

BIBLIOTEKA POLITECHNICZNA TOM XXIV.



# MOSTY ŁUKOWE I WISZĄCE

NAPISAŁ

Dr. MAKSYMILIAN THULLIE

DYPLOMOWANY INŻYNIER, PROFESOR SZKOŁY POLITECHNICZNEJ  
WE LWOWIE.

ZESZYT II.

*Ustrój mostów.*



Cena 3 Kor. 70 h.



INŻ. I. STELIA-SAWICKI

LWÓW.

SKŁAD GŁÓWNY W KSIĘGARNI SEYFARTHA I CZAJKOWSKIEGO,  
I. ZWIĄZKOWA DRUKARNIA WE LWOWIE, UL. LINDEGO L. 4.

1909.

S. 70  
S. 73  
S. 91  
96

S. 05

624.6



10925

195/58

# Mosty łukowe i wiszące.

## A) Ustrój mostów łukowych.

### I. Dźwigary główne mostów łukowych.

#### §. I. Porównanie łuków z belkami prostymi.

Mosty łukowe żelazne budowano już w wieku osiemnastym, jak n. p. most pod Coalbrookdale na Severnie w r. 1779. Były to mosty z żelaza lanego. W połowie 19-go wieku zaczęto używać do ich budowy żelaza spawanego i tak zbudowano most Arcole na Sekwanie w Paryżu w r. 1853, a od roku 1890 zaczęto używać wyłącznie do budowy żelaza zlewonego i stali, przyczem rozpiętości mostów łukowych coraz wzrastały tak, że most na Niagarze ma rozpiętość 256.1 m. Zaczęto też używać łuków coraz częściej w miejsce dźwigarów prostych.

Porównajmy teraz dźwigary łukowe z prostymi pod rozmaitymi względami.

**1. Ilość materiału.** W ogólności ilość materiału teoretyczna łuku jest mniejszą, niż belki prostej. Albowiem, aby z łuku zrobić belkę prostą, trzeba by dodać pas dolny, który przenosi ciągnienie tak wielkie, jak było parcie poziome łuku. Jednak łuk musi być stężony, więc różnica w ilości materiału nie wynosi tyle, co pas dolny, zwłaszcza że jeszcze i utwierdzenie pomostu wymaga przy łuku więcej materiału. Dlatego też ilość materiału rzeczywista jest dla małych i średnich rozpiętości nie o wiele mniejszą od ilości materiału belki prostej, przy większych rozpiętościach oszczędność wynosi 10 do 15%, a nawet i więcej.

Melan podaje następujący wzór dla tymczasowego wyznaczenia ciężaru  $g_1$  dźwigarów głównych i tężników w kg na m. b. mostu.

$$g_1 = \frac{g_2(0.1429\frac{1}{n} + 1.78n) + p(0.309 + 0.169\frac{1}{n})}{400 + (3 - 0.1429\frac{1}{n} - 1.77n + 0.9n^2) + 840 + (90 + 0.95l)nl + 11.4l - 0.762n} \quad 1)$$

przyczem oznacza:

$g_2$  ciężar pomostu w kg na m. b. mostu,  
 $p$  " ruchomy " " " " "

$l$  rozpiętość,  $n = \frac{f}{l}$  stosunek strzałki do rozpiętości.

Dla mostów jednotorowych przyjmuje Melan  $g_2 = 800 \text{ kg/m}$ ,  $p = \frac{500.000 + 1.800l}{70 + l}$ . Wstawiając to w równ. 1) otrzymamy, dla

$l =$	10	20	40	60
$g_1$ w kg/m dla $\begin{cases} n=0.1 \\ n=0.2 \end{cases}$	39.9 29.0	36.7 26.3	31.4 23.1	28.5 21.6
$l =$	80	100	150	200
dla $n=0.1$	26.4	25.2	23.9	24.3
" $n=0.2$	20.8	20.7	21.9	24.3

Ponieważ w ostatnich czasach ciężar ruchomy  $p$  znacznie wzrósł, więc wartości, podane w tabliczce Melana, należałoby powiększyć, albo lepiej wstawić odnośne  $p$  w równ. 1).

Crusat podaje w Gén. Civ. (1901 N. 18.) ciężar jednego łuku na m. b.

dla mostów kolej. głównych  $g_1 = 0.96\sqrt{(l+12)^2 + 352}$   
 " " " drugorzęd.  $g_1 = 0.75\sqrt{(l+12)^2 + 144}$  }<sub>2)</sub>  
 " " " drogowych  $g_1 = 0.458\sqrt{(l+20)^2 - 476}$  }

Na 1 m mostu jednotorowego wypada 4  $g_1$ , dwutorowego 8  $g_1$ .

Engesser podaje następujący wzór:

$$h = ab + 35 n \text{ kg m} \quad . . 3)$$

jeżeli  $a$  oznacza pewien współczynnik,  $b$  szerokość pomostu w m,  $n$  ilość dźwigarów.

Wartości dla  $a$ .

$l =$	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100 m
żwir.	32	62	94	129	162	209	255	300	350	410
dyłow.	24	53	80	110	144	180	220	260	305	355

Mosty trójprzegubowe o 15% mniej.

**2. Koszta.** Ponieważ chodzi nam nie o ilość materiału, lecz o koszt mostu, więc zwrócić należy uwagę, że koszt wykonania jednej tonny mostu łukowego jest większy od kosztu mostu o dźwigarach prostych. Oprócz tego przyczółki i filary mostów łukowych muszą być znacznie silniejsze a więc i droższe tak, że koszt ogólny nie rzadko jest większym dla mostu łukowego.

Tylko tam jest możliwą oszczędność, gdzie most leży wysoko ponad podporami (*n* wielkie), albo gdzie znajdują się naturalne podpory i grunt skalisty, bo wtedy i przyczółki i filary wymagają mniej materiału, niż nawet dla belek prostych.

**3. Zestawienie.** Łuki łatwiej zestawiać bez rusztowań, postępując od przyczółków i filarów ku środkowi i przytrzymując kotwami wystającą część łuku. A więc tam, gdzie zbudowanie rusztowań byłoby trudnym i kosztownym przy przekroczeniu głębokich jarów i głębokich, rwących rzek, budujemy nieraz z tego powodu łuki.

**4. Względy estetyczne.** Łuki, zwłaszcza nie wystające ponad pomost, przedstawiają się widzom ładniej niż belki proste. Z tego powodu używają często łuków w miastach, gdzie względy estetyczne przeważają szalę na stronę łuku.

Jeżeli wyciągniemy wnioski z powyższego porównania, to okazuje się, że łuki wydają się najodpowiedniejszymi dla wielkich rozpiętości, dla mostów w miastach, gdzie teren skalisty, przy przekroczeniu głębokich jarów i rwących rzek.

## §. 2. Podział łuków wedle ustroju.

Podział możemy skutecznie:

**I. Podług materiału dźwigarów głównych na:**

- a) Łuki z żelaza lub stali lanej,
- b) Łuki z żelaza spawanego, zlewne-go i stali.

Łuki z żelaza lanego obecnie już nie są używane; ze stali zaś lanej w formie klinców wykonano w roku 1900 najszerzy most na ziemi (40 m), most Aleksandra III. w Paryżu na Sekwanie (t. 20. r. 2.), w bardzo trudnych warunkach fundowania przyczółków i ogromnie niekorzystnym stosunku strzałki łuku do jego rozpiętości ( $\frac{f}{l} = \frac{1}{16}$ ).

Łuki z żelaza spawanego, zlewne-go i stali miękkiej są obecnie prawie wyłącznie nżywane tak, że tylko nimi w dalszej klasyfikacji się zajmujemy.

**II. Podług ilości przęseł.** Zależnie od tego, czy łuk przechodzi przez jedno, więcej przęseł lub też poza nie końcami swymi wystaje, dzielimy łuki na:

1. Łuki jednoprzęsłowe (t. 4. r. 1.).
2. Łuki wieloprzęsłowe (t. 49. r. 1.).

3. Łuki wystające lub wspornikowe (t. 24. r. 3., t. 25. r. 1. i 2., t. 27. r. 1.).

**III. Podług ilości przegubów.** Wszystkie pod I. i II. wymienione rodzaje łuków, mogą być bezprzegubowe lub przegubowe tak, że biorąc ten wzgląd na uwagę, rozróżniamy:

- A) Łuki bezprzegubowe (t. 1. rys. 1., 2.).
  - B) Łuki dwuprzegubowe (t. 13.).
  - C) Łuki trójprzegubowe (t. 23. r. 3.).
- Łuków o jednym przegubie w praktyce nie używamy.

**IV. Podług ustroju łuku** rozróżniamy:

1. Łuki gibkie, stężone belką prostą, blaszaną lub kratową (n. *schlaffer Bogen mit einem geraden Versteifungsbalken*).

2. Łuki tęgic (n. *steife Bögen*).

3. Dźwigary układu złożonego (n. *kombinierte Systeme*).

W obrębie tych grup mamy znowu podziały i tak:

1. Łuki gibkie stężone belką prostą możemy podzielić na:

A) Łuki stężone belką prostą, leżącą nad łukiem (t. 2. r. 3.).

B) Łuki stężone belką prostą, leżącą pod łukiem, a znoszącą ich parcie poziome (t. 49. r. 2.).

Zależnie od tego, czy belka stężająca (n. *Versteifungsbalken*) posiada w środku przegub czy nie, jest łuk statycznie wyznaczalny lub niewyznaczalny.

2. Łuki tęgic dzielimy na:

A) Łuki o ściance pełnej.

B) Łuki kratowe.

A) Łuki o ściance pełnej (n. *der vollwandige Bogen*) możemy znowu podzielić na:

a) Łuki blaszane (n. *Blehbogen*) (t. 9. r. 2.).

b) Łuki z klinców stalowych (t. 20. r. 2.).

a) Łuki blaszane możemy podzielić ostatecznie na:

a) Łuki blaszane o pasach równoległych, połączone z pomostem za pomocą słupów pomostowych. (*Blehbogen mit durchgebrosenen Zwickeln*) (t. 7. r. 1.).

β) Łuki blaszane o pasach nierównoległych. (*Blehbogen mit vollwandigen Zwickeln*).

B) Łuki kratowe (n. *Fachwerkbogen, Bogen mit gegliederter Wand*) dzielimy zaś na:

a) Łukowe kratowe o pasie górnym zakrzywionym, połączonym z pomostem za pomocą słupów lub filarów pomostowych (n. *Bogenfachwerk*) (t. 1. r. 1.).

b) Łuki prostopasowe (n. *Fachwerksbogen mit ausgesteiften Zwickeln*) (t. 6. r. 1.).

Zależnie od ilości przegubów, której odpowiada pewien najkorzystniejszy kształt łuku, dzielimy

a) Łuki o pasie górnym zakrzywionym na:

a) Bezprzegubowe (*mit eingespannten Enden*).

1. o pasach równoległych (t. 1. r. 2).

2. o pasach u dołu szerszych (t. 4 r. 2).

β) Dwuprzegubowe.

1. o pasach równoległych (t. 14. r. 2).

2. sierpowe (*Fachwerkssichelbogen*) (t. 13.).

γ) Trójprzegubowe.

1. o pasach równoległych.

2. dwusierpowe (t. 23. r. 2.) (*sichelförmige Dreigelenkbogen*).

b) Łuki prostopasowe mogą być podobnie:

a) Bezprzegubowe.

β) Dwuprzegubowe (t. 18. r. 3.).

γ) Trójprzegubowe (t. 24. r. 2.).

Oprócz tego mogą być też łuki częściowo prostopasowe, jak przy moście na Sarthe kolei Le Mans-Foulloutourte (t. 50. r. 2.).

3. Dźwigary układu złożonego możemy podzielić na:

A) Połączenia tęgiego łuku z belką prostą (t. 1. r. 2.).

B) Połączenia tęgiego łuku z wieszarem.

V. Podług kształtu geometrycznego łuku.

Możemy także rozklasyfikować podług poszczególnych kształtów osi łuków i zewnętrznego ich odgraniczenia na:

1. Łuki kołowe.

2. Łuki paraboliczne i t. p.

VI. Inne rodzaje belek łukowych. Oprócz powyżej wymienionych rodzajów łuków mamy cały szereg zeskładów mostowych, które przez wzgląd na ciśnienie ukośne, wywierane na podpory, — charakteryzujące właśnie dźwigary łukowe, — tu musimy zaliczyć.

1. Łuk kształtu rozpornicy. (*Sprengwerkartiger Bogen*) (t. 49. r. 3.).

2. Łuk przegubowy układu Schnircha ze zniesionem parciem poziomem, t. zw. łuk kratowy zakotwiony. (*Zweigelengbogen nach System Schnirch mit aufgehobenem Horizontalschub, das Bogenfachwerk mit Verankerung*\*) (t. 49. r. 4.).

Zasada tego zeskładu polega na tem, że dźwigar kratowy łukowy, spoczywający w *A* i *B* na łożyskach wałkowych, wystający poza przyczółki, jest połączonym za pomocą kotwic *CA'* i *DB'* z możliwie najgłębiej leżącymi punktami muru przyczółkowego. Działanie tych kotew ma ten sam skutek, co ułożenie węzłowi łuku głębiej, przez co zmniejsza się parcie poziome, a tem samem zaoszczędza się na ilości materiału tak łuku, jak i muru przyczółkowego. Zakotwienie takie nadaje się szczególnie dla łuków płaskich.

\*) p. Zeitschr. d. österr. Ing. u. Arch. Verein. 1884.

3. Belka rozporowa prosta. (*Träger mit schräger Auflagerung*) (t. 49. r. 5.). Zasada tej belki polega na tem, że zwykłą belkę prostą umieszczamy z jednej strony na łożysku kołowym, zaś z drugiej na pochyło ułożonem łożysku wałkowym, przez co powstające parcie poziome zmniejsza ciągnięcie w pasie dolnym, a tem samem umożliwia danie mu mniejszego przekroju, a więc zaoszczędzenie materiału.

4. Łuk, którego parcie zniesionem jest ścięgnem (t. 49. r. 6.) lub łukiem odwrotnym (t. 49. r. 7.). (*Bogen mit aufgehobenem Horizontalschub durch Spannband, Bogen mit Zugstange, fr. arc-corde, a bowstring*). Zasada tych dźwigarów polega na tem, że łączymy ze sobą węzłowiec łuków ścięgnem (*a-a*), względnie łączymy końcami dwa łuki o jednakowej rozpiętości i strzałce w belkę ośkową, przez co parcia poziome na filary znoszą się, a dźwigary takie ze względu na oddziaływania zachowują się jak belki proste. Pomost jest na łuku zawieszony za pomocą słupów wiszących.

Nareszcie 5. Łuk ciągły (n. *der durchlaufende Bogenträger*). Łożyska dwu łuków sąsiednich są połączone i osadzone na wałkach tak, że na filary działa tylko ciśnienie pionowe (t. 49. r. 1. i r. 8)

Podobne do takich łuków są łuki wystające (n. *Ausleger- oder Kragbogenträger*) (t. 26.), przy których części wystające przytykają czasem do belek wyrównawczych, jak przy wiadukcie na Vaur (t. 50. r. 1. *ab*). Obciążenie belki wystającej zmniejsza parcie poziome łuku środkowego, wskutek tego można używać małych strzałek.

Ze względu na położenie pomostu dzielimy jeszcze mosty łukowe na:

1. Mosty łukowe z pomostem górą (t. 10. r. 1.). Jestto ustrój zwykły.

2. Mosty łukowe z pomostem w połowie wysokości n. p. most na kanale Wilhelma pod Grüenthal (t. 17. r. 1.), jeżeli nie mamy dostatecznej wysokości rozporządzałnej, aby umieścić łuki pod pomostem.

3. Mosty łukowe z pomostem zawieszonym (t. 27. r. 2.), przy których cały lub prawie cały łuk znajduje się nad pomostem.

### §. 3. Kształt łuku.

Oś łuku zwykle przyjmujemy paraboliczną, bo wtedy dla obciążenia zupełnego jednostajnego linia ciśnienia wpada w oś i momenty są równe zeru. Dla innych obciążeń są też momenty dla osi parabolicznej najmniejsze.

Wysokość łuku jest albo stałą albo zmienną. Jeżeli wysokość łuku jest stałą, to musimy zmieniać przekrój pasów; jeśli zmienną, to tak jak dla belki prostej zmieniamy wysokość proporcjonalnie do momentu, aby przekrój pasów był w przybliże-

niu stałym. Ustrój ten ostatni wymaga mniej materiału.

Dla łuku dwuprzegubowego otrzymamy największą wysokość łuku we środku, stąd otrzymujemy kształt sierpowaty (t. 13. r. 1.).

Dla łuku trójprzegubowego (t. 50. r. 3.), gdyby ciężaru własnego nie było, otrzymalibyśmy dla obciążenia lewej strony linię ciśnień  $afbe'c$ , prawej  $aeb'f'c$ . Między temi liniami zawarte są największe momenty. Gdy do nich proporcjonalnie przyjmiemy wysokości, otrzymamy łuk dwusierpowy.

Dla łuku bezprzegubowego otrzymujemy momenty ujemne i dodatnie prawie równe, stąd wynika dźwigar równoległy albo też ze względu na zwiększenie się siły podłużnej ku podporom także rozszerzony.

#### §. 4. Wybór kształtu łuku.

Przy wyborze kształtu łuku zważyć należy najprzód, że w ogóle zeszkłady statycznie wyznaczalne, a więc tu łuki trójprzegubowe są o tyle lepsze, że zmiany ciepłoty nie wywołują natężeń dodatkowych, że przesunięcie małe filarów nie wpływa na natężenie, że obliczenie jest łatwiejszem, łatwiejszem zestawienie.

Z powodu tarcia przeguby działają dopiero po przezwyciężeniu go, zatem zmiana ciepłoty i przesunięcie się podpór wywołują pewne choć bardzo małe natężenia.

Zato z drugiej strony odkształcenia łuków trójprzegubowych są znacznie większe. Z powodu przegubu kluczowego są też one mniej tęgimi i wymagają przerwy w pomoście, poręczach i tężnikach, co sprawia pewne trudności. Wąskie i wysmukłe mosty przedstawiają więc pewne niebezpieczeństwo z powodu parcia wiatru.

Łuki dwuprzegubowe nie mają tych wad, ale natężenia, powstałe wskutek usunięcia się przyczółków o  $\Delta l$  są znaczne i wzrastają w stosunku do  $\frac{f}{l}$ . Przy gruncie poddającym się nie nadają się więc łuki dwuprzegubowe do budowy. Także zmiany ciepłoty wywołują znaczne natężenia.

Przy łukach bezprzegubowych ma wielki wpływ na natężenie samo zestawienie. Wadą ich jest niejasne działanie sił i wielki wpływ zmian ciepłoty na natężenia. N. p. dla łuku parabolicznego o przekroju stałym a  $\frac{f}{l} = \frac{1}{4}$ , otrzymujemy przy zmianie ciepłoty  $30^\circ$  wedle Haesclera natężenia:

	łuk bezprzegub. w kluczu	łuk dwuprzegub. w węzłowiach	łuk dwuprzegub. w kluczu
w pasie górnym	$\pm 186$	$\mp 707$	$\pm 149$
„ dolnym	$\mp 409$	$\pm 484$	$\mp 191$

Natężenia więc są 3 do 4 razy większe, niż w łuku dwuprzegubowym.

Łuk bezprzegubowy przedstawia jednak wielką korzyść co do rozkładu materiału, który skupiony jest blisko podpór, co ułatwia znacznie zestawienie zwłaszcza bez rusztowania. To rozstrzygnęło na korzyść łuku bezprzegubowego n. p. przy moście na kanale Wilhelma pod Müngsten.

Widzimy więc, jakie okoliczności mamy wziąć pod rozwagę przy ostatecznym wyborze ustroju łuku pod względem przegubów.

Co do ścianki łuku, używamy albo łuku blaszanego o ściance pełnej (*vollwandiger Bogen-träger*) albo kratowego. Łuk blaszany używanym jest nie tylko dla średnich rozpiętości 15 do 20 m, ale nawet i dla bardzo wielkich (t. 10. r. 1., t. 11.), bo tu ścianka jest wyzyskana ze względu na siłę podłużną nie tak, jak przy belce prostej, a wykonanie ich jest łatwiejszem.

Kratowe łuki mogą być równoległe lub prostopasowe. Te ostatnie nadają się zwłaszcza w wypadkach małej bardzo rozporządzałnej wysokości ustroju. Przedstawiają się one jednak mniej ładnie, niż sierpowe lub równoległe. Łuki kratowe wymagają przy wielkich rozpiętościach mniej materiału od blaszanych.

#### §. 5. Strzałka mostów łukowych.

Najczęściej używany stosunek strzałki do rozpiętości jest  $\frac{1}{8}$  do  $\frac{1}{12}$ . Znajdujemy jednak stosunki  $\frac{1}{2.3}$  i  $\frac{1}{17}$ , jak to wskazuje poniżej podana tabliczka.

Nazwa mostu:	$l$	$f$	$\frac{f}{l}$
1. Wiadukt Müngsten . . . . .	160	69.3	$\frac{1}{2.31}$
2. Wiadukt na Duerze w Oporto	160	37.5	$\frac{1}{4.27}$
3. Na Cisie w Szegedynie . . . . .	110.66	8.55	$\frac{1}{12.94}$
4. Arcole w Paryżu . . . . .	80.36	5.68	$\frac{1}{14.84}$
5. Małgorzaty w Peszcie . . . . .	75	5	$\frac{1}{15}$
6. Na Dunaju w Peszcie . . . . .	75.18	4.99	$\frac{1}{15.06}$
7. Morand i Lafayette w Lugdunie przeszło główne	67.4	4.44	$\frac{1}{15.18}$
8. „ „ „ boczne	63.0	3.96	$\frac{1}{15.91}$
9. Aleksandra III. w Paryżu . . . . .	107.5	6.28	$\frac{1}{17.1}$

## §. 6. Ilość dźwigarów głównych.

Wiadomo z budowy mostów kratowych\*), że ciężar dźwigarów głównych jest tem mniejszym, im mniej tych dźwigarów. Zato ciężar pokładu jest znacznie mniejszym przy większej ilości dźwigarów głównych.

Przy mostach łukowych zazwyczaj pomost leży u góry, co sprzyja większej ilości dźwigarów.

Dla mostów kolejowych jednotorowych używamy zwykle dwu dźwigarów (t. 13, t. 50. r. 4.). Dla dwutorowych mostów budujemy dwa osobne mosty (t. 50. r. 5.), przyczem możliwość jest osobnego ugięcia każdej pary dźwigarów. Dla większych rozpiętości ponad 40 m ze względu na stałość lepiej wszystkie łuki ze sobą połączyć (t. 29. r. 1.), albo użyć tylko dwu łuków, które wtedy umieszczamy albo pod skrajnemi szynami, jak przy moście koło Koblency pod Hochheim (t. 51. r. 1.), lub nawet jeszcze bliżej n. p. przy moście na Wupperze w Elberfeldzie w odstępnie 4 m. Czasem daje się więcej dźwigarów 3, 4, ale wymaga to większej ilości materiału.

Dla mostów drogowych używamy zazwyczaj więcej łuków. Tak n. p. most na Murgu pod Frauenfeld (t. 6. rys. 14.) ma 4 łuki w odstępnie 3·19 i 2·12 m, most na Wezerze w Hoya 5 łuków w odstępnie 1·2 m (t. 8. r. 4.), a most w Rouen (t. 10. r. 4.) nawet 9 łuków. Jednak wielkie mosty mają zazwyczaj tylko 2 łuki (t. 39. r. 2., t. 51. r. 2 i 3.), co wymaga mniej materiału dla dźwigarów głównych, których kosztą rozstrzygają o koszcie całego mostu. Przy moście jednak Aleksandra III. w Paryżu o rozpiętości 107·5 m ułożono łuki w odstępnie 2·86 m.

Chodniki układamy zwykle na wystających poprzecznicach.

## §. 7. Łuki blaszane.

Mówiliśmy już, że łuki blaszane nadają się przeważnie dla małych rozpiętości 15 do 20 m, ale używają się też i dla większych. Grubość łuku czyli wysokość przekroju łuku może być małą. Przy wykonanych mostach wynosi  $d = \frac{l}{40}$  do  $\frac{l}{80}$ .

Możemy przyjąć  $d = \frac{l}{45}$  do  $\frac{l}{60}$  4)

Przekrój łuku może mieć jedną lub dwie ścianki. Jeżeli mamy jedną ściankę, to jest to zwykły przekrój ijowy, chociaż często niesymetryczny (t. 40. r. 3.). Przy łukach gra wielką rolę też ciśnienie osiowe, dlatego też podwajamy często i pogrubiamy ściankę (t. 40. r. 4., t. 51. r. 4.). Jeżeli dajemy dwie ścianki,

\*) Porów. Mosty kratowe żelazne str. III. i nast.

to odstęp pomiędzy niemi powinien być taki, aby można je dobrze stężyć i aby było miejsce dla odnowienia malowania, więc najmniej przy niskich łukach 200 do 250<sup>mm</sup>, przy wyższych do 500<sup>mm</sup>. Przepony dajemy wtedy w kierunku promienia 8 do 10 mm grube w odstępach 2 do 2·5 m. Blacha stojąca ma być 10 do 15 mm grubą.

Na łuku spoczywają słupy pomostowe (n. *Pfosten*, fr. *montans de tympan*), są to słupy, które przenoszą ciśnienie pomostu na łuk (t. 37. r. 1.). Będziemy o nich obszerniej mówić później.

Pas pomostowy (n. *Streckgurt*) łączy słupy pomostowe. Pas ten może służyć tylko do połączenia i stężenia słupów, w takim razie wystarczy przekrój teowy, złożony z blachy i dwu kątowników, albo też na nim spoczywa pomost, a w takim razie musi być silniejszym i ma przekrój ijowy (t. 37. r. 2.) lub składa się z dwu ijówek.

Połączenie pasu pomostowego z łukiem może być dwojakim. Jeżeli jest dość miejsca, to pas pomostowy przeprowadzamy w całej długości ponad łukiem, jak widzimy przy moście kolei Mombach-Bischofsheim (t. 52. r. 1.). Przy mniejszej wysokości prowadzimy pas pomostowy jak najdalej i łączymy z łukiem, dając wspólną ściankę, jak przy podjeździe drogi Hechtheimskiej w Moguncyi (t. 53. r. 1.).

Żebra. Ściankę należy wzmocniać w tych punktach, gdzie zaczepiają siły skupione, żebrami, które utwierdzamy albo pionowo (t. 12. r. 2.), albo też w promieniu łuku (t. 21. r. 2., t. 52. r. 1.).

Zetknięcia ścianki urząda się także albo w kierunku promieni (t. 11. r. 1.) albo pionowo (r. 2.), zakrywa się je przykładkami. Ilość nitów obliczamy w ten sam sposób, co w belce prostej z tą różnicą, że tu przychodzi oprócz momentu i siła podłużna.

Stężenie łuku przy przegubach jest koniecznym ze względu na wielkie siły, na ściankę działające. Zatem stęży się łuk nałożonemi blachami (t. 31. r. 1., t. 32. r. 1.), a przy większych mostach jeszcze i kątownikami, które przenoszą ciśnienie na pasy (t. 52. r. 2.).

## §. 8. Łuki kratowe.

Ustrój dźwigarów kratowych, połączenie ich części składowych i ich przekroje znane nam są z budowy mostów kratowych żelaznych\*). Tu nie wiele mamy do dodania.

Przekroje pasów są albo pojedyncze albo podwójne; a więc mamy pas teowy (t. 6. r. 1.), dwuteowy (t. 3. r. 1., t. 41. r. 4.), dwuuowy (t. 40. r. 4.), ijowy pojedynczy (t. 1. r. 1., t. 52. r. 2.) i podwójny (t. 53. r. 2.),

\*) Porów. Mosty kratowe żelazne. Lwów 1906.

wreszcie przekroje zamknięte, rurowy (t. 53. r. 5.) lub skrzynkowy (t. 54. r. 3.). Także krzyżowy przekrój (t. 55. r. 1.) jest czasem używany.

Ustrój kraty i połączeń kraty z pasami znany jest z nauki o belkach prostych kratowych. Tu zwrócić należy tylko uwagę, że w węzłowie jako w węzle przestrzennym powinny się przecinać osie pasu, kraty i tężnika (t. 35. r. 1., t. 40. r. 1.). Często jednak widzimy przy mostach łukowych ten warunek niewypełniony, n. p. przy moście na Mozeli pod Güls (t. 54. r. 1.). Jeżeli urządzamy tam przeguby, to w przegubie zbiegają się pasy i tworzą trójkąt jak przy moście na Renie pod Hochheim (t. 35. r. 2.).

### §. 9. Łożyska stałe.

Dla łuków bezprzegubowych oba łożyska są stałe. Przy obliczeniu ich przypuszczamy, że styczna do osi na podporze się nie zmienia, powiśniemy więc tak łożyska wykonać.

Jeżeli wypadkowa nie wychodzi wcale z jądra przekroju, to panuje zawsze ciśnienie. Jeżeliby zaś ona wychodziła w pewnych wypadkach, to trzeba łożyska zakotwić, aby przeszkodzić podniesieniu się jednej strony.

Jeżeli łuk bezprzegubowy jest blaszany, to dajemy płytę łożyskową, o którą opieramy przekrój łuku (t. 28. r. 2.). Często dla regulowania łuku dajemy płytę podwójną, wstawiając między obie części kliny, albo też umieszczamy kliny między łożyskiem i łukiem, jak przy moście Morand (t. 54. r. 3.) lub na Marnie w Nocent (t. 31. r. 4.).

Dla łuków kratowych, gdzie odstęp pasów jest znacznym, dajemy dla każdego pasu osobne łożyska stałe, jak przy moście na Schwarzwasser w Bernie (t. 54. r. 2.). Zwykle potrzeba zakotwić takie łożysko ze względu na wielki moment utwierdzenia. Silne bardzo zakotwienie łuku widzimy przy moście na Wupperze w Müngsten (t. 55. r. 1.). To łożysko stanowi przejście do przegibnych, bo tu chociaż łożysko jest silnie zakotwionem, jednak powierzchnie zetknięcia są kuliste.

### §. 10. Łożyska na pół stałe.

Czasem urządzamy łożyska przegibne, lecz po zdjęciu krążyn zaklinowuje się je tak, że potem co do zmiany ciepłoty i co do ciężaru ruchomego działają tak, jak łożyska stałe. Łożyska takie nazywamy na pół stałymi (t. 9. r. 1., t. 31. r. 4.). Nie działają one jednakże zupełnie jako utwierdzone, bo gdy wypadkowa wyjdzie za jądro, może się ciśnienie wielkie przenieść na skrajny klin, a drugi skrajny jest zupełnie odciążony. Ustrój ten wymaga więc wzmocnienia przekroju. Obecnie łożyska takie wyszły z użycia.

## §. II. Przeguby węzłowiowe.

Przeguby węzłowiowe (n. *Kämpfergelecke*) są w ogólności podobne do łożysk przegibnych mostów o belkach prostych i mogą być znów albo z pełnym czopem (t. 30. r. 1.) albo z półczopem (t. 30. r. 3.).

Kadłub (n. *Lagerplatte*, *Lagerstuhl*, *Grundplatte*) robimy zwykle z żelaza lanego lub stali lanej, rzadziej z kształtówek, jak przy moście na Niagarze (t. 35. r. 1.) lub na Harlemie w Nowym Yorku (t. 34. r. 1.). Z murem łączymy kadłub żebrami i śrubami, a dla lepszego rozdziału ciśnienia kładziemy go na warstwę cementu 1.5 do 2 m grubą lub ołowiu 10 cm grubą.

Wahacz (n. *Kipplatte*, *Schwinge*) ma podobny kształt, co kadłub. O płaską górną powierzchnię wahacza opiera się przy mniejszych mostach łuk pełnym przekrojem, jak przy moście na Odrze w Brunszwiku (t. 29. r. 3.) lub przy mostach włoskich (t. 32. r. 1.), albo też koniec belki tworzy kąt ostry, jak przy moście Marszałkowskim w Berlinie (t. 31. r. 1b) lub dwa kąty rozwarte, jak przy moście drogowym w Kolonii (t. 30. r. 3.) lub na kanale Wilhelma (t. 35. r. 2.). Nareszcie może wahacz obejmować z obu stron ściankę łuku (t. 7. r. 2.).

Tak, jak przy łożyskach kołyskowych\*) rozróżniamy ze względu na powierzchnię zetknięcia trzy rodzaje przegubów węzłowiowych:

a) Na wahaczu znajduje się półczopie, które ma swe łożysko w kadłubie (t. 36. r. 2.).

b) Na kadłubie znajduje się półczopie (t. 29. r. 3.) często wstawione (t. 30. r. 3., t. 36. r. 1.).

c) Pełny czop znajduje się między wahaczem i kadłubem n. p. przy mostach włoskich (t. 32. r. 1.), przy moście Moltkiego w Berlinie (t. 30. r. 1.).

Sposoby przeszkodzenia przesunięciu wzajemnemu są te same, co przy łożyskach kołyskowych.

Tutaj chodzi nam jeszcze o dokładne przyleganie czopa czy półczopia na całej długości. Aby to uzyskać, reguluje się przechylenie kadłuba, jak przy moście na kanale Wilhelma (t. 35. r. 2c).

Obliczamy przegub węzłowiowy tak, jak łożyska czopowe.

Przy mostach łukowych wystających urządzamy także przeguby węzłowiowe, które tu mają nieco odmienną postać. Widzimy takie łożyska przy moście Troickim w Petersburgu (t. 28. r. 6.), przy wiadukcie Viaur (t. 28. r. 4.).

Wahacz tu albo jest kątowy i kształt jego stosuje się do kąta, który tworzą pasy (t. 56. r. 1.), albo też jest u góry płaskim (t. 56. r. 2.), jak przy wiadukcie Viaur.

\*) Mosty żelazne kratowe str. 194.



Łożyska takie wysokich mostów trzeba zakotwić ze względu na wielkie parcie wiatru. Zakotwienie takie widzimy na t. 28. rys. 4.

### §. 12. Łożysko wystającej części łuku.

Podparcie końca wystającej części łuku może nastąpić w dwojaki sposób albo zapomocą belki wahadłowej albo zapomocą słupa wahadłowego.

Belkę wahadłową\*) (n. *Schleppträger*) widzimy przy wiadukcie Vaur (t. 24. r. 3.). Belka ta spoczywa na końcu belki wystającej zapomocą łożyska kołowego stałego (t. 56. r. 2.) a na przyczółku na łożysku wałkowem Ustrój ten ma tę wadę, że koniec belki wystającej ugina się silnie, wskutek tego powstaje silne wahanie się jego. Dlatego przy moście Mirabeau użyto słupa wahadłowego (n. *Schwingsäule*) (t. 56. r. 1.), który dozwala na przesunięcie poziome, lecz dobrze zakotwiony nie dopuszcza przesunięć pionowych, przenosząc ciśnienie na mur. Słupy wahadłowe wstawiono tam po ukończeniu mostu w ten sposób przy ciepłocie 14<sup>o</sup>, że nie doznawały żadnego ciśnienia. Dla obciążenia ciężaru ruchomego stał się łuk jednak przez to statycznie niewyznaczalnym.

### §. 13. Przegub kluczowy.

Podobnie jak przeguby węzłowiowe zbudowany jest także przegub kluczowy (n. *Scheitelgelenk, Mittelgelenk*). Ma on przenieść parcie poziome i siłę poprzeczną i przeszkodzić przesunięciu się wzajemnemu obu części łuku.

Przegub kluczowy może się znajdować w pasie górnym, dolnym lub we środku między nimi. Wszystkie trzy ustroje są możliwe. Na obliczenie łuku mają

\*) Porów. Mosty żelazne kratowe str. 249.

one wielki wpływ. Po środku (t. 33. r. 1.) umieszczamy zwykle przegub, jeżeli oba pasy są równoległe, a linia ciśnienia może wpaść na oś łuku. Jeżeli w tym wypadku umieścimy przegub kluczowy w pasie górnym a węzłowiowy w dolnym, to ramię siły podłużnej bardzo się zmienia, zatem i momenty, dlatego trudniej jest dostosować przekroje pasów do sił wewnętrznych.

Pod względem ustroju może być najprzód przegub w kształcie czopa walcowego (t. 33. r. 1.). Czop ten opiera się o ścianki wzmocnione łuku, jak przy moście na Prucie lub też o wahacze stalowe, jak przy mostach włoskich (t. 32. r. 1 e). Dla zapobieżenia przesunięciu bocznemu obu części mostu i czopa dajemy krysy przy końcach czopa (t. 56. r. 4.) lub też robimy to w inny sposób. Przy moście na dworcu w Magdeburgu (t. 57. r. 5.) widzimy wstawkę półśrodkową, która dozwala na mały obrót a zabezpiecza przeciw przesunięciu pionowemu.

Inny ustrój przedstawia czop z wstawką (n. *Bolzen mit Passstück*). Czop składa się wtedy z dwu części a między nimi wkładamy wstawkę (t. 56. r. 3.). Wstawkę tę dajemy w tym celu, aby uzyskać lepsze zetknięcie czopa z łożyskiem. Obie połówki czopa robimy zwykle nie półkoliste, lecz odcinkowe w przekroju.

Wreszcie możemy użyć też półczopia (n. *Halbzapfen*), jak przy moście Mirabeau (t. 56. r. 1.), które obraca się w kadłubie odpowiednio ukształtowanym.

Dla zmniejszenia wstrząśnień przy zmianie kierunku oddziaływania przy przejściu ciężaru przez klucz użyto w Berlinie przy kolei miejskiej (t. 57. r. 3.) i przy moście na Wezerze w Hammelin (t. 31. r. 2.) sprężyn w płaszczyźnie poziomej, zaś przy moście kolei Anhalckiej w Berlinie (t. 57. r. 1.) i przy moście na Trunie w Lambach (t. 33. r. 1 d) w płaszczyźnie pionowej.

## II. Pomost i ustrój poprzeczny.

### §. 14. Belki wyrównawcze.

Przy mostach przegubowych następują obroty około przegubów węzłowiowych, którym nie mogą przeszkadzać podłużnice i belki pomostowe. Dlatego te belki podłużne musimy ułożyć na murze ruchomo. Dobrze jest tych belek wyrównawczych (*Schleppträger*) nie przytwierdzać stale do ostatniej poprzecznicy, ale łączyć je z nią przegibnie. Przy wiadukcie Erdre (t. 57. r. 6.) przesunięcie następuje w płaszczyznach pochyłych wypadkowych na brązowych płytach. Inaczej trochę wyglądają te belki przy moście nad portem tratwowym w Moguncyi (t. 58. r. 1.).

### §. 15. Słupy pomostowe.

Jeżeli łuk ma pas górny zakrzywiony, a pomost jest płaskim, to wyrównanie wysokości następuje zapomocą słupów pomostowych (n. *Fahrbahnstütze, fr. montant de tympan*).

Słupy pracują na wyboczenie i powinny być przy stałym połączeniu z łukiem i pomostem tak urządzone, aby jak najmniejszy opór stawiały ugięciu w kierunku osi mostu. Wskutek zmiany ciepłoty zmienia swą długość belka pomostowa, łuk zaś nie może zmienić swej rozpiętości, dlatego przesuwiają się odnośnie punkta belki i łuku tem więcej, im dalej są od klucza, a słupy pomostowe się wyginają, jeżeli są stale połączone.

Jeżeli zmiana ciepłoty wynosi  $t=40^{\circ}$ , to (t. 60. r. 1)

$$c = \alpha t x = 0.0000118.40.x = \frac{0.47}{1000}x.$$

To przesunięcie wywołuje siłę poziomą  $S$  i moment  $M_0$ , odpowiedni ugięciu  $\frac{c}{2}$ , więc

$$\frac{c}{2} = \frac{S \cdot \left(\frac{z}{2}\right)^3}{3 \epsilon J} \text{ a } M_0 = \frac{\tau_1 J}{e} = \frac{1}{2} S z, \text{ a stąd}$$

$$M_0 = \frac{6 c \epsilon J}{z^2} \quad 5)$$

$$\tau_1 = \pm \frac{6 c \epsilon \epsilon}{z^2}$$

Gdy obciążenie słupa pomostowego jest  $P$ , to

$$\tau = \tau_0 + \tau_1 = \frac{P}{A} + \frac{6 c \epsilon \epsilon}{z^2} \quad 6)$$

Największe  $c$  jest  $\frac{l}{2}$ , a wtedy  $\tau = \frac{P}{A} + \frac{3.047 \cdot \epsilon \cdot e l}{1000 z^2}$

$$\text{czyli } \tau = \frac{P}{A} + 3030 \frac{e l}{z^2} \quad 7)$$

Z powyższego widzimy, że natężenie  $\tau_1$  jest w prostym stosunku do  $e$ , że zatem słupy pomostowe nie powinny być szerokie.

Słupy robimy z dwu kątówek na krzyż ułożonych, 4 kątówek (t. 7. r. 1, 2), z dwu uwek (t. 35. r. 1.) czasem używamy przekroju ijowego (t. 14. r. 1.) lub kratowego. Aby długość wolną słupów zmniejszyć, łączy się czasem słupy poprzecznymi prętami (t. 14. r. 2., t. 21. r. 1.) o przekroju krzyżowym.

Połączenie z łukiem jest albo stałe albo przegibne.

Stale łączymy słupy z łukiem zwykle zapomocą blachy kątowej (t. 28. r. 2., t. 30. r. 1, 3., t. 31. r. 1 b.). Z belką pomostową łączyć możemy słupy także zapomocą blachy węzłowej (t. 37. r. 2.).

Czasami łuki te ozdobione są architektonicznie, jak przy moście Austerlitz na Sekwanie (t. 41. r. 3.), mostach Morand i Lafayette (t. 11.).

Przy moście Aleksandra III. w Paryżu (t. 57. r. 2.) przytwierdzono do łuku podkładki i do nich dopiero słupy.

Jeżeli słupy są w większych odstępach, wtedy są one filarami kratowymi n. p. przy wiadukcie Garabit (t. 13. r. 1 a). Belkę pomostową opieramy wtedy na nich zapomocą łożysk wałkowo kołyskowych, jak przy wiadukcie Paderno (t. 57. r. 7.).

Połączenie przegibne wykonywamy zapomocą łożysk kulistych i czopowych, jak n. p. przy moście na Marnie w Nocent (t. 31. r. 4.) albo mogą być użyte przeguby płaskie, jeżeli słup połączony jest z łukiem tylko żelazem płaskim.

## §. 16. Tężniki poprzeczne i poziome mostów o pomoście górą.

Tężniki poprzeczne i poziome urządzamy wedle tych samych zasad, co przy mostach belkowych kratowych żelaznych\*).

Jeżeli pomost jest górą, to tężniki poziome urządzamy w każdym razie w płaszczyźnie belki pomostowej, bo tu przenoszą się znaczne siły poziome.

Ustrój reszty tężników może być rozmaity. Jeżeli łuk jest sierpowaty lub równoległy, to możemy

1. oprócz tężników poziomych w płaszczyźnie belki pomostowej dać tylko tężniki poprzeczne w płaszczyźnie słupów pomostowych i między łukami (t. 58. r. 2.). Ustrój ten używany jest tylko dla małych rozpiętości, bo przy większych łuki mogą się zanadto wygiąć w kierunku poziomym;

2. Oprócz tężników poziomych w płaszczyźnie belki pomostowej dajemy drugie tężniki poziome na powierzchni walcowej pasu górnego lub dolnego łuków i rozpieramy łuki rozporami (t. 58. r. 3.);

3. Urządzamy w trzech powierzchniach tężniki poziome, w płaszczyźnie belki pomostowej i powierzchniach walcowych obu pasów (t. 58. r. 4.). Wtedy nie potrzeba dawać tężników poprzecznych, chociaż w wielu wypadkach dawano oprócz tego tężniki poprzeczne między słupami pomostowymi, przez co zeskład stawał się statycznie niewyznaczalnym. Ustrój ten wskazanym jest tylko w tym wypadku, gdy belka łukowa jest wysoka.

Jeżeli łuk jest prostopasowym, to możemy użyć ustroju 1. lub 2. Trzeci ustrój tu odpada, bo tylko możliwe są tu tężniki poziomew dwu powierzchniach.

## §. 17. Tężniki mostów o pomoście wgłębionym lub dołem.

Jeżeli pomost leży częściowo poniżej łuku, to na tej części nie można urządzać tężników poprzecznych przynajmniej o tyle, aby był wolny przejazd. Za to urządzamy tężniki poziome w płaszczyźnie belki pomostowej, a ustrój reszty tężników może być rozmaity. Zważać jednak należy, aby parcie poziome łuku nie przenosiło się na tężniki.

1. Pomost dotyka pasu dolnego łuku (t. 58. r. 5.). Tu dajemy tężniki poziome w powierzchni całego pasu dolnego, dalej w powierzchni pasu dolnego od  $A$  do  $E$  i w płaszczyźnie belki pomostowej w  $DE$ . Poprzeczne stężenia zaś dajemy tylko na długości  $EE$ , pod pomostem i na podporach.

2. Pomost przecina łuk. Tu dajemy tężniki poziome w płaszczyźnie pomostu, a oprócz tego

\*) Mosty żelazne kratowe str. 206. i nast.

w powierzchni pasu górnego łuku, o ile to możliwym (t. 58. r. 6), tu n.p. od węzła 9. W tem miejscu układamy portal dla przeniesienia sił poziomych na tężniki dolne.

Jeżeli pod pomostem znajduje się znaczna część łuku, (t. 59. r. 1.), to jeszcze w powierzchni łuku dajemy też tężniki pod pomostem.

Tężniki poziome są w płaszczyźnie portalu (t. 58. r. 6.) w węzle 9 lub w pobliżu przecięcia się łuku (t. 59. r. 1.) przerwane i połączone ruchomo tak, że je liczyć należy jako belki wspornikowe, które mają stałe punkty podparcia na filarach i portalach a przeguby w miejscach przerwy.

### §. 18. Pochylenie dźwigarów łukowych.

Dla uzyskania większej stałości względem sił poziomych łuki o większych rozpiętościach zwykle pochylamy, jak to widzimy przy wiadukcie pod Müngsten (t. 4. r. 2.), przy wiadukcie Garabit (t. 13. r. 1. b.), Paderno (t. 16. r. 1. b.), przy moście pod Adalboden (t. 21. r. 1. b.). W ogóle przez powiększenie wysokości wskutek nachylenia powiększa się moment bezwładności dla sił poziomych, a stąd zmniejsza wstrząśnienia.

Nachylenie dźwigarów wynosi:

przy wiadukcie w Müngsten	1 : 7
„ „ w Oporto	1 : 7.7
„ moście nad kanałem Wilhelmela pod Grünthal	1 : 8
„ wiadukcie Garabit	1 : 9.02
„ moście w Bernie przy magazynie zbożowym	1 : 12.2

### §. 19. Obliczenie tężników poziomych łuku dwuprzegubowego.

Dla uproszczenia przypuszczamy, że mamy tylko jeden układ tężników poziomych. Jeżeliby były dwa układy, to każdy układ obliczamy osobno, przyjmując siły, przypadające na ten układ.

Przypuśćmy, że mamy łuk prostopasowy dwuprzegubowy (t. 59. r. 2 a.). Tężnikami poprzecznymi niech będą rozpory między słupami łuku. Tężniki poziome mogą leżeć albo w powierzchni pasu zakrzywionego dolnego albo w płaszczyźnie pasu górnego.

#### I. Tężniki leżą w powierzchni pasu zakrzywionego dolnego.

Parcie wiatru przyjmujemy jednostajnie rozdzielone w  $kg/m$ , zgina ono nie tylko dźwigar przestrzenny w kierunku poziomym, ale usiłuje też go wywrócić około cięciwy  $A' B'$ . Powstają oddziaływania (t. 59. r. 2.):

a,) poziome  $W_3 = W_4 = W'$  w węzłowiach  $A', B'$

b,) poziome  $L_1 = L_2 = L$  i  $L_3 = L_4 = L'$  w kierunku cięciw łuków. W przedniej cięciwie oddziaływania działają ku środkowi, w tylnej od środka.

c,) pionowe  $D_1 = D_2 = D$  i  $D_3 = D_4 = D'$ ,  $D$  działa do góry,  $D'$  na dół.

Możemy napisać

$$W' = \frac{1}{2} wl \dots \dots \dots 6),$$

dalej jeżeli  $c$  oznacza rzędną środka ciężkości parcia,  $wlc = 2Db$ , więc

$$D = \frac{1}{2} \frac{c}{b} wl \dots \dots \dots 7),$$

Dla wyznaczenia  $L$  przetnijmy dźwigar pionową płaszczyzną podłużną. Dla równowagi musi być suma sił składowych równoległych do osi mostu równą zeru Są tu tylko składowe poziome  $H$  sił  $S$  i siły  $L$ . Jeżeli kąt nachylenia płaszczyzny danego przedziału jest  $\delta$ , a kąt między osią mostu a poziomym rzutem  $S$  jest  $\beta$ ,  $d$  długość tężnika, to,  $H' = S$  dost  $\delta$  dost  $\beta$ , a  $Q = S$  dost  $\delta$  wst  $\beta$

a stąd  $H' = Q \text{ st } \beta = Q \frac{\Delta x}{b}$

Jeżeli  $a$  jest średnią długością dwu przedziałów, to parcie węzłowe jest  $aw$ , więc

$$Q = W = \sum_0^{n-1} aw = \frac{1}{2} wl - \sum_1^{n-1} aw \left\{ \begin{array}{l} 8) \\ \text{w przybliżeniu } Q = w \left( \frac{l}{2} - x \right) \end{array} \right.$$

$$\text{A zatem } H' = w \left( \frac{l}{2} - \sum_1^{n-1} a \right) \frac{\Delta x}{b}, \left\{ \begin{array}{l} 9) \\ \text{w przybliżeniu } H' = w \left( \frac{l}{2} - x \right) \frac{\Delta x}{b} \end{array} \right.$$

Składowe pionowe sił  $V' = S \text{ wst } \delta = Q \frac{\text{st } \delta}{\text{wst } \beta} =$

$$= Q \frac{\Delta y}{d \text{ dost } \beta} \frac{d \text{ dost } \beta}{b} = Q \frac{\Delta y}{b},$$

$$\text{Zatem } V' = w \left( \frac{l}{2} - \sum_1^{n-1} a \right) \frac{\Delta y}{b}, \left\{ \begin{array}{l} 10) \\ \text{w przybliżeniu } V' = w \left( \frac{l}{2} - x \right) \frac{\Delta y}{b} \end{array} \right.$$

Oprócz tego dla wyznaczenia  $V$  trzeba jeszcze do  $V'$  dodać  $Q'$ , powstałe wskutek przeniesienia punktu zaczepienia parcia (t. 59. r. 5.).

Otrzymamy mianowicie  $R' b = wa(z-y)$

$$\text{więc } R' = \frac{wa(z-y)}{b} \dots \dots \dots 11)$$

Ze sił  $H', V'$  i  $R'$  należy na podstawie prawa najmniejszości pracy odkształcenia obliczyć  $L'$ .

Haeseler oblicza  $L'$  w przybliżeniu dla osi parabolicznej i otrzymuje

$$L' = \frac{1}{8} \frac{w}{b} \left( 0.1 + \frac{z}{f} \right) l^2 \dots \dots \dots 12)$$

Dalej otrzymujemy

$$S = \frac{V'}{wst \delta} = \frac{Q \Delta y}{b wst \delta} = \frac{Q \Delta y d}{b \Delta y} = Q \frac{d}{b},$$

$$S = w \left( \frac{l}{2} - x \right) \frac{d}{b} \dots \dots \dots 13)$$

Ciśnienie w  $n-1$  rozporze będzie

$$N = -w \left( \frac{l}{2} - x \right) \dots \dots \dots 14)$$

Jeżeli mamy tężniki tęgie podwójne, to

$$S = \pm \frac{w}{2} \left( \frac{l}{2} - x \right) \frac{d}{b} \dots \dots \dots 15)$$

$$N = -wa.$$

## II. Tężniki leżą na górnym pasie prostym.

Tu otrzymamy dodatkowe siły (t. 59. r. 4.)

$$R' = wa \frac{h-z}{b} \dots \dots \dots 16)$$

Parcie poziome należy i tu obliczać wedle prawidła najmniejszości pracy odkształcenia.

### §. 20. Obliczenie tężników poziomych łuku trójprzegubowego.

Tutaj powstaje w kluczowym przegubie wskutek parcia wiatru ciągnięcie, które jednak zazwyczaj zostaje zniesionem większem ciśnieniem wskutek obciążenia pionowego. W przeciwnym razie trzeba by przegub wykonać tak, aby mógł i ciągnięcie przemieścić.

Tutaj moment w przegubie kluczowym jest równym zeru, więc (t. 59. r. 3.).

$$I'_m f = \sum_0^l H' y - \sum_0^l (V' + R') x,$$

Jeżeli za  $H'$ ,  $V'$  i  $R'$  wstawimy odnośne wartości, otrzymamy

$$L'_m = \frac{w}{b f} \left[ \sum_0^l \left( \frac{l}{2} - x \right) y \Delta x + \right. \\ \left. - \sum_0^l \left( \frac{l}{2} - x \right) x \Delta y - \sum_0^l (z-y) x a \right] \dots \dots \dots 17)$$

$$L' = L'_m - \sum H' = L'_m - \frac{w}{b} \sum_0^l \left( \frac{l}{2} - x \right) \Delta x \dots \dots \dots 18)$$

Jeżeli łuk jest blaszany a oś paraboliczna to z powyższych wzorów otrzymuje Haeseler

$$\left. \begin{aligned} L'_m &= \frac{1}{48} \frac{w}{b} l^2 \\ L' &= -\frac{5}{48} \frac{w}{b} l^2 \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots 19)$$

### §. 21. Obliczenie tężników poziomych łuku bezprzegubowego.

Siły  $V'$ ,  $R'$  i  $H'$  możemy przyjąć jak dla łuku dwuprzegubowego, więc wedle równań 10) 11) i 8). Wyznaczenie parcia poziomego, spowodowanego temi siłami, odbywa się w zwykły sposób a więc zapomocą linii wpływowej parcia lub też linii przecięcia się oddziaływań i linii obwiednej oddziaływań.

## B) Mosty wiszące.

### III. Dźwigary główne.

#### §. 22. Uwagi ogólne.

Pierwowzorem mostów wiszących są mosty z lin konopnych, jakich od wieków używano w Azji i Afryce. Zamiast lin konopnych zaczęto najprzód w Chinach używać łańcuchów. W Europie pierwszy most łańcuchowy na Tees pod Winch w Anglii zbudowano w r. 1741. Przy mostach tych i późniejszych pomost leżał wprost na łańcuchach i dopiero w 1796 r. Finlay zbudował pierwszy most na Jacobs-Creek koło Greenburgh, przy którym pomost był poziomym. W r. 1815 użyto pierwszy raz zamiast łańcuchów linew drucianych przy moście na Shuykill pod Philadelfią o rozpiętości 124 m.

W r. 1876 i 1903 zbudowano dwa mosty linowe na East River w Brooklynie, z których pierwszy ma rozpiętość 487 m, drugi 488 m. (t. 46).

#### §. 23. Korzyści i wady mostów wiszących.

Mosty wiszące mają bardzo małą wysokość ustroju, bo dźwigary znajdują się nad pomostem. Dźwigary są stosunkowo lekkie zwłaszcza przy użyciu linew stalowych dla wielkich rozpiętości. Mosty wiszące wyglądają ładnie i dadzą się zestawić bez rusztowania, co jest ważnem przy wielkich rozpiętościach nad przepaściami lub głębokimi rzekami.

Wady mostów wiszących są następujące: a) Potrzebnem jest kosztowne zakotwienie w murze. b) Wpływ niekorzystny zmiany ciepłoty i poddanie się przyczółków wspólne z innymi dźwigarami statycznie niewyznaczalnymi. c) Ważne części budowl, kotwy, zwykle są trudno dostępne. d) Mała

tęgość w kierunku pionowym i poziomym i znaczne zmiany kształtu przy obciążeniu.

Wpływ niekorzystny zmiany ciepłoty i poddania się przyczółków można zmniejszyć urządzeniem przegubu środkowego. Mała tęgość była wadą dawniejszych mostów, nowsze mosty potrafiły dostatecznie stężyć.

Mosty wiszące nadają się głównie dla wielkich rozpiętości, od 200 m. począwszy mogą one z korzyścią współzawodniczyć z mostami o dźwigarach prostych i łukowych. Dla rozpiętości około 500 m. są one znacznie lepsze.

## §. 24. Ilość przęseł mostów wiszących.

Mosty wiszące mogą być albo

a) jednoprzęsłowe. (t. 60. r. 3.). Wtedy na przyczółkach budujemy pilony (n. *Pylone*) t. j. wieże murywane lub żelazne, które niosą łożyska dźwigarów wiszących. Wtedy linwy kotwiczne, trzymające (n. *Rückhalteketten*) są zwykle ukośnie pochylone i zakotwione w murze, czasem przy małych mostach pionowe.

b) Wieloprzęsłowe. Mamy wtedy wieszar ciągly (t. 63. r. 6.) Jeżeli wieszar jest gibkim, to strzałki miałyby się jak kwadraty rozpiętości,

$$f : f' = l^2 : l'^2.$$

Nierówne obciążenie wywołałoby znaczne przesunięcie na podporach, więc ustrój ten chyba tam jest możliwym, gdzie ciężar własny jest stosunkowo bardzo wielkim.

W innych wypadkach należy albo użyć bardzo silnych belek stężających albo tęgiego dźwigaru kratowego.

Zazwyczaj nie używamy więcej, niż 3 przęseł, bo inaczej przesunięcia stają się za wielkie, a przez zmniejszenie parcia poziomego momenty wzrastają. Zwykle urządzamy przęsło środkowe i dwa skrajne o rozpiętości o połowę mniejszej. (t. 61. r. 1; 2.).

## §. 25. Dawniejsze ustroje.

Dawniejsze mosty wiszące nie były dostatecznie stężone. Do nich należą wszystkie mosty łańcuchowe i niektóre linwowe bez dostatecznego usztywnienia. Na tab. 61. rys. 3. widzimy n. p. most łańcuchowy na Dunaju w Peszcie. Pomost tu leży na poprzecznicach zawieszonych wprost na łańcuchach. Przy takim ustroju powstają wielkie zmiany kształtu dźwigaru, a stąd podnoszenie się i zniżanie pomostu, wahania, drgania przy przejściu nawet małych ciężarów. Tu tylko sztywność pomostu i tarcie w sworzniach łańcuchów przeszkadzają zmianom kształtu, ale nie wiele.

Dlatego już dawno starano się tę wadę mostów wiszących zmniejszyć

a) przez użycie małych strzałek, bo wtedy odkształcenia pionowe są mniejsze,

b) przez stężenie pomostu podciągami lub belkami Howe'a, albo żelazniami, tworzącymi poręcze jak przy kładce na Dunaju w Passawie, (t. 60. r. 2. b.). belki te przy dawniejszych ustrojach były za słabe i niedostatecznie stężyły wieszar.

c) przez zastosowanie linew pomocniczych (n. *Hilfseil*, a *stay*), które wychodzą z pilonów i podpierają bezpośrednio pomost (t. 62. r. 2.), a używane są zwłaszcza w Ameryce. Jednak działanie ich trudno obliczyć zwłaszcza, że zmiana ciepłoty ma tu ogromny wpływ na natężenia tak, że linwy te są raz przeciążone, drugi raz obwisłe.

Przy nowszych francuskich mostach tego ustroju (t. 43. r. 2, t. 60. r. 3.) opuszcza się na tej długości, którą podpierają linwy pomocnicze, pręty pomostowe, co sprządza większą trochę jasność w działaniu sił, a także odciążenie linwy głównej.

d) Wreszcie łączono pomost linwami stężającymi z punktami stałymi albo w kierunku poziomym, jak przy moście na Dunaju w Passawie (t. 60. r. 2a.) lub też w kierunku pionowym, jak przy moście w Easton (t. 60. r. 5.). Sposobu tego, który z powodu gibkości linew nie był skutecznym, obecnie zaniechano zupełnie.

## §. 26. Mosty wiszące z belką stężającą.

Przechodzimy teraz do nowszych ustrojów, z których dwa szczególnie omówić chcemy, a które dążą do zmniejszenia drgań i zmiany kształtu przy zmianie obciążenia. Pierwszy ustrój jestto wieszar gibki z belką stężającą, drugi wieszar kratowy. Najprzód będziemy mówić o ustroju pierwszym.

Na wieszarze gibkim, linwie lub łańcuchu, zawieszoną jest belka stężająca zapomocą prętków pomostowych. Przy nierównomiernem obciążeniu belka rozdziela je tak, że pręty są prawie równo natężone, a więc kształt wieszaru mało się zmienia przy obciążeniu. Pierwszy użył tego ustroju Rößling, budując w r. 1851 do 1855 most na Niagarze o rozpiętości 250 m, stężony drewnianą belką Howe'a.

W r. 1876 zbudował Rößling most w Brooklynie (t. 62. r. 2) o rozpiętości 486.3 m. Przy nowym moście East River w Nowym Yorku (t. 46. r. 1) ( $l=487.7$ ) opuszczono linwy pomocnicze, a zato belka stężająca jest 12.2 m. wysoka.

Teorię mostów tych udoskonaliли Niemcy, budowano zaś najwięcej tych mostów we Francji i Ameryce, chociaż obliczenie ich nie było dokładnem i zwykle belce stężającej dawano przekrój stały.

W Niemczech dopiero w nowszych czasach zaczęto budować mosty tego układu i tak most na Argen pod Langenargen (t. 42. r. 2.) w r. 1898. o rozpiętości 72 m.

### §. 27. Mosty wiszące kratowe.

Zamiast stężyć linwą belką prostą, możemy utworzyć wieszak kratowy (n. *Fachwerks Hängeträger*). Jest on odwróconym łukiem kratowym, którego podpory mogą się nieco poruszać w kierunku poziomym z powodu zmiany linw trzymających.

Analogicznie, jak przy łukach, rozróżniamy i tu a) wieszak prostopasowy (n. *mit ausgefachten Bogenzwickeln*), którego pas dolny jest prostym (t. 62. r. 1.).

Tu pas górny bierze na siebie prawie całkowicie ciężar własny, więc jeżeli ciężar ruchomy nie jest znacznym, pas górny jest ciągnionym. Pas dolny zaś jest i ciśnionym i ciągnionym. Zatem pas górny może być to łańcuch lub linwa, zaś dolny musi mieć przekrój tęgi.

W nowszych czasach robi się zwykle i pas górny tęgi, jak przy kładce na Menie między Frankfurtem a Sachsenhausen (t. 61. r. 2.).

b) Wieszak dwusierpowy z przegubem środkowym (n. *Sichelförmiger Hängeträger mit einem Mittelgelenk*) widzimy zastosowany przy moście na Monongaheli w Pittsburgu (t. 62. r. 3.) o rozpiętości 245.8 m, którego wieszak jest odwróconym łukiem dwusierpowym trójprzegubowym. Układ jest tu statycznie wyznaczalnym, nie posiada długich zastrzałów, jak poprzedni, ale za to wymaga silnego stężenia pomostu.

c) Wieszak z podwójnym łańcuchem (n. *Hängeträger mit Doppelketten*). Jest to belka kratowa równoległa, bo oba łańcuchy połączone są kratą. Jeżeli oba łańcuchy schodzą się nad pilonem i spoczywają na łożysku wałkowem (t. 63. r. 3), to dźwigar jest pojedynczo statycznie niewyznaczalnym. Jeżeli zaś oba łańcuchy i na pilonie są równoległe (t. 63. r. 4.), to jest on potrójnie statycznie niewyznaczalnym. Tylko drugi układ był używanym w praktyce, jak np. przy kładce na dworcu w Gotha (t. 63. r. 2.) albo przy moście Aspern na kanale Dunaju w Wiedniu.

### §. 28. Wieszak z linwami prostymi (układu Ordisch-Lefevra).

Według tego układu zbudowany był most Franciszka Józefa na Wełtawie w Pradze (t. 63. r. 1.)

Belka pomostowa blaszana jest tu podparta w niektórych punktach linwami prostymi. Dłuższe

proste linwy wygięłyby się łatwo, coby niekorzystnie działało na belkę prostą. Dlatego cienka linwa popiera linwy ukośne zapomocą prętów pionowych.

W Pradze i przy moście Alberta w Londynie zrobione niekorzystne doświadczenia z tym układem. Belka blaszana jest tu na podporach bardzo zmienionych, wielokrotnie statycznie niewyznaczalna, wymaga więc wiele materiału.

Guisclard i Arnodin przyjmują pas dolny w linii łamanej *AcB* (t. 63. r. 5.).

### §. 29. Łańcuchy.

Powiedzieliśmy powyżej, że do wieszaków używany łańcuchów albo linw drucianych, złączonych w kable. Z początku przy końcu 18 stulecia używano tylko łańcuchów w Ameryce, potem w Anglii, kabli zaś dopiero później.

Do łańcuchów używamy zwykle żelaza zlewne czasem stali zlewnej, wreszcie stali lanej niklowej.

Dla tych materiałów możemy przyjąć

	sp. wytrzym.	gr. sprężyst.	sp. spręż.
	$\mu$	$\nu_0$	$\epsilon$
dla żelaza zlew.	3.700—4.400	2.000—2.400	2,150.000
" stali zlewn.	5.000—6.000	2.500	2,200.000
" " lan. niki.	6.870	4.600	2,100.000

W Ameryce używa się zwykle średnio twardej stali (a. *medium steel*) o wytrzymałości 3.800 do 4.350  $kg/cm^2$  z granicą sprężystości w połowie wytrzymałości.

Przy wielkich rozpiętościach ( $l > 150$  m) chodzi bardzo o zmniejszenie ciężaru łańcuchów, dlatego używają jeszcze twardszej stali. Przy moście Elżbiety w Budapeszcie użyto stali Martina o wytrzymałości 5.000 do 5.500  $kg/cm^2$ , a natężenie największe wynosi 1.400  $kg/cm^2$ .

Przy moście na Renie w Kolonii użyto stali o wytrzymałości 5.000 do 6.000  $kg/cm^2$ , a przyjęto natężenie 1.300  $kg/cm^2$ .

Przy projekcie mostu Manhattan w Nowym Yorku przyjmował Lindenthal stal niklową o wytrzymałości 6.000  $kg/cm^2$  z granicą sprężystości 3.400  $kg/cm^2$  a natężenia dopuszczalne 2.100  $kg/cm^2$ .

Ogniwa łańcucha mają przekrój prostokątny, są to stojące żelaza płaskie, połączone na końcu sworzniem. Amerykanie mają w wykonaniu ich największe doświadczenie. Końce prętów zgrubia się w stanie rozżarzonej i wyciska przy użyciu ciśnienia bocznego odpowiedni kształt oka. Oka w Ameryce są zawsze okrągłe. Potem prostuje się pręty i wyżarza, a wreszcie wierci dziury na sworznie.

Przy moście Elżbiety w <sup>(tabl. 72 str. 1.)</sup> Pieszczynie wyrabiano z szerszych prętów kształty *a*, wreszcie kształt *d* (t. 64. r. 4.).

### §. 30. Druty i linwy druciane.

Kable składają się z drutów żelaznych i stalowych, ułożonych równolegle do siebie, albo też z linew, które gotowe dostarcza fabryka. Najprzód mówić będziemy o drutach i linwach.

Drut ma zazwyczaj przekrój okrągły, rzadziej inny i wyrabia się z drutu walcowanego zapomocą ciągnięcia po kolei przez dziurki płyty stalowej coraz mniejsze. Przezto powiększa się wytrzymałość drutu.

Wytrzymałość drutu takiego jest bardzo wielka i tak wynosi już dla drutu żelaznego 6.000 do 7.000  $kg/cm^2$ , dla stali lanej 12.000 do 14.000, a dla niektórych celów druty cienkie mają nawet 20.000  $kg/cm^2$  wytrzymałości. Dla kabli używa się jednak drutów z wytrzymałością najwyżej 15.000  $kg/cm^2$ , bo byłyby one zresztą za kruche.

Röbling użył dla mostów: na Niagarze i w Ohio drutu, dla którego  $\mu=7000 kg/cm^2$  (żel.) w Brooklynie  $\mu=11250$  „ (stal.)

Granica sprężystości leży w przybliżeniu w polowie wytrzymałości, więc dla obecnie używanych stalowych drutów przy 6.000 do 7.500  $kg/cm^2$  współczynnik sprężystości wynosi 2,200.000 do 2,300.000  $kg/cm^2$ , grubość drutu zaś 4 do 6,5 mm.

Linwa składa się z drutów spiralnie ułożonych około duszy (n. *Seele*), drutu prostego jednego lub siedmiu. Przytem około duszy z jednego drutu układa się 6 drutów, w drugiej warstwie 12, potem 18. Druty skręcone są albo wszystkie w jednym kierunku albo w każdej następnej warstwie w odwrotnym.

Zazwyczaj obecnie używa się ostatniego ustroju, bo przy zginaniu linwy część drutu znajduje się na wypukłej części na wklęsłej stronie i wydłużenia się wyrównują, a tarcie, które temu przeszkadza jest mniejszem, gdy kierunek skręcenia jest odwrotnym. Kąt skręcenia wynosi 9° do 25°, zwykle 18°.

Jeżeli linwa składa się z  $n$  drutów, to

$$F = n \cdot \frac{\pi}{4} d^2, \text{ a}$$

w przybliżeniu średnica  $d=1.33 \sqrt{F}$  przyczem  $d$  i  $F$  w  $cm$ .

Wskutek skręcenia natężenie drutu się zwiększa, a przy ciągnięciu najwięcej natężonym jest drut prosty. Melan podaje następną tabliczkę dla kąta 18°:

Jeżeli  $\sigma_0 = \frac{P}{F}$ , to dla  $n = 7 \quad 19 \quad 37$  większego  
dla drutów skręcanych  $\sigma = 1.023 \quad 1.044 \quad 1.045 \quad 1.052 \quad \sigma_0$   
„ drutu średniego  $\sigma = 1.166 \quad 1.188 \quad 1.195 \quad 1.200 \quad \sigma_0$

W jednej wiązce może być najwięcej 200 do 250 drutów. Jeżeli trzeba większego przekroju, składamy linwę z więcej wiązek. Wtedy jedną wiązkę jedrną (n. *die Kernlitze*) otacza 6 wiązek spiralnie odwrotnie skręconych, na tych 12 wiązek itd. (t. 65 r. 1).

Dla przeglądu podajemy tu następną tabliczkę:  
ustrój  $d_{mm}$   $g kg/cm$  B. siła przerywająca w t.  
dla  $\mu=13.500 kg/cm^2$ .

z drutów	36.2	7.0	101.6
„	51.5	14.0	207.0
z wiązek	68	18.0	252.4
„	80	25.0	349.1
„	100	39.0	553.1
„	125	60.0	847.7
„	255	94.0	1.306.4

W nowszych czasach zaczęto dla uzyskania większego przekroju i lepszego przystawiania używać przekrojów zamkniętych (n. *verschlossen*) (t. 65. r. 2.) w których druty nie są okrągłe. Dusza składa się z drutów okrągłych, około niej znajduje się kilka pierścieni z drutów zachodzących jeden na drugi. Następną warstwę skręca się w kierunku przeciwnym. Największa średnica takiej linwy wynosi 100 mm. Powierzchnia linwy jest gładką i wystarczy dobre pomalowanie, aby ochronić ją od rdzy.

### §. 31. Kable z drutów równoległych.

Jeżeli wykonywamy kabel na miejscu budowy, to możemy to tylko zrobić, ciągnąc pojedyncze druty od jednego zakotwienia do drugiego.

W Ameryce zwykle kończy się taki kabel łańcuchem w miejscu zakotwienia (t. 64. r. 1).

Druty bez końca muszą w pewnych miejscach mieć zetknięcia. Wtedy albo lutuje się je albo obwija końce żarzącym się cienkim drutem, albo wreszcie łączy się manszetą z gwintami odwrotnymi (t. 64. r. 8).

Ilość drutów przy wielkich mostach jest nieraz olbrzymia i tak przy moście

	r.	Ilość wiąz.	Ilość drut. w wiązce	Ilość drutów w kablu	$d$ mm.	$\sigma$ mm.	Ilość kabl
na Niagarze	1855	19	192	3.648	254	3.7	4
w Ohio	1867	19	274	5.206	313	3.7	2
w Brooklynie	1876	19	331	6.289	394	4.3	4
w Williamsburg	1903	37	208	7.696	476	4.8	4

Druty te musi się koniecznie dzielić na wiązki, aby jakoś je uporządkować. Röbling wykonywa kable w następujący sposób. Najprzód ciągnie się jeden drut kierowniczy od zakotwienia przez pylon aż do drugiego zakotwienia i oblicza się długość jego tak, aby był w miejscu, gdzie ma być kabel. Potem dla każdej wiązki ciągnie się znów drut kierowniczy i inne druty w nieco wyższem położeniu. Druty każdej wiązki łączy się obręczkami co 15 m. i opuszcza na miejsce. Wykonanie jednak kabli takich bez zarzutu wymaga nadzwyczajnej staranności i osobnych przyrządów, gdyż trudno zaciągnąć druty zupełnie równo.

Dla zachowania drutów przed rdzą przy moście Brooklyńskim galwanizowano druty, przy moście

w Wiliamsburgu powlekano je olejem lnianym i farbą a kabel owijano płótnem żaglowym, przesiąkniętem oliwą i grafitem, zaprasowywano gorącym żelazem i malowano podwójnie farbą olejną. Na to zaciągano rurę blaszaną z 16 mm grubej blachy i zalutowywano szwy.

Pręty pomostowe (n. *Hängestab*) łączy się zapomocą dwudzielnych kajdanek (n. *Schellen*). (t. 64. r. 3.). Naciągnięciem śrub przyciskamy kajdanki do linwy, a tarcie, tem wywołane, jest dostatecznym, aby przeszkodzić przesunięciu. Dawniej zawieszano pręty zapomocą haków, które zaczepiają o kluczkę (n. *Schlinge*). Przy mniejszych mostach widzimy i teraz jeszcze tego rodzaju ustrój (t. 64. r. 6.).

### §. 32. Kable linwowe.

Dla mniejszych rozpiętości łatwiejszą jest rzeczą użycie gotowych linew, sprowadzonych z fabryki. Jeżeli jedna linwa nie wystarcza, to albo dajemy kilka linew równoległych (t. 64. r. 7.) albo łączymy ich kilka w kabel. Ustrój ten jest znacznie lepszym, wykonanie prędkie i łatwe, linwy we fabryce mogą być lepiej zrobione; a jeżeli wszystkie linwy jednakowo zwisają, to i natężenia są równe, a są zwykle już tak ciężkie, że pomimo wiatru wiszą spokojnie.

Jeżeli linwy łączymy w kabel, to skręcamy je zazwyczaj spiralnie około linwy środkowej. Zazwyczaj wtedy mamy 6 linew skręcanych a jedną prostą (t. 65. r. 1.).

Z powodu skręcania drutów w linwach a linew w kablu przy znacznem ciągnięciu następuje przedłużenie większe, niż odpowiada materyałowi drutu, bo wtedy druty i linwy silniej przylegają, zmniejsza się przekrój a zwiększa długość.

Wedle doświadczeń Feltena i Guilleauma wynosi współczynnik sprężystości silnie obciążonych linew i kabli tylko  $m$  tą część współczynnika sprężystości drutu, przyczem

dla linew z drutów	kabli	linew
okrągłych	siedmiolinwowych	zamkniętych
$m=0.85$ do $0.80$	$0.80$ do $0.75$	$0.90$ do $0.85$

Natężenie dopuszczalne kabli może wynosić przy wielkich rozpiętościach  $\frac{1}{4}$  wytrzymałości drutu ze względu na granicę sprężystości, leżącą przy drucie stalowym wysoko, i ze względu na małe zmiany w natężeniu. Jeżeli więc przypuścimy  $\mu=12.000$  do  $14.000$   $kg/cm^2$ , to możemy przyjąć  $\tau=3.000$  do  $3.500$   $kg/cm^2$ .

Dla utwierdzenia prętów pomostowych używamy dla jednej linwy kajdanek dwudzielnych (t. 64. r. 5), które śrubami przyciskamy do linwy. Jeżeli mamy więcej linew równoległych, to albo na kajdankach zawieszamy pręt, tworzący kluczkę (t. 64.

r. 7.) albo też układamy na linwy siodełko (t. 64. r. 2.) przyczem można łatwo wymienić linwę uszkodzoną. Rys. 3. na t. 65. przedstawia patentowane zawieszenie towarzystwa budowy maszyn w Norymberdze.

### §. 33. Zakończenie linew i kabli.

O zakończeniu łańcuchem kabli z drutów równoległych mówiliśmy już w §. 32.

Zamiast tego możemy zakończyć linwę główką n. (*Seilkopf*) (t. 66. r. 4.). Są to stożki wykonane z najlepszej stali. Linwa rozszczepia się szczerotkowato, każdy drut oczyszcza się dokładnie i aby uzyskać metaliczną powierzchnię, wkłada się w słaby kwas solny, potem w kąpiel cynową i przy odpowiedniem ogrzaniu zalewa stopem metalowym, składającym się z  $\frac{1}{3}$  ołowiu,  $\frac{1}{5}$  cyny i reszty antymonu. Po wystygnięciu tworzy koniec zalany linwy jedną masę.

### §. 34. Ustrój łańcucha.

Chodzi tu głównie o ustrój przegibnych połączeń ogniów łańcucha.

Obecnie łańcuch składa się zawsze z ogniów t. j. wstęg prostokątnych, zakończonych okami. Najwięcej doświadczenia w wykonaniu takich ogniów (n. *Augenstab*, a. *eye bar*) mają Amerykanie.

Oka wyrabia się w ten sposób, że pręt prostokątny zgrubiamy na końcu, spajając kawały dodatkowe zazwyczaj ciśnieniem hydraulicznem osiowym przy równoczesnem ciśnieniu bocznem. Zapomocą osobnych modeli uzyskujemy odrazu odpowiedni kształt. Potem dla usunięcia natężeń wewnętrznych wyżarza się starannie oka, a w końcu wierci się otwór na sworzeń.

Przy wykonaniu ogniów dla mostu Elżbiety w Peszcie postępowano inaczej. Tam wycinano ogniwa i oka ze szerszej wstęgi. Rys. 4 na tab. 64. przedstawia kolejne kształty ogniwa, które otrzymano tylko wierceniem i piłowaniem żelaza Wykonanie takie jest znacznie kosztowniejszem.

Co do wymiarów oka, to zauważyć musimy, że ze względu na natężenia drugorzędne przekrój w oku musi być większym od  $b$  (t. 65. r. 6.). Mamy rozmaite wzory doświadczalne i tak wedle

$$\left. \begin{aligned} \text{Haeselera } b' &= \frac{1}{2} b + \frac{1}{6} d \\ b'' &= \frac{1}{2} b + \frac{5}{8} d \end{aligned} \right\} \dots 20)$$

W Ameryce przyjmują zawsze  $b'=b''$  i tak Pencoyd Works pod Filadelfią

$$b'=b''=0.665 b \dots 21)$$

$$\text{zaś prof. Du Bois } b'=b''=0.125 d=0.645 b \dots 22)$$

Rozumie się, że też musi być

$$bc=2dc, \text{ więc } d > 0.5 b \dots 23)$$



Sworznie otrzymują albo z jednej strony główkę, z drugiej gwinty i naśrubek, albo z obu stron naśrubki.

Ilość ogniwi albo jest równa w dwu po sobie następujących przedziałach, wtedy leżą one w tej samej płaszczyźnie i łączy się je przykładkami (t. 65. r. 5.), albo też ogniwa zachodzą jedne na drugie i łączy się je sworzniem (t. 65. r. 4.). Drugi sposób jest tańszym i obecnie jedynie używanym.

Przy większych rozpiętościach zachodzi potrzeba urządzenia wielu ogniwi i zatem długich

sworzni. Zamiast tego urządzamy dwa łańcuchy albo jeden obok drugiego, albo jeden nad drugim i wtedy pręty pomostowe zawieszane są kolejno na górnym i dolnym łańcuchu (t. 66. r. 2.). Ustrój ten ma tę niedogodność, że przy pewnem położeniu ciężarów może być jeden łańcuch więcej obciążonym, niż drugi, co zresztą zdarza się i z innych względów, przy niezupełnie równej długości ogniwi, niezupełnie równym współczynniku sprężystości.

## IV. Pomost, pilony i zakotwienie.

### §. 35. Przekrój poprzeczny mostów wiszących.

Przekrój poprzeczny mostów wiszących zależy od położenia pomostu, który tu z natury rzeczy jest poniżej wieszara. Wobec tego zazwyczaj mamy dwa wieszary (t. 66. r. 1.), tylko przy bardzo szerokich mostach, zwłaszcza jeżeli są dla kolei i drogi razem, używamy więcej dźwigarów (t. 67. r. 1.)

Poprzecznicę albo kończą się w płaszczyźnie dźwigarów (t. 66. r. 2.) albo też wystają (t. 67. r. 2.). Przy wielkich rozpiętościach lepiej jest dać chodniki wewnątrz dźwigarów ze względu na możliwość lepszego stężenia.

Szerokość mostów jest bardzo rozmaita. Ze względu na zmniejszenie ciężaru własnego, zmniejszają ją zwykle jak najbardziej, więc aż do 4 m, a dla kładek aż do 70 cm. Z drugiej strony wielkie mosty amerykańskie są nieraz bardzo szerokie, jak most w Brooklynie (t. 67. r. 1.) lub most Williamburski o największej rozpiętości 487 m (t. 68. r. 1.).

Pomost mostów wiszących nie różni się niczem od pomostu mostów żelaznych. W nowych mostach widzimy pomost żelazny a nawet żelaznobetonowy (t. 66. r. 3.).

### §. 36. Zawieszenie pomostu.

Przy mostach wiszących gibkich i mostach wieszarowych kratowych pręty pomostowe podpierają poprzecznicę, na których spoczywa pomost. Poprzecznicę jednak musimy połączyć krawężnikiem, który jest belką blaszaną (t. 67. r. 5.) albo i kratową (t. 67. r. 1.).

Połączenie z poprzecznicą następuje zapomocą strzemion (n. *Bügel*) (t. 68. r. 3.) rzadziej zapomocą śrub. (t. 67. r. 5.). Pręty pomostowe są tu żelazne okrągłe lub kwadratowe. Przy większych mostach znajdujemy pręty pomostowe podwójne (t. 66. r. 2.), co jest o tyle niekorzystnem, że wtedy łatwo powstają w prętach nierówne natężenia, a stąd i wieszar nie jest środkowo obciążonym.

Dłuższe pręty z żelaza okrągłego łatwo się wyginają i drgają, dlatego w Peszcie przy moście Elżbiety (t. 66. r. 2.) pręty pomostowe składają się z dwu uówek.

Przy mostach wiszących z belką stężającą podtrzymują pręty pomostowe albo wystające poprzecznicę, albo też wprost pas górny lub dolny (t. 68. r. 1.) belek stężających.

Przy mostach linowych używa się jako prętów pomostowych często także linew, które kończą się u dołu poprzeczką, zawierającą główkę linwy (t. 67. r. 1.) albo kończą się kluczką, w którą wchodzi strzemię, podtrzymujące poprzecznicę.

Przy mostach wieszarowych kratowych o pasie dolnym prostym spoczywa pomost wprost na tym pasie.

### §. 37. Podparcie na pilonach.

Łożyska na pilonach powinny być tego rodzaju, aby umożliwiały przesunięcie się małe linwy lub łańcucha bez wielkiego tarcia. Na pilony powinno się przenosić, o ile możności, tylko ciśnienie pionowe, bo każda siła pozioma, działająca na pilon, wywiera wielki moment w podstawie z powodu wielkiej wysokości punktu zaczepienia.

Łożyska mogą być przesuwowe, wałkowe i wahadłowe. Może być też łożysko na pilonie stałe, ale w takim razie musi być pilon wahadłowy.

a) Łożyska przesuwowe wykazują znaczne tarcie, dlatego obecnie prawie zupełnie ich zaniechano. Kłaść je możemy tylko przy mniejszych mostach, zwłaszcza kładkach. Przy moście Bucaramanga (t. 67. r. 3.) widzimy takie łożyska stałe. Aby druty ochronić przed niszczeniem przez tarcie, otoczono tu linwę rurą miedzianą.

b) Łożyska wałkowe (n. *Rollenlager*). Tu spoczywa linwa na siodełku zakrzywionem odpowiednio do kąta nachylenia linwy. Łożyska takie widzimy przy moście na Argen pod Langenargen (t. 44. r. 3.) Siodełko jest tu ze względu na kształt powierzchni górnej wydrążone i spoczywa na sześciu stalowych wałkach. Siodełko ma u góry dla objęcia linwy pół-

kolistą rynwę, wyłożoną 3 mm grubą blachą. Łańcuchy przechodzą przez czop na wahacz łożyska wahadłowego (t. 69. r. 6.) Zamiast wałków widzimy przy moście na Launie pod Fryburgiem (t. 67. r. 4.) użyte półwałki.

c) Łożyska kołyskowo wałkowe. Najłatwiej uzyskujemy równy rozkład ciśnienia na wałki i ustalenie punktu zaczepienia łożyska, wykonywując łożysko kołyskowe, jak to widzimy przy projekcie mostu na Renie w Bonn. (t. 69. r. 3.).

Łożyska kołyskowe dla linew wykonujemy podobnie, kończąc linwy łańcuchami, jak to widzimy przy moście pod St. Ilpize (t. 70. r. 5.).

d) Łożyska wahadłowe (n. *Schwingstützenlager*). Możemy też podeprzeć linwę na pilonie stałe, za to połączyć tu punkt podparcia wahadłowe z punktem pilonu, znajdującym się znacznie niżej. Czasem całą wysokość pilonu wyzyskano jako wahadło, jak to widzimy przy moście Elżbiety na Dunaju (t. 69. r. 1.). Łożysko wahadłowe jest tem skuteczniejsze, czyli tem łatwiej następuje ruch, im wyższe wahadło. Dlatego też Lindenthal urządził przy projekcie mostu Manhattan na East-River w Brooklynie (t. 69. r. 4.) punkt obrotu 24·7 m pod pomostem, a długość wahadła wynosi 84·5 m.

Jeżeli wahadło takie ustawi się pochyło, to przy wyprostowaniu musi się środek ciężkości jego i linwa nieco podnieść, co wymaga pewnej siły. Wada ta jest tem mniejszą, im wyższem jest wahadło.

### §. 38. Pilony.

Pilonami (n. *Pylon*) nazywamy górną część filarów mostów wiszących, wystającą wysoko ponad pomost, na której zawieszoną jest linwa. Pilony składają się z dwu słupów, które w odpowiedniej wysokości łączymy rozporami i tężnikami poprzecznymi (t. 68. r. 2.) albo łukami (t. 69. r. 2.) i wtedy mają one kształt bramy.

Słupy te mogą być albo kamienne albo żelazne, obecnie zwykle żelazne. Ponieważ na pilony działają u góry siły poziome, więc muszą one być z dołu rozszerzone, co robimy też ze względów estetycznych, choćby te siły przez urządzenie łożyska wałkowego były bardzo małe.

Pilony żelazne są mniej kosztowne od kamiennych, dlatego mogą być wyższe, a wtedy stosunek  $\frac{f}{l}$  jest korzystniejszym. Dawniej używano do pilonów żelaza lanego, obecnie zwykle spawanego. Przy układach statycznie niewyznaczalnych przedłużenie się pilonu żelaznego wskutek wzrostu ciepłoty robi nieszkodliwem analogiczne przedłużenia prętów pomostowych.

### §. 39. Zakotwienie.

Linwy kotwiczne należy dobrze zakotwić, aby uniknąć jakichkolwiek przesunięć, przyczem należy je zachować przed rdzewieniem.

Rzadko zakotwienie takie da się uskutecznić w skale niewietrzejącej, jak to widzimy przy kładce na Dunaju w Passawie (t. 70. r. 1), gdzie wykuto w skale sztolnię dla założenia kotew.

Zazwyczaj jednak kotwy opierają się o mur, które swym ciężarem, tarciami we fundamencie i partiami ziemi opiera się przesunięciu łańcuchów. Mury te znajdują się albo w ziemi, jak przy moście w Bucaramanga (t. 70. r. 2), albo tworzą przyczółek, wystający nad ziemię n. p. przy moście łańcuchowym w Peszcie (t. 70. r. 4) lub przy moście Williamburkim na East River (t. 46. r. 1. b.).

Ażeby skrócić długość muru kotwicznego, zakrzywiamy już w murze łańcuchy kotwiczne (t. 46. r. 1b.) czasem tak dalece, że koniec łańcuchów jest pionowym, jak przy moście na Menie (t. 71. r. 1.) lub na rzece św. Wawrzyńca (t. 73. r. 1). Można także zwiększyć ciężar muru kotwicznego przed nadbudowanie (t. 70. r. 1.).

Dawniej zamuroywano łańcuchy kotwiczne, co nie jest odpowiedniem i uniemożliwia rewizję. Dlatego obecnie znajdują się one w kanałach dostępnych, umożliwiających odnowienie malowania, albo wkłada się je w beton, który chroni żelazo przed rdzą.

Łańcuchy kotwiczne zakończone są płytą kotwiczną (n. *Ankerplatte*, *Wurzelplatte*) (t. 46. r. 1. d.) (t. 72. r. 2.), wzmocnioną odpowiednio belkami żelaznymi. Zamiast tego przy moście na Allier w Lamothe (t. 71. r. 4.) opasano łańcuchami wielki blok muru 7·5 m grubo.

### §. 40. Szczegóły zakotwienia.

Omówimy naprzód szczegóły zakotwienia łańcuchowego.

Najprostszy sposób zakotwienia polega na tem, że przez oka ostatnich ogniów łańcuchów przetykamy zatyczkę, opierającą się na dwu żebrach, otaczających otwór płyty kotwicznej, jak to widzimy przy kładce na dworcu w Gocie (t. 72. r. 3.). Może też płyta kotwiczna składać się z dwu części (most w Podjebradzie t. 71. r. 2.), między którymi znajdują się kliny. Jeżeli mamy wielkie siły do przeniesienia, to aby uchwycić większą powierzchnię muru, rozszczepiamy łańcuchy w kierunku poziomym i pionowym, jak przy projekcie mostu na Renie w Kolonii (t. 71. r. 3), przyczem silne stężenia poprzeczne utrzymują łańcuchy w odpowiednim odstępie. Wielkość płyty kotwicznej zależną jest od wielkości ciągnięcia i objętości muru. Przy moście Monongahela

plyty mają wynosić  $2.44 \times 3.05$  m i ważyć 5.44 t, ciśnienie na mur wynosi  $20 \text{ kg/cm}^2$ . Najwięcej dopuszczamy 30 do  $35 \text{ kg/cm}^2$ .

Linwy zakotwiamy w ten sposób, że głowę linwy opieramy o płytę wzmocnioną dźwigarami (t. 70. r. 3.). Jeżeli linwa jest większą, to rozdzielamy ją na części i każdą z nich zakotwiamy w powyższy sposób.

Płyty kotwiczne robiono dawniej z żelaza lanego, obecnie jednak częściej z żelaza zlewego. Czasem płytę kotwiczną można regulować. Składa się ona wtedy z dwu płyt, między którymi znajdują się kliny, albo sama zatyczka składa się z dwu klinów jak przy moście na Menie pod Frankfurtem (t. 73. r. 2.).

Jeżeli zakotwione linwy czy łańcuchy zakrzywiamy, to w miejscu załamania urządzamy

łożyska kierunkowe (n. *Ablenkungslager*) dla zmiany kierunku. Mogą one być albo przesuwowe jak przy kładce na Menie (t. 73. r. 3.) albo wahałdłowe jak przy kładce na dworcu w Gotha (t. 72. r. 3.).

Wymiary murów należy tak obrać, aby ciężar ich wskutek tarcia w podstawie fundamentu oparł się ciągnięciu linew. Wypadkowe ciągnięcie linew kotwicznych i muru nie może być odchyłone więcej od prostopadłej na podszwę, niż kąt tarcia wynosi. Jeżeli to sprawia trudności, to można opór przeciw przesunięciu powiększyć przez pochylenie podszwy (t. 72. r. 1.) albo wykonanie schodkowate przy bardzo silnym gruncie. Część muru, o którą opierają się kotwice wykonywamy zawsze z ciosów, często ciśnienie przenosimy sklepieniem w głąb muru. (t. 73. r. 4.).

## Dodatek.

### §. 41. Literatura.

Literatura mostów łukowych jest bardzo obszerna. Podamy tu tylko najważniejsze dzieła i publikacje.

#### A. Dzieła ogólne.

Morandière: Traité de la constructions des ponts et viaducs. Paryż 1876.

Heinzerling: Die Brücken der Gegenwart. I. A. II. H. und V. Akwisgran 1880.

Croizette-Denoyer: Cours de constructions des ponts. Paryż 1885.

Foerster: Neue Brückenbauten in Oesterreich und Ungarn. Lipsk 1899.

Struckel: Der Brückenbau. Helsingfors 1900.

Landberg Th. Handbuch der Ingenieurwissenschaften, II. der Brückenbau, V. Abth. Eiserne Bogenbrücken und Hängebrücken III. wydanie. Lipsk 1906.

Häselser E. Der Brückenbau I. Theil. Die eiserne Brücken. IV. Lieferung. Brunswik 1908.

### B. Mosty łukowe i wiszące.

Boulougue: Constructions des ponts suspendus modernes. Ann. d. ponts et ch. 1886 I.

Eiffel: Memoire sur le viaduc de Garabit. Paryż 1889.

Most na Renie pod Hochheim. Centbl. d. Bauverwaltung 1902.

Most na Renie w Bonn. Centbl. der Bauverw. 1896.

Giselard: Ponts suspendus Genie civil 1896.

Arnodin: Application du systeme de la suspension Ann. d. ponts et chaus. 1905 I.

Most Mirabeau w Paryżu. Centbl. d. Bauv. 1897.

Most na Niagarze. Centbl. d. Bauverw. 1898.

Mehrtens: Hängebrücken der Neuzeit. Centbl. d. Bauv. 1898 str. 78.

Trzeci most na East River (Manhattan) Eng. News, 1903, 1904.

Nowy most na East River (Williamsburg) Zeit. d. Ver. deut. Ing. 1904 str. 1213.

Most Elżbiety w Bernie. Zeit. d. öst. Ing. Ar. Ver.

Bohny Dr. F. Theorie u. Konstruktion versteifter Hängebrücken. Lipsk 1905.



# Spis rzeczy.

## A) Ustrój mostów łukowych.

### I. Dźwigary główne mostów łukowych.

	Str.
§. 1. Porównanie łuków z belkami prostemi . . . . .	1
§. 2. Podział łuków wedle ustroju . . . . .	2
§. 3. Kształt łuku . . . . .	3
§. 4. Wybór kształtu łuku . . . . .	4
§. 5. Strzałka mostów łukowych. . . . .	4
§. 6. Ilość dźwigarów głównych . . . . .	5
§. 7. Łuki blaszane . . . . .	5
§. 8. Łuki kratowe . . . . .	5
§. 9. Łożyska stałe . . . . .	6
§. 10. Łożyska w pół stałe. . . . .	6
§. 11. Przeguby węzłowiowe . . . . .	6
§. 12. Łożyska wystającej części łuku . . . . .	7
§. 13. Przegub kluczowy . . . . .	7

### II. Pomost i ustrój poprzeczny.

	Str.
§. 14. Belki wyrównawcze . . . . .	7
§. 15. Słupy pomostowe. . . . .	7
§. 16. Tężniki poprzeczne i poziome mostów o pomoście górą . . . . .	8
§. 17. Tężniki mostów o pomoście wgnębionym lub dołem . . . . .	8
§. 18. Pochylenie dźwigarów łukowych . . . . .	9
§. 19. Obliczenie tężników poziomych łuku dwuprzegubowego . . . . .	9
§. 20. Obliczenie tężników poziomych łuku trójprzegubowego . . . . .	10
§. 21. Obliczenie tężników poziomych łuku bezprzegubowego . . . . .	10

## B) Mosty wiszące.

### III. Dźwigary główne.

	Str.
§. 22. Uwagi ogólne . . . . .	10
§. 23. Korzyści i wady mostów wiszących . . . . .	10
§. 24. Ilość przęseł mostów wiszących . . . . .	11
§. 25. Dawniejsze ustroje . . . . .	11
§. 26. Mosty wiszące z belką stężającą . . . . .	11
§. 27. Mosty wiszące kratowe . . . . .	12
§. 28. Wieszar z linwami prostemi układu Ordish-Lefevra. . . . .	12
§. 29. Łańcuchy . . . . .	12
§. 30. Druty i linwy druciane . . . . .	13
§. 31. Kable z drutów równoległych . . . . .	13
§. 32. Kable linwowe . . . . .	14
§. 33. Zakończenie linw i kabli . . . . .	14
§. 34. Ustrój łańcucha . . . . .	14

### IV. Pomost, pilony i zakotwienie.

	Str.
§. 35. Przekrój poprzeczny mostów wiszących . . . . .	15
§. 36. Zawieszenie pomostu. . . . .	15
§. 37. Podparcie na pilonach . . . . .	15
§. 38. Piony . . . . .	16
§. 39. Zakotwienie . . . . .	16
§. 40. Szczegóły zakotwienia . . . . .	16

### Dodatek.

	Str.
§. 41. Literatura . . . . .	17

## Spis tablic.

- 1, 2. Łuki kratowe i gibkie bezprzegubowe.
3. Łuki kratowe bezprzegubowe tęgie.
4. Łuki kratowe bezprzegubowe.
5. Łuki kratowe bezprzegubowe.
6. Most na Murg pod Frauenfeld.
- 7, 8. Most drogowy na Wezerze w Hoya.
9. Łuki dwuprzegubowe blaszane.
10. Most w Rouen.
- 11, 12. Mosty Morand i Lafayette.
13. Łuki dwuprzegubowe, kratowe sierpowe.
- 14, 15. Łuki dwuprzegubowe kratowe.
- 16, 17. Łuki dwuprzegubowe kratowe sierpowe.
18. Łuki dwuprzegubowe kratowe prostopasowe.
- 19, 20. Łuki dwuprzegubowe kratowe równoległe i trójprzegubowe blaszane.
- 21, 22. Łuki dwuprzegubowe kratowe prostopasowe i trójprzegubowe blaszane.
23. Łuki dwu i trójprzegubowe prostopasowe kratowe.
24. Łuki trójprzegubowe prostopasowe i wystające.
- 25, 26. Łuki trójprzegubowe wystające.
27. Łuki trójprzegubowe wystające i bezprzegubowe.
28. Łożyska stałe.
29. Ilość belek głównych i łożyska przegubowe.
30. Łożyska przegubowe.
31. Łożyska przegubowe i w pół stałe.
- 32, 33. Łożyska przegubowe i kluczowe.
34. Łożyska w pół stałe.
35. Łożytko przegubowe.
36. Łożyska przegubowe.
37. Słupy pomostowe i tężniki pionowe.
38. Tężniki pionowe.
39. Tężniki i stężenia.
40. Łuki i ich przekroje.
41. Przekroje pasów, Architektura.
42. Belka prosta podparta linwą.
43. Łuki trójprzegubowe z linami ukośnami.
44. Łożyska na wieży.
- 45, 46. Most na East River w Nowym Yorku.
47. Wieże, zakotwienie, poprzecznice.
48. Most bezprzegubowy ze ścięgnem kratowem.
- 49, 50. Rodzaje łuków.
51. Przekroje łuków.
52. " "
53. " "
54. " "
55. " "
56. " "
57. " "
- 58, 59. Rodzaje łuków.
60. Rodzaje mostów wiszących.
61. " " "
62. " " "
63. " " "
63. Zakotwienie i zawieszenie.
65. Linwy.
66. Pomost.
- 67, 68. Pomost, łożyska.
69. Piony.
70. Zakotwienie.
71. "
72. "
73. "

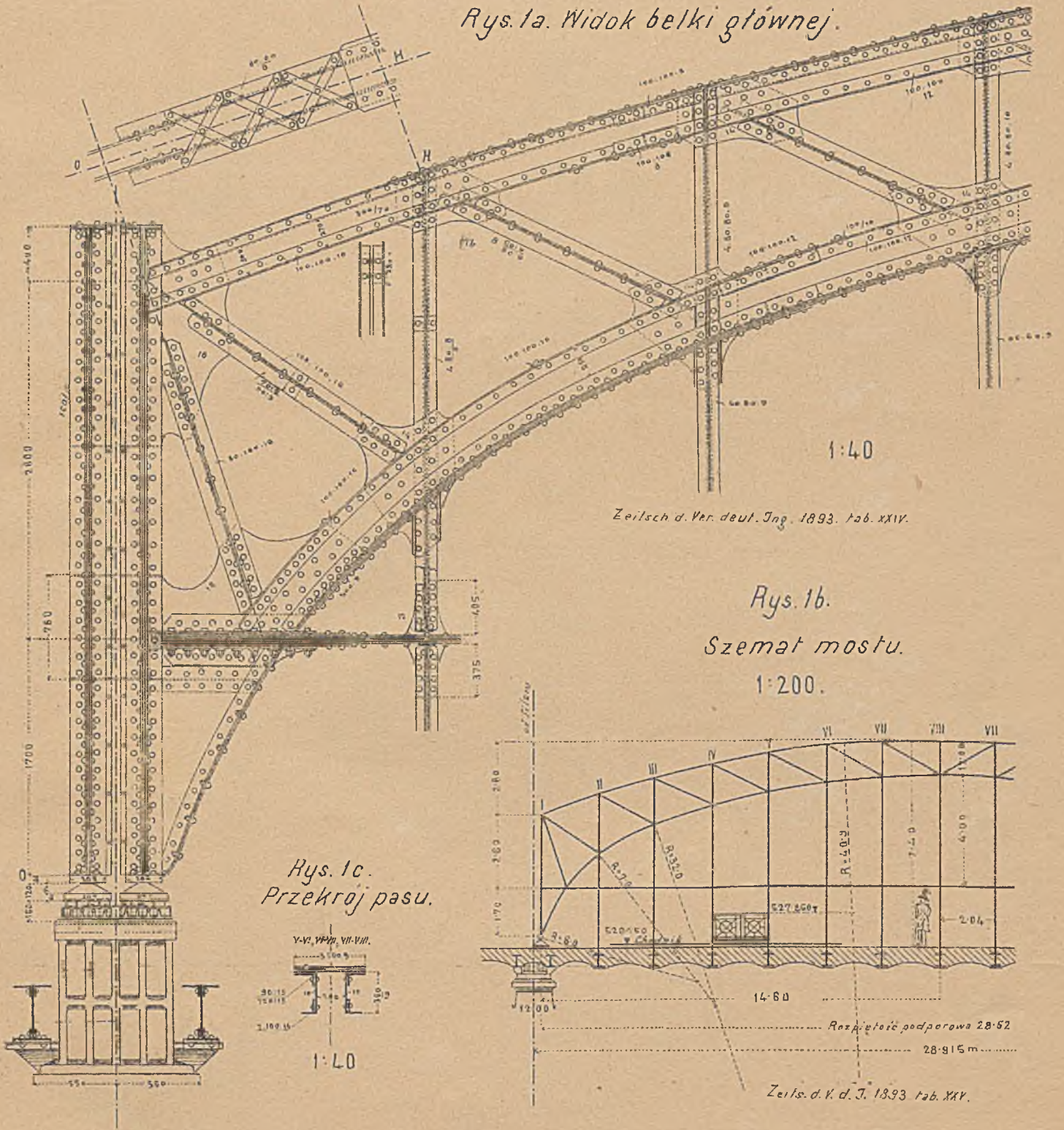




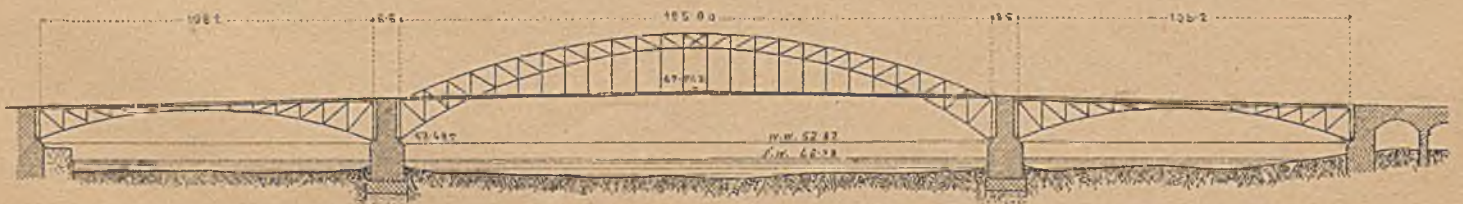
# ŁUKI KRATOWE BEZPRZEGUBOWE TĘGIE.

Rys. 1. Nowy most „Hacker” na głównym dworcu w Monachium.

Rys. 1a. Widok belki głównej.



Rys. 2. Most na Renie koło Bonn.

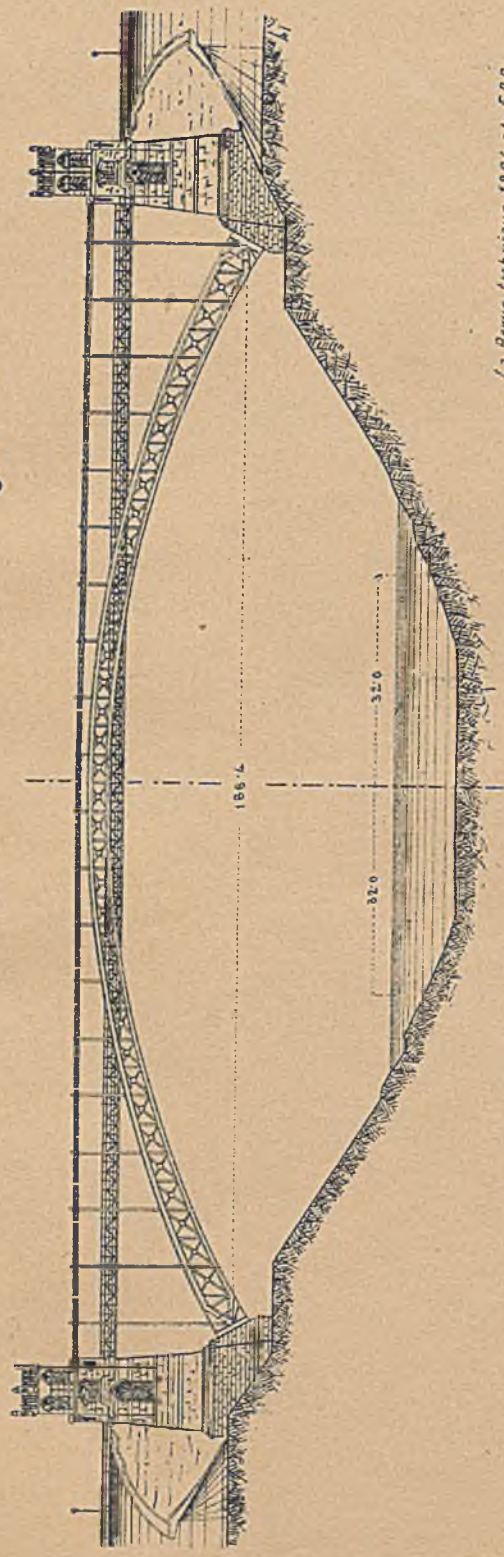


Centr. d. Bauvern. 1896. st 558.

*Thullie*

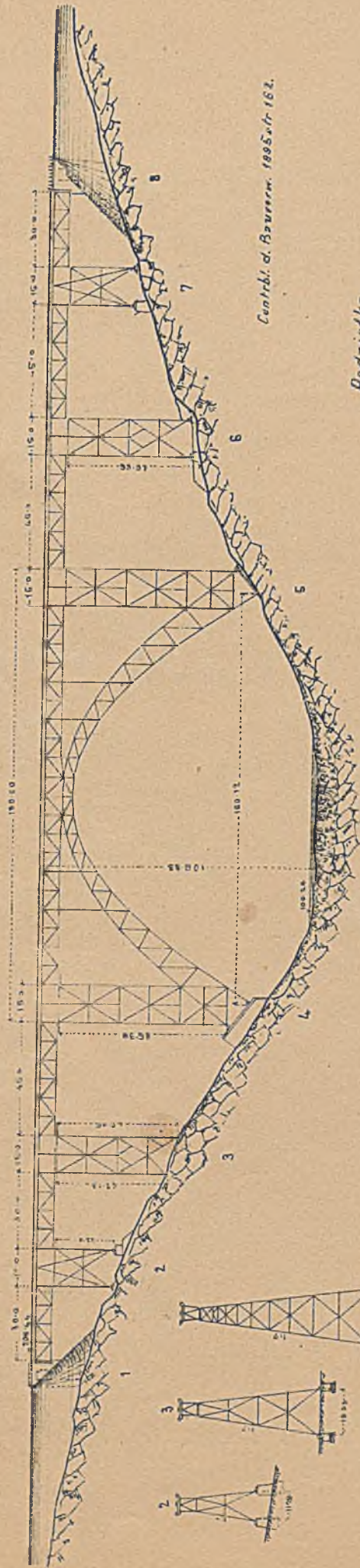
# ŁUKI KRATOWE BEZPRZECUBOWE.

Rys. 1. Most w Levensau na kanale bałtyckim.



La Revue technique 1894, str. 506.

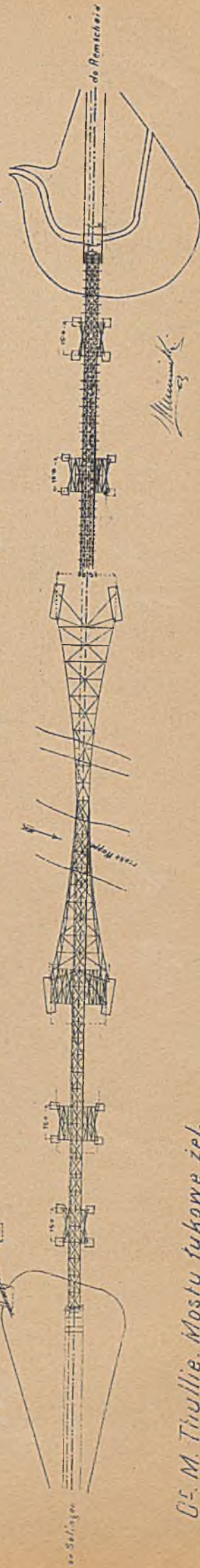
Rys. 2a. Wiedukt pod Muengsten.



Centr. d. Bauverm. 1895, str. 162.

Podziatka.

Rys. 3b. Azut poziomy.

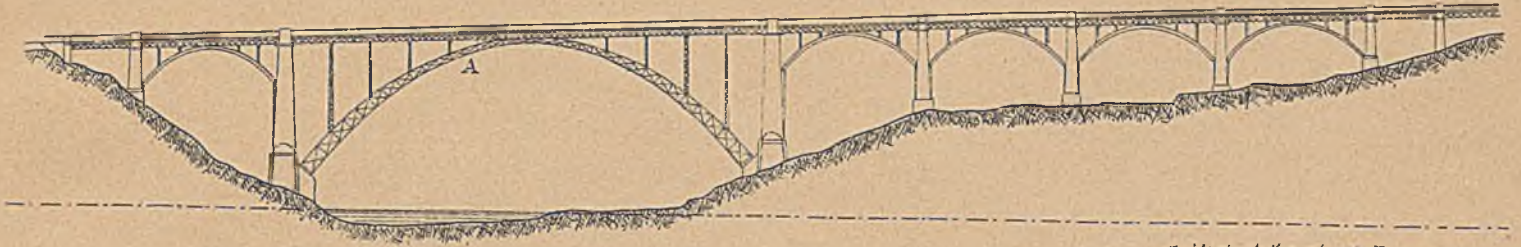


G. M. Thullie. Mosty tukowe zel.



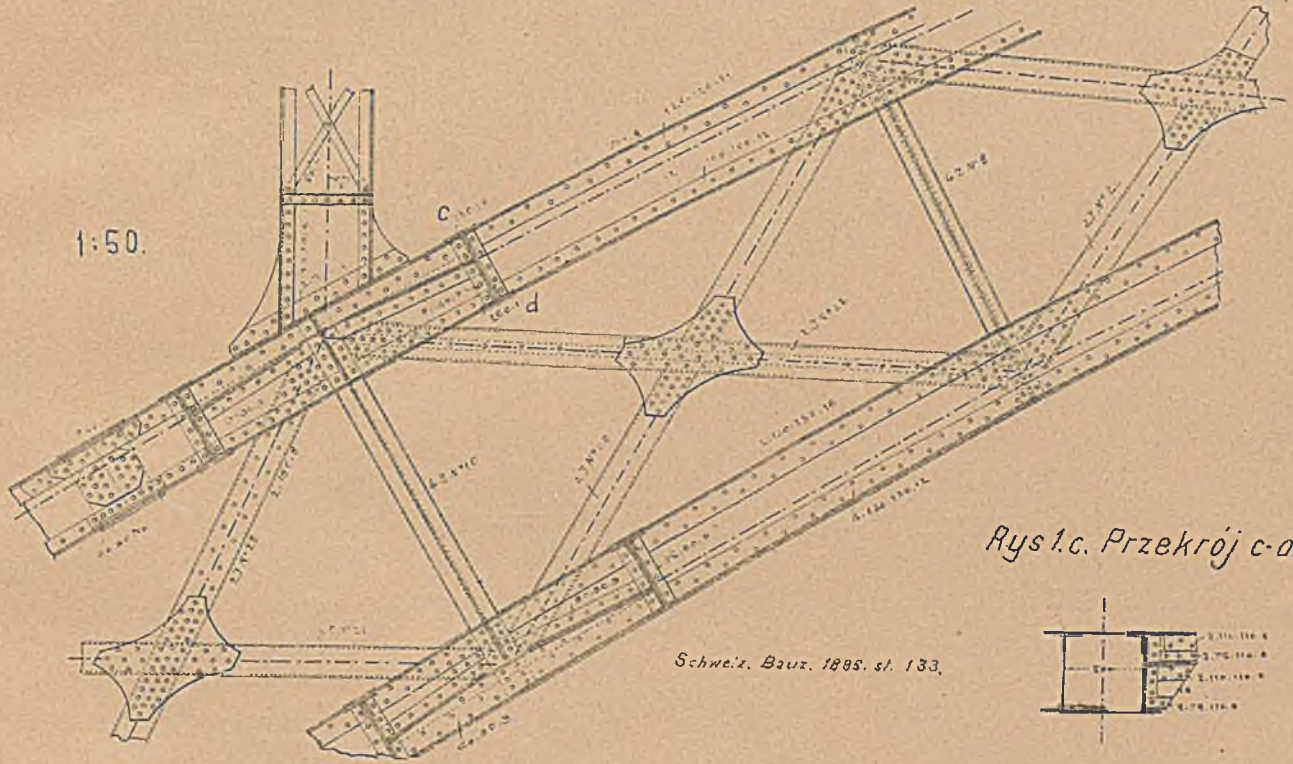
# ŁUKI KRATOWE BEZPRZEGUBOWE.

Rys. 1a. Most na Aarze w Bernie przy magazynie zbożowym.



Zeitsch. d. Ver. deut. Ingen.  
1898. st. 1290.

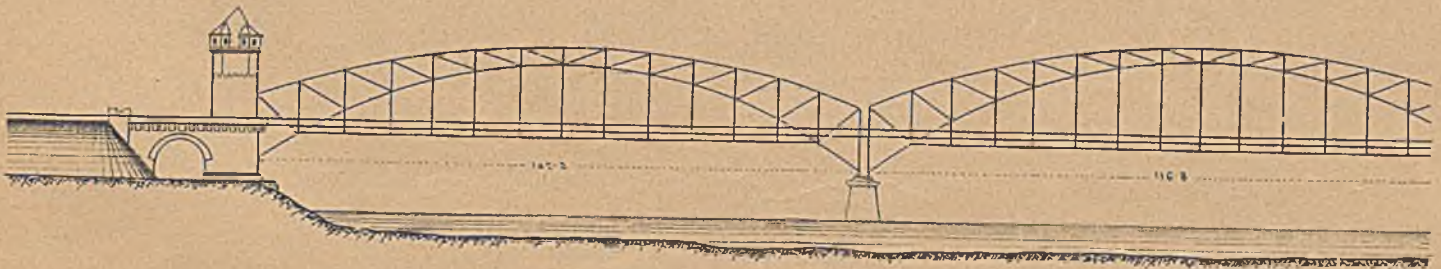
Rys. 1.b. Szczegół belki w punkcie A.



Rys. 1.c. Przekrój c-d.

Schweiz. Bauz. 1895. st. 133.

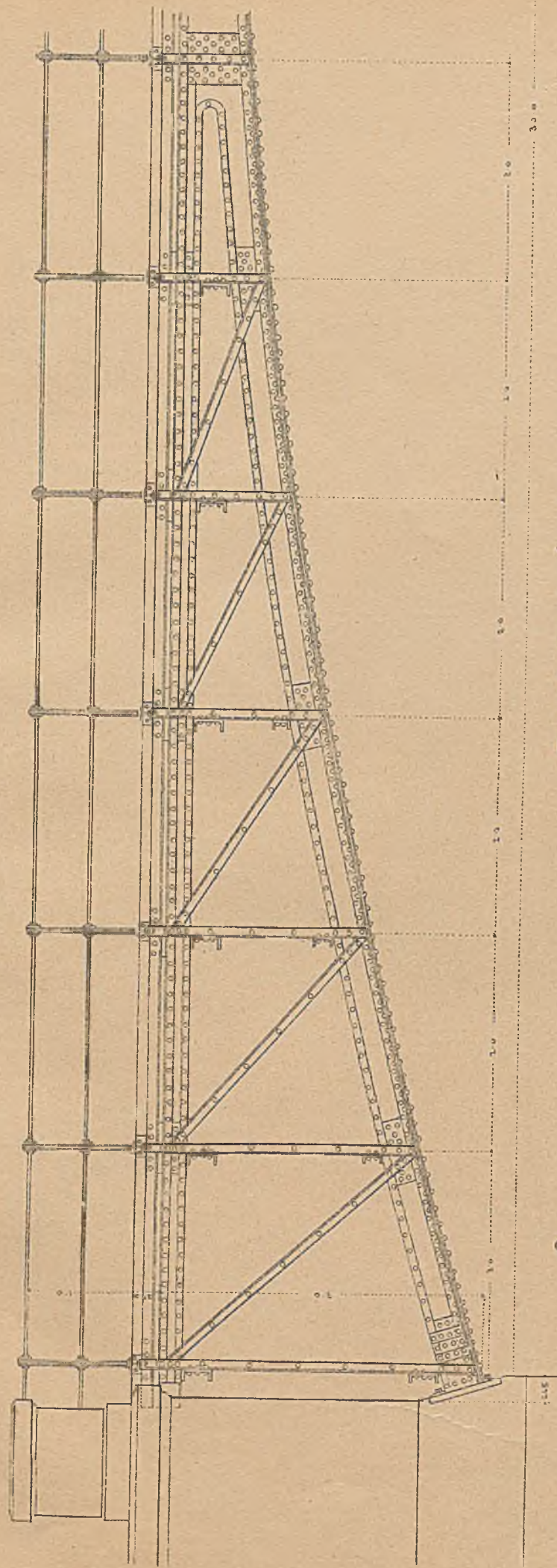
Rys 2.  
Most na Renie w Wormacyi.



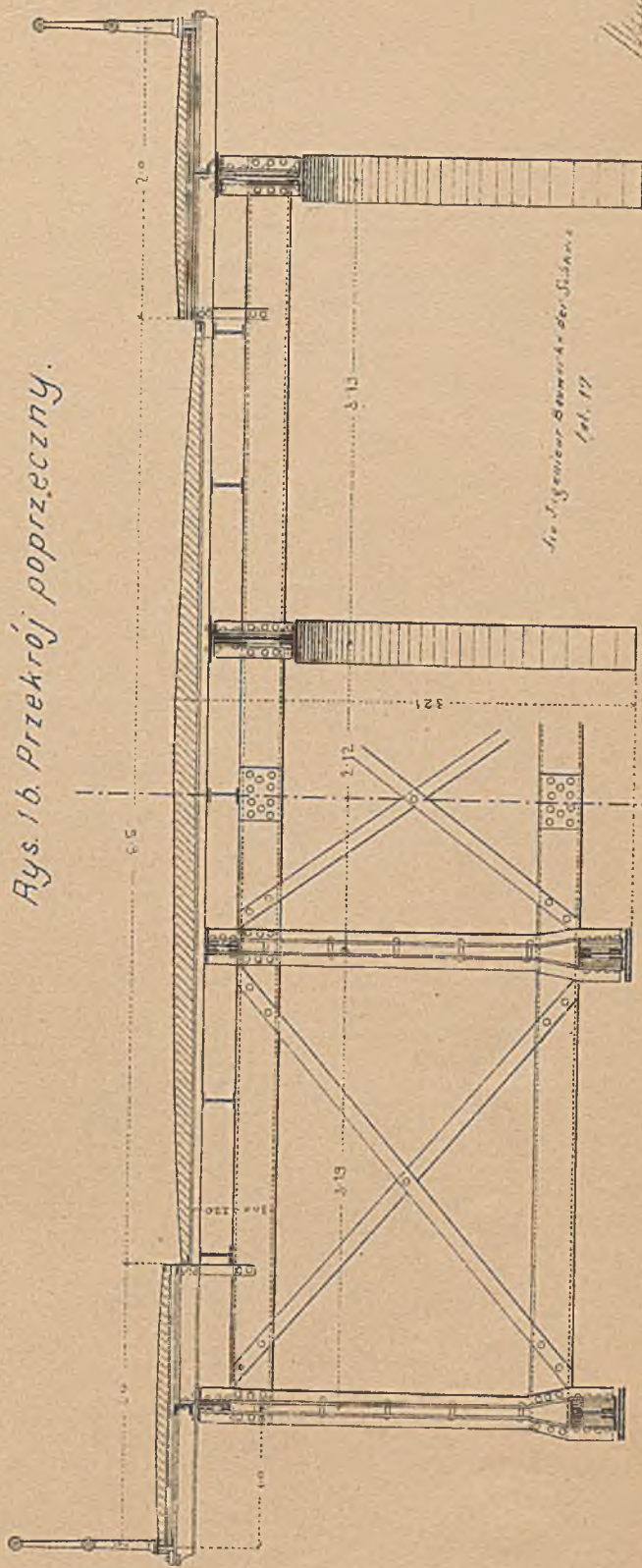
Zeitsch. f. Arch. u. Ingenwesen.  
1896 Tab. 14.

# MOST NA RZECE MURG POD FRAUENFELD.

Rys. 1a. Widok belki.



Rys. 1b. Przekrój poprzeczny.



Rys. 1c.

Pos dolny.



Pos górny.

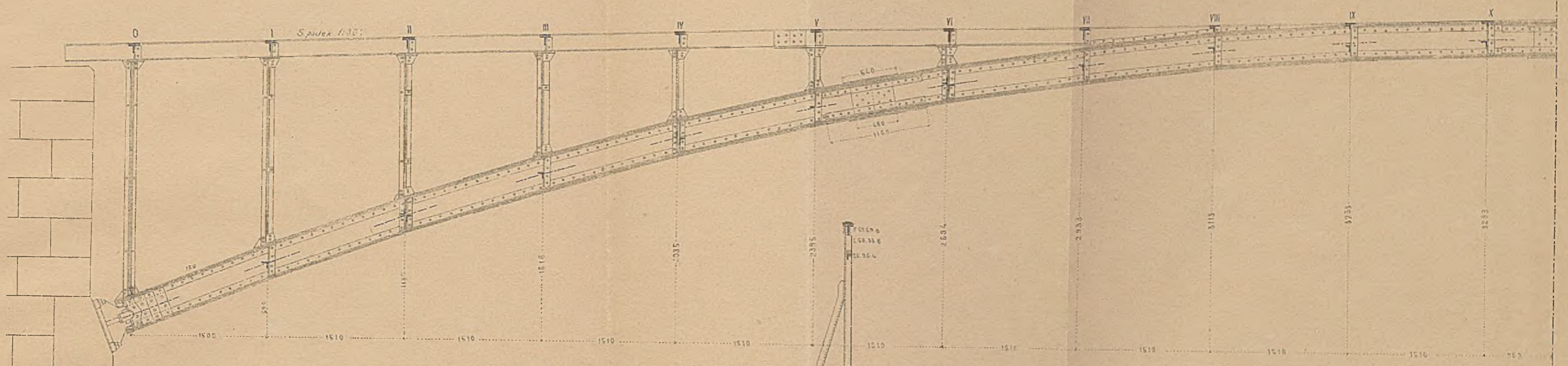


Ingenieur-Bureau der Provinz  
Tab. 17

M. M. Th. 11

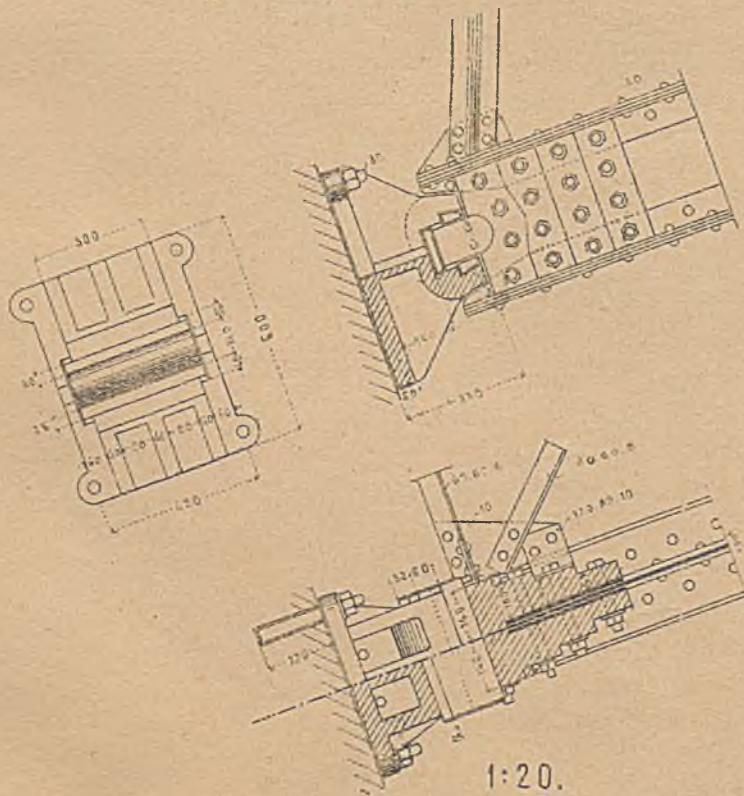
# MOST DROGOWY NA WEZERZE W HOYA.

*Ays. 1. Przekrój podłużny.*



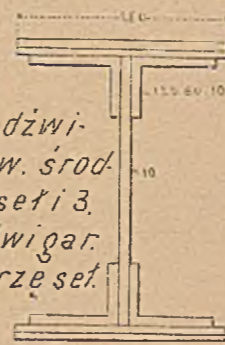
*Ays. 2.*

*Łozysko i początek belki.*



*Ays. 3. Przekroje poprz. belki gł.*

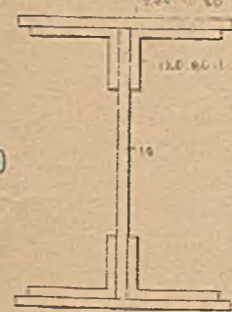
*Ays. 3.a.*



*Przekrój dźwigarów zew. środkow. przęseł i 3. środk. dźwigar. skrajn. przęseł.*

1:20

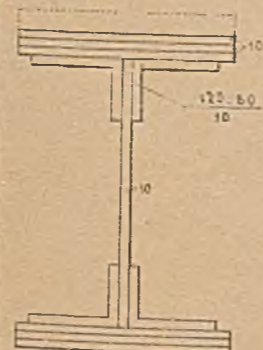
*Ays. 3.b. Przekrój dźwigar. zew. skrajnych przęseł.*



*Ays. 3.c. Przekrój zasadniczy.*

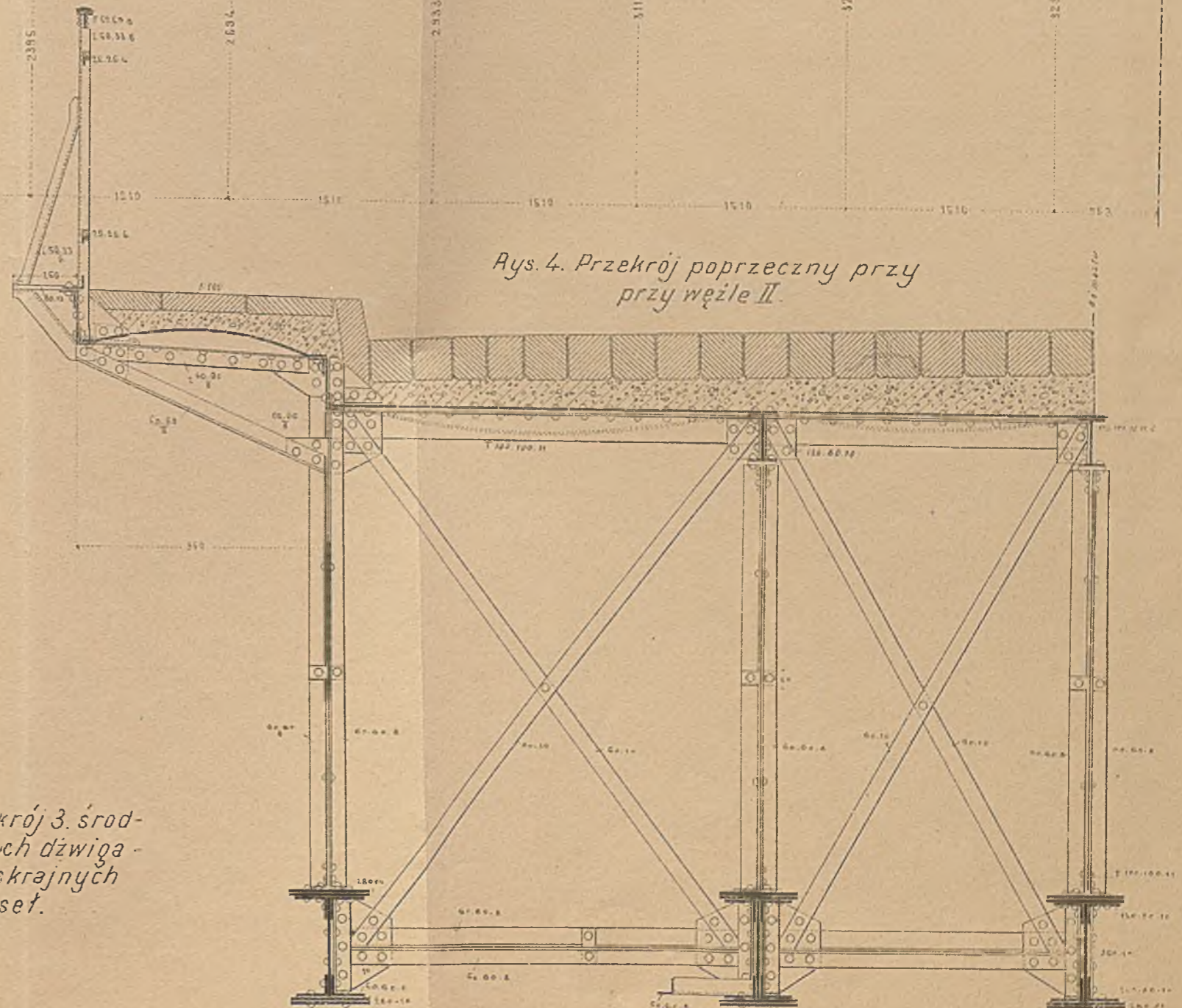


*Ays. 3.d.*



*Przekrój 3. środkowych dźwigarów skrajnych przęseł.*

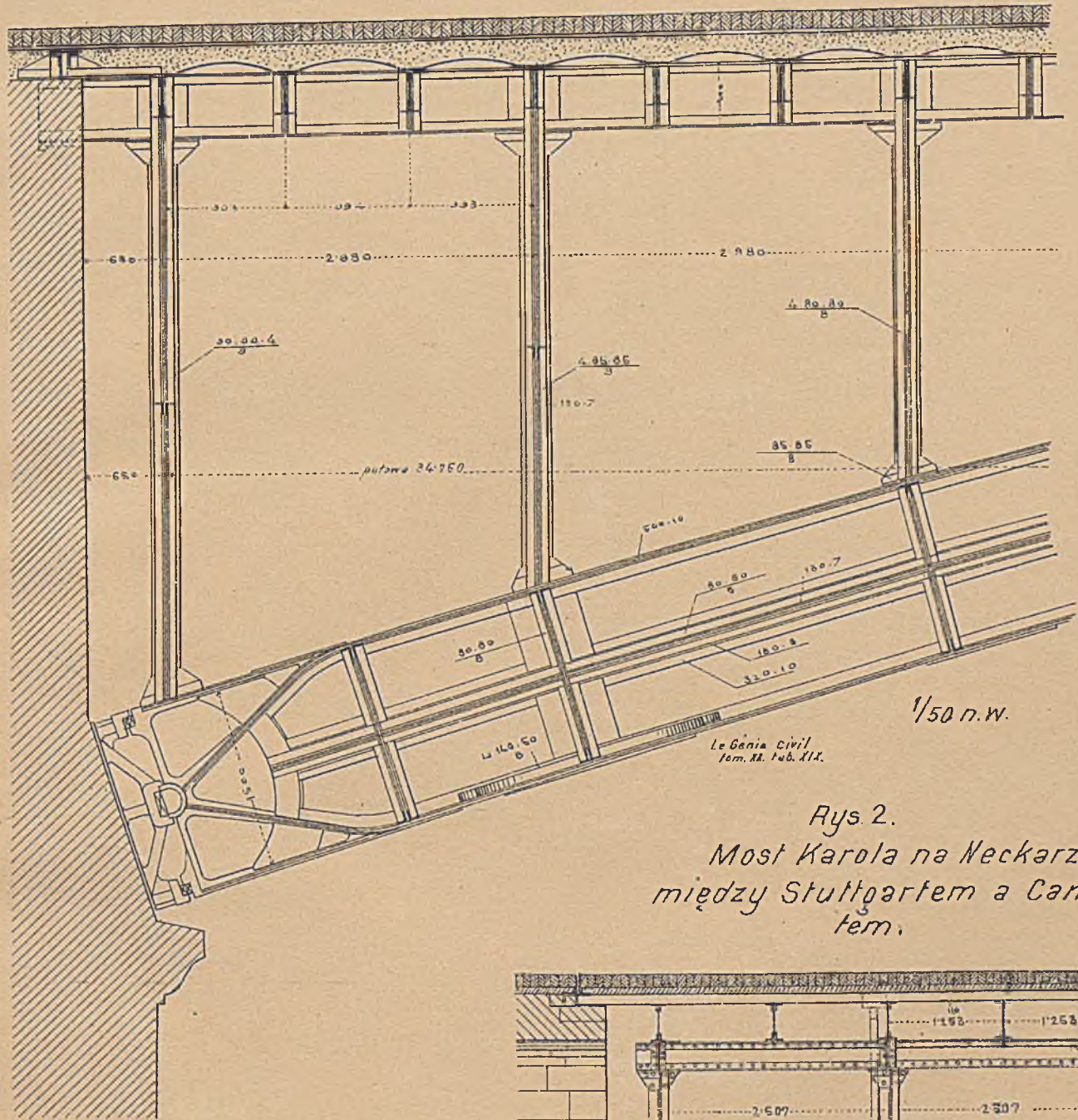
*Ays. 4. Przekrój poprzeczny przy węźle II.*



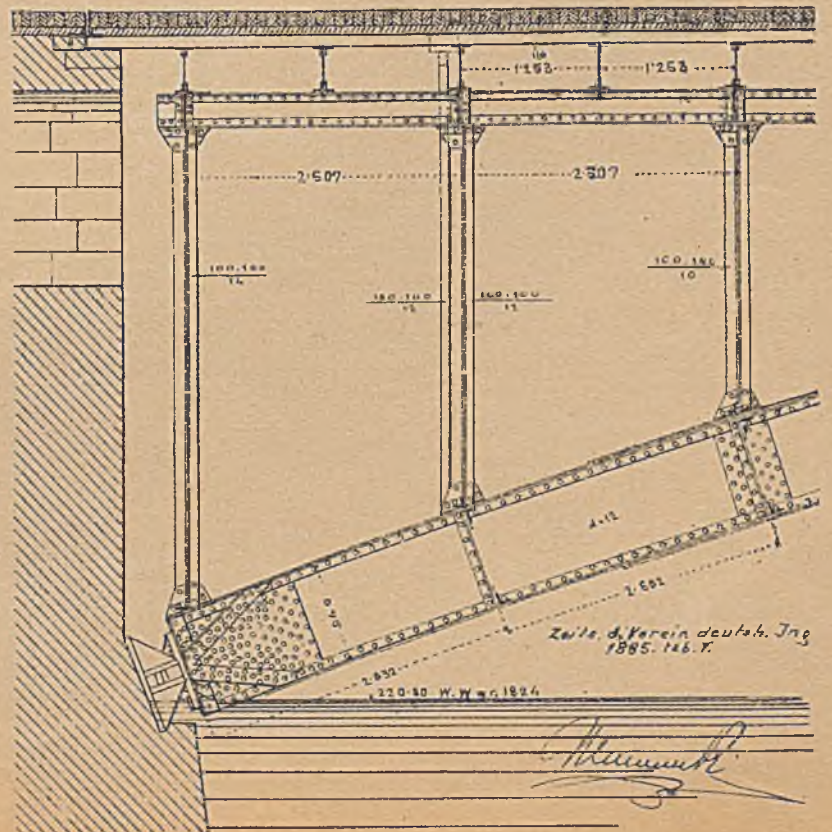
# ŁUKI DWUPRZEGUBOWE BLASZANE.

Rys. 1. Most południowy na Rodanie w Lugdunie.

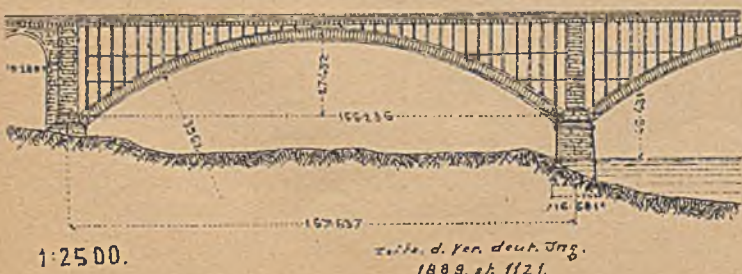
Przekrój podłużny.



Rys. 2.  
Most Karola na Neckarze  
między Stuttgartem a Cannstat-  
tem.

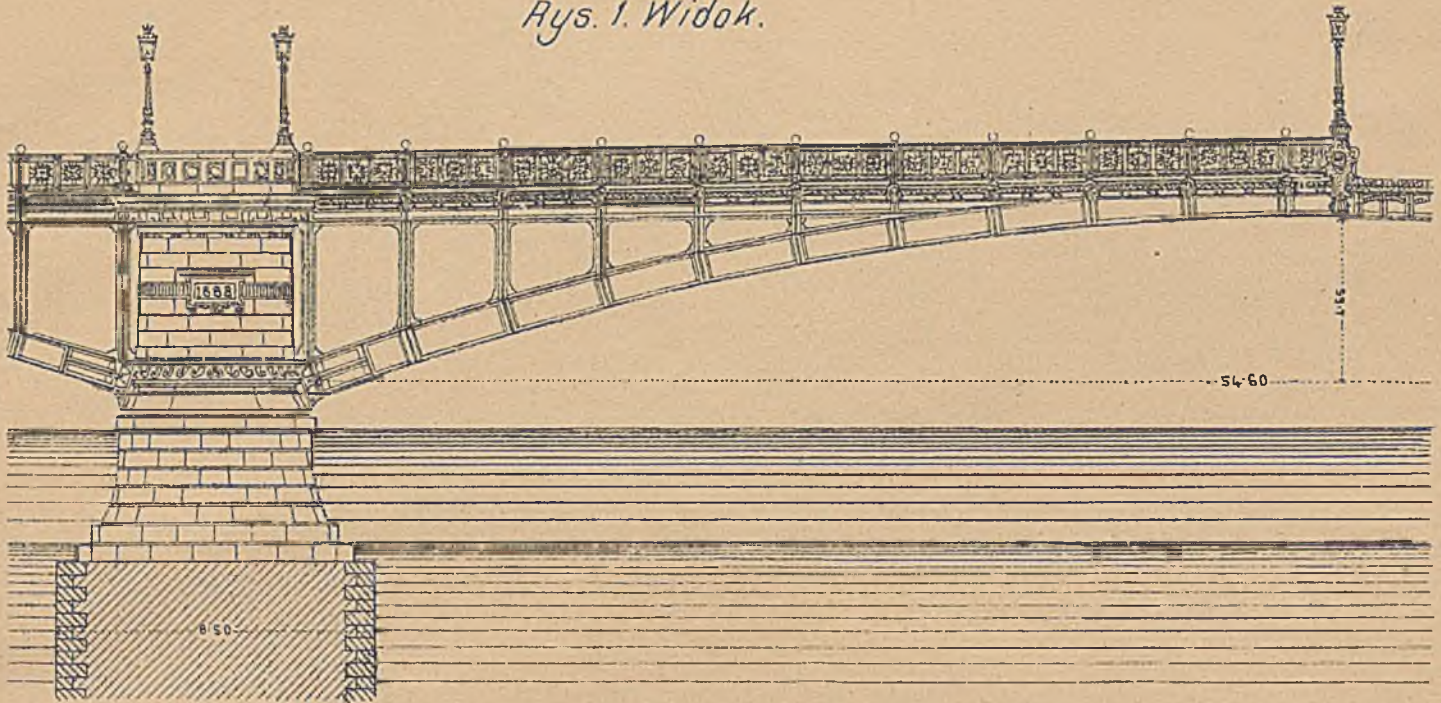


Rys. 3.  
Most Manhattan na rzece  
Harlem w Nowym Yorku.

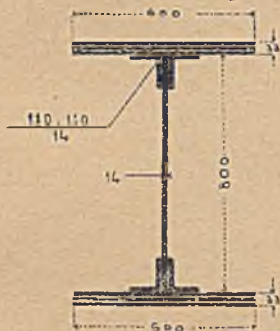


# MOST W ROUEN.,

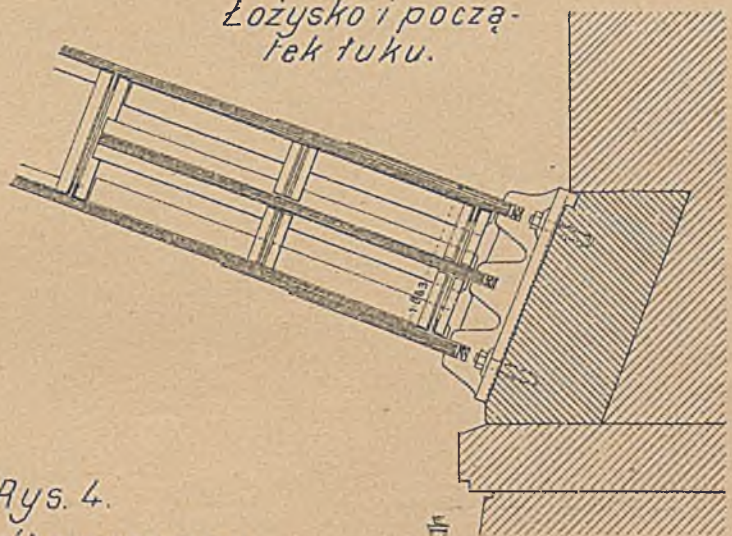
Rys. 1. Widok.



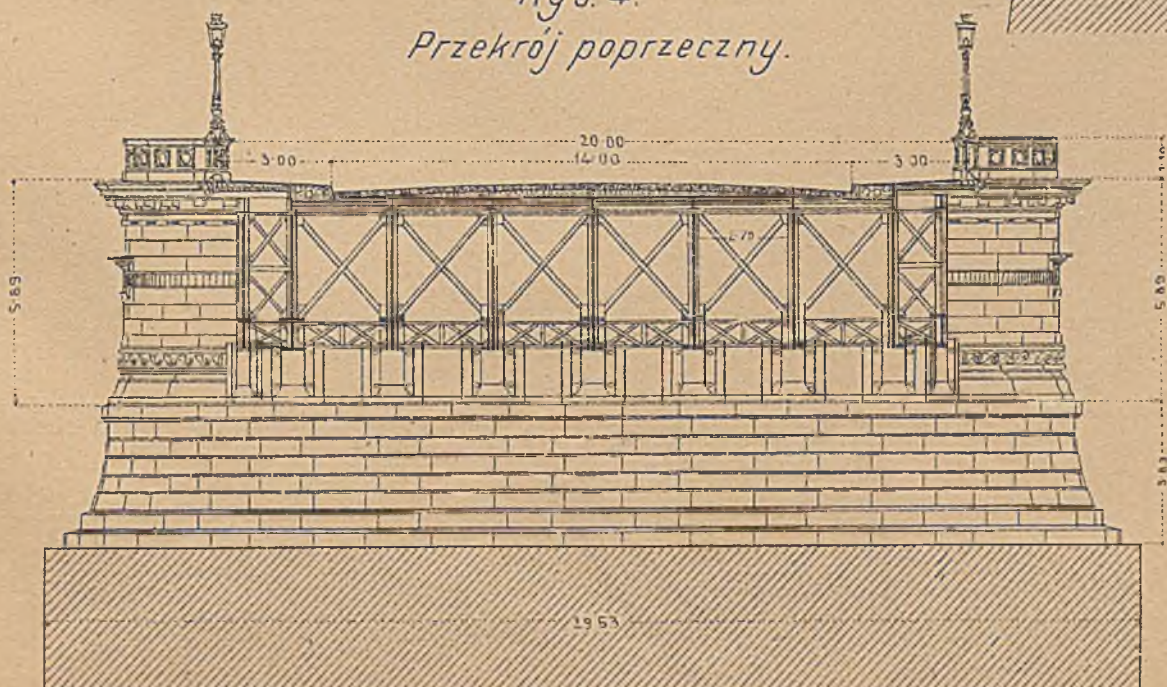
Rys. 2. Przekrój tuku blaszanego.



Rys. 3. Łożysko i początek tuku.



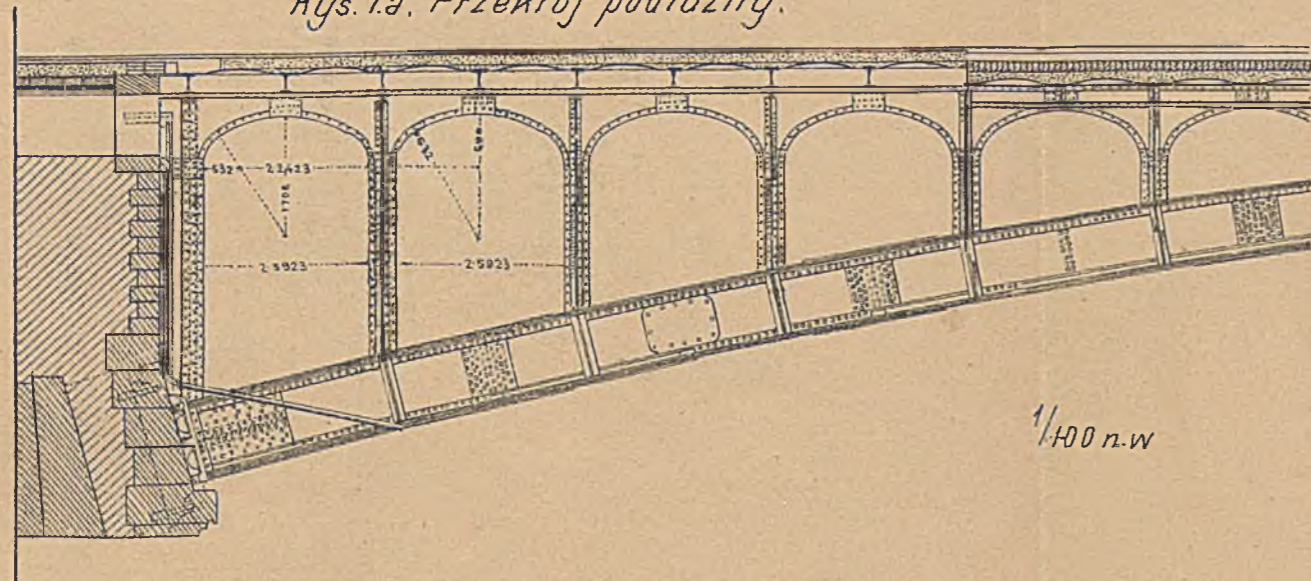
Rys. 4. Przekrój poprzeczny.



*Thullie*  
R.

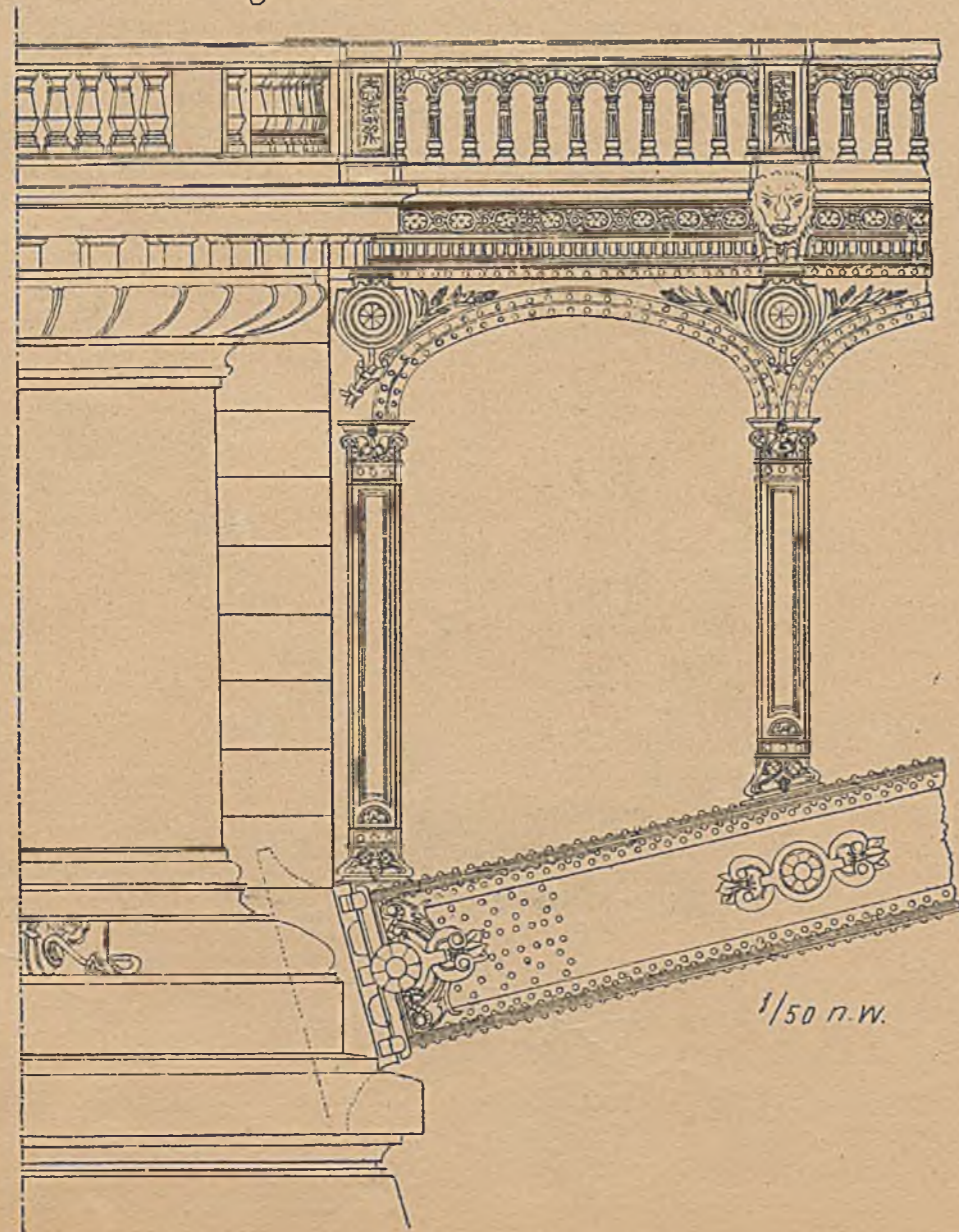
# MOSTY MORAND I LAFAYETTE.

Most Morand. Rys. 1.  
Rys. 1.a. Przekrój podłużny.



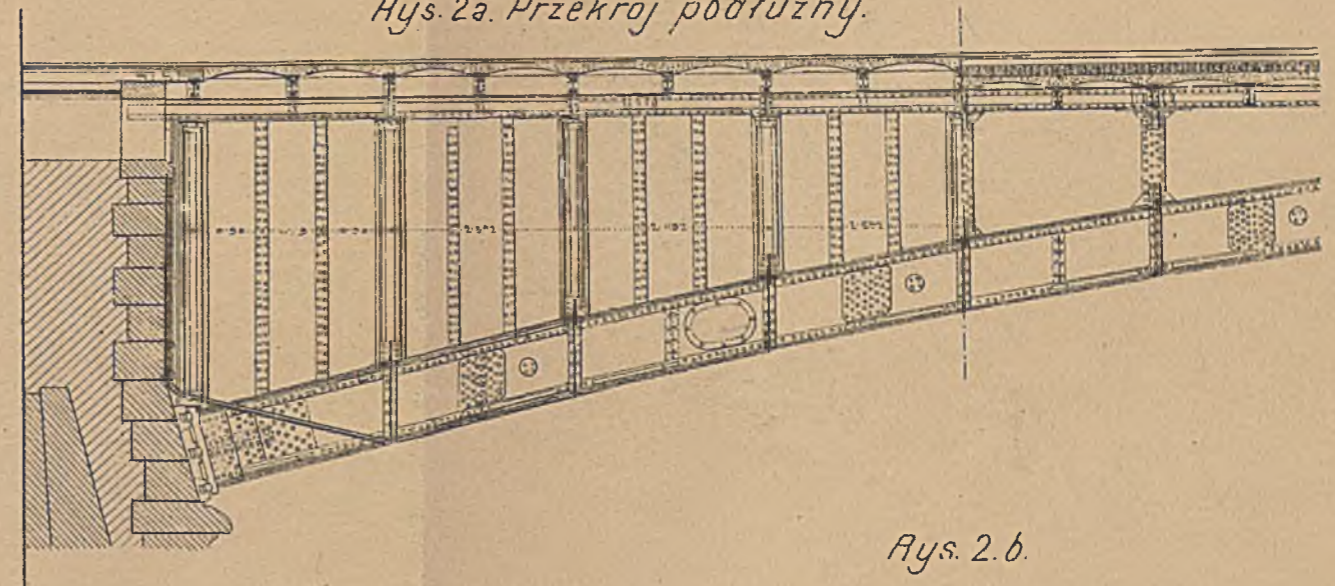
1/100 n.w

Rys. 1.b. Widok części mostu.



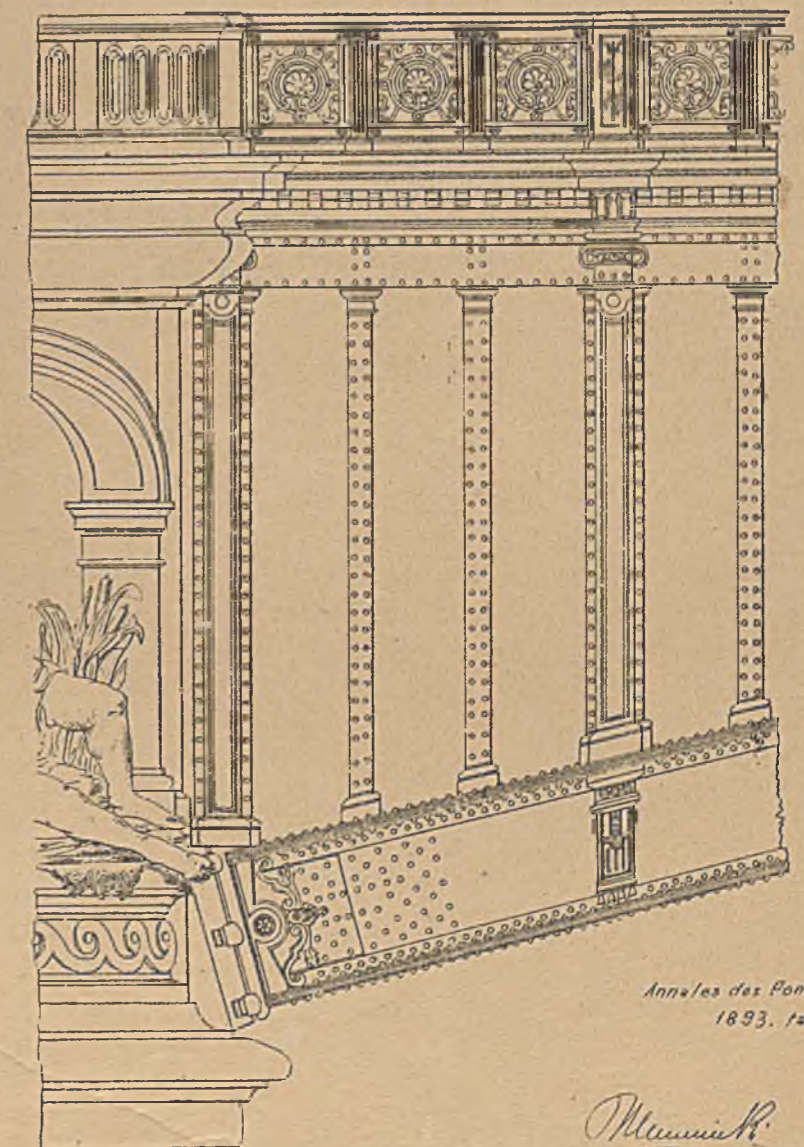
1/50 n.w.

Rys. 2. Most Lafayette.  
Rys. 2.a. Przekrój podłużny.



Rys. 2.b.

Widok części mostu.

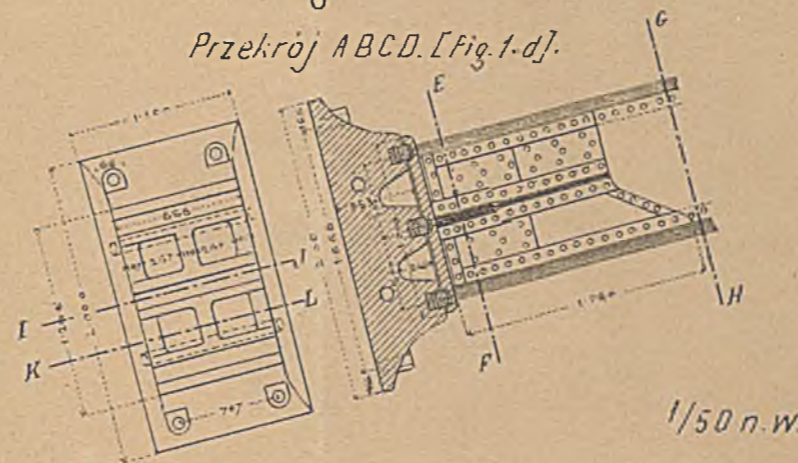


Annales des Ponts et Chaussées  
1893, tab. 28, 29.

Mausin

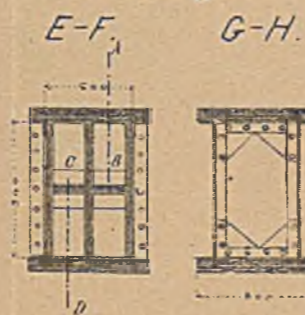
Rys. 1.c.  
Łożysko na pół stałe przy  
moście na Rodanie  
w Lugdunie.

Przekrój ABCD. [Fig. 1.d].

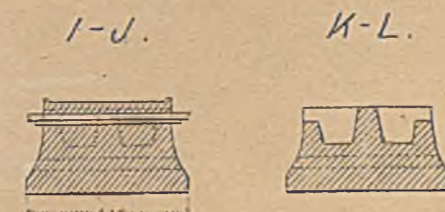


1/50 n.w.

Rys. 1.d.  
Przekroje

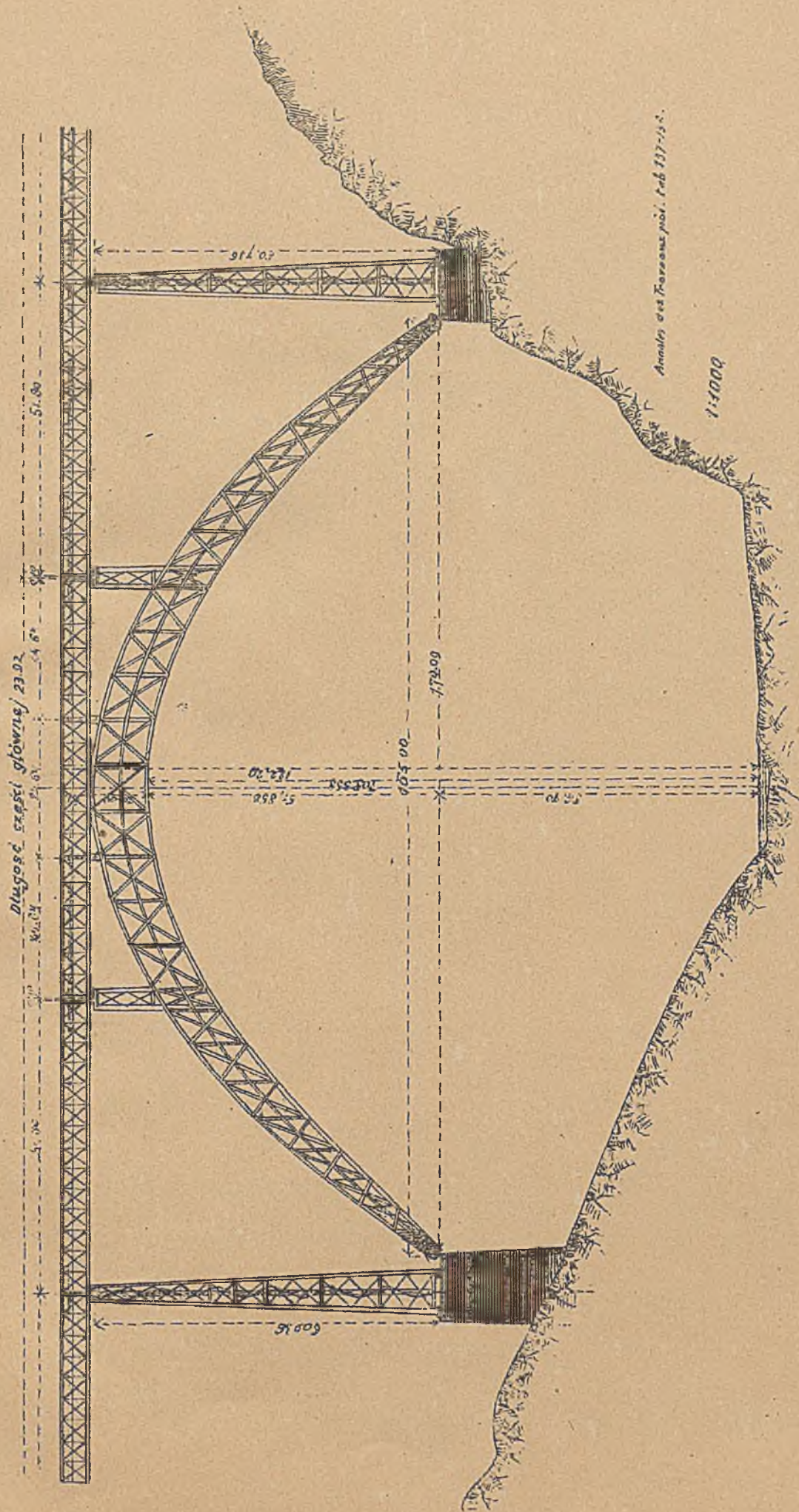


Rys. 1.e.  
Przekroje.

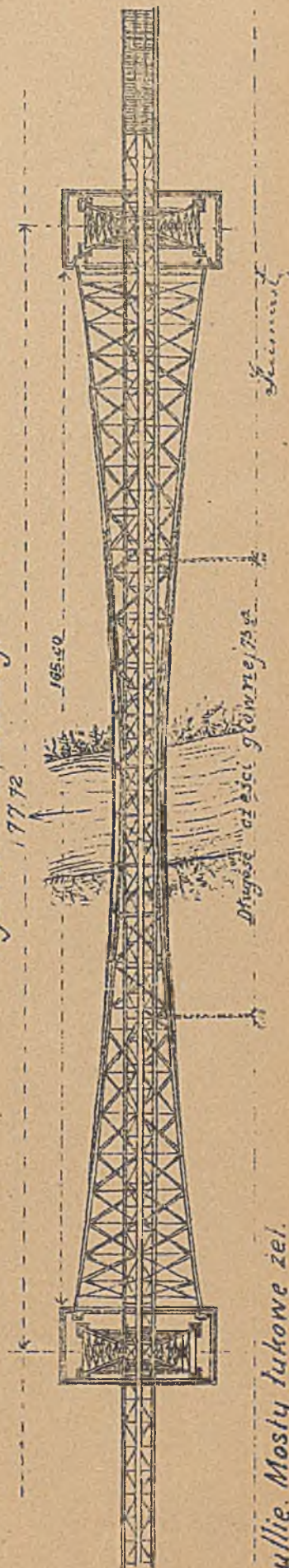


ŁUKI DWUPRZEGUBOWE KRATOWE SIERPOWE

Rys. 1. a. Wiadukt Garabit. Widok.

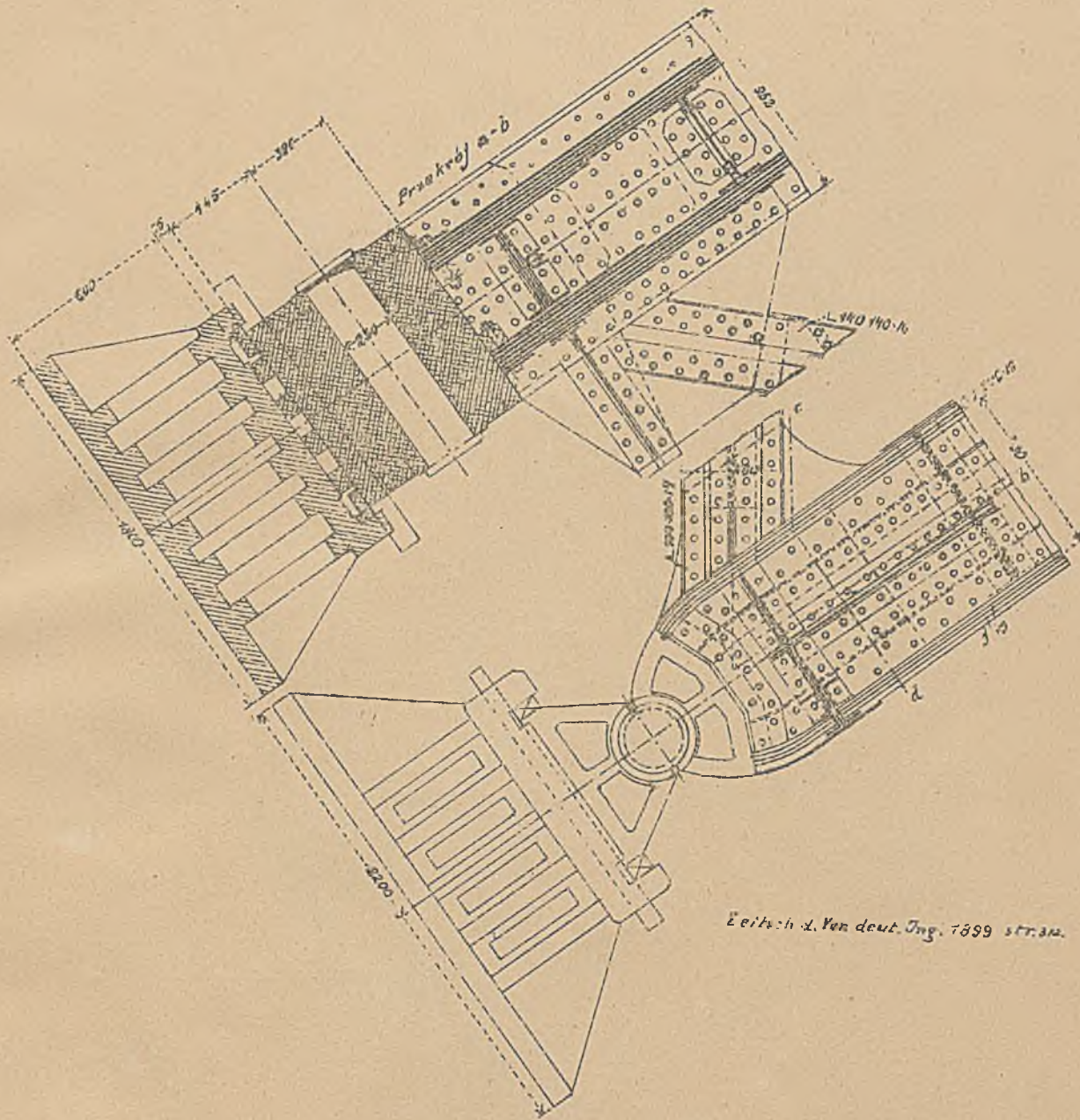


Rys. 1. b. Rzut poziomy.



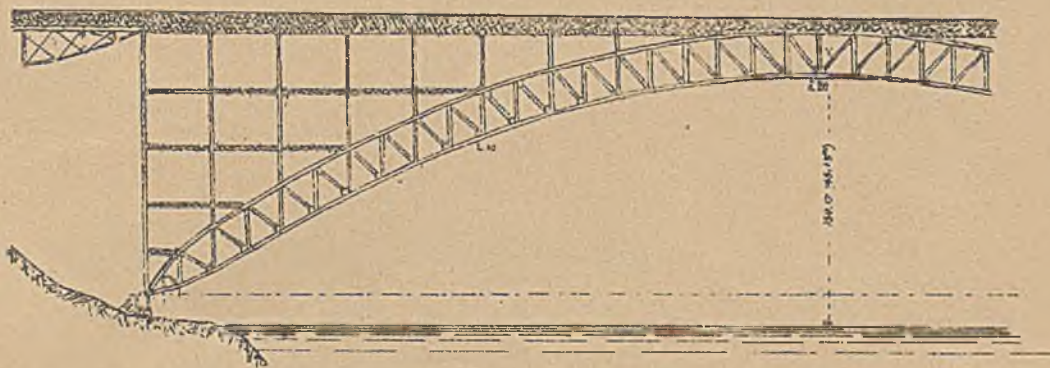
# ŁUKI DWUPRZEGUBOWE KRATOW. RÓW.

Rys. 1. Most na Renie w Bonn



Zeitsch. d. Ver. deut. Ing. 7899 str. 24.

Rys. 2. Most nad wodospadem Niagary.

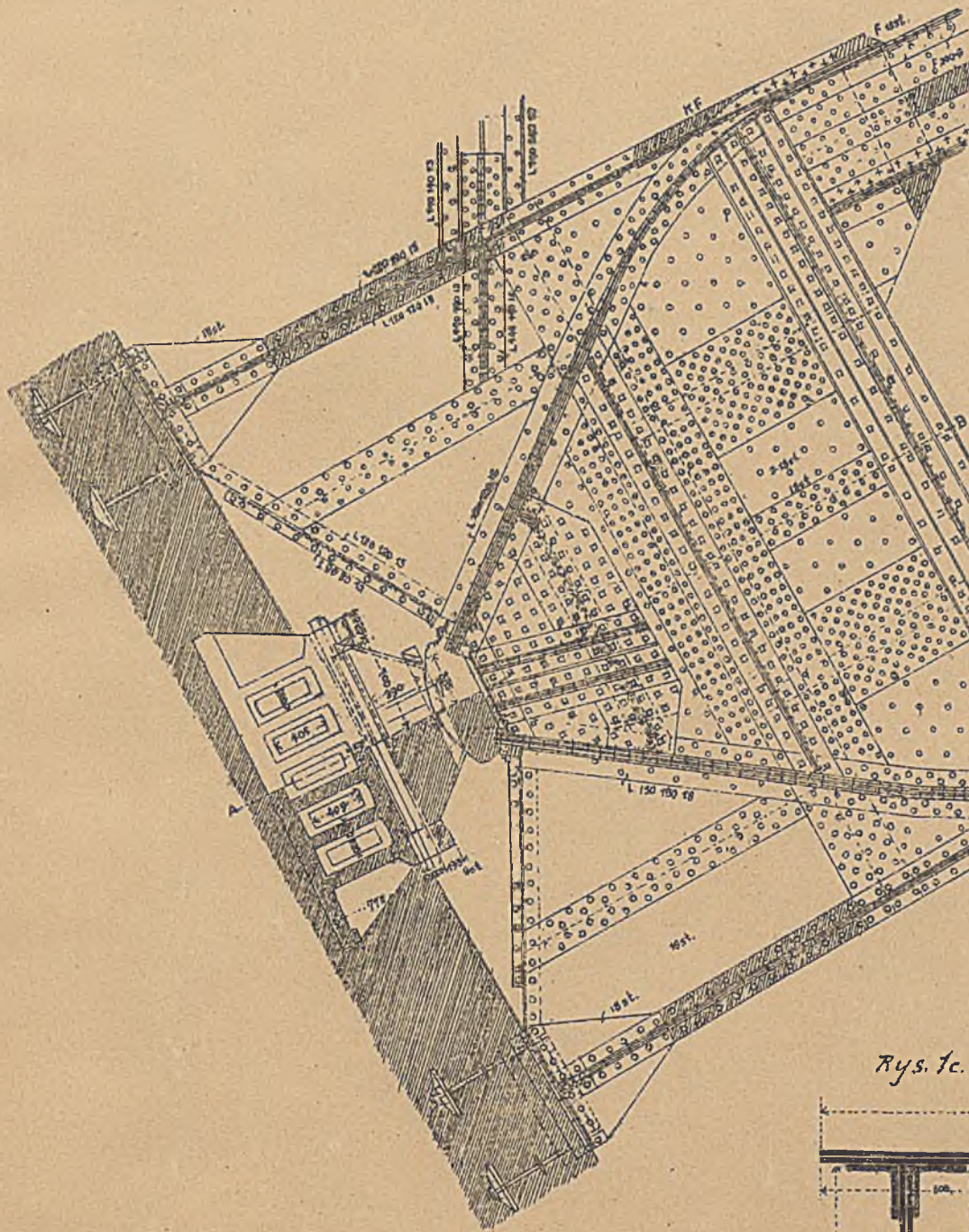


Engineering 7 1893 p. 21.

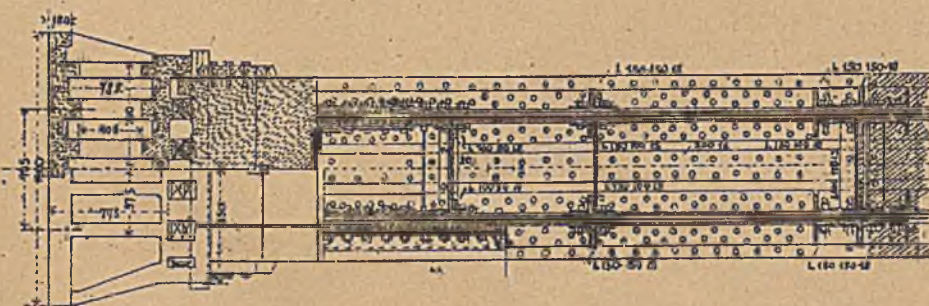


# ŁUKI DWUPRZEGUBOWE KRATOW. RÓW.

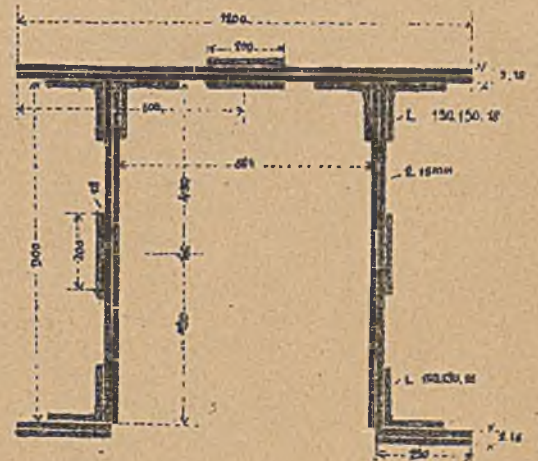
Rys. 1a. Mostna kanale Wilhelma.



Rys. 1b. Przekrój A-B.



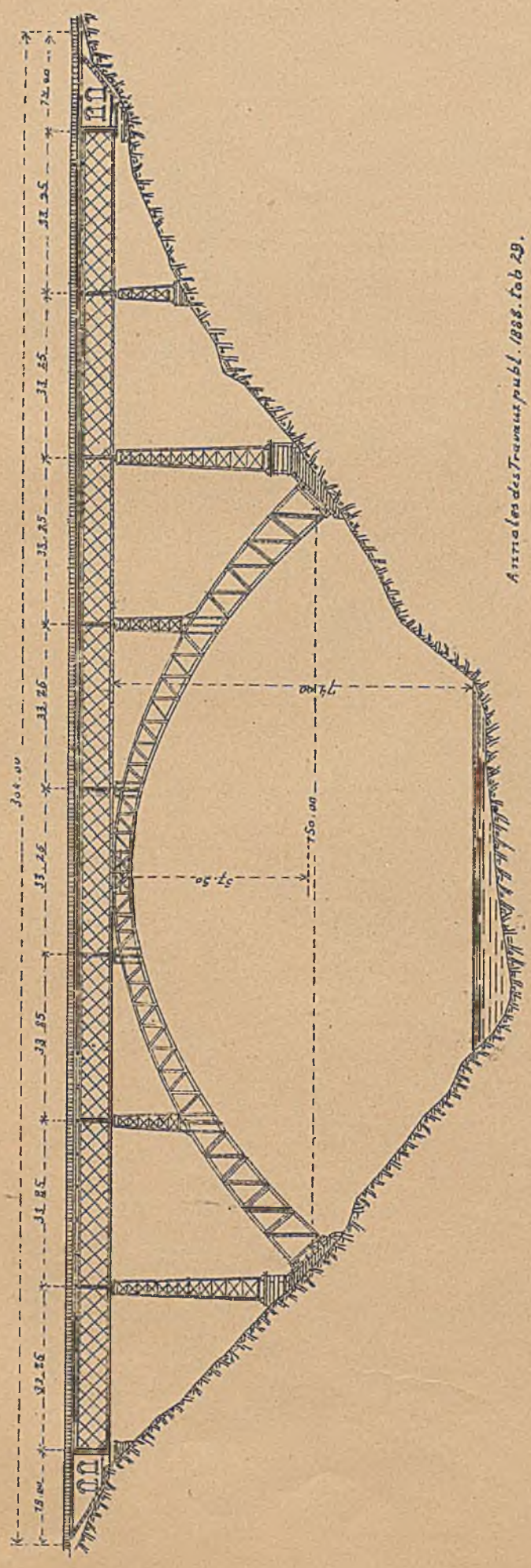
Rys. 1c. Przekrój nasu.



Zeitsch. für Bauwesen 1879 str. 105, 110.

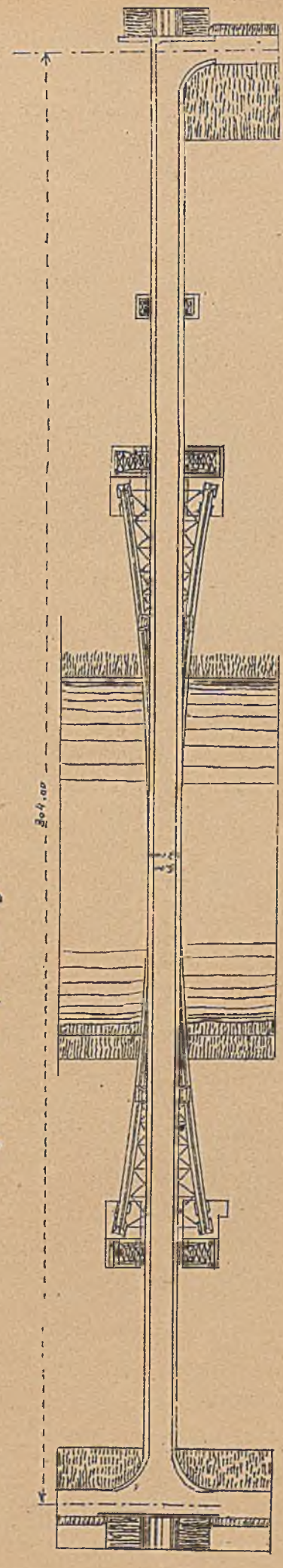
# ŁUKI DWUPRZEGUBOWE KRATOWE SIERPOWE

Rys. 1a. Wiadukt Paderno. Widok.



Annales des Travaux publ. 1888. tab 29.

Rys. 1b. Rzut poziomy.

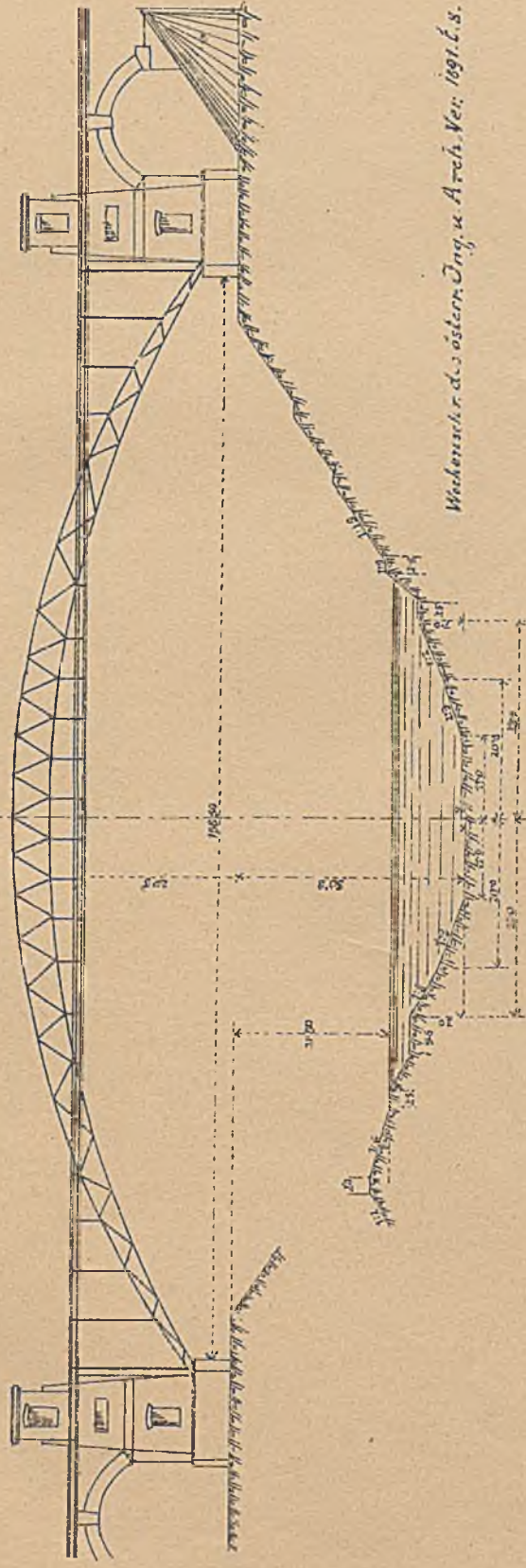


Thullie

Dr. M. Thullie. Mosty tukowe iel.

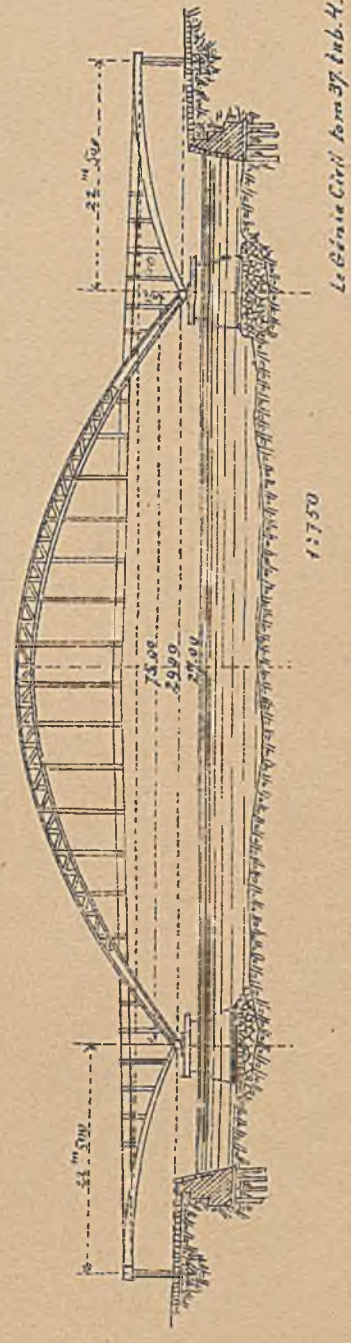
# ŁUKI DWUPRZEGUBOWE KRATOWE SIERPOWE

Rys. 1. Most nakładne Wilhelma pod Grünthal.



Wienacker d. d. österr. Ing. u. Arch. Ver. 1891. l. s.

Rys. 2. Kładka na Sekwanie. Widok.



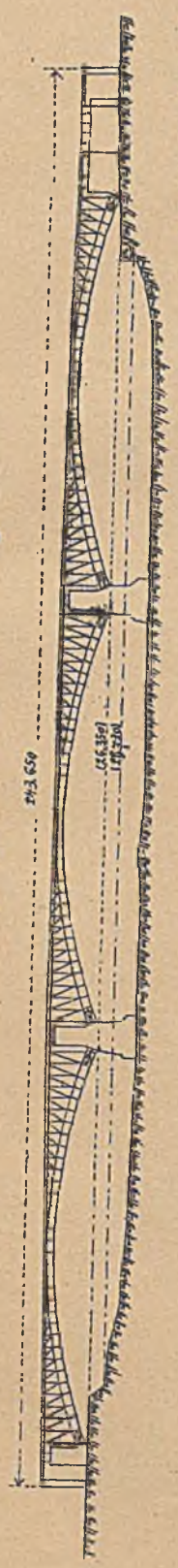
Le Génie Civil tom 37 tab. 4.

Thullie

Dr. M. Thullie Mosty łukowe żel.

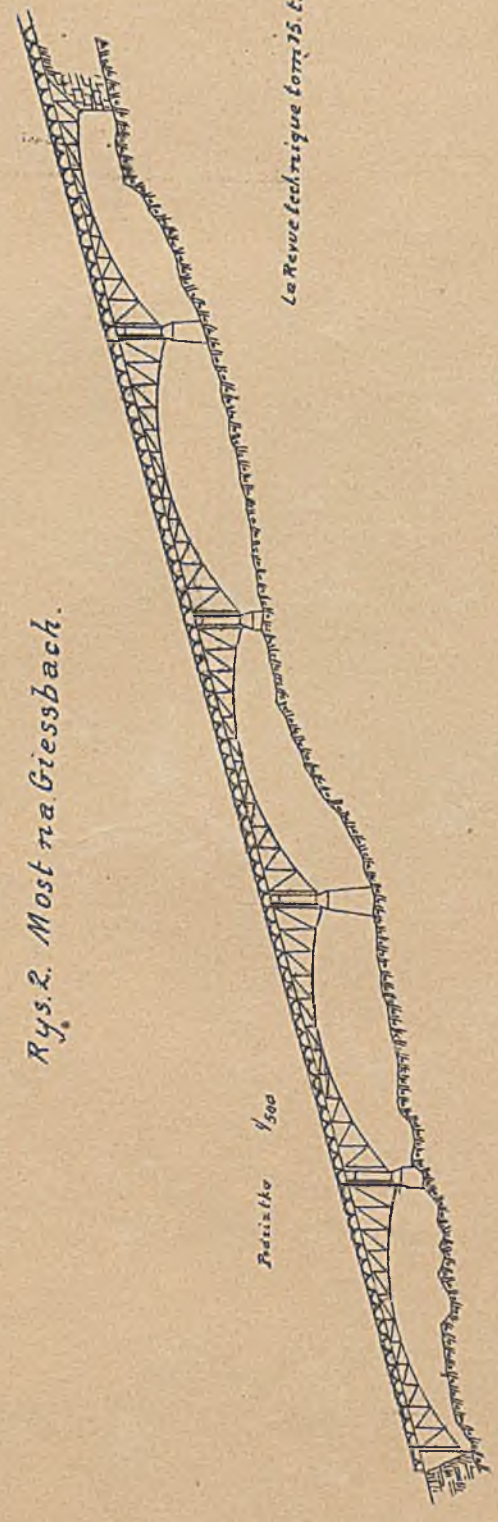
ŁUKI DWUPRZECUBOWE KRATOWE PROSTOPASOWE

Rys. 1. Most wodociągowy na Sekwanie w Argentueil.



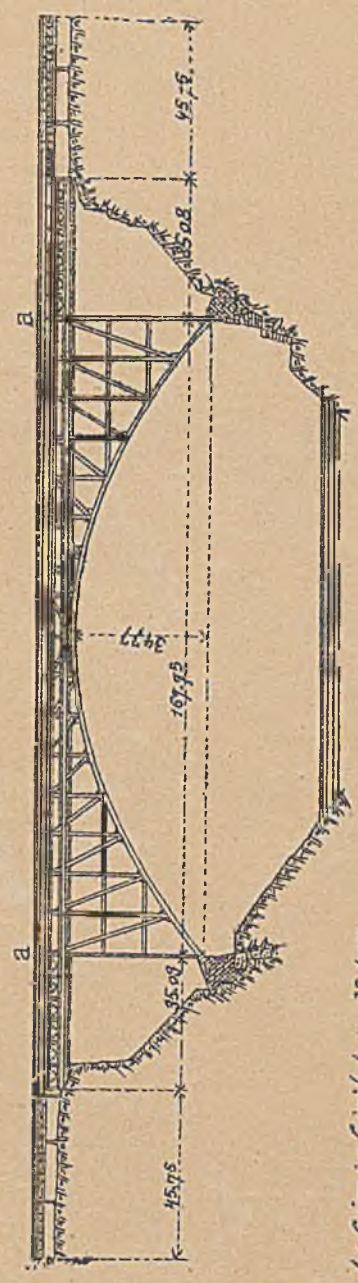
Le Génie Civil tom. 27, t. 10

Rys. 2. Most na Giessbach.



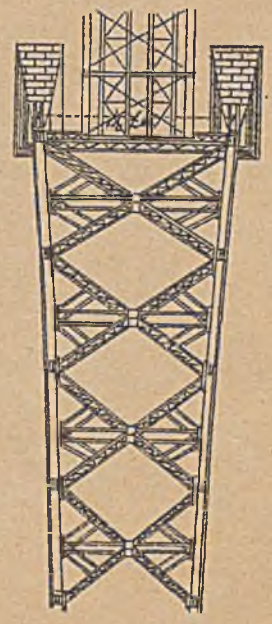
La Revue technique tom. 75, t. 25.

Rys. 3. Most na Niagarze.



Le Génie Civil. tom. 33, t. 12.

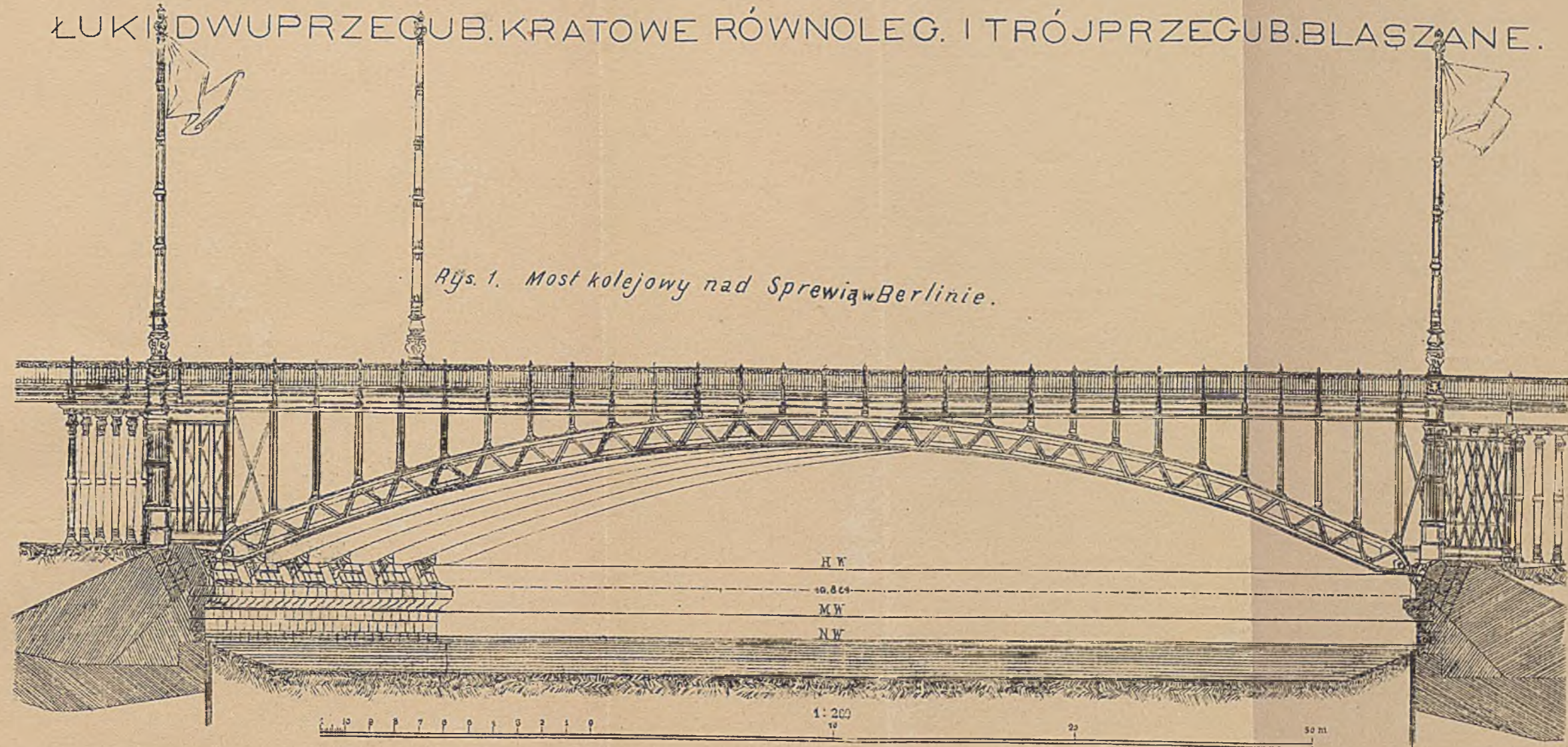
Rys. 3a. Rzut poziomy.



Dr. M. Thullie. Mosty żelazne.

H. Steinhilber

ŁUKI DWUPRZEGUB. KRATOWE RÓWNOLEG. I TRÓJPRZEGUB. BLASZANE.



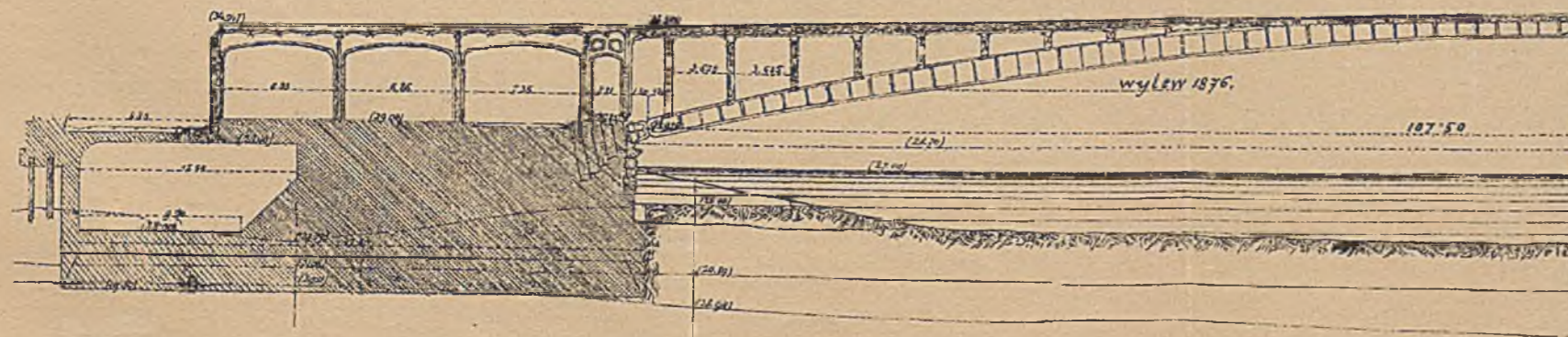
Zeitschr. f. Bauwesen 1884.

1884, t. 6.

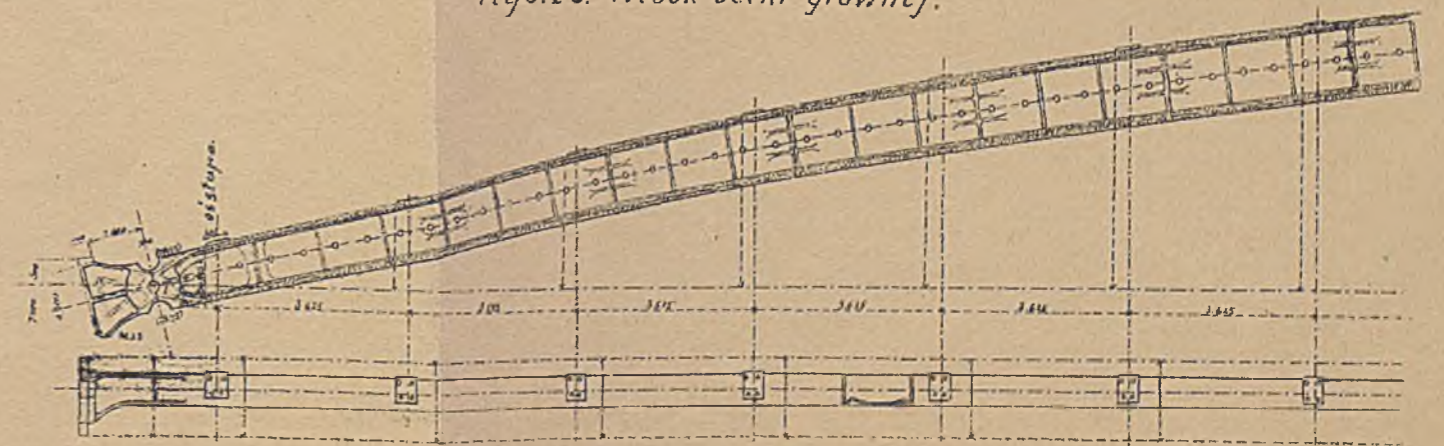
Rys. 2 Most Aleksandra III. na Sekwanie w Paryżu.

Rys. 2a. Przekrój podłużny.

Rys. 2b. Widok belki głównej.



Österr. Monatschrift f. d. öffentl. Baudienst. 1897, t. 61.

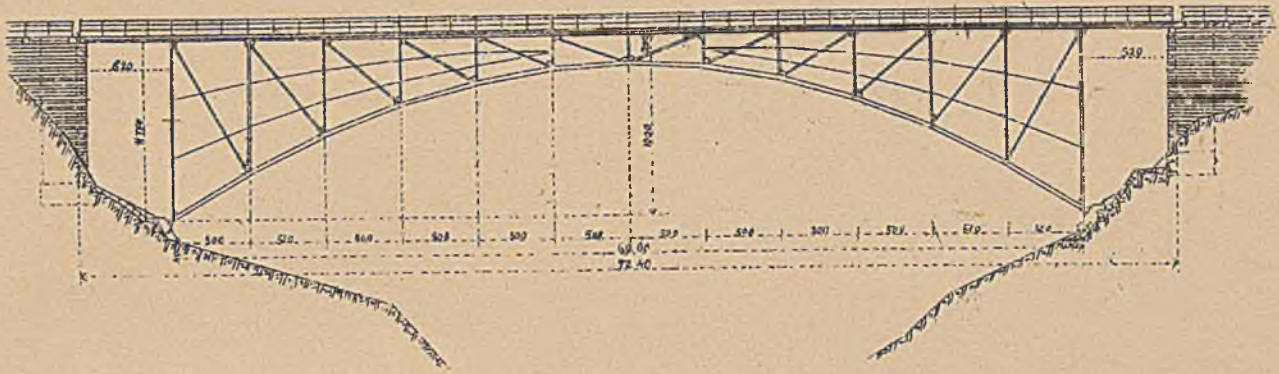


Annales des Ponts et Chaussées. 1898 Pl. 61.

Heilmann

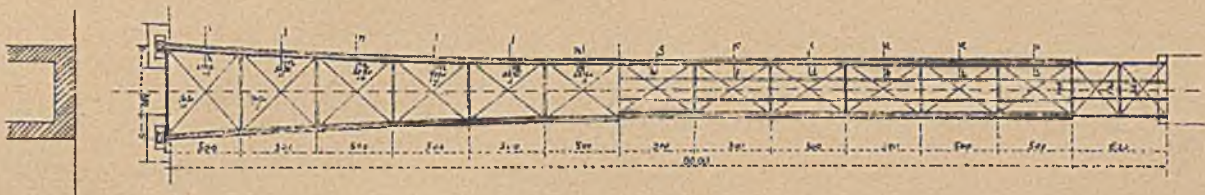
# ŁUKI DWUPRZEG. KRAT. PROSTOP. I TRÓJP. BLASZ.

Rys. 1a. Most drogowy na Engstligenbach pod Adelboder.



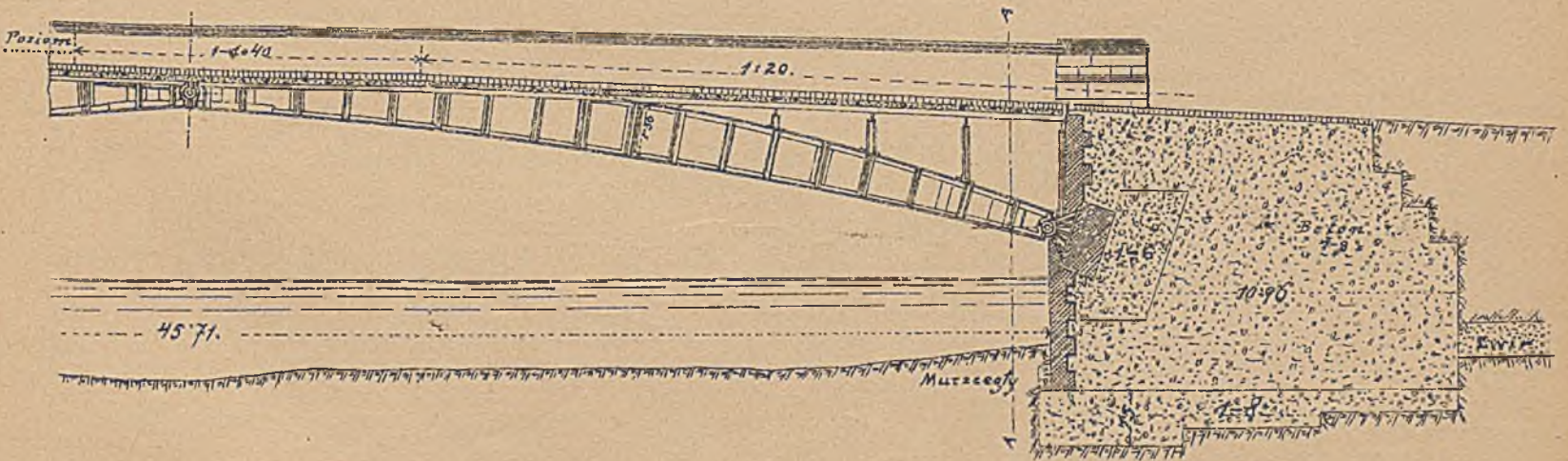
Schweizer Bauzeitung 1899 str. 32.

Rys. 1b. Rzut poziomy.



Schweizer Bauzeitung 1899 str. 32.

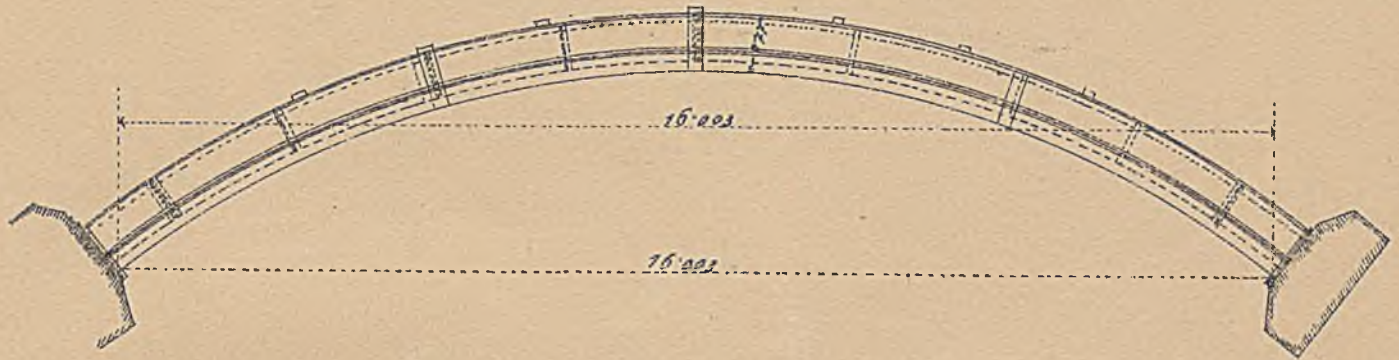
Rys. 2. Most na rzece Exe w Exeter.



Engineering 1905. str. 382.

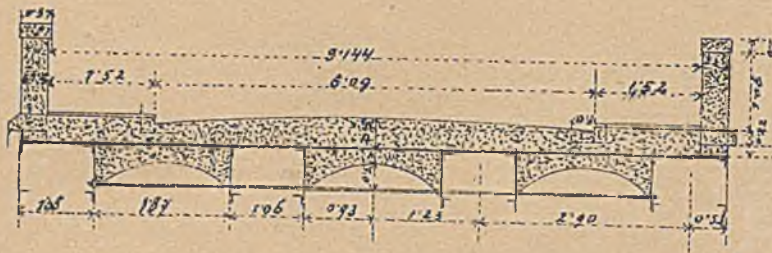
# ŁUKI DWUPRZEG. KRAT. PROSTOP. I TRÓJPR. BLASZ.

Rys. 1a. Most w Helensburgh.



Engineering. 1894. str. 286.

Rys 1b. Przekrój wkluczu.

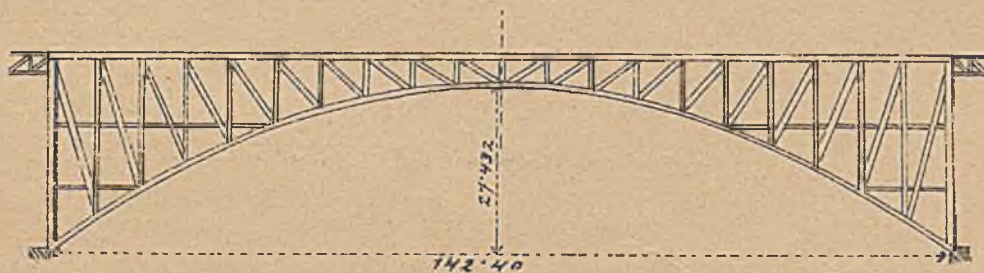


Engineering. 1894 str. 286.

Rys. 1c. Widok.



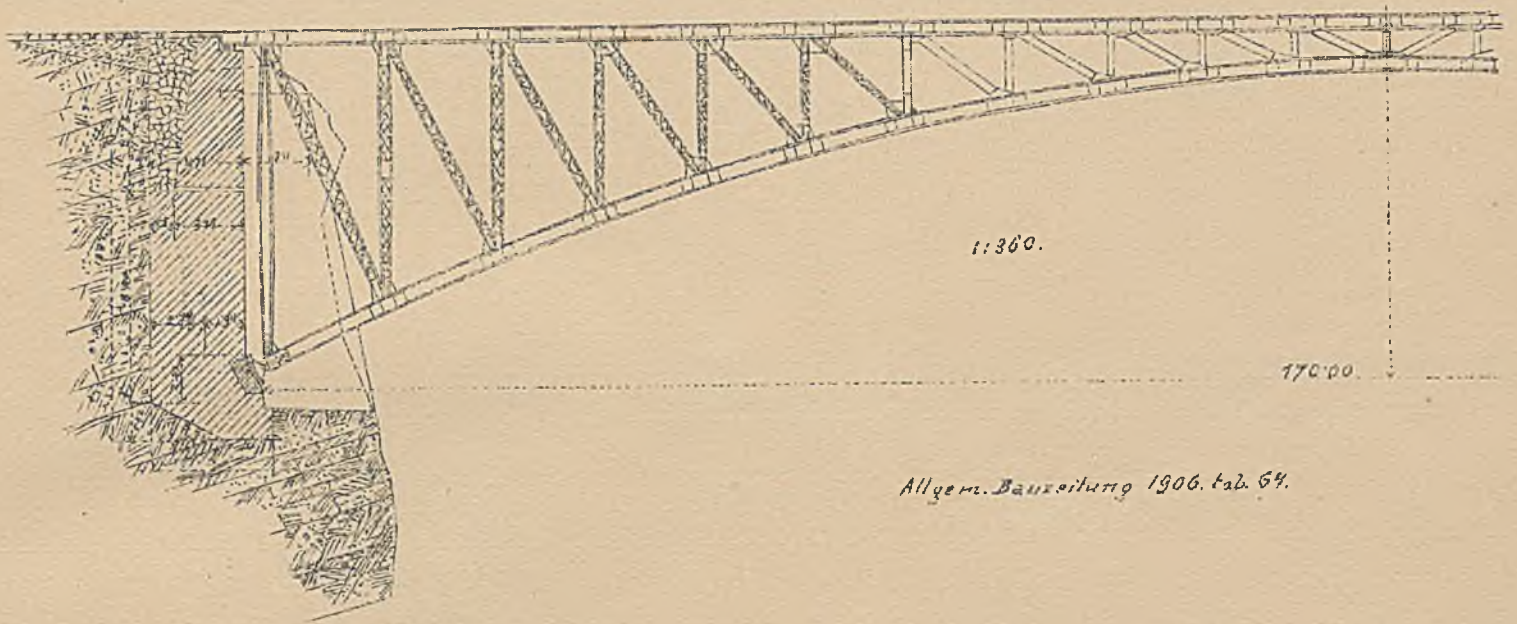
Rys. 2. Most na Zambesi przy wodospadzie Victoryi.



Engineering 1905 str. 142.

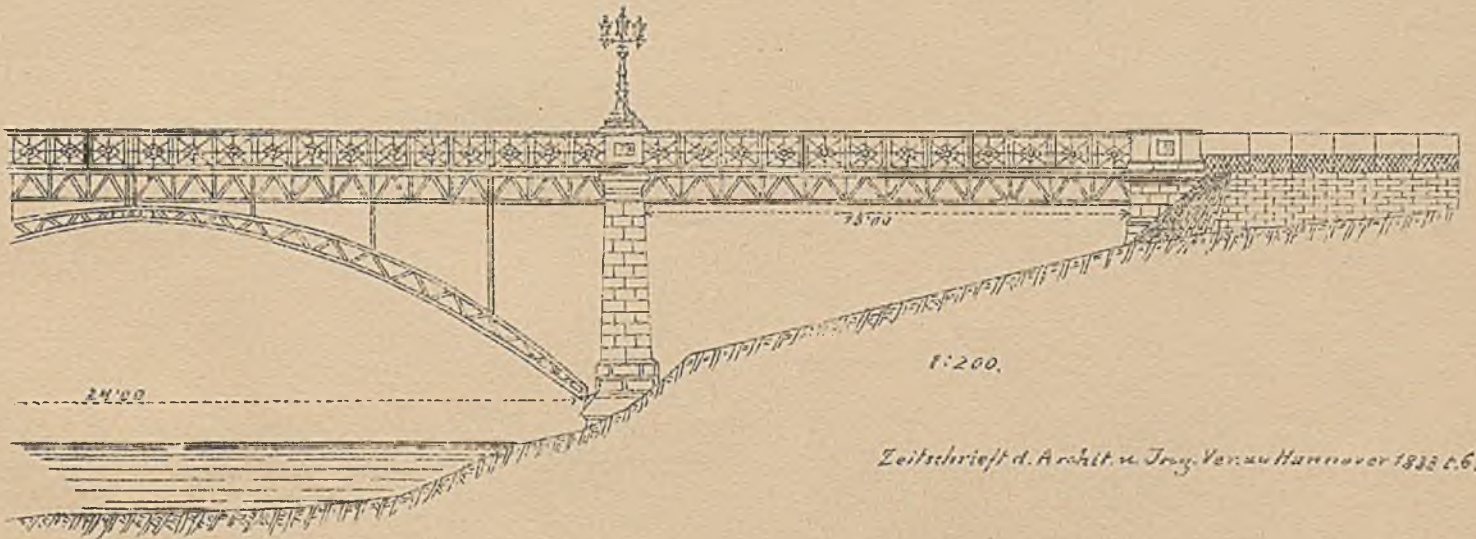
# ŁUKI DWUITRÓJPRZEG. PROSTOFA S. KRATOW.

Rys. 1. Most na wozie Anger drugiej kolei alpejskiej.



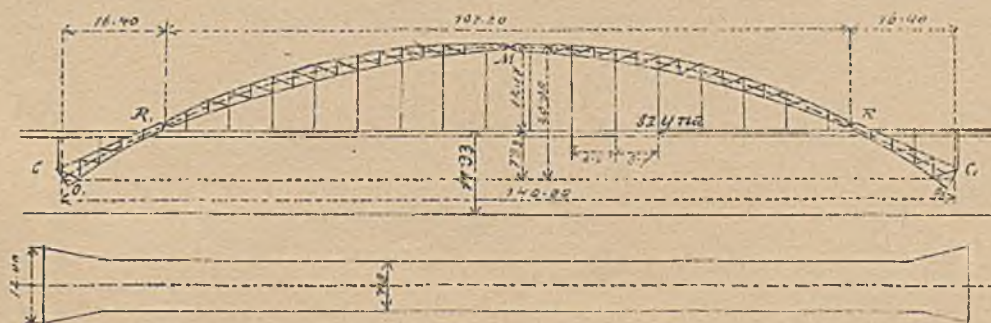
Allgem. Bauzeitung 1906. tab. 64.

Rys. 2. Most dla pieszych na Okrze w Brunsewiku.



Zeitschrift d. Archit. u. Ing. Ver. zu Hannover 1832 t. 6.

Rys. 3. Most Austerlitz na Sekwanie.



L. Génie Civil. tom 46. str. 415.

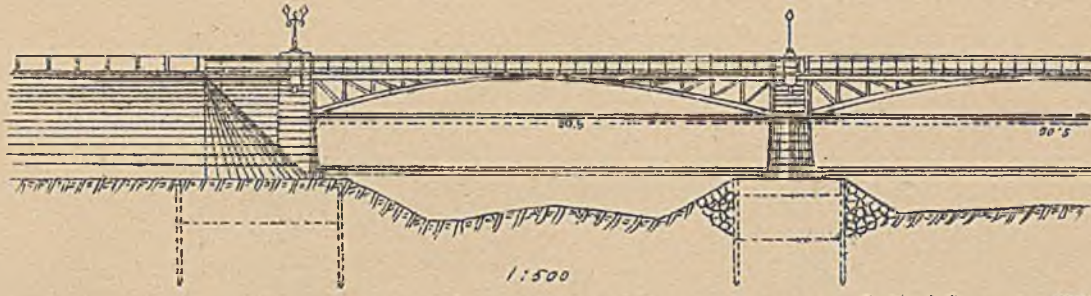
Dr. M. Thullie Mosty łukowe żelazne.

*Thullie*



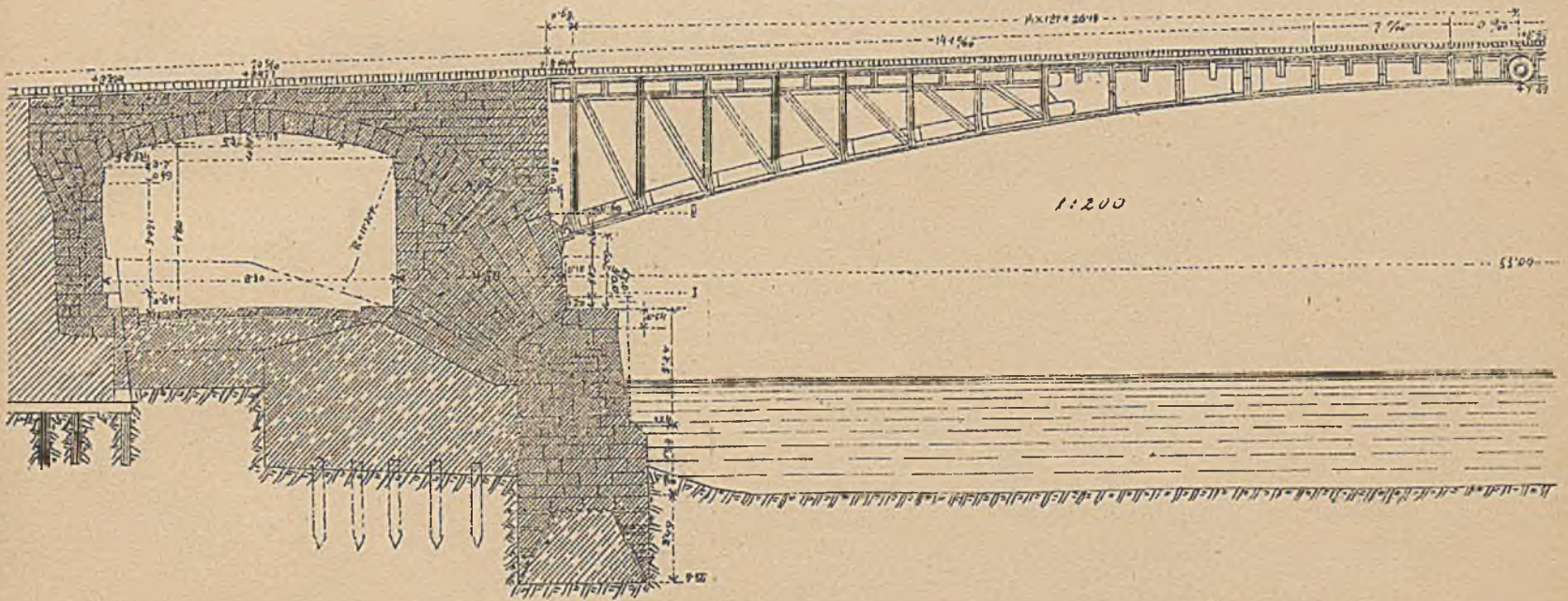
# ŁUKI TRÓJPRZEG. PROSTOPAS. IWYSTAJĄCE.

Rys.1. Most na Warcie pod Kostrzynem.



Zeits.-Bauesen 1884 t. 23.

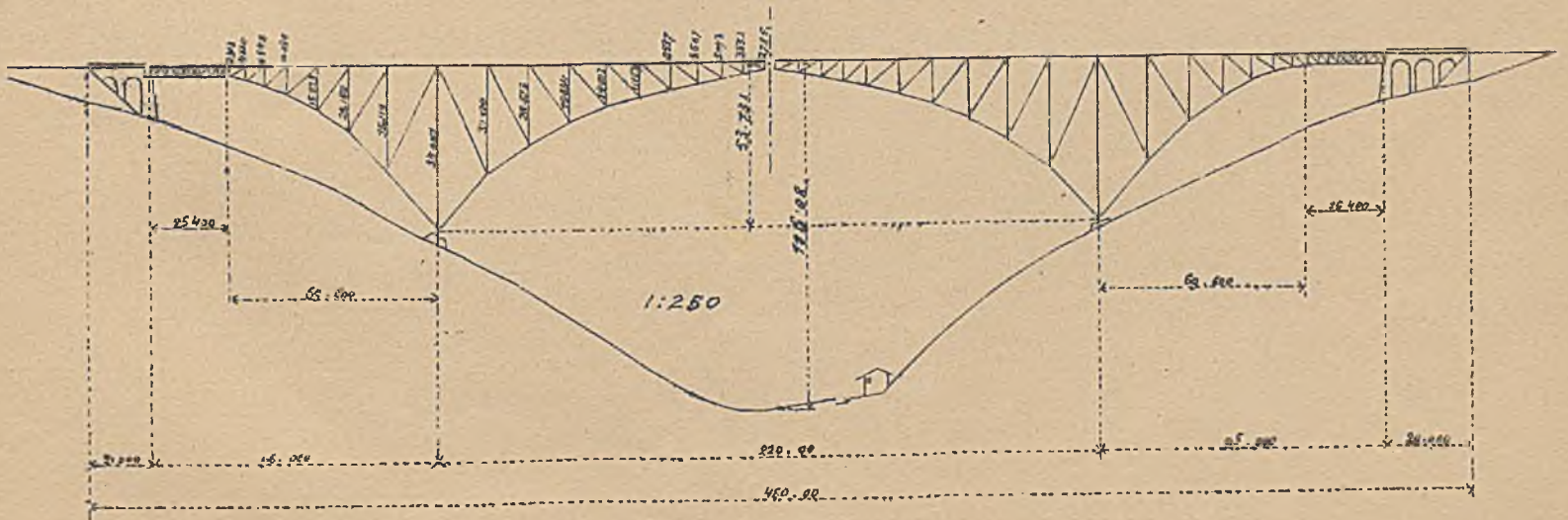
Rys.2. Most Franciszka na kanale Dunaju w Wiedniu.



Zeitsch. d. Österr. Ing. u. Arch. Verein 1900 t. 11.

Rys.3. Wiadukt Viaur.

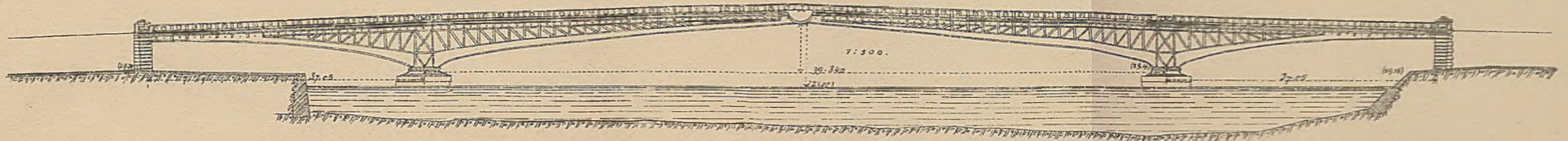
tab. 50 rys. 1.



Annal. d. Ponts et Chauss. 1898 t. 9.

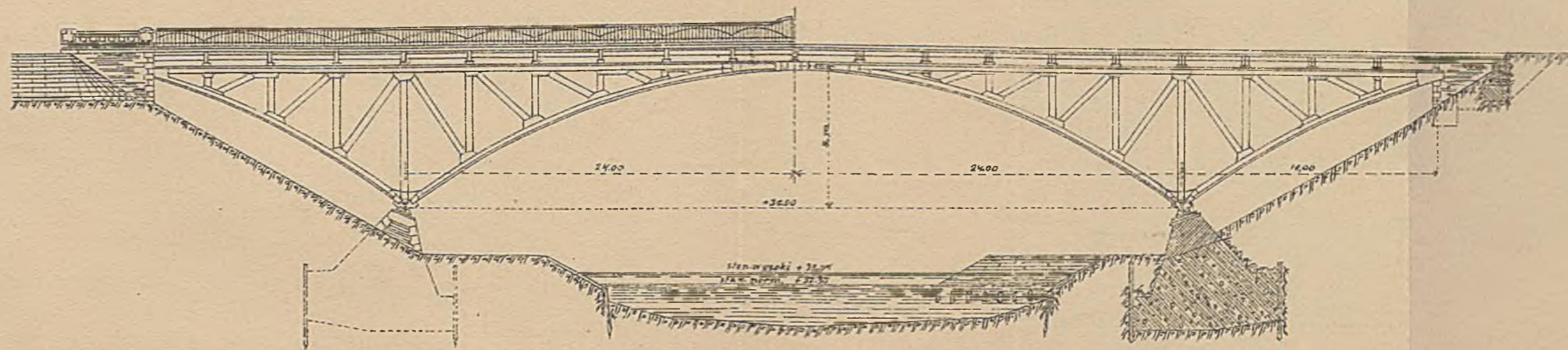
# ŁUKI TRÓJPRZEGUBOWE WYSTAJĄCE.

Rys.1a. Most Mirabeau na Sekwanie w Paryżu. Widok.



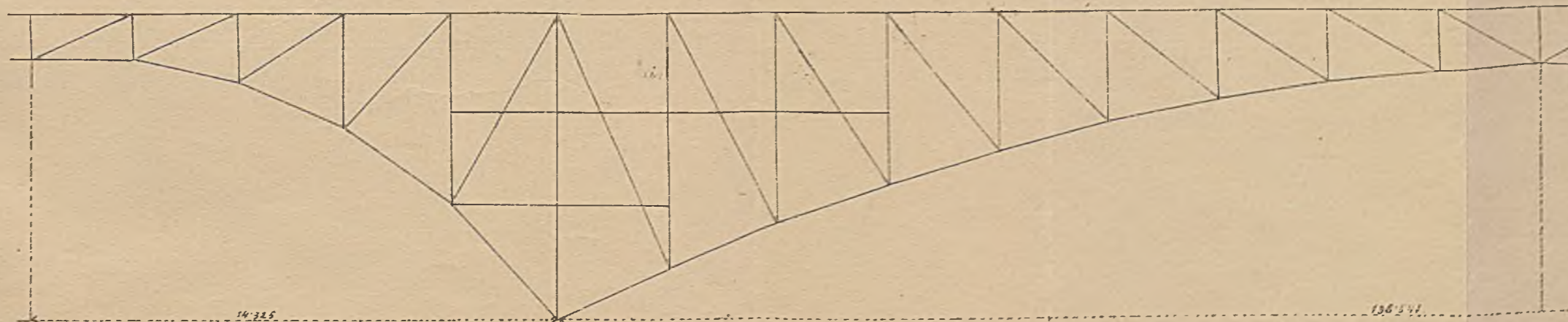
Le Génie Civil tom. 29. t. 62.

Rys. 2. Most na kanale telrowskim pod Rixdorfem.



Zeitsch. f. Bauwesen 1906. t. 66.

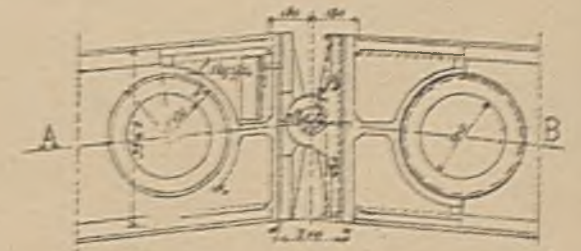
Rys.3. Most na Rio Grande w Costarice. Widok.



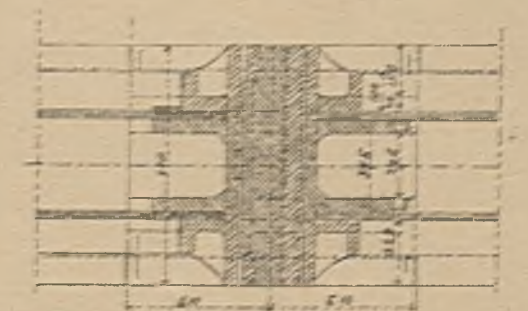
Engineering News. 1902. t. 23/12.

Dr. M. Thullie. Mosty łukowe żel.

Rys.1b. Łożysko przegubowe.



Rys.1c. Rzut poziomy AB.

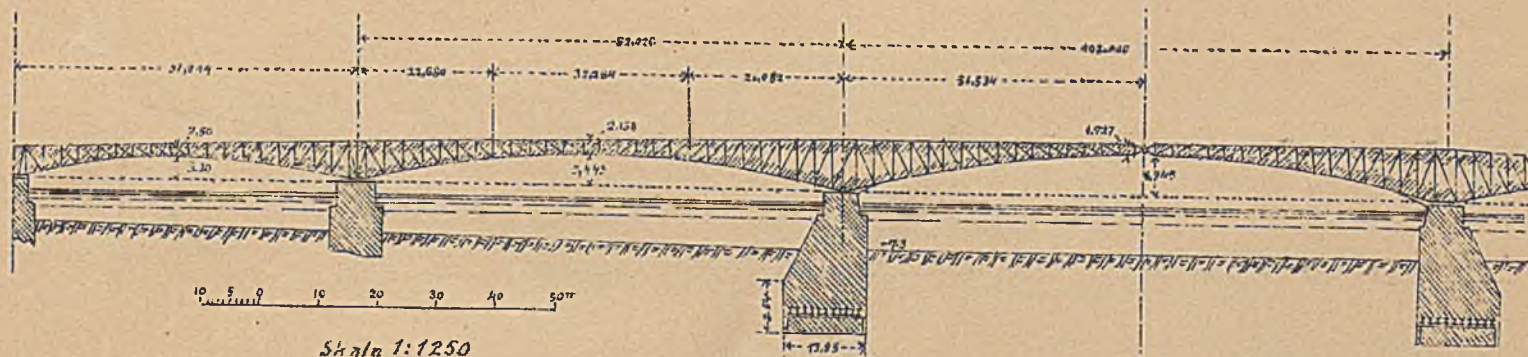


Le Génie Civil tom. 29. t. 2.

Summity.

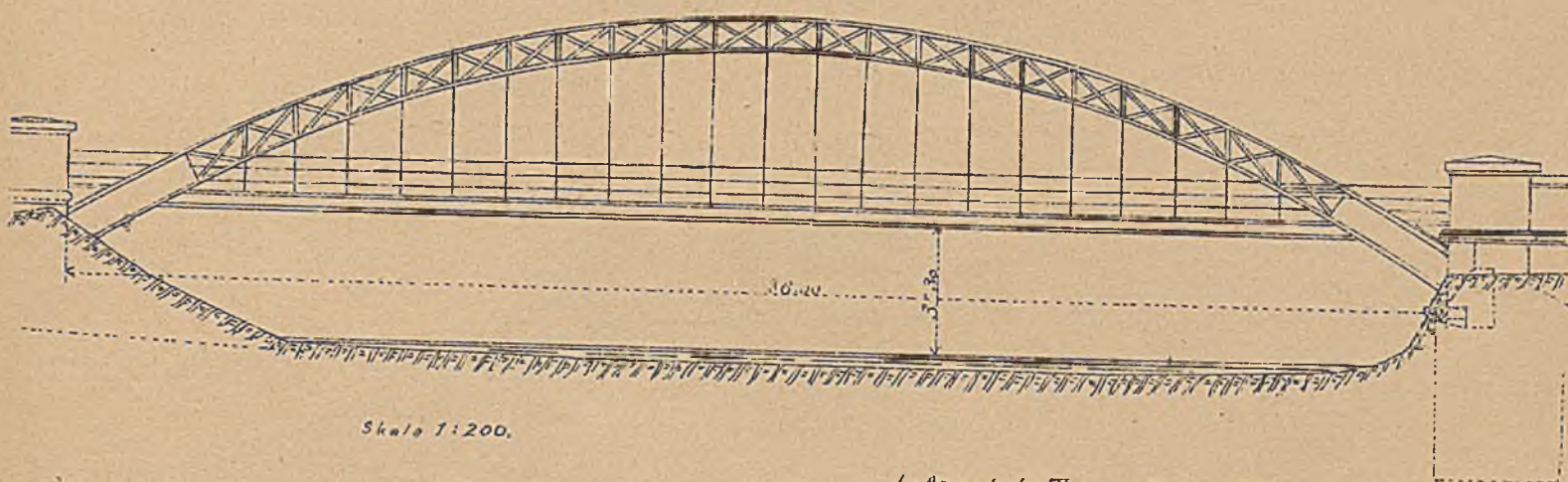
# ŁUKI TRÓJPRZEG. WYSTAJ. I BEZPRZEGUB.

Rys. 1. Most troicki na Newie w Petersburgu.



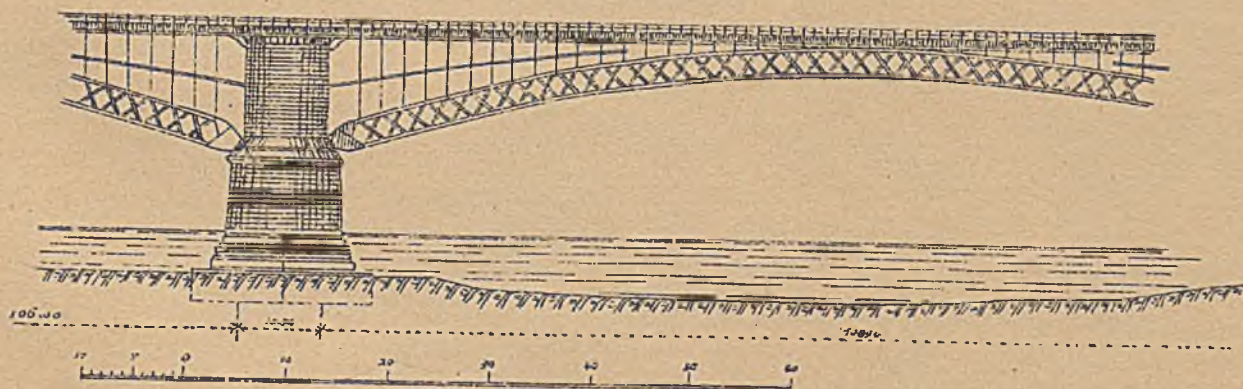
Centralblatt der Bauverwaltung, 1904, str. 42.

Rys. 2. Most narzece Wharfe pod Ben Rhydding.



Le Annuaire des Travaux Publics, 1868, str. 2152

Rys. 3. Most na Renie koto Horchheim.



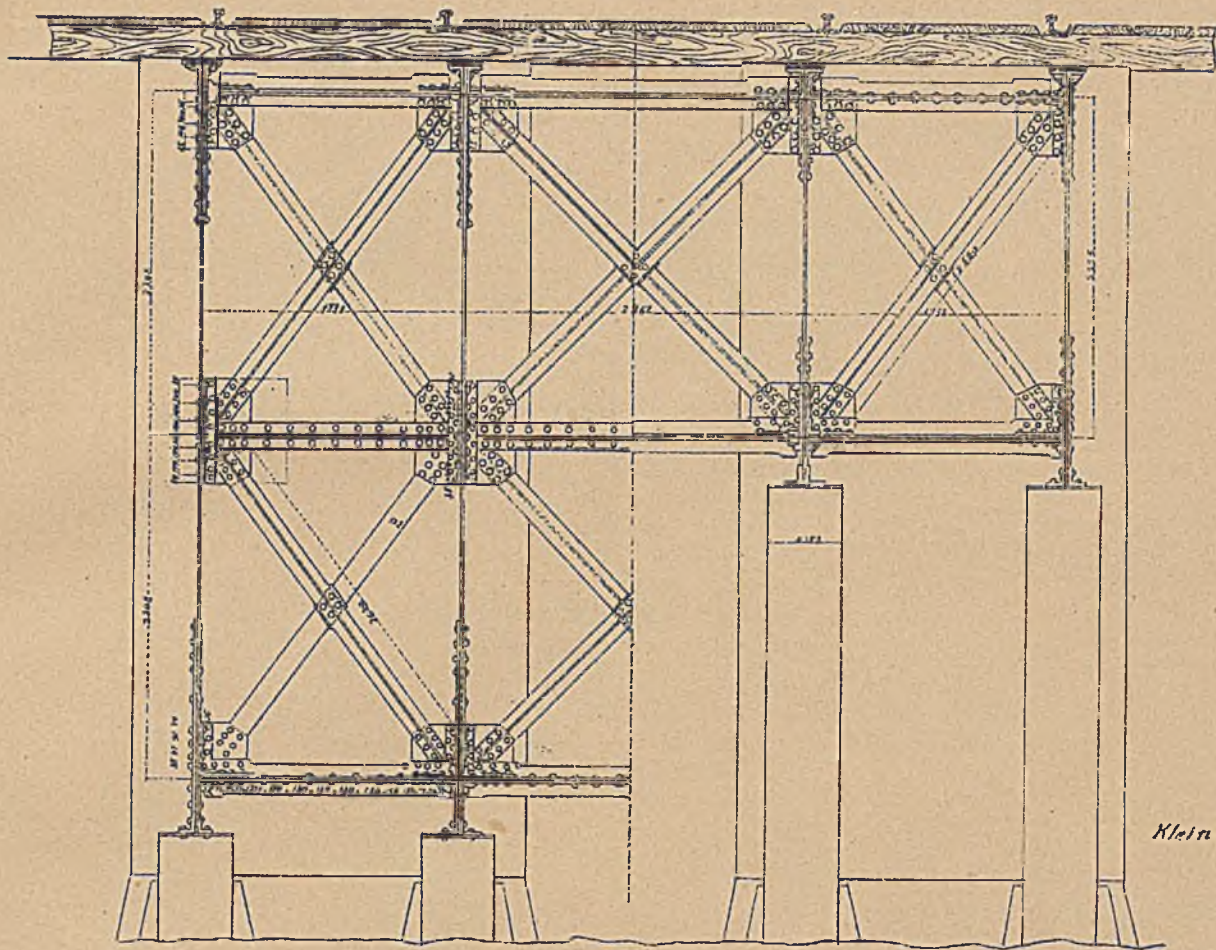
Skala 1:750.

Zeitschrift für Bauwesen 1902 t. 66.



# I LOŚĆ BELEK GŁÓWN. I ŁOŻYSKA PRZEGUB. Tab 29.

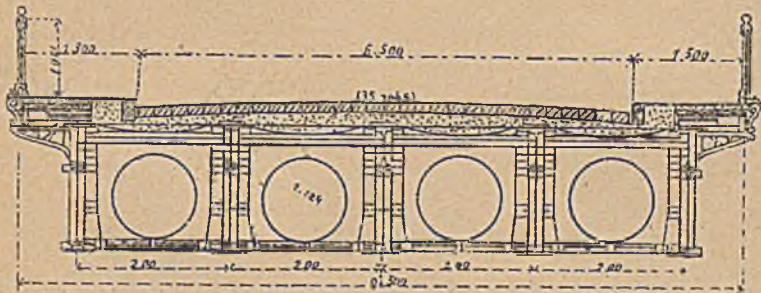
Rys. 1. Most na Cisie w Szegedynie.



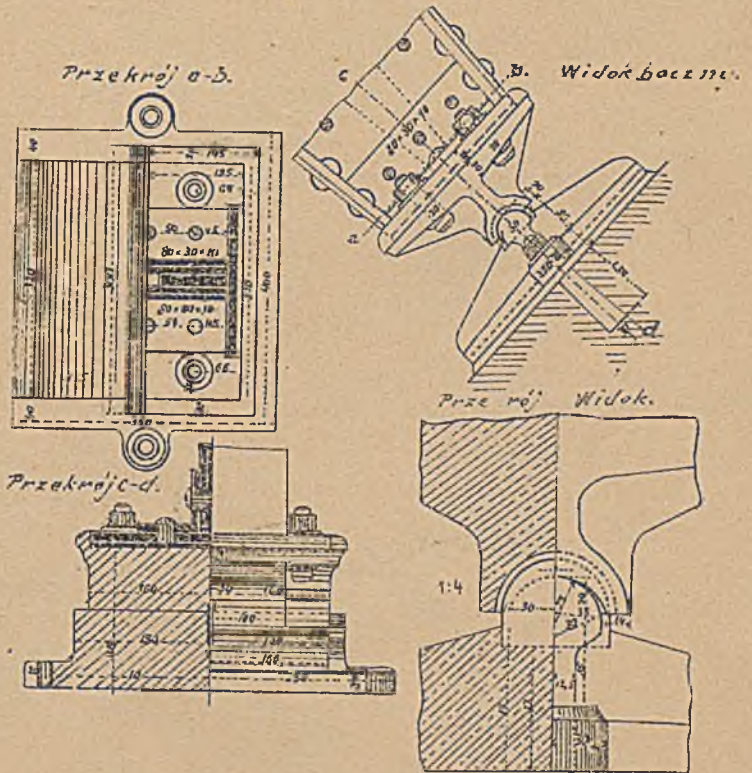
Klein *tom 2. t. 10.*

Rys. 2. Most wodociągowy w Argentueil.

Rys. 3. Most drogowy na Ochrze w Brunszwiku.



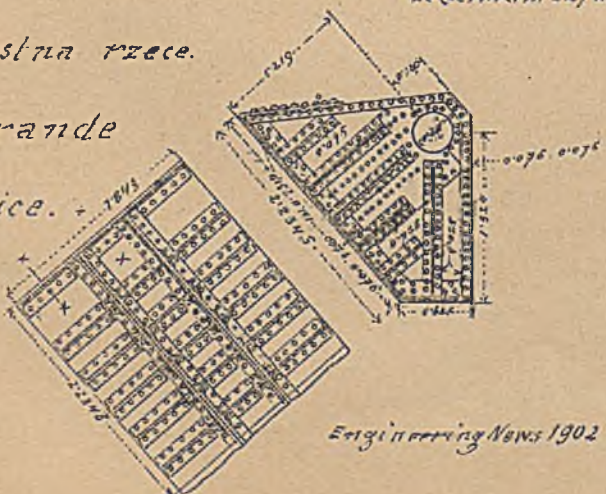
*Le Génie Civil* 27 *tab 10.*



*Zeitsch. d. Arch. u. Ing. Vereins zu Hannover* 1886-8.

Rys. 4. Most na rzecze.

Rio-Grande  
w Costarice.

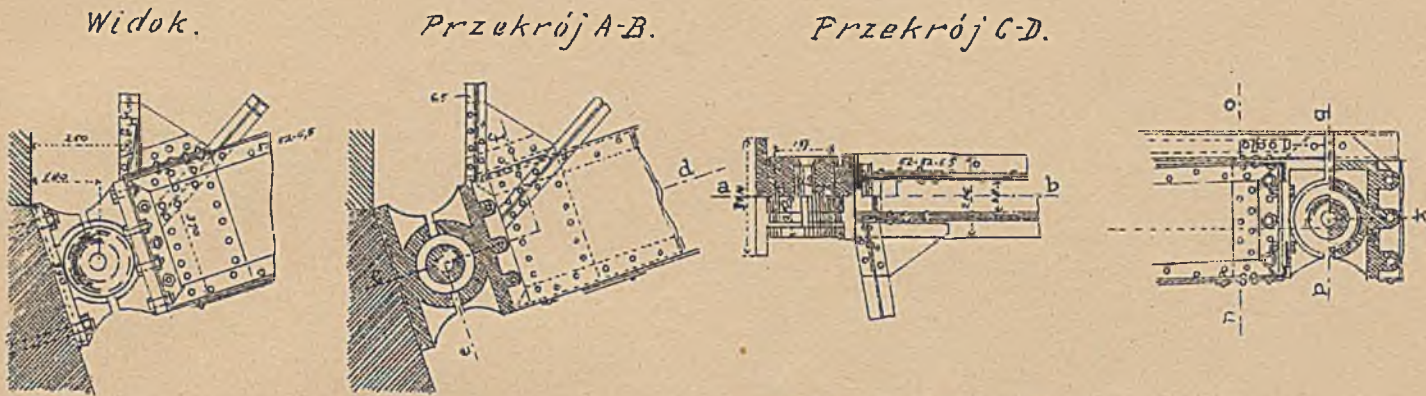


*Engineering News* 1902 <sup>23/2</sup>

# ŁOŻYSKA PRZEGUBOWE.

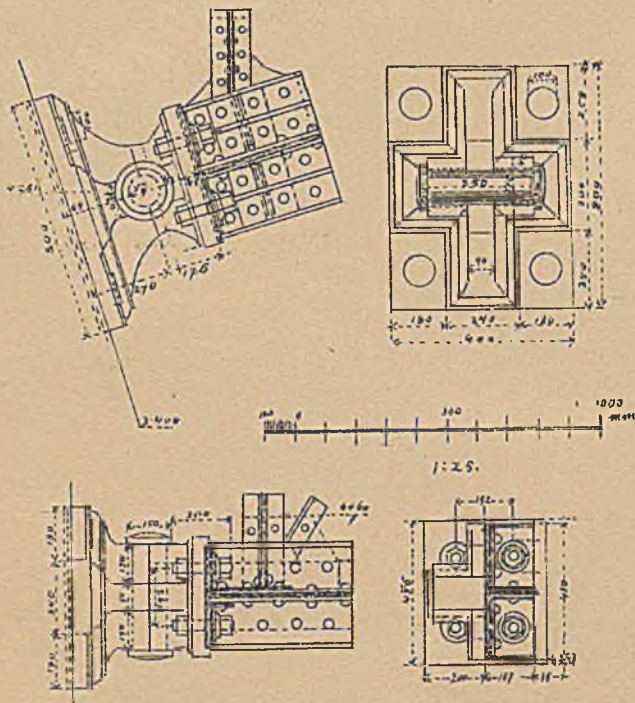
Tab. 30.

Rys. 1. Most Moltkego na dolnej Sprewie w Berlinie.



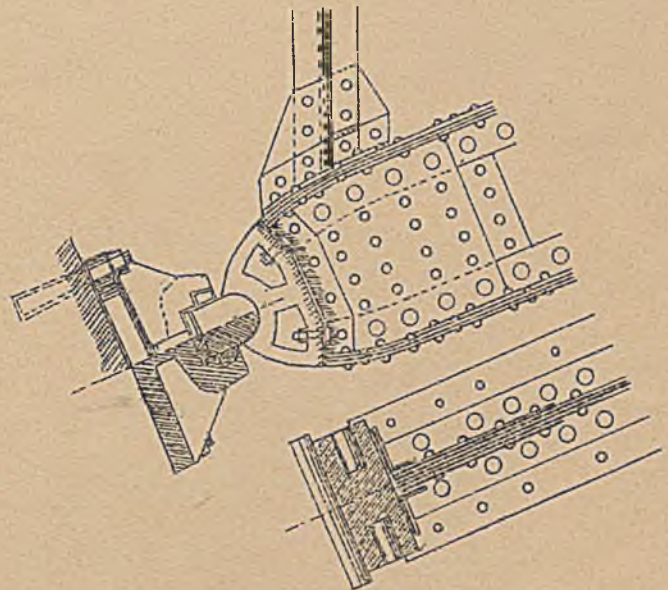
Die Strassen-Brücken Berlins tab. 3.

Rys. 2. Most Franciszka na kanale Dunaju w Wiedniu.



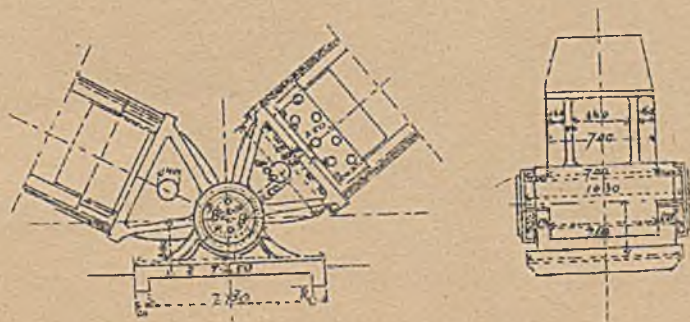
Zeitsch. des österr. Ing.-u. Arch. Vereln 1900 tab. 13.

Rys. 3. Most drogowy w Kolonii.



Centralblatt der Bauverwaltung 1890, 502.

Rys. 4. Kładka na Sekwanie.



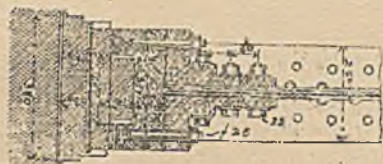
Le Génie Civil tom 37, tab. 4.

Podziałka 1:50.

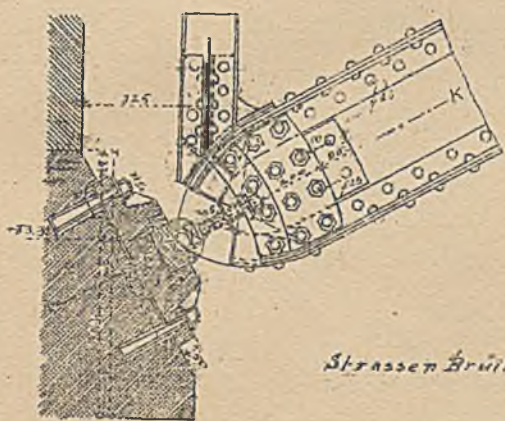
# ŁOŻYSKA PRZEGUBII WPÓL STALE.

Rys. 1. Most Marszałkowski w Berlinie.

Rys. 1a. Przekrój i-k.



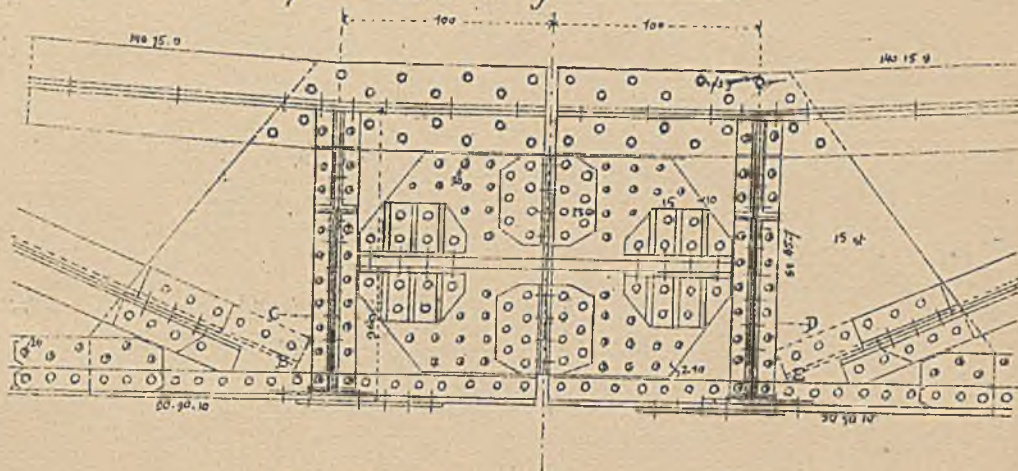
Rys. 1b. Przekrój podłużny.



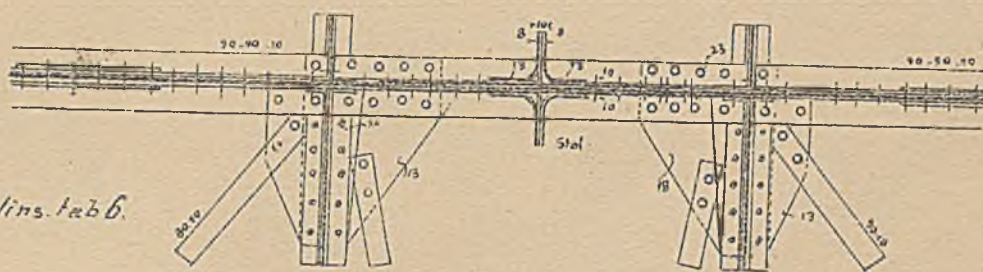
Strassen Brück, Berlins. Tab. 6.

Rys. 2. Most na Wezerze w Hammelni.

Rys. 2a. Przekrój w kluczu.

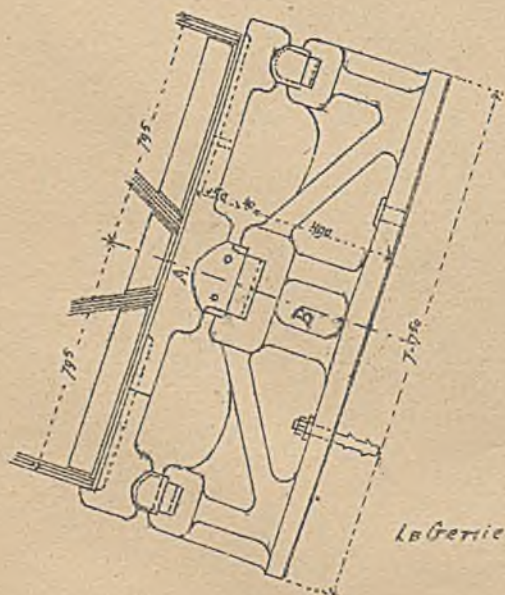


Rys. 2b. Przekrój B-C-D-E.



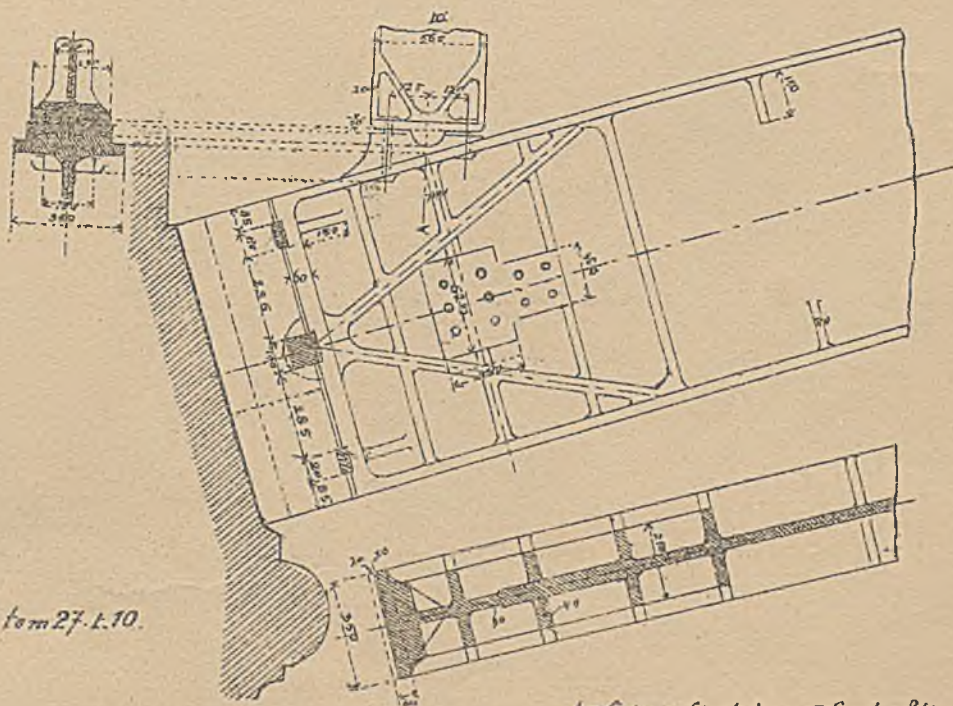
Patent. str. 759.

Rys. 3. Most wodociągowy na Sekwanie w Argentynie.



Le Génie Civil tom 27. L. 10.

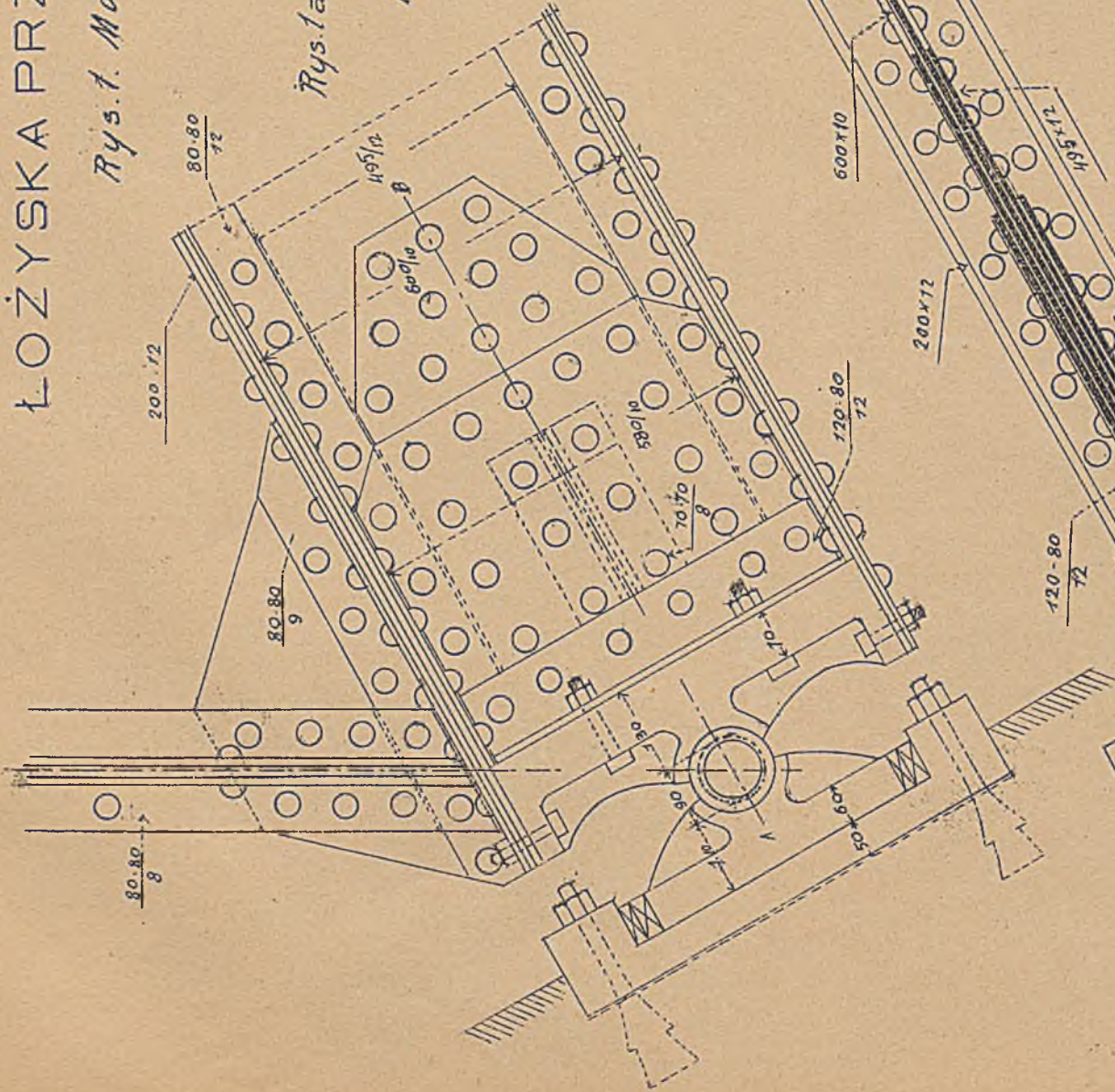
Rys. 4. Most na Marnie w Nocent.



Le Génie Civil tom. 36 str. 84.

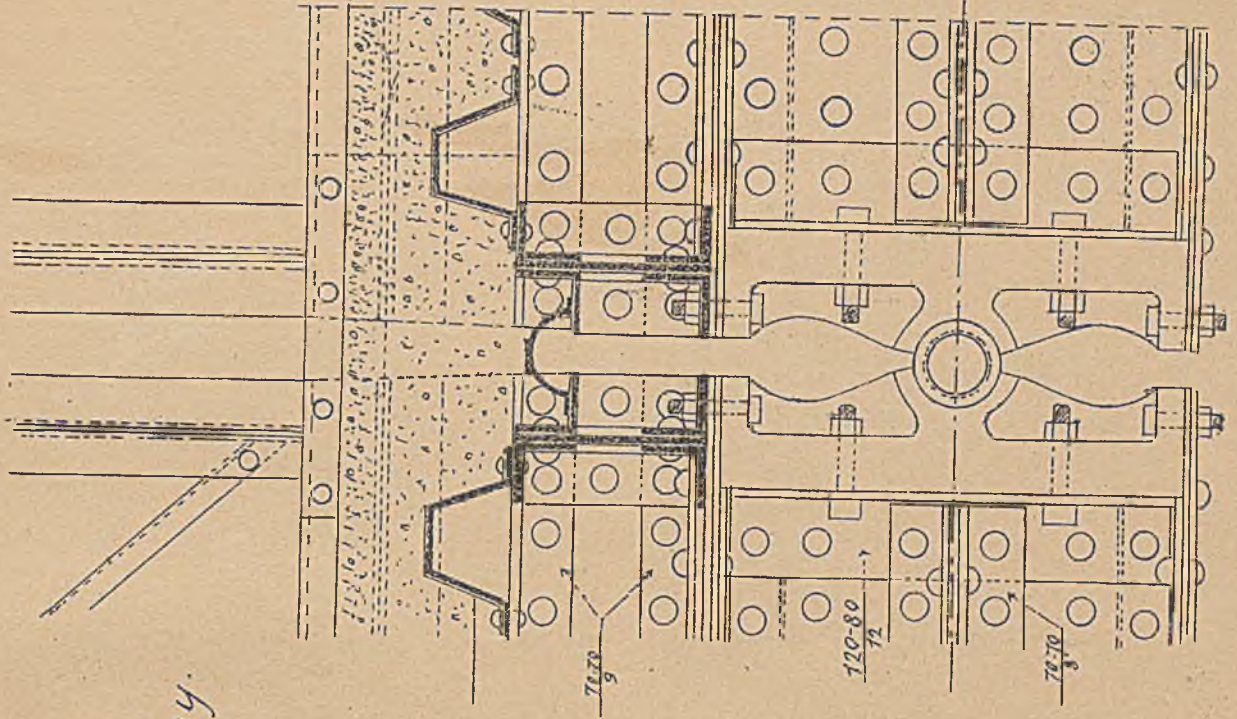
# ŁOŻYSKA PRZEGUB. IKLUCZOWE.

Rys. 1. Most włoski.

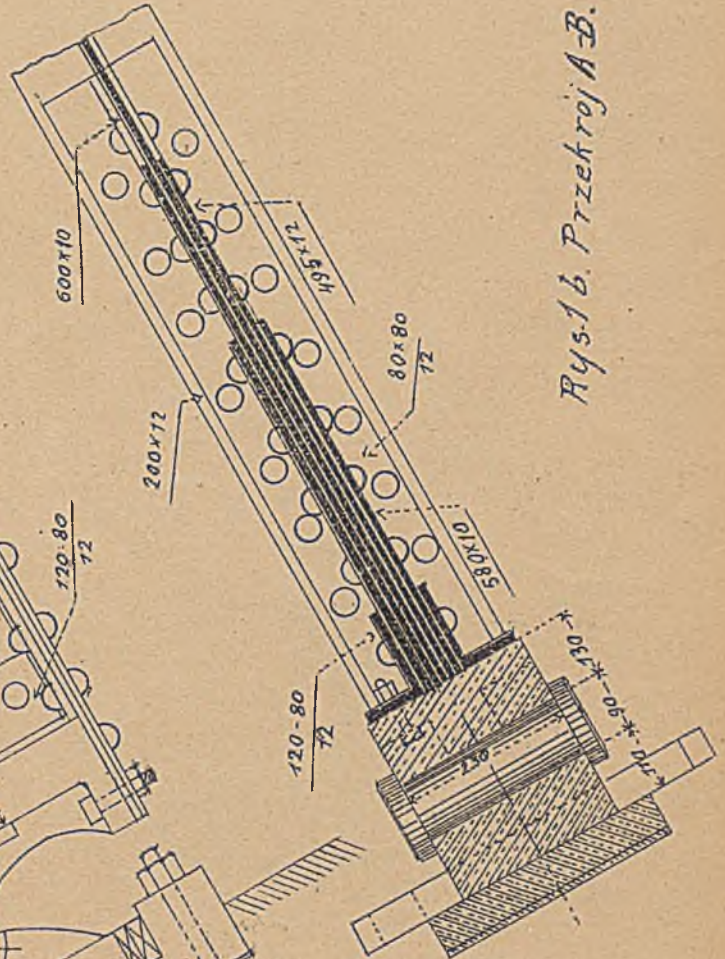


Rys. 1a. Przekrój podłużny.

Rys. 1c. Przekrój wkluczu.



Rys. 1b. Przekrój A-B.

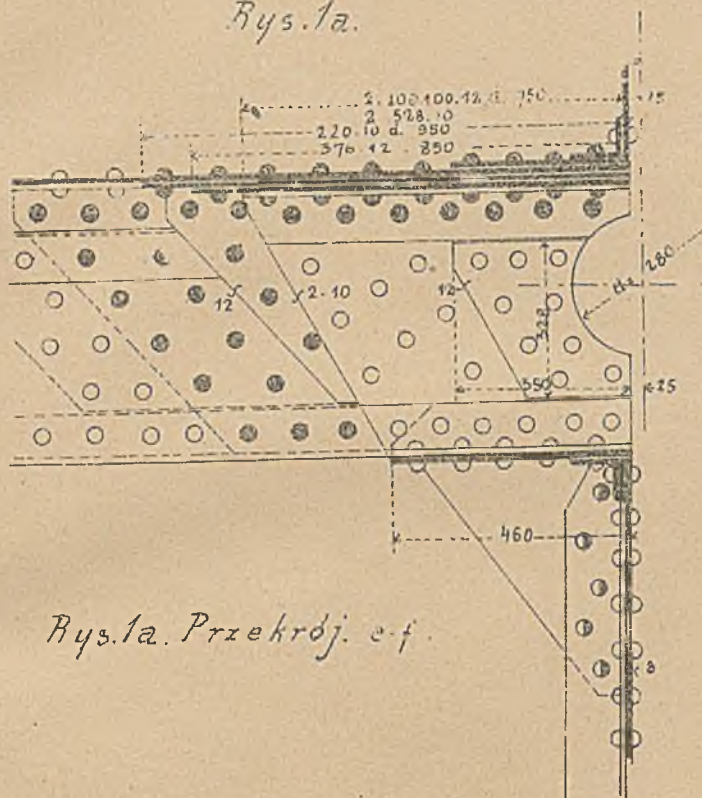




# ŁOŻYSKA PRZEGUB KLUCZOWE Tab. 33.

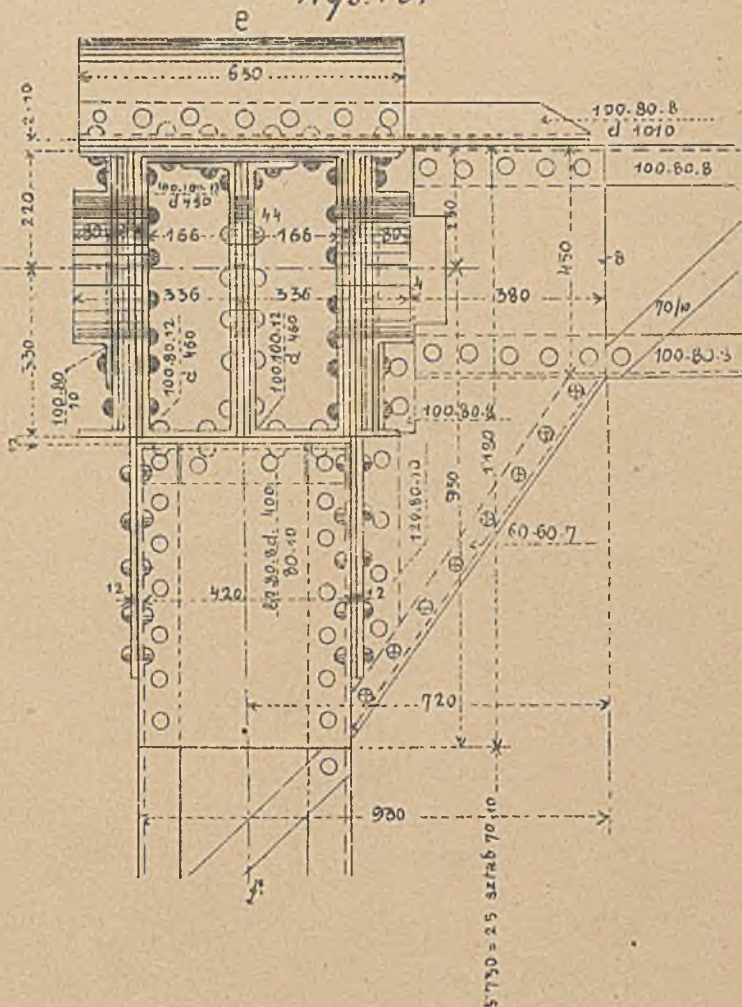
Rys. 1. Most na Traenie w Lambach. 1:15.

Rys. 1a.

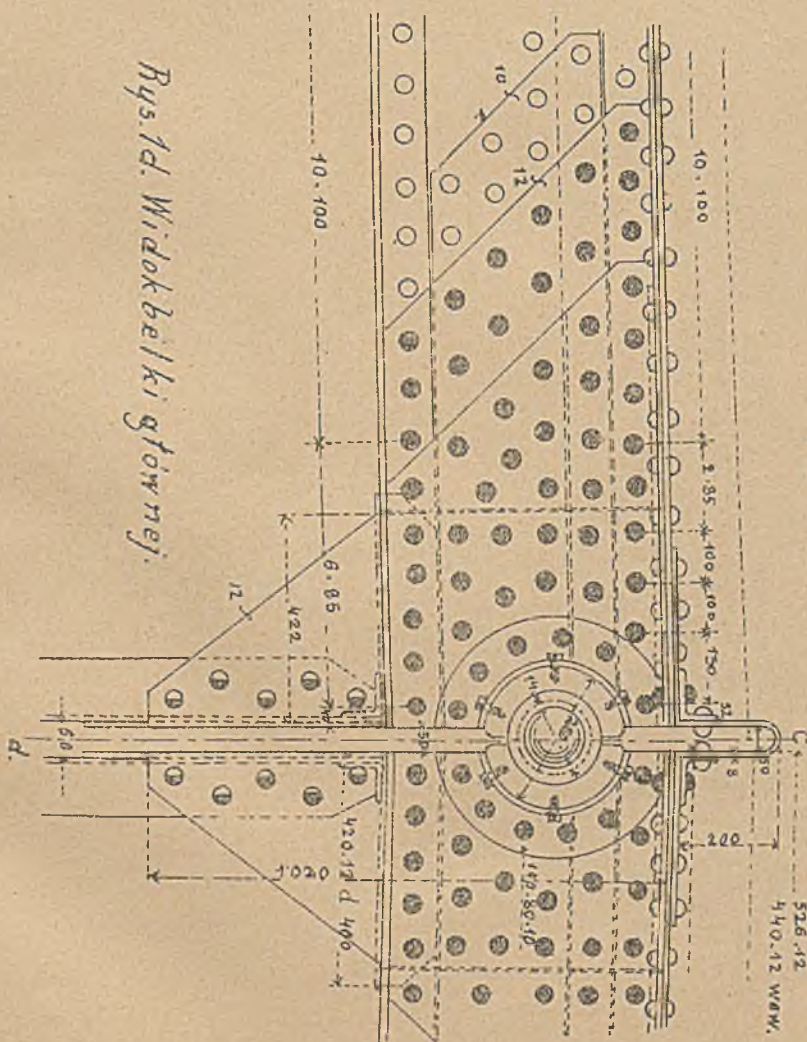


Rys. 1a. Przekrdj. e-f.

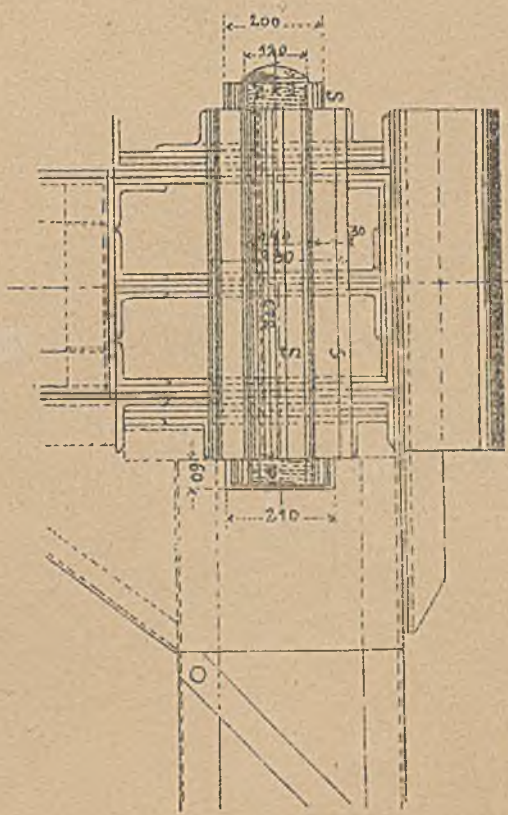
Rys. 1b.



Rys. 1d. Widok belki głownej.



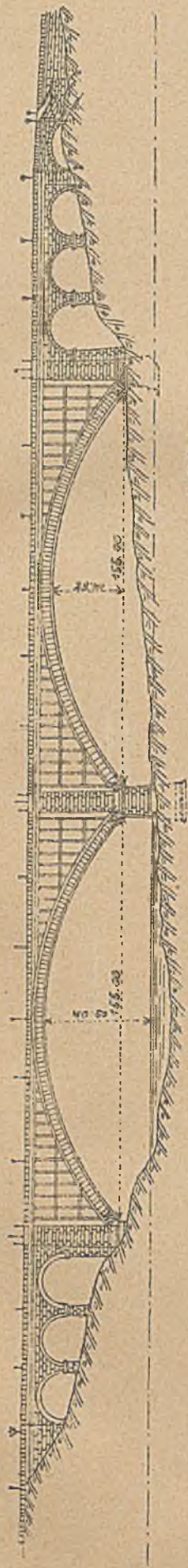
Rys. 1d.



Rys. 1c.

# ŁOŻYSKA WPÓLSTALE.

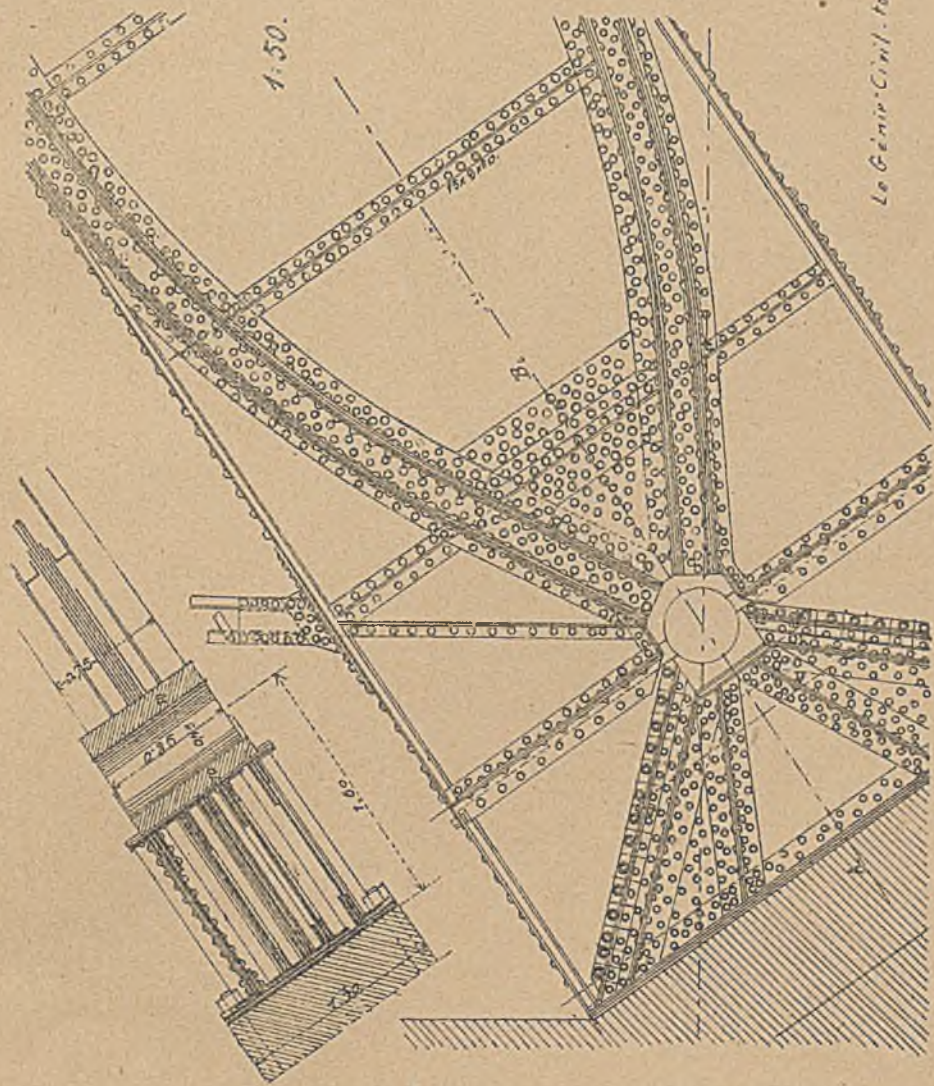
Rys. 1a. Most Waszyngtona na rzece Harlem w Nowym Yorku.



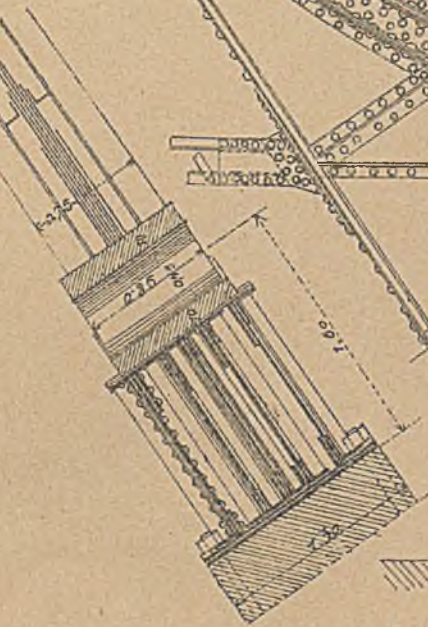
1:2500.

Le Génie Civil. tom XI. tab. 13.

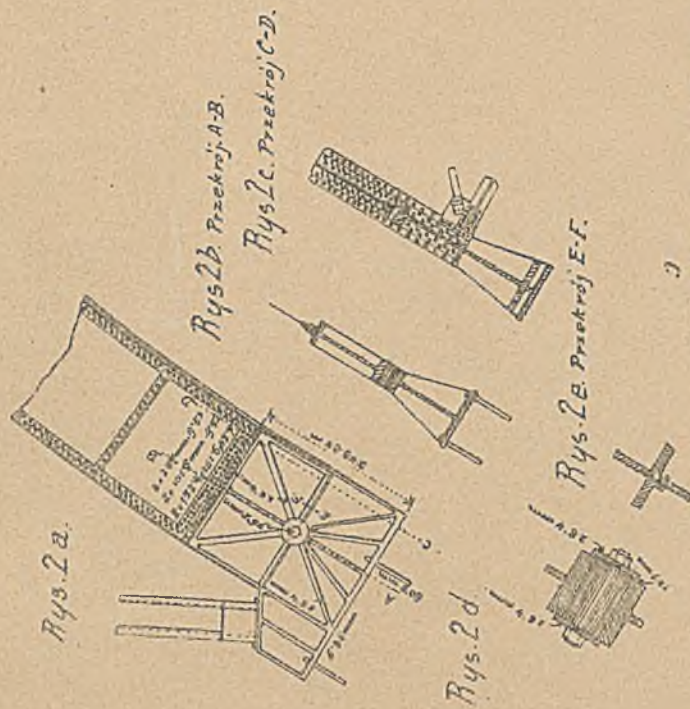
Rys. 1b. Przekroj podłużny.



Rys. 1c. Przekroj A-B.



Rys. 2. Most na Nine-Mile Run w Pittsburgu.



Engineering News 1903. str. 187.

Le Génie Civil. tom XI. tab. 13.

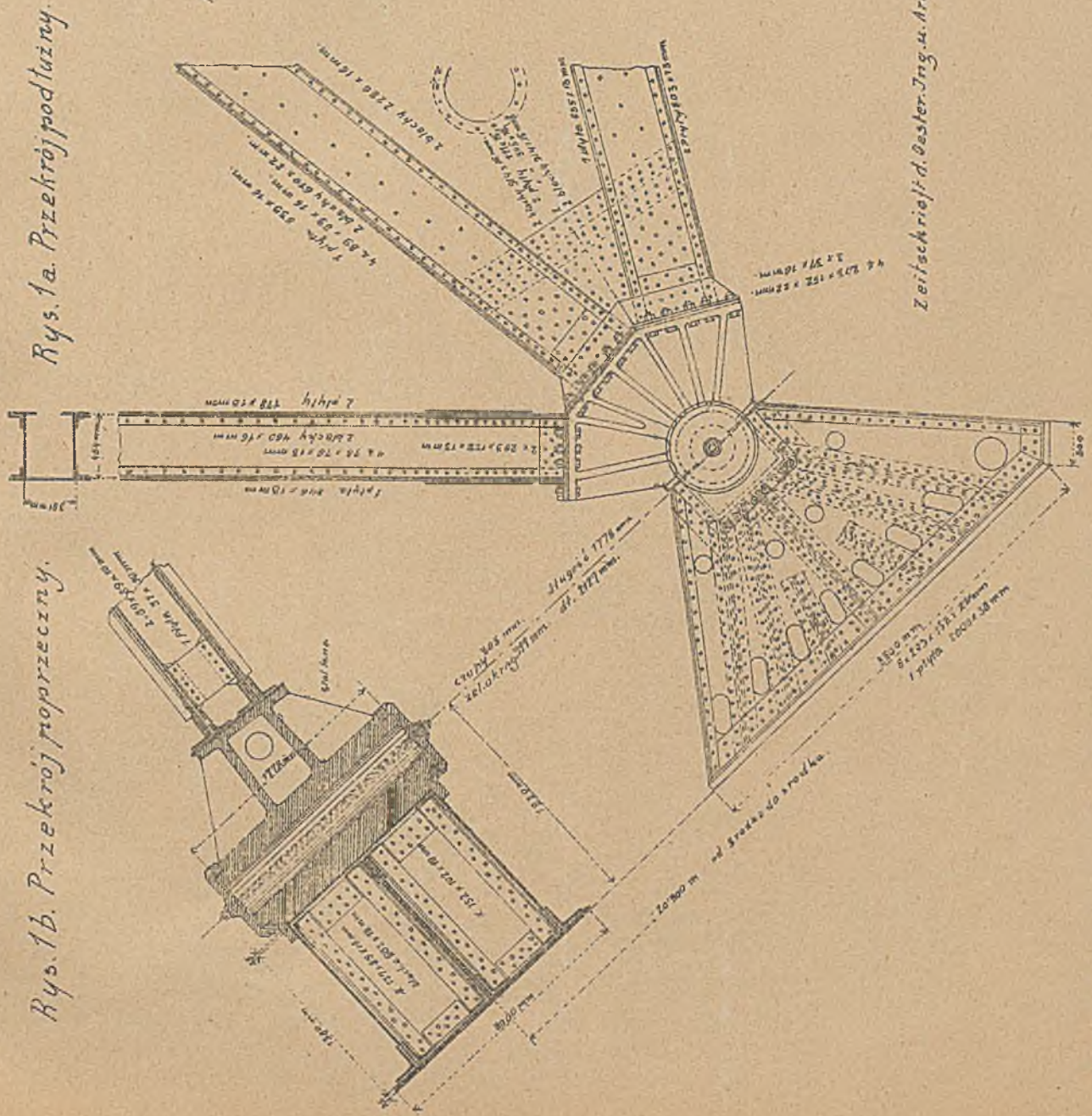
Dr. M. Thullie. Mosty żelazne.

*Handwritten signature*

ŁOŻYSKA PRZEGUBOWE.

Tabl. 35.

Rys. 1. Most tukiowy na Niegarze. 1:48.



Rys. 1a. Przekrój poprzeczny.

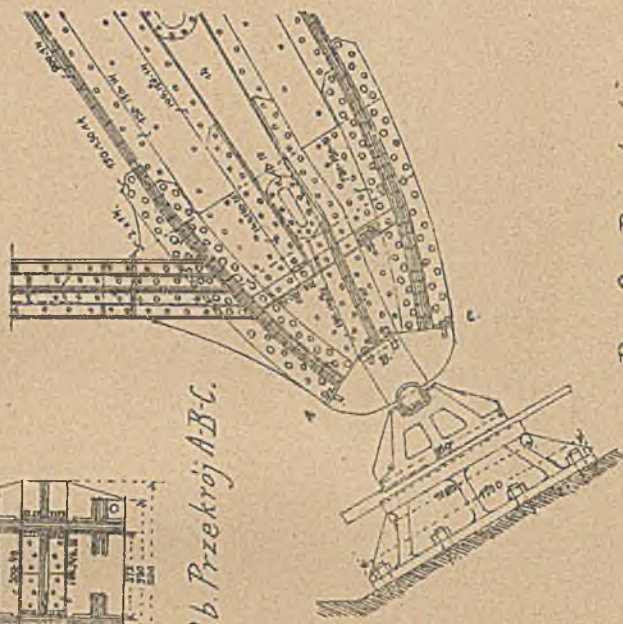
Rys. 1b. Przekrój podłużny.

Rys. 2. Most na kanale Wilhelma. 1:50.

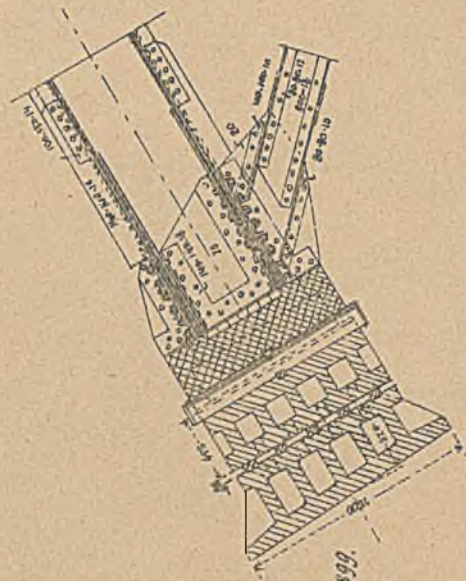
Rys. 2a. Przekrój podłużny.



Rys. 2b. Przekrój A-B-C.



Rys. 2c. Przekrój poprzeczny.



Zeitschrift d. Daster-Ing. u. Arch. Verein. 1899.

Zeitschrift für Bauwesen 1898.

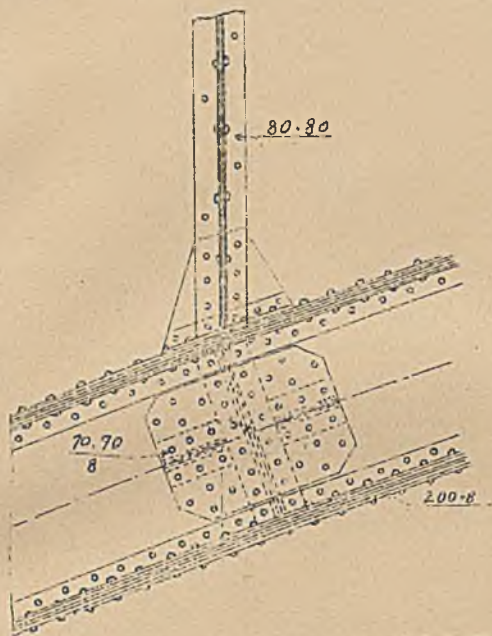
D. M. Thullie. Mosty tukiowe z zelazne.

Pruski



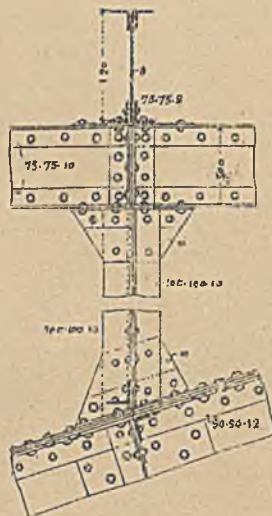
# SŁUPY POMOSTOWE I TĘŻNIKI PIONOWE.

Rys. 1. Most włoski. 1:25.



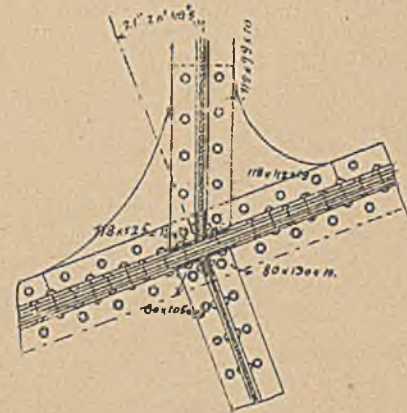
Ovazza Ponti tab. 17.

Rys. 2. Most Karola na Neckarze.



Zeitsch. des Ver. deut. Ingen. 1895. t. 5.

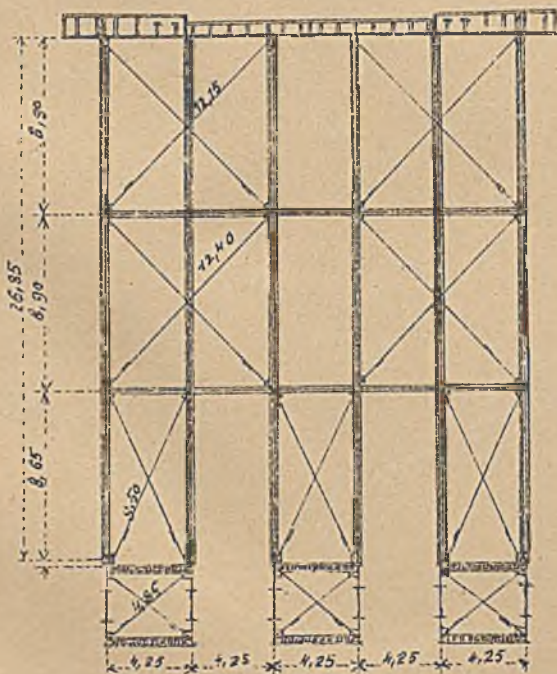
Rys. 3. Most na Rohrbach. 1:30.



Mosty szwajcarskie t. 15.

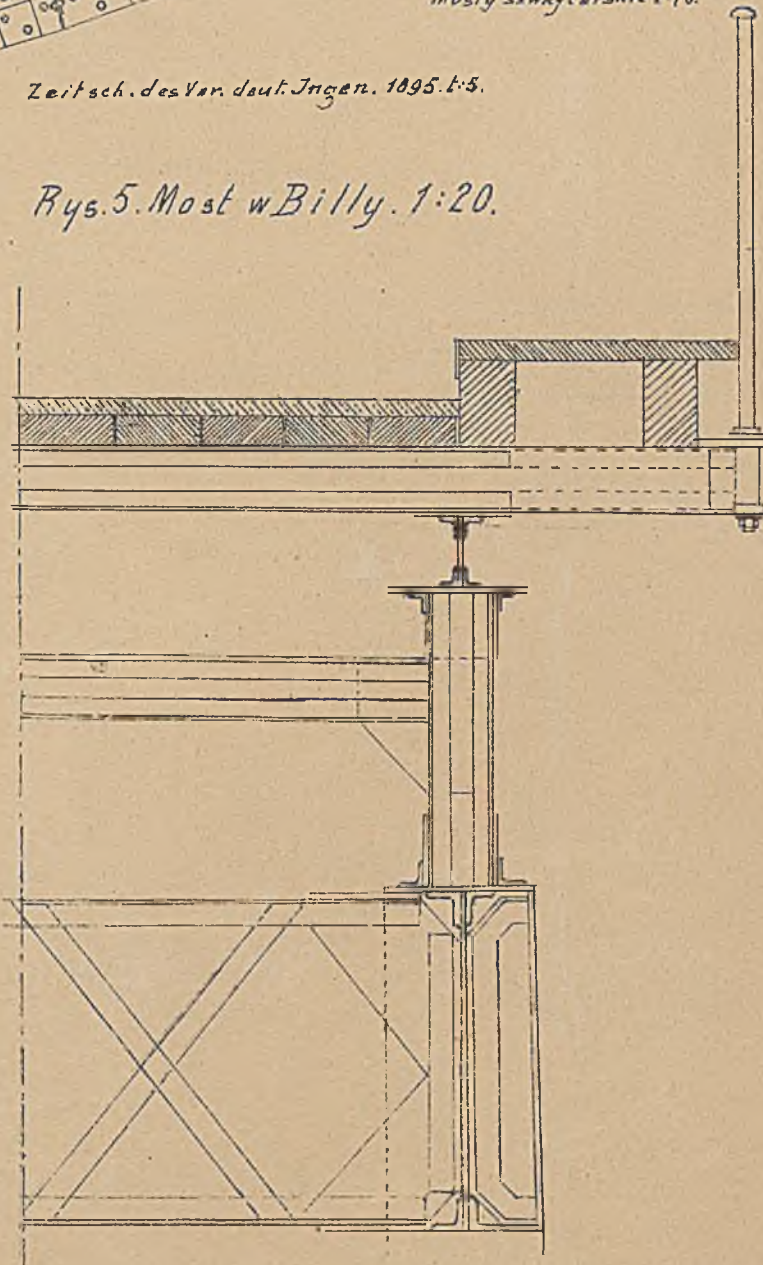
Rys. 4. Most Waszyngtona na rzecze Harlem w Nowym Jorku.

1:400.



Le Génie Civil. tom 20. tab. 13.

Rys. 5. Most w Billy. 1:20.



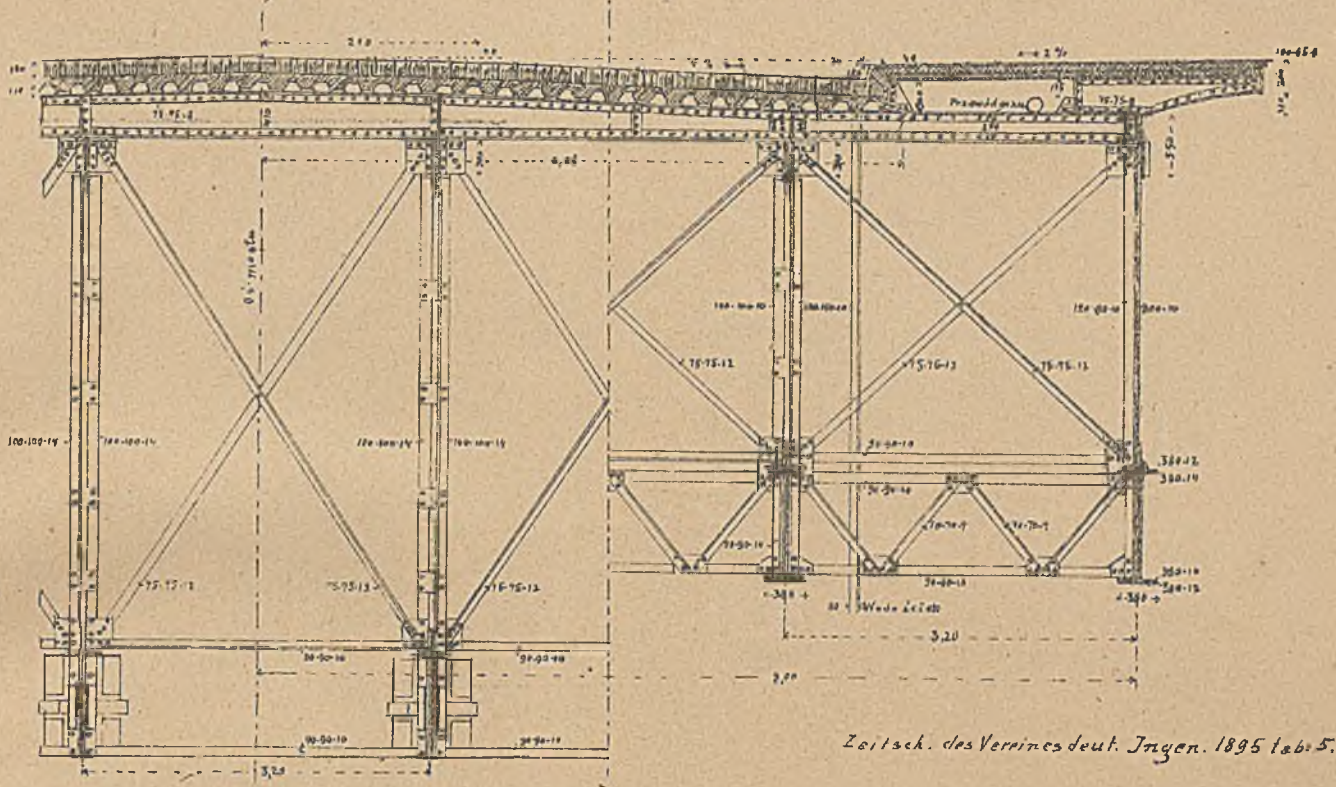
Annal. des Travaux publ. 7892. tab. 53.

D<sup>r</sup> M. Thullie. Mosty tukowe zelazne.

S. Spiering

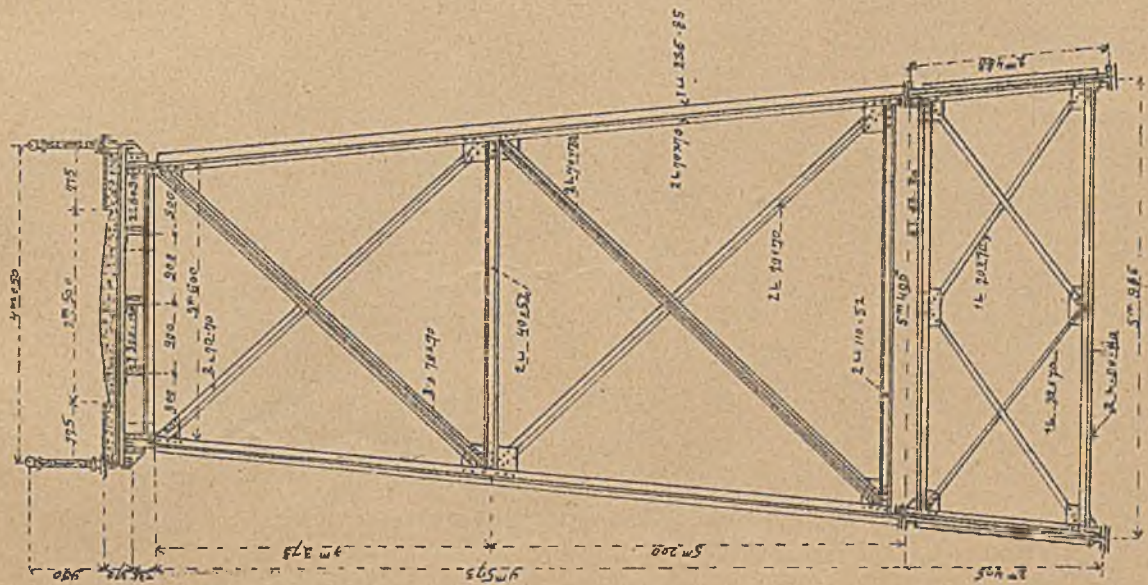
# TEŻNIKI PIONOWE.

Rys.1. Most Karola na Neckarze między Stuttgartem a Cannstatterem.



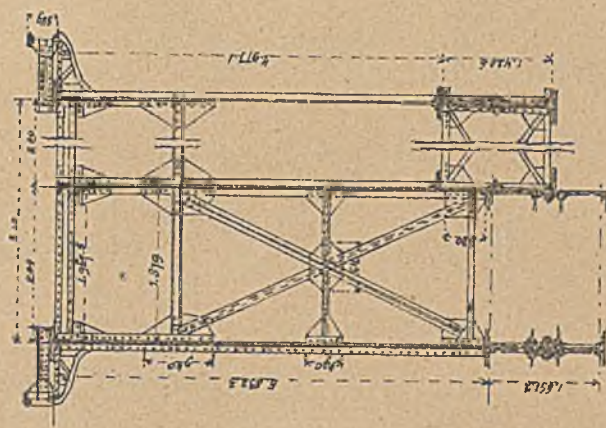
Zeitsch. des Vereins deut. Ingen. 1895 tab.5.

Rys.3. Steżenie przez pochylenie belek górnych.  
Most na rzece Cerveyrette we Francji.



La Génie Civil tom 20 tab.7.

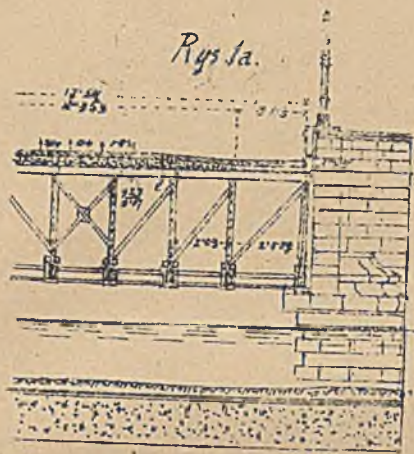
Rys.2. Most wodociągowy.  
na Sekwanie  
w Argentueil.



La Génie Civil tom 27 tab.10.

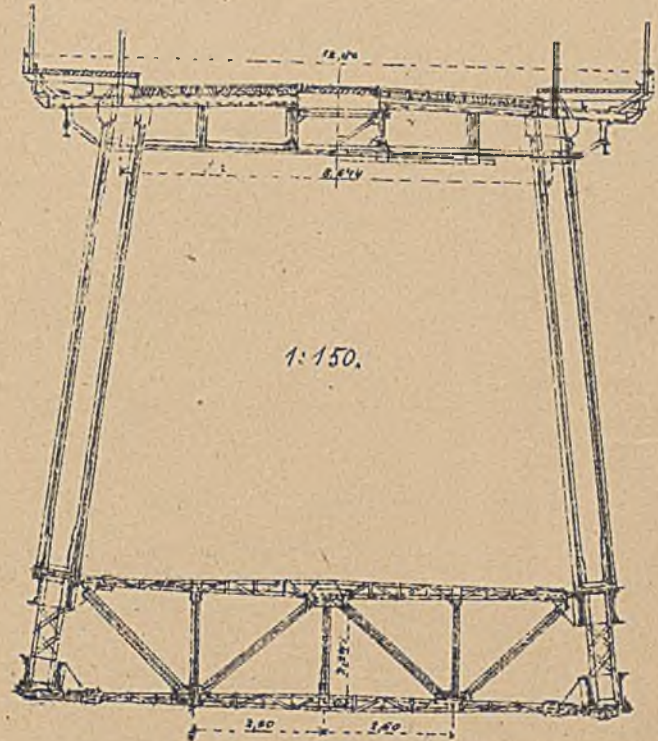
Pracownia

Rys. 1. Teżniki pionowe.



Engineering News 1905, st. 58.

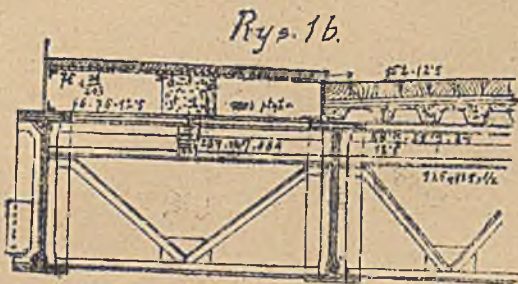
Rys. 2. Most na kanale Wilhelma pod Grünenthal.



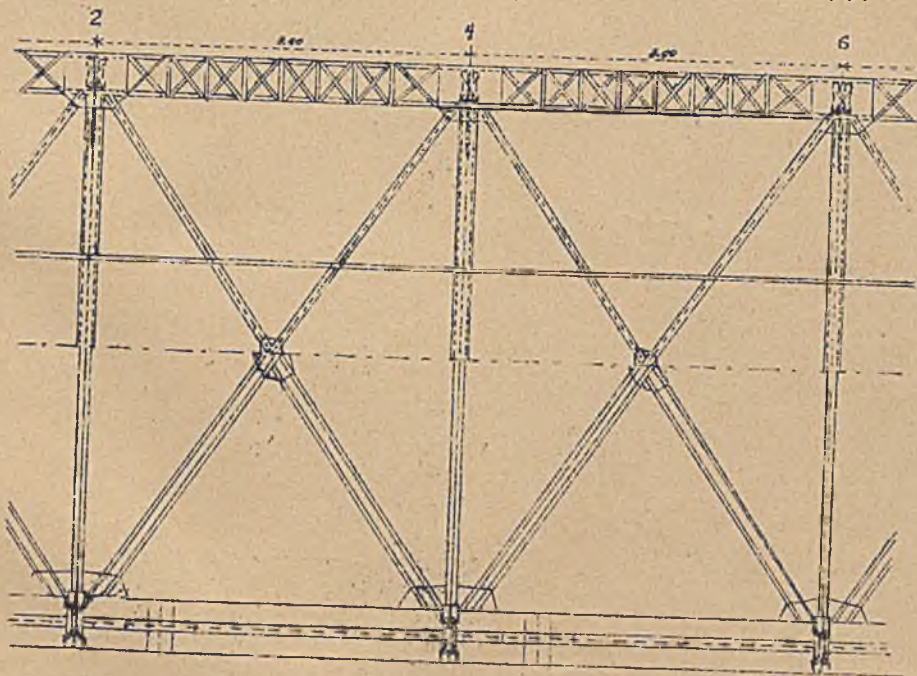
1:150.

Zeitsch. f. Bauwesen 1898 t. 64

Rys. 1a:1b. Most na Exe w Exeter.



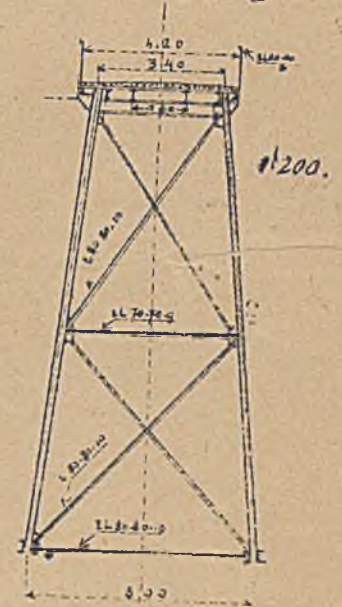
Rys. 3. Teżniki poziome.  
Most na kanale Wilhelma pod Lewensau. 1:175.



Zeitsch. für. Bauwesen 1899 t. 16.

Rys. 2 i 4. Stężenie przez pochylenie  
belek głównych.

Rys. 4. Most na Engstligenbach.



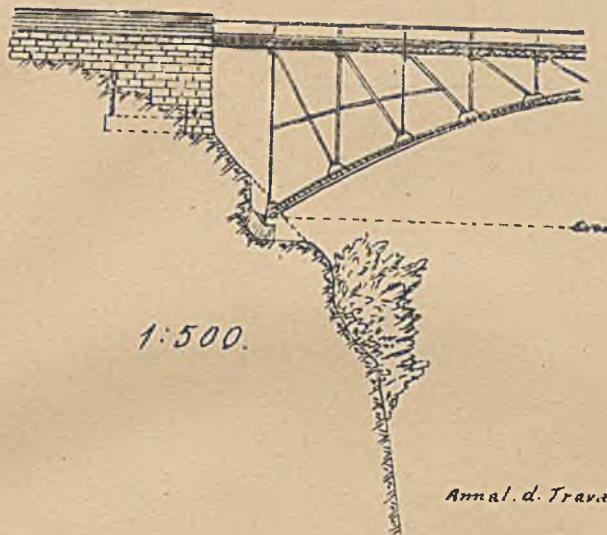
Schweiz. Bauzeitung 1895 st. 3.

# ŁUKI I ICH PRZEKROJE.

Tab. 40.

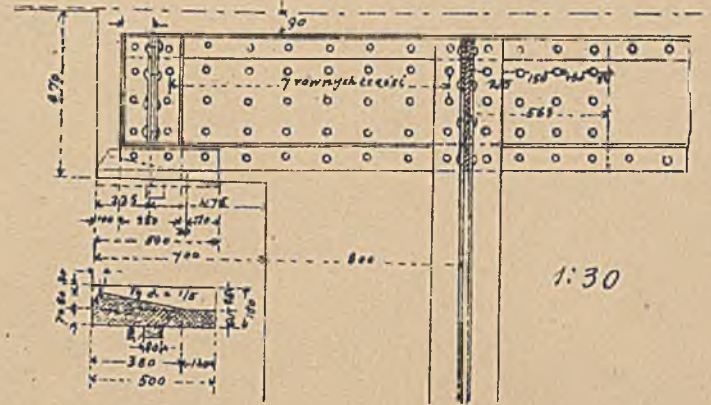
Rys. 1 i Rys. 2. Połączenie tuku u góry na przyczółku.

Rys. 1. Most drogowy nad Nocą pod Giustiną. Rys. 2. Most na Rohrbach.



1:500.

Annal. d. Travaux Publ. 1890 t. 3.



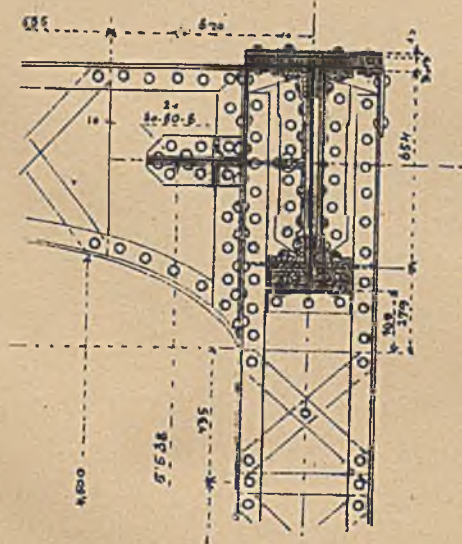
1:30

Szwajcar. Mosty t. 15.

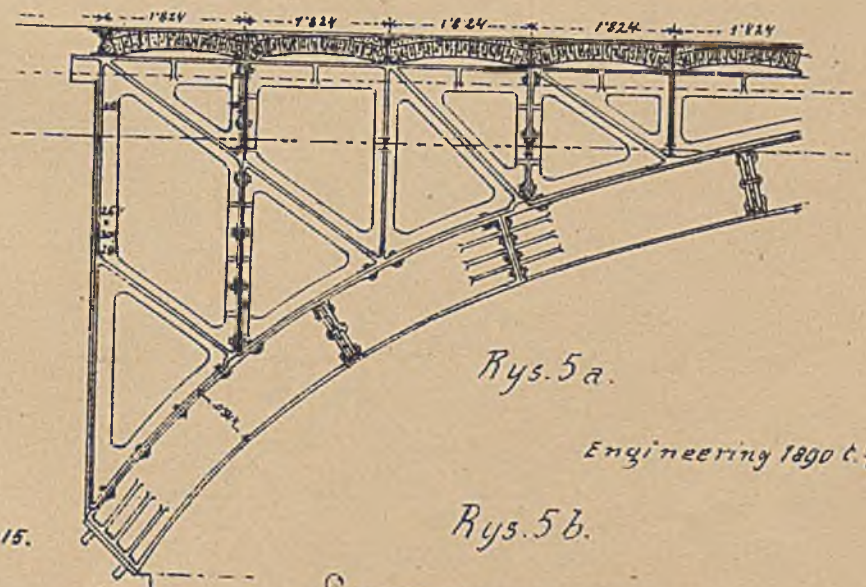
Rys. 3 i Rys. 4. Przekroje tuku blaszanego.

Rys. 3. Most św. Jana w Jschlu.

Rys. 5. Most otoku żelaza łanego, w Glasgowie.



Allgem. Bauzeit. 1899 t. 15.



Rys. 5a.

Engineering 1890 t. 3.

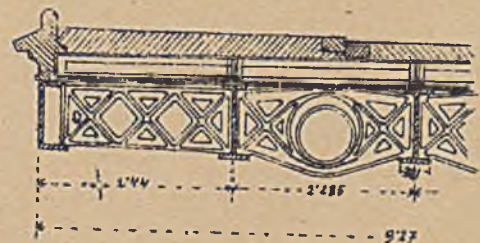
Rys. 5b.

Rys. 4. Most na Engstligenbach.

1:30.



Schweiz. Bauzeit 1899 str. 32.



D<sup>r</sup> M. Thullie. Mosty tutowe żelazne.

Emmenten



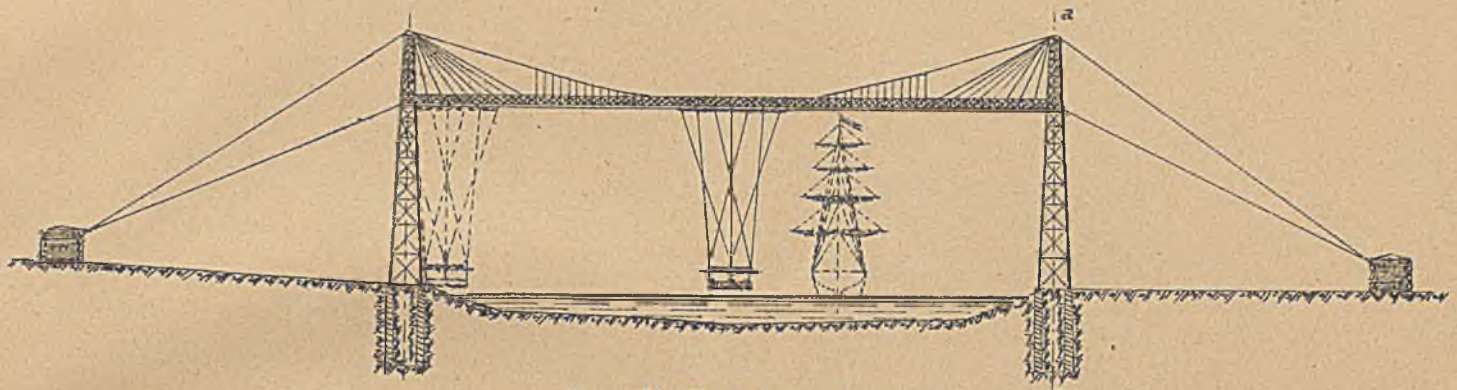


# BELKA PROSTA PODPARTA LINĄ.

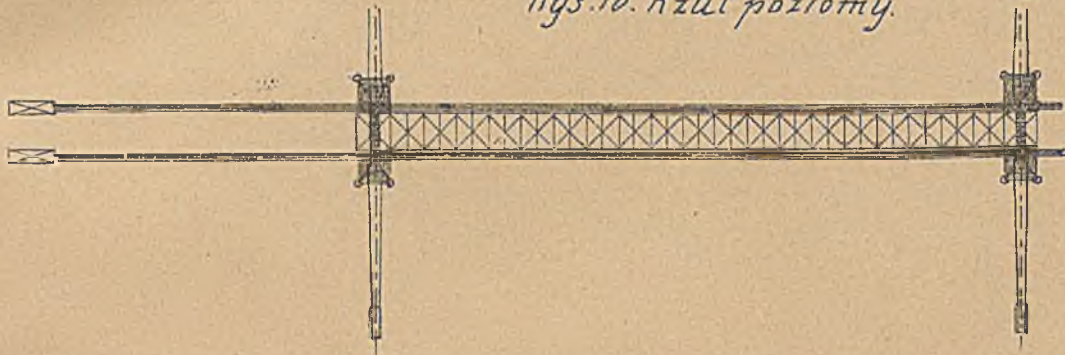
Tab. 42

Rys. 1. Most przewozowy w Portugalecie / Hiszpania /

Rys. 1a. Widok.



Rys. 1b. Rzut poziomy.



Rys. 1c. Przekrój a-b.

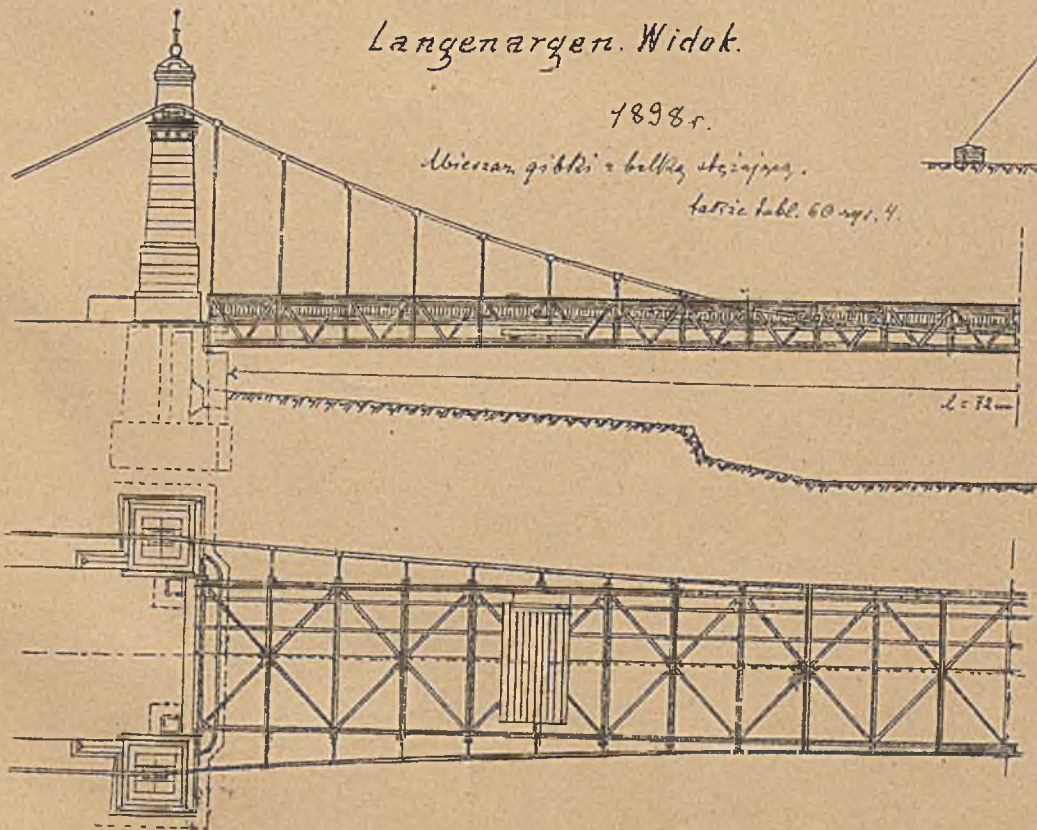
Rys. 2a. Most drogowy na rzece Argen pod

Langenargen. Widok.

1898 r.

Mieszkan. góblis i belki stajony.

tablic tab. 60 str. 4.



Le Génie Civil 1893 t. 119.

Rys. 2b Rzut poziomy.

Zeitschrift. Verein. d. Ingenieure 1899 str. 11.

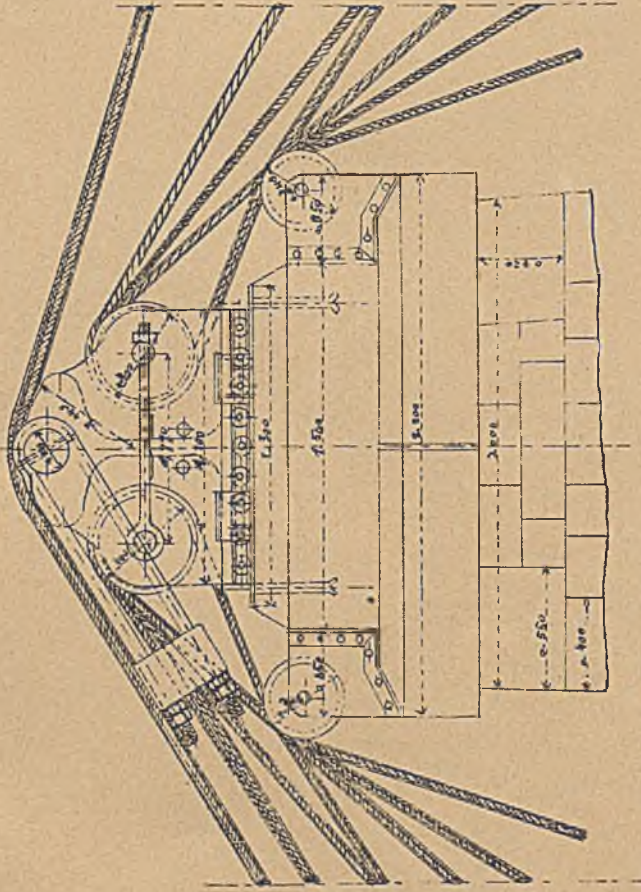
Dr. M. Thullie. Mosty tutekwe zel.

*Thullie*



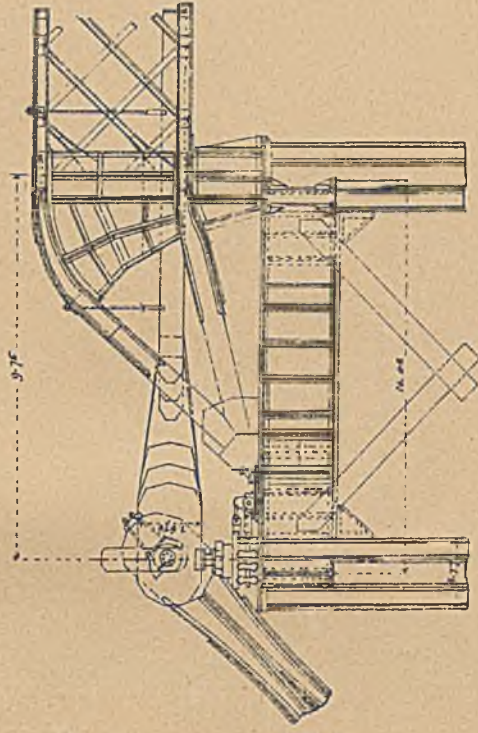
ŁOŻYSKA NA WIEŻY.

Rys. 1. Most wiszący du Bonhomme na Blavet.



Le Génie Civil Tom 46 Tab. 14.

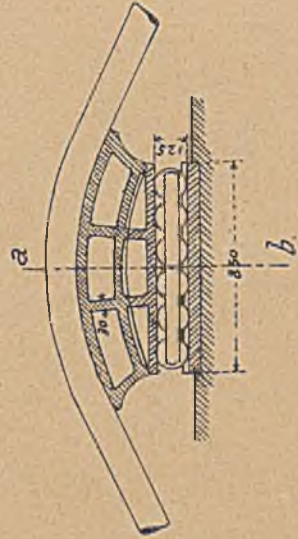
Rys. 2. Most wieżowy w Londynie.



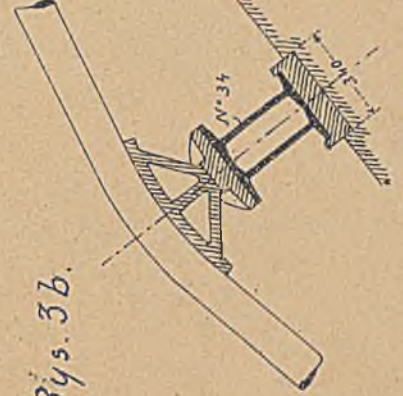
Le Génie Civil Tom 37. 6. 18.

Rys. 3. Most drogowy na Argem pod Langenargen.

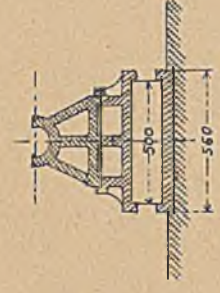
Rys. 3.a.



Rys. 3.b.



Rys. 3c. Przekrój a-b.



Zeitschrift des Vereines deutscher Ing. 1899 abt. 14.

Dr. M. Thullie Mosty żelazne.

Prusowski

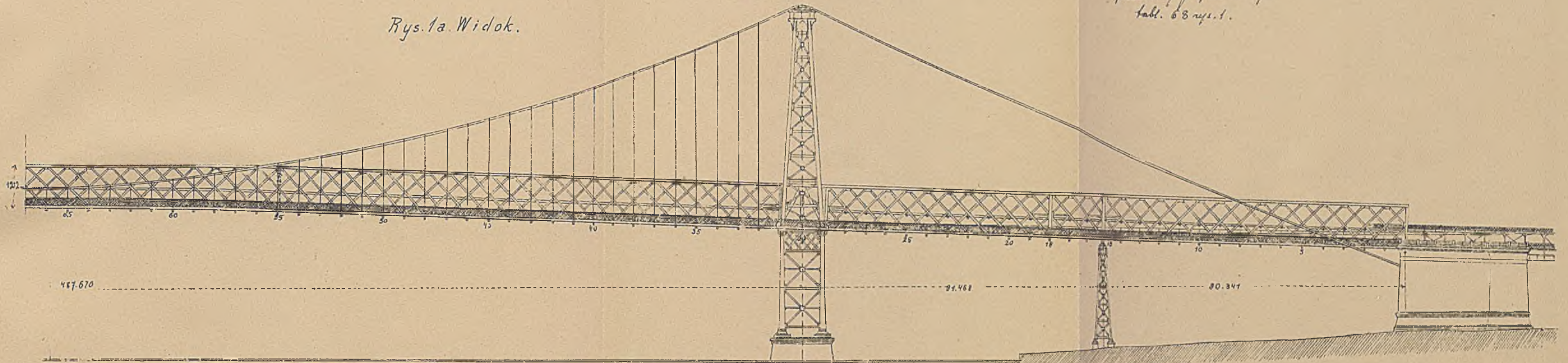
# BELKA PROSTA STĘŻONA PODPARTA LINĄ.

Rys. 1. Most wiszący Williamsburg na East River w Nowym Jorku. (ułożony 1903)

Wieważ gibelni z belką stężoną

przekrój poprzeczny  
tabl. 68 rys. 1.

Rys. 1a. Widok.



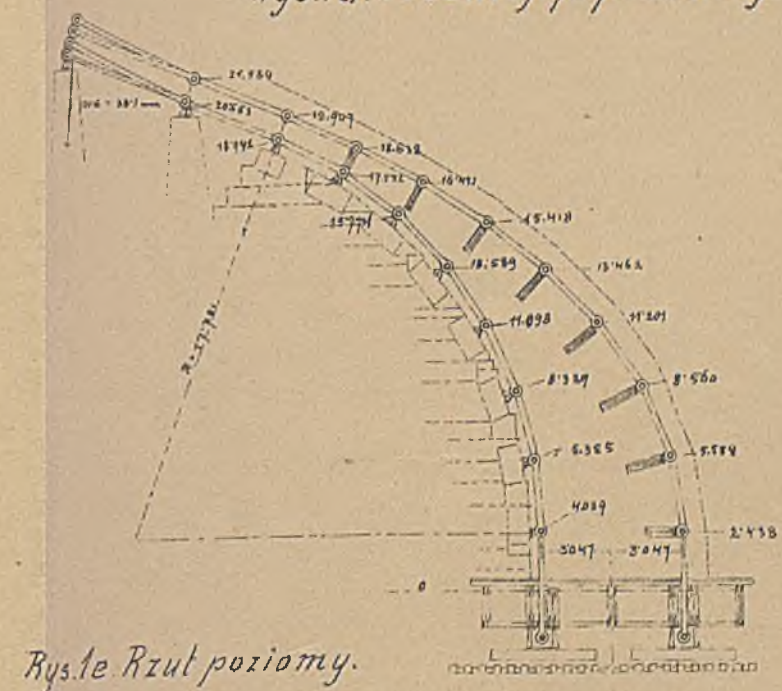
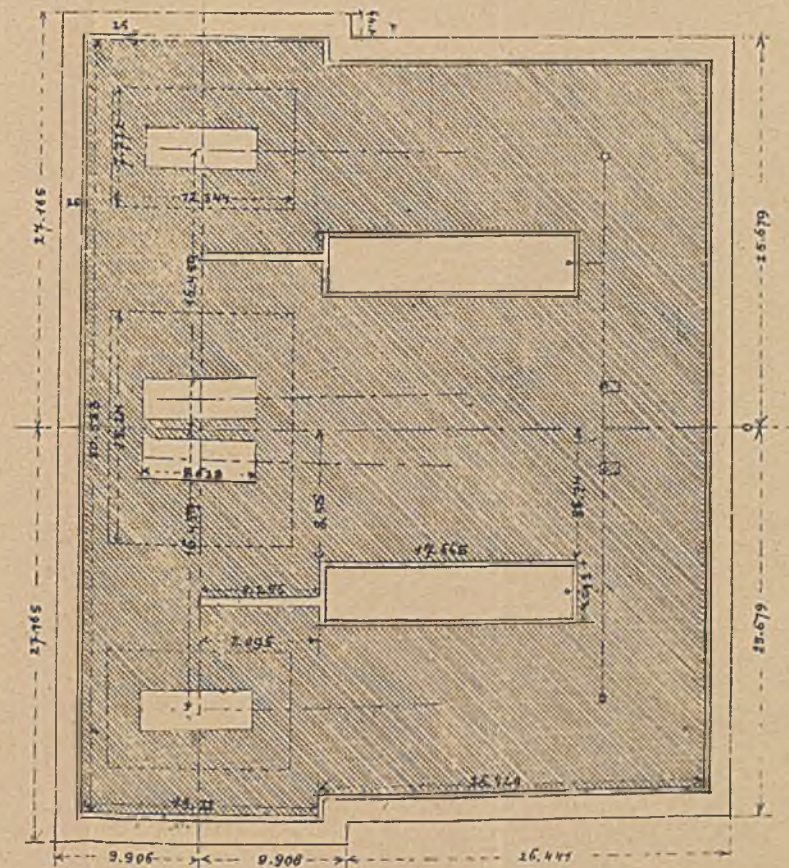
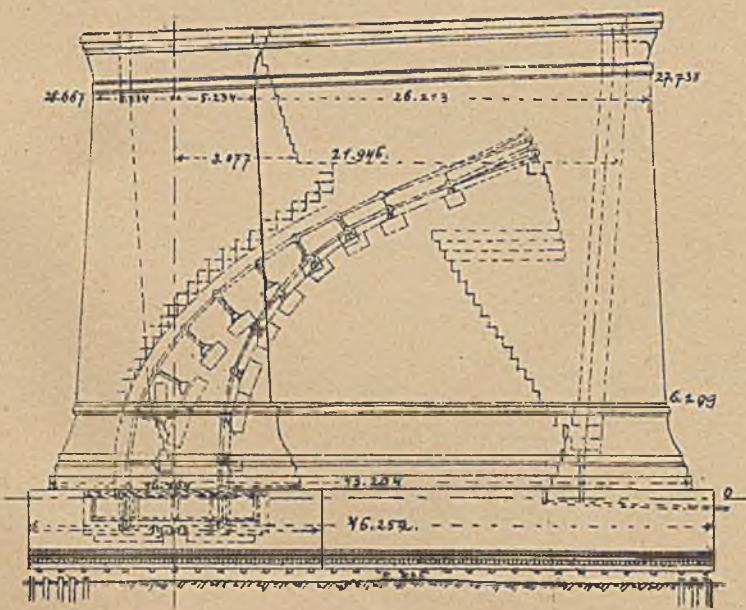
Rys. 1b. 1c. 1d. 1e. Zakotwienie.

Engineering 1905 tabl. 27A.

Rys. 1b. Przekrój poprzeczny.

Rys. 1c. Rzut poziomy.

Rys. 1d. Przekrój poprzeczny.



Rys. 1e. Rzut poziomy.

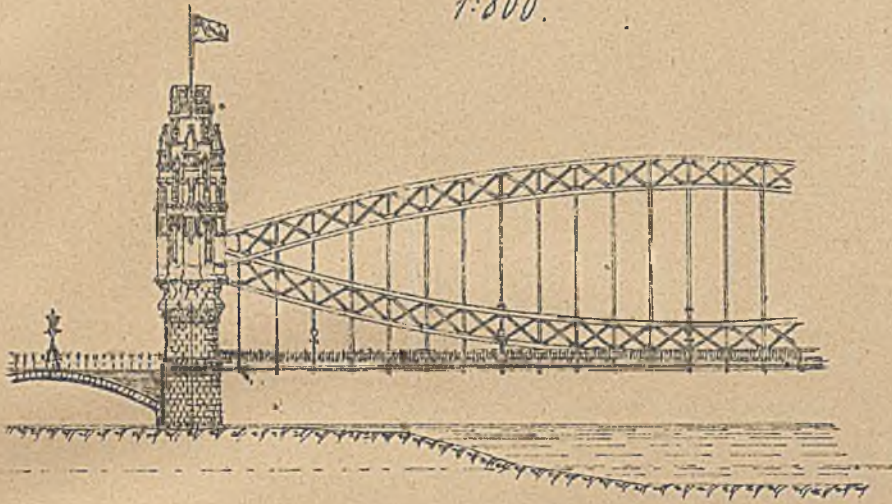


Engineering 1905 str. 5771578.

# WIEZE, ZAKOTWIENIE, POPRE CZNICE.

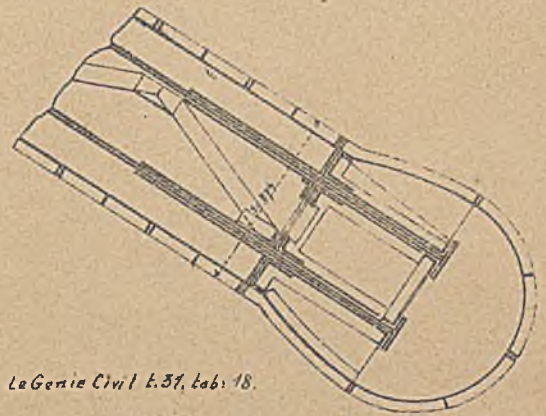
Rys. 1. Most drogowy na północnej Łabie pod Hamburgiem.

1:800.



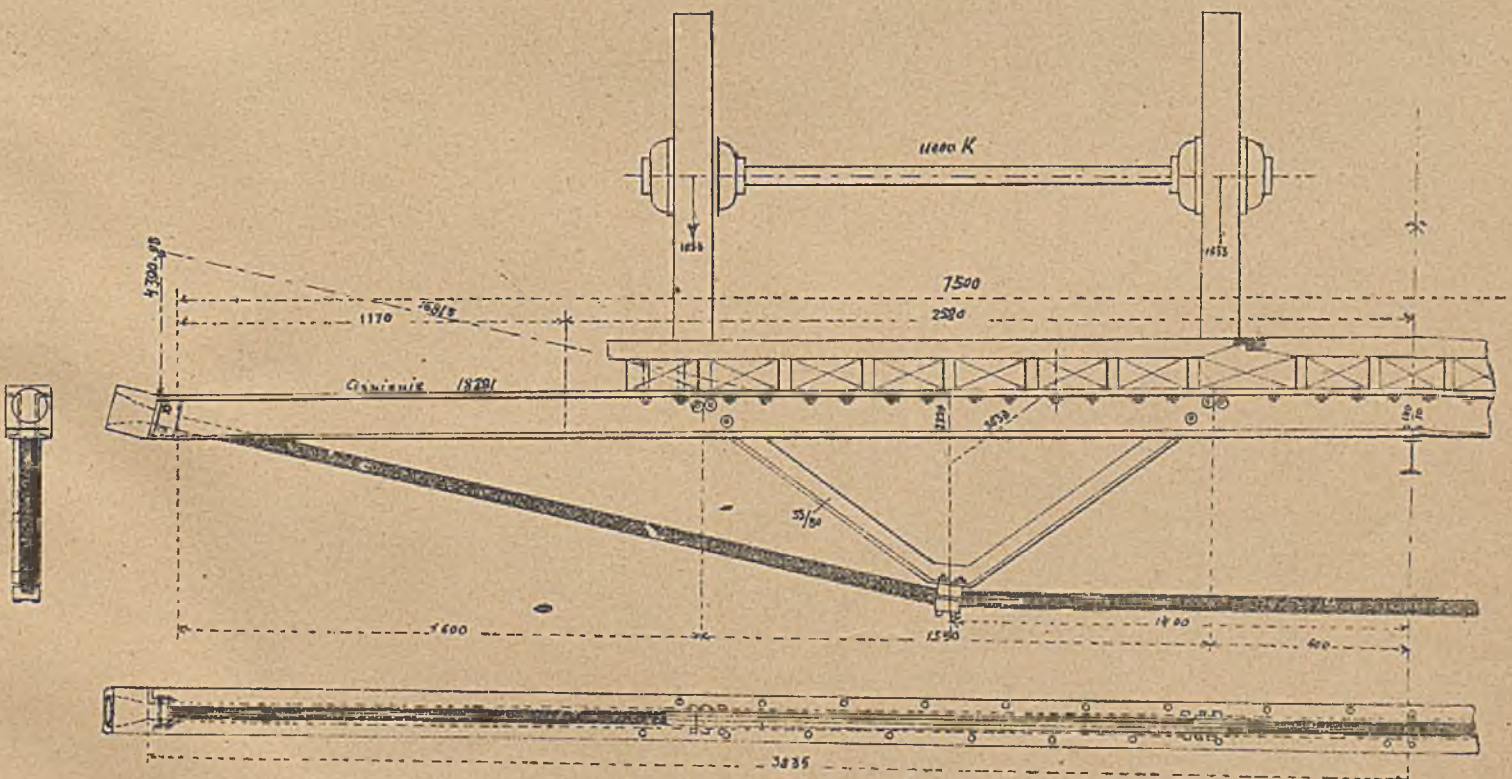
*Zeitschr. für Bauwesen 1890 tab. 26.27.*

Rys. 2. Most wieżowy w Londynie.



*La Genie Civil t. 37, tab. 18.*

Rys. 3. Poprzecznicę stalowe mostów francuskich.



*La Revue Technique t. 22, str. 63.*

Dr. M. Thullie. Mosty żelazne.

*Beaumont*

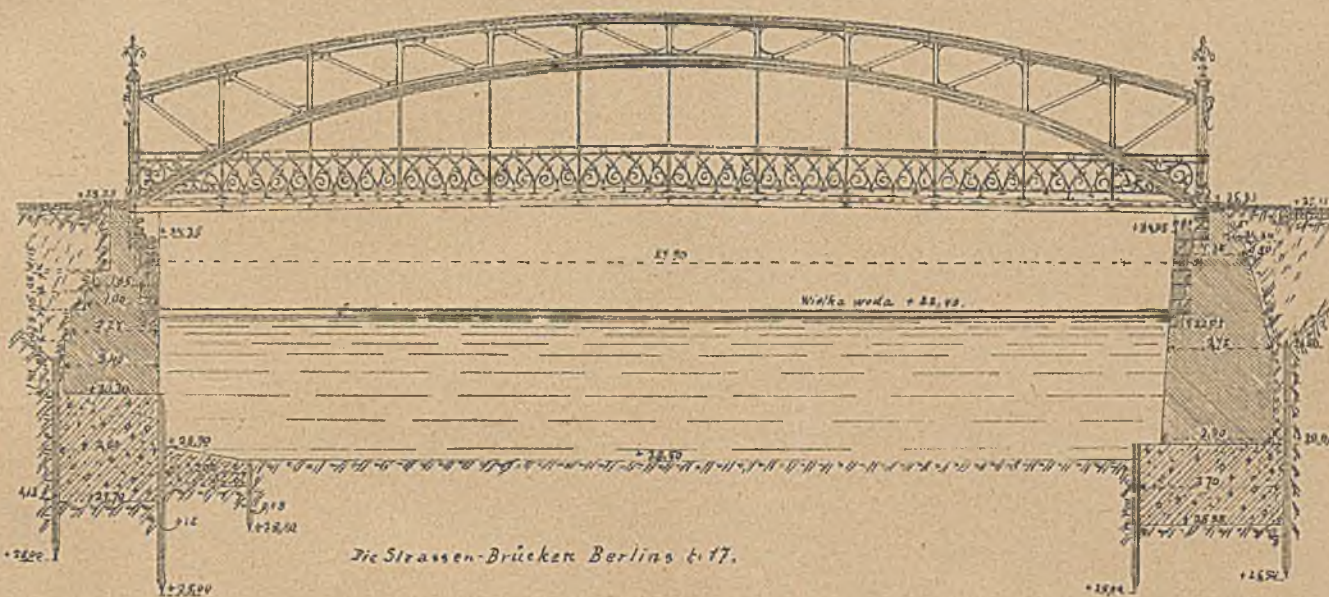
ŁUKI BEZPRZEGUB. ZE ŚCIĘGNIEM KRAT. Tab. 48.

Rys. 1. Most na Innie w Braunau-Simbach 1:1000.



Oester. Monatschrift f. öffent. Baudienst 1897. 1. 67.

Rys. 2. Most w ulicy Mühlentweg w Berlinie. 1:200.

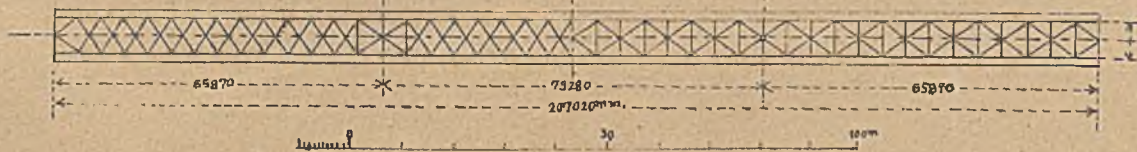


Rys. 3. Most drogowy na Haholi między Spandawą a Eiswerder.

Rys. 3a. Widok.



Rys. 3b. Rzut poziomy.



Zeitsch. für Bauwesen 1904 str. 80.

*Thullie*

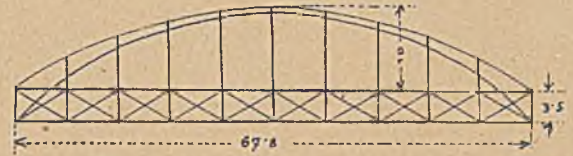
# RODZAJE ŁUKÓW.

Rys. 1. Łuk ciągły.



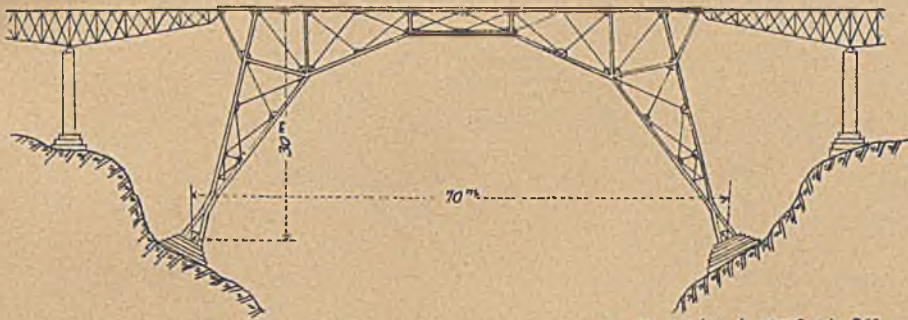
Rys. 2. Most na Murze w Gradcu.

1:1000.



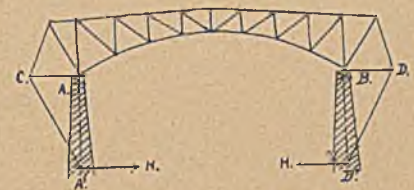
Rys. 3. Wiadukt w Blauw-Krantz

1:1000.

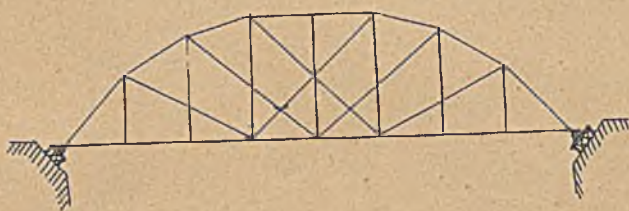


Handbuch 1906, str. 319.

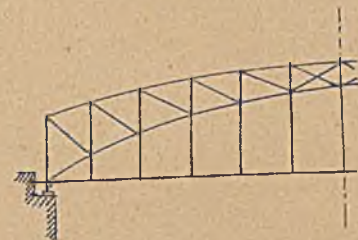
Rys. 4. Łuk kratowy zakotwiony.



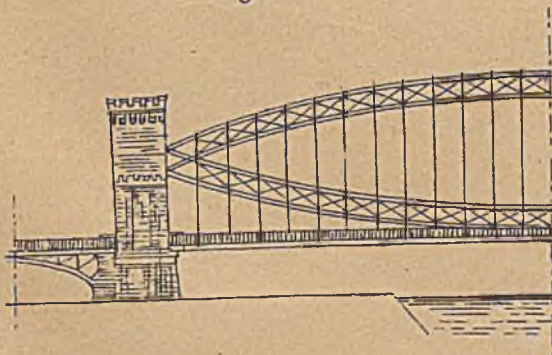
Rys. 5. Belka rozporowa prosta.



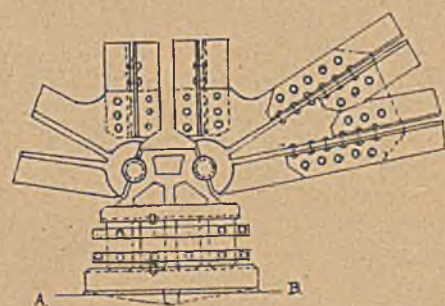
Rys. 6.



Rys. 7.



Rys. 8.



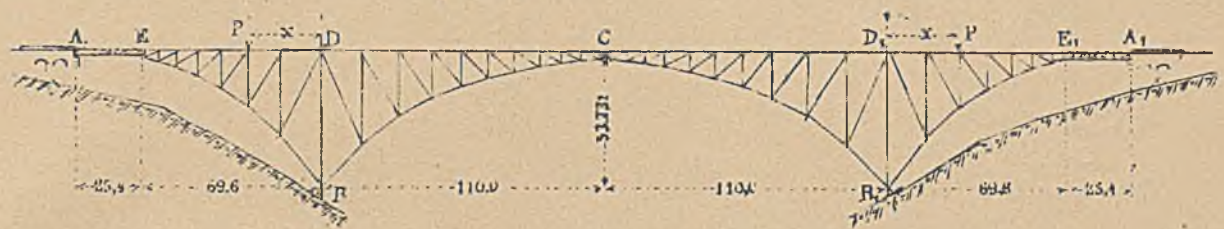
Haessler 1908, str. 679.



# RODZAJE ŁUKÓW.

Rys. 1. Wiadukt Viaur. 1:3000. *de Ric. Tabl. 24 rys. 3.*

Rys. 1a. Widok.



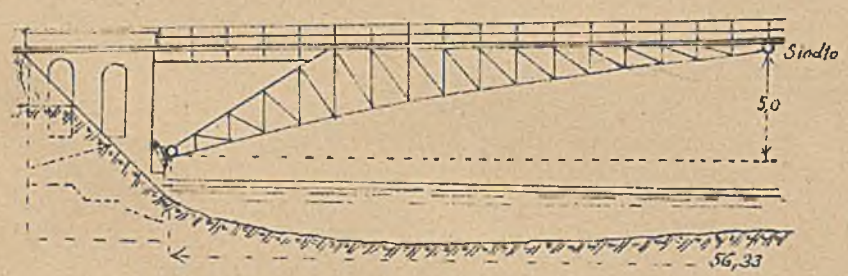
Rys. 1b. Rzut poziomy.



*Hausselet 1900 str. 875.*

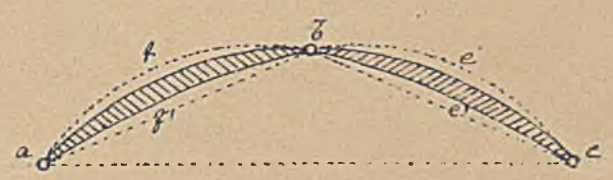
Rys. 2. Most na rzece Sarthe kolei Mans-Fouilletourte.

1:375.



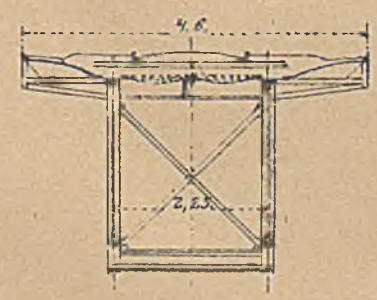
*Handbuch 1906 str. 321.*

Rys. 3.



Rys. 4. Most kolejowy w Kolonii.

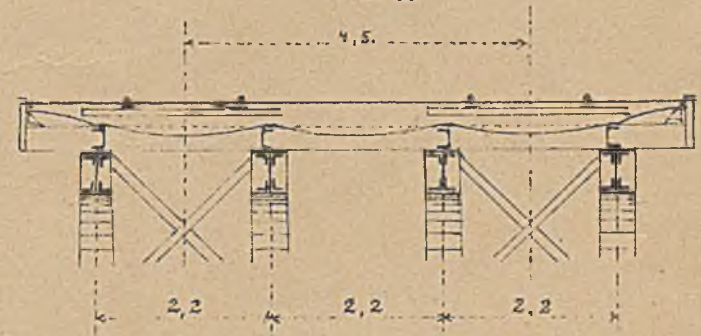
1:100



*Handbuch 1906 str. 338.*

Rys. 5. Most nad ulicą Venlowską w Kolonii.

1:100.

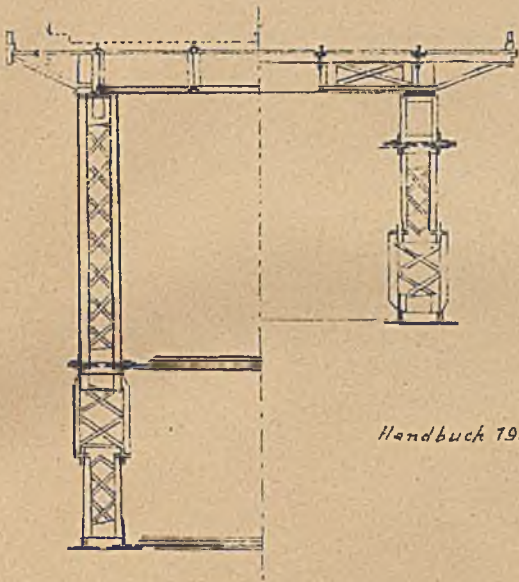


*Handbuch 1906 str. 356.*

PRZEKROJE ŁUKÓW.

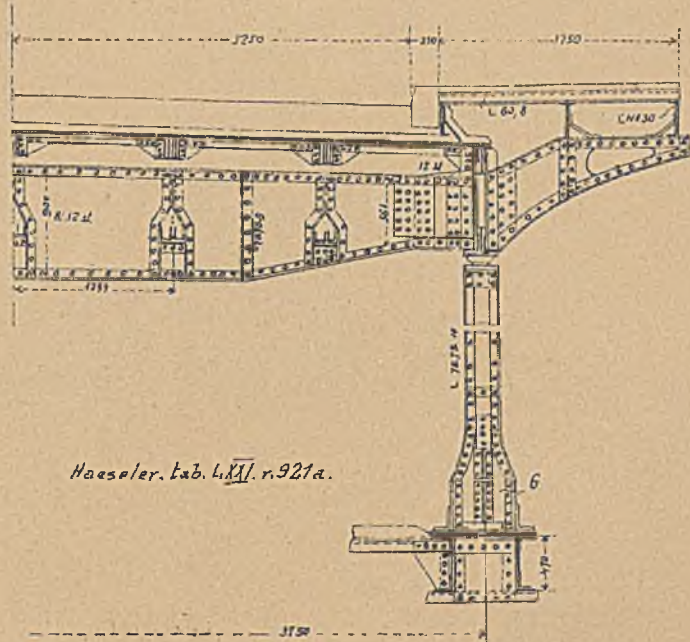
Rys. 1. Most kolejowy koło Koblency pod Horckheim. Rys. 2. Most na Renie w Wormacyi.

1:120.



Handbuch 1908 tab. 1 r. 2.

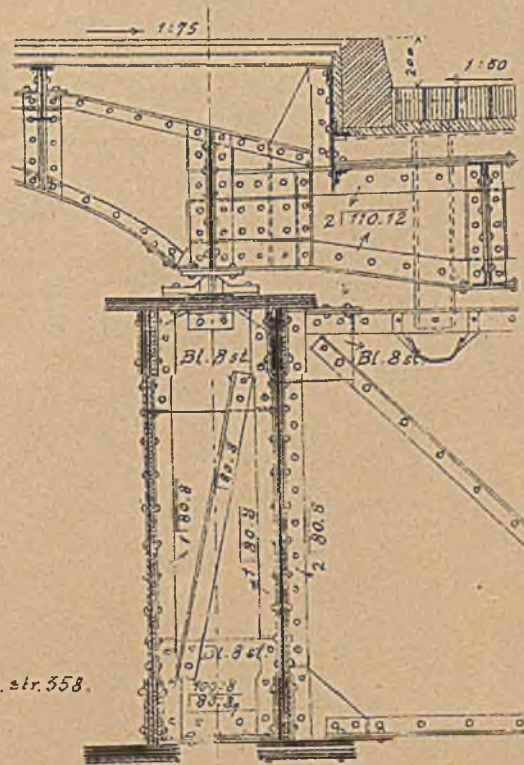
1:60.



Haeseler, tab. LXXI, n. 921a.

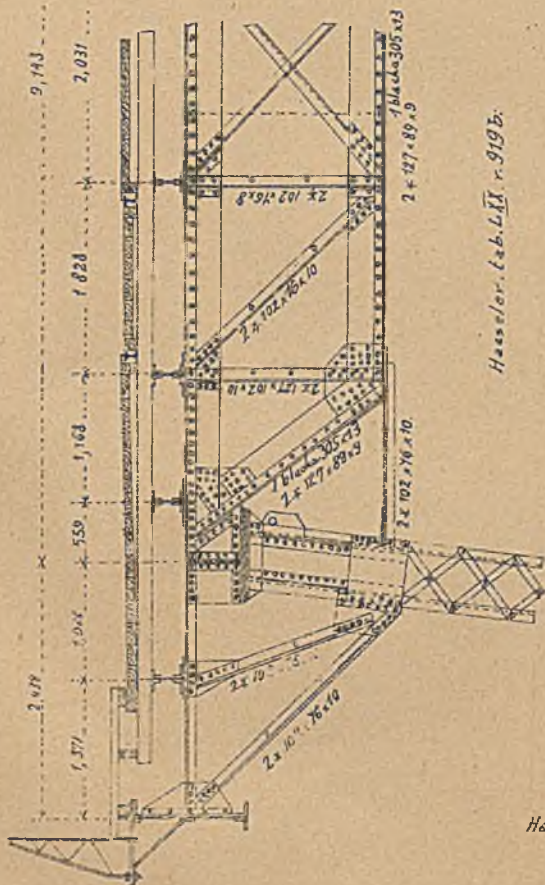
Rys. 4. Most na Neckarze w Mannheimie.

1:30.



Handbuch 1908, str. 358.

Rys. 3. Most drogowy nad Niagarą 1:70.



Haeseler, tab. LXXI, n. 919b.



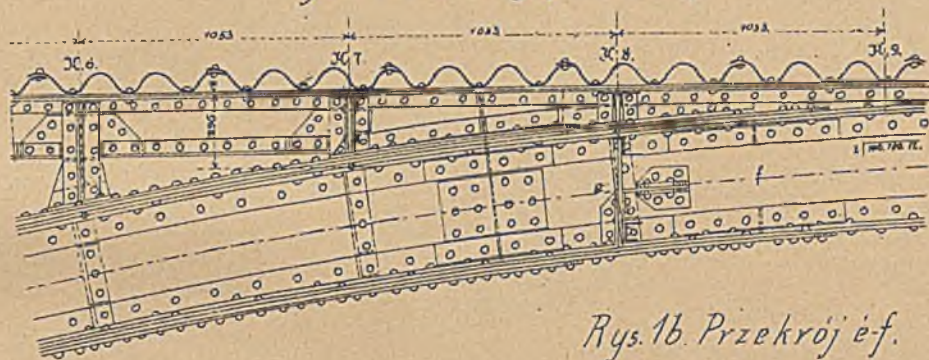
# PRZEKROJE ŁUKÓW.

Tab. 53.

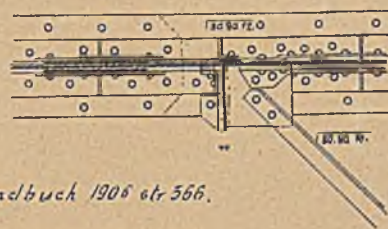
Rys. 1. Podjazd drogi Hechtsheimskiej w Moguncyi.

1:30

Rys. 1a. Przekrój podłużny.

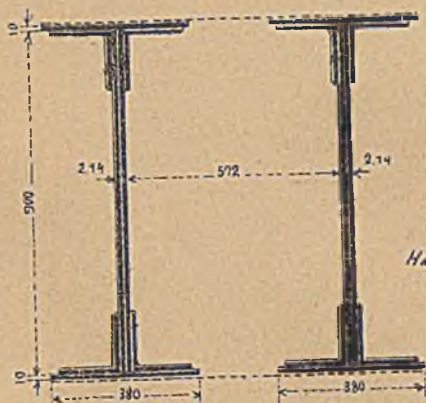


Rys. 1b. Przekrój e-f.



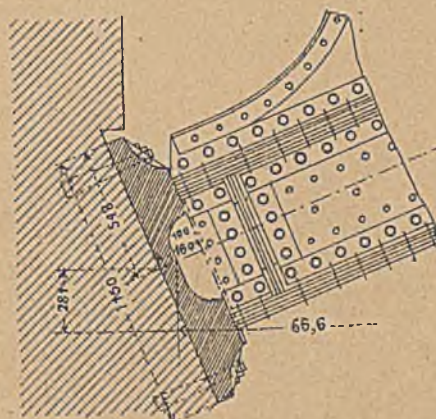
Rys. 2. Wiadukt w Müngsten.

1:20



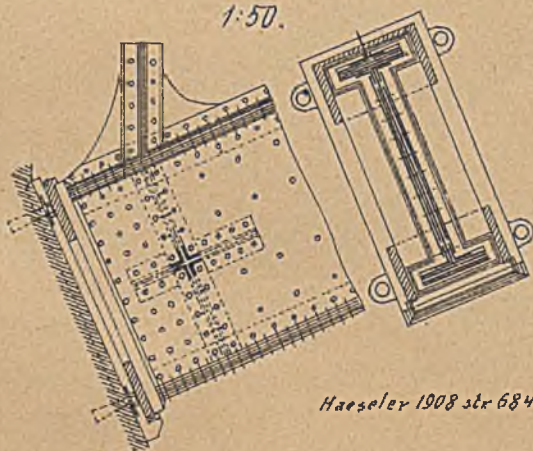
Rys. 4. Most na Mozeli pod Güls.

1:30.



Rys. 3. Most na Rohrbach kolei Götthard.

1:50.



Rys. 5. Most na Wiedence.

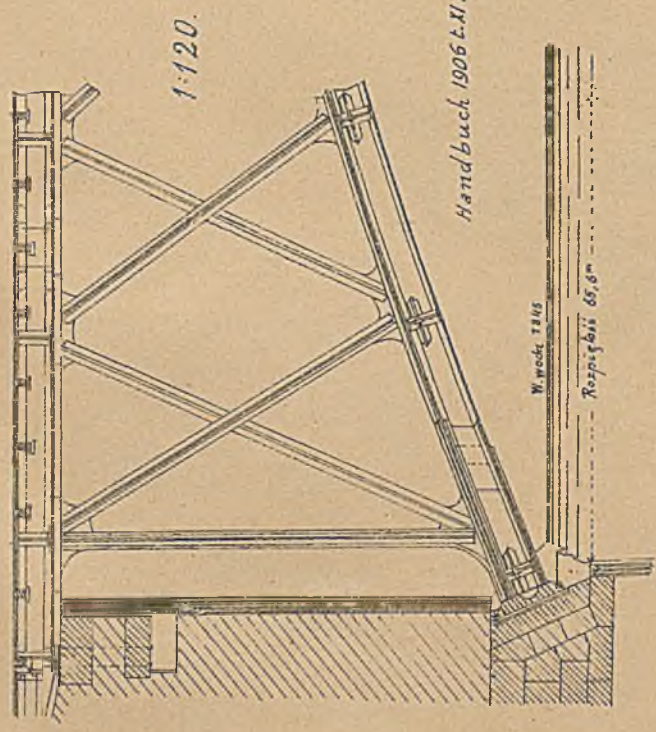
1:20.



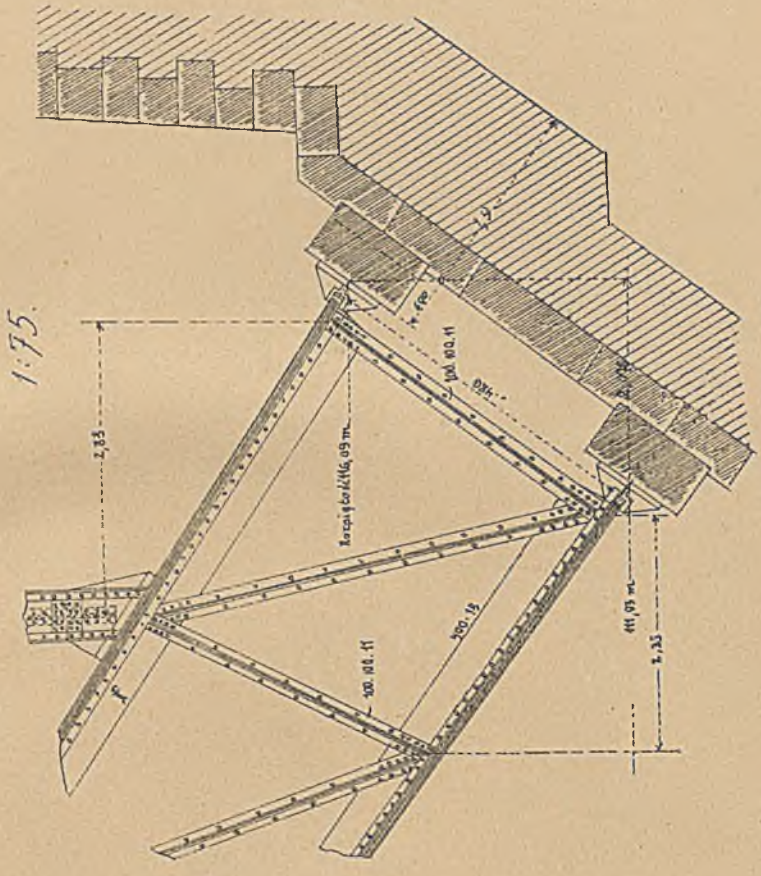
PRZEKROJE ŁUKÓW.

Tab. 54.

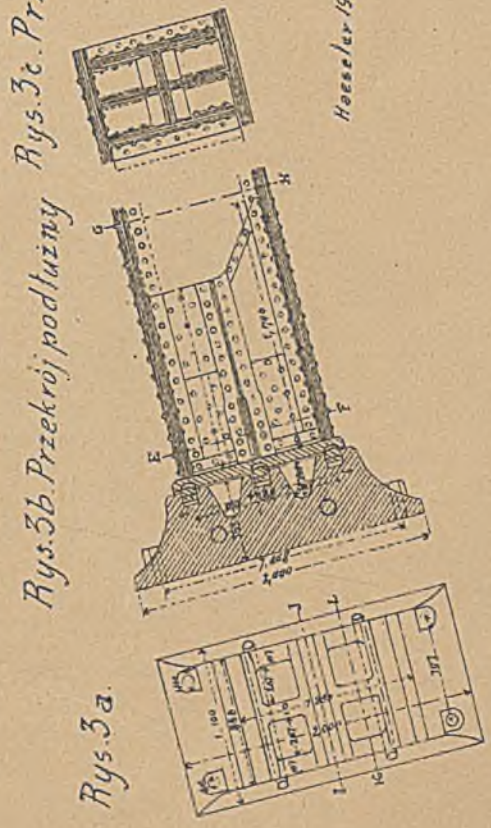
Rys. 1. Most kolejowy na Mozeli pod Güls.



Rys. 2. Most na Schwarzwasser w Bernie.



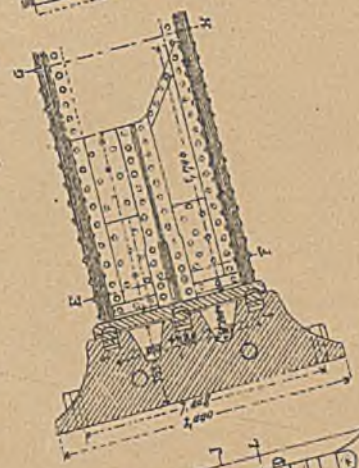
Rys. 3. Most Morand na Sekwanie w Paryżu. 1:50.



Rys. 3a.

Rys. 3b. Przekrój podłużny

Rys. 3c. Przekrój E-F.



Haeseler 1908. t. 73 s. 923.

Rys. 3d. Przekrój G-H. Rys. 3e. Przekrój I-J. Rys. 3f. Przekrój K-L.



Haeseler 1908. t. 74 s. 926.

Dr M. Thullie. Mosty łukowe żelazne.

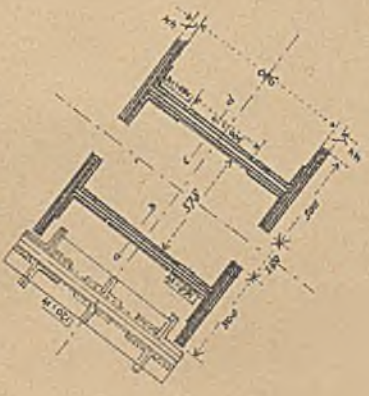
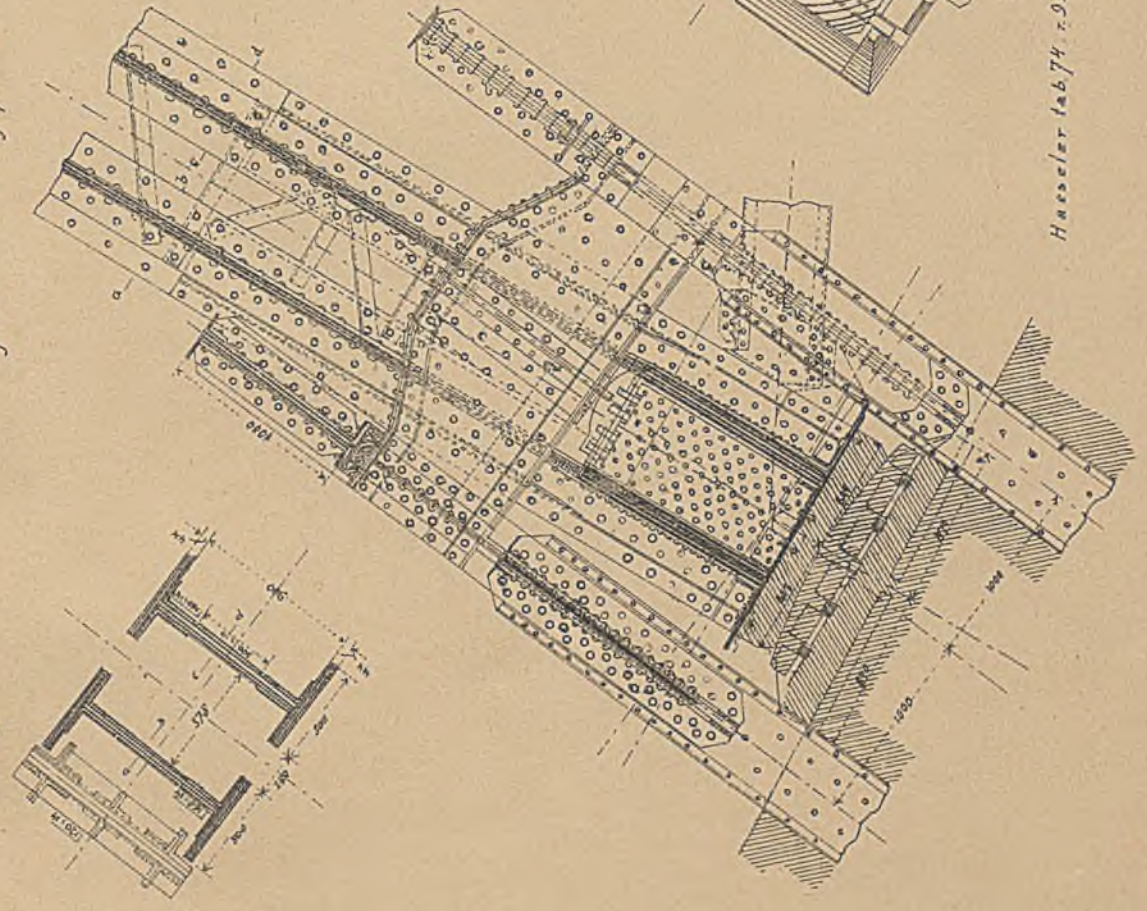
Haeseler

# PRZEKROJE ŁUKÓW.

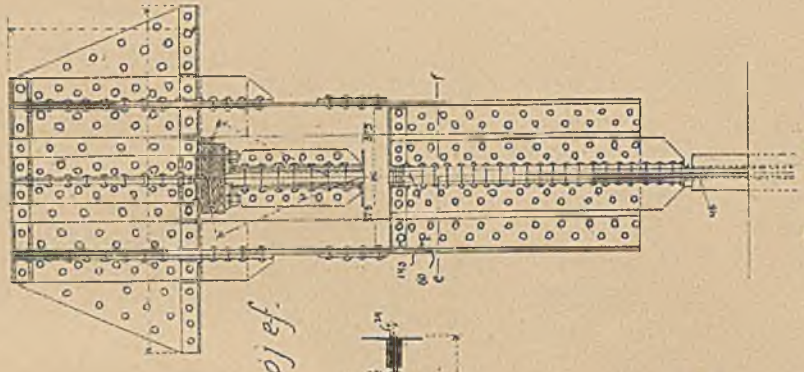
Rys. 1. Most na rzece Wupper pod Wümgsten. 1:40.

Rys. 1a. Przekrój podtuiny.

Rys. 1b. Przekrój a-b-c-d.



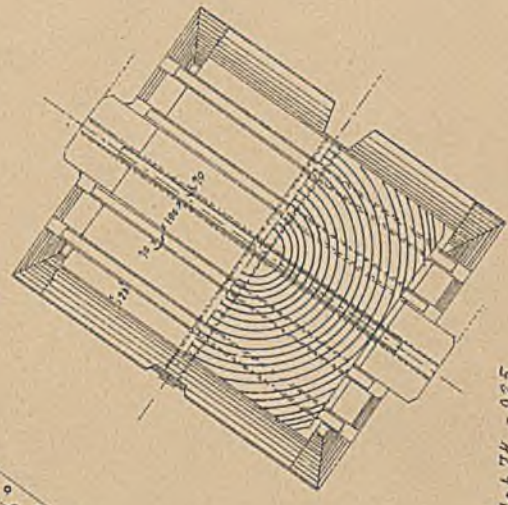
Rys. 1c. Widok trawersu.



Rys. 1d. Przekrój ef.

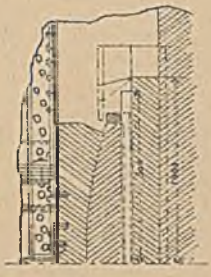


Rys. 1e.



Hesseler tab. 74 r. 925.

Rys. 1f.



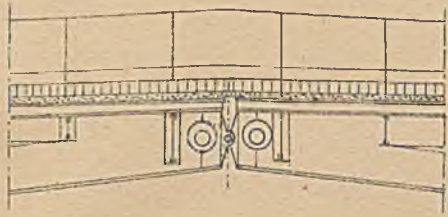
D<sup>r</sup>. M. Thullie. Mosty żelazne.

Reinhardt

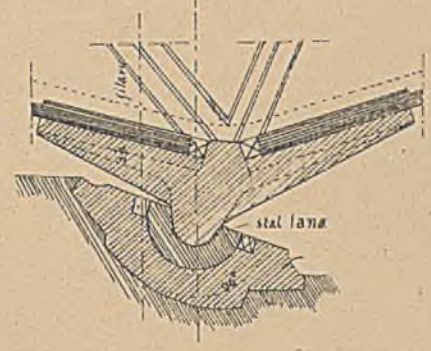
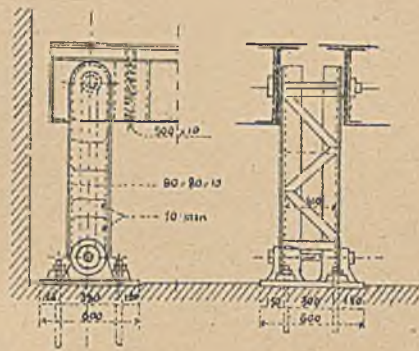
PRZEKROJE ŁUKÓW.

Rys. 1. Most Mirabeau na Sekwanie w Paryżu. 1:45.

Rys. 1a. Przekrój podłużny. Rys. 1b. Stup wahadłowy. Rys. 1c. Przegub.

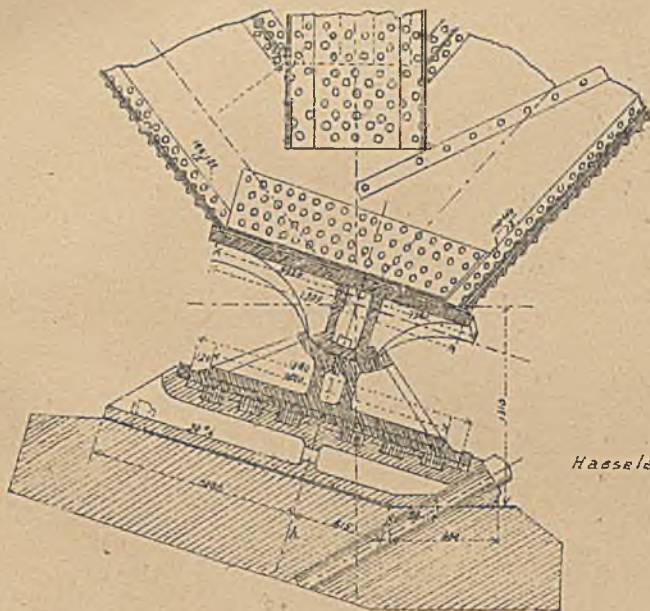


Haeseler 1908. t. 76 r. 950.

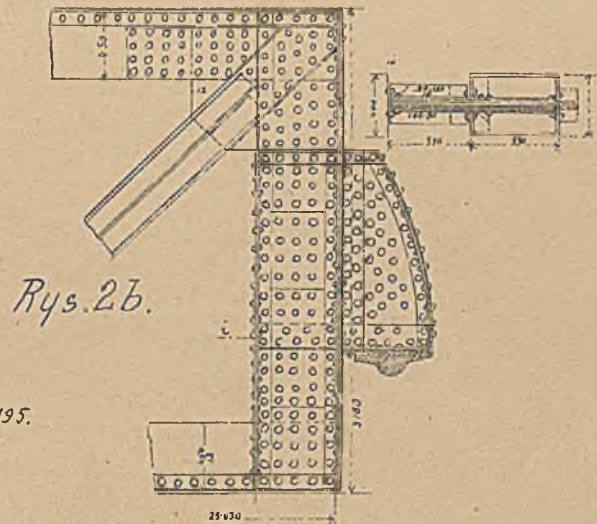


Rys. 2a. Przegub.

Rys. 2. Wiadukt Viaur. 1:50.



Haeseler 1908. t. 77. r. 995.



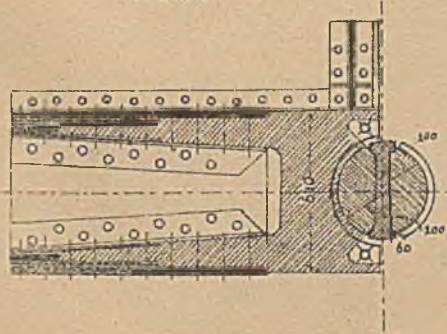
Rys. 2b.

Rys. 4. Most na Okrze w Brunszwiku. 1:20.

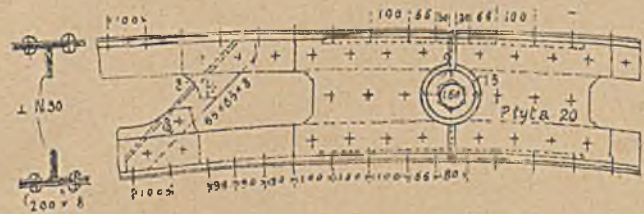
Rys. 3. Projekt mostu na Renie w Bazylei.

Rys. 4a. Widok.

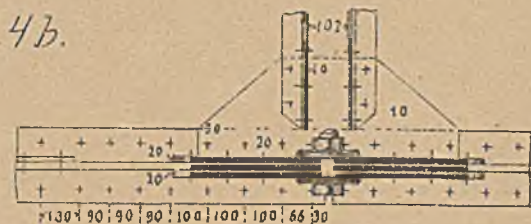
1:30.



Haeseler 1908. str. 721.



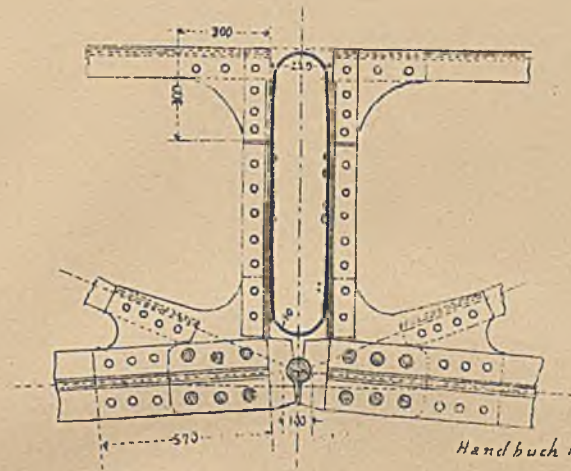
Rys. 4b.



D<sup>r</sup> M. Thullie. Mosty łukowe żel.

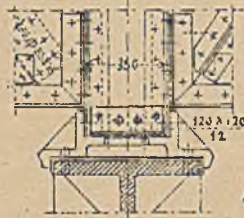
Preisneritz

Rys. 1. Most kolei Anhaltkiej w Berlinie.



Handbuch 1906 str. 394.

Rys. 2. Most Aleksandra III.

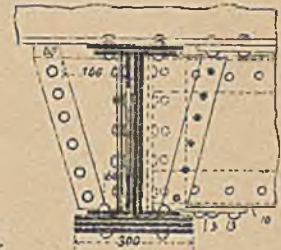


1:30

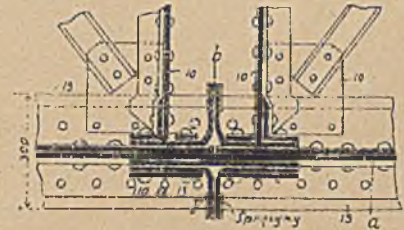
Hanseler 1908 str. 741.

Rys. 3. Most kolei Berlińskiej.

Rys. 3a. Przekrój a-b.  
1:20.



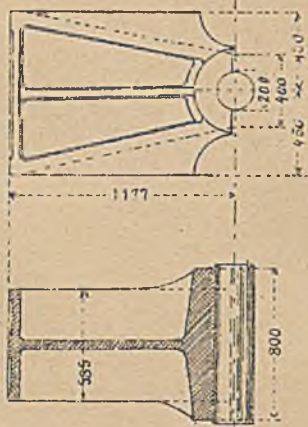
Rys. 3b. Przekrój przez przegub.



Handbuch 1906 str. 394.

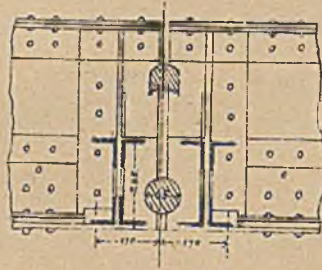
Rys. 4. Most Aleksandra III w Paryżu.

1:40.



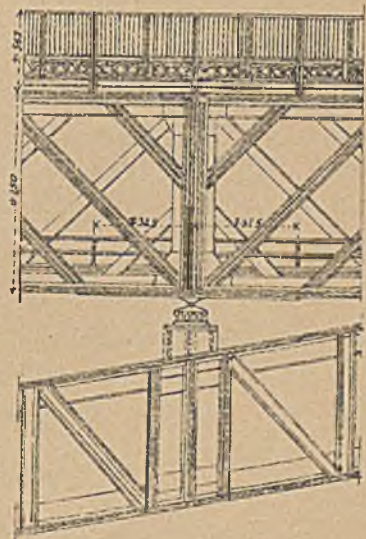
Hanseler 1908 str. 721.

Rys. 5. Most nadworce  
w Magdenburgu.



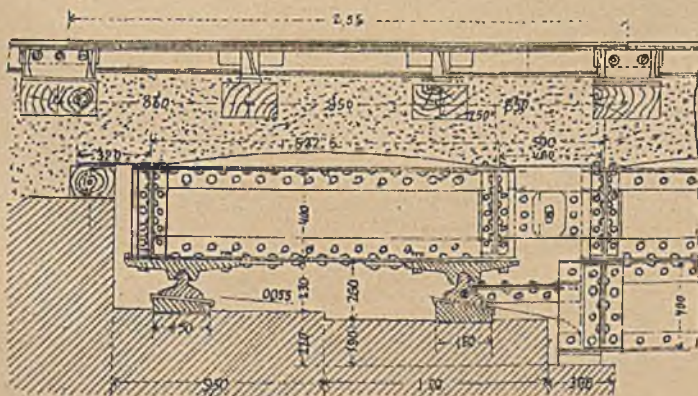
Rys. 7. Wiadukt Paderno.

1:240.



Hanseler 1908 str. 75.

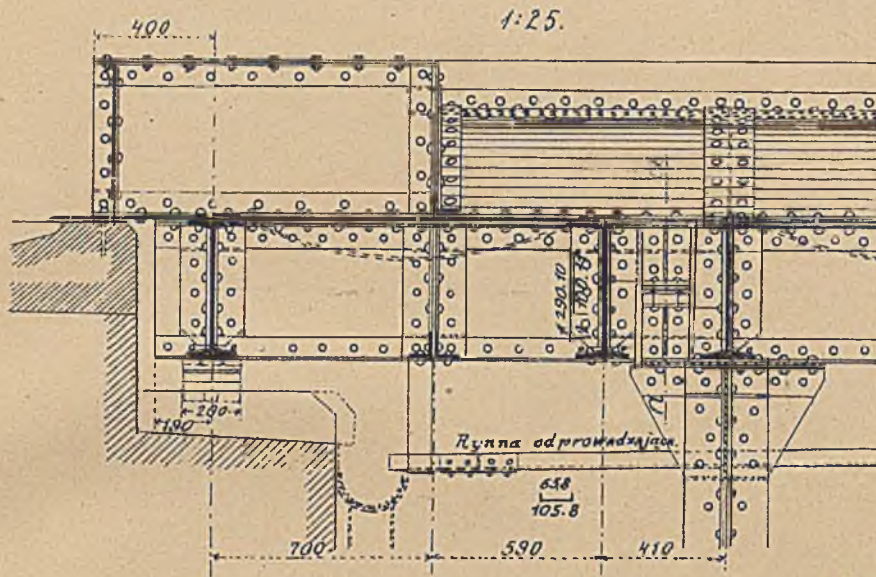
Rys. 6. Wiadukt Erdre.



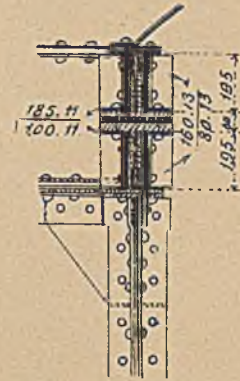
Handbuch 1906 str. 396.



Rys. 1. Most nad portem tratwowym w Moguncji.



Rys. 1b. Przekrój a-a.



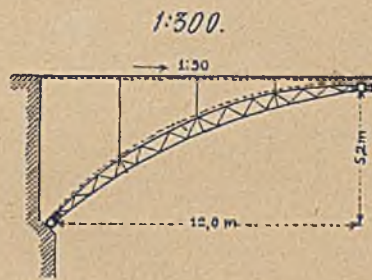
Handbuch 1906. str. 396 r. 87.

Rys. 2.



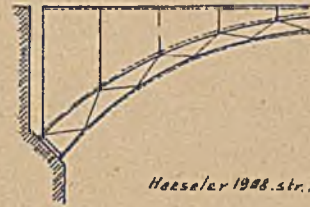
Haeseler 1908. str. 749 r. 1039.

Rys. 3. Most na Okrze w Brunzwicku.



Haeseler 1908. str. 748 r. 1037.

Rys. 4.



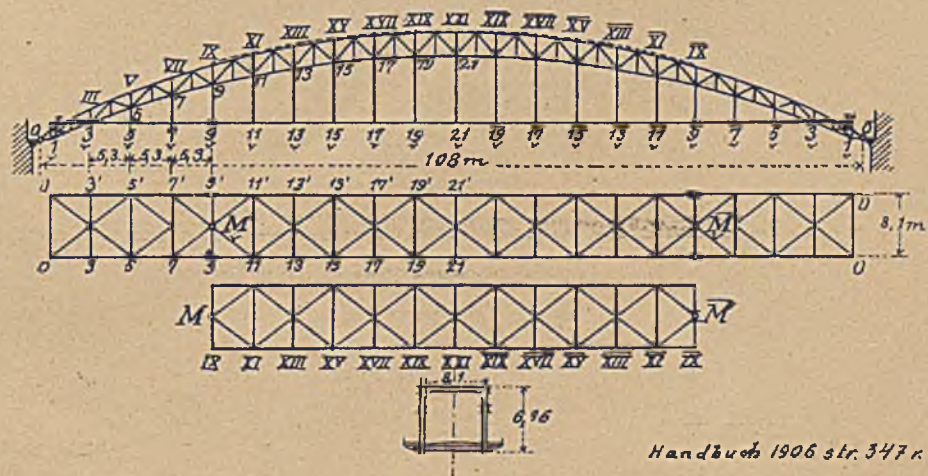
Haeseler 1908. str. 749 r. 1040

Rys. 6. Most drogowy na Wezerze pod Nienburgiem.

Rys. 5.



Haeseler 1908 str. 751 r. 1045.

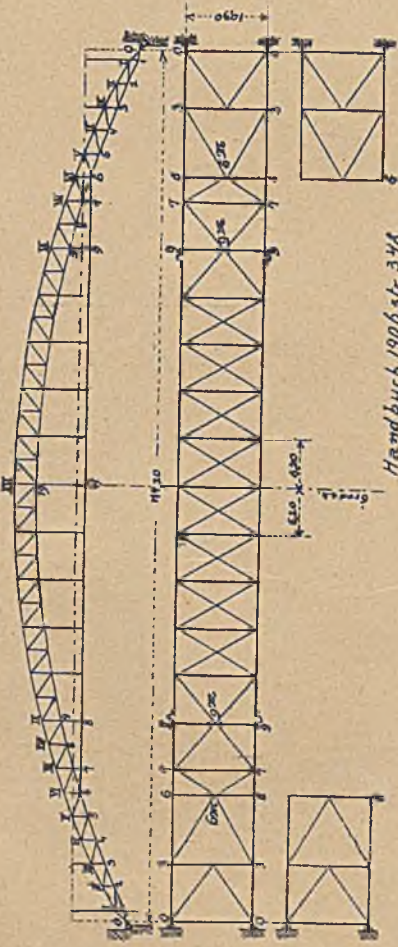


Handbuch 1906 str. 347 r. 37.

# RODZAJE ŁUKÓW.

Tab. 59.

Rys. 1. Projekt mostu na Neckarze pod Mannheimem.

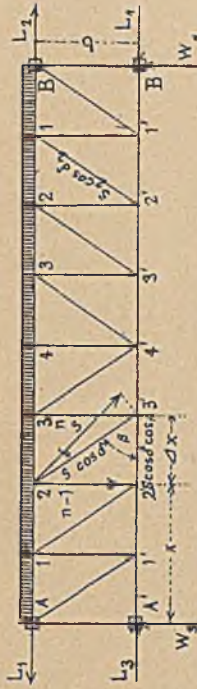


Handbuch 1906 str. 346.

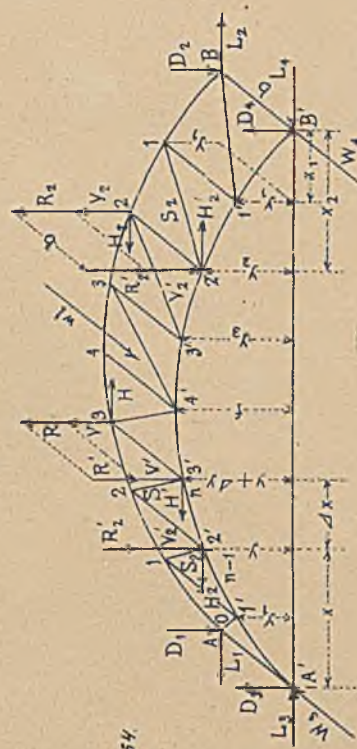
Rys. 2a.



Rys. 2b.

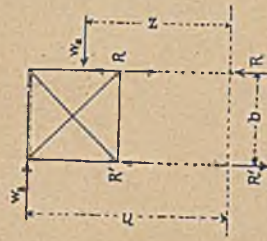


Rys. 2c.



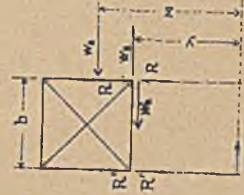
Haeseler 1906 str. 759 r. 1052 a-b.

Rys. 4.



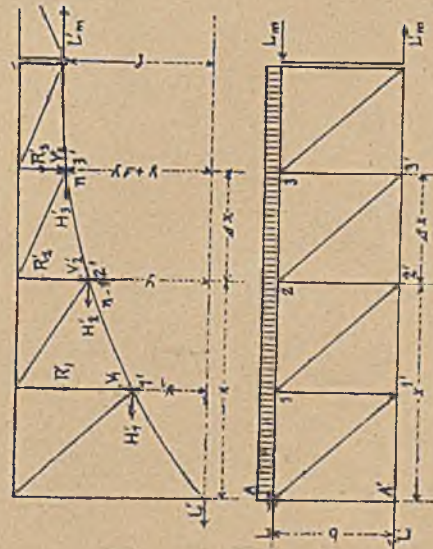
Haeseler 1908 str. 764.

Rys. 5.



Haeseler 1906 str. 751.

Rys. 3.



Haeseler 1906 str. 765 r. 1056.

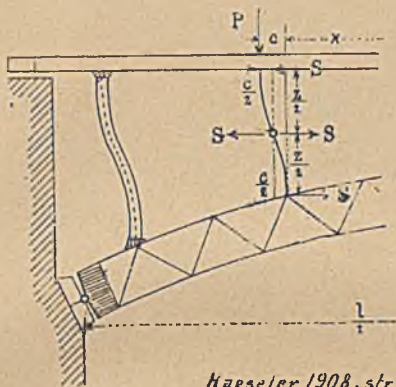
Dr. M. Thullie. Mosty stalowe żelazne.

Przygotowany

# MOSTY WISZĄCE.

Tab. 60.

Rys. 1.

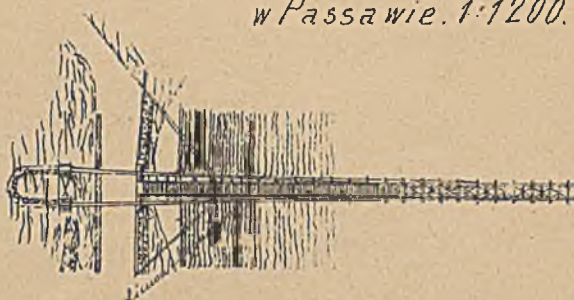


Kaeseler 1908. str. 741 r. 1030.

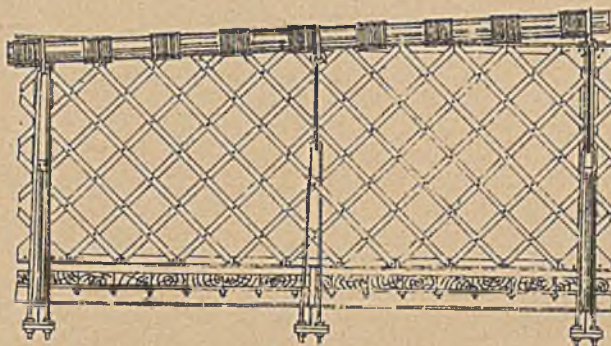
Rys. 2a. Rzut poziomy mostu na Dunaju

w Passawie. 1:1200.

writaki na tabl. 70 rys. 1.



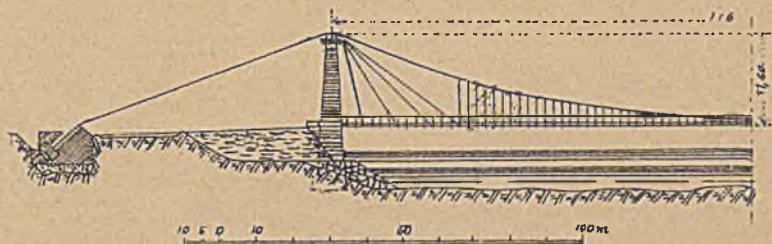
Rys. 2b. Układ belki. 1:40.



Handbuch 1906. t. V. r. 2.

Rys. 3. Most na Yonnie w Cannes-Ecluse.

wiezan góbbi skiany liuawaj pomonionant

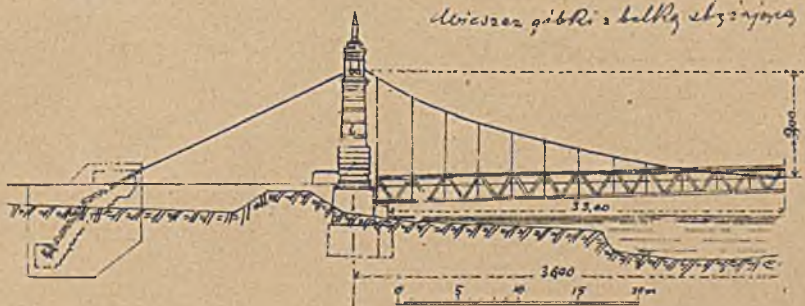


Handbuch 1906. t. IV r. 25

Rys. 4. Most drogowy pod Langenargen.

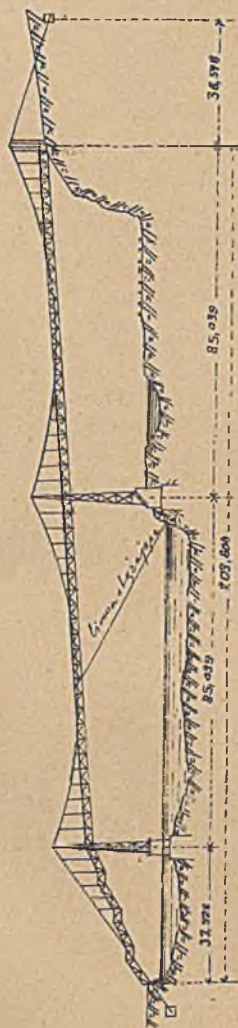
taRic tabl. 42 rys. 2a.

wiezan góbbi z balkij skianyjos.



Handbuch 1906. t. ... r. 20

Rys. 5. Most na rzece Lehigh w Easton.

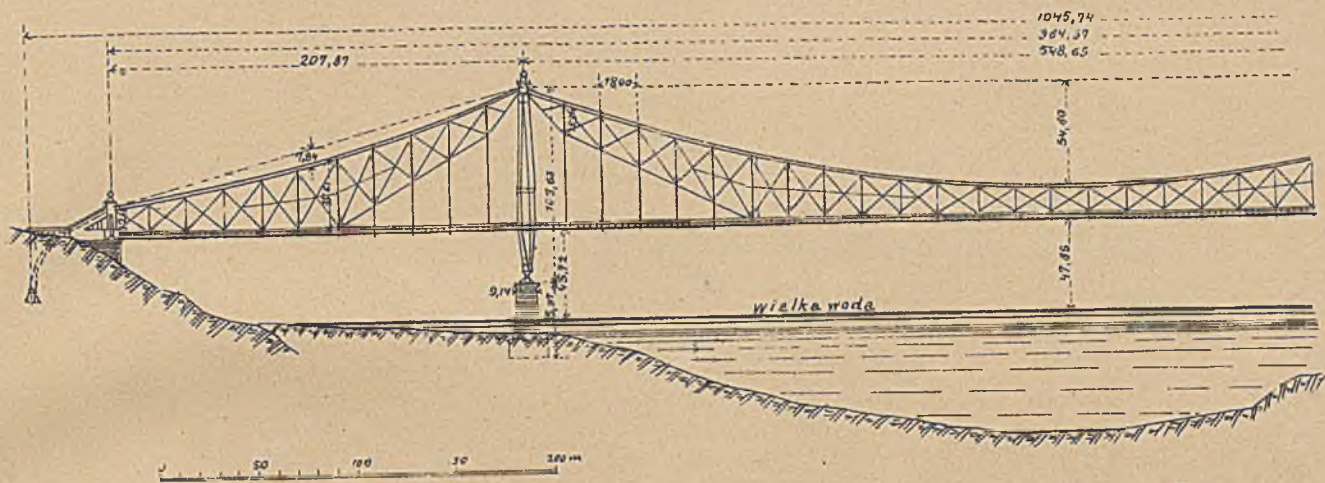


Handbuch 1906 t. V. r. 20.

# MOSTY WISZĄCE.

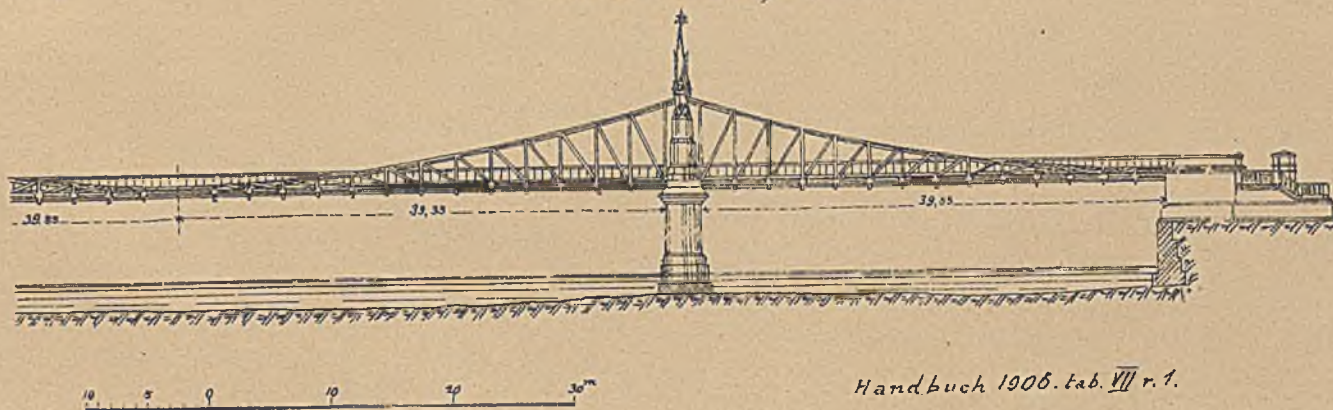
Tab. 61.

Rys. 1. Most kolejowy na rzece św. Wawrzyńca w Quebecu. Widok.



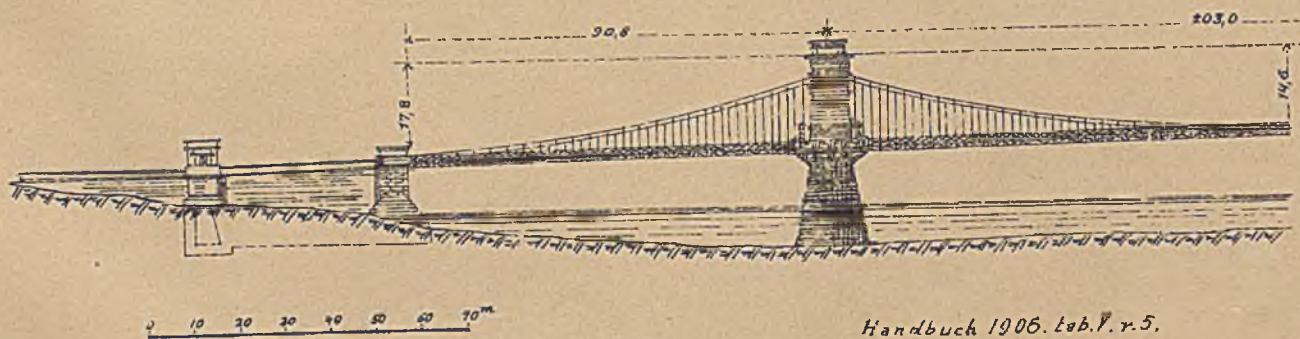
Handbuch 1906. tab. IV. r. 10.

Rys. 2. Kłosa na Menie między Frankfurtem a Saksenhausenem.  
inż. Kar. Reibow. (projektowany 1891)



Handbuch 1906. tab. VII. r. 1.

Rys. 3. Most łańcuchowy na Dunaju w Budapeszcie. Widok.



Handbuch 1906. tab. V. r. 5.

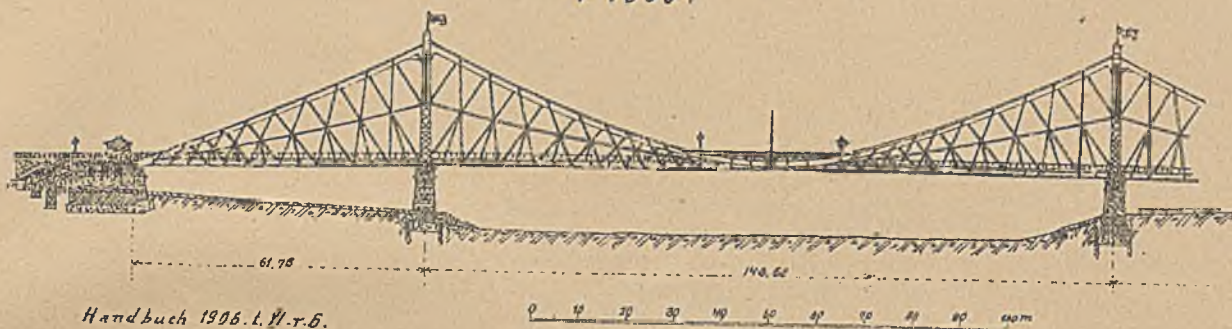
Dr M. Thullie. Mosty tukowe żelazne.

Reibow

# MOSTY WISZĄCE.

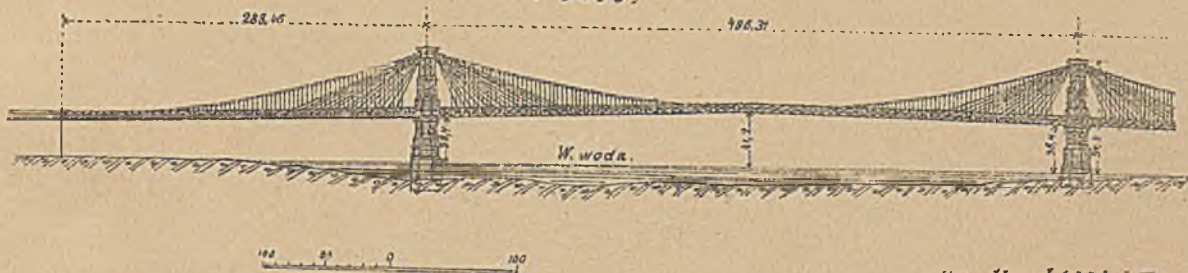
Rys. 1. Most na Łabie w Łoszwicy. Widok.

Wzrost Prętowy prostokątny.  
1:1600.



Rys. 2. Most na East-River między Nowym Jorkiem a Brooklyn. (Zaurnijny 1876)

Wzrost gólbki z belką obciążoną i liniami pomocniczymi.  
1:6000.



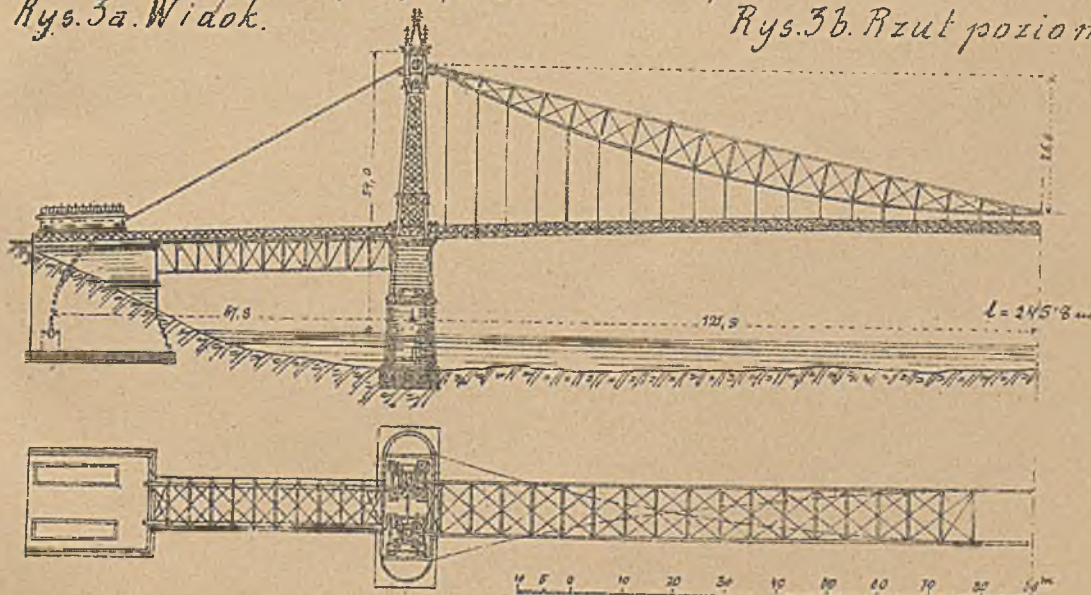
przekrój pomocny  
Tabl. 67 rys. 1

Rys. 3. Most na Monongaheli w Pittsburgu.

(stabilizacja wzniesienia)  
Wzrost łukowaty z przegubem środkowym

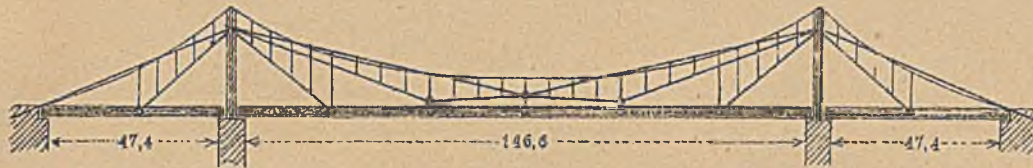
Rys. 3a. Widok.

Rys. 3b. Rzut poziomy.



# MOSTY WISZĄCE.

Rys. 1. Most Franciszka Józefa na Węttawie w Pradze.  
 Wieszak z liniami prostymi układu Brditch Deforra.  
 1:2000.

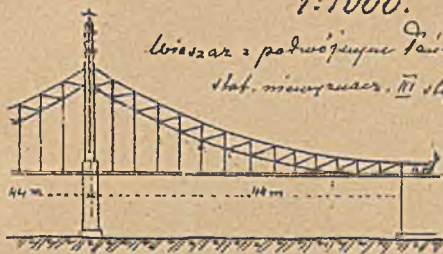


Haezelor 1908. str 789. r. 1088.

Rys. 2. Most dla pieszych w Gotha.

1:1000.

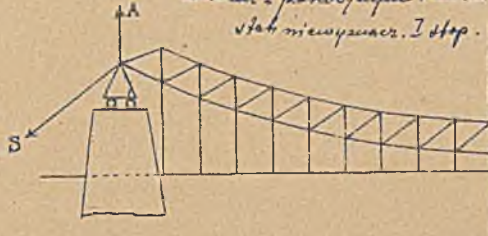
Wieszak z podwójnym łańcuchem.  
 Stal. niewypuszcz. III stop.



Struckel 1905. 4 30 r. 13.

Rys. 3.

Wieszak z podwójnym łańcuchem.  
 Stal. niewypuszcz. I stop.



Haezelor 1908 str. 787 r. 1080.

Rys. 6. Most na North-Side w Pittsburgu.

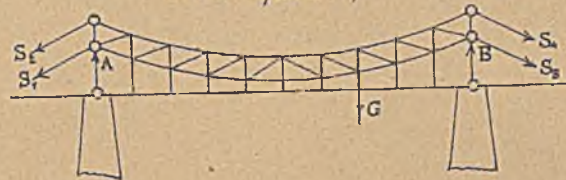
1:2600.



Struckel 1906. 150 r. 14.

Rys. 4.

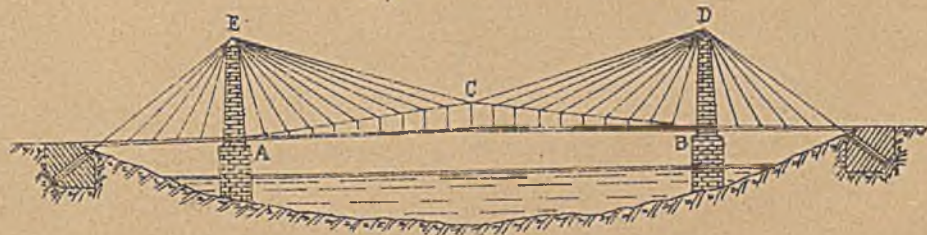
Wieszak z podwójnym łańcuchem.  
 Stal. niewypuszcz. III stop.



Haezelor 1908. str. 787. r. 1081.

Rys. 5.

Wieszak z liniami prostymi układu Guisolarde i Arnodina.



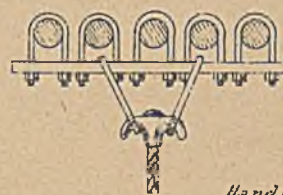
Haezelor 1908. str. 793 r. 1093.

# MOSTY WISZĄCE.

Rys. 1. Zakotwienie kablu.



Rys. 2. Siodełko mostów francuskich.



Rys. 3. Kajdanki.

Bohny Haagebrucken pl. 94 r. 62.

Handbuch st. 297 r. 27.

Rys. 3a. Mostu Manhattan. Rys. 3b. Mostu Williamsburg. Rys. 3c. M. Brooklyn.

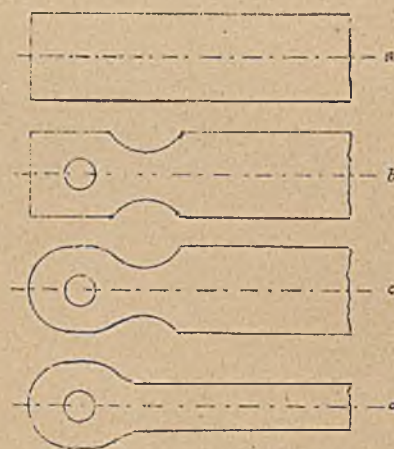
Rys. 4. Ogniw mostu Elzbiety w Peszcie.



Bohny st. 97 r. 64.

Haaseler st. 74 r. 1077

Haaseler st. 702 r. 1075.

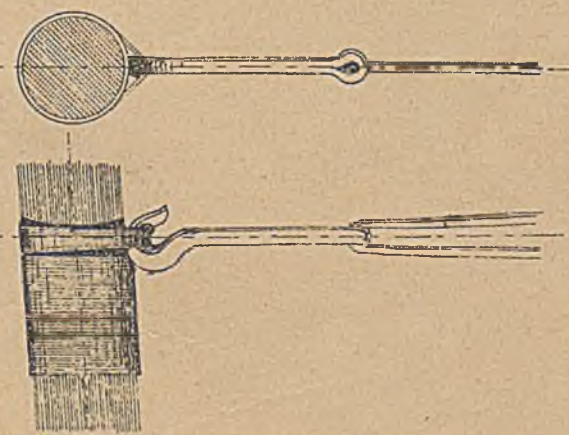


Bohny st. 103 r. 68.

Rys. 6. Zawieszenie za pomocą kluczek i haka.

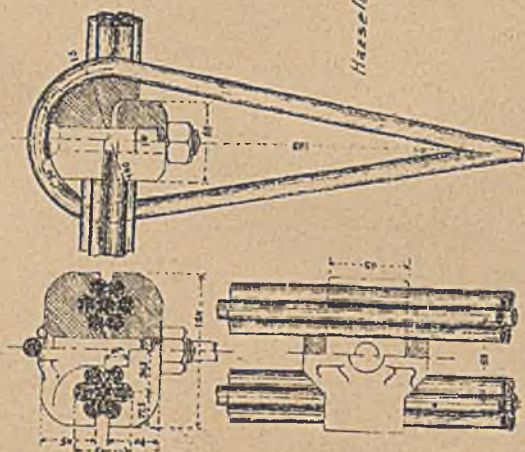
Rys. 6a.

Rys. 6b.



Bohny st. 98 r. 64a.

Bohny st. 99 r. 64b.

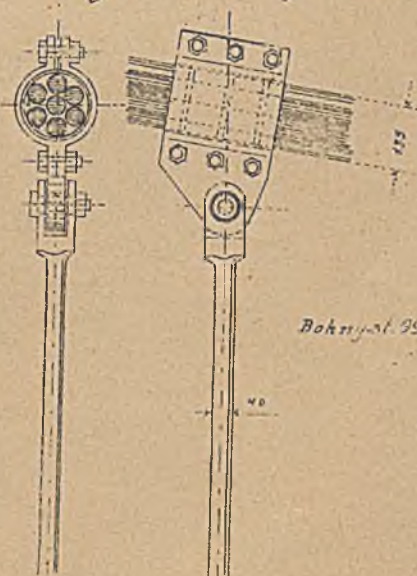


Rys. 8. Potaczenie manszetu.

Rys. 5. Kajdanki dwudzielne mostu w Langenargen.

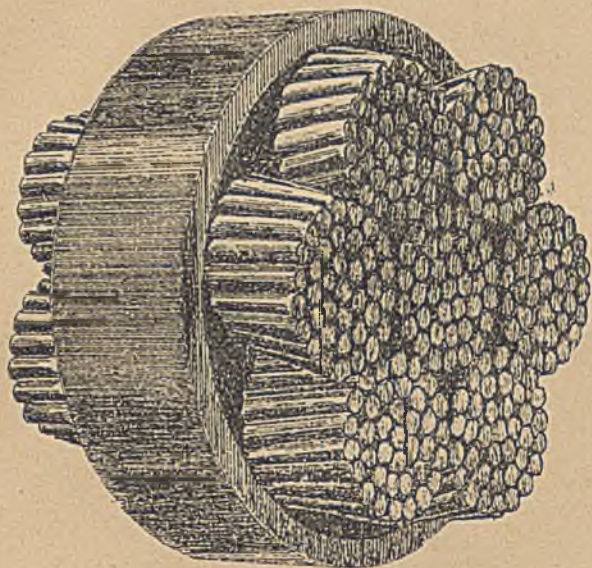
Rys. 5a.

Rys. 5b.



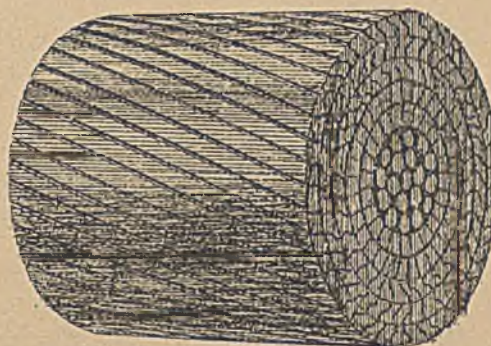
# MOSTY WISZĄCE.

Rys. 1. Kabel mostu Langenargen.



Handbuch. st. 234. r. 14.

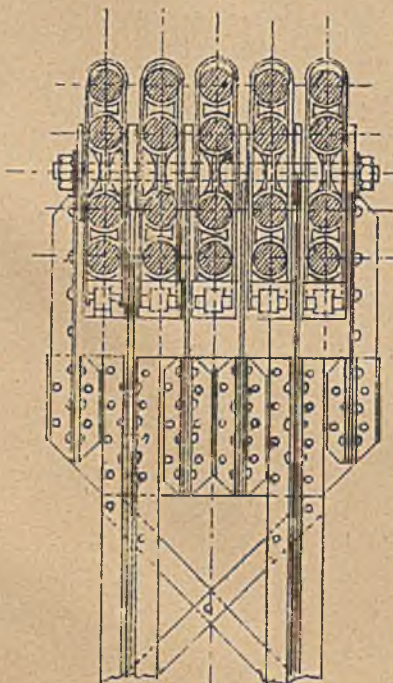
Rys. 2. Kabel o przekroju zamkniętym.



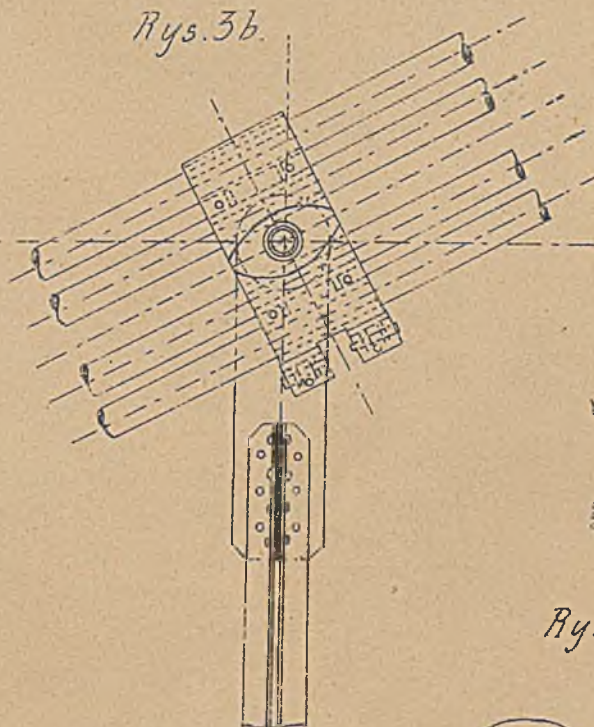
Handbuch. st. 235. r. 16.

Rys. 3. Zawieszenie pomostu w Norymberdze.

Rys. 3a.

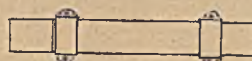


Rys. 3b.



Handbuch. st. 247. r. 28.

Rys. 4. Połączenie przytkadkami.



Handbuch. st. 224. r. 21.

Rys. 5. Połączenie przytkadkami.



Handbuch. st. 224. r. 23.

Rys. 6. Oczyniwo.

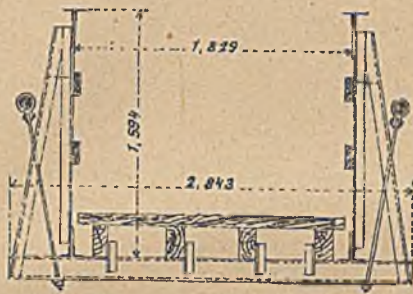




MOSTY WISZĄCE.

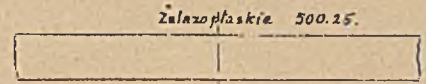
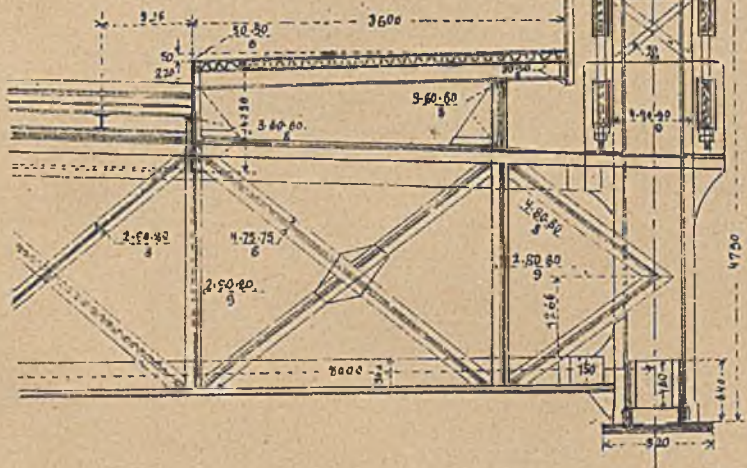
Rys. 1. Kładka w Easton na rzece Lehigh.

Rys. 2. Most Elżbiety w Peszcie 1:75.

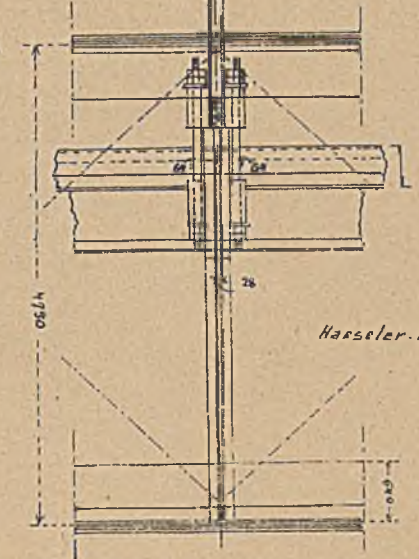


Handbuch. t. I r. 22.

Rys. 2a.



Rys. 2b.



Hassler. L. 83. n. 1104a.

Rys. 4. Główna linnowy.

Rys. 3. Most Bonhomme

Rys. 4a.

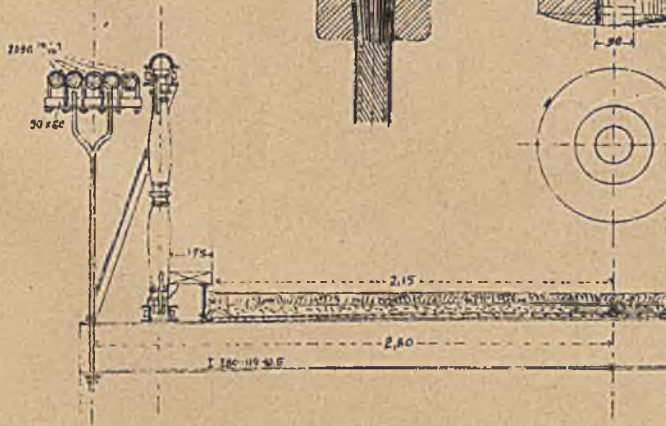
Rys. 4b.

Rys. 4c.

Rys. 4d.

na rzece

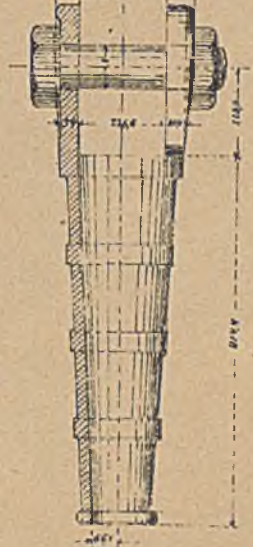
Blavet. 1:40.



Hassler. L. 85. n. 1132.

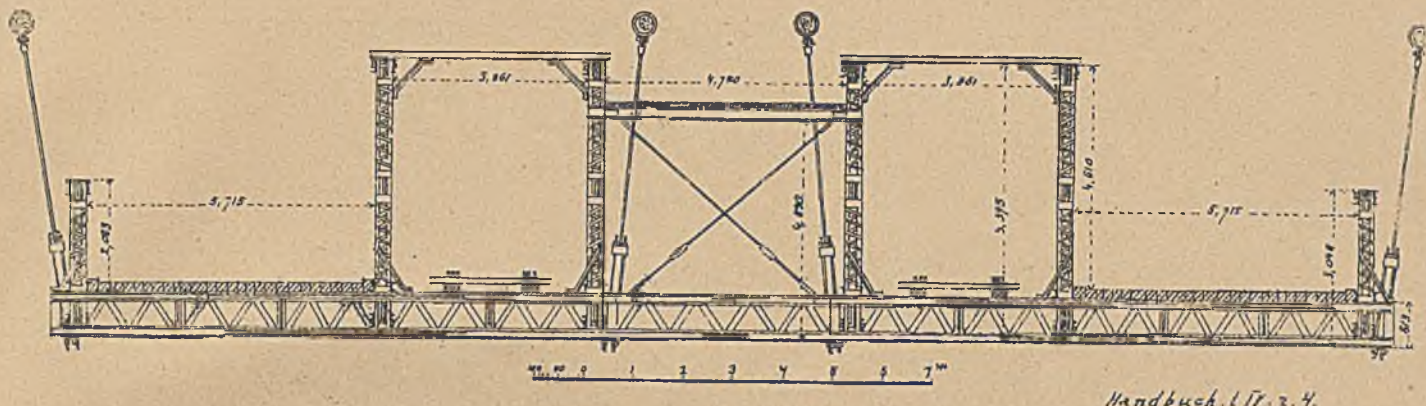


Bohnys L. 101. n. 57.



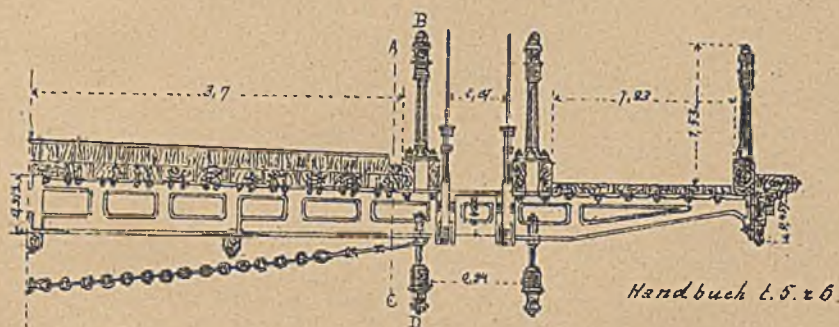
# MOSTY WISZĄCE.

Rys. 1. Most na East-River w Brooklinie. 1:150.  
Unita 2. tabl. 62 rys. 2.



Handbuch I. T. 2. 4.

Rys. 2. Most tarczowy w Peszcie. 1:75.



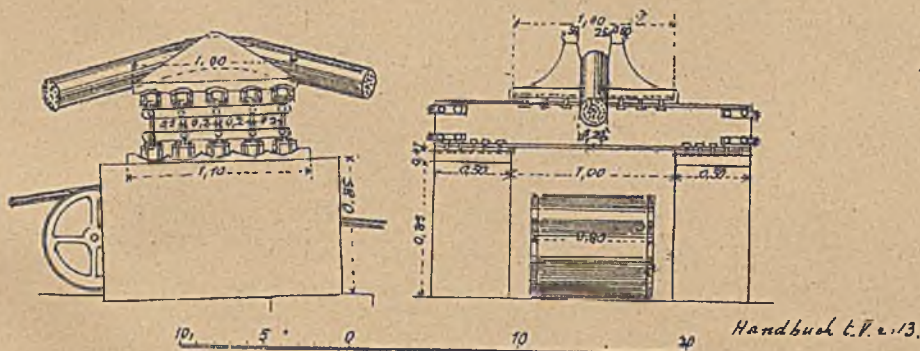
Handbuch t. 5. z. 6.

Rys. 3. Most Bucaramanga.



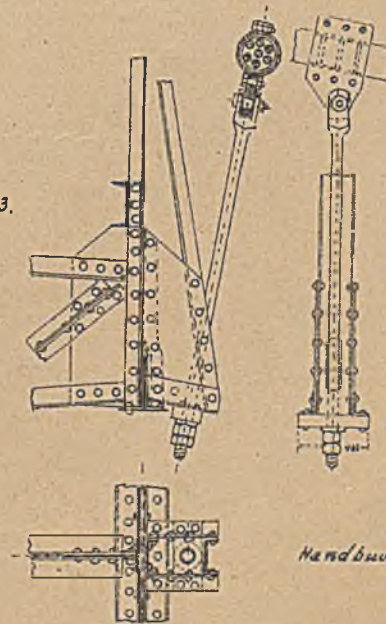
Handbuch st. 273 z. 49.

Rys. 4. Most na Saannie pod Fryburgiem. 1:45.



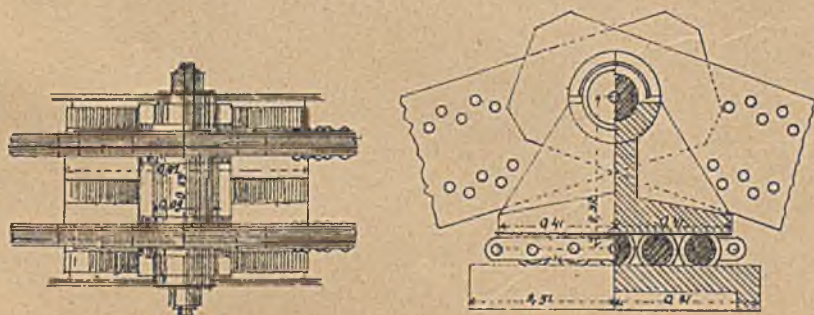
Handbuch t. 9. z. 13.

Rys. 5. Most na Langenargen.



Handbuch st. 241. z. 18.

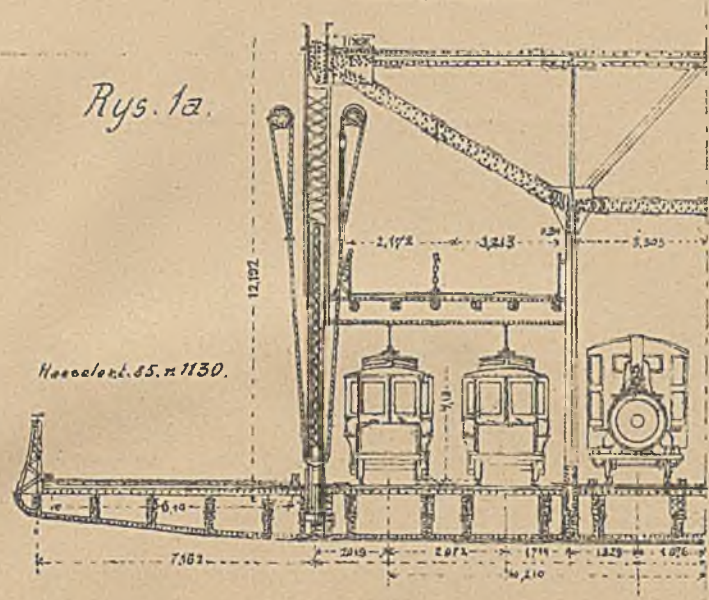
Rys. 6. Most na Menie koto Frankfurta. 1:25.



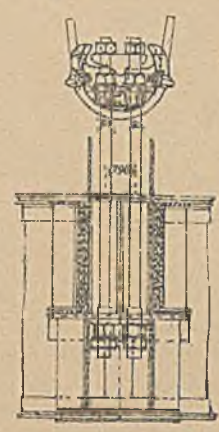
Handbuch t. 10. z. 9, 10.

# MOSTY WISZĄCE.

Rys.1. Przekroje mostu Williamsburg w Nowym Jorku. 1:200.  
Witak, tabl. 46.



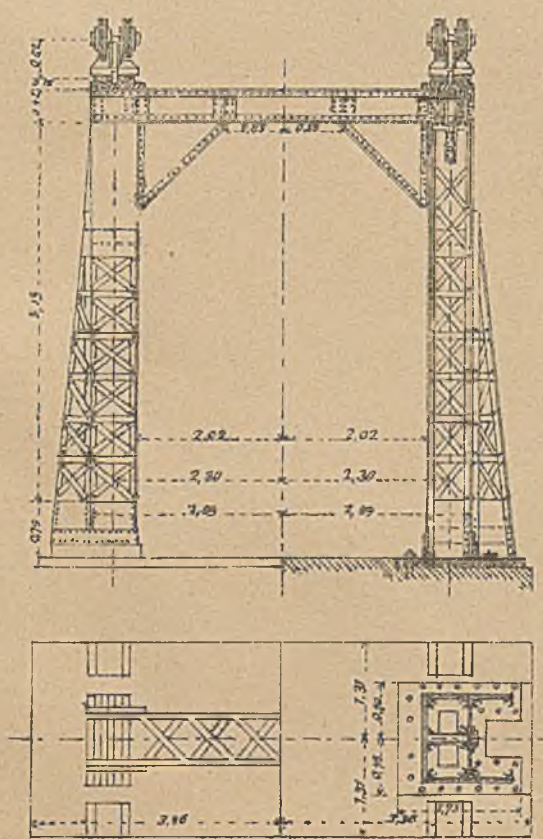
Rys. 1b



Rys. 1c

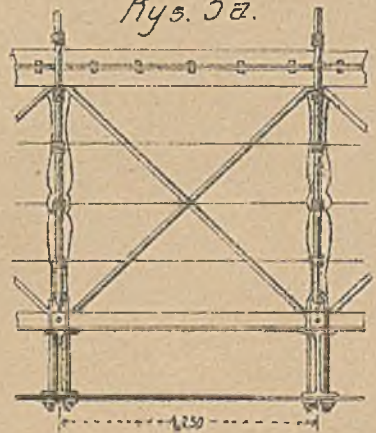


Rys.2. Kładka na Menie w Frankfurcie. Pylon.

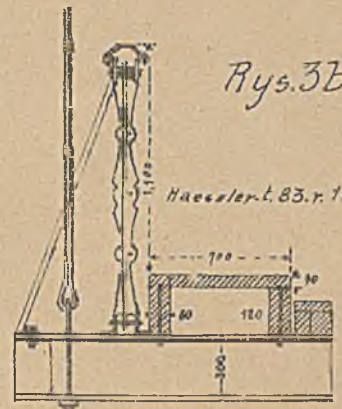


Rys.3. Most na Perie w Kolonii. 1:40.

Rys. 3a

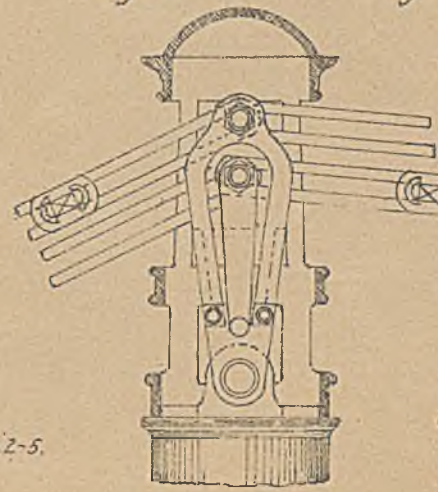


Rys. 3b

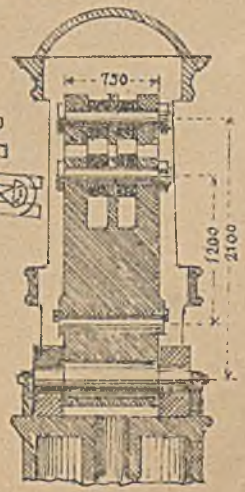


Rys.4. Most łańcuchowy w Serainy. 1:60.

Rys. 4a

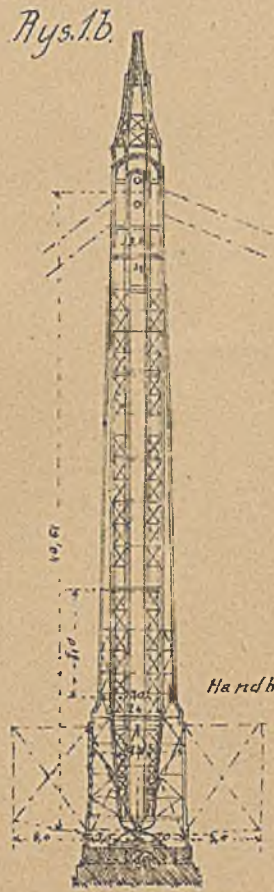
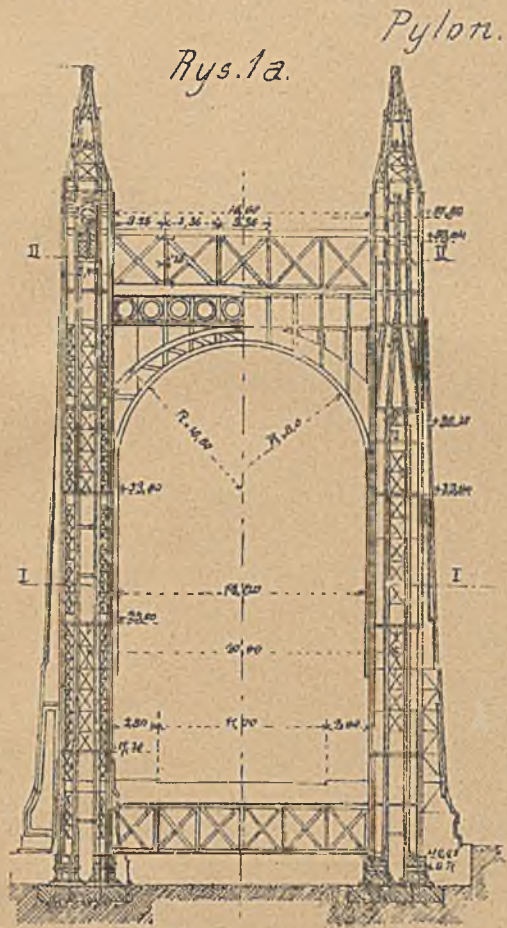


Rys. 4b



# MOSTY WISZĄCE.

Rys. 1. Most Elzbiety w Peszcie. 1:500.



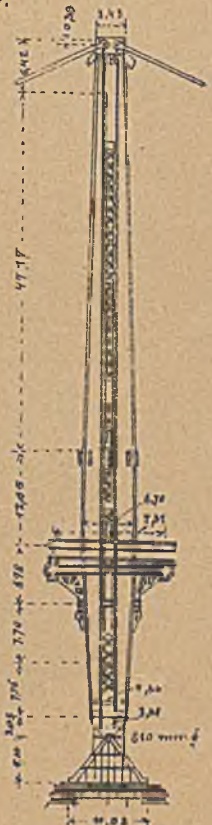
Rys. 2. Most Monongahela w Pittsburgu.



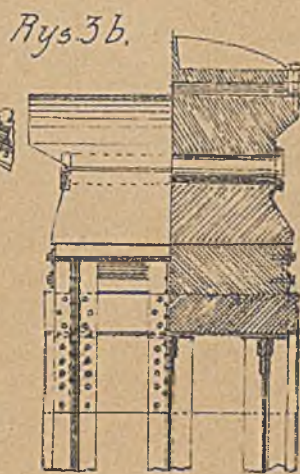
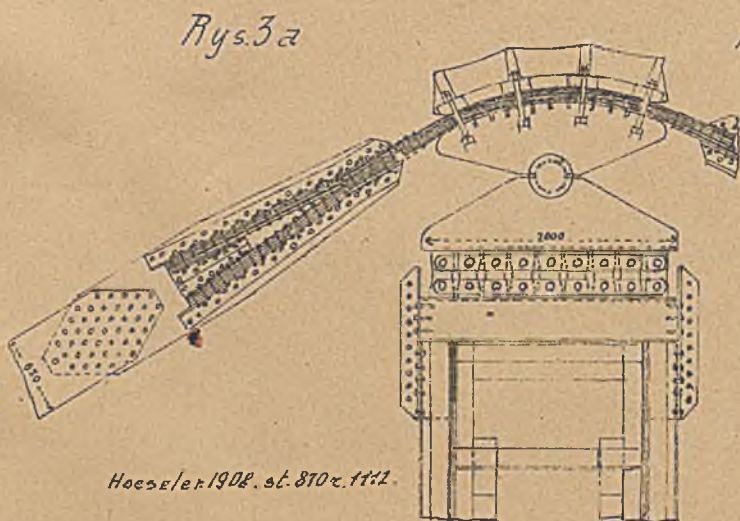
Handbuch 1906 t. 6 r. 2.

Rys. 4. Most Manhattan.

1:1000.



Rys. 3. Most na Renie w Bonn. 1:60.



Hoese/er 1908. st. 870 r. 117.

Handbuch 1906 t. 13 r. 117.

D<sup>r</sup> M. Thullie. Mosty tykowe zelazne.

Pracownia

MOSTY WISZĄCE.

Rys. 1. Kładka na Dunaju w Passawie. Widok.

Więźiar Gilbert.  
1:1200.

zest. poziomowy i przekrój  
na tabl. 60 rys. 2a-2b.

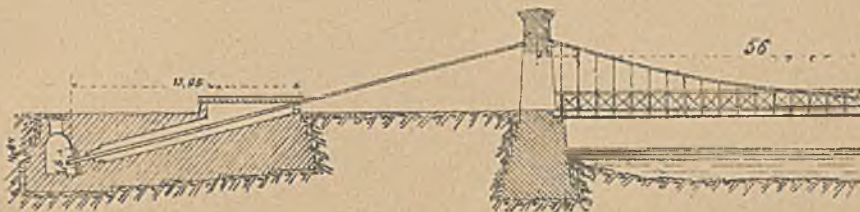


Handbuch 1906 t. V. r. 1.

Rys. 2. Most pod Bucaramanga w Nowej Grenadzie. 1:150.

Rys. 2a. Przekrój podłużny.

Rys. 3. Most pod Langenargen.

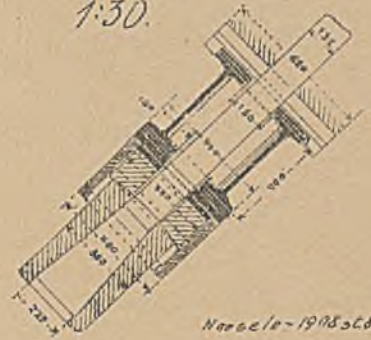


Rys. 2b. Rzut poziomy.



Handbuch t. V. r. 5, 6.

1:30.

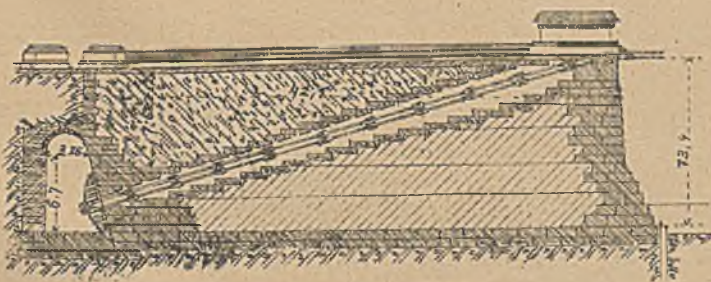


Haspel-1908 s. 81/6.

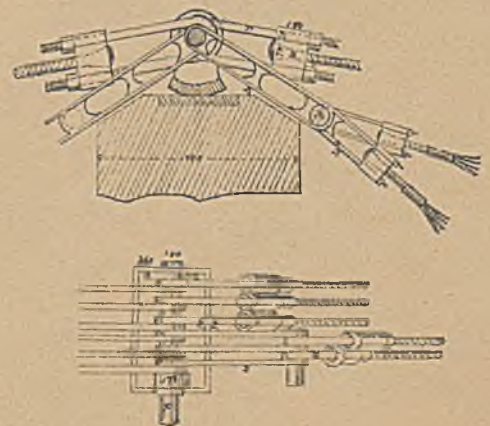
Rys. 5. Most na Allier

koto JI pize. 1:30

Rys. 4. Most tancuchowy na Dnnaju w Peszcie.



Handbuch t. V. r. 8.



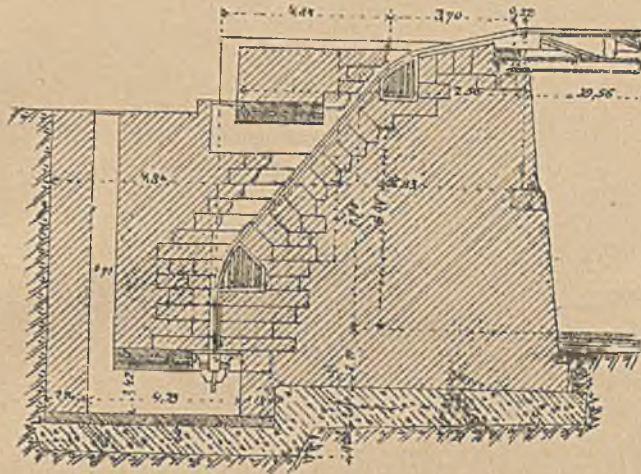
Dr. M. Thullie. Mosty tucowe zelazne.

Przemysły

# MOSTY WISZĄCE.

Rys. 1. Kładka na Menie między Frankfurtem a Sachsenhausen

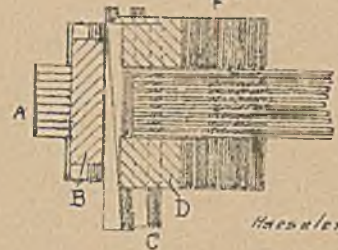
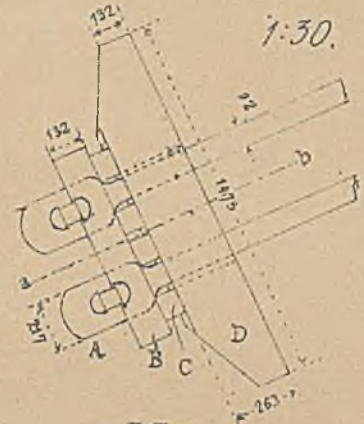
1:200



Handbuch 1906. t. VII. r. 11.

Rys. 2. Most w Podjebradzie

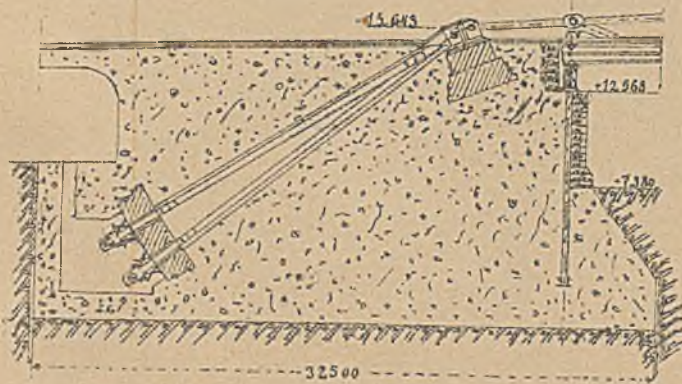
1:30



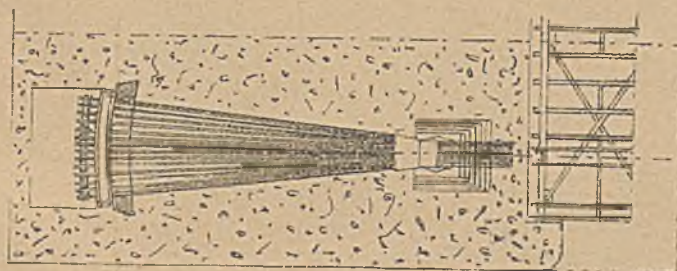
Haeseler t. 815.

Rys. 3. Projekt mostu na Renie w Kolonii.

Rys. 3a. 1:400



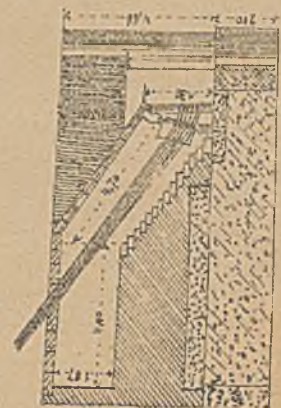
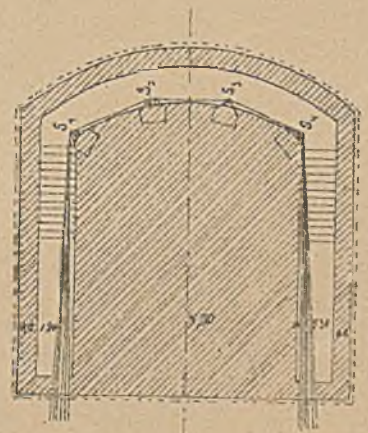
Rys. 3b. Rzut poziomy.



Haeseler t. 84 r. 1123.

Rys. 4. Most na Allier pod Lamothie.

1:250

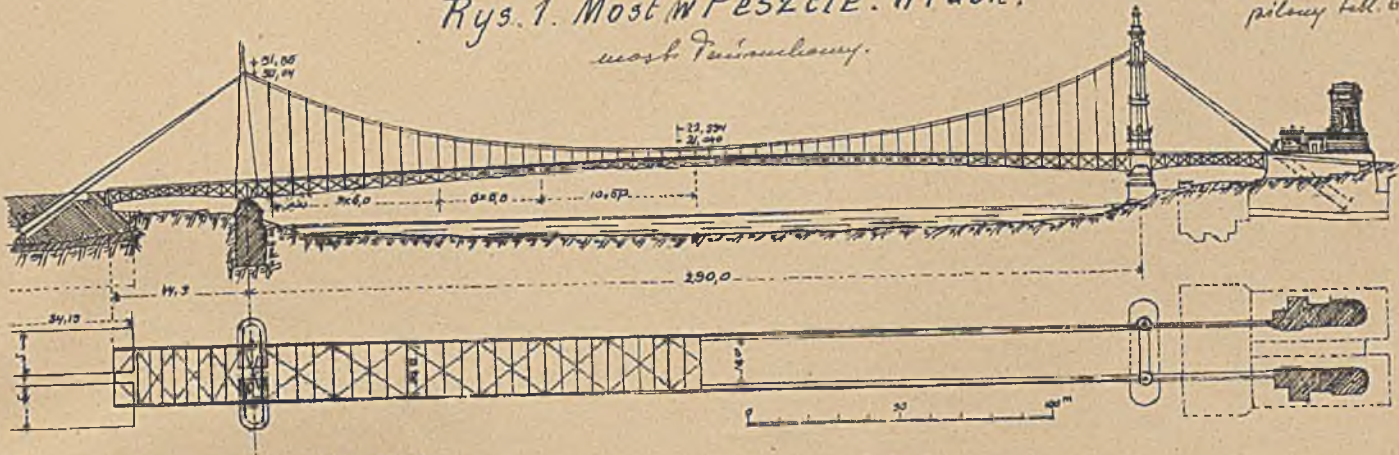


Haeseler 1906. t. 83. r. 1115.

# MOSTY WISZĄCE.

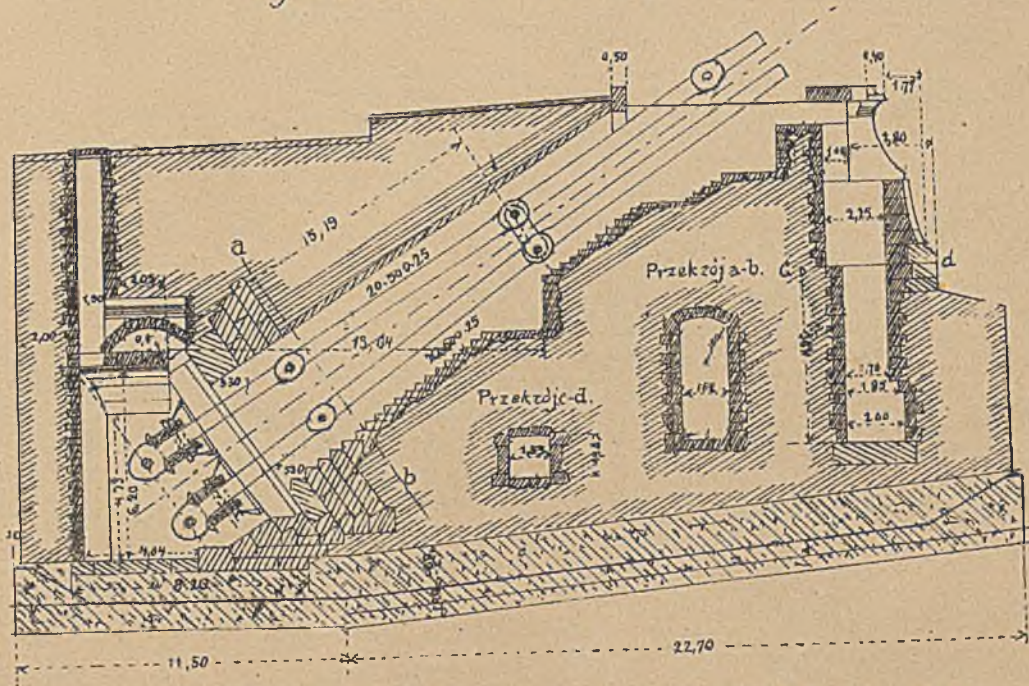
*21616y)*  
Rys. 1. Most w Peszcie. Widok.  
*most Fiumanowy.*

*przekrój poprz. tab. 66 rys. 2.  
półowy tab. 69 rys. 1.*



*Handbuch 1906 t. 6. z. 1*

Rys. 2. Most Elżbiety w Peszcie. 1:250.



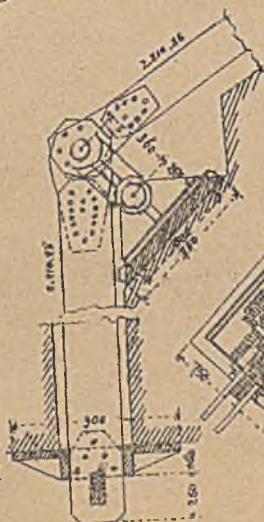
*Haeseler 1908 t. 83 r. 1104.*

Rys. 3. Kładka na dworcu w Gocie. 1:40.

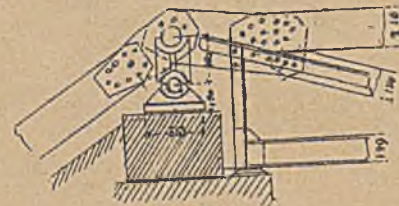
Rys. 3a.



Rys. 3b.



Rys. 3c.



Rys. 3d.

Rys. 3e.

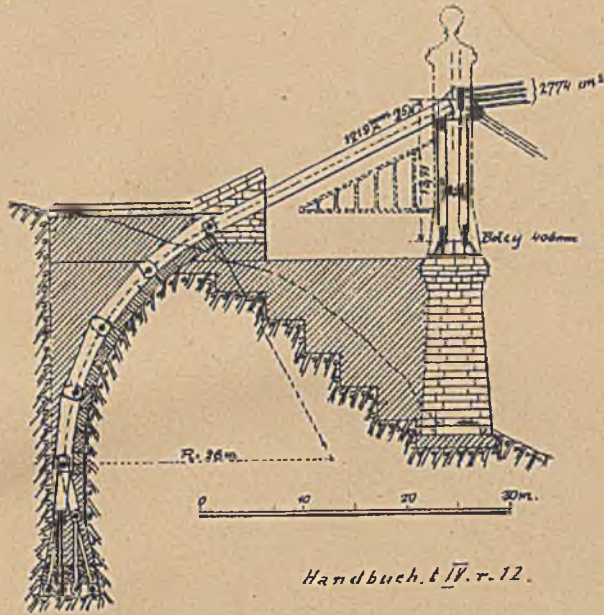


*Haeseler, t. 84, r. 1120.*

*Thullie*

MOSTY WISZĄCE.

Rys.1. Most na rzecze św. Wawrzyńca.

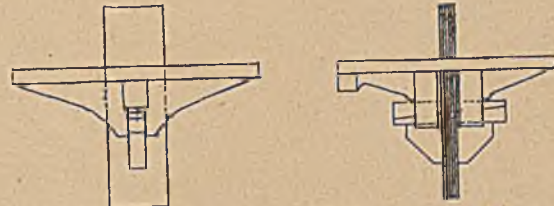


Handbuch t. IV r. 12.

Rys.2. Most na Menie pod Franfurtem.

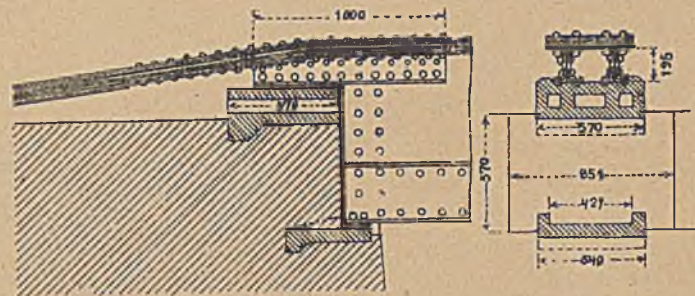
Rys.2a.

Rys.2b.



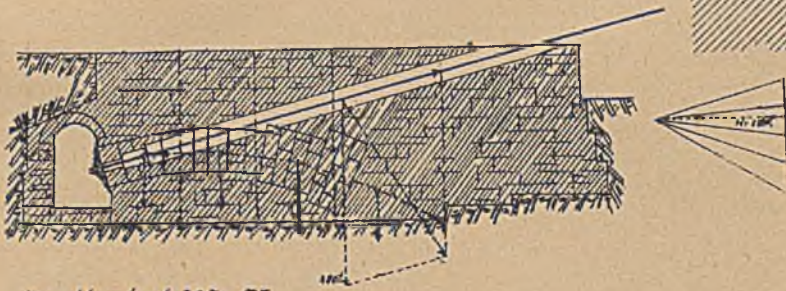
Handbuch st. 282 r. 52.

Rys.3. Kładka na Menie 1:40.



Haeseler st. 817 r. 1129.

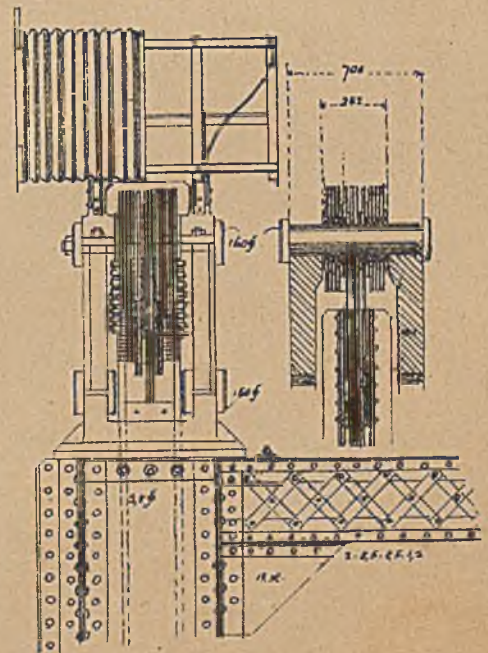
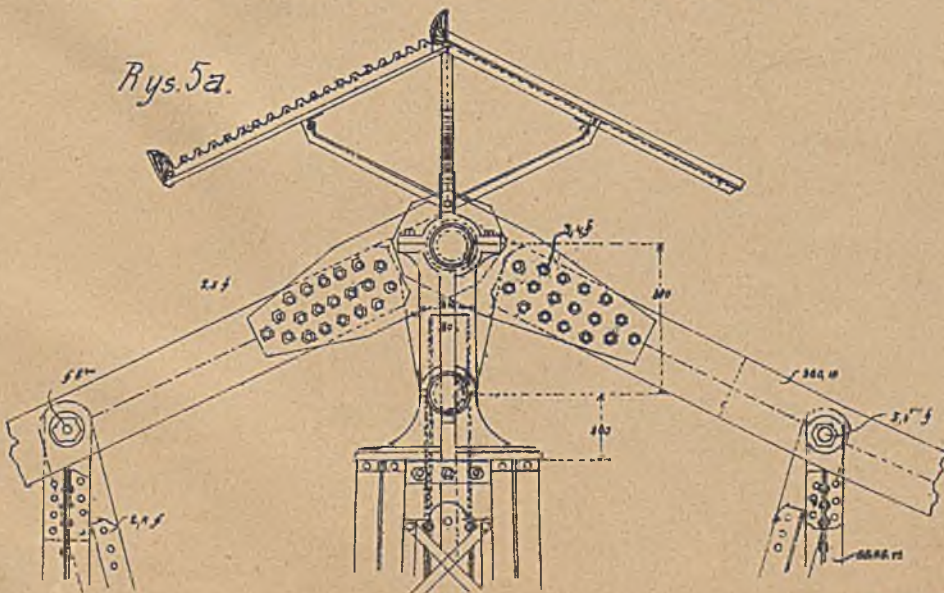
Rys.4.



Handbuch st. 285 r. 53.

Rys.5. Szczegół mostu drogowego.

Rys.5a.



Heinzerling t. 5 r. 13/25.

Dr. M. Thullie Mosty lutowe zelazne.



Handwritten signature or mark.



BG Politechniki Śląskiej w Gliwicach  
nr inw.: 11 - 11433



Dyr.1 10925