

PRZEGLĄD TECHNICZNY

TYGODNIK POŚWIĘCONY SPRAWOM TECHNIKI I PRZEMYSŁU.

TREŚĆ:

Most wiszący na rz. Delaware w Filadelfji w porównaniu z innymi mostami o dużych rozpiętościach, nap. Dr. Inż. St. Kunicki, Profesor Politechniki Warszawskiej.

Wytrzymałość i konsystencja betonów w zależności od dodanej wody i składu kruszywa, (dok.), nap. Inż. Wacław Żenczykowski.

Ruch towarowy na polskich drogach wodnych w roku 1926.

Bibliografia.

Przeгляд pism technicznych.

Sprawozdania i prace Polskiego Komitetu Energetycznego.

SOMMAIRE:

Le pont suspendu sur la Delaware à Philadelphie, en comparaison avec les autres ponts aux grandes ouvertures (à suivre), par M. St. Kunicki, Dr., Professeur à l'École Polytechnique de Varsovie.

L'influence de la quantité de l'eau et de la constitution du mélange sur la résistance et consistance du béton (suite et fin), par M. W. Żenczykowski, Ingénieur.

Le trafic des marchandises par voies navigables de Pologne.

Bibliographie.

Revue documentaire.

Bulletin du Comité Polonais de l'Énergie.

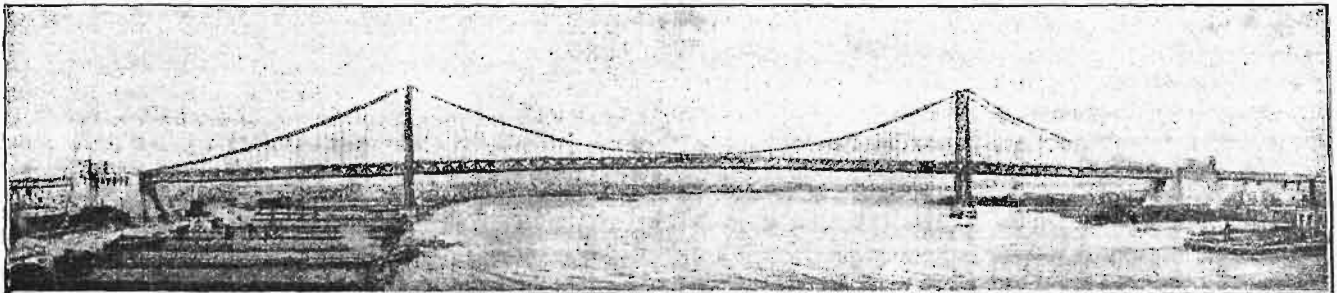
Most wiszący na rz. Delaware w Filadelfji w porównaniu z innymi mostami o dużych rozpiętościach.

Opracował*) Dr. inż. St. Kunicki, Profesor Politechniki Warszawskiej.

4-go lipca 1926 roku, w dniu 150-letniej rocznicy ogłoszenia niepodległości Stanów Zjednoczonych Ameryki Północnej, został otwarty dla ruchu największy na świecie (pod względem rozpiętości przęsła) most wiszący na linach z drutu stalowego, zbudowany na rzece Delaware. Most ten łączy miasto Filadelfję (należące do stanu Pennsylvania) z miastem Camden (należącym do Stanu New-Jersey). Budowę jego rozpoczęto w 1921 roku i ukończono w czerwcu roku 1926.

prześleń bocznych wynosi po 219,30 m. Cała długość mostu z przyczółkami, ale bez wiaduktów dojazdowych, wynosi 1077,76 m.

Ogólny koszt budowy mostu wyniósł około 36 $\frac{1}{2}$ milionów dolarów. Największa rozpiętość mostu Filadelfijskiego przewyższa rozpiętość takiego mostu Williamsburg Bridge (486,4 m) w New Yorku o 47 metrów, a rozpiętość mostu wiszącego Manhattan Bridge (446,9 m) w New Yorku o 86 metrów (rys. 1, 2 i 3).



Rys. 1. Most wiszący na rz. Delaware w Filadelfji (projekt Inż. D-ra R. Modjeskiego).

Most ten jest trójprzęsłowy; rozpiętość przęsła środkowego wynosi 533,4 m i jest dotychczas największą z rozpiętości już wykonanych mostów wiszących¹⁾. Rozpiętość każdego z dwóch

*) Według oficjalnego Sprawozdania Komisji budowy mostu Filadelfijskiego i artykułów dra inż. R. Bernharda (Z. d. V. D. Ing. 1927), inż. P. Caufourier'a (Génie Civil 1927), Prof. F. Kucharzewskiego (Przeгляд Techn. r. 1924) i inż. Leinekügel Le Cocq (Mémoires de la Société des Ing. Civils de France i Génie Civil 1927).

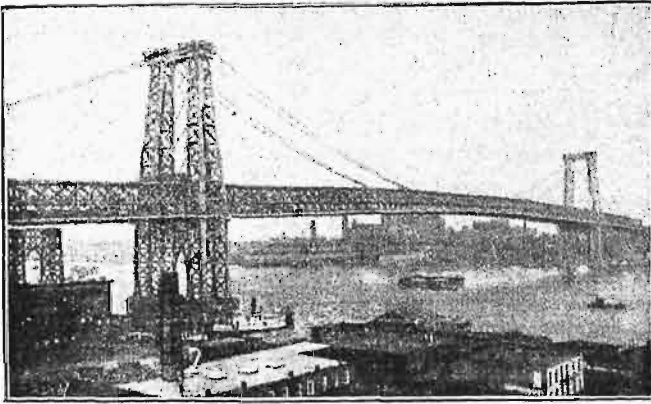
¹⁾ Z wiosną r. 1927 rozpoczęto budowę mostu wiszącego na rzece Hudson w New-York City, o rozpiętości przęsła środkowego 1070 metrów. Most ten ma być skończony w roku 1931. Projekt opracowany przez Komisję z inżynierem Danem na czele. (Patrz Nowiny Techn. Nr. 21, rok 1928).

W porównaniu zaś ze sztywnymi mostami wspornikowymi, ustępuje most Filadelfijski co do rozpiętości mostowi Quebec Bridge w Kanadzie na rz. Św. Wawrzyńca, którego rozpiętość (547 m) przewyższa prawie o 14 m rozpiętość rozpatrywanego mostu (rys. 4).

Największy europejski sztywny most wspornikowy przez zatokę morską Firth of Forth w Szkocji koło Edynburga ma rozpiętość (521 m) tylko o 12 metrów mniejszą od rozpiętości opisywanego mostu (rys. 5).

Most filadelfijski został zaprojektowany i zbudowany przez naszego rodaka, d-ra inżyniera Ralfa Modrzejewskiego, przy współudziale inżynier-

rów Webster'a i Ball'a, oraz innych wybitnych sił fachowych Ameryki, między innymi przy pomocy



Rys. 2. Most Williamsburg Bridge na East River w New Yorku.

znanego statyka, inżyniera Mojsiejf'a, oraz architekta, Francuza Carret'a. Kierownikiem robót na miejscu był inż. C. E. Chase; doradcą technicznym co do wykonania lin z drutu stalowego był inż. H. D. Robinson. Wykonanie robót i dostawa potrzebnych materiałów były powierzone kilku firmom budowlanym.

Ponieważ most Filadelfijski odznacza się od innych amerykańskich mostów wiszących tak pod względem zasad projektowania, jak i samej konstrukcji, przeto zaznajomienie się z głównymi osobliwościami tej budowli może być interesujące dla szerszego ogółu techników.

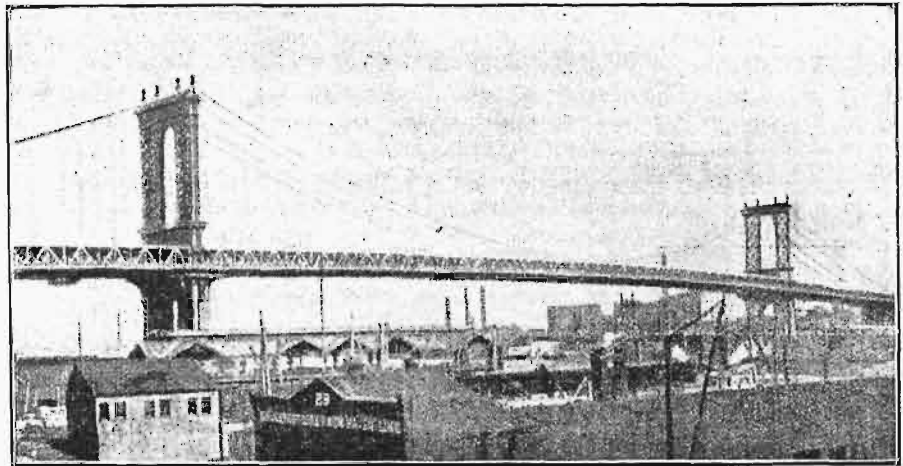
Przy tej sposobności należy wskazać na dojrzewającą już obecnie ewolucję w technice mostowej, tycającą się mostów o bardzo dużych rozpiętościach (ponad 300 metrów).

Mianowicie nie tylko w Ameryce, ale i w Europie i w innych częściach świata daje się zauważyć w ostatnich latach pewną tendencją do zwrotu ku budowie mostów wiszących. Przytem, o ile chodzi o mosty do zwykłego ruchu kołowego (t. zw. mosty drogowy), to jeszcze stosuje się dźwigary giętkie z lin z drutu stalowego²⁾, aczkolwiek dołączeniem kratownic usztywniających.

Jeśli zaś chodzi o mosty kolejowe dla ruchu pociągów towarowych, lub o mosty odpowiadające jednocześnie ruchowi kołowemu zwykłemu

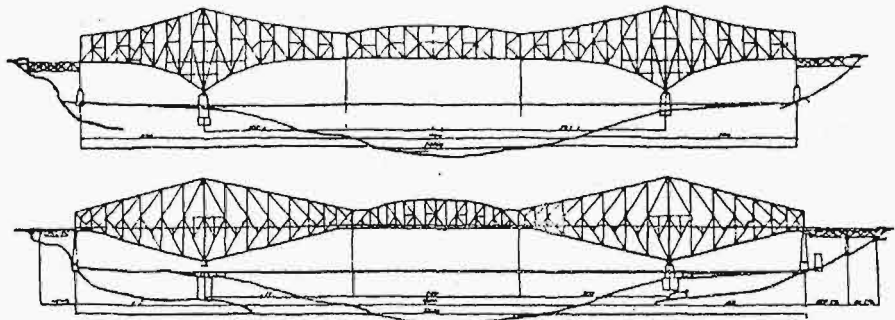
i ciężarowemu kolejowemu, to zaznacza się wyraźna tendencja do zastosowania, przy dużych rozpiętościach, mostów wiszących, ale w postaci sztywnych łuków odwrotnych. Tu leży rozwiązanie zagadnienia najtańszej budowy mostów kolejowych o dużej rozpiętości, przy zabezpieczeniu niezbędnej ich sztywności. Mamy tu na myśli projekt mostu wiszącego na Hudsonie (North-River) w New-Yorku, opisany w Przeglądzie Technicznym Nr. 31 z r. 1925³⁾, — o rozpiętości 1036 metrów, projekt takiegoż mostu inżyniera Lindenthal'a na North-River w New-Yorku o rozpiętości 944,5 metrów, oraz szereg mniejszych mostów wiszących sztywnych, wykonanych w latach 1923 — 1927 w Europie przez znaną firmę francuską Leinekugel Le Cocq (w liczbie 30 mostów) w jej zakładach mechanicznych, oraz most Florianopolis w Brazylii o rozpiętości 340 metrów.

Według inżyniera Leinekugel Le Cocq'a, obecnie jest zupełnie możliwe wykonanie mostów wiszących sztywnych (w kształcie odwrotnych łuków), odpowiadających wszelkim potrzebom tran-



Rys. 3. Manhattan Bridge w New Yorku.

sportu, t. j. przeznaczonych również do ruchu organizowanych ciężarowych pociągów normalnych kolei żelaznych parowych, przy rozpiętościach do 1500 metrów.



Rys. 4. Most Quebec Bridge na rz. Św. Wawrzyńca wedł. projektu pierwotnego i następnego (wykonanego po katastrofie w r. 1917).

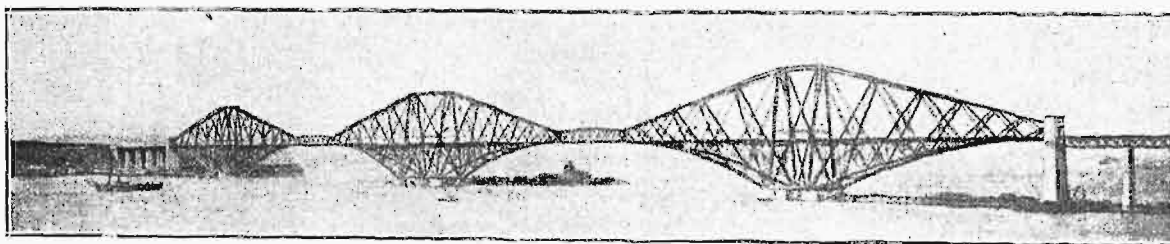
Ponieważ zaś w mostach wiszących metal pra-

²⁾ Pierwotna idea zastosowania lin z drutu do budowy mostów wiszących należy do inżyniera francuskiego Marc'a Séguin'a (1821).

³⁾ Projekt ten został wykonany przez inżyniera O. H. Ammann'a i prof. William'a H. Burr'a.

cuje najkorzystniej, gdyż ulega głównie naprężeniom rozciągającym, więc takie mosty są najekonomiczniejsze; wskutek czego należy spodziewać

obodnego przejazdu o szerokości nie mniejszej niż 243,84 m i o wysokości nie mniejszej niż 41,5 m nad średnim poziomem wysokich wód.



Rys. 5. Największy most w Europie, na zatoce Firth of Forth w Szkocji (1889).

się w przyszłości rozwoju techniki mostowej właśnie w tym kierunku.

W tych warunkach najopowiedniejszych rodzajami mostów był albo most wspornikowy belkowy, albo wiszący.

Projekty porównawcze wykazały, że most wiszący wypada taniej o 10 do 20% od mostu belkowego wspornikowego, wskutek czego przyjęto do wykonania projekt mostu wiszącego.

Co do ilości potrzebnego metalu do budowy mostu, to wstępne obliczenia wykazały, że dla mostu wiszącego potrzeba było 33 000 tonn żelaza, zaś dla mostu belkowego wspornikowego 47 000 tonn. Naturalnie, cena jednostkowa tych materiałów była w obu wypadkach różna.

Projekt mostu wiszącego ma i pod względem estetycznym duże zalety, gdyż most Filadelfijski łączy to miasto z przedmieściem Camden, czyli leży jakby na terytorjum miasta.

Oprócz tego na korzyść mostu wiszącego przemawiała ta okoliczność, że roboty przy budowie takiego mostu można było rozdzielić między kilka przedsiębiorstwami (jak wspomniano już powyżej). Natomiast dla mostu belkowego wspornikowego wykonanie przęseł, mogące być powierzone jednemu przedsiębiorstwu, wymagałoby zawarcia umowy prawie na $\frac{1}{8}$ całkowitego kosztu mostu (t. j. na sumę przeszło 10 milionów dolarów).

Formalności związane z zawarciem i zatwierdzeniem kontraktu na tak znaczną sumę wymagałyby dużej straty czasu. Oprócz tego uzyskanie kapitału potrzebnego do budowy mostu przykil-

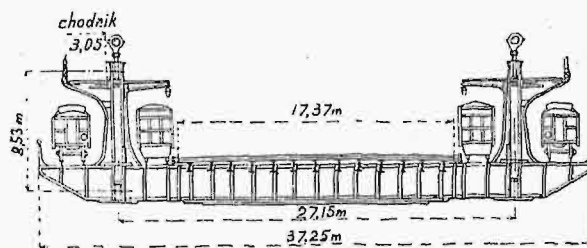


Rys. 6. Widok perspektywiczny mostu Filadelfijskiego po ukończeniu montażu jezdni.

Oprócz tego, mosty wiszące mają lekki i estetyczny wygląd zewnętrzny i łatwo poddają się opracowaniu architektonicznemu, co jest ważne szczególnie dla mostów w miastach.

Powracając do mostu filadelfijskiego, należy nadmienić, że szerokość rzeki Delaware w miejscu budowy mostu dochodzi do 900 metrów, głębokość rzeki od poziomu wysokich wód przewyższa 10 metrów, że twardy grunt skalisty znajduje się pod warstwą słabego gruntu na głębokości od 18 do 30 metrów od poziomu wód wysokich.

Dla potrzeb żeglugi wymagane było pozostawienie pośrodku, między podporami mostu, swo-

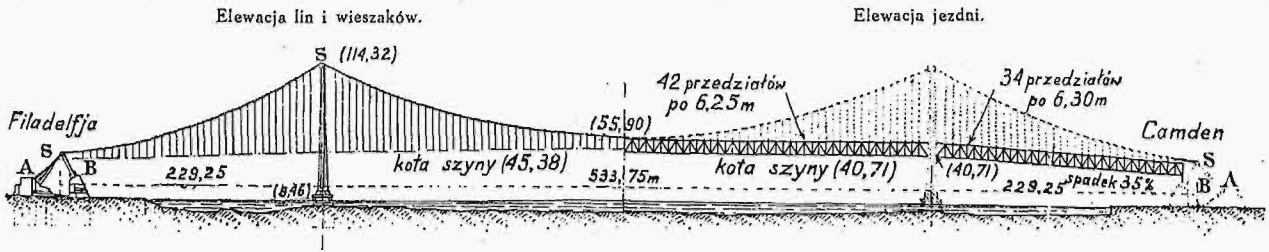


Rys. 7. Przekrój poprzeczny mostu Filadelfijskiego.

ku umowach na mniejsze sumy było znacznie ułatwione.

Wreszcie, montaż mostu wiszącego jest prostszy i łatwiejszy niż montaż mostu belkowego wspornikowego.

przeważnie do ruchu kołowego. Na moście tym, oprócz jezdni o szerokości 17,37 m do wszelkiego rodzaju ruchu kołowego, przewidziane są dwa tory



Rys. 8. Schemat elewacji mostu Filadelfijskiego.

A — jezdnie; B — wieże pochyłe (odchylacze); S — siodelka.

Jedyną słabszą stroną mostu wiszącego (giętkiego) na linach stalowych w porównaniu ze sztywnym mostem wspornikowym, polegająca na mniej-

tramwajowe i dwa tory kolei żelaznej miejskiej (metropolitain) z trakcją elektryczną.

Na rys. 6 podany jest widok perspektywiczny mostu Filadelfijskiego.

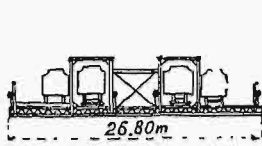
Na rys. 7 mamy przekrój poprzeczny tegoż mostu, a na rys. 8 schemat elewacji z niektórymi danymi cyfrowymi.

Rys. 9 — 13 dają porównanie przekrojów poprzecznych wielkich mostów New-York'u z przekrojem poprzecznym mostu Filadelfijskiego.

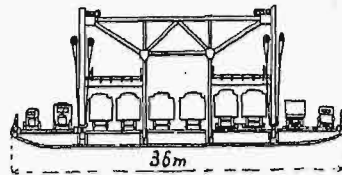
Jak widać z rys. 8, profil podłużny powierzchni jezdni mostu przedstawia dwie pochyłości o spadku 0,035, połączone krzywą paraboliczną w części środkowej mostu, przyczem wymagana wysokość przejazdu swobodnego dla statków pod mostem (wskazana powyżej) została utrzymana.

Główne liny wiszące z drutu stalowego.

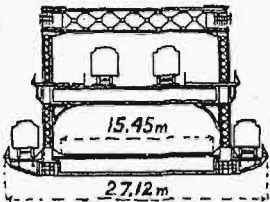
Głównymi dźwigarami mostu są dwie tylko liny z drutu stalowego (rys. 14). Każda linę składa się z 61 pęczków drutów, w każdym pęczku jest po 306 drutów stalowych galwanizowanych (ocynkowanych) o średnicy każdego drutu 4,8 mm. Każdy pęczek utworzony jest ze 153 zwojów (na-



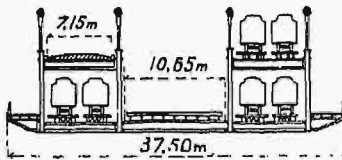
Rys. 9. Przekrój mostu Brooklyńskiego (485 m).



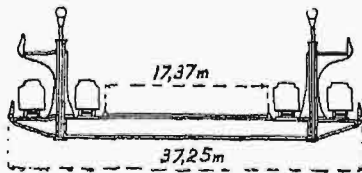
Rys. 10. Przekrój mostu Williamsburg (487,7 m).



Rys. 11. Przekrój mostu Queensboro (wspornikowego).



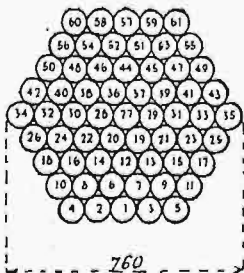
Rys. 12. Przekrój mostu Manhattan (448 m).



Rys. 13. Przekrój mostu Filadelfijskiego.

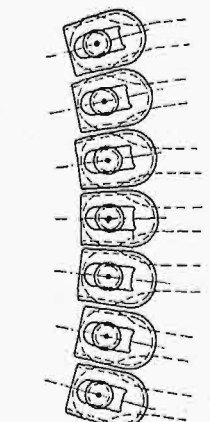
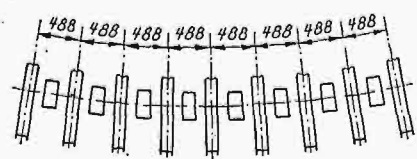
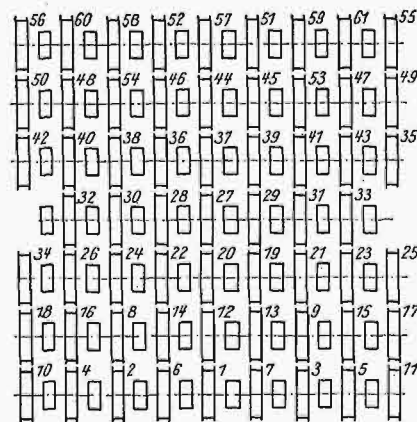
Rys. 9—13. Porównanie przekrojów poprzecznych mostów Nowo-Jorskich z mostem Filadelfijskim.

szej sztywności takiego mostu wiszącego pod wyjątkowym obciążeniem ruchomym zespołem dużych



Rys. 14. Przekrój liny wiszącej z drutu stalowego na siodelku i przekroje prętów zakotwienia.

ciężarów skupionych, jak to ma miejsce w mostach kolejowych, — nie ma w danym wypadku znaczenia, ponieważ most filadelfijski jest przeznaczony

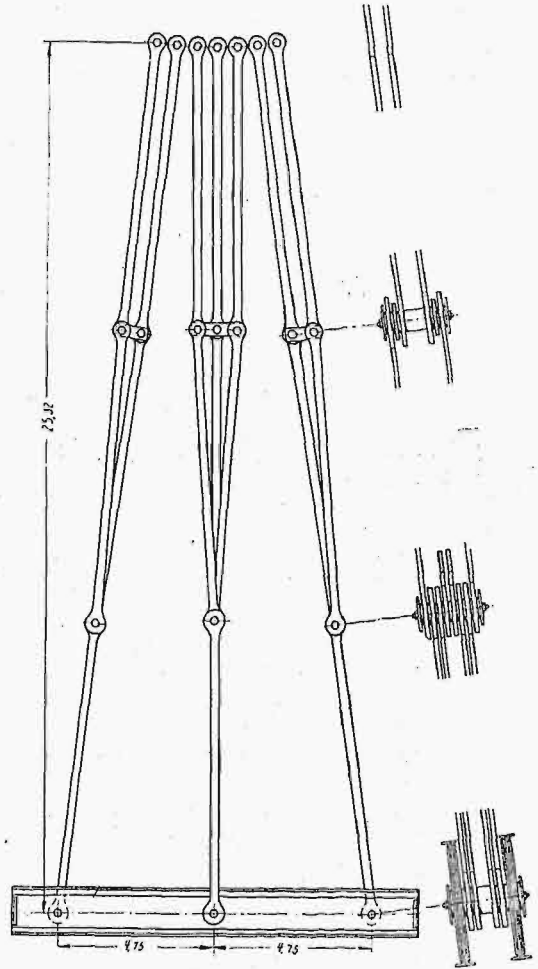
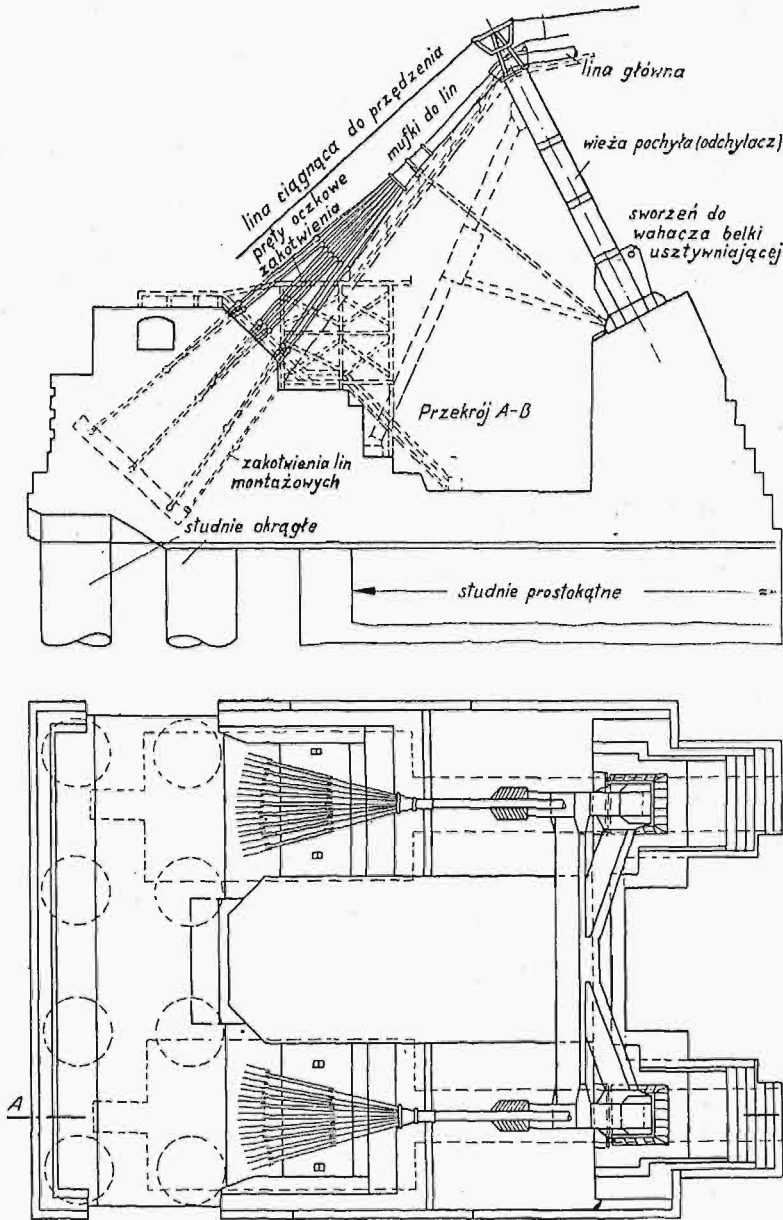


Rys. 15. Rozkład głowic (szpul) zakotwienia. Połączenie 61 pęczków drutów z prętami oczkowymi zakotwienia (winieć) drutu, przechodzących na obydwu skrajnych podporach mostu dookoła głowic zakotwienia, przedstawiających (rys. 10) podstawą półko-

listą, jakby pół szpuli. Przy przedzeniu lin druczianych, drut owija się koło głowicy-szpuli, poło-

Pręty zakotwienia łączą się z zespołem belek, zamurowanych w beton w dolnej części przyczółka (rys. 16 i rys. 17).

Bezpośrednio za pochyłą wieżą (odchylaczem) główne linie wiszące pokryte są stalowymi mufkami, pokazanymi na rys. 18. Należy zaznaczyć że badania lin stalowych mostu Brooklyńskiego, po



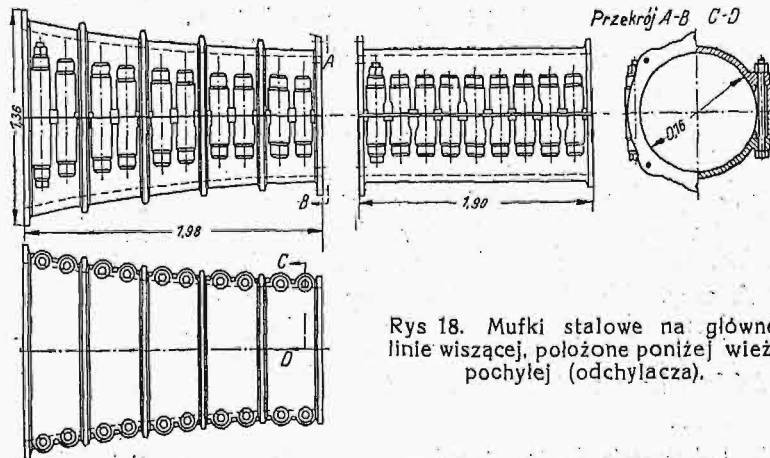
Rys. 16. Przyczółek z uwidocznionym zakotwieniem i pochyłą wieżą — odchylaczem.

Rys. 17. Zakotwienie głównej linii wiszącej za pomocą prętów oczkowych (eye-bars) i belek dwuteowych.

nej w płaszczyźnie poziomej. Przy łączeniu tych głowic-szpul z prętami zakotwienia, głowice obracają się o 90° i ustawiają się w płaszczyźnie pionowej. Średnica całej liny stalowej, tworzącej jeden dźwigar, stanowi 0,762 m (rys. 14).

47-miu latach jego służby, nie wykazały żadnych śladów ich rdzewienia.

Na rysunku tym pokazane są także przekroje prętów, służących do zakotwienia liny w przyczółku. Samo zakotwienie wykonane jest za pomocą specjalnych prętów z okrągłymi otworami (oczkami) na końcach. Para takich prętów obejmuje z dwóch stron głowicę zakotwienia każdego z 61 pęczków lin stalowych i łączy się z nią za pomocą sworzni, wstawionej w oczka prętów (rys. 15).



Rys. 18. Mufki stalowe na głównej linie wiszącej, położone poniżej wieży pochyłej (odchylacza).

Wspomniana wyżej średnica lin stalowych mostu Filadelfijskiego jest największa z używanych dotychczas, gdyż średnica lin wynosi: w moście Brooklyńskim 0,4 m, w moście Williamsburg 0,47 m, w moście Manhattan — 0,52 m. W zbudowanych poprzednio mostach wiszących (wspomnianych wyżej) używano po cztery liny, na główne dźwigary; w moście zaś filadelfijskim, a przedtem jeszcze w moście Bear-Mountain użyto tylko dwóch lin. Przy dwóch linach, rozkład ciśnień jest zupełnie określony, wskutek czego nie zachodzi potrzeba powiększania przekrojów na zapas, jak przy czterech linach, kiedy teoretyczny rozkład

ciśnień może nie odpowiadać ściśle rzeczywistemu ich rozkładowi. Stąd wynika, że użycie dwóch lin, zamiast czterech, daje pewną oszczędność materiału.

Należy nadmienić, że druty stalowe w linach układane były równolegle do siebie, a nie skręcane, żeby nie przetęczać drutów⁴⁾.

Strzałka ugięcia liny stalowej, mającej w wypadku mostu nieobciążonego i przy średniej temperaturze ($=13^{\circ}$ C) kształt paraboliczny, ma wymiar 61 m, t. j. stosunek $\frac{f}{l} = \frac{61}{533,75} = \frac{1}{8,75}$ dla przęsła środkowego.

(d. c. n.)

Wytrzymałość i konsystencja betonów w zależności od dodanej wody i składu kruszywa.^{*)}

Napisł Inż. Wacław Żenczykowski.

C. Konsystencja betonu.

Beton pod względem konsystencji może być suchy, plastyczny i ciekły. Betonu zbyt suchego nie używa się do żadnych robót, ponieważ stanowi sypką, słabo wiążącą się masę, nie nadającą się do urobienia.

Betonu suchego używa się do wyrobów maszynowych. Beton o konsystencji wilgotnej ziemistej masy używany jest jako t. zw. beton ubijany do budowy dróg i maszynowych bloków. Niemieckie przepisy rozumieją pod pojęciem beton ubijany taki beton, z którego kula, zrobiona w ręku, ma powierzchnię widocznie mokrą; taki beton zawiera tylko tyle wody, że występuje ona na jego powierzchni dopiero po skończonym ubijaniu.

Betonem plastycznym przepisy te nazywają beton zawierający tyle wody, że krawędzie wgłębienia, zrobionego w nim przez uderzenie ubijakiem, nie odkształcają się w ciągu pewnego krótkiego czasu, a dopiero później zanikają.

Betonu plastycznego nie ubija się, lecz tylko „dziobie” się, dla lepszego przemieszania, zagęszczym prętem żelaznym.

Beton plastyczny ma najszersze zastosowanie w żelazobetonie.

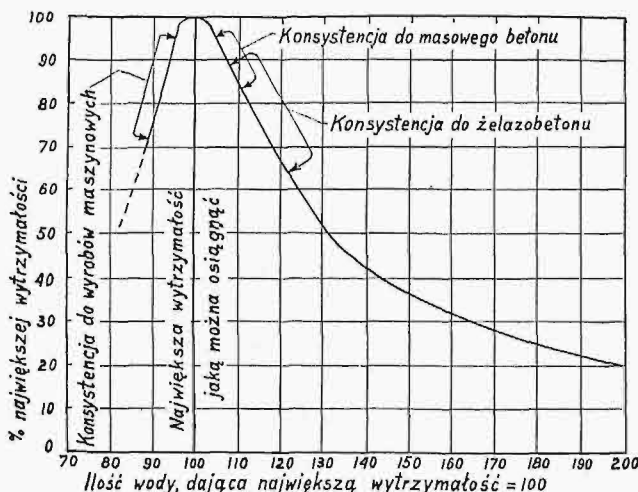
Beton ciekły jest to płynna masa betonowa, nie wymagająca żadnego urabiania, która, przy pomocy rur lub rynien, płynie pod własnym ciężarem do miejsc betonowania.

Dla porównania konsystencji betonów, wprowadził Abrams pojęcie t. zw. ciekłości względnej, t. j. stosunku procentowego ilości dodanej wody do tej ilości, przy jakiej osiąga się dla danego betonu największą wytrzymałość.

A więc ciekłość względna, przy ilości wody dającej największą wytrzymałość, wynosi 100; o ile ilość wody zwiększymy o 10%, 20%, 30% i t. d., to ciekłość będzie 110, 120, 130 i t. d.

Wytrzymałość w zależności od ciekłości dla betonu stosowanego w praktyce przedstawia Abrams w postaci następującego wykresu (rys. 17).

Jednocześnie Abrams podaje następującą tabelicę, wykazującą ilości wody, jako przeciętne, dające najbardziej odpowiednią konsystencję dla robót konstrukcyjnych (p. tabelę na str. następnej).



Rys. 17. Wytrzymałość w zależności od ciekłości betonu według Abramsa.

Abrams twierdzi, że przy kruszywach o różnym doborze ziarn i tym samym spólczynniku cement-woda otrzymujemy zawsze jednakową konsystencję, o ile wskaźnik miążkości jest ten sam. Probst, na podstawie nowych doświadczeń, dowodzi, że twierdzenie Abramsa jest słuszne tylko w wąskich granicach zmienności ziarn kruszywa.

⁴⁾ Ma to ważne znaczenie, jak widać z odnośnych badań (Patrz Przegl. Techn., rok 1927, artykuł Prof. Edwina Hauswalda pod tytułem: „Wytrzymałość i trwałość lin drucianych w świetle nowszych badań”).

^{*)} Dokończenie do str. 610 w Nr. 28 — 29 r. b.