

chome. Nadto pożądane jest najszersze rozpowszechnienie systemu blokowania z uzależnieniem położenia sygnału od gotowości marszruty. Na stacjach znajdujących się na łuku, gdzie dyżurny ruchu nie może widzieć co wskazuje sygnał wjazdowy — niema tarcz - powtarzaczy, które dawałyby mu pewność, iż sygnał nie działa wadliwie. Pożądane byłoby, by skrzydła sygnałów wyjazdowych różniły się swą formą od skrzydeł sygnałów wjazdowych, co ułatwiłoby maszyniście zbliżającego się pociągu rozpozna-

wanie sygnałów, zwłaszcza drogowskazowych. Względnie mała gęstość ruchu i stan nawierzchni, nie pozwalający na rozwinięcie większej szybkości pociągów, czyni nie na czasie u nas zastosowanie wielu sygnałów bardziej nowoczesnych, jak sygnały główne o 3-ch położeniach skrzydła, sygnały ostrzegawcze skrzydłowe, sygnały ostrzegawcze przed sygnałami wyjazdowymi i inne, o których wspomniano w powyższym artykule, — odkładając wprowadzenie tych nowych ulepszeń do czasów późniejszych.

## Krótki zarys rozwoju budowy mostów kolejowych w ciągu stulecia 1825—1925, ze szczególnem uwzględnieniem prac Inżynierów-Polaków.

*Napisał prof. dr. inż. St. Kunicki.*

Zalety komunikacji kolejami żelaznymi, mianowicie względna taniość, terminowość i regularność, szybkość, oraz możność przewożenia od razu wielkich mas towarów i pasażerów, — były już w krótkim stosunkowo czasie po uruchomieniu dróg żelaznych zrozumiane przez ogół, skutkiem czego rozrost sieci kolejowej postępował szybko.

Budowa tej sieci wymagała wykonania wielkiej ilości mostów, a zarazem ogólny rozwój gospodarczy krajów, zwłaszcza zachodnio-europejskich, powodował stałe zwiększanie się wymagań stawianych przy budowie mostów co do rozpiętości przęseł i ich wysokości nad poziomem wód. Te zaś przyczyny, działając stale, musiały wywoływać stopniowy rozwój techniki mostownictwa.

Szczegółowa historia rozwoju tej dziedziny techniki wymagałaby naturalnie kilkutomowej monografii i odpowiedniego czasu na jej napisanie. Niniejszy krótki artykuł, napisany dość pośpiesznie, daje za ledwie pobieżny zarys najgłówniejszych faktów, uwzględniając przede wszystkim prace inżynierów-Polaków, wykonane głównie na terenach Polski, oraz Rosji, gdzie wielu inżynierów Polaków zajmowało się przez długi czas budową dróg żelaznych i mostów, przyczyniając się tem do postępu kultury i cywilizacji na olbrzymich i mało zaludnionych przestrzeniach tego kraju.

Z natury rzeczy wypada, że taki krótki szkic nie może być ani dostatecznie wyczerpującym, ani zupełnie ścisłym i dokładnym. Jest to pierwsza próba, a zatem wszelkie jego uzupełnienia, uwagi i wskazówki będą przyjęte z wdzięcznością zarówno przez autora, jak też zapewne przez Redakcję „Przeglądu Techn.". Materiał ten da możność ułożyć w przyszłości pełniejszy i dokładniejszy obraz rozwoju techniki mostowej, w szczególności na wskazanych wyżej terenach. Poniższe zaś uwagi niech będą przyjęte jako wspomnienia, stanowiące słaby wyraz wdzięczności dla tych poprzedników naszych, którzy zostawili nam bogatą spuściznę wiedzy i doświadczenia.

Zarys niniejszy rozpada się na kilka części, zawierających krótkie wiadomości dotyczące się mostów:

- 1) żelaznych;
  - 2) drewnianych;
  - 3) kamiennych, betonowych i żelazobetonowych,
- oraz

4) niektóre wiadomości o katastrofach mostowych;

5) ogólne uwagi i

6) wnioski.

Stosownie do warunków geograficznych i gospodarczych różnych krajów, dążenie do wybudowania, w krótkim stosunkowo czasie, dróg żelaznych oraz odpowiedniej ilości mostów przybrało w poszczególnych krajach różne formy.

Anglja, będąca ojczyzną kolejnictwa parowego, jako kraj posiadający zasobne kopalnie węgla i rudy żelaznej oraz liczne fabryki wyrobów żelaznych, starała się naturalnie znaleźć zbyt tych wyrobów drogą masowej budowy żelaznych mostów kolejowych. Należy zaznaczyć, że już przed r. 1825, mianowicie od roku 1820, kiedy ukazała się szyna walcowana zamiast odlewanej, na ziemiach Wielkiej Brytanji budowano małe mostki belkowe z żelaza zgrzewnego, choć jeszcze przez długi czas i po 1825 r. używano nie tylko do mostów łukowych, ale i do belkowych o małych rozpiętościach żelaza lanego (żeliwa), lub obu tych tworzyw, wykonywując części ściskane z żeliwa, a części rozciągane z żelaza zgrzewanego. Małe mostki belkowe robiono także z szyn żelaznych, zaś większe — z żeliwa — wzmacniano przez dodawanie podciągów zastrzałowych z żelaza.

Rozpiętość łukowych mostów żelaznych budowanych w Anglji przed 1825 rokiem sięga 73 m (np. Southwarkbridge na Tamizie w Londynie, 1815—1819 r.). Wiszące zaś mosty, budowane z prętów żelaznych, już wówczas miały rozpiętość przęseł do 150 m, a żelazny most wiszący na cieśninie Menai koło Bangora w Anglji miał nawet 175 metrów rozpiętości (1819—1826).

Z tych samych przyczyn co w Anglji, stosowano też w Belgji i po części we Francji przy budowie kolei mosty żelazne, choć małe i średnie przęsła wykonywano we Francji także sklepione, korzystając z dobrego gatunku miejscowego kamienia.

Natomiast w Stanach Zjednoczonych A. P., jak również w Rosji, przy rozbudowie sieci kolejowej wykonywano z początku przeważnie mosty drewniane, ponieważ kraje te posiadały wówczas mało hut, zaś miały duże przestrzenie pokryte lasami, dającymi tani i dobry materiał drzewny. Jaknajszybsza budowa kolei żelaznych była w tych krajach niezbędna

dla ożywienia przemysłu i handlu na ogromnych, mało zaludnionych przestrzeniach i dla tworzenia nowych osiedli.

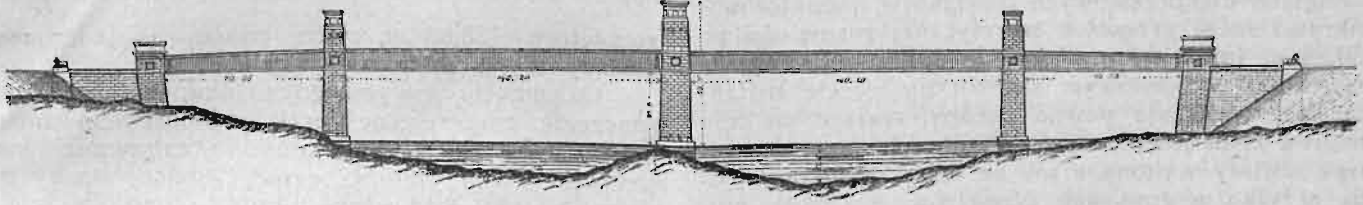
Co zaś do Niemiec i Austrii, to tam aż do roku 1850 stosowano przy budowie kolei prawie wyłącznie mosty kamienne i drewniane. Drewniane mosty były wówczas także szeroko budowane w Polsce.

### I. MOSTY ŻELAZNE.

**Belkowe mosty większej rozpiętości** z żelaza walcowanego (zgrzewnego) nie były jeszcze w pierwszych latach rozwoju kolejnictwa znane (1825 r.). Dopiero badania porównawcze wytrzymałości żeliwa i żelaza zgrzewnego, wykonane w latach 1846 i 1847, oraz bezpośrednie doświadczenia z modelami mostów żelaznych o  $\frac{1}{8}$  wielkości rzeczywistej, odpowiednio obciążanymi, dały angielskim inżynierom w osobach Roberta Stephensona (syna znakomitego konstrukto-

nelu, więc most tworzą dwie skrzynie metalowe, albo rury, postawione obok siebie i oparte końcami na podporach. Dwa duże przesła tworzą belkę ciągłą. Pasy górny i dolny mają postać skrzynki, zajmującej całą szerokość mostu, i składającej się w górnym pasie z dziewięciu belek dwuteowych, połączonych blachami poziomymi na górze i na dole, a w dolnym pasie — z siedmiu takich belek. Ścianki pionowe, łączące obydwie pasy, wykonane są z arkuszy blachy, wzmocnionych kątownikami pionowymi. Wysokość ustroju wynosi 8,38 m, t. j.  $H=1/17 L$ . Cała długość mostu, bez dojazdów: 460,50 m. Cała waga mostu na dwa tory — 11 530 t, co daje na jeden tor 5 765 t, czyli na jeden metr mostu dwutorowego 25,04 t, a na jeden metr i na jeden tor 12,52 t; największe naprężenie w ustroju żelaznym sięga 942 kg/cm<sup>2</sup>.

Analogicznej konstrukcji most na tejże linii kolejowej, na rzece Conway, zbudowany przez Ro-



Rys. 1. Most Britannia.

berta Stephensona), fabrykanta maszyn i kotłów Fairbarn'a, oraz teoretyka profesora Hodgkinson'a pewność, że belkowe mosty żelazne mogą być zastosowane na kolejach żelaznych również i przy większych rozpiętościach, o ile konstrukcja ich, oparta na danych doświadczeń, zapewni potrzebną wytrzymałość i sztywność.

W wyniku tych badań doświadczalnych, zostały wybudowane dwa pierwsze duże mosty z walcowanego żelaza zgrzewnego, mianowicie:

1) most Conway-River-Bridge, i

2) znakomity Menai-Street-Bridge, zwany mostem Britannia Bridge (rys. 1 i 2).

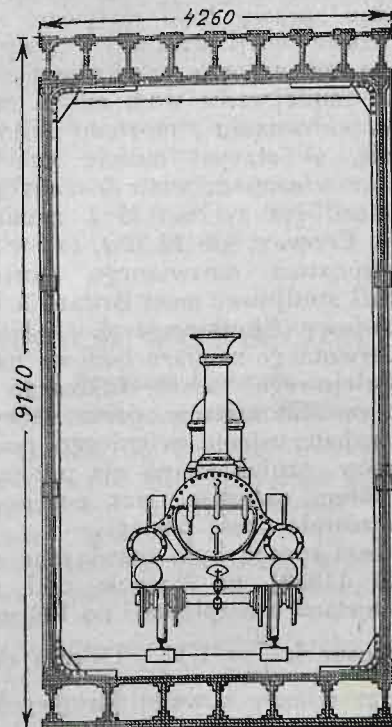
Pierwszy z nich zaczęto budować w roku 1847, skończono w r. 1849. Drugi zaś zaczęto w r. 1846, skończono w r. 1850.

Znakomitemu George'owi Stephensonowi nie dałoby się doczekać ukończenia budowy mostu Britannia i cieszyć się z triumfu swojego syna Roberta, gdyż zmarł on przed tem, w r. 1848. Możemy jednak śmiało powiedzieć, że te dwa arcydzieła mostownictwa, podobnie jak parowóz „Rocket” — były twórcami jego wielkiego ducha. Syn jego, Robert, zawdzięczał, jak sam mówił, swą wiedzę nie tyle szkole inżynierskiej, w której się kształcił, ile ojcu swemu, od którego otrzymał najcenniejsze wiadomości z mechaniki.

Wspomniane mosty żelazne są dziełami epokowymi i zapoczątkowują nową erę w rozwoju budowy mostów. Most Britannia leży na linii Chester—Holyhead, należącej do T-wa „London and North-Western Railway” i przecina cieśninę morską Menai-Street między Walją a wyspą Anglesea. Most ten składa się z dwóch dużych przeseł po 143,59 m między osiami podpór i dwóch małych — po 73,78 m między osiami podpór. Teoretyczna rozpiętość przeseł dużych wynosi 141,73 m każde (prześwit 140 m), małych — 71,90 m (prześwit 70,10 m). Jak widać z przekroju (rys. 2), most stanowi rodzaj tunelu metalowego; każdy tor przechodzi w osobnym takim tu-

nelu, więc most tworzą dwie skrzynie metalowe, albo rury, postawione obok siebie i oparte końcami na podporach. Dwa duże przesła tworzą belkę ciągłą. Pasy górny i dolny mają postać skrzynki, zajmującej całą szerokość mostu, i składającej się w górnym pasie z dziewięciu belek dwuteowych, połączonych blachami poziomymi na górze i na dole, a w dolnym pasie — z siedmiu takich belek. Ścianki pionowe, łączące obydwie pasy, wykonane są z arkuszy blachy, wzmocnionych kątownikami pionowymi. Wysokość ustroju wynosi 8,38 m, t. j.  $H=1/17 L$ . Cała długość mostu, bez dojazdów: 460,50 m. Cała waga mostu na dwa tory — 11 530 t, co daje na jeden tor 5 765 t, czyli na jeden metr mostu dwutorowego 25,04 t, a na jeden metr i na jeden tor 12,52 t; największe naprężenie w ustroju żelaznym sięga 942 kg/cm<sup>2</sup>.

Analogicznej konstrukcji most na tejże linii kolejowej, na rzece Conway, zbudowany przez Ro-



Rys. 2. Przekrój mostu Britannia (jednej z dwóch rur.

(w przekroju poprzecznym) tuneli metalowych (rur) postawionych obok siebie. Cały ciężar własny mostu dwutorowego wynosi 3045 t, co stanowi na jeden tor 1522,5 t. Ciężar własny na m bież. mostu dwutorowego wynosi 23,56 t/m, zaś na jeden tor—11,78 t/m. Największe naprężenie żelaza 976 kg/cm<sup>2</sup>.

Spółczesnemu inżynierowi rzuca się w oczy zbyt duża ilość metalu w pasach tych mostów, mały stosunek wysokości dźwigarów do ich rozpiętości, nieracjonalność pełnych ścianek pionowych, które mogły być zastąpione kratownicami, ale naturalnie trzeba się liczyć z ówczesnym stanem wiedzy i z tem, że to była pierwsza próba budowy żelaznych mostów belkowych o dużej rozpiętości.

O ile nam wiadomo, mosty te stoją dotychczas, a więc przetrwały przeszło 75 lat. Ta liczba ma znaczenie dla wyjaśnienia możliwej trwałości mostów żelaznych.

Jak szybkie postępy czyniła technika mostowa pokazało się już po niespełna ośmiu latach od czasu kiedy otwarto ruch kolejowy na moście Britannia-Bridge. W r. 1858 bowiem otwarto ruch kolejowy na żelaznym moście na Wiśle pod Tczewem w byłym zaborze pruskim. Most ten, również belkowy z ciągłych dwuprzęsłowych dźwigarów, jednotorowy, pokrywa sześć przęseł o teoretycznej rozpiętości po 130,88 m (przy rozp. w świetle 121,14 m). Jest on wzorowany w znacznym stopniu na moście Britannia, lecz wykazuje pewne zmiany, mające na celu możliwe zmniejszenie wagi. Mianowicie pasy skrzynkowe zostały wykonane nie na całej szerokości mostu, a tylko w granicach dźwigarów, a ścianka pionowa pełna została zastąpiona kratownicą płaską, gęstą, ze słupkami usztywniającymi, a co najgłośniejsze, stosunek  $\frac{H}{L}$  został znacznie powiększony, stanowiąc około 1/11,5, zamiast 1/17, jak w moście Britannia.

Widzimy więc, że twórcy tego mostu zdawali już sobie zapewne sprawę (pod wpływem rozwijającej się w tym czasie teorii kratownic) z wpływu wysokości belki na zmniejszenie przekroju pasów, i osiągnęli znaczne zmniejszenie wagi mostu na metr bieżący toru, w porównaniu z mostami Britannia i Conway. Istotnie, w starym moście na Wiśle koło Tczewa ciężar własny na metr bieżący pojedynczego toru wynosił już tylko 8,35 t, zamiast 11,78 t, jak w moście Conway, lub 12,52 t, jak w moście Britannia. Wykonawca omawianego mostu, inżynier Lentze, jeździł studjować most Britannia-Bridge podczas jego budowy. Skutkiem tych studjów było zaniechanie pierwotnego zamiaru budowy na Wiśle pod Tczewem kolejowego mostu żelaznego wiszącego, o przęsłach po 158 metrów, przez który, z obawy znacznych wahań ustroju wiszącego podczas przejazdu pociągów, projektowano nie przepuszczać pociągów w całym składzie, lecz osobno parowozy, a później pozostałą część pociągu.

W ten sam sposób było rozwiązane zadanie budowy mostu (1858) na Nogacie pod Malborkiem z dwoma przęsłami o rozpiętości po 103 m (w świetle 97,92 m). Stosunek  $\frac{H}{L} = 1/13$ . Uderzającym faktem jest, że ciężar własny nowego (drugiego) mostu żelaznego kolejowego (dwutorowego) w Tczewie na Wiśle, zbudowanego w latach 1888 — 1891 obok starego mostu opisanego wyżej, — wypadł nie o wiele większy niż ciężar własny starego mostu jednotorowego. Mianowicie ciężar ten na metr bieżący mostu dwutorowego wypadł tylko około 10 t/m (zamiast 8,34 t/m starego mostu jednotorowego). Przyczyną jest znów powiększony stosunek wysokości dźwigarów do ich rozpiętości. Mianowicie w nowym moście stosunek ten przyjęto 1/7,2 zamiast 1/11,5.

Dalszy postęp w budowie mostów żelaznych (w Anglii), polegał na wyodrębnieniu każdego z dźwigarów głównych, na zastąpieniu belek pełnych kratownicami o dużych polach, oraz na powiększeniu stosunku wysokości dźwigarów do ich rozpiętości, wreszcie na odstąpieniu od zachowania równoległości pasów, co daje się zauważyć w mostach budowanych w najbliższym czasie po otwarciu ruchu przez most Britannia. Wszystkie te zmiany miały na celu osiągnięcie możliwego zmniejszenia ciężaru własnego mostów.

Jako przykład, możemy zacytować znany most kolejowy Saltash-Bridge na rzece Tamar, na linii Great Western Railway, koło Plymouth, wykonany przez inżyniera Brunel'a (juniora) w latach 1858 — 1859. Główne dźwigary miały pas górny rurowy o przekroju eliptycznym, a dolny w postaci łańcucha; kształt dźwigarów był soczewkowy. Stosunek  $\frac{H}{L} = \frac{1}{8}$ , rozpiętość: 138,68 m, ciężar własny na jeden metr bieżący mostu jednotorowego: 7,16 t.

Osiągnięcie powyższego wyniku, mającego duże znaczenie ekonomiczne, przy jednoczesnym zachowaniu należytej wytrzymałości i sztywności konstrukcji, — sprzyjały znacznie z jednej strony postępy Statyki Budowlanej, które pozwoliły ściślej obliczać potrzebne przekroje poprzeczne odnośnych części ustrojów metalowych, z drugiej zaś strony postępy metalurgii, które dały możliwość ulepszenia tworzywa.

Mówiąc o postępach Statyki Budowlanej, należy przypomnieć, że już w r. 1821, czyli przeszło 104 lata temu, ukazało się pomnikowe dzieło znakomitego francuskiego inżyniera i uczonego Navier'a pod tytułem: „Résumé des leçons sur l'application de la Mécanique à l'établissement des constructions et des machines”, które wyjaśniło teorię zginania belek i wogóle podstawy obliczeń wytrzymałościowych. Jednakże pierwsze prace w zakresie wyznaczania naprężeń w prętach kratownic dokonane zostały (o czem literatura zachodnio-europejska zamilcza) przez Polaka, inżyniera komunikacji, kapitana Tadeusza Chrzanowskiego, oraz — w ślad za nim — przez Rosjanina, inżyniera komunikacji Dymitra Żurawskiego.

Kapitan T. Chrzanowski, będąc jako młody inżynier, przy budowie kolei Mikołajewskiej (1842 — 1851) od Petersburga do Moskwy, pierwszy podał sposób obliczania naprężeń w prętach kratownic w wypadku jednostajnego obciążenia ciągłego i zastosował to obliczenie do opracowania projektów mostów amerykańskiego systemu Howe'a, według którego budowano na tej kolei duże mosty drewniane \*).

Znakomity inżynier D. Żurawski, któremu była polecona budowa na tejże linii mostu na rzece Węrebje (jednego z największych mostów na kolei Mikołajewskiej) stwierdza ten fakt w swoim znanym dziele: „O mostach raskosnoj sistemy Howe”, nagrodzonym przez Akademię Nauk w Petersburgu (wyciągi z tej pracy zostały wydrukowane w „Annales des Ponts et Chaussées” w roku 1856).

(c. d. n.)

\*) Inż. T. Chrzanowski w r. 1860 napisał: „O wyznaczeniu sił działających w krzyżulcach i ścianach pełnych pionowych belek mostów systemu amerykańskiego; w r. 1876 — „O wyznaczeniu grubości ścian murowanych podtrzymujących nasypy”, a w r. 1877 wydał oryginalną teorię sklepień (patrz Prof. F. Kucharzewski, Mechanika w swym rozwoju historycznym, 1924 r.).