

C

Nr. 3972

Politechnika Warszawska

STEFAN BRYŁA

# NAJNOWSZE KONSTRUKCJE MOSTÓW SPAWANYCH

---

Odbitka z „*Wiadomości Drogowych*” Nr. 81, 1933.

---

WARSZAWA 1933

STEFAN BRYŁA

OFFICE

**NAJNOWSZE KONSTRUKCJE  
MOSTÓW SPAWANYCH**

---

Odbitka z „*Wiadomości Drogowych*” Nr. 81, 1933.

---

WARSZAWA 1933

BIBLIOTEKA  
POLITECHNIKI WARSZAWSKIEJ  
Warszawa, ul. Jankowskiego i Robotniczej 1

~~C 3972.~~

~~28355~~



nr. 215

Druk. Józef Jankowski i S-ka. Warszawa, Zielna 20. Telefon 519-77.

BG03P/070-321

211



Polska była tem państwem, które pierwsze zdecydowało się na budowę mostu spawanego, dzięki przedsiębiorczości b. ministra Moraczewskiego, dyr. Nestorowicza i ś. p. naczelnika Kalinowskiego. Most ten, zbudowany pod Łowiczem według moich planów, stał się głośny w literaturze technicznej całego świata, a dobre doświadczenia z nim poczynione zaważyły wybitnie na rozwoju mostów spawanych. Rozpiętość 27 m., którą ten most miał, a która zdawała się podczas (r. 1928/9) być rozpiętością ryzykowną — dzisiaj przekroczona została już po wiele razy. Mosty spawane doszły jako mosty drogowe do nieomal 70 m. rozpiętości. Co do mostów kolejowych, to nawet Niemcy, do niedawna tak zacofane w spawaniu, budują już spawane mosty dla kolei o rozpiętości 33.60 m.

Niestety — nie utrzymaliśmy tempa w tym postępie. Budowa mostów spawanych nie posunęła się u nas — raczej cofnęła się. Nie zbudowano ani mostu w Równem, ani mostu w Ciechanowie, które były projektowane jako spawane. Tylko sejmik łowicki zdobył się na budowę drugiego mostu spawanego, zresztą niedługiego (rozpiętości 17 m). O mostach kolejowych lepiej nie mówić. Nie zbudowaliśmy jeszcze nawet mostu próbnego, a kwestja próbnego wzmocnienia jednego z istniejących mostów kolejowych jest w trakcie długotrwałych debat, gdy w innych państwach jest to rzecz stara, dawno przesądzona korzystnie i wielo-wielokrotnie stosowana. W pewnym stopniu wynagradza to może fakt, że spawanie rozwinęło się u nas wybitnie w dziale budownictwa lądowego, a szereg warsztatów postawił spawanie na bardzo wysokim stopniu rozwoju. Niektóre z tych warsztatów przeszły w pierwszym rzędzie na spawanie. Wymienić tu należy przedewszystkiem Hutę

Pokój, gdzie kierunek ten nadał dyr. Absolen, oraz Zakłady Ostrowieckie, a w znacznym stopniu też firmę K. Rudzki. Niemniej w dziale mostów spawanych nie zrobiliśmy ani kroku. Tembardziej ważne jest uprzytomnienie sobie postępu, jaki w tym kierunku uczyniły inne państwa.

Mamy dzisiaj mosty spawane wszystkich typów: blaszane, kratowe, bezprzekątniowe, ramowe, łukowe, wiszące. Mamy je o najrozmaitszych przekrojach prętów: złożone z profili walcowanych, z płaskowników, z rur. Urabiać zaczynają się pewne zasady połączeń spawanych. Nikt nie będzie już dzisiaj stosował kątówek w blachownicach, pasach belek teowych i podobnych konstrukcjach spawanych. Wykonywa się je z blach. Połączenie belek ze sobą (np. utwierdzenie podłużnic od poprzecznic) zaczynają się ustalać. -- Niemniej zjawiają się jeszcze nowe formy. Np. zastosowanie się do konstrukcyj spotykamy coraz częściej. Wykorzystuje się nawet podrzędne odpadki na części konstrukcji, co niezależnie od powodów innych, ustrojowych, które opisałem w pracy, p. t. „Żelazne mosty spawane” (1931), tembardziej wpływa na ułatwienie i potaniecie mostu.

Nic dziwnego, że technika nie znalazła jeszcze tak szybkiego rozwoju którejkolwiek metody budowania, że rozwój ich postępuje tak szybko. Widać to na podanym następującym zestawieniu:

1928/9.	Polska. Most w Łowiczu	l = 27,00 m
1930.	Szwajcaria. Most w La Souste	l = 38,00 m
1931.	Czechosłowacja. Most w Pilźnie	l = 49,20 m
1932.	Szwajcaria, Most w Ponto-Valentino (kładka)	l = 52,00 m
1933.	Belgia. Most w Sanaye	l = 68,00 m

Może zestawienie to pobudzi i naszych inżynierów do pracy w tym kierunku.

Podaję najcharakterystyczniejsze dane, dotyczące mostów spawanych drogowych, wzniesionych w ostatnich dwu latach.

#### A. Mosty blaszane.

Podam tu krótki opis trzech mostów, mianowicie: mostu na rzece Grzy (Jugosławja), oraz mostów w Houston (Szkocja) i w Middlesborough (Anglja). Zbudowanie pierwszego z nich

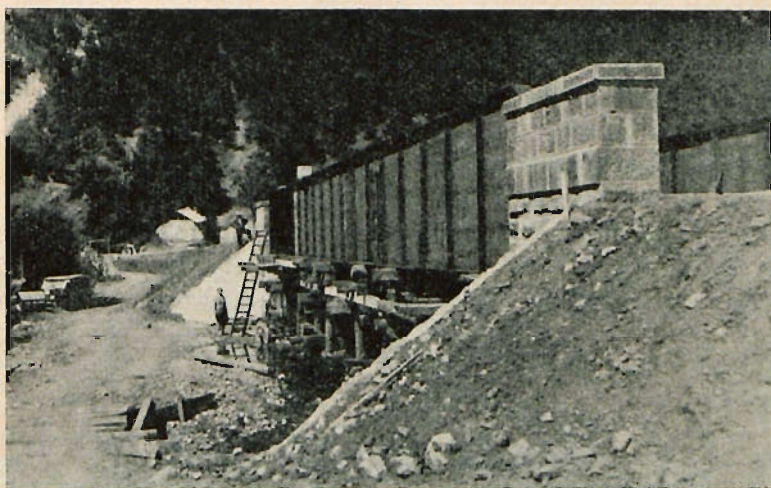


w najbliższym nam krwią i sympatjami państwie jest zasługą inż. Nenada Lancoś'a, naczelnika wydziału mostowego w Ministerstwie Komunikacji. Jest on, podobnie jak i drugi z tych mostów, mostem belkowym. Trzeci z mostów wspomnianych, most w Middlesboreugh jest, konstrukcją ramową.

Wszystkie z nich zbudowane zostały jako blachownice spawane, których przekrój składa się z blachy stojącej (ścianki, środnika) i z poziomych nakładek.

### *Most na rzece Grzy (Jugosławja).*

Most na rzece Grzy na drodze Paracin-Zajecar w Jugosławji był w chwili zbudowania największym mostem blaszanym spawanym w Europie. Spoczywa on na przyczółkach



Rys. 1. Most na rzece Grzy.

wykonanych z kamienia, które służyły poprzednio do podtrzymywania dotychczasowego mostu drewnianego. Po usunięciu tego prowizorium uskuteczniiono na przyczółkach tylko bardzo małe poprawki, celem przystosowania ich do obecnej konstrukcji mostowej.

Rozpiętość mostu wynosi 24.72 m w świetle, odstęp belek głównych, wykonanych wyłącznie z blach, jak zwykle

w blachownicach spawanych, wynosi 5,40 m. Wysokość ścianki belek  $h = 2,48$  m. Poprzecznice, umieszczone w odstępie 4,12 m., wykonane są również jako blachownice o wysokości ścianki 0,716 m. Połączenie poprzecznic z belką główną wykonane jest podobnie, jak przy moście spawanym blaszanym na Słudwi pod Retkami. Podłużnic nie ma, a otwory pomiędzy poprzecznicami przesklepiono płytą żelaznobetonową. Całkowity ciężar konstrukcji wynosi 32 tonny, przy cenie jednostkowej około 8,00 dynarów (0,92 zł) za jeden kg. Całkowity koszt mostu wraz z naprawą przyczółków, wykonaniem ramp dojazdowych, konstrukcją stalową, oraz wykonaniem bruku na jezdni z mozaiki wyniósł 375,000 dinarów (34,600 zł). Konstrukcję oddano do użytku w r. 1932.

#### *Most w Houston (Szkocja).*

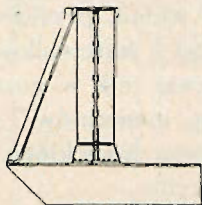
Most w Houston, w Szkocji jest jeszcze większy (rys. 2). Rozpiętość jego wynosi 62 stóp 6" = 19,0 m, szerokość 16 stóp 3" = 4,95 m. Konstrukcja jest zupełnie prosta, o ile chodzi o belki główne. Są to mianowicie blachownice, których jedyną różnicą w stosunku do zwykłych mostów jest to, że pas



Rys. 2.



górnym jest z ceówki zwróconej ku dołowi, co zrobiono, by nadać mu większą sztywność na wyboczenie. Ciekawsze jest utwierdzenie poprzecznic, wykonanych z dwuteówek, które są podwieszane dołem do dolnej nakładki blachownic na styk bezpo-



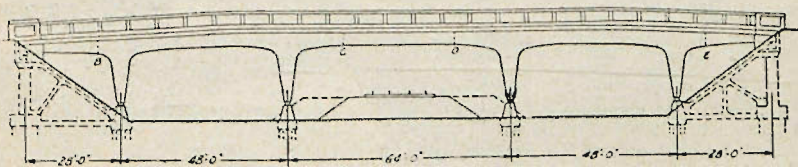
Rys. 3.

średni (rys. 3). Dotychczas przeważnie obawiano się połączeń spawanych na rozciąganie — niesłusznie zresztą. Nawet konserwatywni Anglicy stanęli na stanowisku, że obawy te są niepotrzebne.

#### *Most w Middlesbrough (Anglja),*

Most w Middlesbrough jest mostem ramowym. Przęsło jego środkowe ma 64 stóp = 19,5 m, sąsiednie po 48 stóp = 14,6 m. Szerokość mostu wynosi 38' = 11,6 m.

Most ma dziewięć belek głównych, które wykonano wszystkie o kształcie blachownic, składających się wyłącznie z blach



Rys. 4.

średnika i blach nakładkowych. Dzięki zastosowaniu spawania można było zmniejszyć wysokość konstrukcyjną belek głównych z 5' = 1,52 do 3'6" = 1,08 m. Prócz tego zastosowane spawanie zmniejszyło ciężar konstrukcji stalowej o 20%.

#### B. Mosty kratowe.

Podam tu krótki opis najcharakterystyczniejszych mostów kratowych spawanych, mianowicie mostu w Pilźnie, mostu



MP. 215

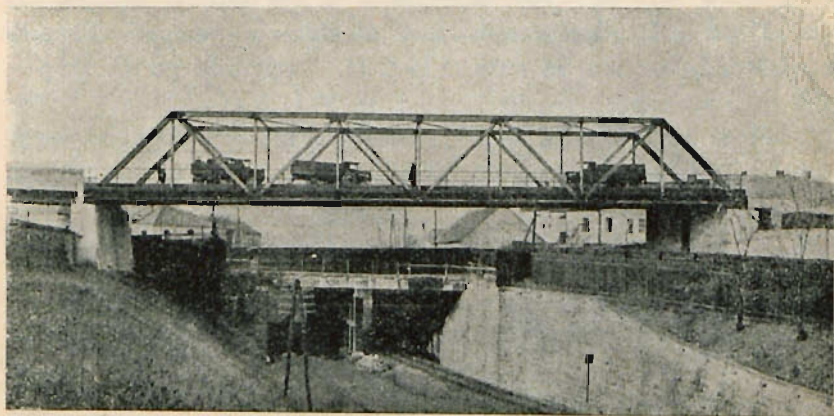


w Lanaye i kładki w Wiesbergu. Pierwszy z nich charakteryzuje dobrze dzisiejsze tendencje w budowie mostów kratowych o krać trójkątowej, drugi w budowie mostów bezprzekątniowych, trzeci jest przykładem ciekawej konstrukcji rurowej.

Jak z mostów tych widać, przekroje pasów wykonywa się albo złożone z blach, albo z kątowników. Połączenia węzłowe wyglądają zupełnie inaczej niż w mostach nitowanych. Widać też, że cały szereg elementów, wprowadzonych po raz pierwszy w projekcie mostu łowickiego, stał się pierwowzorem dla konstrukcji późniejszych.

#### *Most w Pilźnie (Czechosłowacja).*

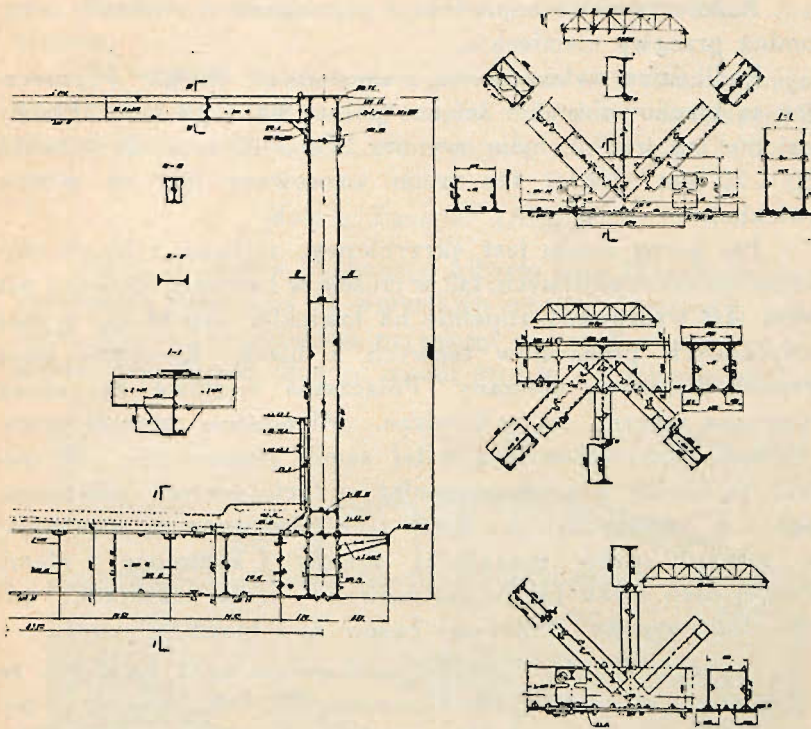
W roku 1931 oddano do użytku most kratowy spawany o rozpiętości 49,20 m w Pilźnie (rys. 5). Dźwigary główne są kratownicami trapezowymi o rozpiętości 49,200 m i teoretycznej wysokości  $h = 6,400$  m. Odstęp dźwigarów głównych wynosi 8,350 m, odstęp poprzecznic 6,15 m. Szerokość jezdni



Rys. 5.

6,250 m. Tężniki wiatrowe są dołem i górą. Nawierzchnia kostkowa spoczywa na 15 cm płycie żelbetonowej i 1,5 cm warstwie asfaltu (rys. 6).

Konstrukcja wykonana jest ze stali St. 38. Naprężenie dopuszczalne dla poprzecznic i podłużnic przyjęto  $850 \text{ kg/cm}^2$ , dla belek głównych  $k = 870 + 3 l = 1017 \text{ kg/cm}^2$ , przy uwzględnieniu wiatru  $1350 \text{ kg/cm}^2$ .



Rys. 6.

Z uwagi na to, że Czechosłowacja dotychczas nie posiadała przepisów dla konstrukcji spawanych przyjęto naprężenie dopuszczalne dla spoin według projektu fabryki Skody (zatwierdzonego przez Ministerstwo). Dla jezdni przyjęto

na rozciąganie — 550 kg/cm<sup>2</sup>

na ściskanie — 800 „

na ścinanie — 500 „

natomiast dla dźwigarów górnych bez wiatru

na rozciąganie — 680 kg/cm<sup>2</sup>

na ściskanie — 970 „

na ścinanie — 630 „

z uwzględnieniem parcia wiatru

na rozciąganie — 900 kg/cm<sup>2</sup>

na ściskanie — 1250 „

na ścinanie — 800 „



Różniczkowanie naprężeń na rozciąganie i ściskanie przypomina przepisy niemieckie.

Podłużnice wykonane są z dwuteówek N. 40. Poprzecznice są blachownicami o ściance pełnej  $800 \times 12$  mm. Blachy poziome na środku mają wymiar  $330 \times 30$  mm. na końcach  $330 \times 20$  mm. Ustrój ten zatem wzorowany jest na moście łowickim.

Pas górny mostu jest skrzynkowy, złożony z blach, zupełnie tak samo ułożonych, jak w moście w Łowiczu. Również pas dolny jest wzorowany zupełnie na łowickim, składa się z dwu odwróconych przekrojów teowych z blach. Krzyżulce mają przekrój dwuteowy blaszany. Połączenia węzłowe są jednak wykonane inaczej niż w Łowiczu. Mianowicie ścianki pasów i nakładki krzyżulców leżą w tej samej płaszczyźnie. W węzłach są blachy węzłowe, również o tych samych płaszczyznach. W miejscach styku blach tych przerwane są wspomniane ścianki pasów i nakładki słupów i zespolone z nimi. W miejscach styku pasów zastosowano nadto przykładki odpowiednio wycięte. Przepony pasów są z blach.

Poprzecznice są blachownicami, połączonymi na dotyk ze słupami kraty, podłużnice dwuteówkami połączonymi z poprzecznicą górą na nakładkę, przechodzącą przez ściankę blachownicy. Most usztywniono blachami podobnymi, jak w moście łowickim. Wiatrownice są z kątówek.

Cała konstrukcja waży 145,7 t, przyczem ciężar spoiny uwzględniono w ten sposób, że do ciężaru żelaza dodano 1% wagi żelaza spoiny. Konstrukcja nitowana ważyłaby 174,9 t, zatem oszczędność wynosi 29,2 t t. j. 17%.

Przed rozpoczęciem robót wykonano badanie spawaczy, przyczem żądane minimum wytrzymałości próbek wynosiło na rozerwanie  $R_r$  —  $2800 \text{ kg/cm}^2$ . na ścinanie  $R_{rs}$  —  $2400 \text{ kg/cm}^2$ .

Do spawania użyto elektrod własnego wyrobu, o składzie chemicznym 0,8C, 0,8Mn, 0,15Si, 0,007P, 0,02S. Spawano prądem stałym z transformatoru o napięciu 25 — 30 V. Badanie lokalne spoin przeprowadzono przez nawiercenia miejscowe i poddawanie miejsc nawierconych działaniu kwasów.

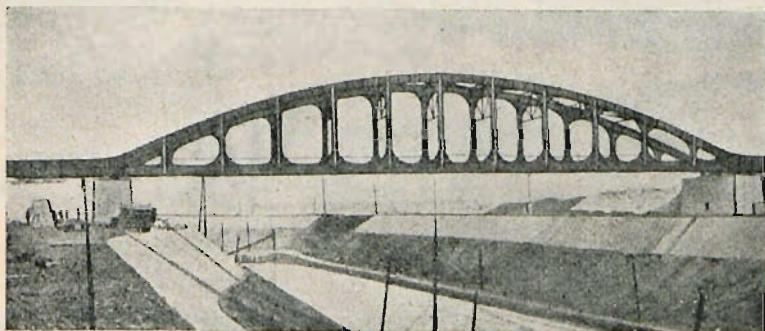
Ugięcie sprężyste przy obciążeniu próbnym w środku mostu wynosiło 11 mm (wedle obliczenia 13 mm). Ugięcie stałe równało się zeru.

Montaż wykonywano na stałym rusztowaniu drewnianym.

Ze względu na transport podzielono w pracach przygotowawczych pas górny na trzy części, pas dolny na cztery, tak, że największa ich długość nie wynosiła więcej niż 12,00 m.

### *Most w Lanaye. (Belgia)*

Most w Lanaye na kanale Alberta (rys. 7) posiada dzisiaj największą rozpiętość ze wszystkich mostów rzecznych, mianowicie 68,0 m., co z dwoma przęsłami przyczółkowymi (po 10 m. każde) dają łączną długość mostu 88,0 m. Rozstawienie belek



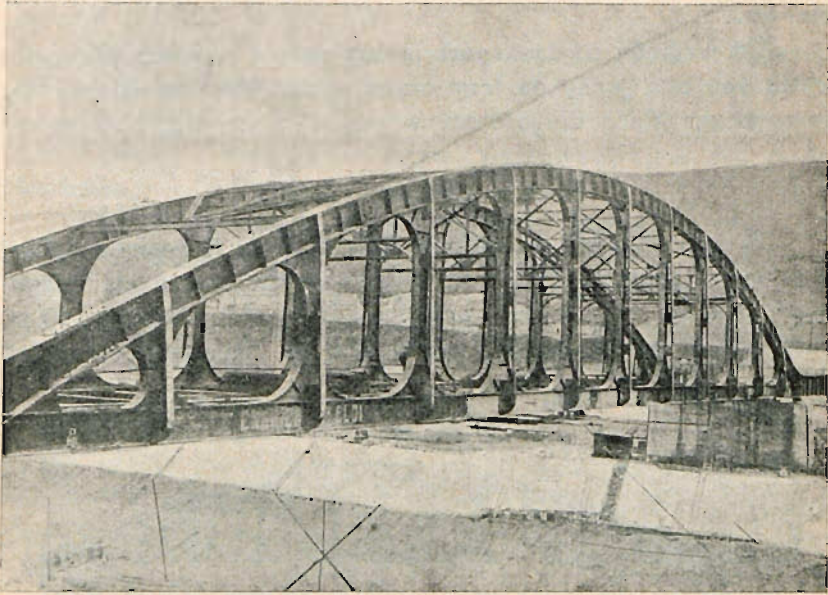
Rys. 7.

głównych od osi do osi wynosi 9,50 m.; szerokość jezdni 6,0 m. szerokość chodników po 1,60 m. Całkowita waga mostu wynosi 315 tonn.

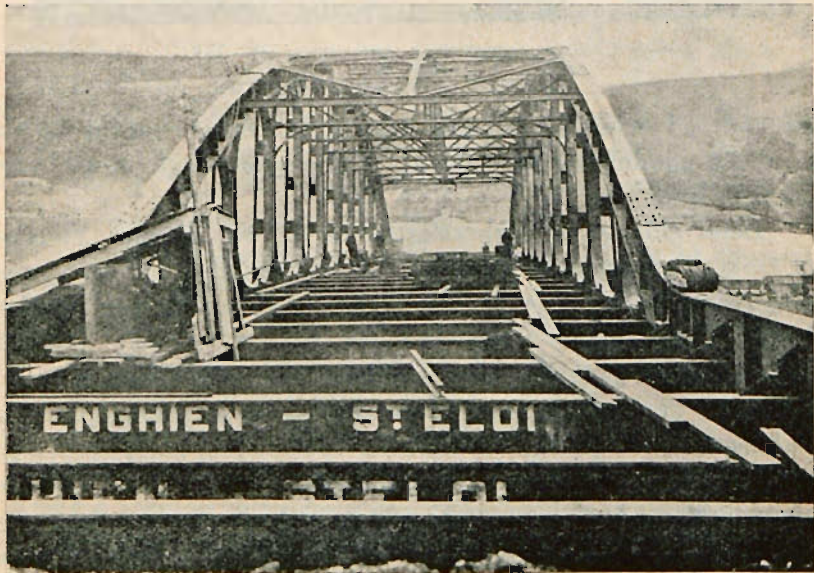
Belki główne są bezprzekątniowe (t. zw. system Vierendeela) o zarysie pasa górnego parabolicznym, dolnego prostym. Wysokość ich w środku wynosi 9,20 m., odstęp słupów 5,66 m. Poprzecznice mieszczą się tak w węzłach, jakoteż w środku między nimi, odstęp ich wynosi zatem 2,83 m.

Słupy i pasy dolne wykonane są z szerokostopowych dwuteówek, pasy górne z blachownic spawanych, złożonych wyłącznie z blach. Celem poprzecznego usztywnienia słupów wzmocniono je przy pomocy przeciętych dwuteówek (rys. 8). Pasy górne i słupy posiadają żebra z płaskowników. Naroża wykonano w ten sposób, że stopki dwuteówki słupa zostały odgięte wedle potrzebnej łukowej linii. poczem w otrzymane





Rys. 8.



Rys. 9.

w ten sposób miejsce wstawiono wycięte blachy o odpowiednim kształcie i przyspojono.

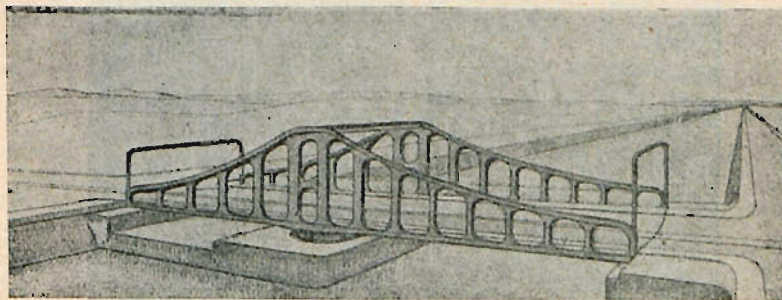
Poprzecznice (rys. 9) są wykonane również z dwuteówek szerokostopowych i przytwierdzone do belek głównych przy pomocy odpowiednich blach kątowych, dospojonych od góry.

Wiatrownice są kratowe. Połączenia warsztatowe wszystkie są spawane, część jednak połączeń montażowych wykonano przy pomocy nitów.

Most waży 340 tonn.

#### *Most obrotowy w Gandawie (Belgia).*

Należy wspomnieć nadto o będącym w budowie moście obrotowym w Gandawie. Jest to most nierównoramienny;



Rys. 10.

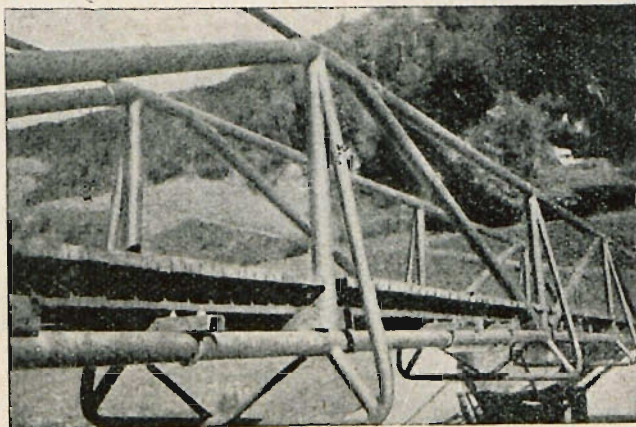
mianowicie długość jego wynosi  $21,79 + 13,85 = 35,64$  m. Odstęp belek głównych 9,40 m. Most jest również o ustroju bezprzekątniowym.

#### *Kładka w Wiesbergu (Austria).*

Z ciekawych konstrukcyj mostowych wymienić należy wykonaną w r. 1931 kładkę we Wiesbergu (Tyrol) na rzece Trisana na rozpiętości 14 metrów, skonstruowaną w całości z rur (rys. 10). Kładka ma 1 m, szerokości, obliczona jest na ciężar ruchomy  $200 \text{ kg./m}^2$ . Wysokość dźwigarów, stanowiących zarazem poręcze, wynosi 1,20 m. Są one wykonane jako krata równoległa prostokątna o odstępach słupów około 3,50 m. Pasy dolne są stężone również przy pomocy tężnika poziomego w kształcie kraty prostokątnej. Na wszystkich środkowych



słupach umieszczono stężenia poprzeczne, wykonane również z rur, (rys. 12). Ze względu na dość trudny dostęp na miejsce budowy, wykonano kładkę w warsztacie w 3 częściach, zaopatrzonych w stężenia poprzeczne, wykonane na szablonach. Części te sprowadzono na miejsce montażu oddzielnie, poczem wprowadzono w stykach na rurę pasów rurę inną, o bezpośrednio większym profilu i połączono ją obustronnie z profilem zasadniczym. Ponieważ część środkowa na końcach usztywniona nie była, przeto podczas transportu usztywniono ją przy pomocy słupów drewnianych. Po zmontowaniu wykonano odpowiednie spoiny, przyczem spoiny okrągłe zrobiono na końcu.



Rys. 11.

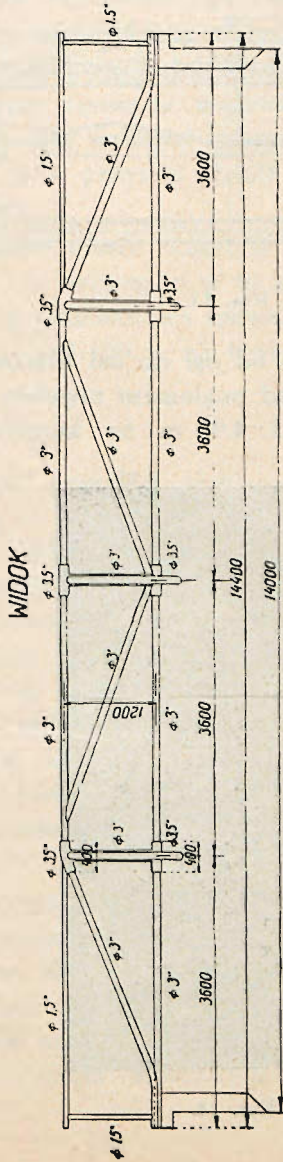
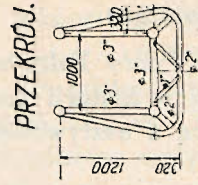
Do wykonania użyto rur o średnicy od  $1\frac{1}{2}$  cala = 38 mm. do  $3\frac{1}{2}$  cala = 90 mm.

Pomost umieszczono na poziomo ułożonych korytkach, utwierdzonych przy pomocy odpowiednich trzpieni, okręconych dookoła pasa dolnego, a połączonych na końcach śruby.

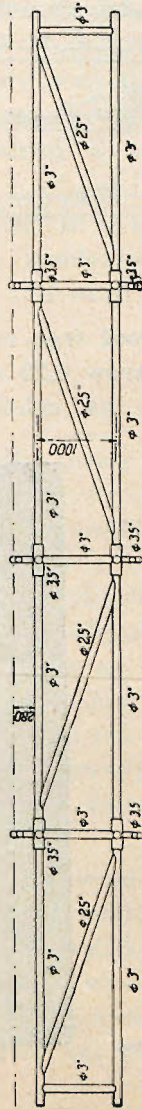
Konstrukcja ta jest przykładem, że zastosowanie rur daje w pewnych wypadkach oszczędność, gdyż wykonano tu redukcję ciężaru poprzednio projektowanej konstrukcji nitowanej mniej więcej do 50%. koszt zaś spawania był tańszy niż koszt nitowania.

Spawanie wykonano przy pomocy acetylenu,

# KŁADKA NA RZECE TRISANNA.



## RZUT POZIOMY

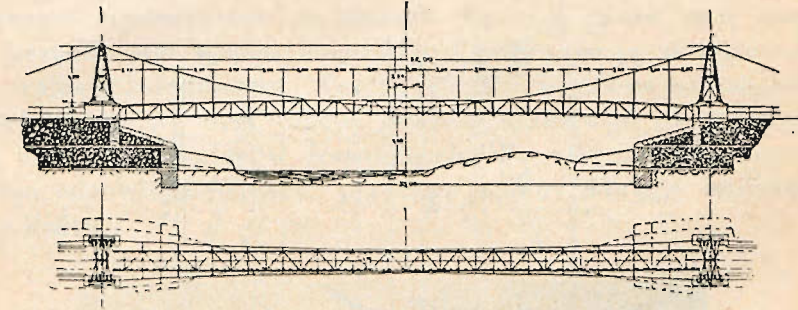


Rys. 12.



### C. Mosty wiszące.

*Most dla pieszych (kładka) w Ponto Valentino (Szwajcaria)* wykonana została — pierwszy raz w historii konstrukcji spawanych — jako konstrukcja wisząca z usztywniającą belką kratową (rys. 13).



Rys. 13.

Rozpiętość tego mostu od osi do osi filarów wynosi 52 m wysokość filarów 6,25 m nad poziomem niwelety, z czego wypada 1,35 m na cokół zaś 4,90 m na konstrukcję stalową.




Rys. 14.

Strzałka liny wynosi 5,20 m, t. j.  $\frac{1}{10}$  rozpiętości. Szerokość kładki 1,60 m. Liny przechodzą w płaszczyźnie nieco ukośnie (rys. 14), tak, że odstęp ich w środku mostu wynosi 2,00 m, zaś na podporach 3,00 m. Stosunek szerokości mostu do rozpiętości jest wyjątkowo mały, wynosi bowiem 1:31. Jednakowoż zastosowanie spawania przyczyniło się w wybitnym stopniu do zwiększenia sztywności poprzecznej konstrukcji, tak, że tego braku nie odczuwa się. Poprzecznie są dospojone dołem do belek usztywniających, podobnie, jak w moście w Houston.

Konstrukcja spawana stalowa waży wszystkiego 13 tonn. Spawanie przy niej wykonał jeden jedyny spawacz w 5 dniach roboczych. Użyto przytem 1.100 elektrod w warsztacie zaś 700 na budowie.

Konstrukcja mostu kosztuje 10,000 fr. szw., t. j. około Zł. 17,500.—, nie wliczając w to robót kamieniarskich i betonowych. Cena jednostkowa spawanej konstrukcji wynosi 630 fr. szw. czyli ok. Zł. 1,100,— na tonnę.



Ten krótki przegląd obejmuje tylko mosty najciekawsze. Nie obejmuje on mostów wykonanych w Ameryce, czy Australji nie obejmuje wielu mniejszych mostów europejskich. Wspomnę tylko, że w Australji nie buduje się już prawie mostów nitowanych, tylko spawane. Nie obejmuje też przykładów wzmocnienia istniejących mostów przy pomocy spawania. Dzisiaj na całej ziemi już mosty nitowane wzmocnia się przy pomocy spawania, a Polska należy do bardzo niewielkiej ilości państw zacofanych, w których nie widzimy dotąd ani jednego przykładu takiej konstrukcji. Przed paru laty uprzedziliśmy Europę i całą kulę ziemską, dziś jesteśmy w tej dziedzinie szalenie zacofani.

Trudno analizować przyczyny. Wymienię jedną z nich, może najważniejszą: konserwatyzm tych warsztatów budujących mosty stalowe, dla których to warsztatów pod każdym względem opłaca się budować mosty nitowane, wymagające więcej materiału. Ta polityka krótkowzroczna przynosi dzisiaj szkodę państwu, warszatom mostowym prędzej czy później ją przyniesie.



Obaw niema chyba już żadnych. Oba nasze mosty spawane zdały swój egzamin doskonale. Zagranica wstąpiła zdecydowanie na tę drogę. Huta Pokój i Zakłady Ostrowieckie, częściowo i K. Rudzki i S-ka również, z pożytkiem dla siebie. Mosty spawane są tańsze i mocniejsze. Czegóż więcej można żądać?



nr. 215