

PRZEGLĄD TECHNICZNY

TYGODNIK POŚWIĘCONY SPRAWOM TECHNIKI I PRZEMYSŁU.

TREŚĆ:

Sposób zastosowania łuków trójprzegubowych do budowy mostów obrotowych i zalety tego ustroju, nap. prof. inż. A. Pszenicki.
 Żelazo lane w obrazach mikroskopowych, nap. prof. inż. S. Anczyc.
 O stronie naukowej niektórych zagadnień technicznych, nap. prof. inż. H. Mierzejewski.
 Wystawa Brytyjska w Wembley (technika), nap. C. M.
 Przegląd pism technicznych: Domieszka *Al* w żelwie. — Napęd pasowy jako źródło prądu stałego wysokiego napięcia. — Lekkie metale w budowie maszyn i w lotnictwie.
 Kronika. Sytuacja w przemyśle.

SOMMAIRE:

Méthodes d'adaptation des arcs à trois rotules aux ponts mobiles et leurs avantages, par A. Pszenicki, prof. à l'Ecole Polyt. de Varsovie.
 Images microscopique du fer de fonte, par St. Anczyc, prof. à l'Ecole Pol. de Lwów.
 Bases scientifiques des quelques problèmes techniques, par H. Mierzejewski, prof. à l'Ecole Pol. de Varsovie.
 L'Exposition Britannique à Wembley (la technique), par C. M.
 Revue documentaire: Ajoutage d'aluminium à la fonte. — Transmission par courroie comme une source du courant continu à haute tension. — Alliages légers et leurs applications à la construction des machines et à l'aéronautique.
 Divers. L'état actuel de l'industrie en Pologne.

Sposób zastosowania łuków trójprzegubowych do budowy mostów obrotowych i zalety tego ustroju.

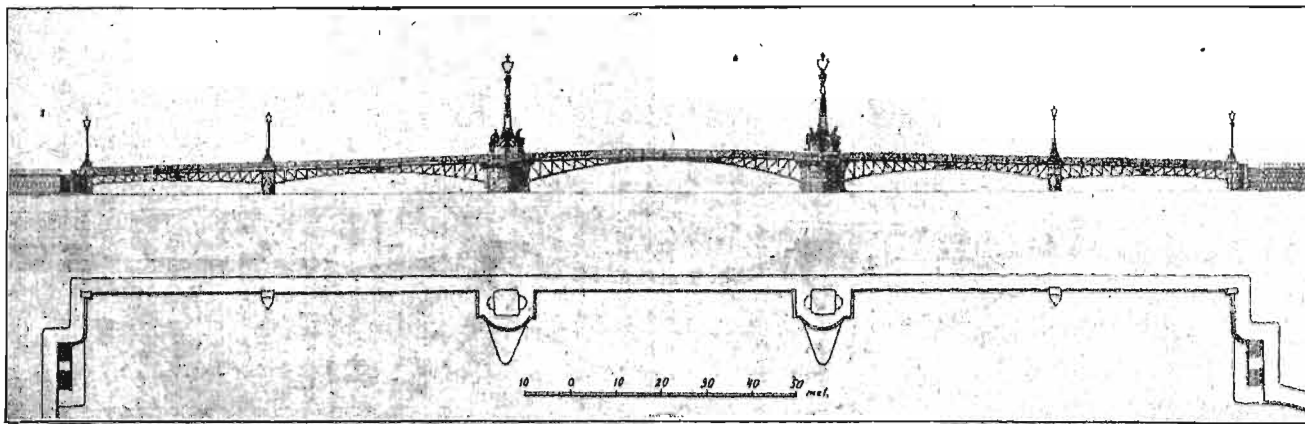
Napisał prof. inż. A. Pszenicki.

Zanim przystąpię do wyłożenia sposobu zastosowania łuków trójprzegubowych do mostów obrotowych dookoła osi poziomej, pozwolę sobie wskazać przyczyny, które zmusiły mnie do szukania rozwiązania tego zagadnienia.

W r. 1908. Rada Miejska m. Petersburga ogłosiła konkurs na projekt mostu Pałacowego na rzece Newie w Petersburgu. Wśród innych warunków wymagane było, aby most posiadał pomost górny i miał trzy wolne przejazdy dla bardzo silnie rowiniętej żeglugi na Newie: dwa o szerokości nie mniejszej niż 21 m i o wysokości 3,75 m, oraz jeden o szerokości również nie mniejszej niż 21 m, lecz wysokości 6,4 m. Nadto dla statków masztowych, o dużej pojemności, most winien być mieć po środku rzeki szybko się otwierającą część ruchomą, o rozpiętości w świetle conajmniej 43 m. Zwężenie koryta rzeki nie powinno być przekraczać 20% pierwotnego jego przekroju na osi projektowanego mostu.

Wobec niewielkiej wysokości ustrojowej mostu z jazdą górą, nasuwała się, oczywiście, myśl budowy dźwigarów łukowych. Aby jednak przy zastosowaniu układu łukowego otrzymać stosunek strzałki łuku do jego rozpiętości w granicach możliwych (około $\frac{1}{17}$ — $\frac{1}{18}$), przy gruncie niezbyt mocnym, trzeba było projektować most siedmioprzęsłowy. Przy głębokości wody około 11—12 m (stan normalny) i przy konieczności założenia fundamentów podpór na głębokości od 24 do 28 m od poziomu wody normalnej, filary mostowe musiałyby być dość grube, skutkiem czego zwężenie rzeki sięgałoby 25%. Nadto most byłby zbyt drogi, kosztowałby

jazdu pod mostem winna była stanowić 6,40 m, przeto największa wysokość ustrojowa po środku mostu nie mogła przekraczać 1,43 m. Tak więc, na podstawie postawionych warunków, pozostawał wąski pasek, w którym trzeba było umieścić całkowitą budowlę wierzchnią mostu — dźwigary z pomostem.



Rys. 1. Most Pałacowy w Petersburgu.

Wjazdy na most winny były mieć spadek nie większy, niż 3%, przy wzniesieniu lewego brzegu od strony Pałacu Zimowego nie wyżej niż 4,41 m ponad poziom wody normalnej. Części metalowe dźwigarów głównych (łożyska) miały być ułożone na wysokości 2,1 m ponad poziomem tejże wody.

Z tych ostatnich warunków, jak również ze względu na wolne przejazdy dla statków pod mostem, wynikało, że dopuszczalna wysokość ustrojowa na przyczółku lewym wynosiła zaledwie 2,3 m. Ku środkowi mostu, wobec dopuszczalnego 3%-ego wzniesienia jezdnii, poziom jej ponad normalną wodą mógł wynosić 7,83 m. Ponieważ wysokość wolnego prze-

bowiem około 5,5 milionów rubli w złocie. Wobec tego ustrój łukowy siedmioprzęsłowy musiałby odpaść, a zarazem, oczywiście, wogóle most łukowy, gdyż przy mniejszej ilości przęseł stosunek strzałki łuku do rozpiętości wynosiłby około $\frac{1}{25}$, co mogłoby być do pomyślenia jedynie przy gruncie skalistym i niskich podporach. Zatrzymałem się przeto na belkach ciągłych dwuprzęsłowych, bezprzegubowych, zakładając najwyższy stosunek wysokości dźwigara po środku do jego rozpiętości $\frac{1}{24}$. Pasy dolne otrzymały postać łuków, tak że względu na nadanie dźwigarom nieco ładniejszego kształtu, jak również wobec konieczności podniesienia pasa dolnego, celem wytworzenia wspomnianych prze-

jazdów wolnych pod mostem. Przy takim stosunku wysokości do rozpiętości, otrzymałem rozpiętość dwóch przęseł bocznych po około 37 m, dwóch następnych po ok. 45 m, zaś na przęsło środkowe, ruchome, pozostało 58 m. Most wypadł pięcioprzęsłowy. Rozpiętość teoretyczna przęsła środkowego, ruchomego, wyniosła ostatecznie 58,6 m i między osiami obrotu 63,6 m.

W zestawieniu ogólny widok mostu przedstawiony jest na rys. 1. Wysokość dźwigarów ruchomych nad podporami wyniosła 4,73 m, co odpowiada $\frac{1}{6,2}$ długości skrzydła podnoszonego. Wysokość skrzydeł u końca mogła być 0,96 m, zaś w połowie ich długości 1,84 m, czyli $\frac{1}{7,7}$ L. Wysokości te dla dźwigarów belkowo-wspornikowych są dość małe, szczególnie jeżeli wziąć pod uwagę, że sztywność wsporników wymagana była, według warunków technicznych, dość znaczna. Ugięcie końca wspornika nie powinno było przekraczać $\frac{1}{500}$ jego długości, czyli że most zamknięty, pod obciążeniem ruchomym, powinien był ugiąć się w kluczu nie więcej niż o $\frac{1}{1000}$ swej rozpiętości.

Przy układzie łukowym, warunek ostatni był nieco surowszy, ugięcie łuku w kluczu nie powinno było przekraczać $\frac{1}{2350}$ rozpiętości. Najwięk ze ugięcia rzeczywiste, stosownie do tych warunków, wynosiły: dla układu belkowego 58,6 mm i dla układu łukowego 230 mm. Tak w jednym, jak też w drugim przypadku, dźwigary wypadło projektować, opierając się nie na warunkach wytrzymałościowych, lecz na wymaganej sztywności.

Most wspornikowy belkowy wypadł dość ciężki, przeciwwagi musiały być znaczne. Dalej zostanie wyjaśnione, że przy układzie belkowym dźwigary byłyby o 74% cięższe, niż przy zastosowaniu układu łukowego. Znaczna waga skrzydeł zwodzonych pociągała za sobą bądź znaczne zwiększenie przeciwwagi, bądź też powiększenie skrzydeł równowagowych. Tak w pierwszym, jak w drugim wypadku,

trzeba byłoby odpowiednio powiększać grubość filarów, aby ani skrzydła przeciwwagowe, ani też przeciwwagi nie wysuwały się poza obręb filarów. Grubość murów filarów nie mogła być większa niż 11 m, przy grubości fundamentów 12 m, gdyż w przeciwnym razie zwężenie rzeki byłoby zbyt duże i oczywiście koszt mostu wzrósłby znacznie.

Przytoczone wyżej dane stały się przyczyną zastosowania do części obrotowej takiego układu, który przy stosunkowo niewielkiej wysokości dźwigarów i najmniejszej ich wadze, dawałby najmniejsze ugięcie. Oczywiście tym warunkom w dostatecznej mierze odpowiada układ łukowy. Wprawdzie dźwigary łukowe, jako układ rozporowy, przy zwykłych mostach stałych wymagają znacznie silniejszych podpór, niż dźwigary układu belkowego, lecz w mostach obrotowych dokoła osi poziomej, dla których grubość filarów zależy głównie od długości skrzydeł przeciwwagowych, zastosowanie układu łukowego nie pociąga za sobą zwiększenia grubości filarów, a zatem wzrostu kosztów mostu.

W ten sposób, stosując układ łukowy, mogliśmy wyzskać niezbędną grubość filarów, poddając je nie tylko obciążeniom pionowym, lecz również i poziomym.

Rozpatrując mosty obrotowe belkowe z jazdą górą, zbudowane ostatnimi czasy, zauważymy, iż grubość filarów ich waha się od 0,67 do 0,42 długości skrzydła zwodzonego, licząc ją od podpory dodatniej do klucza.

W tabeli A są podane niektóre mosty z jazdą górą oraz są przytoczone główne dane, według rys. 2, charakteryzujące mosty obrotowe do koła osi poziomej. Z tabeli tej widać, że grubość fundamentów filarów części obrotowej mostu Pałacowego, przy teoretycznej rozpiętości 58,6 m, równa się 0,41 L (długości skrzydła podnoszonego), t. j. grubość ta jest mniejsza niż w całym szeregu mostów belkowych. Możemy przeto stwierdzić, że zastosowanie dźwiga-

TABELA A.

Nazwa mostu	Most w Tyliczu na Niemnie	Most na kanale Brukselskim w Brukselli	Most Hausa w Szczecinie	Most w Królewcu na rz. Przegole	Knippelsbroo w Kopenhadze	Tower Bridge na Tamizie w Londynie	Jekaterynhofski most na rz. Jekaterynhofce w Petersburgu	Ochteński most na rz. Newie w Petersburgu	Finlandzki most na Newie w Petersburgu	Most Pałacowy na Newie w Petersburgu	Most na Newie na kolei Petersburg-Rybiński
Rodzaj mostu	Most belkowy, jedno skrzydłowy, z jazdą górą, os stała	Most belkowy, dwuskrzydłowy, z jazdą górą, os stała	Most belkowy, dwuskrzydłowy, z jazdą górą, os ruchoma	Most belkowy, dwuskrzydłowy, z jazdą górą, os stała	Most trójprzęgubowy, dwuskrzydłowy, os stała, jazda dołem i pośród.	Most belkowy, dwuskrzydłowy, os stała, jazda górą	Most belkowy, dwuskrzydłowy, z jazdą górą, os ruchoma	Most belkowy, dwuskrzydłowy, z jazdą górą, os stała	Most belkowy, dwuskrzydłowy, z jazdą górą, os ruchoma, syst. Ralla (kolej.)	Most belkowy, dwuskrzydłowy, z jazdą górą, os stała	Most łukowy, dwuskrzydłowy, z jazdą górą, os stała (kolej.)
Rozpiętość w świetle $2L_0$ m	13,00	18,00	18,00	24,00	28,30	60,90	48,00	42,70	42,70	56,46	43,00
Rozpiętość teoretyczna $2L$ m	13,75	19,00	19,30	25,20	32,30	63,30	49,00	44,70	44,70	58,60	45,70
Długość skrzydła, licząc od osi obrotu, L m	1,044 L	1,11 L	1,00 L	1,12 L	1,03 L	1,09 L	1,00 L	1,08 L	1,00 L	1,085 L	1,12 L
Długość skrzydła równowagowego (ogona) b m	0,25 L ₁	0,55 L ₁	0,37 L ₁	0,29 L ₁	0,25 L ₁	,44 L ₁	0,21 L ₁	0,26 L ₁	0,29 L ₁	0,193 L ₁	0,20 L ₁
Odległość między podporami dodatnią i ujemną C m	0,293 L	—	0,37 L	0,45 L	—	0,58 L	0,21 L	0,36 L	0,29 L	—	—
Odległość między podporą dodatnią i osią obrotu d m	0,09 L	—	0,00	0,12 L	0,027 L	0,09 L	0,00	1,08 L	0,00	0,085 L	0,12 L
Stosunek wysokości dźwigara nad podporą dodatnią do długości skrzydeł L	$\frac{1}{6,2}$	$\frac{1}{6,7}$	$\frac{1}{6,4}$	$\frac{1}{7,7}$	$\frac{1}{11,0}$	$\frac{1}{6,5}$	$\frac{1}{6,9}$	$\frac{1}{6,1}$	$\frac{1}{5,0}$	$\frac{1}{6,2}$	$\frac{1}{3,0}$
Grubość podpory (filaru lub przyczółka) e	0,41 L	0,8 L	0,52 L	0,61 L	0,5 L	0,67 L	0,43 L	0,54 L	0,42 L*)	0,41 L	0,46 L

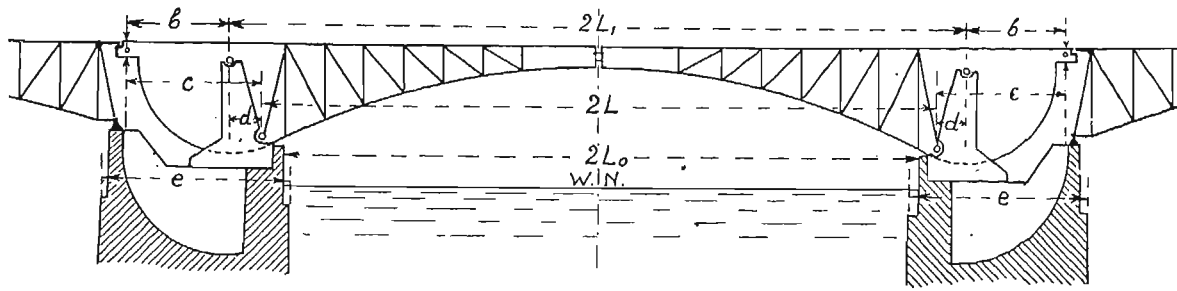
*) Most przy otwieraniu sprawia silne wstrząśnienia filarów; wobec tego Rada Inżynierska postanowiła tego rodzaju mostów więcej nie stosować.

rów łukowych w części obrotowej mostu Pałacowego nie wpłynęło zupełnie na zwiększenie podpór, a zatem i na zwiększenie kosztów mostu.

Dalej będą wskazane wagi oraz ugięcia dźwigarów części obrotowej w założeniu łuków trójprzegubowych i wspornikowobelkowych, w zastosowaniu do mostu Pałacowego.

czenie gospodarcze, lecz też i techniczne, pozwala bowiem wprowadzać w ruch znacznie mniejsze masy.

Pierwsze próby zastosowania łuków trójprzegubowych do mostów łukowych mamy w moście na przystani Binnenhafen Fejenoord w Rotterdamie. O moście tym prof. Hotopp w swem dziele pod tytułem „Mosty ruchome” pisze, iż było



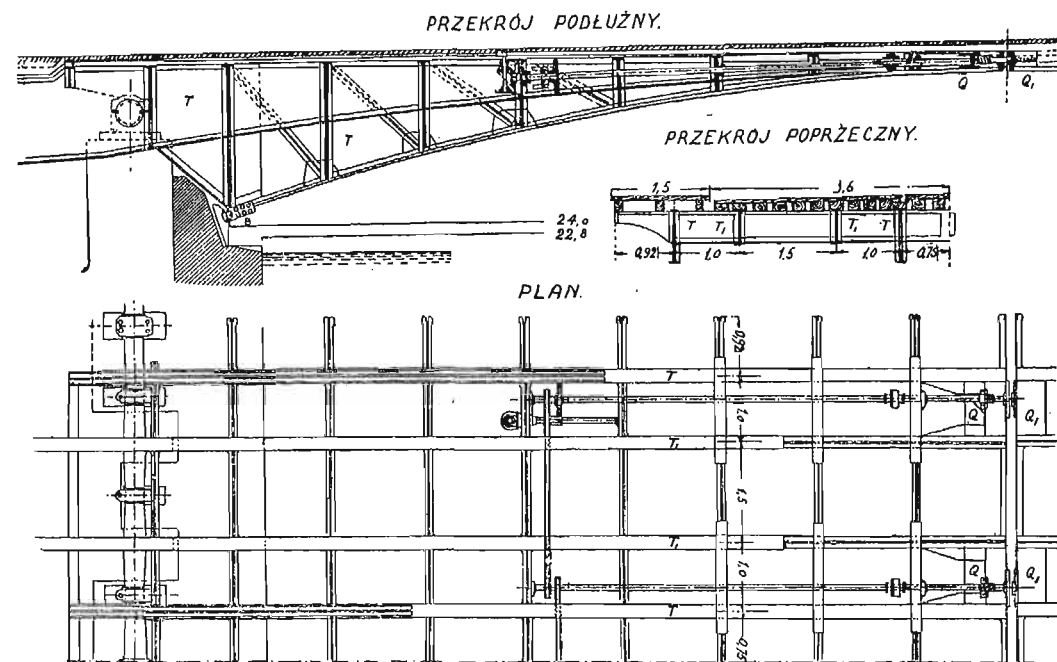
Rys. 2. Schemat ustroju mostu Pałacowego.

Przystępując do wyjaśnienia sposobu zastosowania łuków trójprzegubowych do mostów obrotowych dokoła osi poziomej, przedewszystkiem musimy zwrócić uwagę, że niezbędnym warunkiem, jakiemu winien czynić zadość ustrój mostu obrotowego dokoła osi poziomej stałej, by mógł być rozpatrywany jako łuk trójprzegubowy, jest ten, żeby w moście zamkniętym, skrzydła podnoszone, tworzące układ łuku trójprzegubowego, opierały się tylko na przegubach podporowych i na przegubie w kluczu; żadnych innych punktów podparcia skrzydła mieć nie powinny, niezależnie od obciążeń i zmiany temperatury. Każdy punkt podparcia, bądź to oś obrotowa, bądź to jakakolwiek podpórka pod skrzydłem równowagowym (ogonem), nietylko przeistacza cały układ w statycznie niewyznaczalny, lecz naogół czyni go nieokreślonym. Praca układu w tym ostatnim wypadku, przy moście zam-

kniętym, to pierwsze godne uwagi rozwiązanie zagadnienia (bemerkenswerte Lösung) zastosowania łuków trójprzegubowych do mostów obrotowych, w stanie zamkniętym.

Przytoczę tu tylko bardzo krótki opis tego mostu, a to dlatego, ażeby wykazać, że zagadnienie powyższe w tym moście nie było zupełnie rozwiązane, a raczej rozwiązane było źle.

Jak widać z rys. 3, otwór mostu w świetle wynosi 22,8 m, szerokość mostu 10,2 m. Na tej szerokości mamy cztery główne dźwigary T i cztery belki podłużne T_1 , które, mając wystające poza oś obrotową końce do zawieszenia na nich przeciwwagi, są połączone nieruchomo z osią obrotową. Ta ostatnia leży w łożyskach, ustawionych nieruchomo na podporach mostu. Główne dźwigary T nie są połączone z osią obrotową i przy otwieraniu mostu są zrównoważone zapomocą belek T_1 , połączonych z dźwigarami T szeregiem belek poprzecznych.



Rys. 3. Most na przystani Binnenhafen in Fejenoord w Rotterdamie.

W stanie zamkniętym, dźwigary spoczywają na osi, na przegubach podporowych, oraz za pośrednictwem belek T_1 , połączonych sztywnie z dźwigarami, całe skrzydło spoczywa też na łożyskach osi obrotowej. W kluczu, nacisku jednego skrzydła na przeciwległe drugie nie mamy. Nacisk ten wytwarza się sztucznie, zapomocą specjalnych mechanizmów śrubowych W , zamocowanych w belkach poprzecznych Q i Q_1 , przymiowanych płasko do dźwigarów głównych. Wielkość tego nacisku jest oczywiście nieokreślona, przytem nacisk ten zmienia się w miarę zmian temperatury, a nawet przy znacznym spadku temperatury, od chwili zamknięcia mostu, może zupełnie zaniknąć i wtedy układ już będzie nie łukowy, lecz belkowy, wspornikowy. Most ten w stanie zamkniętym stanowi układ nie łukowy, trójprzegubowy, lecz coś pośredniego pomiędzy łukiem

trójprzegubowym a bezprzegubowym na podporach i z przegubem w kluczu, względnie układem belkowo-wspornikowym. Sam prof. Hotopp przyznaje zresztą, że rozwiązanie zagadnienia jest niezadawalające, pomimo że most ten był już trzy razy przerabiany i wszystkie przeróbki miały na celu osiągnięcie tylko nacisku skrzydeł przeciwległych w kluczu, t.j. otrzymanie jakiegokolwiek układu łukowego, chociażby nawet nieokreślonego, gdyż o układzie określonym, oczywiście, mowy być nie mogło.

kniętym, będzie uzależniona od nacisku, który będzie powstawać w kluczu łuku, przy zamykaniu mostu w różnych temperaturach. Zastosowanie układu łukowego do mostów obrotowych nie mogło nie zwrócić uwagi specjalistów mostowych, gdyż ważność zastosowania tego układu była dla nich zbyt jasna. Układ bowiem łukowy, przewyższając swą sztywnością układy belkowo-wspornikowe, jest znacznie lepszy w porównaniu z temi ostatnimi. Zmniejszenie zaś wagi ma nietylko zna-

trójprzegubowym a bezprzegubowym na podporach i z przegubem w kluczu, względnie układem belkowo-wspornikowym. Sam prof. Hotopp przyznaje zresztą, że rozwiązanie zagadnienia jest niezadawalające, pomimo że most ten był już trzy razy przerabiany i wszystkie przeróbki miały na celu osiągnięcie tylko nacisku skrzydeł przeciwległych w kluczu, t.j. otrzymanie jakiegokolwiek układu łukowego, chociażby nawet nieokreślonego, gdyż o układzie określonym, oczywiście, mowy być nie mogło.

(d. c. n.)