych, np. wskutek kamienistego dna, wielkiej głębokości itp., to czasami, gdy rzeka nie jest zbyt bystra i niema wielkiej fali, ustawia się rusztowanie na pontonach. Dla zwiększenia stałości takiego rusztowania daje się mu przeważnie formę drewnianej belki kratowej (Howe'a, Town'a itd.). Można też utwierdzić słupy w skrzyniach, wypełnionych kamieniami.

Montaż na rusztowaniach. Sposób montowania na rusztowaniach jest najdogodniejszy i najczęściej stosowany. Stosować go nie można lub

nie trzeba tam tylko, gdzie dno jest skaliste, bardzo głęboka woda, wielka szybkość rzeki lub wielka odległość przesła od wody (gdzie [koszt wysokiego rusztowania byłby bardzo znaczny]).

Rozróżniamy rusztowanie dolne, służące do podparcia przesła aż do tego stadium robót, w którym całość oprze się na oporach, oraz górne, służące do zmontowania pasów i wiązań górnych, oraz do ich zanitowania.

Zamiast rusztowań górnych stosuje się obecnie często żórawie bramaste zewnętrzne lub wewnętrzne przesuwne, służące do montażu; nitowanie zaś odbywa się na pomostach, układanych na samej konstrukcji.

Konstrukcję rusztowań objaśniają następujące przykłady:

a) Rusztowanie do demontażu i montażu mostu na rzece Słucz. Dla zdemontowania dwu starych prześł równoległych $l = 33,7 \text{ m}$, oraz zmontowania na ich miejscu prześł nowych dolnoparabolicznych, zaprojektowano rusztowania (fig. 488 i 489), na których rozmontowanie i zmontowanie każdego prześła miało odbywać się kolejno.¹⁾

Stupy, dla dogodności wbijania pali, rozstawiono na zewnątrz istniejących dźwigarów w odległości poprzecznej ok. 7 m. Ażeby zmniejszyć rozpiętości

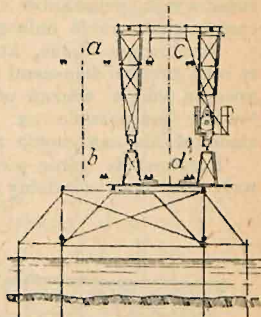


Fig. 489.
(przekrój poprzeczny fig. 488.)

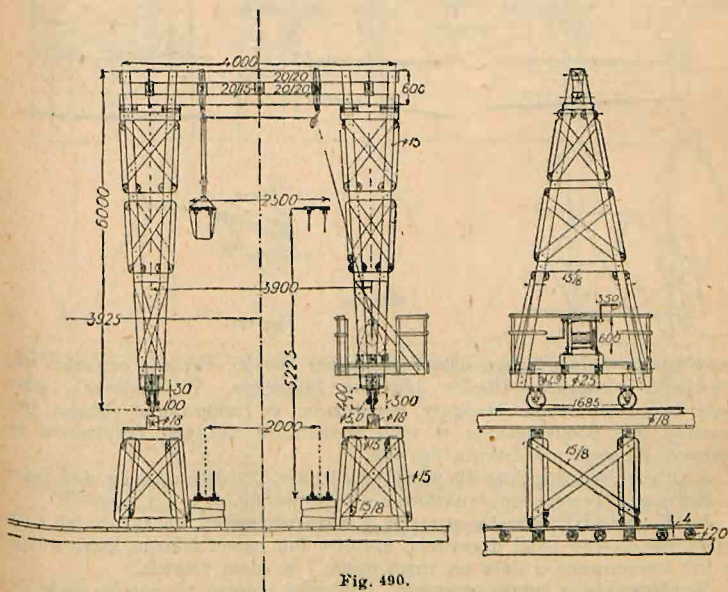


Fig. 490.

poprzecznie pod dźwigarem wewnętrznym przesła, narazie jeszcze nie demon-
towanego pomieszczono trzecią belkę główną, którą w jarzmach podparto
zastrzałami.

¹⁾ Na fig. 488, 491 i nast. linje pełne oznaczają zarys rusztowania, linje kreskowane zarys dźwigarów żelaznych.

Dla udogodnienia demontażu i montażu pobudowano na pomoście specjalnym żóraw bramiasty drewniany o napędzie ręcznym i sile nośnej, równej wadze najcięższej, wysłanej na montaż, sztuki ok. 2000 kg (por. fig. 490).

b) Rusztowania montażowe mostu na rzece Dźwinie Zachodniej w Rydze. Montaż 7 przęseł o rozpiętości $l = 84,36$ m odbywał się na rusztowaniu, pokazanem na fig. 491, które składa się z trzech zasadniczych części: rusztowania dolnego, górnego, oraz dwóch żórawi bramiastych.

Rusztowanie dolne, którego pale z powodu głębokiej wody powiązane ze sobą prętami żelaznymi (por. fig. 491), posiadało pomost, służący do zmontowania ściągu, wiązań wiatrowych i jezdni oraz rusztowania górnego. Rusztowanie przenoszono na nowe miejsce stosownie do postępu roboty dla zmontowania następnych przęseł.

Rusztowanie górne posiadało dwa pomosty — górny, po którym posuwały się żórawie i dolny dla montażu pasu dolnego dźwigaru łukowego.

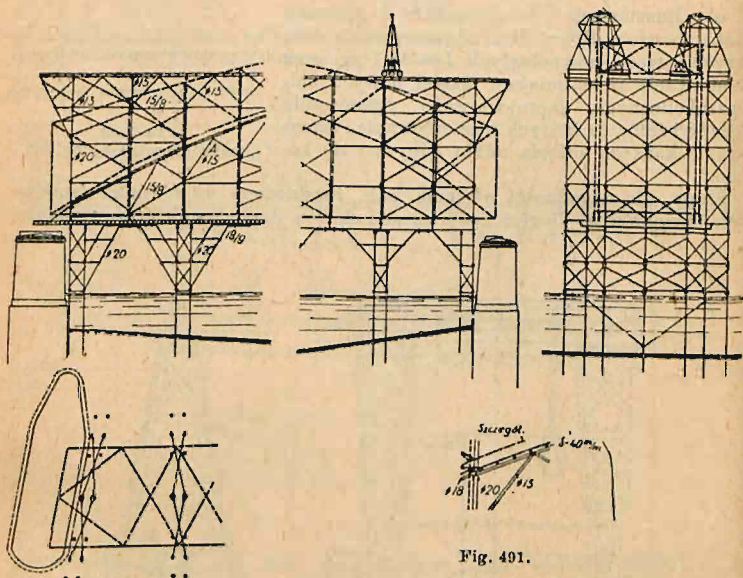


Fig. 491.

Słupy rusztowania górnego ustawiano w ten sposób, aby nie przeszkadzały ustawieniu wieszadeł i słupów dźwigara łukowego. W miejscach, gdzie miały być zmontowane dźwigary, wytworzono w rusztowaniu górnym dwie szczeliny, nie pomieszczając w tych szczelinach żadnych krzyżuleców ani kleszczy. Żórawie przedstawia fig. 492.

c) Otwory, pozostawione dla przepływu traw, przedstawiają fig. 493 (most na Bugu pod Terespołem), rusztowanie piętrowe fig. 494.

Jeżeli zachodzi potrzeba otworów jeszcze większych, można do ich przykrycia zastosować belki drewniane kratowe lub nawet żelazne, które wciąga się już zmontowane z dołu na rusztowanie i w niem ustawia.

Montowanie z przesuwaniem. Ponieważ montaż nie zawsze może być wykonany na właściwym miejscu, z powodu niemożności postawienia rusztowania wskutek skalistego dna, bardzo głębokiej wody, wielkiej odległości pomiędzy przęsłem a wodą, wymaganej bardzo znacznej szybkości wykonywania montażu, znacznych kosztów rusztowania itp., przeto czasami wybiera się drogę trudniejszą, montując przęsła na brzegu i nasuwając je później na swoje miejsca.

Nasuwanie może być poprzeczne, jeżeli przesło toczy się w kierunku do osi mostu prostopadłym, i podłużne, jeżeli przesuwane przesło toczy się wzdłuż osi.

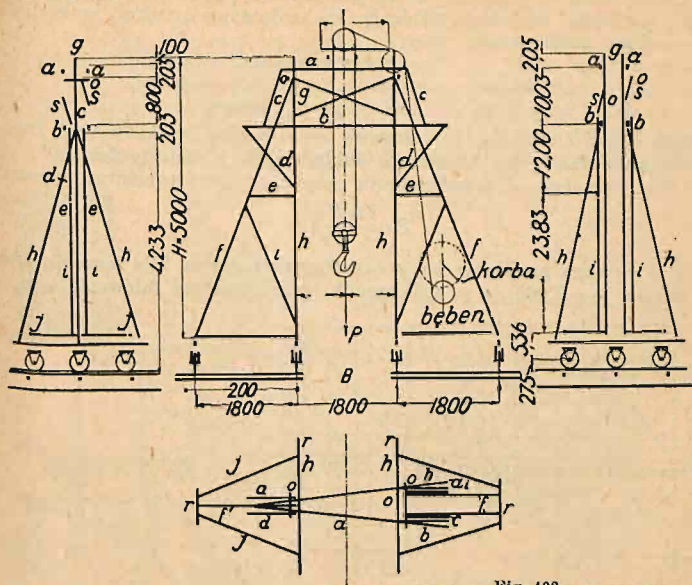


Fig. 492.

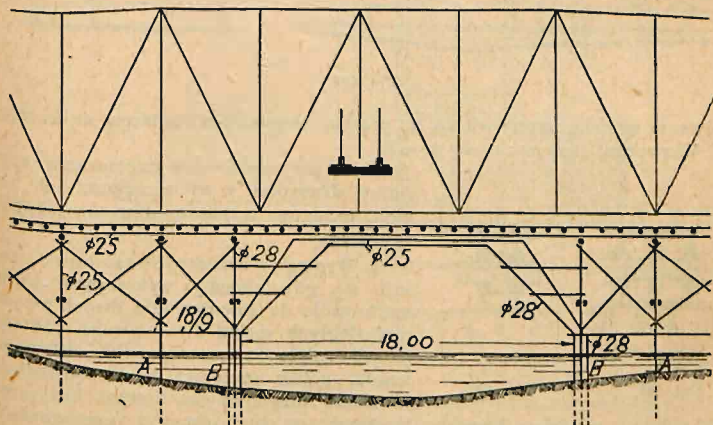


Fig. 493.

Przetaczanie odbywa się na wałkach żeliwnych lub stalowych po torze ułożonym z szyn. Wałki bywają cylindryczne ze zgrubieniami na końcach (fig. 495), ze zgrubieniami w środku (fig. 496), lub zupełnie bez zgrubień (fig. 499). Zgrubienia służą jako kierownice.

Niekiedy łączy się w osobne wózki po kilka wałków. Jeżeli pas dolny toczy się bezpośrednio po wałkach, to wałki muszą mieć wgłębienia dla

przepuszczenia główek nitów. Zamiast wałków używa się niekiedy wózków o specjalnej konstrukcji.

Liczbę wałków, potrzebnych do przetoczenia przęsła, określa się zwykle wedle wielkości średniego ciśnienia na średnicowy przekrój wałka, które nie powinno przekraczać:

$$\sigma = \frac{P}{n \cdot l \cdot 2r} \leq \begin{matrix} 50 \text{ kg/cm}^2 & \text{dla stali twardej,} \\ 35 & \text{" " " miękkiej,} \\ 25 & \text{" " " żeliwa,} \end{matrix}$$

gdzie n = ilość wałków, l = długość, r = promień wałka w cm , P = ciśnienie na wałek w kg . Obliczenie dokładniejsze p. „Mosty żelazne“.

Siła potrzebna od przeciągnięcia przęsła po torze poziomym wynosi:

$$P = \frac{n R f}{2 r},$$

gdzie R = waga przęsła w kg , f = współczynnik tarcia (dla toczenia żelaza po żelazie, $f = 0,065$), n = współczynnik uwzględniający falowanie toru pod

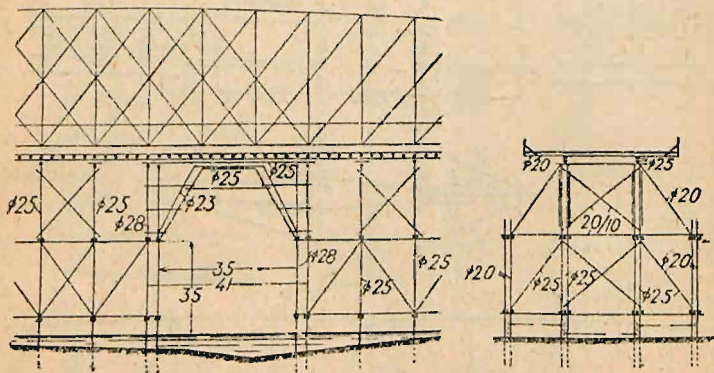


Fig. 494.

wplywem ugięcia, parcie wiatru na przęsło, nierówności i zatarcia się wałków itp. Zazwyczaj przyjmuje się $n = 3$.

Jako przyrządów do przetaczania używamy dźwigarek z wielokrążkami lub bez nich, wciągów, a czasami dźwigów różnych systemów.

1. Przesuwanie poprzeczne stosuje się, gdy chcemy wykorzystać jedno rusztowanie do zmontowania dwóch przęsł równoległych mostu dwutorowego. Wtedy przęsło pierwsze montuje się na rusztowaniu, potem przesuwa się je poprzecznie po torze, ułożonym na filarach lub przyczółkach, na właściwe łożyska. Następnie na tych samych rusztowaniach montuje się przęsło drugie, którego już się nie przesuwa, lecz tylko opuszcza na łożyska. Obecnie najczęściej stosuje się przesuwanie poprzeczne dla zamiany na most stały, prowizorium mostowego, obok którego buduje się rusztowanie, na niem montuje przęsło, następnie przerywa ruch, usuwa prowizorium, układa tor do przesuwania i przesuwa samo przęsło. Jeżeli dla jakichś powodów przesuwać po filarach lub przyczółkach nie można, to wtedy buduje się specjalny tor pod węzłem podporowym lub pierwszym węzłem pasa dolnego.

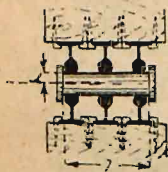


Fig. 496.

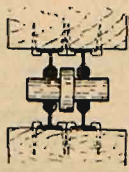


Fig. 496.

czółkach, na właściwe łożyska. Następnie na tych samych rusztowaniach montuje się przęsło drugie, którego już się nie przesuwa, lecz tylko opuszcza na łożyska. Obecnie najczęściej stosuje się przesuwanie poprzeczne dla zamiany na most stały, prowizorium mostowego, obok którego buduje się rusztowanie, na niem montuje przęsło, następnie przerywa ruch, usuwa prowizorium, układa tor do przesuwania i przesuwa samo przęsło. Jeżeli dla jakichś powodów przesuwać po filarach lub przyczółkach nie można, to wtedy buduje się specjalny tor pod węzłem podporowym lub pierwszym węzłem pasa dolnego.

Fig. 497 przedstawia przesunięcie poprzeczne przęsła ($G = 148 t$) mostu na Bugu na linii Warszawa—Wilno. Dokonano go na wałkach po torze, ułożonym z jednej strony na przyczółku, a z drugiej na belce żelaznej, przerzuconej pomiędzy dwoma słupami, stanowiącymi filar istniejącego częściowo mostu, którego jedno zburzone przęsło było zastąpione prowizoryjnym drewnianem (fig. 497). Część górną toru stanowiły dwie szyny, przymocowane do poprzecznie wyrównanych odpowiednio podkładkami, główkami na dół. Część dolną, cztery szyny przymocowane do podkładów hakami, a ustawione główkami do góry. Wałki stalowe (po 10 z każdej strony przęsła) miały średnice 100 mm. Samego przeciągnięcia dokonano zapomocą dwóch

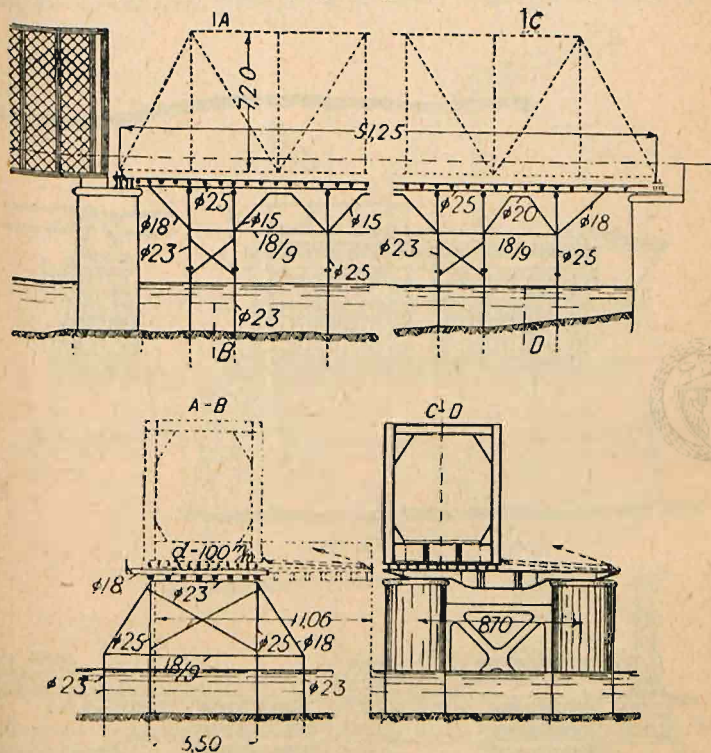


Fig. 497.

wciągów dziesięciotonnowych. Przesunięcie wynosiło $\approx 5 m$, a trwało 2 godziny ($v = 2,5 m/godz.$).

Przesunięcia jednego z przęseł mostu na Bugu pod Fronołowem ($G = 445 t$) z toru nieczynnego (pod którym ustawiono rusztowanie) na czynny, dokonano na torach, ułożonych z jednej strony na filarze kamiennym, z drugiej na filarze żelaznym, zbudowanym na miejsce kamiennego, zburzonego podczas działań wojennych (fig. 498). Filar żelazny wzmocniono tu drzewem. Przeciągania dokonano zapomocą dwóch wciągów dziesięciotonnowych. Czas trwania przetaczania na odległość $7,70 m$ wyniósł $2\frac{3}{4}$ godziny ($v = 2,8 m/godz.$), około $2,8 m$ na godzinę. Znacznie więcej czasu zabrało zdjęcie przęsła z łożysk i przesunięcie tych ostatnich na nowe miejsca, oraz opuszczenie przęseł na łożyska.

Na fig. 499 pokazano przesunięcia poprzeczne zapomocą dźwigarki, ustawionej na prześle, oraz kompletu wielokrażków. Jako toru górnego

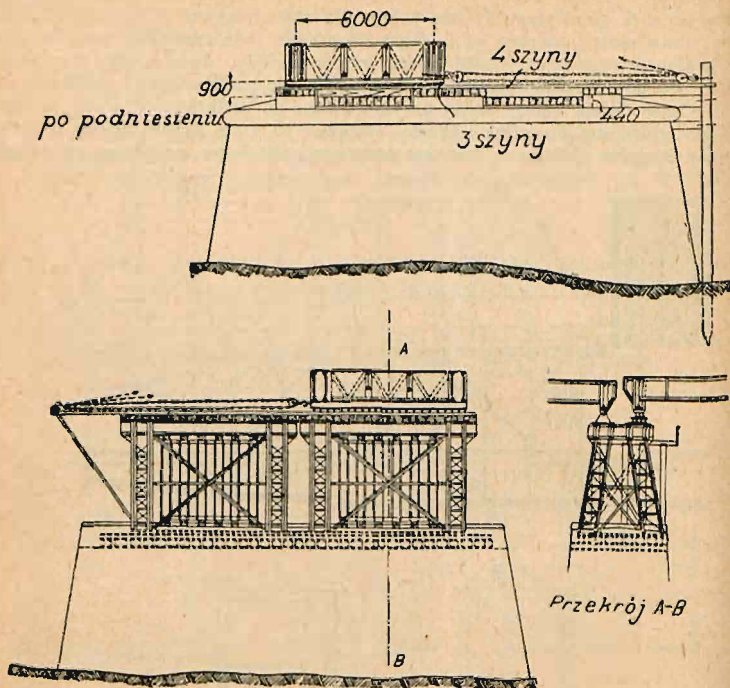


Fig. 498.

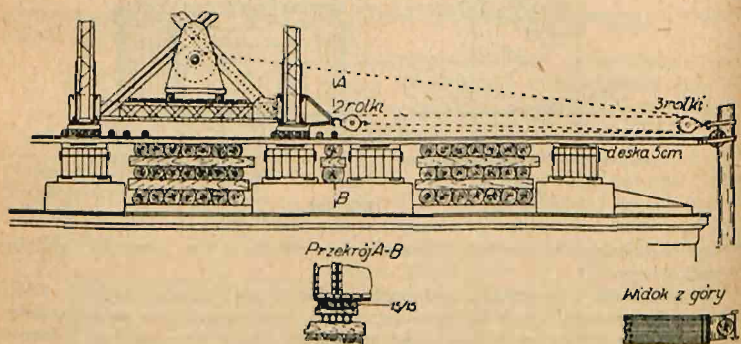


Fig. 499.

użyto krótkich belek dębowych, przymocowanych na miejscu odjętych walczy górnych.

Wadę toru dolnego stanowi tu jednak różny stopień osiadania materiałów, podtrzymujących szyny pod wpływem ciśnienia. Tę różnicę można by zmniejszyć, gdyby drzewo postawione było na sztorze.

2. Przesuwanie podłużne może być wykonane jako:

- przesuwanie po rusztowaniach;
- przesuwanie z zastosowaniem dzioba (awanbeku);
- przesuwanie na oporach pływających.

a) Przesuwanie po rusztowaniach używane jest w razie możliwości pobudowania w otworze rusztowania.

Fig. 500 przedstawia przesunięcie podłużne przęsła mostu na Bugu na linii Siedlce—Lida pod Fronołowem. Na rusztowaniu umieszczono 2 tory po 4 szyny w każdym; na torach zaś ułożono 72 wałków stalowych o średnicy 150 mm. Do pasów dolnych umocowano 3 szyny za pośrednictwem klocków drewnianych, ułożonych w odległości około 0,75 m. Przetoczenia

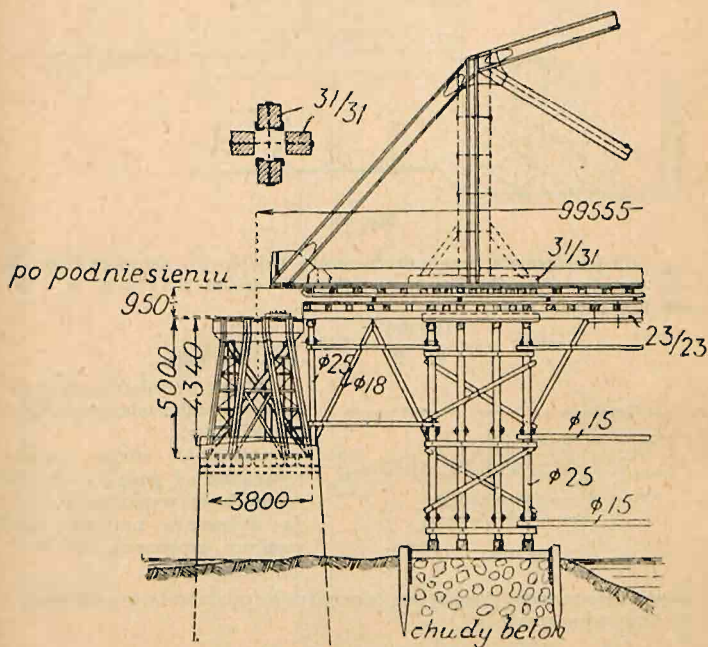


Fig. 500.

z pomocą trzech dźwigarek, ustawionych na przyczółku, dokonano w ciągu dziesięciu godzin (10 m na godzinę).

b) Przesuwanie z dziobem (awanbkiem). Przesuwanie przęsła przez większy otwór, którego nie można zarusztować, opiera się na zasadzie zrównoważenia wysuniętego w otwór t. zw. dzioba (awanbku) i części przęsła ciężarem pozostałej na brzegu części przęsła. Dziób (awanbek) stanowi konstrukcję możliwie lekką, celowo do przesuwania zbudowaną, mającą środek ciężkości możliwie blisko tego końca, którym konstrukcja przytwierdza się do przęsła, gdyż chodzi o otrzymanie możliwie małego momentu przechyłnego. Czasami dla przeciwdziałania momentowi przechyłnemu trzeba zastosować przeciwwagę. Ponieważ sposób działania sił zewnętrznych na przęsło przy nasuwaniu jest inny od tego, na który przęsło było obliczane, przeto przęsło należy przeliczyć na nowe warunki obciążenia i wzmocnić te pręty, które okazały się za słabe.

Sposób przesuwania stosowany był często, gdy budowane były belki ciągle, które przy przesuwaniu nie potrzebowały przeciwwagi, a czasami i awanboku. Belki na dwóch oporach przeważnie wymagają awanboku, przeciwwagi i wzmacniania prętów. Długość dzioba przyjmuje się zwykle 0,6 l do 0,7 l . Ponieważ wysunięty w otwór koniec przęsła i awanbek uginają się, więc należy je obliczyć i odpowiednio podnieść nos awanboku, aby przy osiągnięciu przeciwległej opory trafić na powierzchnię wałków.

Fig. 501 przedstawia przesunięcie wiaduktu o rozpiętości 40 m w Strzemieszycach nad torami, gdzie częściowo nie można było ustawić rusztowań.

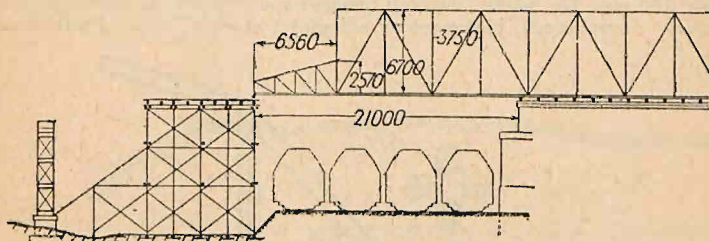


Fig. 501.

Fig. 502 przedstawia przesunięcie mostu kolejowego na rzece Bóbr. Rozpiętość przęsła wynosiła $l = 45$ m, długość dzioba 0,6 $l = 27$ m. Waga przęsła bez łożysk 129 t,

$$\text{więc: } g = \frac{129000}{45 \cdot 2} = 1433 \frac{\text{kg}}{\text{m b. dźwigaru}}.$$

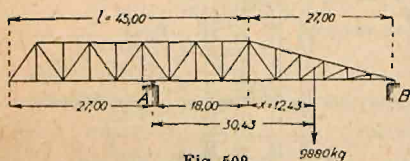


Fig. 502.

Waga awanboku przyjęta na zasadzie obliczenia przybliżonego = 19760 kg.

Odległość środka ciężkości awanboku od podpory, obliczona rachunkowo, wynosiła $x = 12,43$ m (w obliczeniu przyjęto ciężary węzłowe proporcjonalne do wysokości słupów).

Największy moment przechyłny, odpowiadający położeniu, przedstawionemu na fig. 502, wynosi wtedy:

$$M = \frac{1433 \cdot 1800^2}{2} + 9880 \cdot 30,43 = 54923000 \text{ kgcm.}$$

$$\text{Moment stałości: } M_1 = \frac{1433 \cdot 2700^2}{2} = 52233000 \text{ kgcm.}$$

Ponieważ moment przechyłny okazuje się większy niż moment równoważny, przeto tylną część przęsła obciążamy przeciwwagą. Zakładając, że wypadkowa przeciwwagi będzie odległa o 1 m od teoretycznego punktu opory i że stosunek pomiędzy momentami równoważnym i przechyłnym będzie:

$$\frac{M_1}{M} = 1,1,$$

określimy wielkość przeciwwagi G z równania:

$$G \cdot 2600 + 52233000 \cdot 2 = 54923000 \cdot 2 \cdot 1,1$$

$$G = \frac{2(54923000 \cdot 1,10 - 52233000)}{2600} \approx 6300 \text{ kg.}$$

Belka mostowa

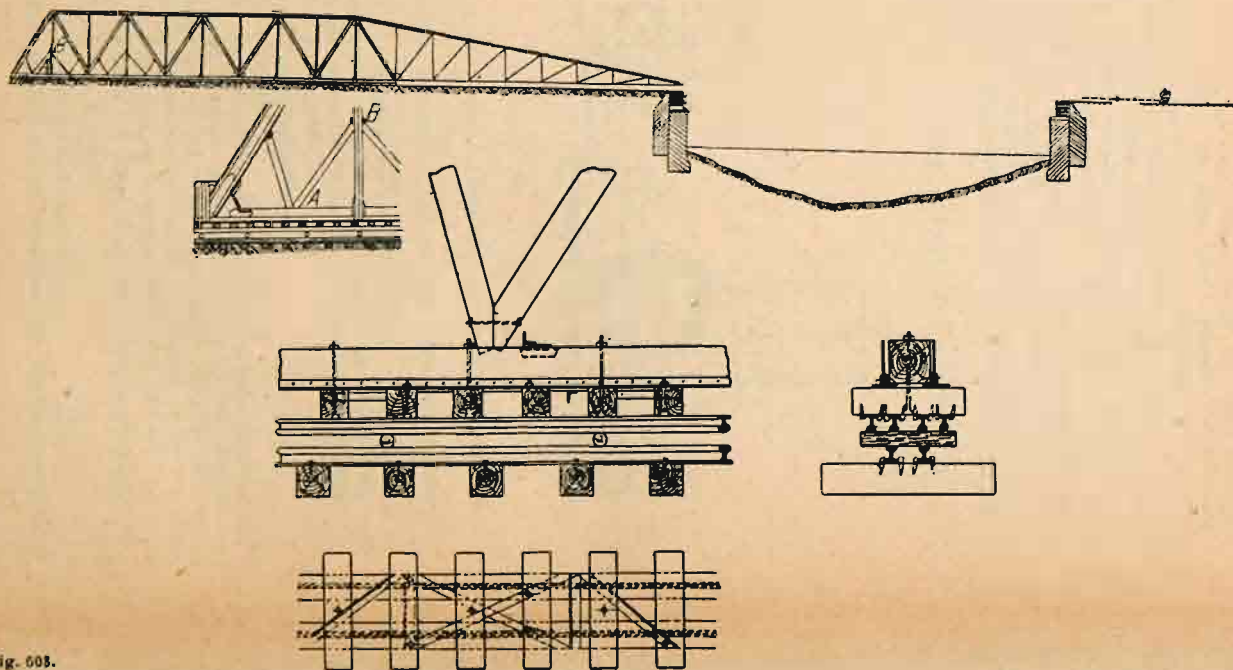


Fig. 603.

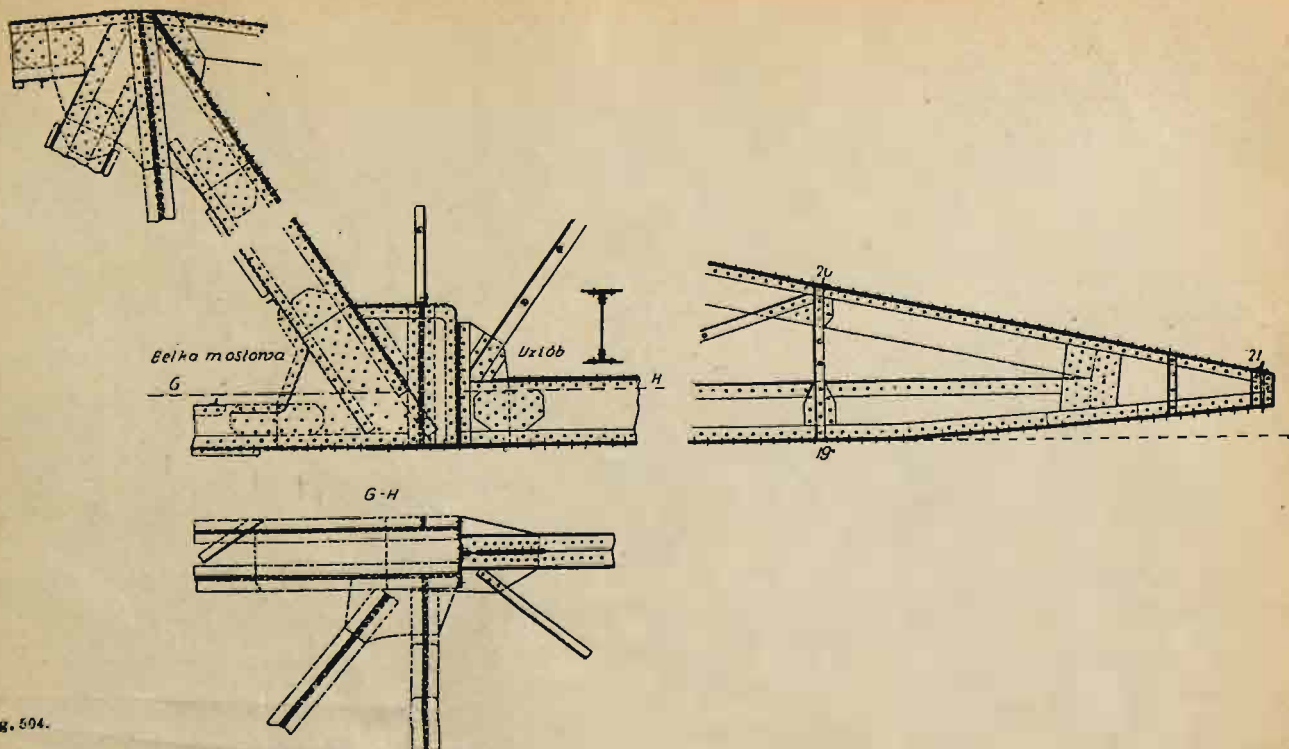


Fig. 594.

Napężenia w pretach dzioba i zwisającej części przesła wyznacza się wykreślnie dla różnych położen zespołu, poczynając od położenia, oznaczonego na fig. 502, a następnie umieszczając kolejno każdy węzeł dzioba nad prawą oporą *B*, przy przyjęciu, że całe oddziaływanie tej opory przenosi się zapomocą pierwszego wałka. Zwisająca część przesła sprawdza się również dla tych samych położen dzioba i ewentualnie wzmacnia wedle fig. 503. Ponieważ pas dolny awanboku zginany jest prawą oporą, przeto trzeba określić wielkość tego oddziaływania dla środka każdego pola i sprawdzić każdą część pasa dolnego również na zginanie. Dziób wykonuje się jako belkę kratową żelazną z uwzględnieniem stężeń poprzecznych (fig. 504).

Wielkość ugięcia wystającej części przesła i dzioba, podczas położenia, odpowiadającego pokazanemu na fig. 502, określa się rachunkowo lub wykreślnie. W danym wypadku wynosiło ono 37,3 mm; o odpowiednią też wielkość podniesiono koniec dzioba (por. fig. 504), aby, dosięgnąwszy prawej opory, oparł się na wałki.

c) Przesuwanie przy pomocy podpór pływających.

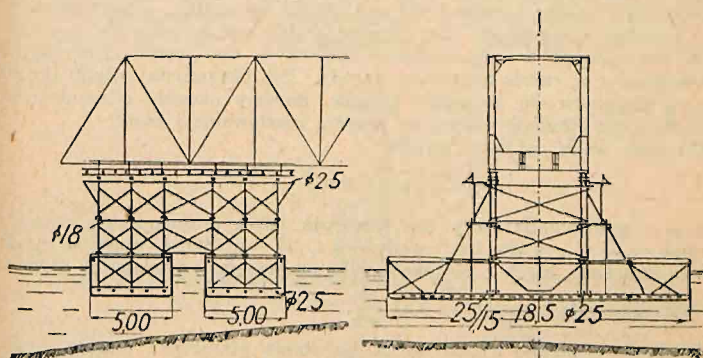


Fig. 505.

Podpory pływające są to barki z ustawionymi na nich rusztowaniami (fig. 505).

Największe zanurzenie się podpory pływającej określamy w następujący sposób:

Niech oznacza: *A* — oddziaływanie przesła na oporę. Oddziaływanie to jest większe, niż waga połowy przesła, gdyż opory nie ustawia się pod końcem przesła, lecz koniec ten wystaje, aby mógł oprzeć się na filarze lub przyczółku przy końcu przesunięcia.

G — waga rusztowań, przyrządów i barek.

Q — waga balastu wodnego.

Balast wodny służy dla wyrównania poziomu barki w razie ewentualnego opadnięcia poziomu rzeki w czasie przesuwania, jak również stanowi on tę konieczną ilość wody, której już węże ssące pomp ściągnąć nie mogą (średnio 0,25 m). Jeżeli przewidywane opadnięcie poziomu wody w czasie przesuwania jest *h*, to waga balastu wodnego określi się wzorem:

$Q = F(h + 0,25) \gamma_w = 0,71 b(h + 0,25)$ (w tonnach i metrach; por. str. 800).

Siła nośna barki powinna wynosić:

$$P = 1,25(A + G + Q),$$

gdzie 1,25 — współczynnik zwiększający, wprowadzony na nieprzewidziane ewentualności.

Wobec powyższego największe zanurzenie się barek określi się ze wzoru:

$$z = \frac{P}{F} = \frac{P}{0,7 \cdot l \cdot b} \text{ (w metrach).}$$

gdzie l — długość barki, b — szerokość w metrach.

Konstrukcję opór pływających pokazano na fig. 505. Ażeby uchronić ścianki barek od odkształceń, spowodowanych ciśnieniem wody, wzmacnia się je zapomocą zastrzałów (por. str. 800). Czasami cały spód rusztowania, opierający się bezpośrednio o dno i ścianki barek, buduje się dla większej sztywności w formie dźwigara drewnianego. Na tym dźwigarze wspiera się dopiero właściwe rusztowanie.

Zazwyczaj ciągnie się bezpośrednio przesło przy pomocy lin, nawijających się na bębny dźwigarek, ustawionych na podporze lub poza nią. Ażeby zaś barki w czasie przesuwania zdażyły za niem, przytwierdza się je do przesła z obu stron linami. Dla uchronienia opory pływającej od zniesienia jej prądem rzeki lub zepchnięcia przez wiatr, rozpiną się z obu stron stalowe liny, utwierdzone na obu brzegach, tak jednakże, ażeby to rozpięcie nie przeszkadzało oporze poruszać się w kierunku osi mostu. Jeżeli rzeka jest zbyt szeroka, umocowanie lin rozpinających skutecznia się zapomocą kotwi, zanurzonych w odpowiedniem miejscu w dno rzeki. Przeciąganie skuteczniamy w czasie absolutnej pogody. Dla oznaczenia średnic lin stalowych, służących do rozpięcia przesła, musimy określić ciśnienie wody na barki, oraz ciśnienie wiatru na przesło, rusztowanie i barki.

Ciśnienie wody na barki wynosi:

$$P = \varphi \cdot \gamma \cdot b \cdot h \cdot \frac{v^2}{2g},$$

gdzie φ — współczynnik, który dla przekroju barek prostokątnego z zaokrągleniami = 1, γ — waga $1 m^3$ wody = $1 t$, V — prędkość wody w $m/sek.$, b i h — szerokość barek i głębokość ich zanurzenia, wyrażona w metrach, g — przyspieszenie ziemskie = $9,81 \frac{m}{sek.}$

Wielkość ciśnienia wiatru równa się sumie płaszczyzn przesła, rusztowania i barek, pomnożonej przez $250 kg/cm^2$. Przesuwanie przesła po nasypie odbywa się na wałkach lub co lepiej na wózkach o kilku kółkach, toczących się po kilku szynach.

Istnieją trzy sposoby przesuwania przy pomocy podpór pływających.

1. Przesło, zmontowane na nasypie lub na rusztowaniu stojącem na brzegu w kierunku osi mostu, nasuwa się jednym końcem na oporę pływającą. Wspierając się na niej, zostaje ono przeciągnięte do następnego przyczółka lub filaru.

Tok roboty przy przesuwaniu przesła: Przesło, zmontowane na nasypie, wysuwa się poza przyczółek tak daleko, aby zmieściła się pod niem podpora pływająca, w którą napompowuje się wody tak dużo, aby podpiływała pod wystający koniec mostu. Następnie część wody wypompowuje się, aż podpora uniesie koniec przesła, poczem następuje przesuwanie. Po przybyciu do filara lub przyczółka woda napompowuje się do barek, aż przesło opuści się na łożyska. Podpora pływająca podpiływa pod drugi koniec przesła i znowuż tym samym sposobem, służąc zamiast dźwigów, opuszcza przesło na łożyska. Jeżeli przesło ma być przeniesione do następnego otworu, to, po dosięgnięciu filara przez koniec przesła, druga podpora ruchoma podpiływa pod koniec przesła od strony przyczółka i unosi je. Przesło przeciąga się dalej po filarze, aż do położenia, w którym analogicznie do początku operacji, podpora pływająca pierwsza, opłynawszy filar, będzie mogła dźwignąć przesło, aby je poprowadzić dalej, jak w otworze pierwszym.

Przesuwanie podłużne zapomocą opór pływających posiada następujące wady: położenie środka ciężkości wysoko nad poziomem wody daje wielki

moment wywrotowy, ustawienie zaś przesła jednym końcem na oporze stałej, a drugim na ruchomej, zależnej od falowania, parcia wiatru, wody itp. nie daje bezwzględnej gwarancji przed odkształceniem prętów przesła, a nawet przed zsunieniem się przesła z opory pływającej.

2. Drugim sposobem zastosowania podpór pływających jest nadwożenie przesła na oporach pływających. W miejscu najodpowiedniejszym przy brzegu rzeki buduje się rusztowanie do wysokości, odpowiadającej położeniu przesła na przyczółkach. Od rusztowania tego, prostopadle do jego kierunku, buduje się dwa występy tej samej wysokości, na których układa się tor do nasuwania poprzecznego przesła. Przesła montuje się na rusztowaniu, a po ukończeniu, przesuwa się je na występy; na rusztowaniu zaś montuje się przesła następujące. W otwór pomiędzy występami wprowadza się pod zmontowane przesło odpowiednie podpory pływające, podnosi się na nich przesło i podczas zupełnej pogody, korzystając z parostatków, jako siły pociągowej, przewozi się je na właściwe miejsce. Zaletami tego sposobu w porównaniu z uprzednim jest to, że przesło, opierając się z obu stron na podporach pływających, nawet gdyby było zniesione prądem lub parciem wiatru, nie jest narażone na przewrócenie. Ważną również zaletą tego sposobu jest to, że może on być zastosowany do przewozu przesła, mających

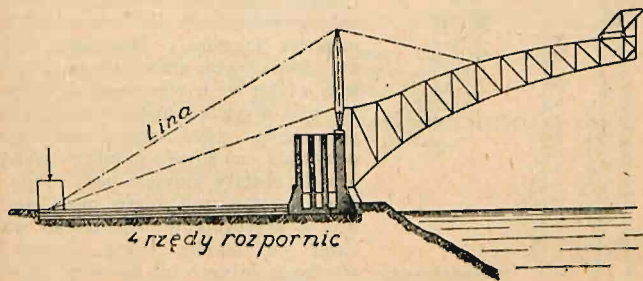


Fig. 506.

pas dolny wypukły lub wklęsły. Jednakże ujemna cecha zastosowania opór pływających, mianowicie wielki moment wywrotowy, występuje i tutaj w całej rozciągłości.

3. Czasami, gdy niema możliwości postawienia rusztowania w otworze, ale zato można je postawić przy brzegu, stosuje się sposób trzeci, polegający na tem, że przesło, zmontowane wzdłuż brzegu na rusztowaniach, jednym końcem spoczywa na przyczółku, a drugim na oporze pływającej. Po ukończeniu montażu, przy zastosowaniu odpowiednich urządzeń mechanicznych na przyczółku następuje nasunięcie przesła w otwór, przyczem podpora pływająca zatacza łuk 90° , a koniec na oporze obraca się około własnej osi.

Montaż bez rusztowań stosujemy, gdy rusztowania są niemożliwe lub byłyby zbyt drogie z powodu bardzo wysokich brzegów, bardzo głębokiej i bystrej wody, skalistego dna itp. Zasada jego polega na wykorzystaniu właściwości belki jednym końcem utwierdzonej lub wystającej (przewieszanej).

Montaż zaczyna się od opory i polega na ciąglem dodawaniu nowych, odpowiednio skonstruowanych części, ku środkowi przesła, zwykle z obu stron jednocześnie przy pomocy specjalnych żorawi. Montaż przesła belkowych i łukowych rozpoczyna się umocowaniem narożnika (słupa lub skosu oporowego, na górze i na dole do jakichś solidnych punktów stałych, np. do istniejącego już przesła, przyczółka itp.; fig. 506). Ponieważ pręty obliczone były dla ustroju inaczej pracującego, niż to ma miejsce podczas mon-

tażu, przeto niekiedy wypada je wzmocnić. Do tego typu montażu nadają się najbardziej mosty wspornikowe w swych częściach wystających, ponieważ

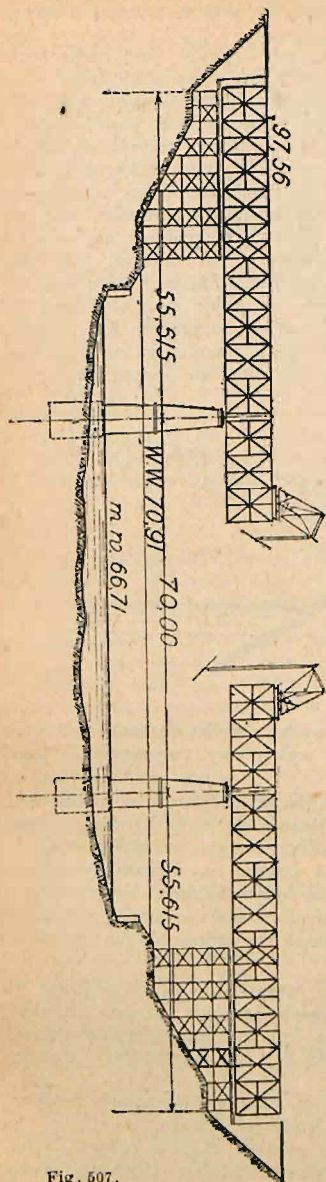


Fig. 507.

otrzymują w czasie montażu naprężenia analogiczne do tych, na jakie były obliczone, a przeważnie mniejsze (gdyż w czasie montażu niema na moście obciążenia ruchomego). Najczęściej przęsła przybrzeżne tych mostów montuje się na rusztowaniach, a wsporniki — bez rusztowań. Przęsła środkowe wiszące wciąga się z dołu jako już zmontowane lub też montuje się je bez rusztowań, jak przęsła belkowe.

Na fig. 507 podano projekt montażu przęseł systemu Roth-Waagnera mostu na Niemnie pod Grodnem. Większą część obu przęseł brzeżnych zmontowano na rusztowaniu, a pozostałe części bez rusztowań, podając pręty przy pomocy żórawia. Przęsło środkowe, zamienione specjalnie do tego celu służącymi łącznikami na czas montażu łącznie z przęsłami bocznymi na belkę ciągłą, zmontowano bez rusztowań z obu stron równocześnie do środka. W tym wypadku pręty wzmocnienia nie potrzebują, gdyż przy tym systemie wszystkie możliwe sposoby obciążenia przęsła zostały przyjęte pod uwagę. Dostawa prętów pod żóraw może się odbywać z przyczółków małymi wagonikami po lekkim torze, ułożonym na tężnikach dolnych lub łodziach po wodzie. Na końcu pasa dolnego pod żórawiem wieszają się bardzo lekkie, wystające ku środkowi rzeki rusztowanie dla ludzi, łączących pręty nowe do dawnych. Ażeby końce wystających wspornikowo, a montowanych bez rusztowań części przęsła środkowego pomimo ugięcia zeszły się w położeniu takim, iżby je można było połączyć, czyli, aby pasy górne i dolne zetknęły się jednocześnie, a słupy były pionowe, zastosowano sposób następujący: Obliczono kąt, jaki utworzy styczna do końca odkształconej osi wspornika z linią poziomą. Nazwijmy ten kąt literą φ . Będzie to ten sam kąt, który utworzy kierunek słupa końcowego w zwisającej odkształconej części przęsła z linią pionową. Następnie na filarach podniesiono oba przęsła na tyle, aby kąt utworzony kierunkiem pasu dolnego z linią poziomą był również φ . Przy montowaniu części wspornikowych w takim położeniu słupy środkowe przy łączeniu obu części, spo-

tykających się, były pionowe. Milimetrowe różnice łatwo było zregulować, ustawiając na filarach dźwigi hydrauliczne na wałkach, skierowanych

poprzecznie, a to w tym celu, ażeby doprowadzić końce do zetknięcia się na wypadek, gdyby okazała się różnica w płaszczyźnie poprzecznej. Rzeczywistość potwierdziła obliczenia w zupełności.

Do tego samego rezultatu dojść byłoby można opuszczając końce przybrzeżne przęsła, tak aby otrzymać pomiędzy pasem dolnym a linią poziomą kąt φ . Można było również podnieść, opuszczony na strzałkę ugięcia, koniec wspornikowo wystającej części przęsła zmontowanego poziomo zapomocą lin stalowych, przerzuconych przez pylon, ustawiony nad filarem, i zamocowanych do przęsła przybrzeżnego. Zapomocą skrócenia mechanicznego tych lin możnaby doprowadzić słup środkowy do położenia pionowego.

Montaż przęsła o rozpiętości $69 + 57 + 69$ m, wagą około 750 t, trwał 34 dni.

LITERATURA.

- Pszennicki A.: O montowaniu mostu na Niemnie pod Grodnem. Przegl. Techn. 1923 r.
 Ciszewski J.: Montaż i spławianie dźwigarów wielkiej rozpiętości. Przegl. Techn. 1924 r.
 Ciszewski J.: Odbudowa mostu na Wiśle we Włocławku. Przegl. Techniczny. 1924 r.
 Chrościelewski A.: Przesunięcie podłużne i poprzeczne mostu na Bugu. Przegląd Techniczny. 1921 r.
 Chrościelewski A.: Montaż prowizorium mostowego mostu Poniałowskiego w Warszawie. Przegląd Techniczny. 1924 r.
 Schmidt Michel: Montages des ponts et charpentes, Mémoires de la Soc. d. Ing. Civ. 1900 r.
 Erection of Bridges. (The Railway Engineering: 1905, Dec.; 1906, Nov.; 1907, Apr., June, Aug., Oct., Nov.; 1908, Jan., Mar., May, Aug., Dec.).
 Hdb. der Ing.-Wiss.: Der Brückenbau. VI. Abt. 1903 r.
 Bernhard K.: Eisernen Brücken. 1911 r.
 Schönhöfer R.: Die Haupt-, Neben- und Hilfsgerüste im Brückenbau. 1911 r.
 Kirchner: Rüstungsbau. 1925.
 Prokofiew J.: Żelaznyje mosty. 1911 r.
 Paton O. E.: Żelaznyje mosty. 1910 r.

Wzmacnianie mostów żelaznych.

Napisał

inż. Aureljusz Chrościelewski,

Mińsk Mazowiecki.

Mosty istniejące wzmacnia się, gdy stają się za słabe z uwagi na zwiększające się z czasem obciążenia. Wedle przepisów M. R. P. potrzebne jest wzmocnienie tych części mostu, których naprężenia wskutek zmiany obciążeń przewyższą o 20% granicę dopuszczalną. Ta sama przewyżka przyjęta jest w Niemczech i Rosji; we Francji natomiast 33%. Dla M. K. wzmacnia się przęsła, obliczając je na normy A, B lub C, przy naprężeniach dopuszczalnych według warunków z 1923 r.

Zaznaczyć należy, że wzmacnianie mostów wogóle nie jest pożądane; praca materiału nie będzie się bowiem odbywała w tych samych warunkach; lepiej jest nawet nieco przekroczyć naprężenia dopuszczalne. Niemniej wzmacnianie stosowane bywa dość często, tem bardziej dziś, gdy warunki finansowe uniemożliwiają wymianę mostów na większą skalę.

Ogólne warunki wzmacniania mostów. Przystępując do wzmacniania mostu, trzeba wypróbować materiał przęsła. Dla tego celu należy wziąć próbki z prętów najbardziej pracujących i zbadać je, czy pod wpływem drgań i naprężeń, przechodzących czasami poza granice sprężystości, materiał nie uległ częściowej krystalizacji, wskutek której wytrzymałość i spręży-