





BIBLIOTEKA POLITECHNICZNA TOM XXIV.

# MOSTY ŁUKOWE I WISZĄCE

NAPISAŁ

Dr. MAKSYMILIAN THULLIE

DYPLOMOWANY INŻYNIER, PROFESOR SZKOŁY POLITECHNICZNEJ

WE LWOWIE.

Cena 8 Kor. 70 h.

UNIWERSYTET I POLITECHNIKA  
we Wrocławiu  
Katedra Budowy Mostów  
L. inw. 573

LWÓW.

SKŁAD GŁÓWNY W KSIĘGARNI SEYFARTHA I CZAJKOWSKIEGO.

W ZWIĄZKOWA DRUKARNIA WE LWOWIE, UL. LINDEGO L. 4.

1909.





# 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<br>o pomoście górą . . . . . | 8    |
| §. 17. Tężniki mostów o pomoście wgłębionym<br>lub dołem . . . . .      | 8    |
| §. 18. Pochylenie dźwigarów łukowych . . . . .                          | 9    |
| §. 19. Obliczenie tężników poziomych łuku<br>dwuprzegubowego . . . . .  | 9    |
| §. 20. Obliczenie tężników poziomych łuku<br>trójprzegubowego . . . . . | 10   |
| §. 21. Obliczenie tężników poziomych łuku<br>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<br>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. Pilony . . . . .                               | 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. Płóć 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 ścięgiem kratowym.
- 49, 50. Rodzaje luków.
51. Przekroje luków.
52. " "
53. " "
54. " "
55. " "
56. " "
57. " "
- 58, 59. Rodzaje luków.
60. Rodzaje mostów wiszących.
61. " " "
62. " " "
63. " " "
63. Zakotwienie i zawieszenie.
65. Linwy.
66. Pomost.
- 67, 68. Pomost, łożyska.
69. Pilyony.
70. Zakotwienie.
71. "
72. "
73. "





# 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 zlewnego 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 ciągnięcie 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.

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

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  $g_2 = 800$  kg/m,  $p = \frac{500.000 + 1.800l}{70 + l}$ . Wstawiając to

w równ. 1) otrzymamy, dla

|                  |         |         |         |         |
|------------------|---------|---------|---------|---------|
| $l =$            | 10      | 20      | 40      | 60      |
| $g_2$ w kg/m dla | $n=0.1$ | $n=0.2$ | $n=0.1$ | $n=0.2$ |
|                  | 39.9    | 29.0    | 36.7    | 26.3    |
|                  | 31.4    | 23.1    | 28.5    | 21.6    |
|                  | 24.3    | 21.9    | 24.3    | 21.6    |

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.  $g_1 = 0.75\sqrt{(l+12)^2 + 144}$  2)  
 " " " 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:

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

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   |
| dyłow.   | 24 | 53 | 80 | 110 | 144 | 180 | 220 | 260 | 305   |

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 pomost 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 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 najszerszy 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 używane 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 durchgebrochenen 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:

α) 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) Trójpzigubowe.

1. o pasach równoległych.

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

b) Łuki prostopasowe mogą być podobnież:

α) Bezprzegubowe.

β) Dwuprzegubowe (t. 15. r. 3.).

γ) Trójpzigubowe (t. 24. r. 2.).

Oprócz tego mogą być też łuki częściowo prostopasowe, jak przy moście na Sarthe kolei Le Mans-Foullentourte (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.

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 ciśnienie 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 oselkową, 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. 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 Vieur (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 Grünenthal (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 w 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  $afbe'b$ , prawej  $aebf'c$ . 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 zeszkady 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 przewyciężeniu 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 wznoszą się 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° wedle Haesclera natężenia:

|                | łuk bezprzegub.<br>w kluczu | łuk dwuprzegub.<br>w węzłowiach | łuk dwuprzegub.<br>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 Bogenträger*) 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 wyciągnięta 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<br>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. 16.) ma 3 łuki w odstępnie 3·19 i 2·12 m, most na Wezerze w Hoya 4 łuki 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 wy-

konanych 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,

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 cm, przy wyższych do 500 cm. 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 kątownek, 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 dwojakiem. Jeżeli jest dość miejsca, to pas pomostowy przeprowadzamy w całej długości ponad łukiem, jak widzimy przy moście kolei Mombach-Bischofsheim (t. 52. r. 2.). 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 wzmacniać 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 urządza 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 kątownkami, 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.), dwuowy (t. 40. r. 4.), ijowy pojedynczy (t. 1. r. 1., t. 52. r. 2.) i podwójny (t. 53. r. 2.),

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

\*) 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 węzłowiowi 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, powinniśmy 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 kraźn 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. *Kämpfergelenk*) 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. 3.), 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 kołyskowego stałego (t. 56. r. 2.) a na przyczółku na łożysku walcowym 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°, że nie doznawały żadnego ciśnienia. Dla obciążenia ciężaru ruchomego stał się łuk jednak przez to statycznie niewyznaczalnym.

### §. 13. Przegub kluczowy.

Podobnie jak przeguby węglowiowe zbudowany jest także przegub kluczowy (n. *Scheitelgelenk, Mittलगelenk*). 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 węglowiowy 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 c). 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 węglowiowych, 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 przesuwały 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)

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

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

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

$$\left. \begin{aligned} M_0 &= \frac{6c\varepsilon J}{z^2} \\ \tau_1 &= \pm \frac{6c\varepsilon e}{z^2} \end{aligned} \right\} \quad 5)$$

Gdy obciążenie słupa pomostowego jest  $P$ , to

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

Największe  $c$  jest  $\frac{l}{2}$ , a wtedy  $\tau = \frac{P}{A} + \frac{3 \cdot 0.47 \cdot \varepsilon \cdot el}{1000 z^2}$

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

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 powierzchni 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  $B$  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 węźle 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 Wilhelmia 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 wyrzucić około cięciwy  $A' B'$ . Powstają oddziaływania (t. 59. r. 2.):

$a_1$ ) poziome  $W_3 = W_4 = W'$  w węzłach  $A', B'$   
 $b_1$ ) 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.

$c_1$ ) 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 zero. 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,

$$H' = S \text{ dost } \delta \text{ dost } \beta, \text{ a } Q = S \text{ dost } \delta \text{ wst } \beta$$

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

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

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

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

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

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

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

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 większym 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.).

$$L'_m f = \sum_{\frac{l}{2}}^l H'y - \sum_{\frac{l}{2}}^l (V' + R') x,$$

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

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

$$- \sum_{\frac{l}{2}}^l \left( \frac{l}{2} - x \right) x \Delta y - \sum_{\frac{l}{2}}^l (z-y) x a \dots \dots \dots \right]$$

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

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

$$L'_m = \frac{1}{48} \frac{w}{b} l^2 \dots \dots \dots 19)$$

$$L' = -\frac{5}{48} \frac{w}{b} l^2 \dots \dots \dots$$

### §. 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 zapomoćą 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 lin 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 lin stalowych dla wielkich rozpiętości. Mosty wiszące wyglądają ładnie i dadzą się zestawieć bez rusztowania, co jest ważnym przy wielkich rozpiętościach nad przepaściami lub głębokimi rzekami.

Wady mostów wiszących są następujące: a) Potrzebnym 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 potrafimy 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 przeseł mostów wiszących.

Mosty wiszące mogą być albo

a) jednoprzęsłowe. (t. 60. r. 3.). Wtedy na przyczółkach budujemy pilony (n. *Pylone*) t. j. wieże murowane 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 ciągły (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 przeseł, bo inaczej przesunięcia stają się za wielkie, a przez zmniejszenie parcia poziomego momenty wzrastają. Zwykle urządzamy przeseł 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 Peszeie. 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 żelaznami, tworzącymi poręczę 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 nateżenia 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, słupy pomostowe, co sprowadza 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 słupów pomostowych. Przy nierównomiernem obciążeniu belka rozdziela je tak, że słupy są prawie równo nateżone, a więc kształt wieszaru mało się zmienia przy obciążeniu. Pierwszy użył tego ustroju Röbbing, budując w r. 1851 do 1855 most na Niagarze o rozpiętości 250 m, stężony drewnianą belką Howe'a.

W r. 1876 zbudował Röbbing most w Brooklynie (t. 62. r. 3) 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 udoskonalili 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 linew 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 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 podpartą 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 używamy łańcuchów albo linew 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 zlewnego 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. nikiel. | 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 Benie 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 rozżarzonego 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 Peszcie 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. Przeważa 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 połowie 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 wyrównywują, 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

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

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 jędrną (n. die Kernlitze) otacza 6 wiązek spiralnie odwrotnie skręconych, na tych 12 wiązek itd. (t. 63 r. 1).

Dla przeglądu podajemy tu następną tabliczkę:

| ustrój   | $d_{mm}$ | $g \text{ kg/cm}$ | B. siła przerywająca w t.<br>dla $\mu = 13.500 \text{ kg/cm}^2$ . |
|----------|----------|-------------------|---|
| 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              | 1306,4  |

W nowszych czasach zaczęto dla uzyskania większego przekroju i lepszego przystawania 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

|                | Ilość r. | Ilość wiąz. w wiązce | Ilość drutów w kablu | $d$ mm. | $\delta$ mm. | Ilość kabli |
|----------------|----------|----------------------|----------------------|---------|--------------|-------------|
| 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 1,5 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 linw, sprowadzonych z fabryki. Jeżeli jedna linwa nie wystarcza, to albo dajemy kilka linw 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 linw skręcanych a jedną prostą (t. 65. r. 7.).

Z powodu skręcania drutów w linwach a linw w kablu przy znacznym 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 linw i kabli tylko  $m$  tą część współczynnika sprężystości drutu, przyczem

|                    |                  |                  |
|--------------------|------------------|------------------|
| dla linw z drutów  | kabli            | linw             |
| 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 linw 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. B. na t. 65. przedstawia patentowane zawieszenie towarzystwa budowy maszyn w Norymberdze.

### §. 33. Zakończenie linw 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 odpowiednim 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 ogni w łańcucha.

Obecnie łańcuch składa się zawsze z ogni w t. j. wstęg prostokątnych, zakończonych okami. Najwięcej doświadczenia w wykonaniu takich ogni (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 ogni 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  $bc$  (t. 65. r. 6.). Mamy rozmaite wzory doświadczalne i tak wedle

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

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 ogniów 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 ogniów 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 pewnym położeniu ciężarów może być jeden łańcuch więcej obciążonym, niż drugi, co zresztą zdarza się i z innych względów, przy niezupełnie równej długości ogniów, 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 różnaitą. 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 linow, które kończą się u dołu poprzeczką, zawierającą główkę linwy (t. 67. r. 1.) albo kończą się kluczką, w którą wchodzi strzemie, 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 wahadłowo 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 wyższym jest wahadło.

### §. 38. Pilony.

Pilonami (n. *Pylon*) nazywamy górną część filarów mostów wiszących, wystającą wysoko ponad pomost, na której zawieszona 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 nieszkodliwym 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 skutecznie 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, tarcie w fundamencie i parciem 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 Williamburskim 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 zamurowywano 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 grubości.

### §. 40. Szczegóły zakotwienia.

Omówimy naprzód szczegóły zakotwienia łańcuchowego.

Najprostszy sposób zakotwienia polega na tem, że przez oka ostatnich ogniw 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 odstępnie. 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 zlewnego. 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 wahadłowe 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 podszewę, niż kąt tarcia wynosi. Jeżeli to sprawia trudności, to można opór przeciw przesunięciu powiększyć przez pochylenie podszewy (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*. Helsingsfors 1900.

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

Häseler E. *Der Brückenbau I. Theil. Die eiserne Brücken*. IV. Lieferung. Brunszwik 1908.

### B. Mosty łukowe i wiszące.

Boulongue: *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.

Gisclard: *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.

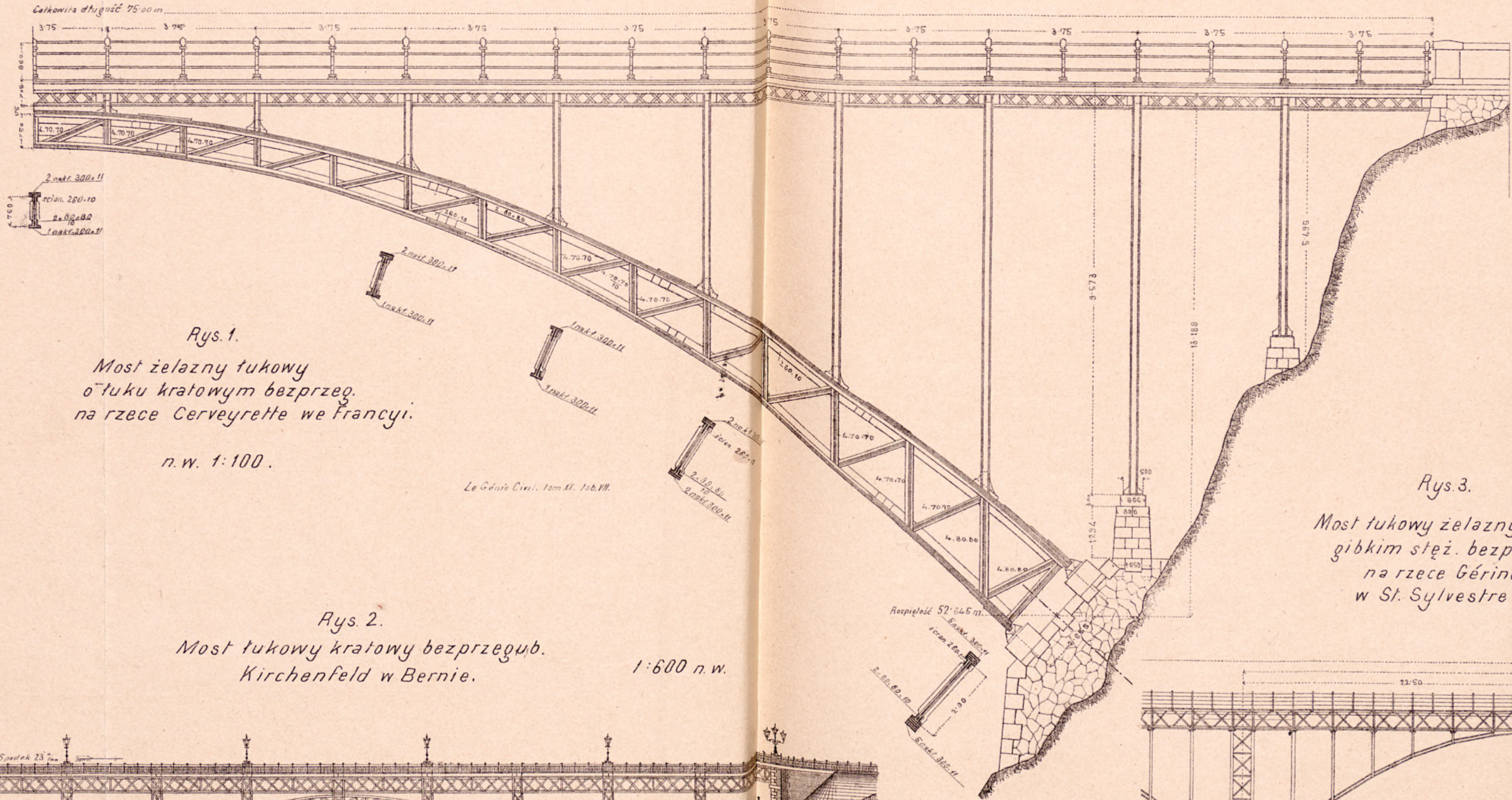
Nowy most na East River (Williamsburg) Zeit. d. Ver. deut. Ing. 1904 str. 1213.

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

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



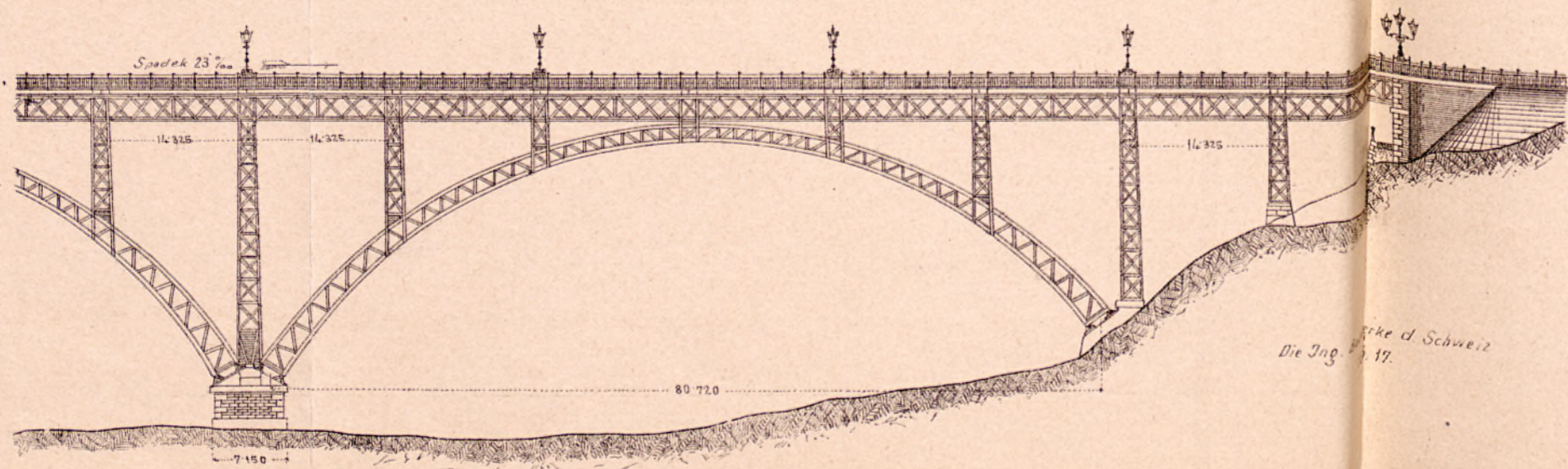
ŁUKI KRATOWE I GIBKIE STĘŻONE BEZPRZEGUB.



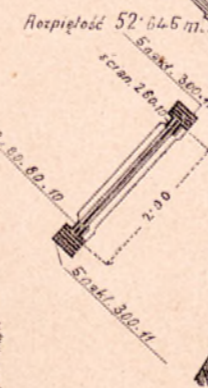
Rys. 1.  
Most żelazny łukowy  
o łuku kratowym bezprzeg.  
na rzece Cerveyrette we Francji.  
n.w. 1:100.

Le Génie Civil, tom XI, tab. VII.

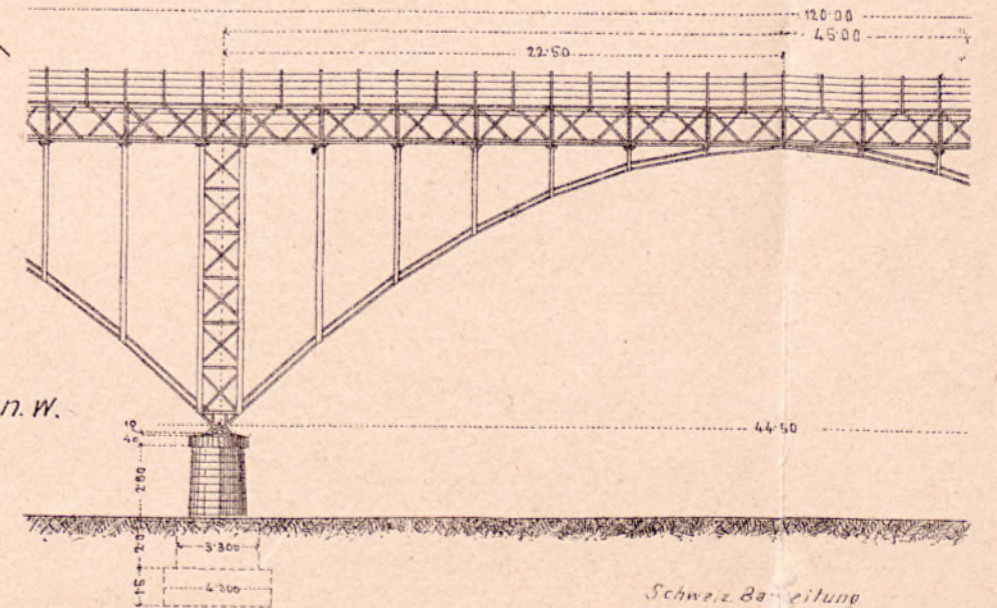
Rys. 2.  
Most łukowy kratowy bezprzegub.  
Kirchenfeld w Bernie.  
1:600 n.w.



Die Ing. d. Schweiz  
17.



1/300 n.w.



Rys. 3.  
Most łukowy żelazny o łuku  
gibkim stęż. bezprzeg.  
na rzece Gérine  
w St. Sylvestre. -

Schweiz. Bauzeitung  
1892 tom. A

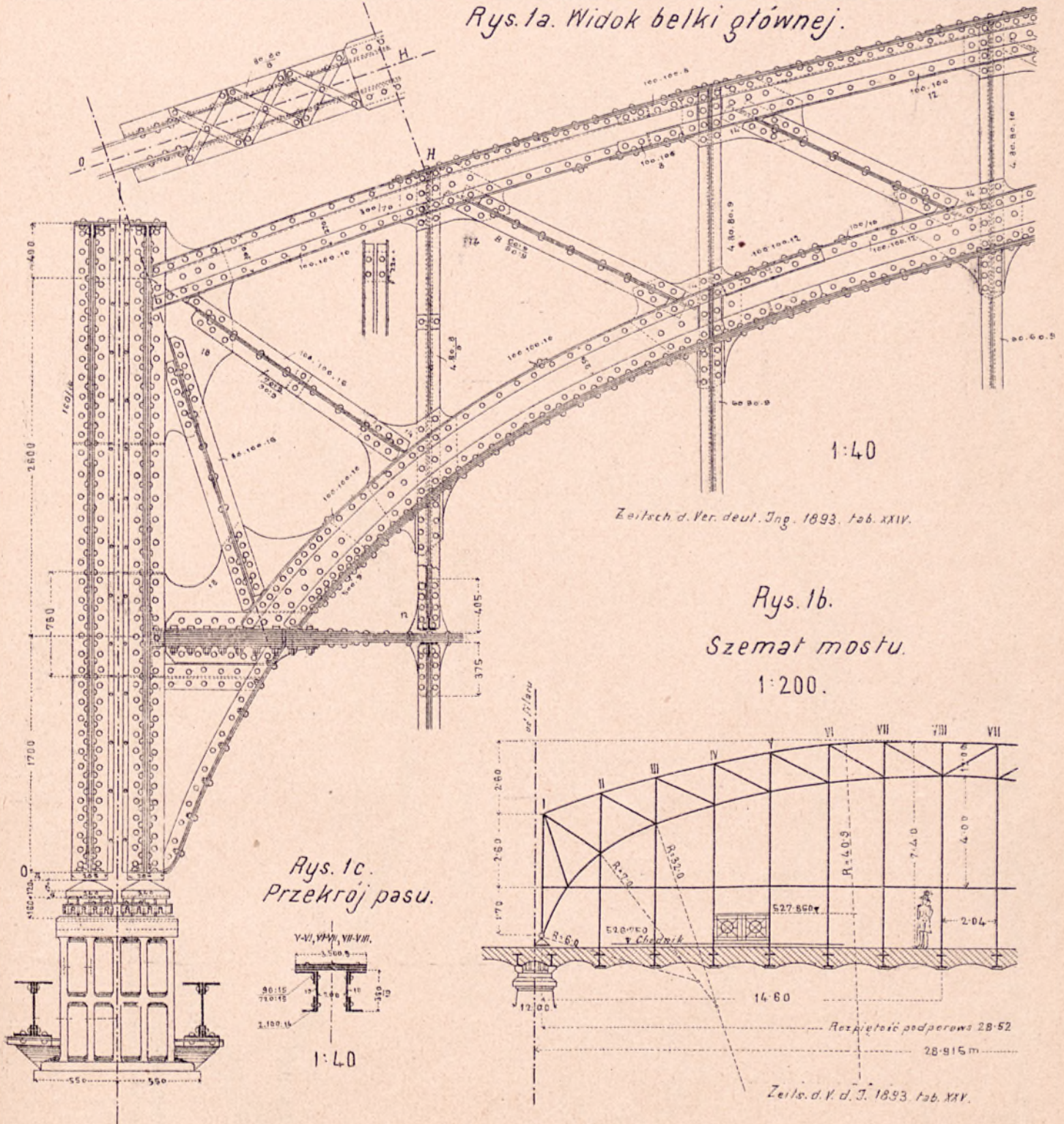
Münich



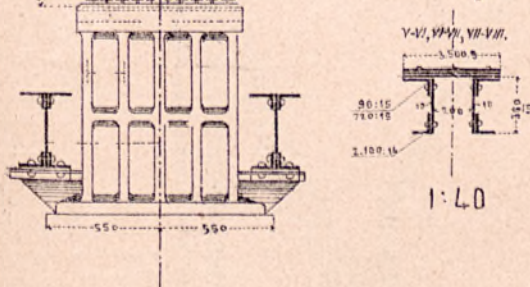
# ŁUKI KRATOWE BEZPRZEGUBOWE TĘGIE.

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

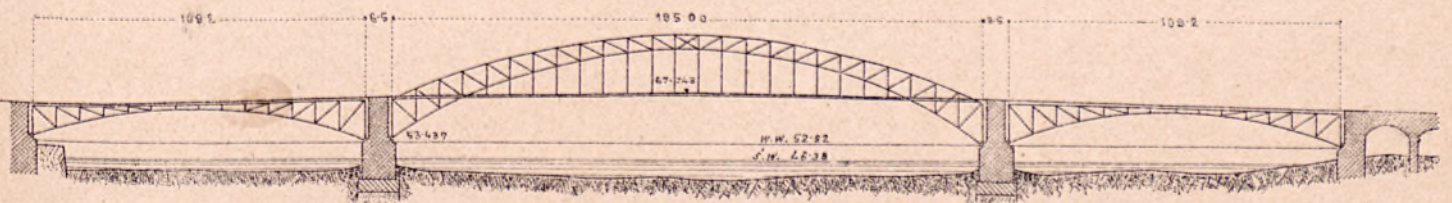
Rys. 1a. Widok belki głównej.



Rys. 1c. Przekrój pasu.



Rys. 2. Most na Renie koło Bonn.



Centr. d. Bauern. 1896, st. 558.

*Thullie*

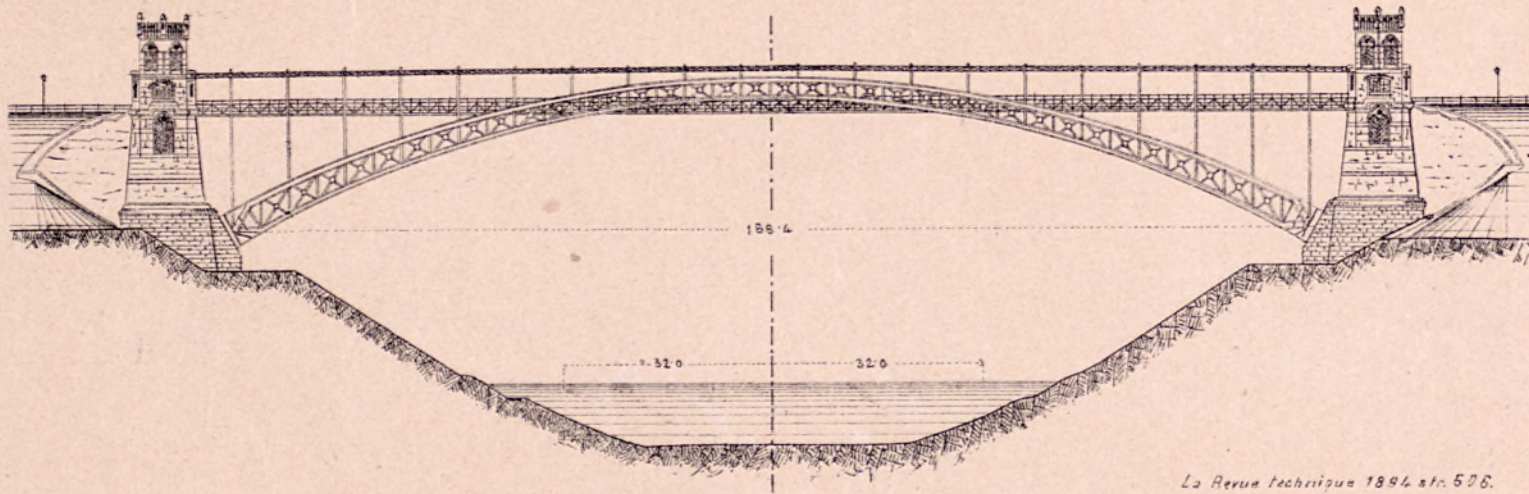




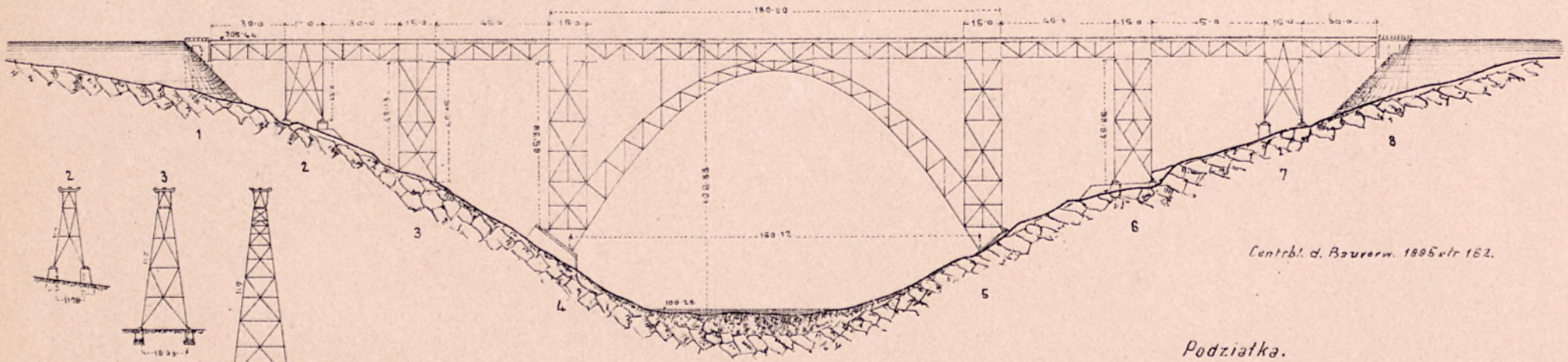


# ŁUKI KRATOWE BEZPRZEGUBOWE.

Rys. 1. Most w Levensau na kanale baltyckim.

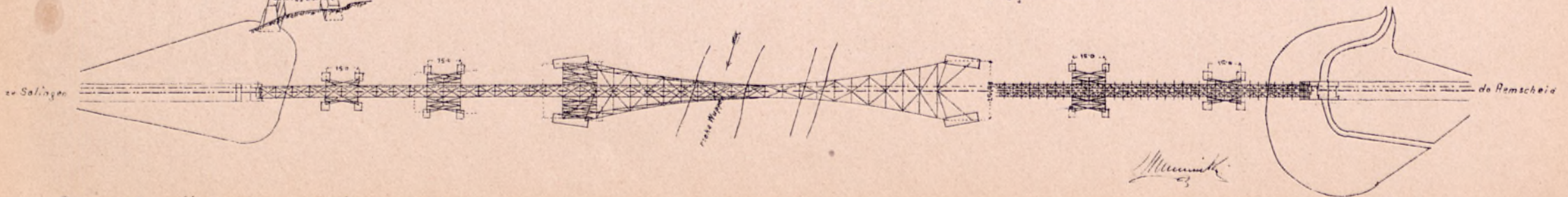
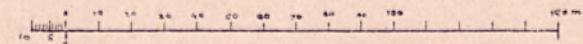


Rys. 2a. Wiadukt pod Muengsten.



Rys. 3b. Rzut poziomy.

Podziatka.



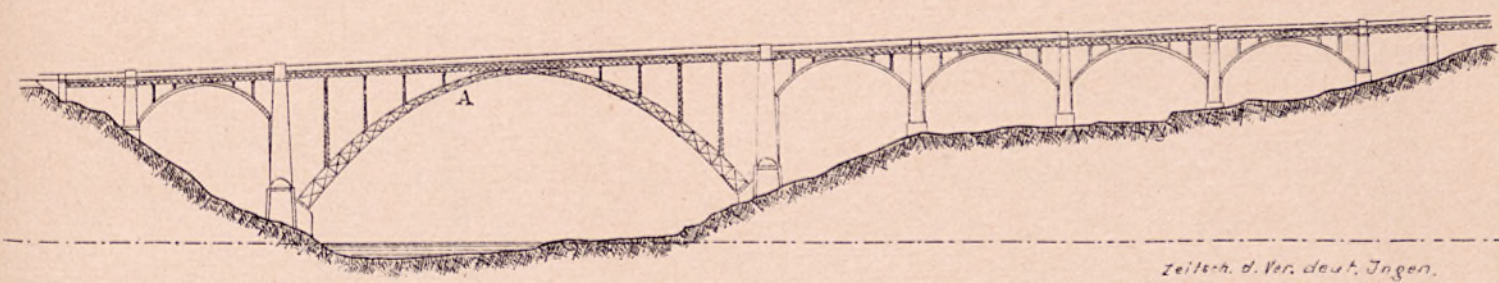






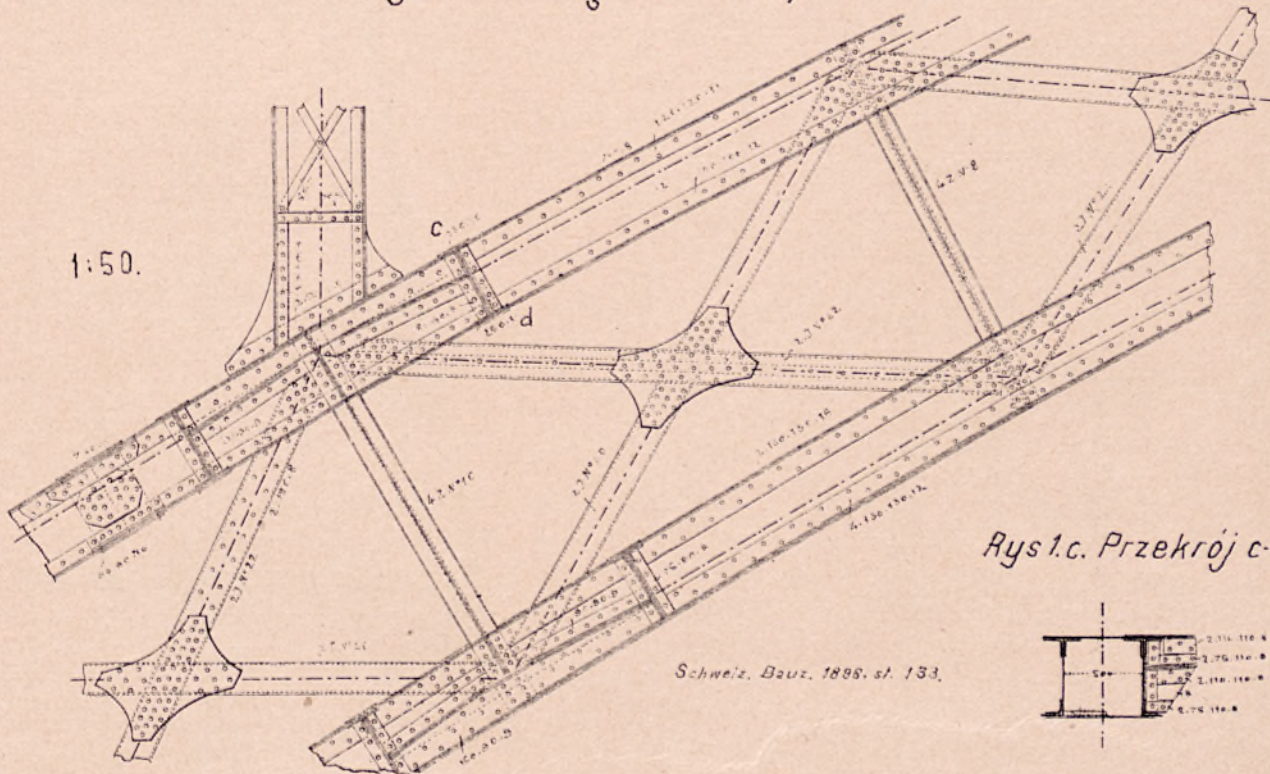
# ŁUKI KRATOWE BEZPRZEGUBOWE.

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



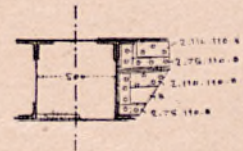
Zeitsch. d. Ver. deut. Ingen. 1896. st. 1290.

Rys. 1.b. Szczegół belki w punkcie A.



1:50.

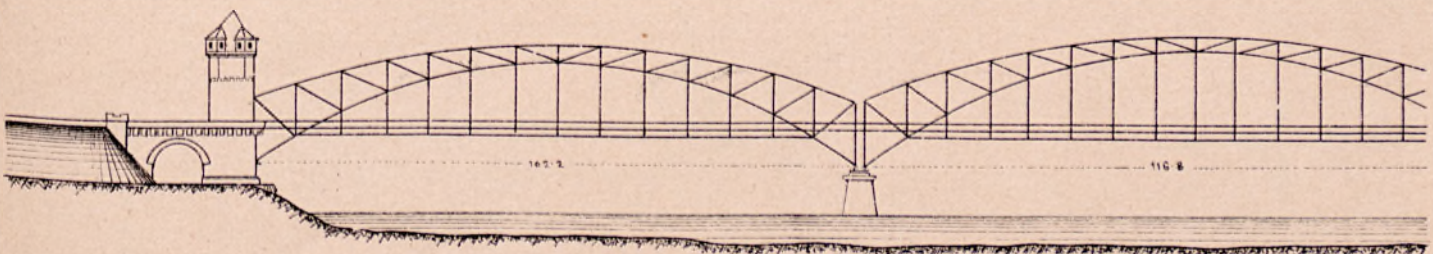
Rys 1.c. Przekrój c-d.



Schweiz. Bauz. 1896. st. 133.

Rys. 2.

Most na Renie w Wormacji.



Zeitschr. f. Arch. u. Ingwesen. 1895. Tab. 14.

*Thullie*

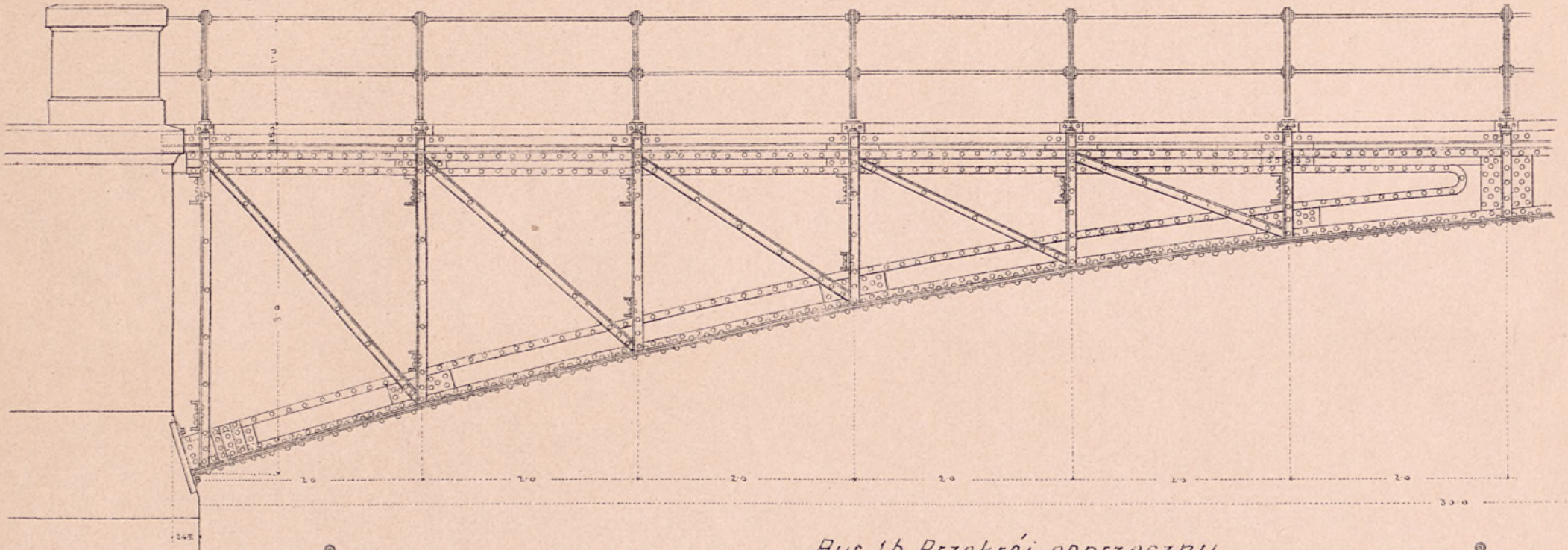




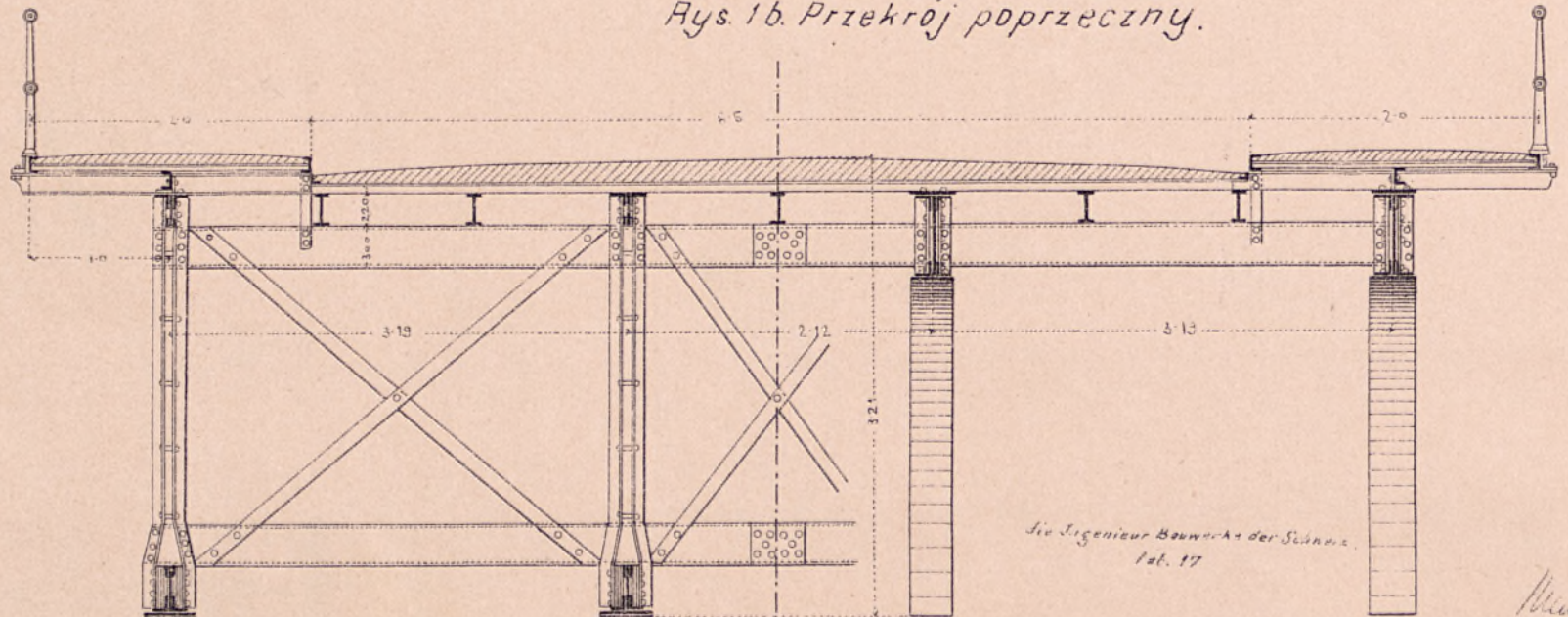


# MOST NA RZECE MURG POD FRAUENFELD.

Rys. 1a. Widok belki.



Rys. 1b. Przekrój poprzeczny.



Rys. 1c.

Pas górny.

Pas dolny.



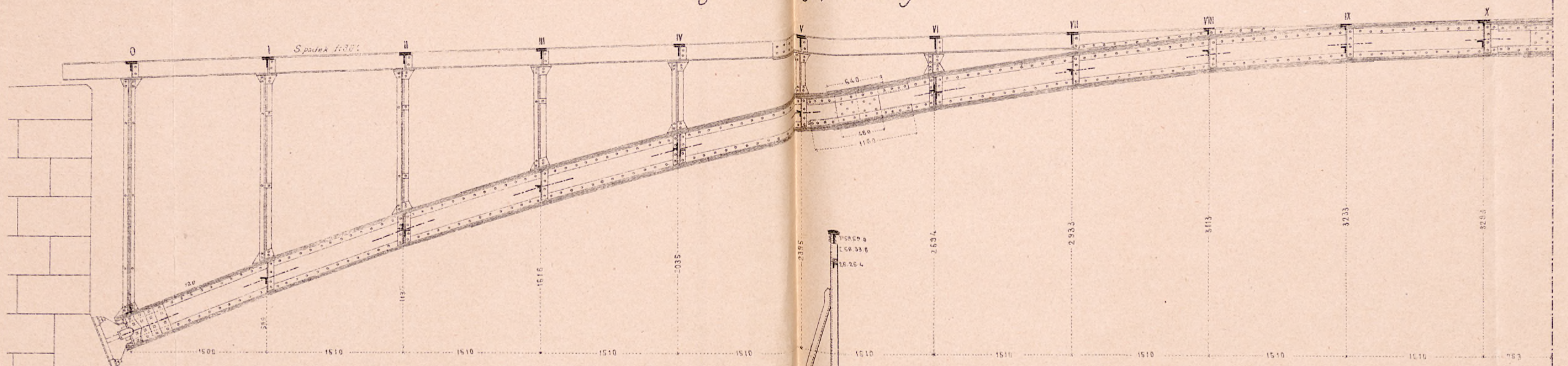
Die Ingenieur Bauwerk der Schweiz.  
Tab. 17

*Thullie*

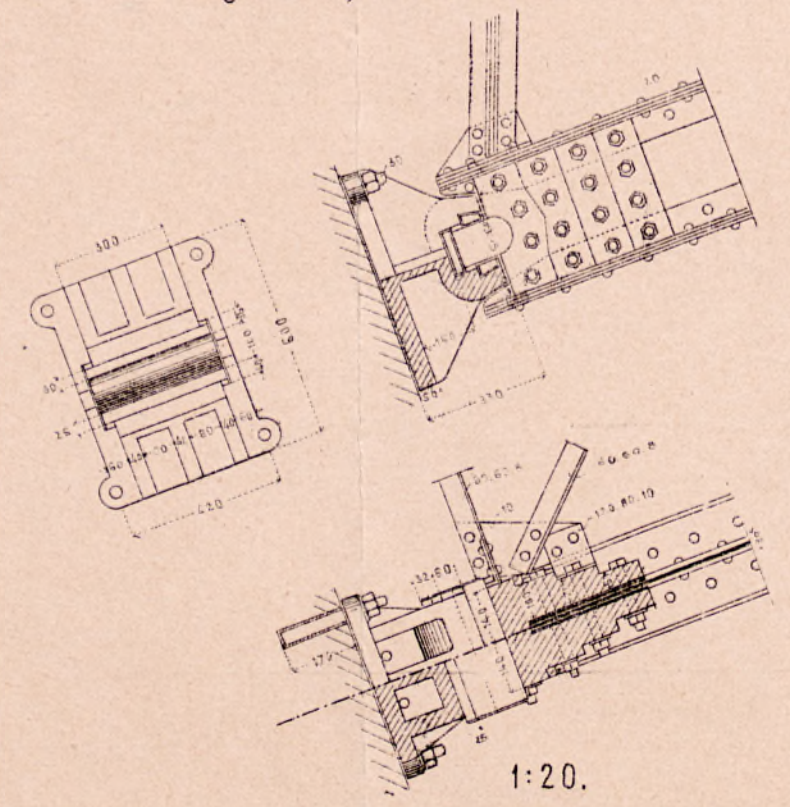


# MOST DROGOWY NA WEZERZE W HOYA.

*Rys. 1. Przekrój podłużny.*



*Rys. 2. Łożysko i początek belki.*

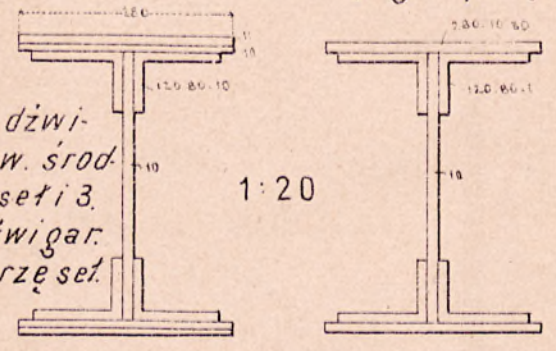


*Rys. 3. Przekroje poprz. belki gł.*

*Rys. 3.b. Przekrój dźwigar. zew. skrajnych przęs.*

*Rys. 3.a.*

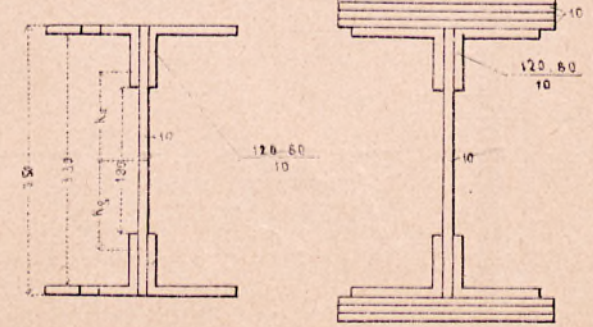
Przekrój dźwigarów zew. środk. przęs. i 3. środk. dźwigar. skrajn. przęs.



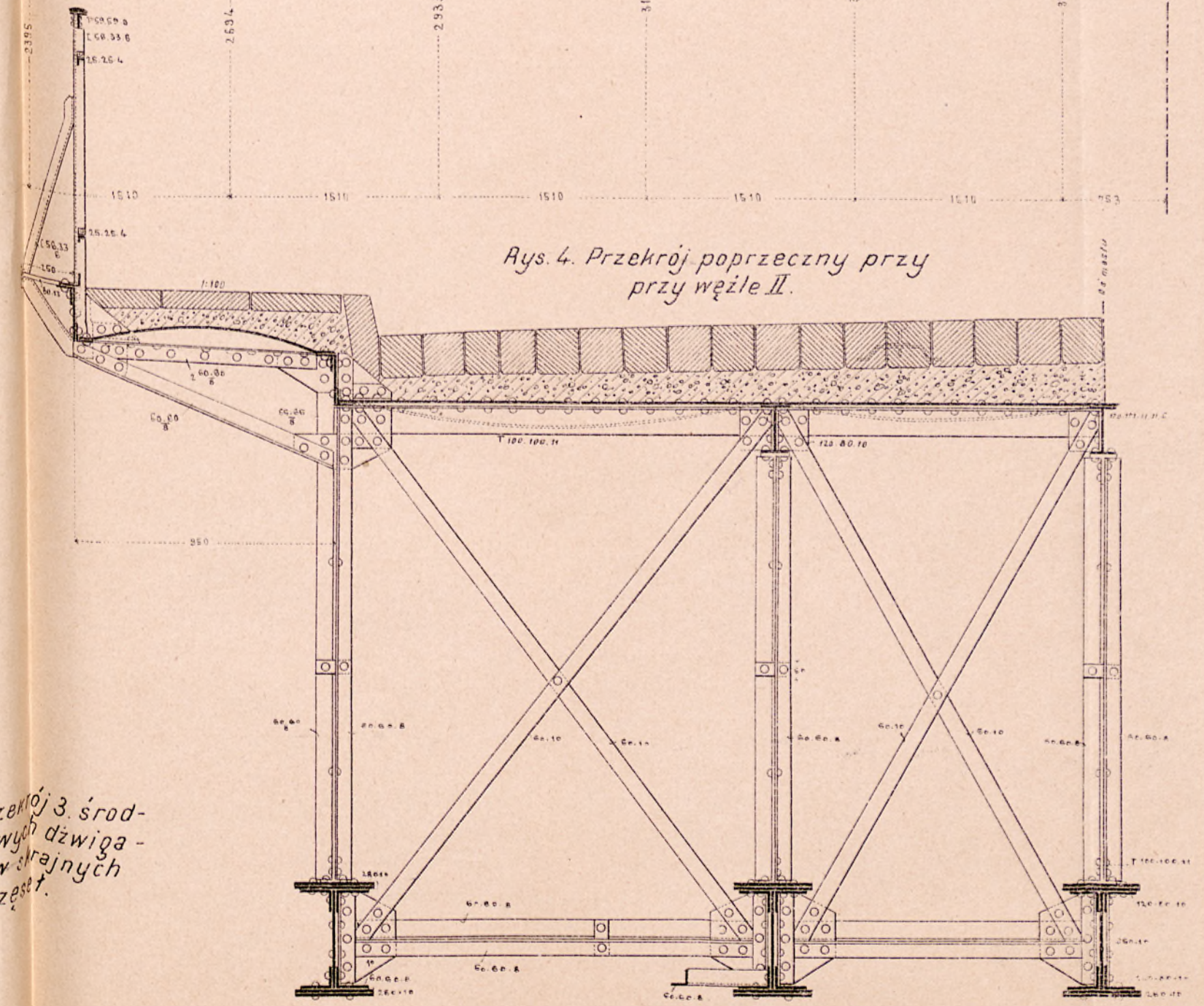
*Rys. 3.c. Przekrój zasadniczy.*

*Rys. 3.d.*

Przekrój 3. środk. dźwigarów skrajnych przęs.



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





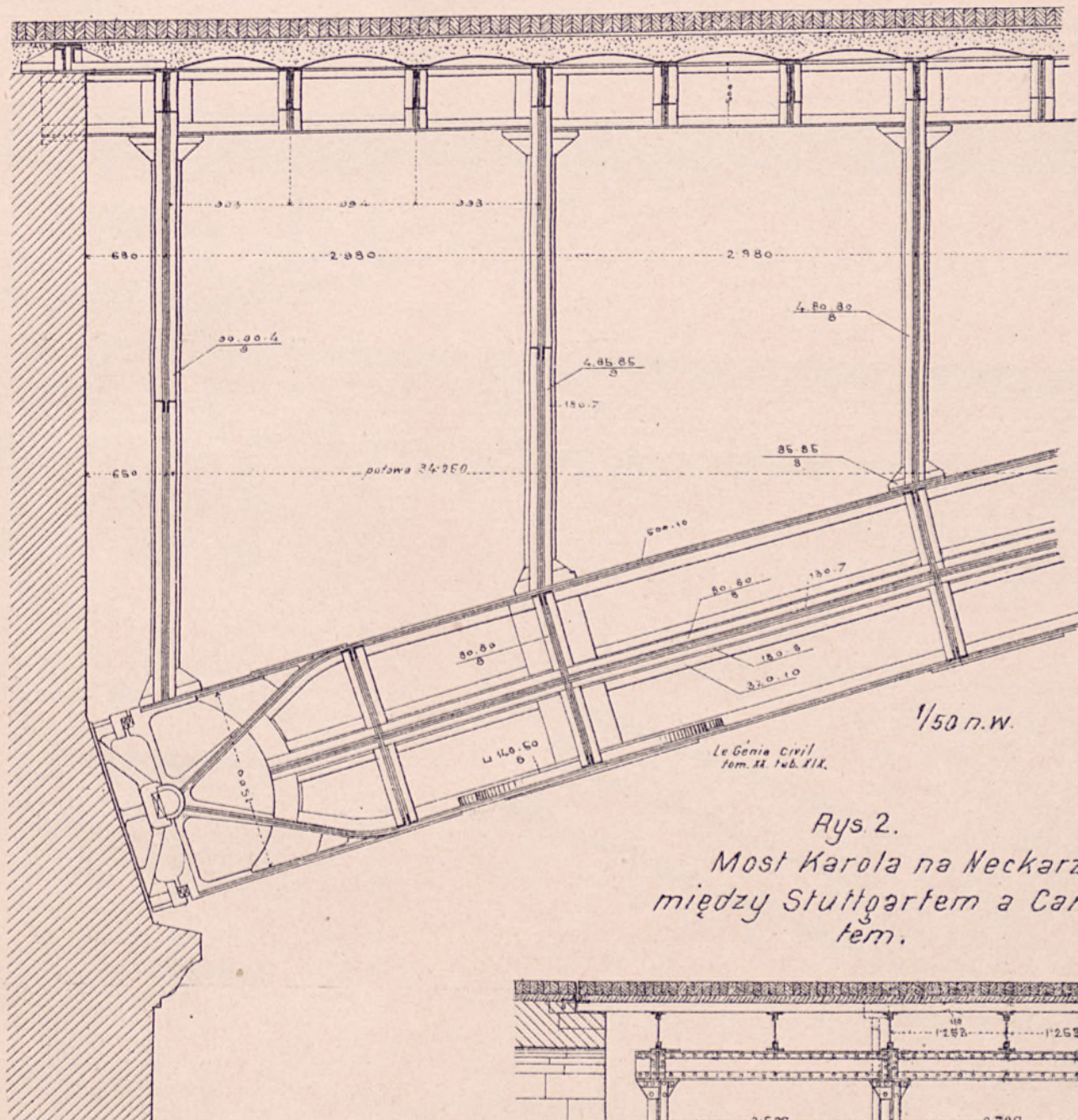




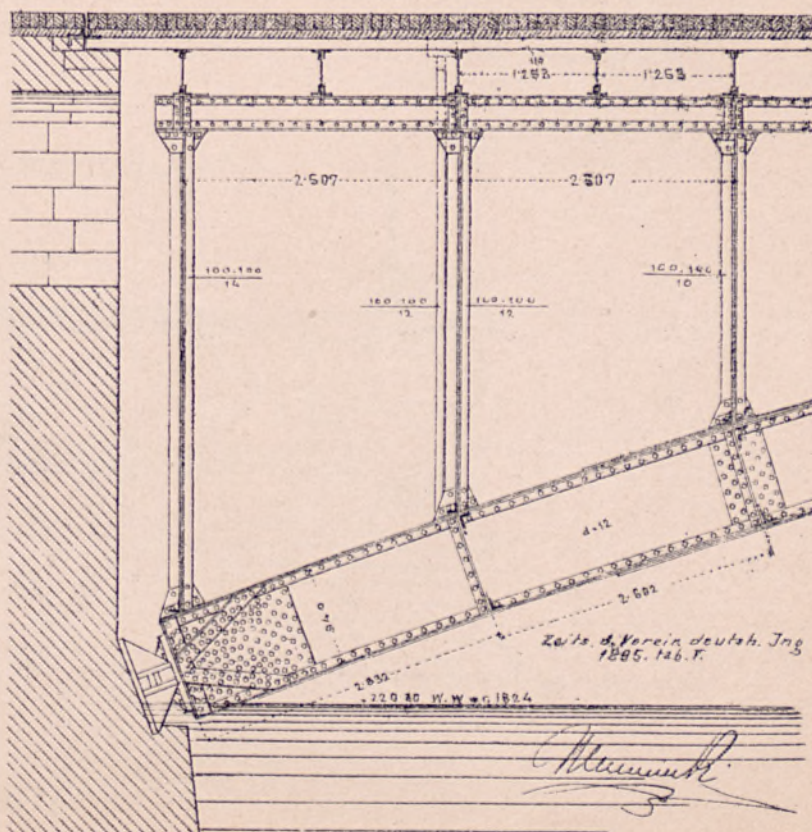
# ŁUKI DWUPRZEGUBOWE BLASZANE.

*Ays. 1. Most południowy na Rodanie w Lugdunie.*

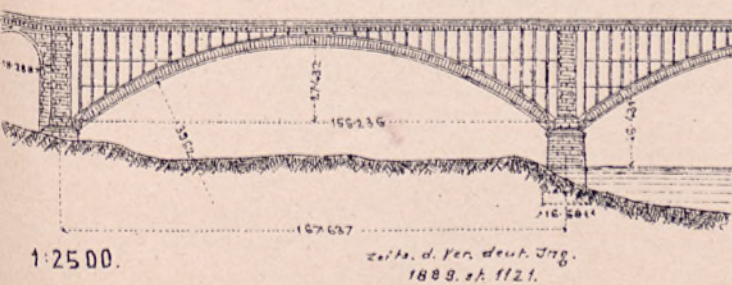
*Przekrój podłużny.*



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



*Ays. 3.  
Most Manhattan na rzece  
Harlem w Nowym Yorku.*



*M. Thullie. Mosty łukowe żel.*

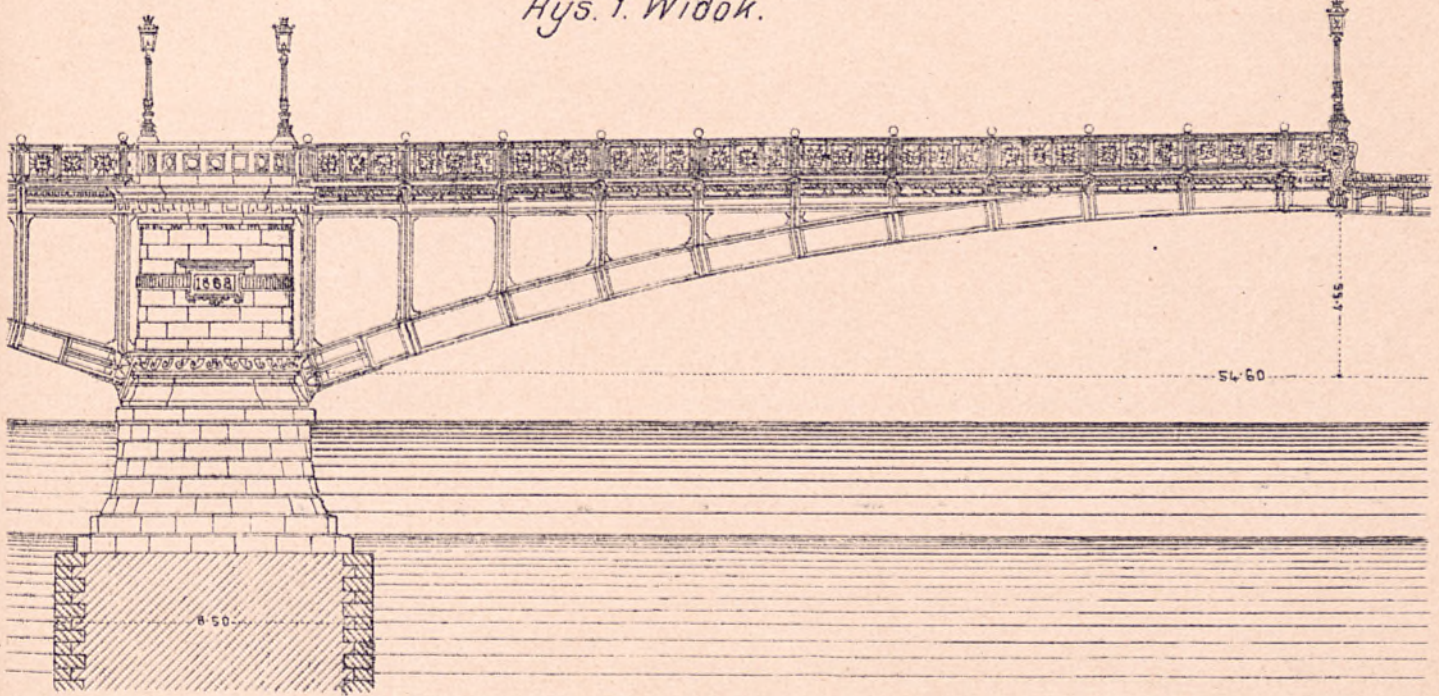




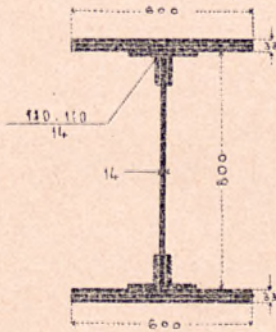


MOST W ROUEN.,

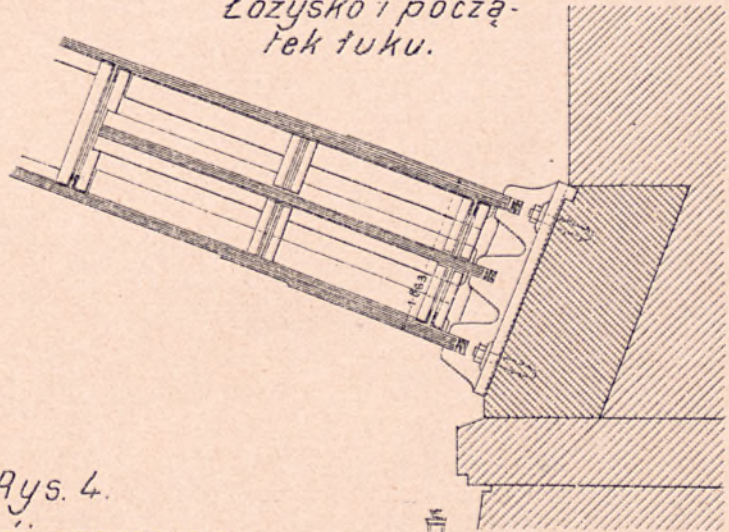
Rys. 1. Widok.



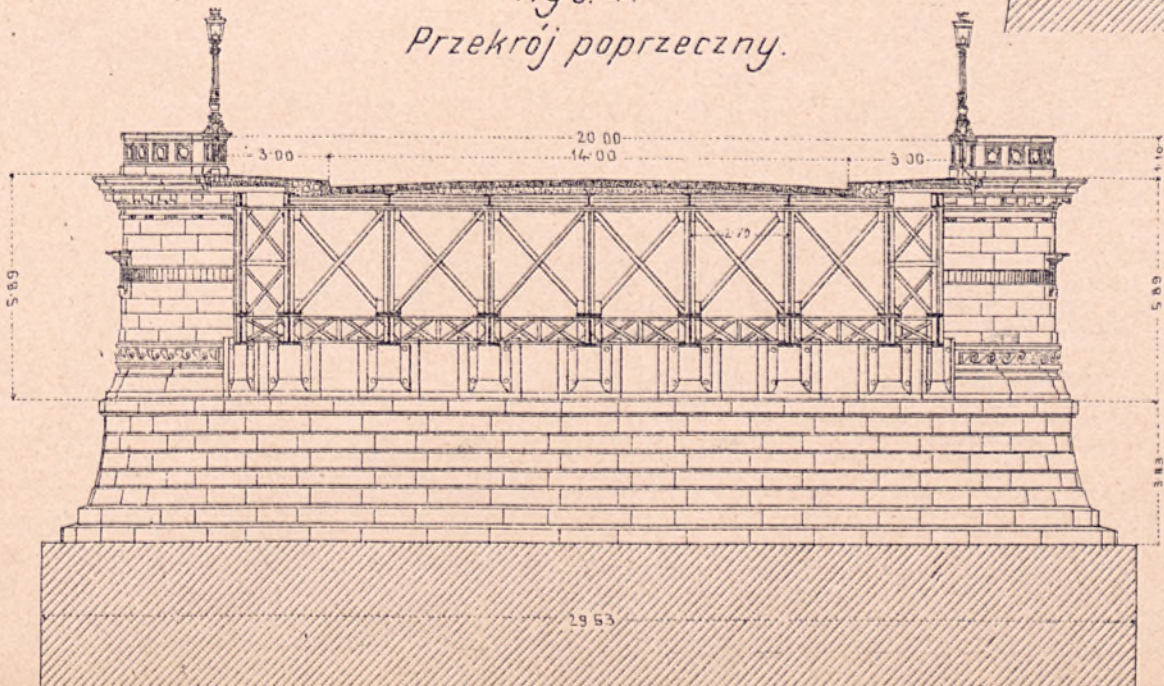
Rys. 2. Przekrój tuku blaszanego.



Rys. 3. Łożysko i początek tuku.



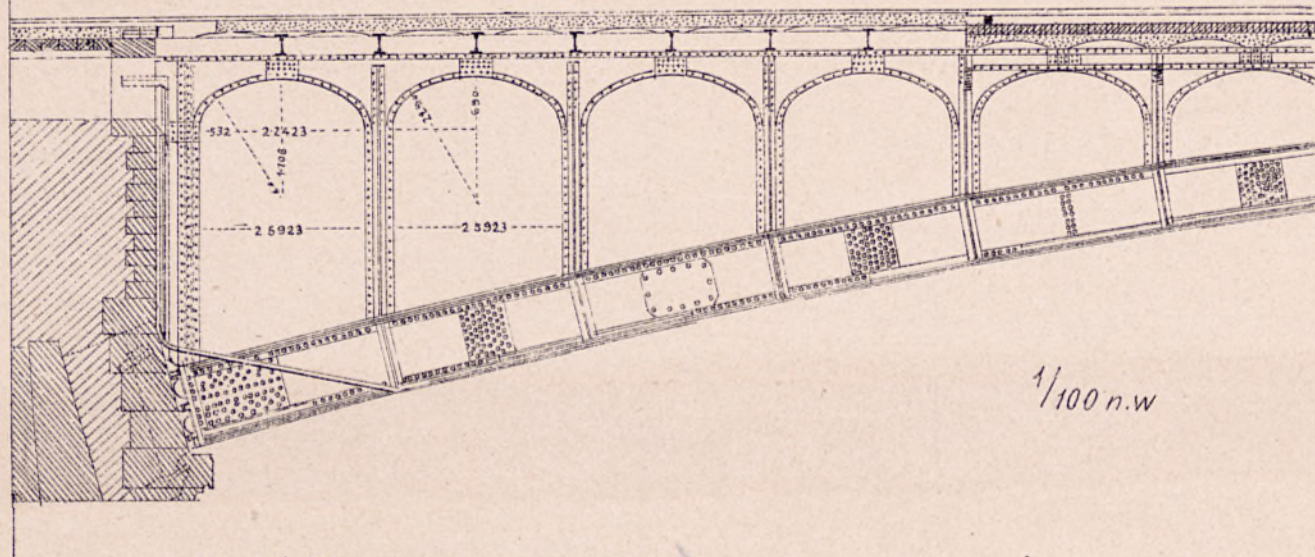
Rys. 4. Przekrój poprzeczny.





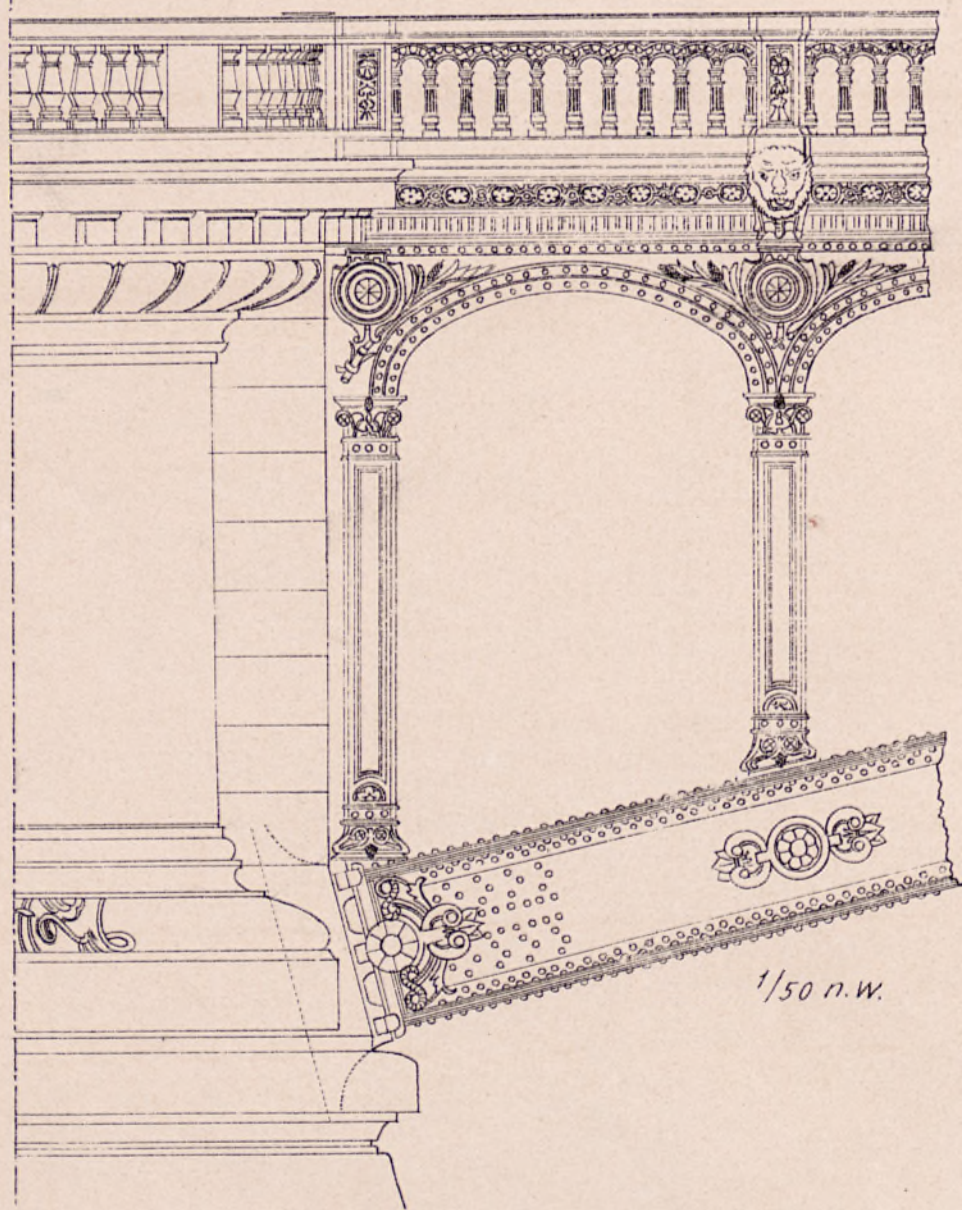
# MOSTY MORAND I LAFAYETTE.

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



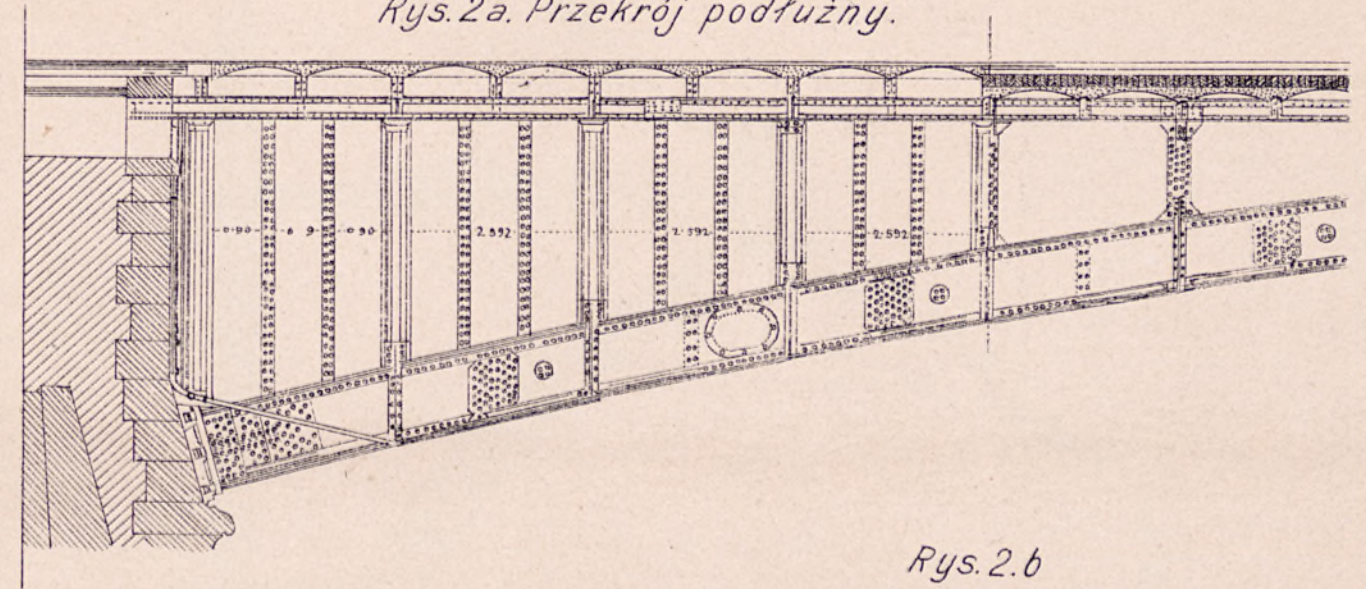
1/100 n.w.

Rys 1b. Widok części mostu.



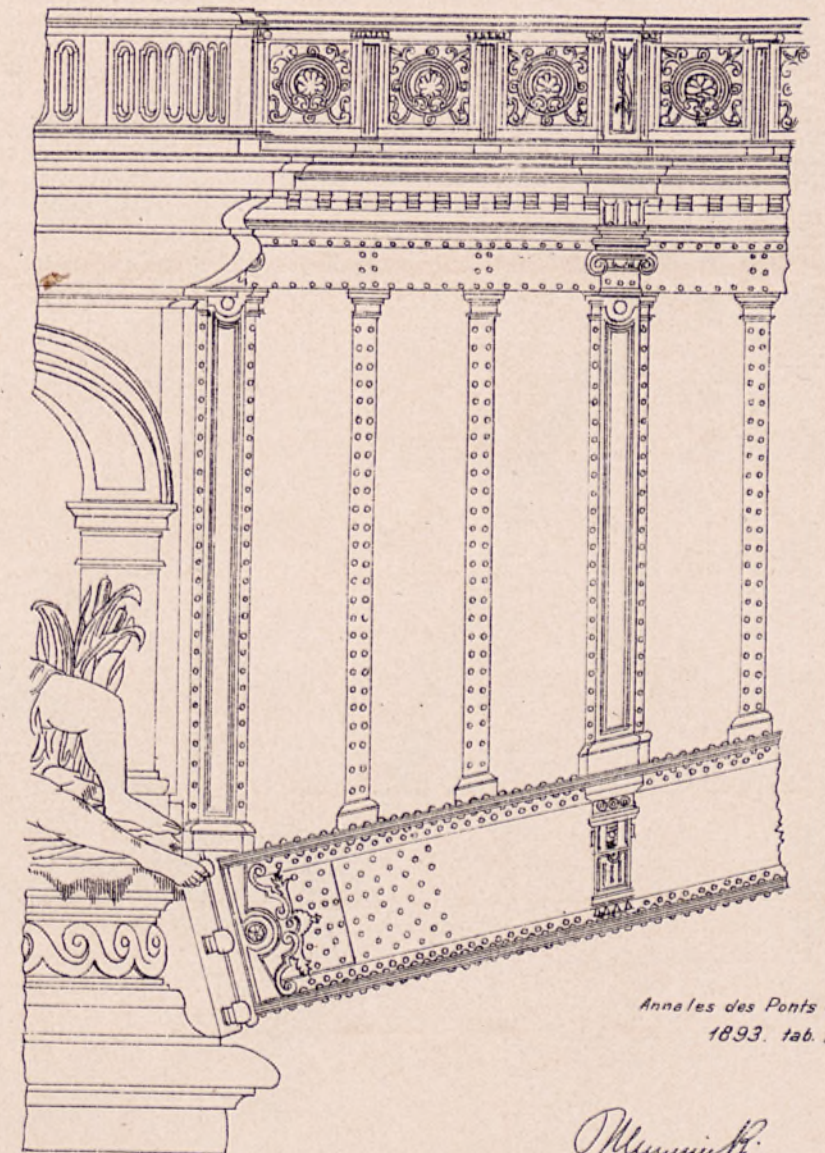
1/50 n.w.

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



Rys. 2.b

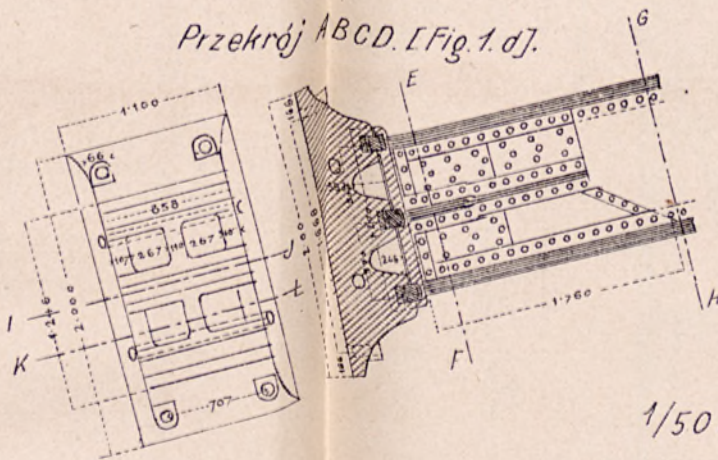
Widok części mostu.



Rys. 1.c.

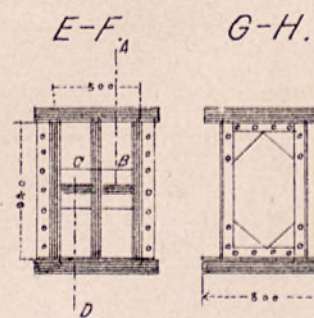
Łożysko na pół stałe przy  
moście na Rodanie  
w Lugdunie.

Przekrój ABCD. [Fig. 1.d].

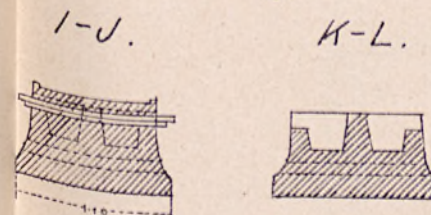


1/50 n.w.

Rys. 1.d.  
Przekroje



Rys. 1e.  
Przekroje.



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

*Musnier*

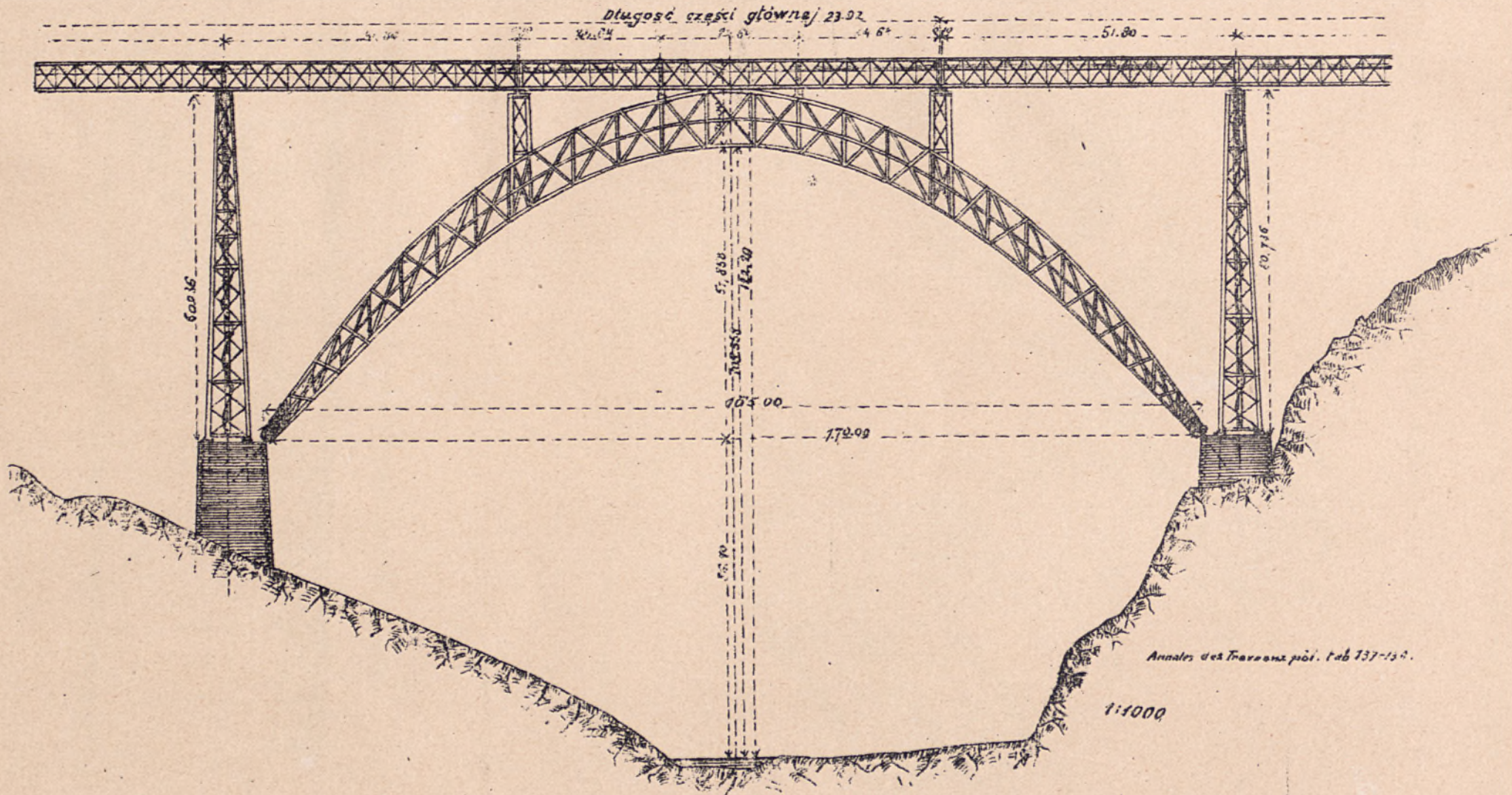




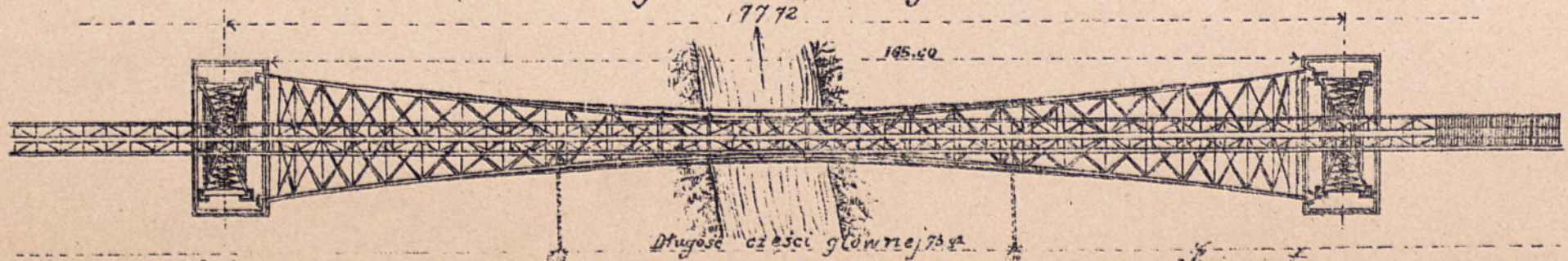


# ŁUKI DWUPRZEGUBOWE KRATOWE SIERPPOWE

Rys. 1.a. Wiadukt Garabit. Widok.



Rys. 1b. Rzut poziomy.



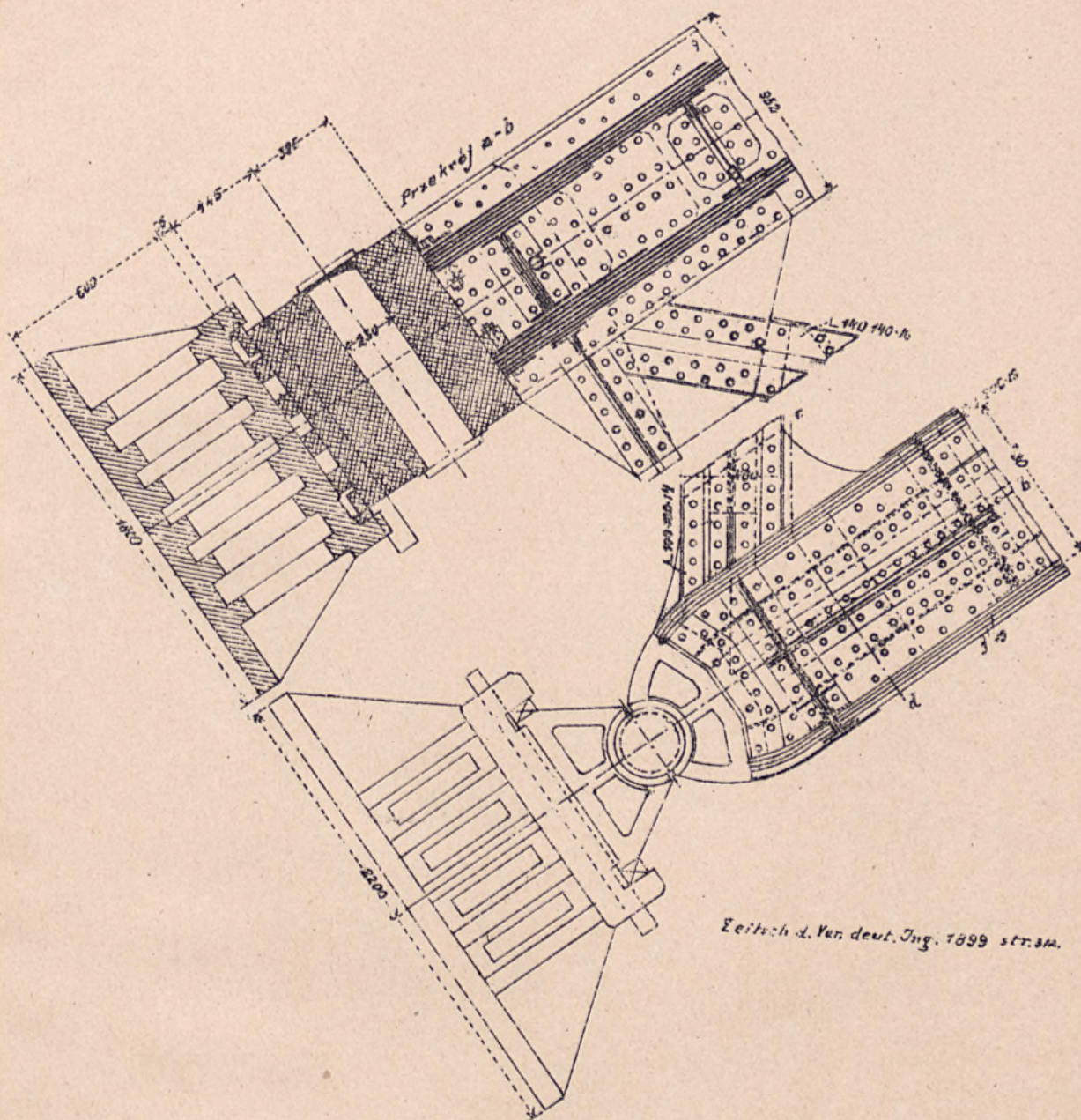
Tab. 13.





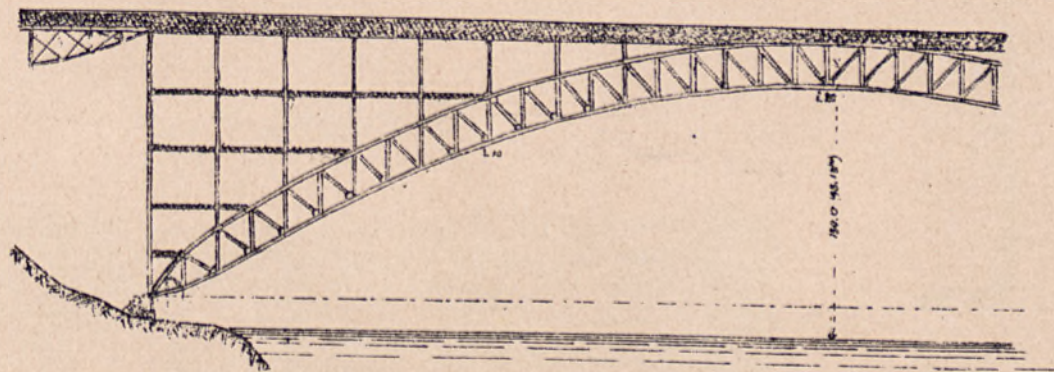


Rys. 1. Most na Renie w Bonn



Zeitsch. d. Ver. deut. Ing. 1899 str. 84.

Rys. 2. Most nad wodospadem Niagary.



Engineering 1893 t. 2.

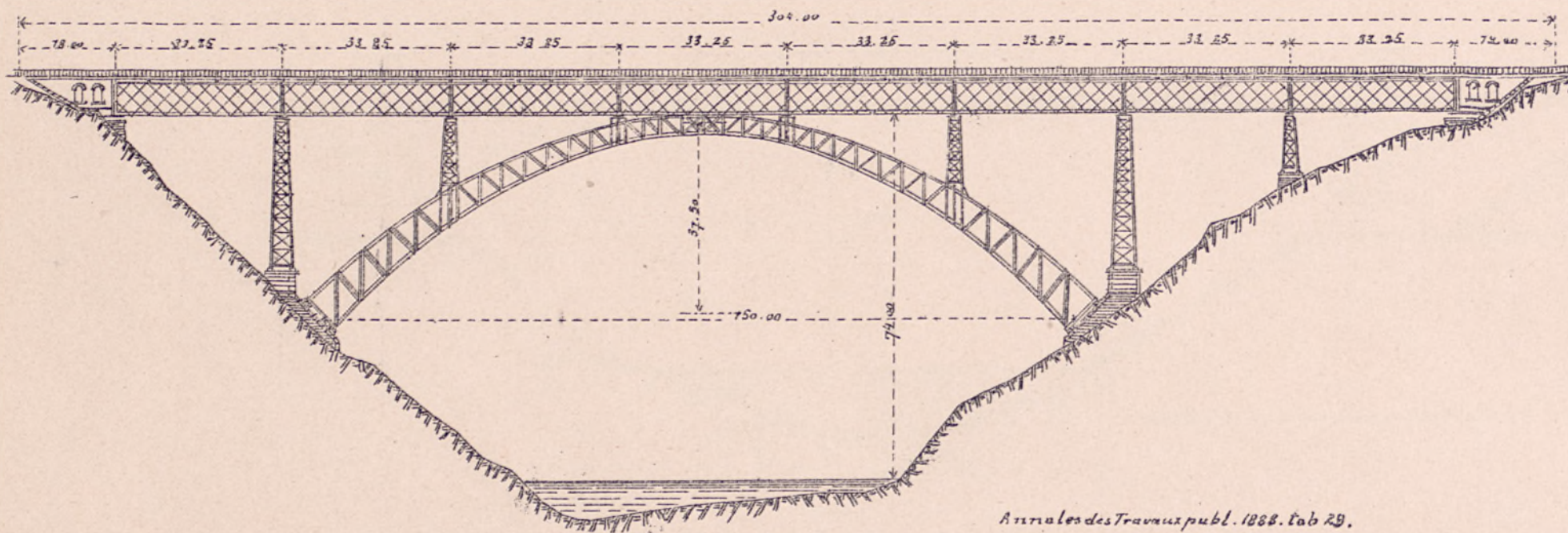




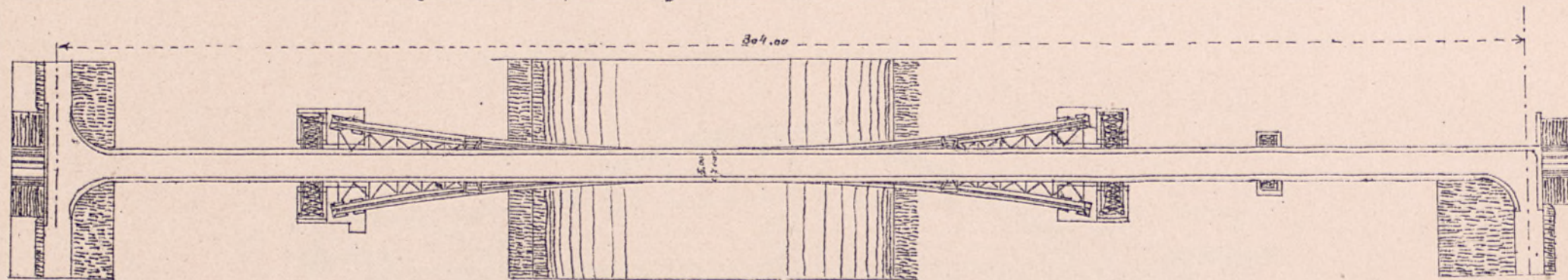


# ŁUKI DWUPRZEGUBOWE KRATOWE SIERPOWE

Rys. 1a. Wiadukt Paderno. Widok.



Rys. 1b. Rzut poziomy.



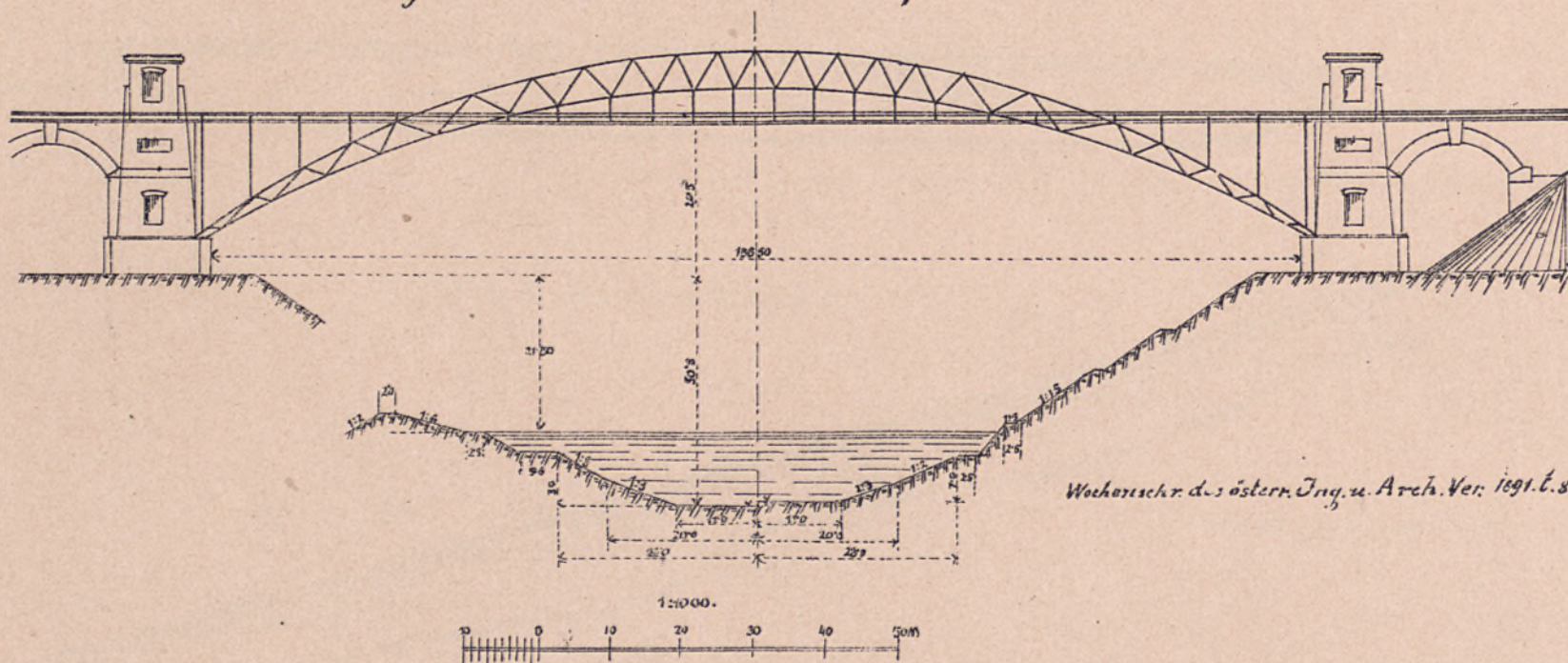




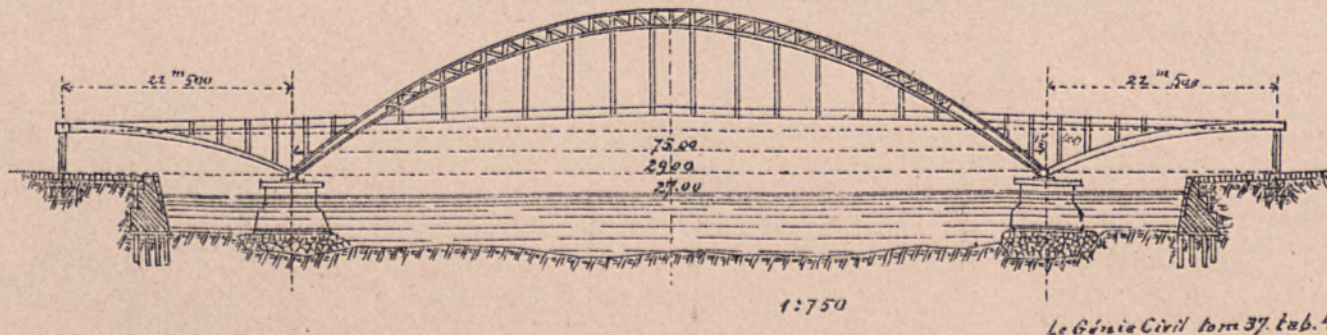


# ŁUKI DWUPRZEGUBOWE KRATOWE SIERPOWE

Rys. 1. Most nakanale Wilhelma pod Grünthal.



Rys. 2. Kładka na Sekwanie. Widok.



*Freiman*

Dr. M. Thullie Mosty żelazne.





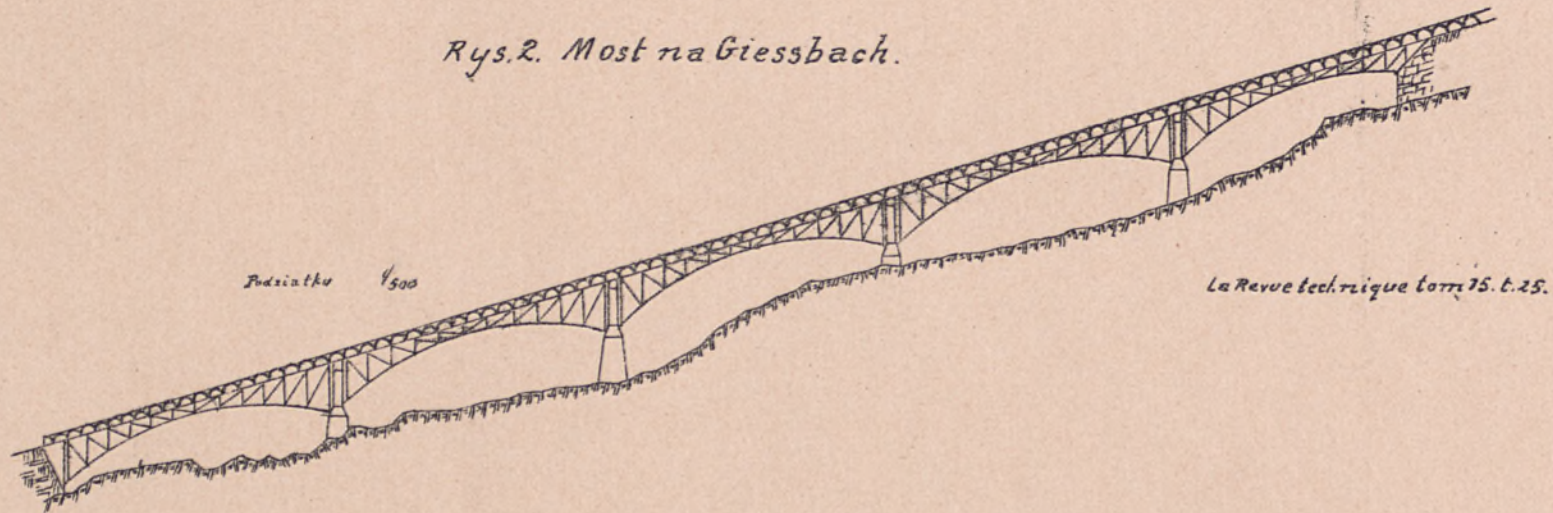


# ŁUKI DWUPRZEGUBOWE KRATOWE PROSTOPASOWE

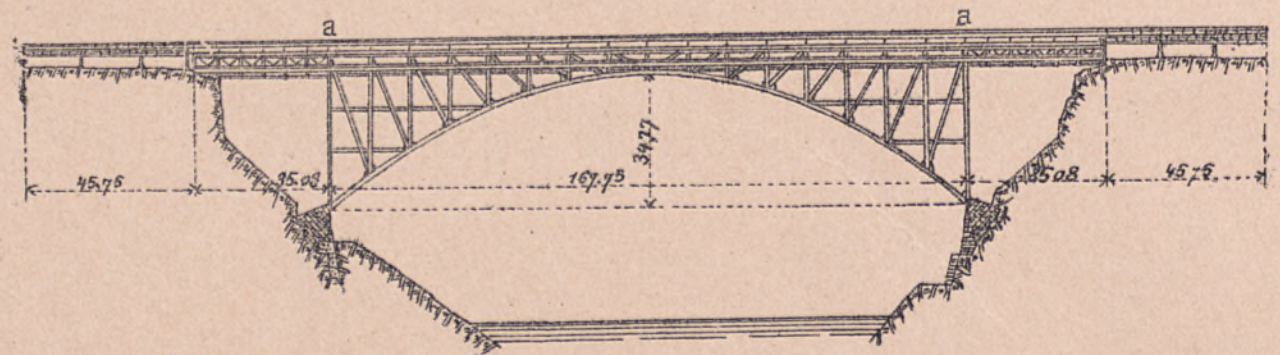
Rys. 1. Most wodociągowy na Sekwanie w Argenteuil.



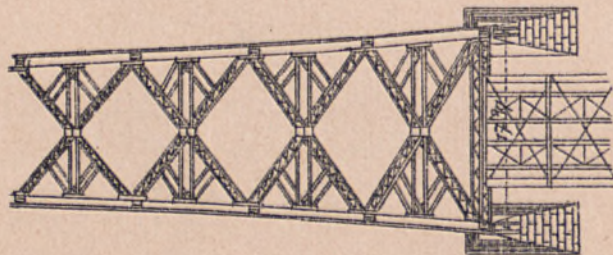
Rys. 2. Most na Giessbach.



Rys. 3. Most na Niagarze.



Rys. 3a. Rzut poziomy.



Le Génie Civil tom 33. t. 12.



ŁUKI DWUPRZEGUB. KRATOWE RÓWNOLEG. I TRÓJPRZEGUB. BLASZANE.



Rys. 1. Most kolejowy nad Sprewią w Berlinie.

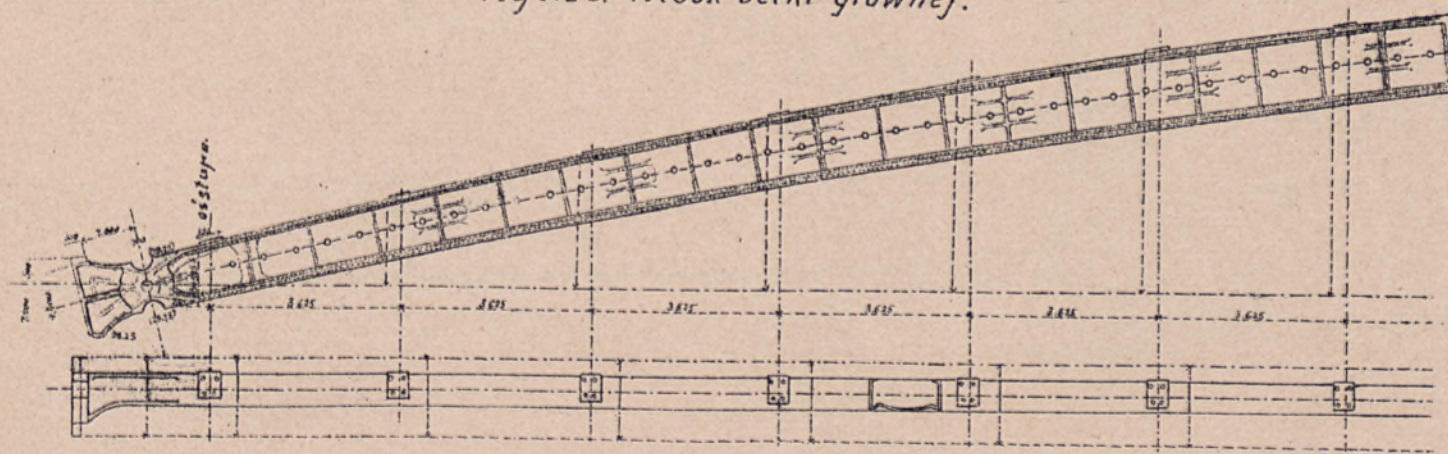
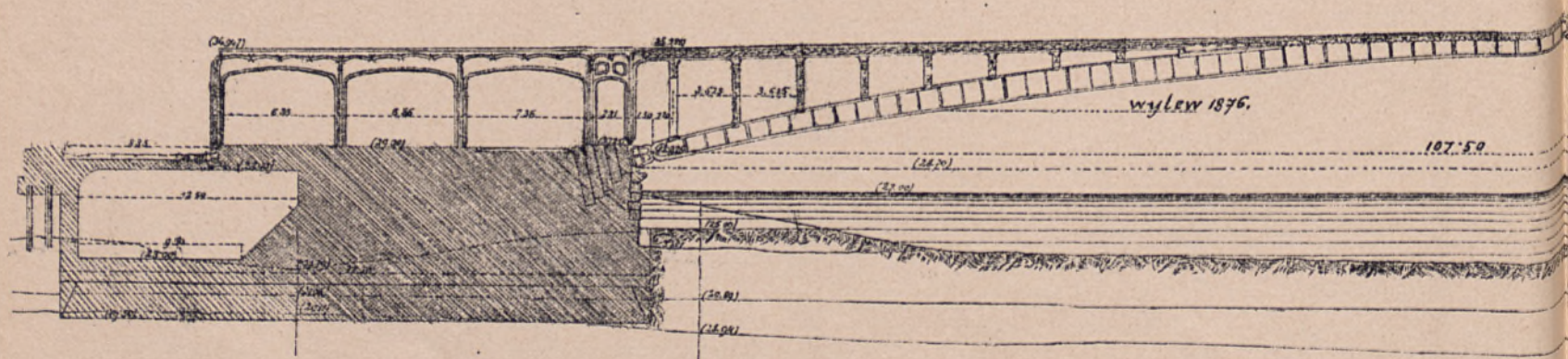
Zeitschr. f. Bauwesen 1884.

1884. t. 4.

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. 1893 Pl. 41.

Thoisier











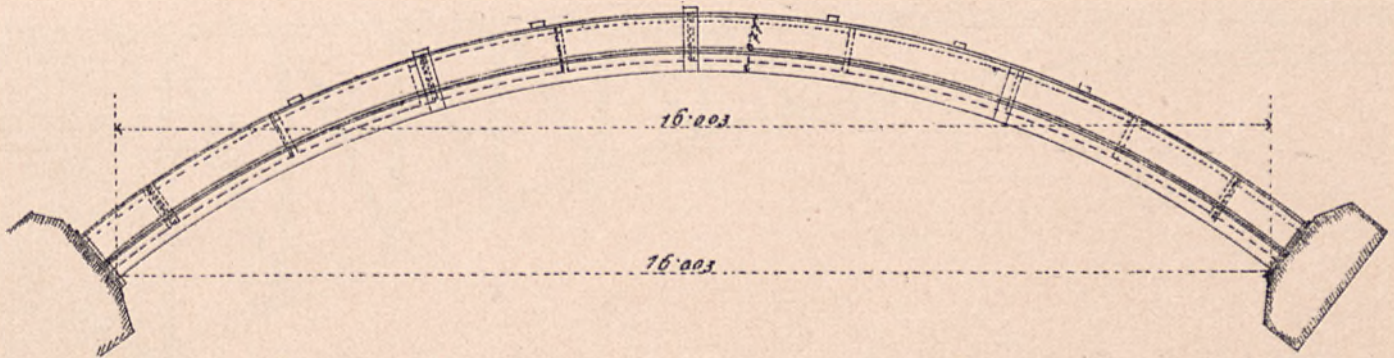






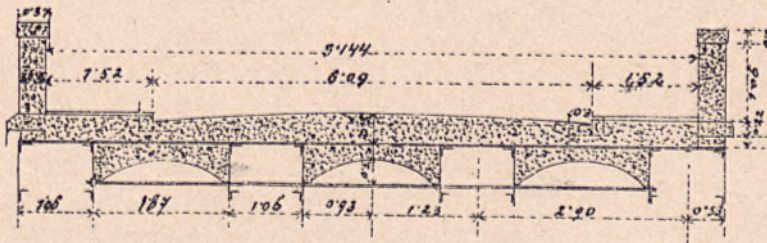
ŁUKI DWUPRZEG. KRAT. PROSTOP. I TRÓJ. P. BLASZ.

Rys. 1a. Most w Helensburgh.

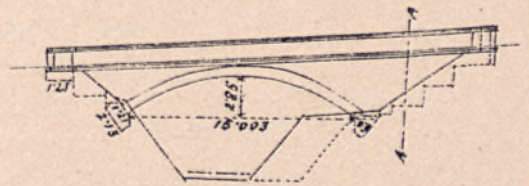


Engineering. 1894. str 266.

Rys 1b. Przekrój w kluczu.

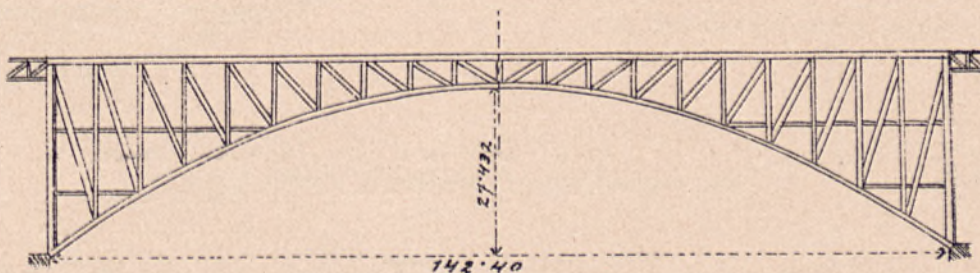


Rys. 1c. Widok.



Engineering. 1894 str 266.

Rys. 2. Most na Zambesi przy wodospadzie Victoryi.



Engineering 1905 str 142.

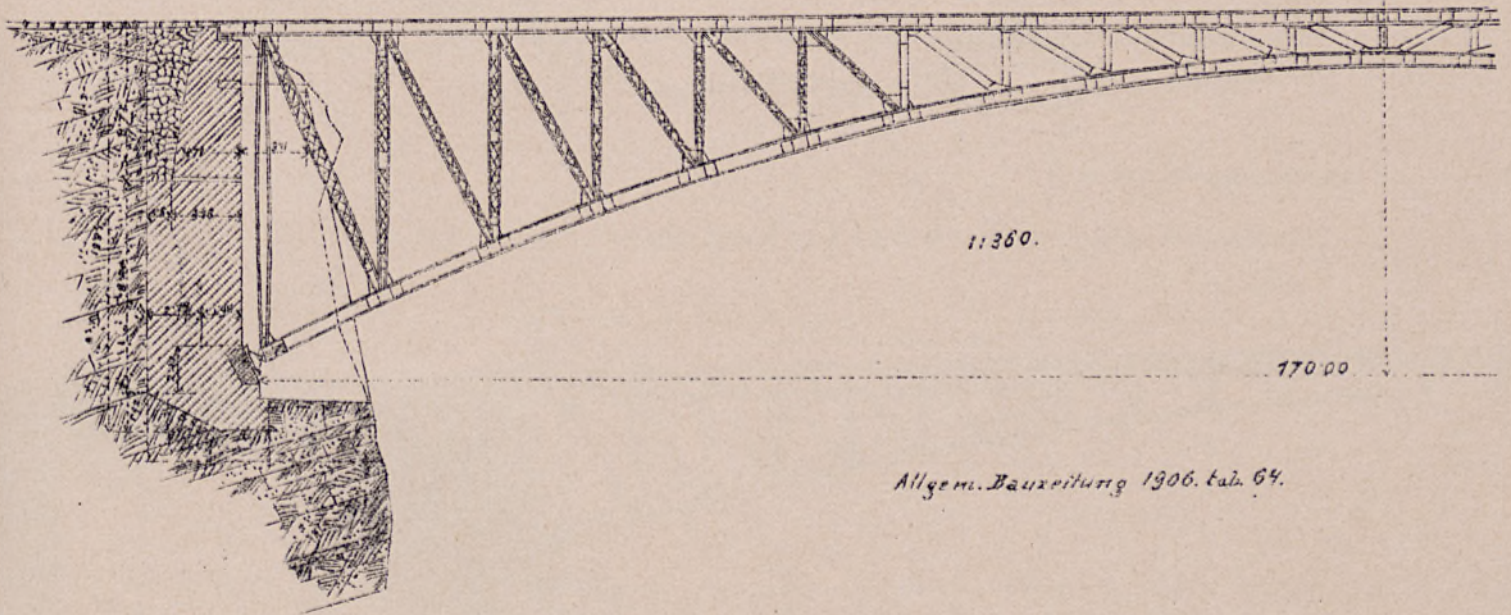




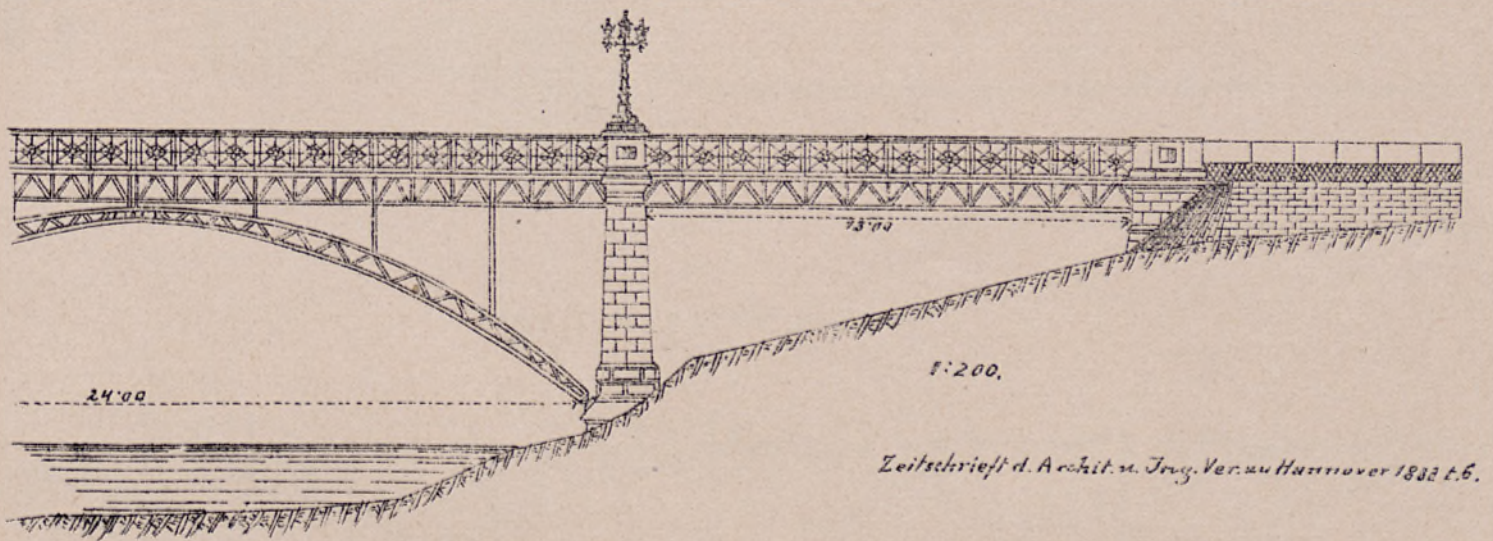


# ŁUKI DWUITRÓJPRZEG. PROSTOFA S. KRATOW.

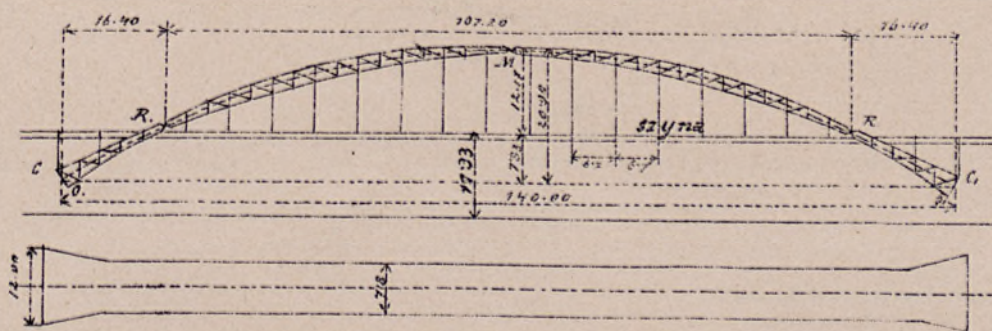
Rys. 1. Most na wozie Anger drugiej kolej alpejskiej.



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



Rys. 3. Most Austerlitz na Sekwanie.



L'Éclair Civil. tom 46. str. 416.

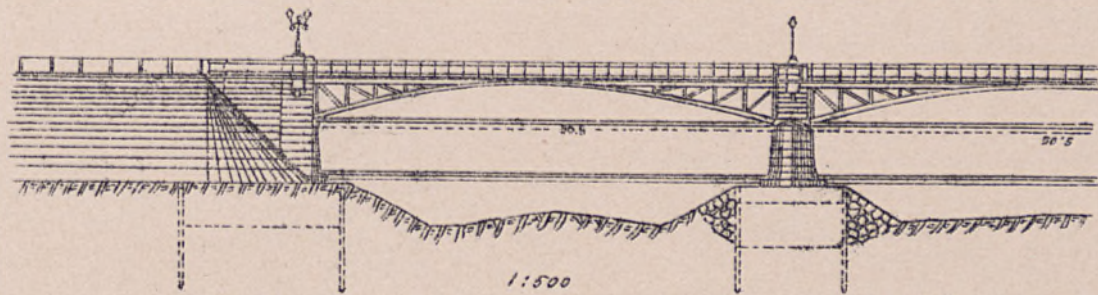






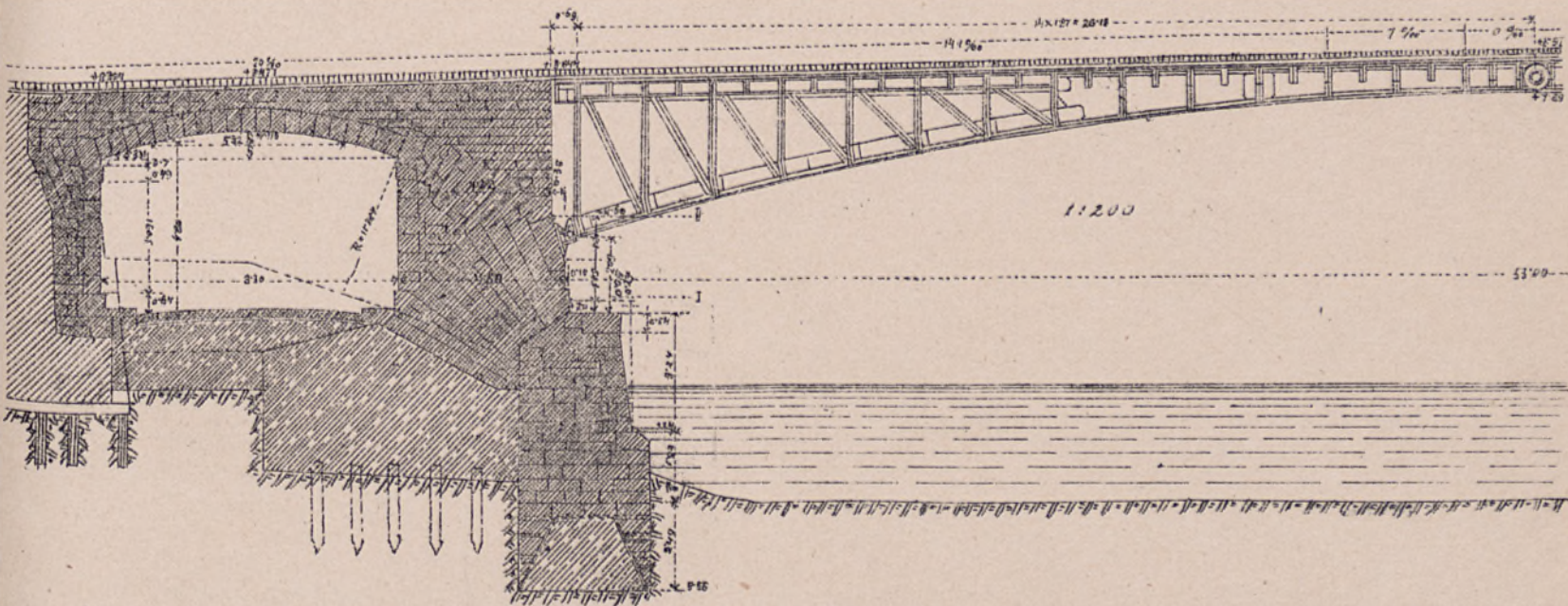
# ŁUKI TRÓJPRZEG. PROSTOPAS. I WYSTAJĄCE.

Rys. 1. Most na Warcie pod Kostrzynem.



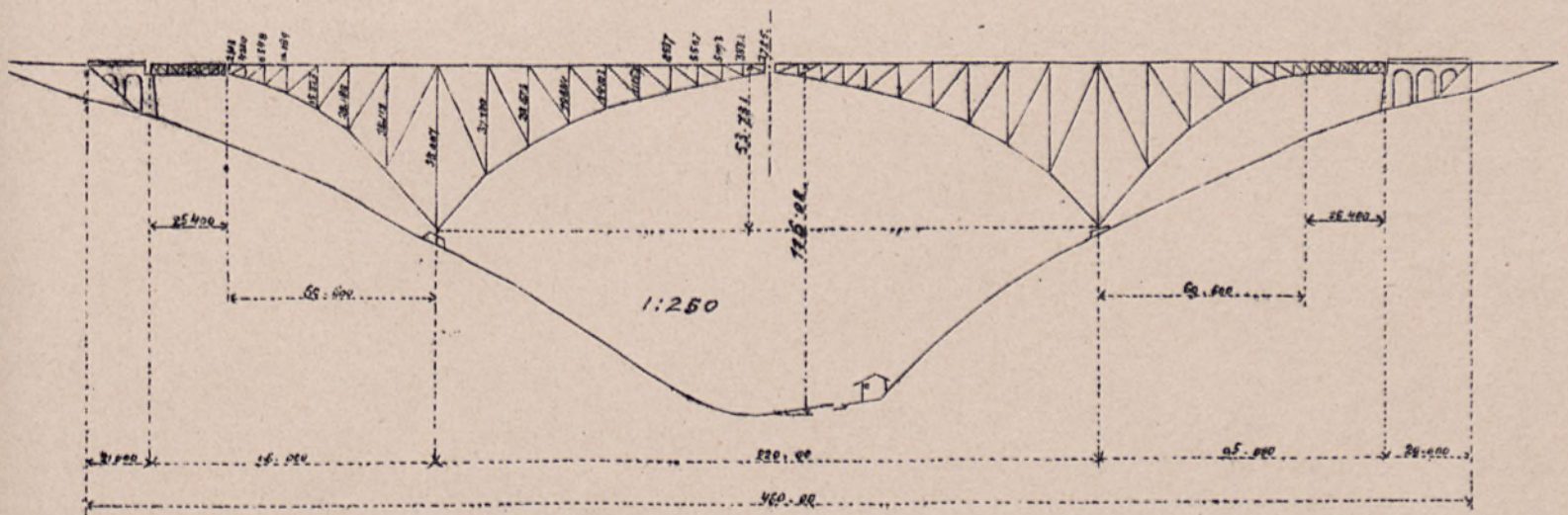
Zeits. f. Baugesetz 1884 t. 23.

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



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

Rys. 3. Wiadukt Viaur.



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



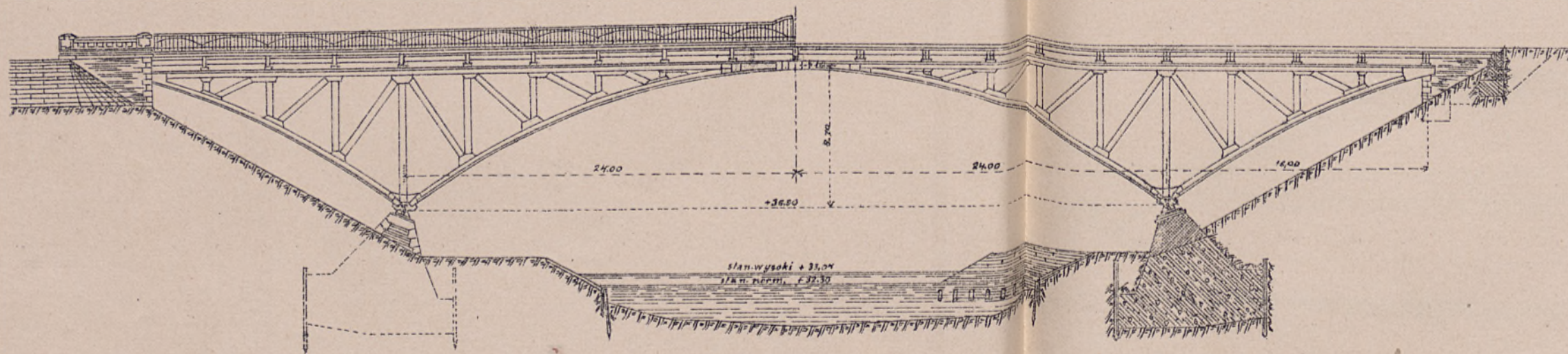
# ŁUKI TRÓJPRZEGUBOWE WYSTAJĄCE.

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



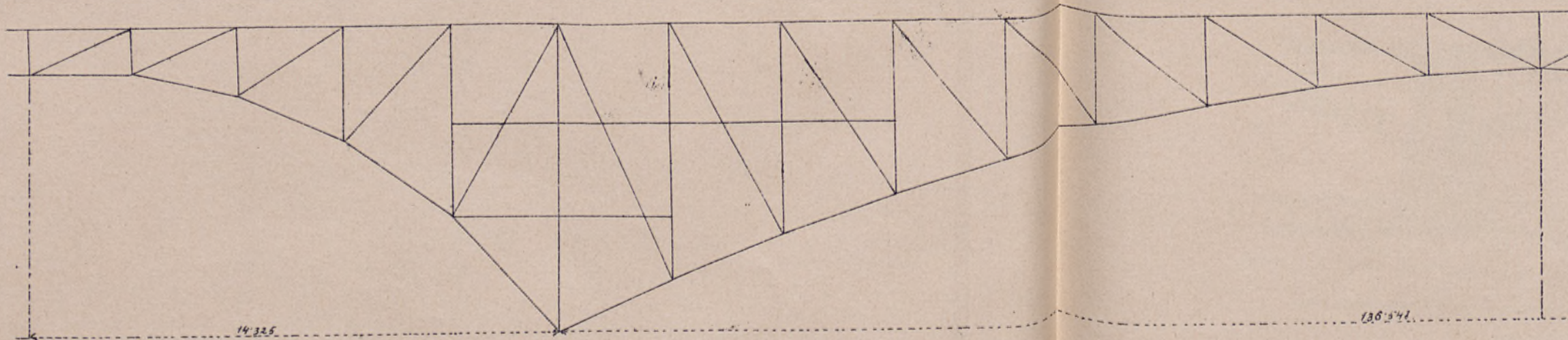
Le Génie Civil tom. 29. tab. 2.

Rys. 2. Most na kanale teltowski pod Rixdorfem.



Zeitsch. f. Baueser 1906. tab. 66.

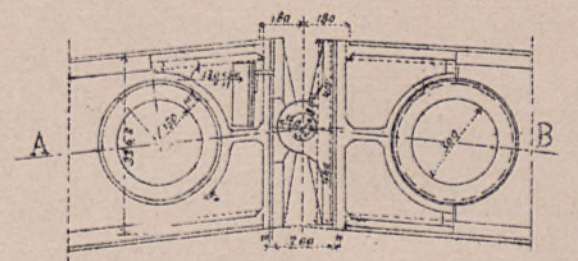
Rys. 3. Most na Rio Grande w Costarice. Widok.



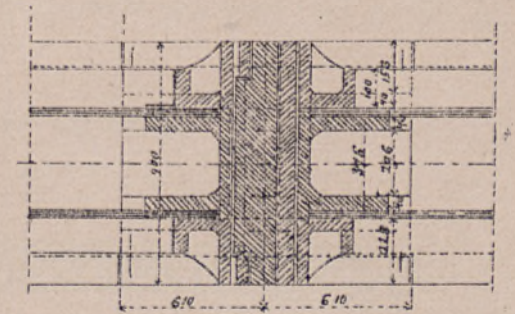
Engineering News. 1902. tab. 23/12.

Dr. M. Thullie. Mosty łukowe żel.

Rys.1b. Łożysko przegubowe.



Rys.1c. Rzut poziomy. AB.



Le Génie Civil. tom. 29. t. 2.

Freimantel.

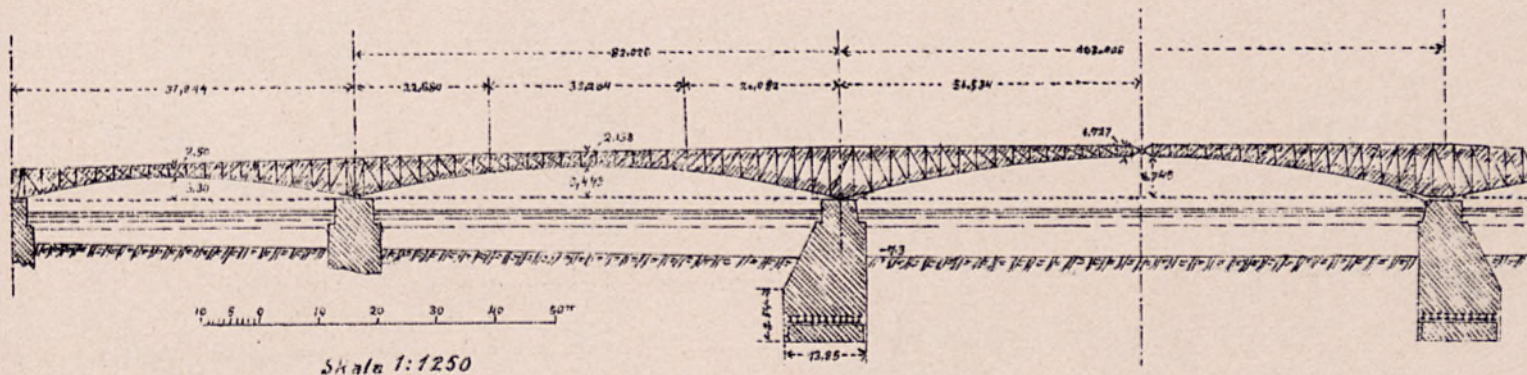






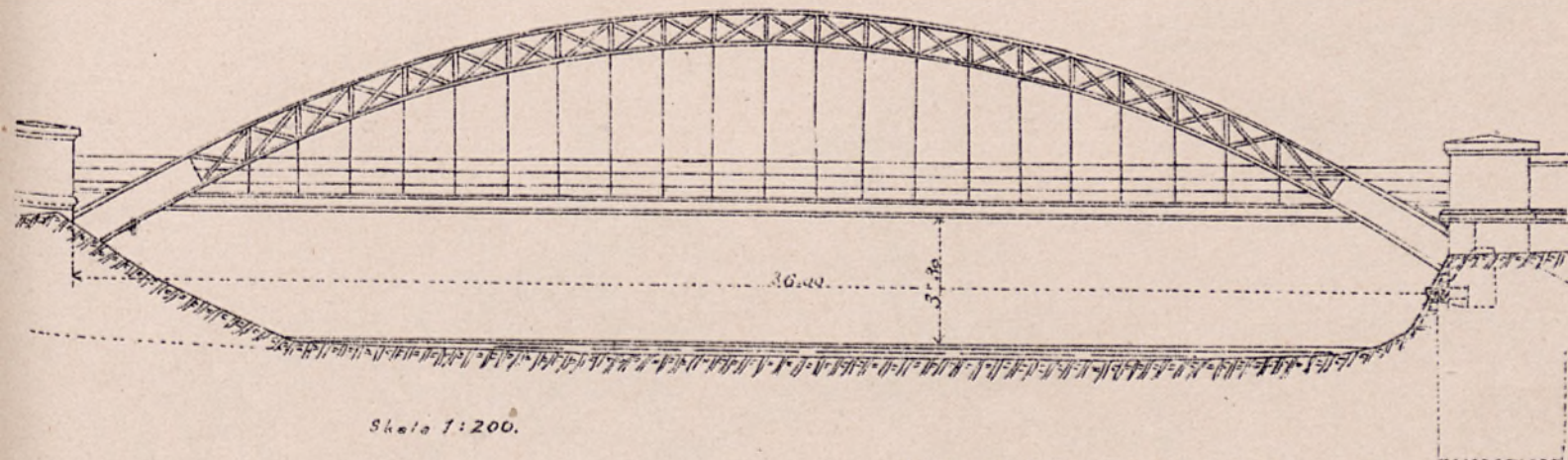
# LUKI TRÓJPRZEG.WYSTAJ.I BEZPRZEGUB.

Rys. 1. Most troicki na Newie w Petersburgu.



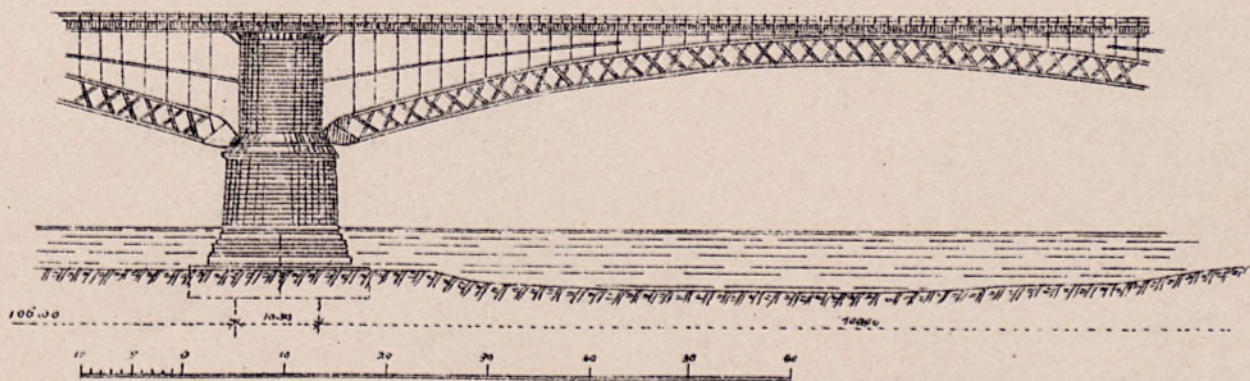
Centralblatt der Bauverwaltung, 1904, str. 42.

Rys. 2. Most nad rzeczą Wharfe pod Ben Rhydding.



Le Annuaire des Travaux Publics, 1868, str. 2152

Rys. 3. Most na Renie koto Horschheim.



Skala 1:750.

Zeitschrift für Bauwesen 1902 t. 66.

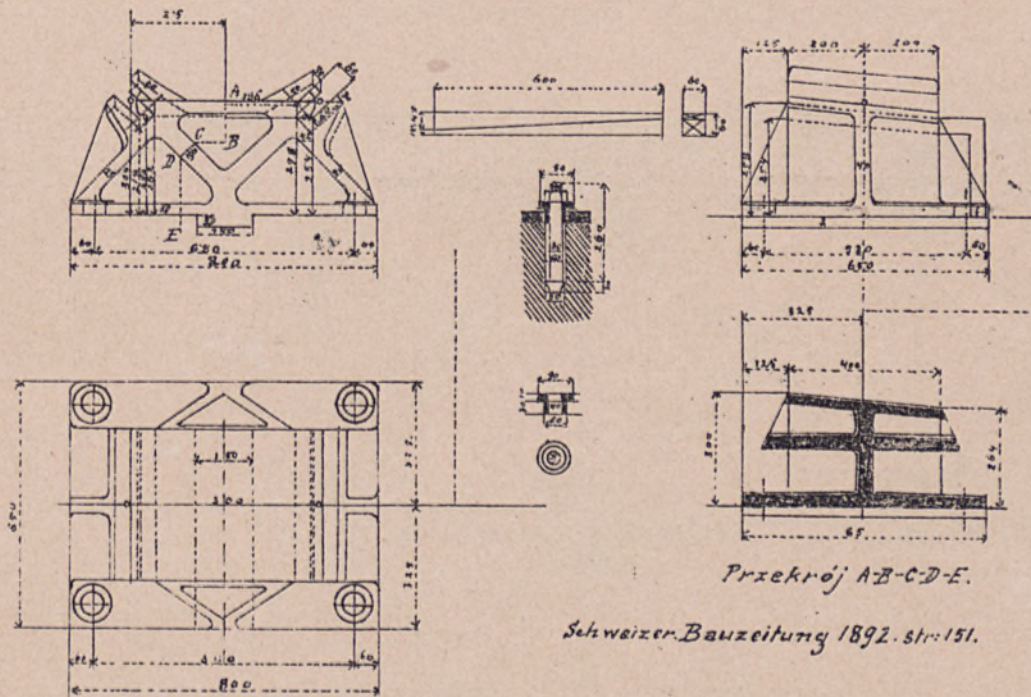




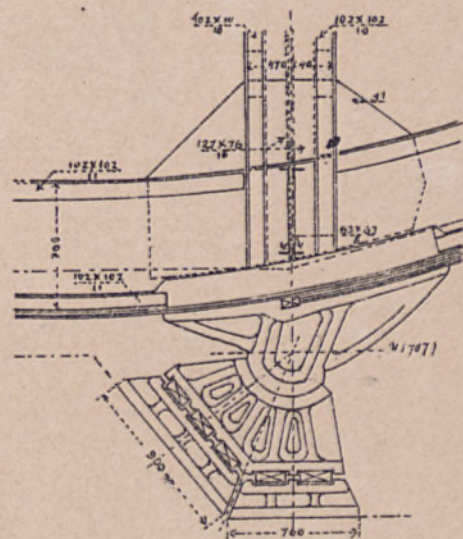


# ŁOŻYSKA STALE.

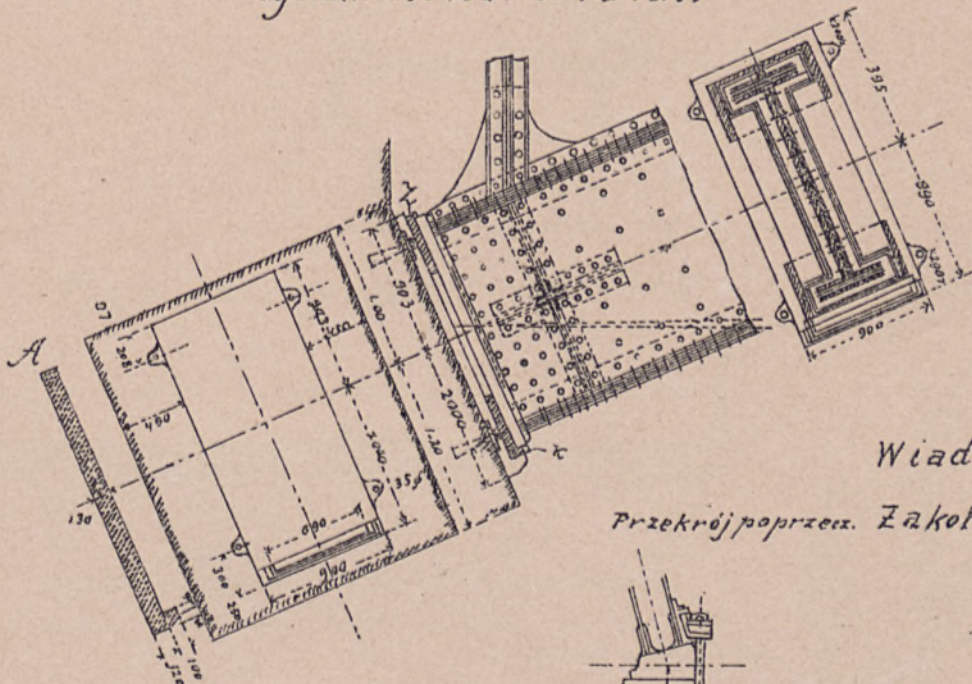
Rys. 1. Most narzece Gêrine w St. Sylvestre.



Rys. 3. Most troicki na Newie w Petersburgu.



Rys. 2. Most na Rohrback.

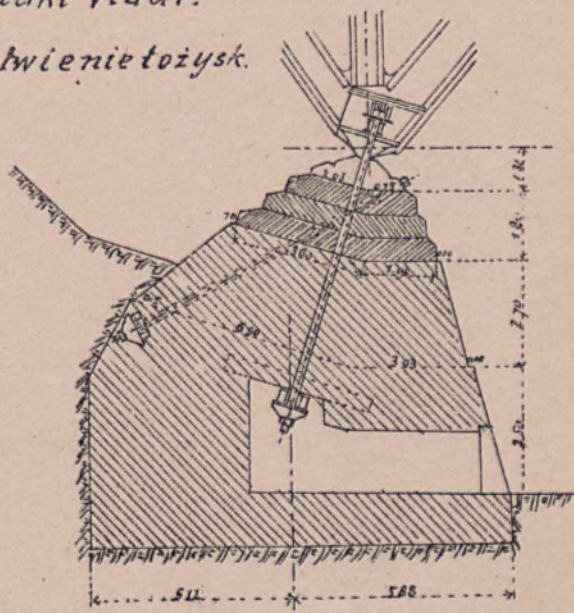
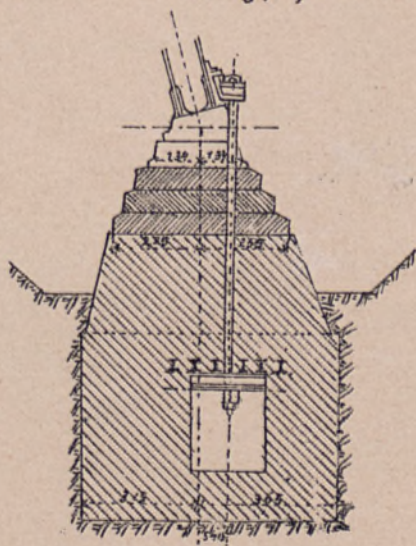


Szwajcarskie mosty. tab. 15.

Rys. 4.

Wiadukt Viaur.

Przekrój podłużny.















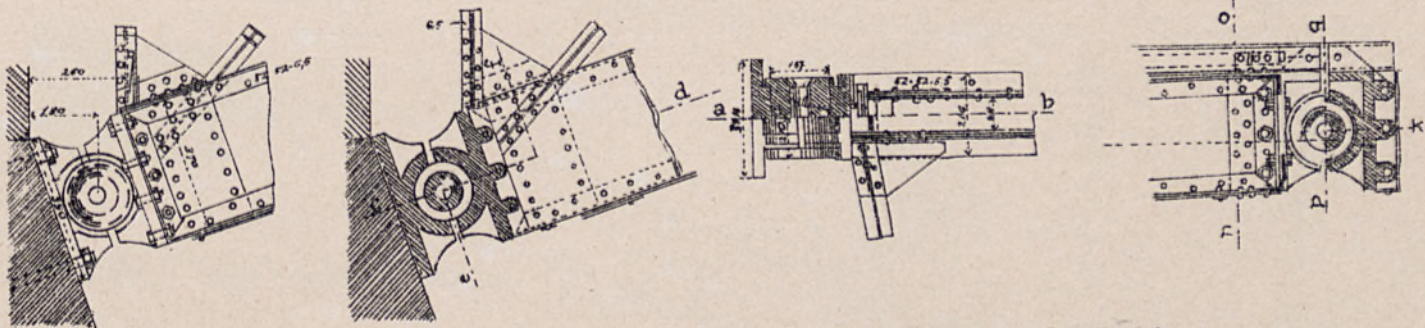


Rys.1. Most Moltkego na dolnej Sprewii w Berlinie.

Widok.

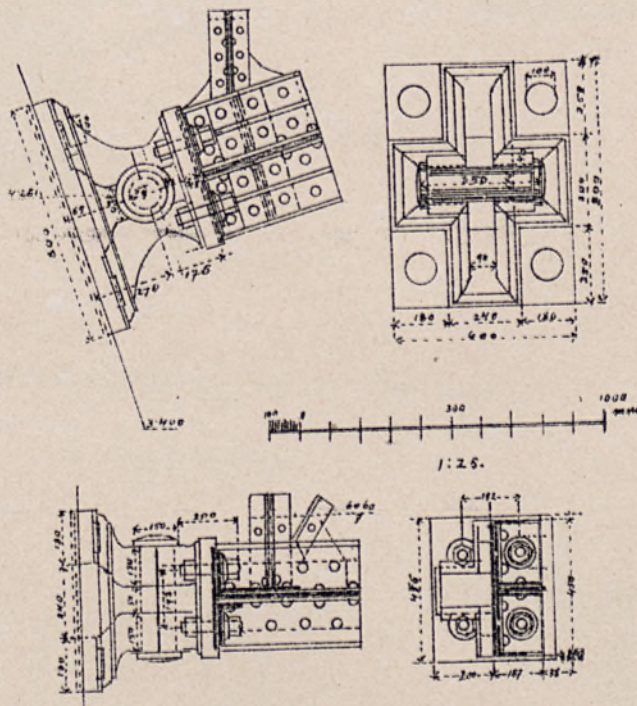
Przekrój A-B.

Przekrój C-D.



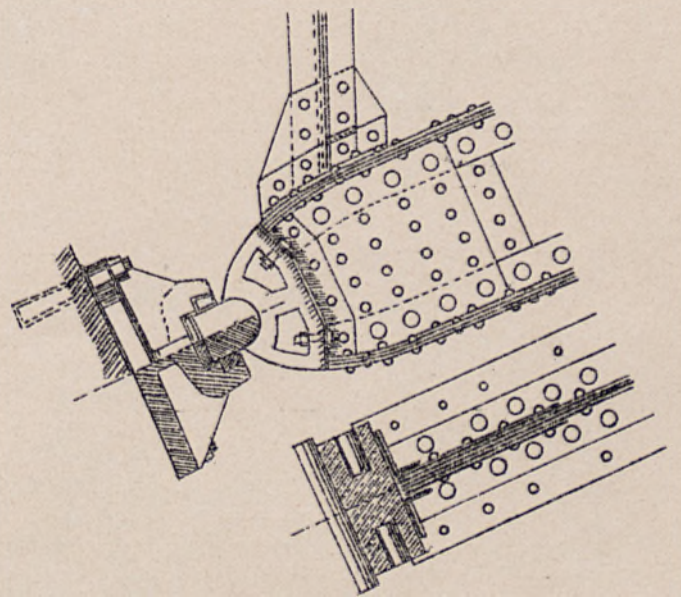
Die Strassen-Brücken Berlins tab:3.

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



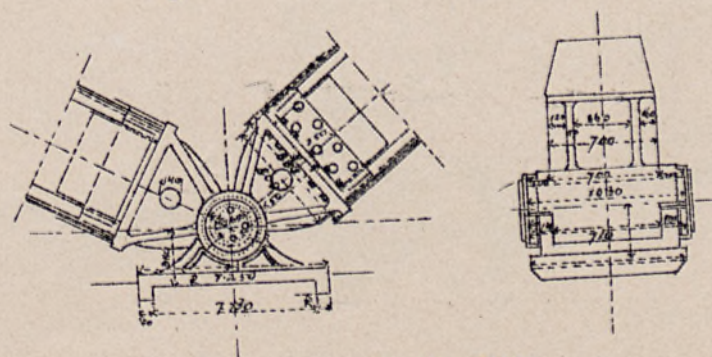
Zeitsch. des Österr. Ing.-u. Arch. Vereln 1900 tab:13.

Rys.3. Most drogowy w Kolonii.



Centralblatt der Bauverwaltung 1890, 562.

Rys.4. Kładka na Sekwanie.



Podziatka 1:50.

Le Génie Civil tom 37. tab:4.







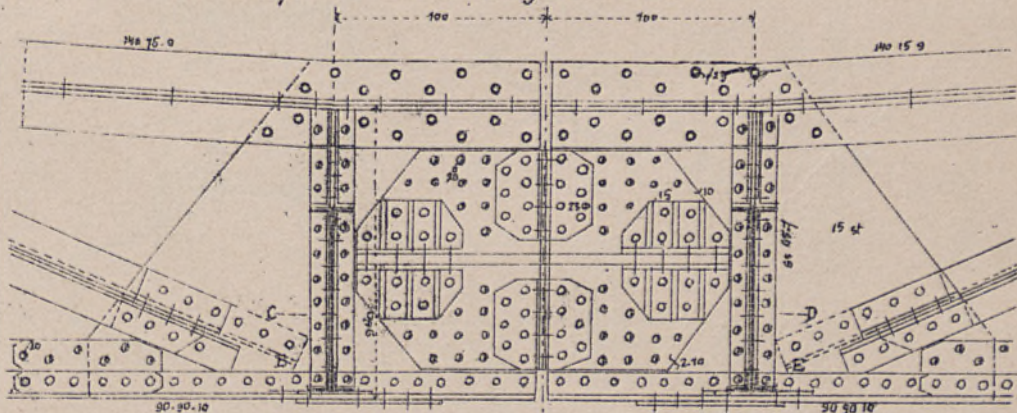
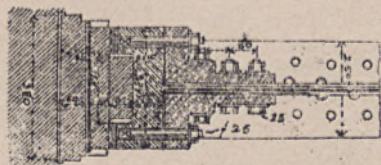
# ŁOŻYSKA PRZEGUB. I WPÓŁ STALE.

Rys. 2. Most na Wezerze w Hammelni.

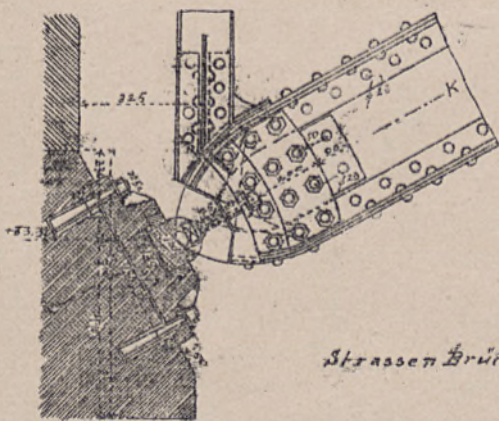
Rys. 1. Most Marszałkowski w Berlinie.

Rys. 2a. Przekrój wkluczu.

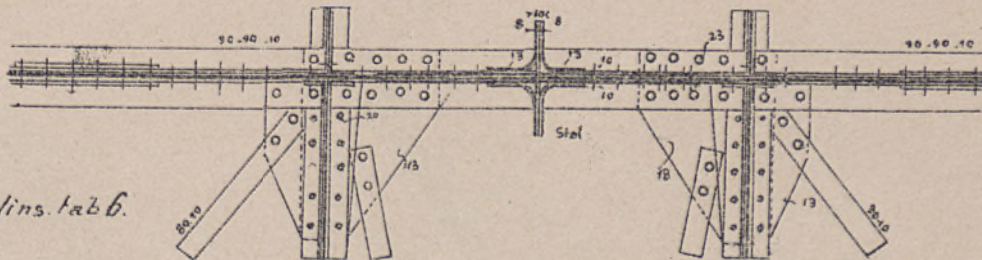
Rys. 1a. Przekrój i-k.



Rys. 1b. Przekrój podłużny.



Rys. 2b. Przekrój B-C-D-E.

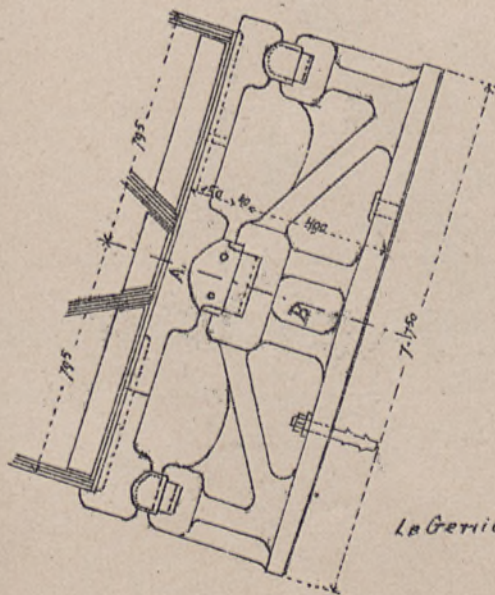


Strassen Brück. Berlins. tab. 6.

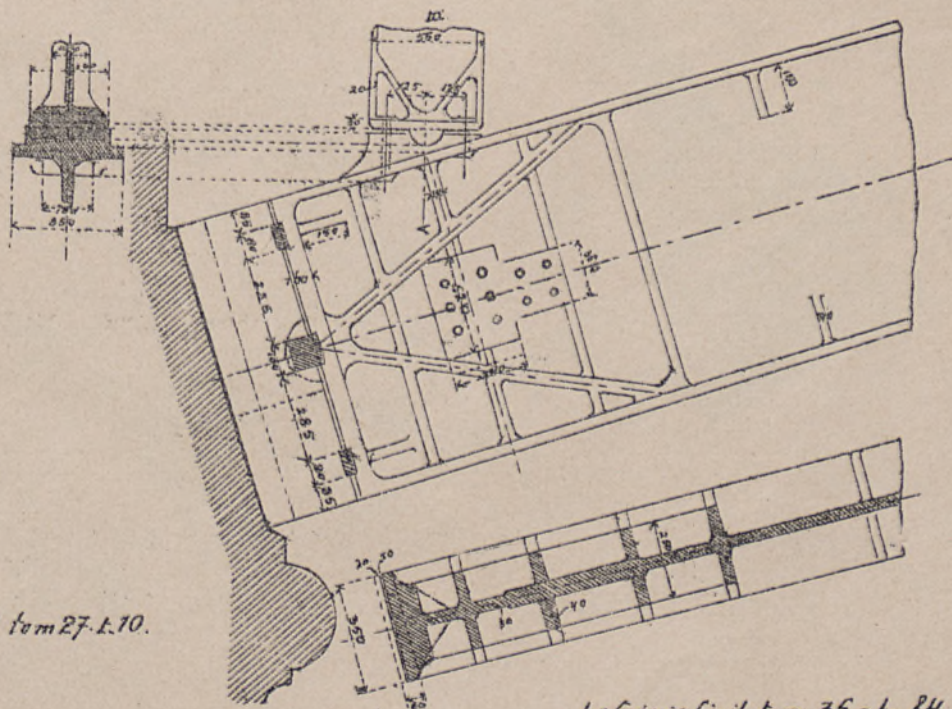
Patent. str. 759.

Rys. 3. Most wodociągowy na Sekwanie w Argentynie.

Rys. 4. Most na Marnie w Nocent.



Le Génie Civil tom 27. t. 10.



Le Génie Civil tom. 36 str. 84.

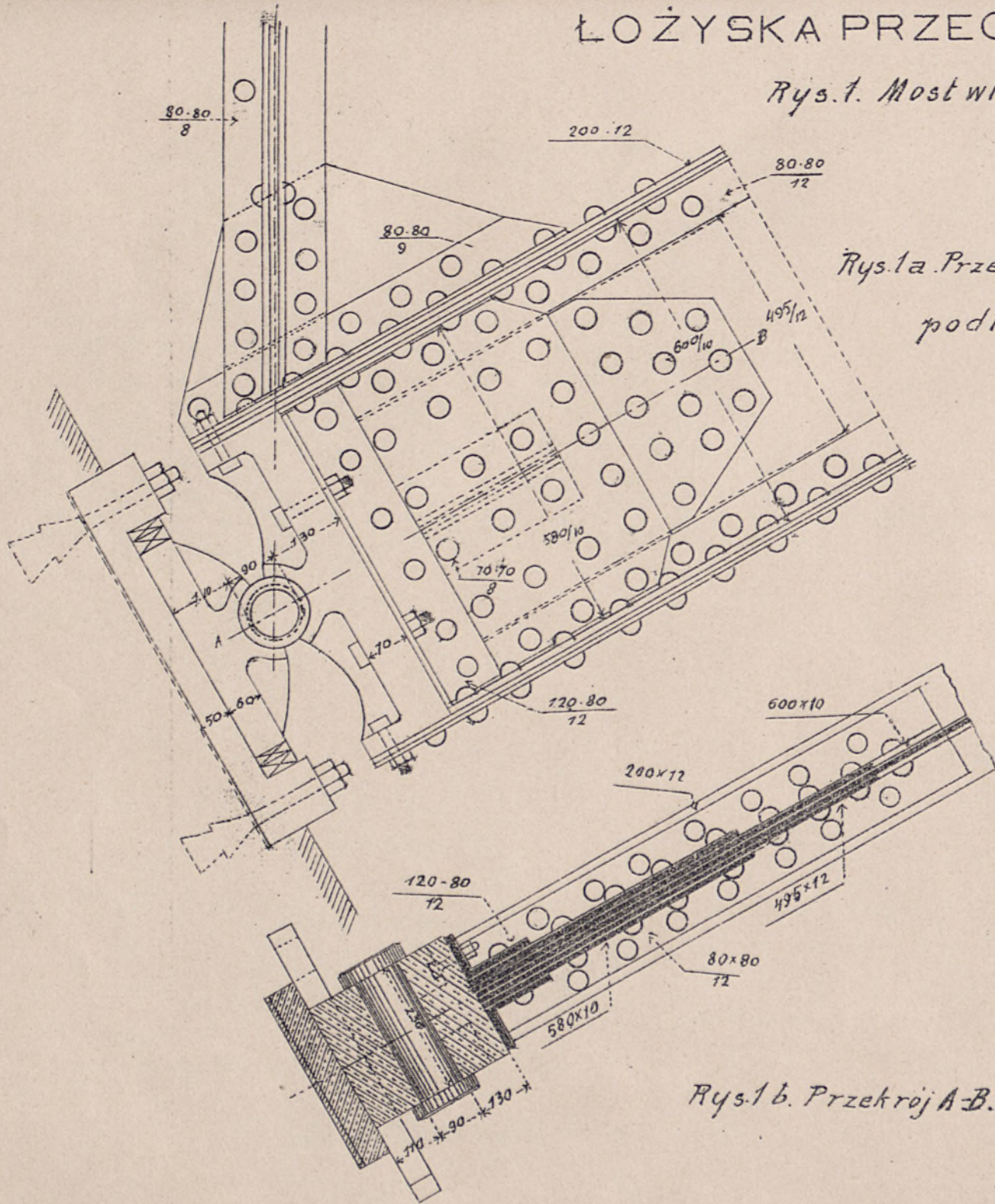






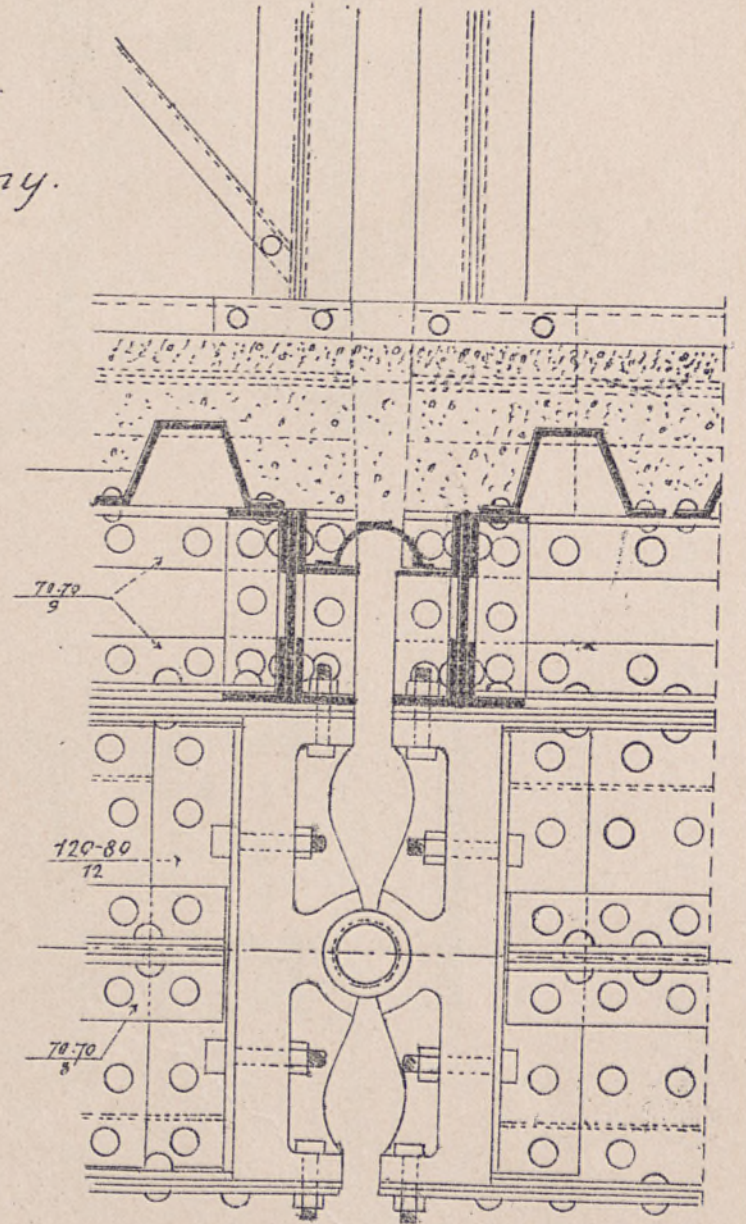
# ŁOŻYSKA PRZEGUB. I KLUCZOWE.

Rys. 1. Most włoski.



Rys. 1 b. Przekrój A-B.

Rys. 1c. Przekrój wkluczu.



Orazza Ponti tab. 17.









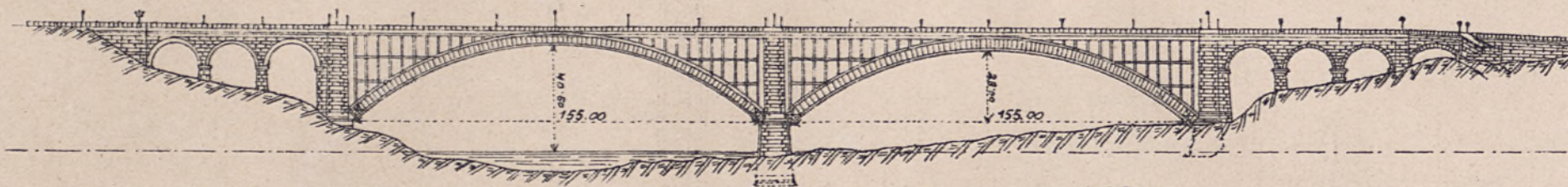






# ŁOZYSKA WPÓLSTĄLE.

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

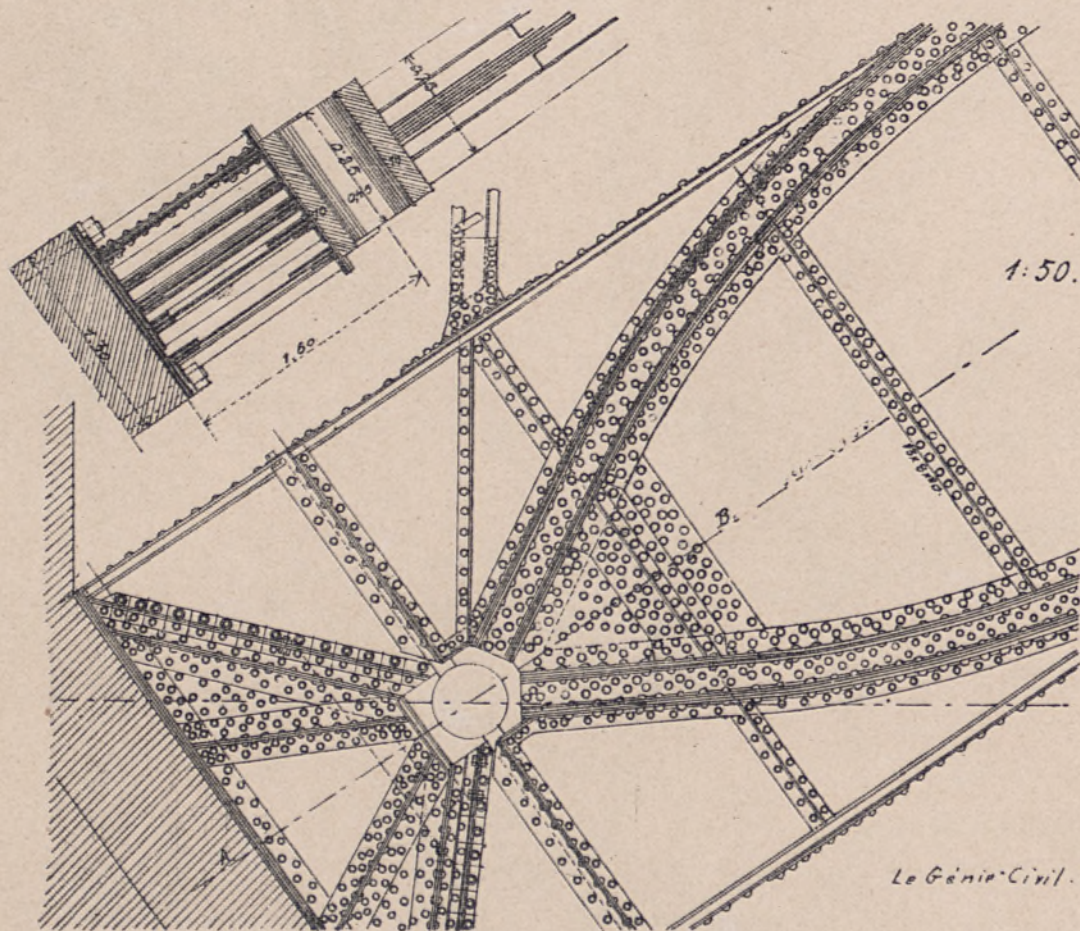


1:2500.

Le Génie Civil. tom XX. tab. 13.

Rys. 1c. Przekrój A-B.

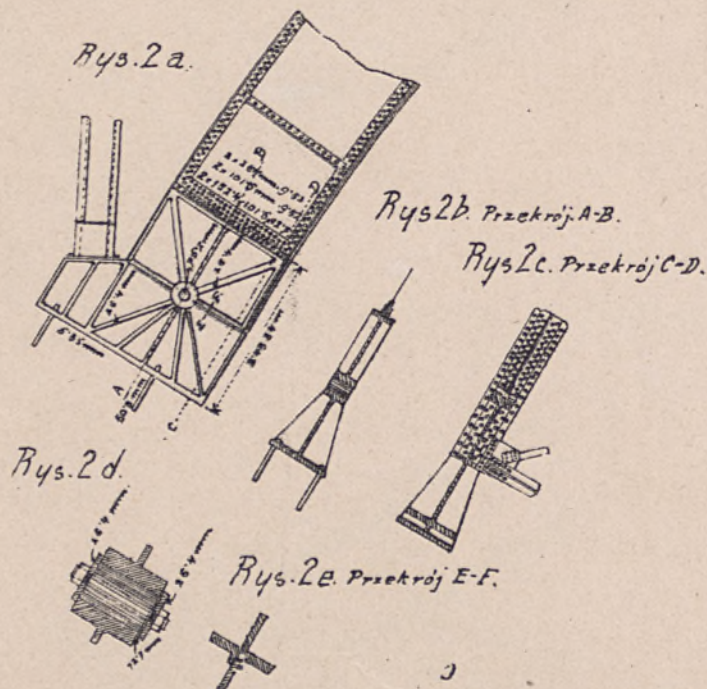
Rys. 1b. Przekrój podłużny.



1:50.

Le Génie Civil. tom. XX. tab. 13.

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



Rys. 2d.

Engineering News 1903. str. 187.

*Thullie*

















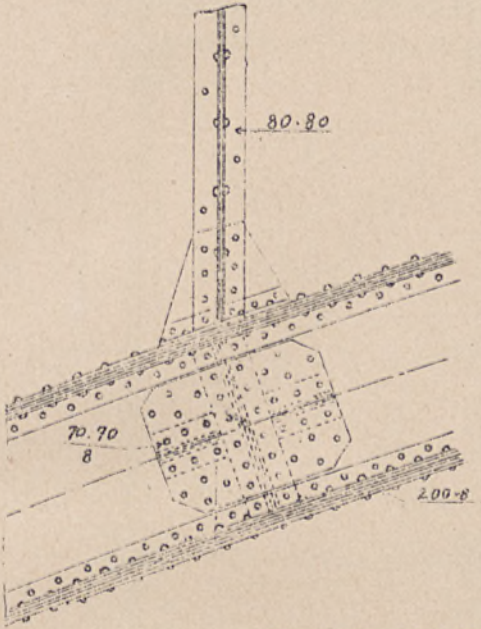






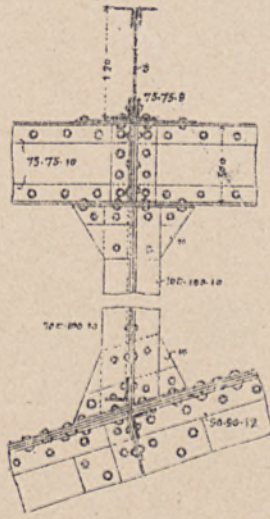
# SŁUPY POMOSTOWE I TĘŻNIKI PIONOWE.

Rys. 1. Most włoski. 1:25.



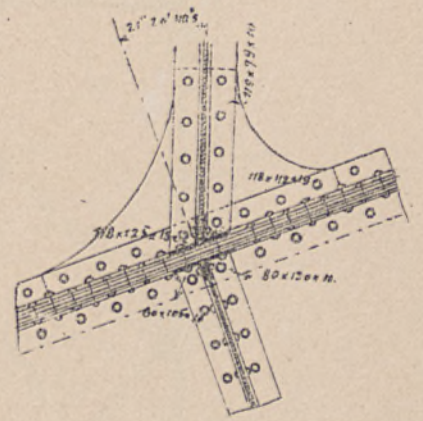
Oraxza Ponti tab. 17.

Rys. 2. Most Karola na Neckarze.



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

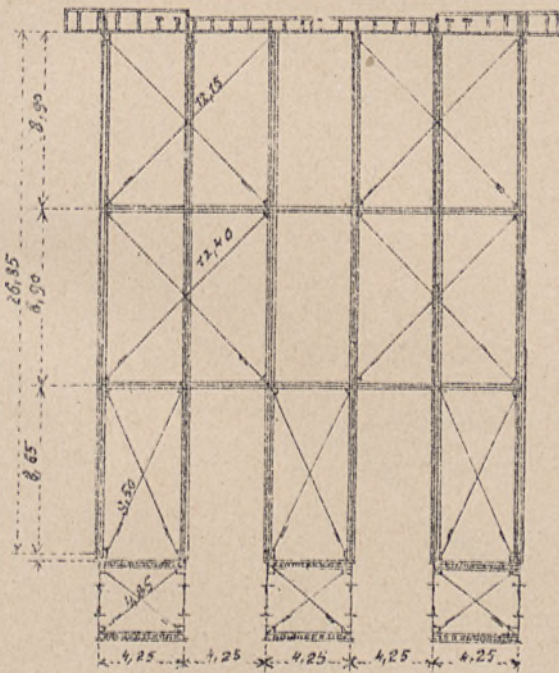
Rys. 3. Most na Rohrbach. 1:30.



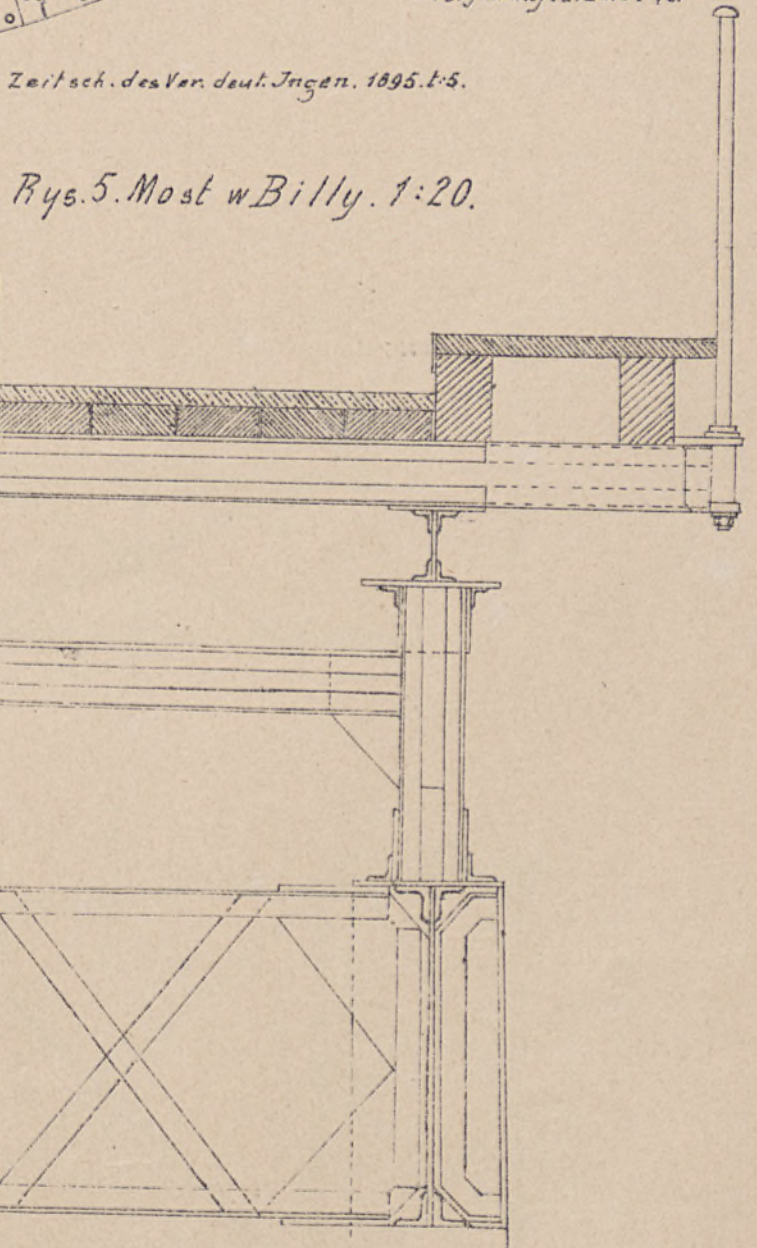
Mosty szwajcarskie t. 15.

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. 1892. tab. 53.

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

Spis treści

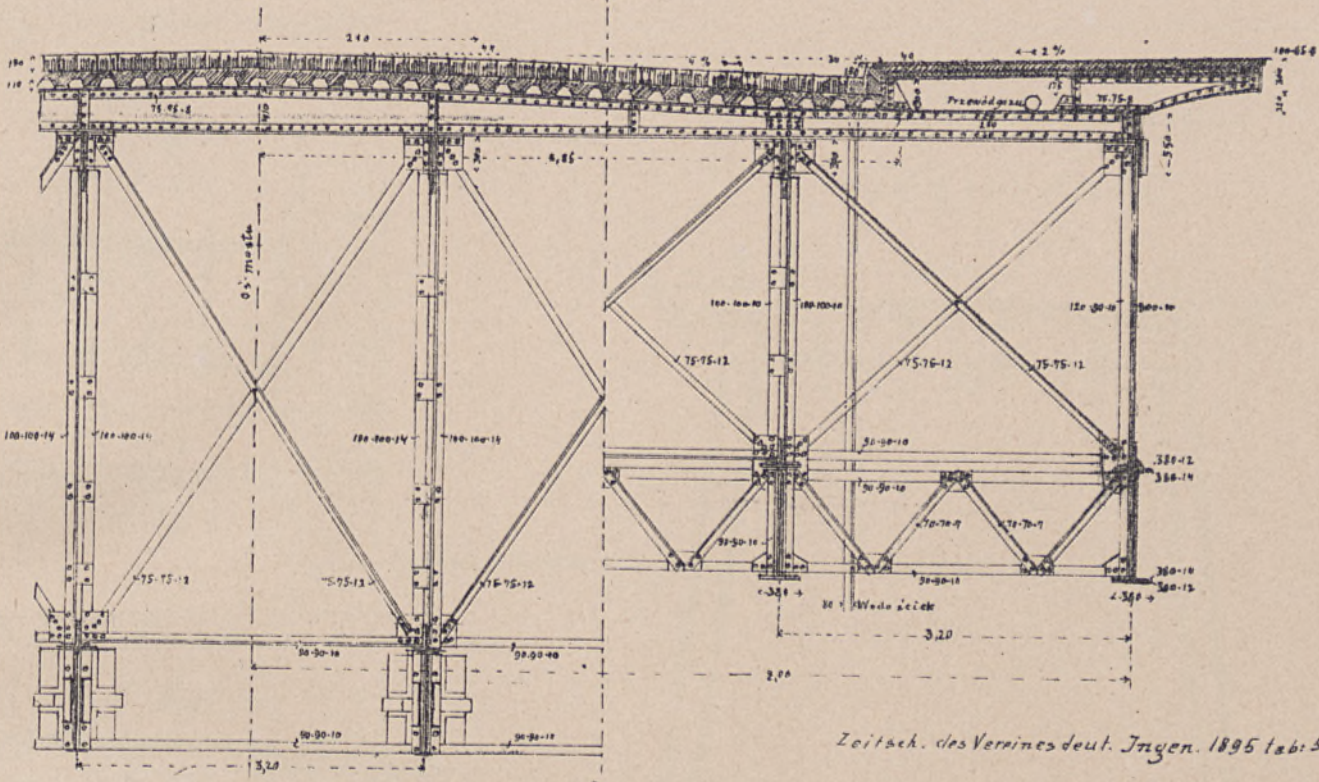






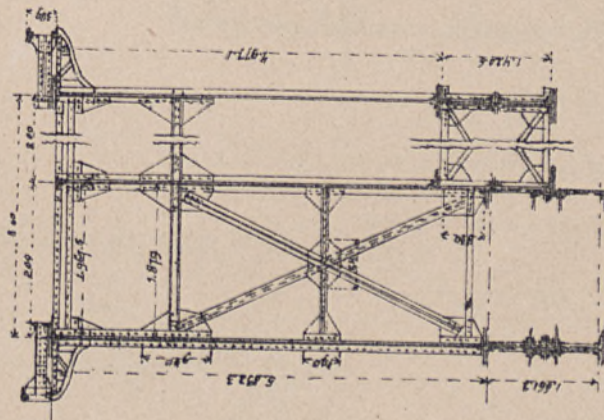
# TEŻNIKI PIONOWE.

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



Rys.2. Most wodociągowy.

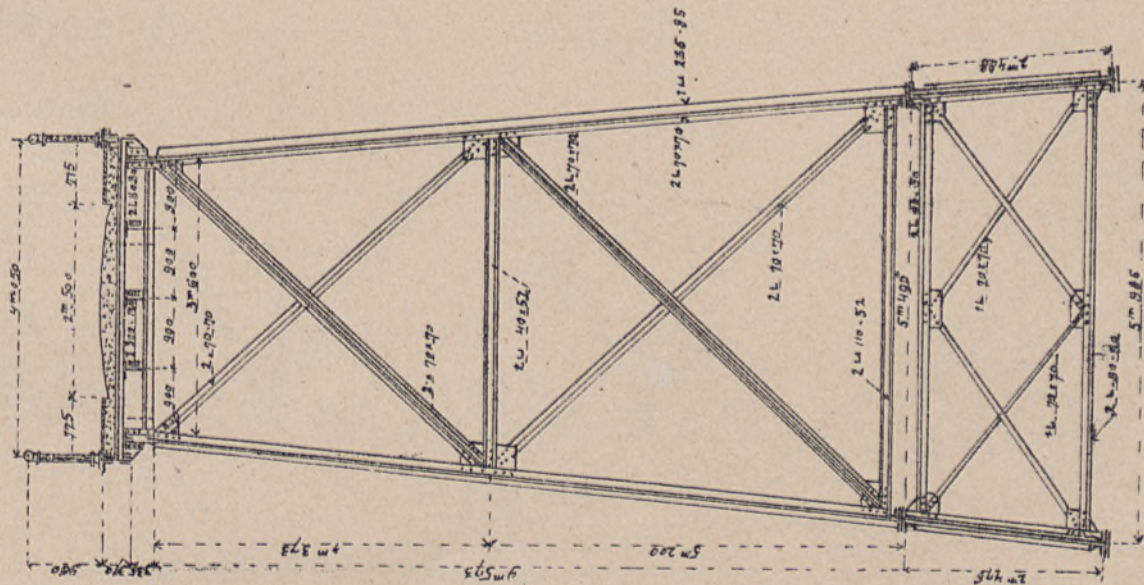
na Sekwanie  
w Argenteuil.



Le Génie Civil tom 27 tab. 10.



Rys.3. Stężenie przez pochYLENIE belek głównych.  
Most na rzece Cerveyrette we Francji.



Le Génie Civil tom 20 tab 7.

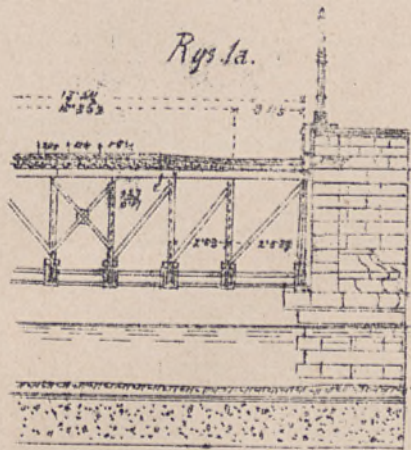
*Handwritten signature or mark.*





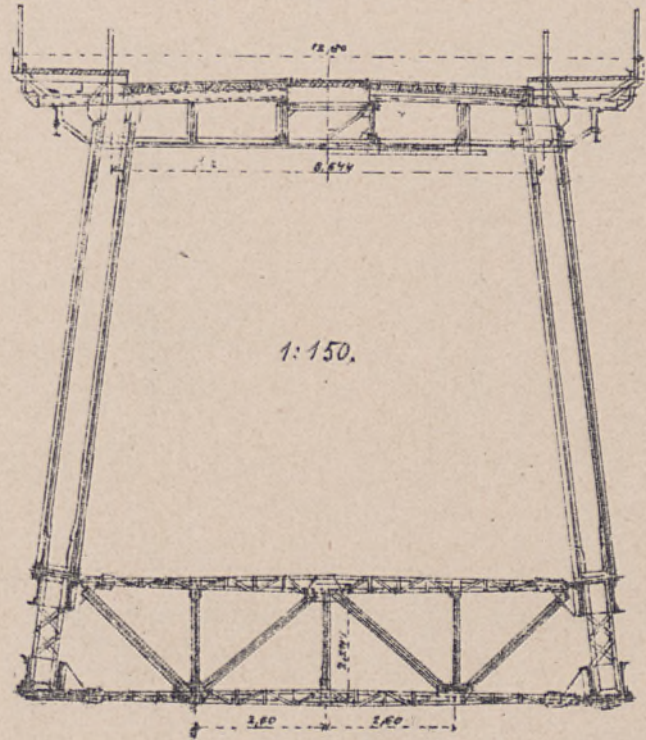


Rys. 1. Teżniki pionowe.



Engineering News 1905, st. 58.

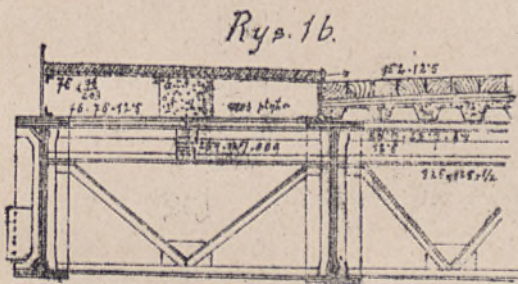
Rys. 2. Most na kanale Wilhelma pod Grünenthal.



1:150.

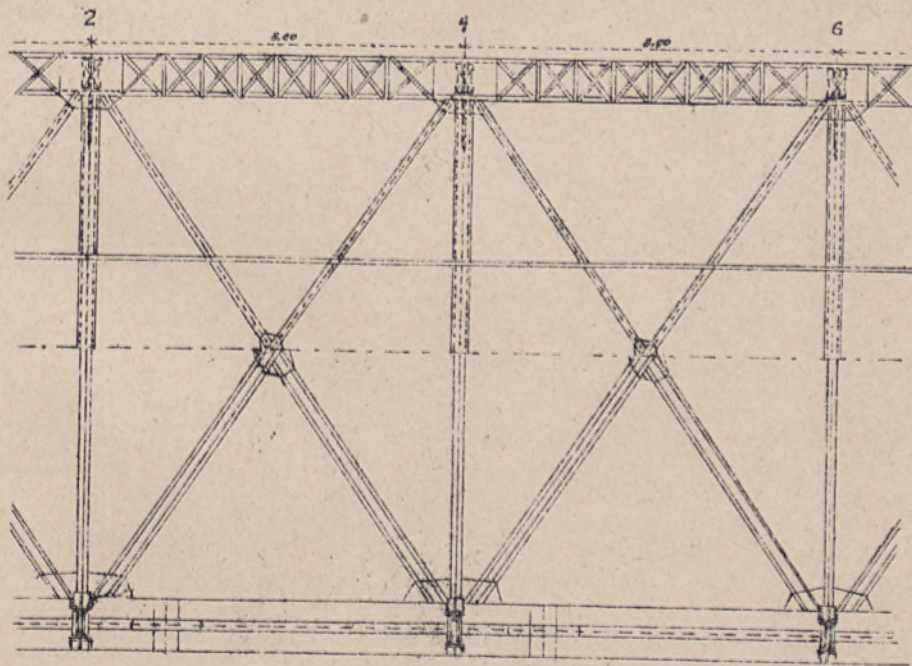
Zeitsch. f. Bauwesen 1898 t. 68

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



Rys. 3. Teżniki poziome.

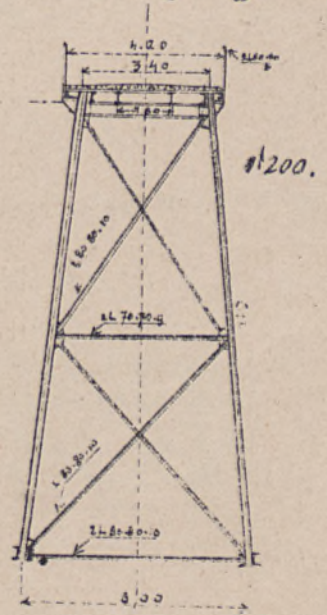
Most na kanale Wilhelma pod Lewensau. 1:175.



Zeitsch. für. Bauwesen 1899. t. 11.

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

Rys. 4. Most na Engstligenbach.



Schweiz. Bauzeitung 1895 st. 3.

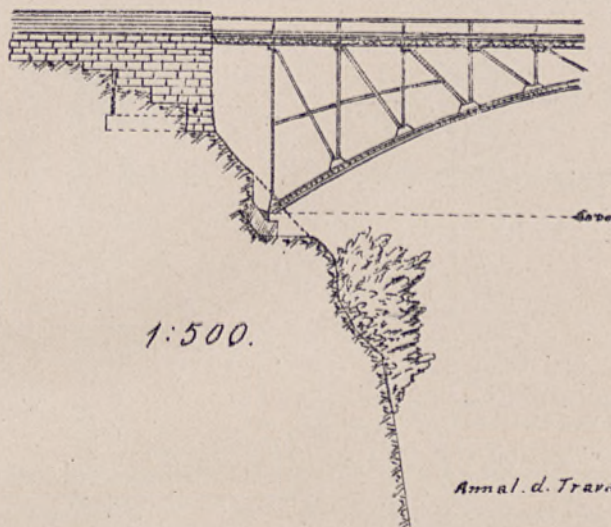






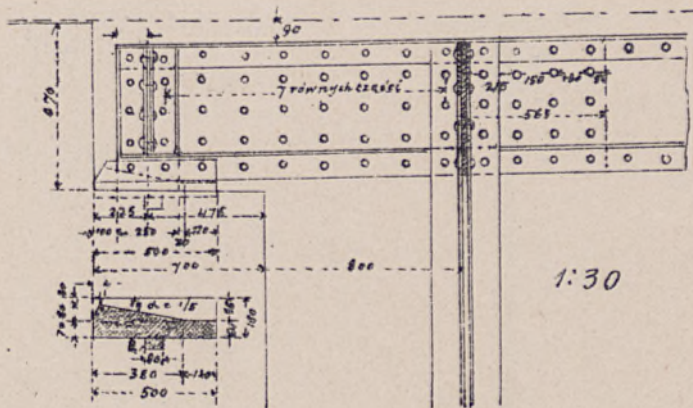
Rys. 1 i Rys. 2. Potężenie tuku u góry na przyczółku.

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



1:500.

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



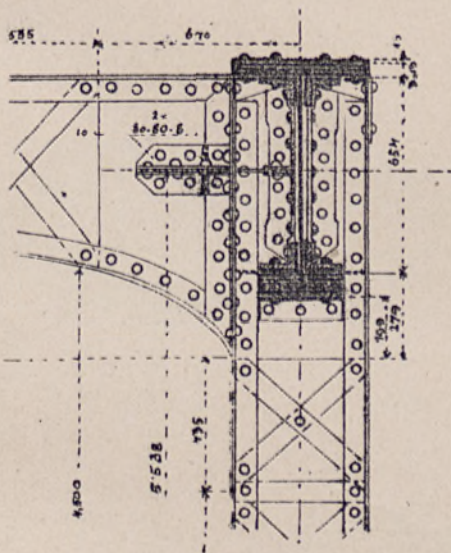
1:30

Szwajcar. Mosty t. 15.

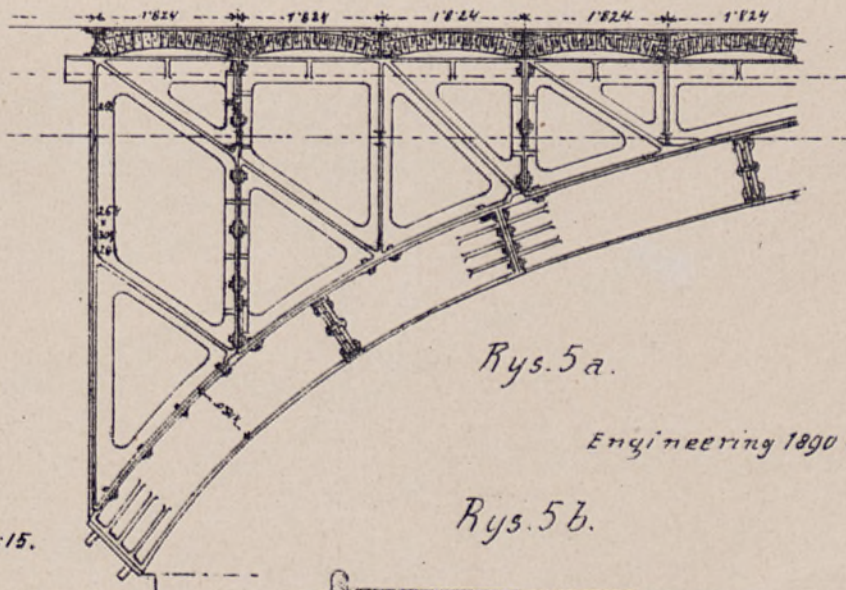
Rys. 3 i Rys. 4. Przekroje tuku blaszanego.

Rys. 3. Most św. Jana w Jschlu.

Rys. 5. Most otuku żelaza lanego, w Glasgowie.



Allgem. Bauzeit. 1899 t. 15.



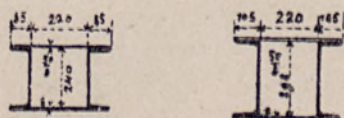
Rys. 5a.

Engineering 1890 t. 22.

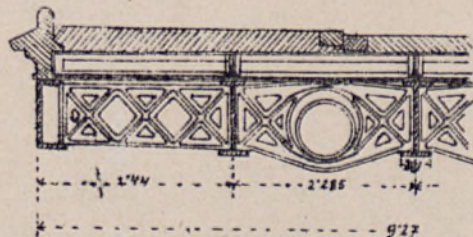
Rys. 5b.

Rys. 4. Most na Engstligenbach.

1:30.



Schweiz. Bauzeit 1899 str 32.



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

Pracownia











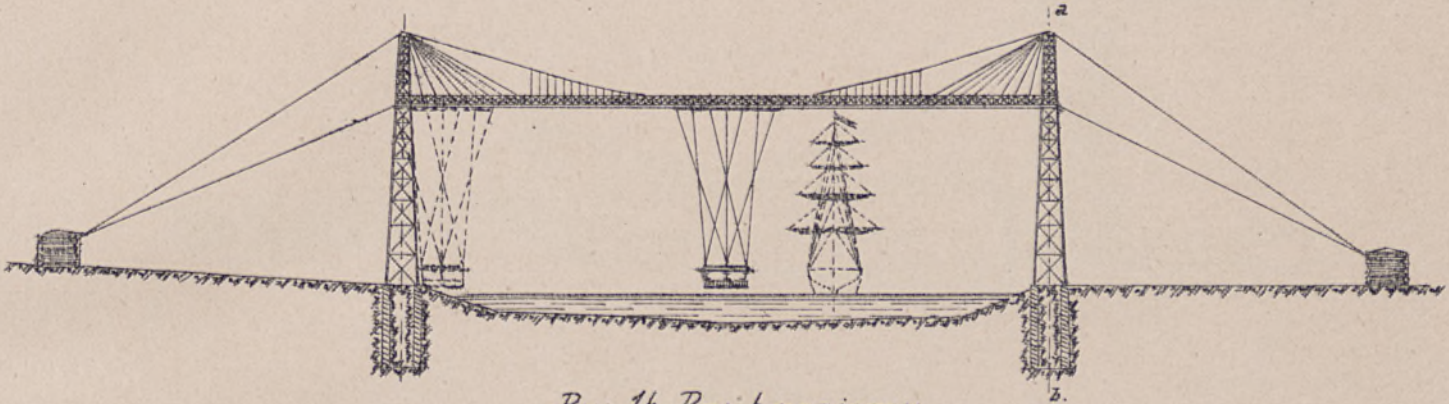




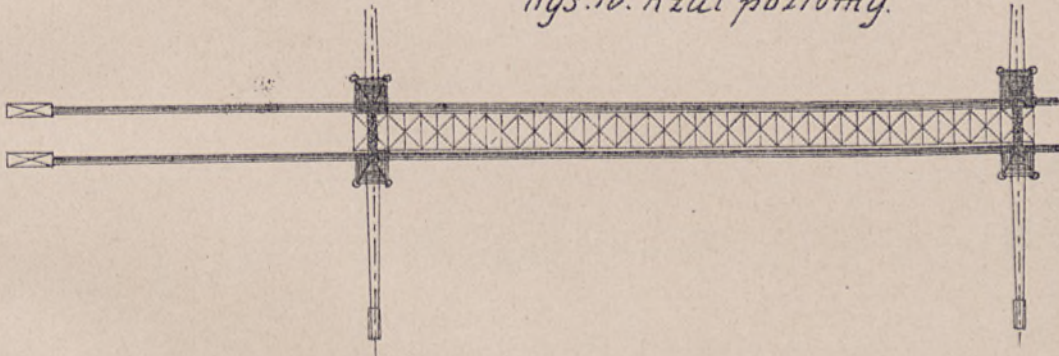
BELKA PROSTA PODPARTA LINĄ.

Rys. 1. Most przewożowy w Portugalecie/Hiszpania/

Rys. 1a. Widok.

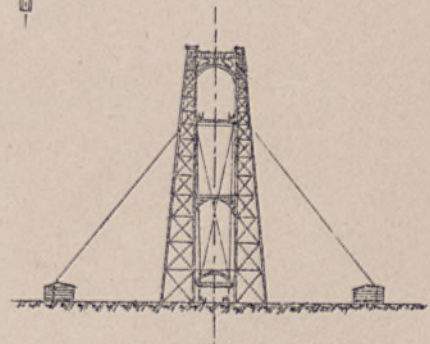
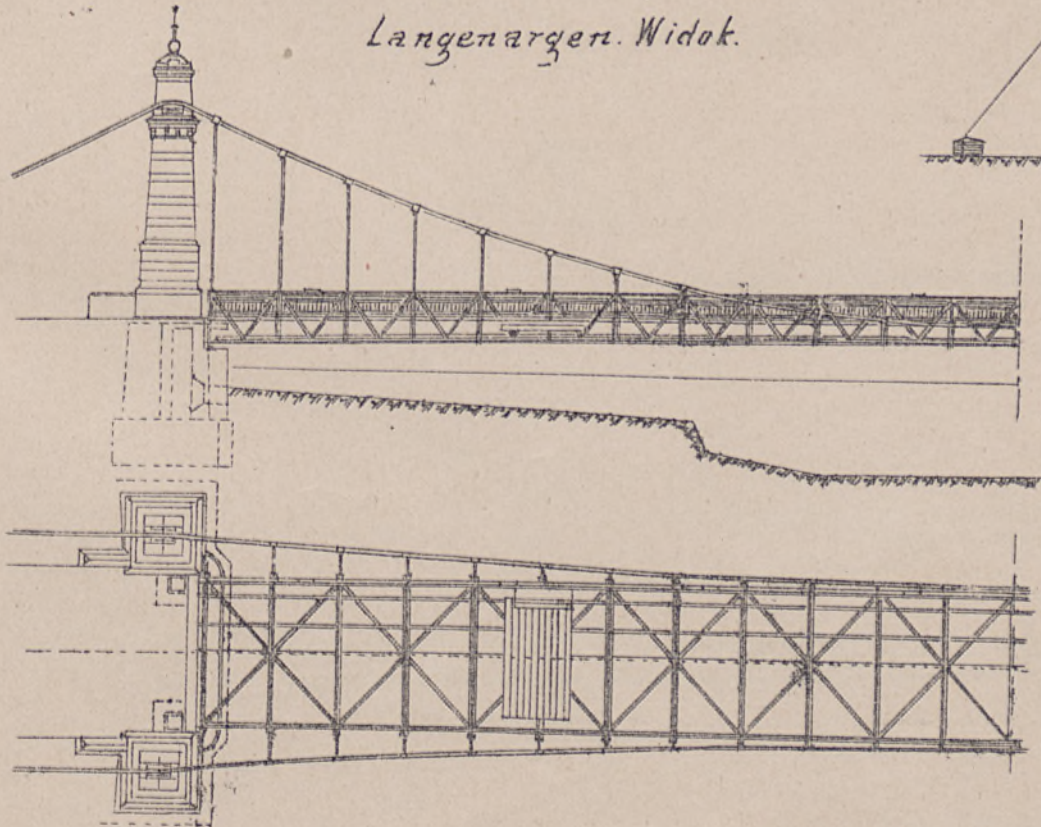


Rys. 1b. Rzut poziomy.



Rys. 1c. Przekrój a-b.

Rys. 2a. Most drogowy na rzece Argen pod Langenargen. Widok.



Le Génie Civil 1893 s. 120.

Rys. 2b Rzut poziomy.

Zeitschr. Ver. d. Ingenieure 1899 str 77.

Dr. M. Thullie. Mosty tutekwe zel.

Thullie









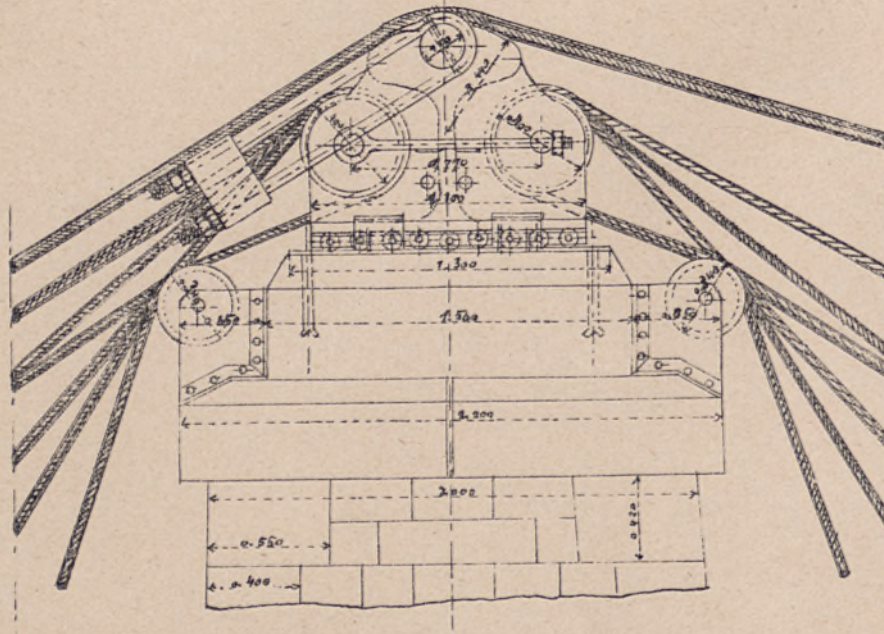






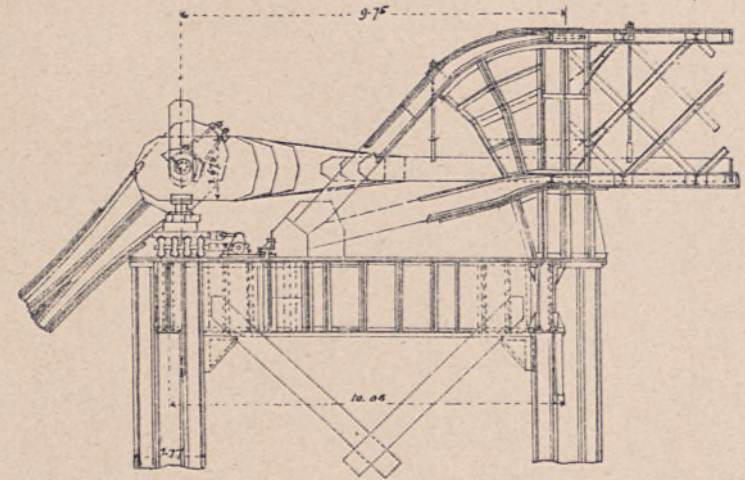
# ŁOŻYSKA NA WIEŻY.

Rys. 1. Most wiszący du Bonhomme na Blavet.



Le Génie Civil tom 46 tab. 14.

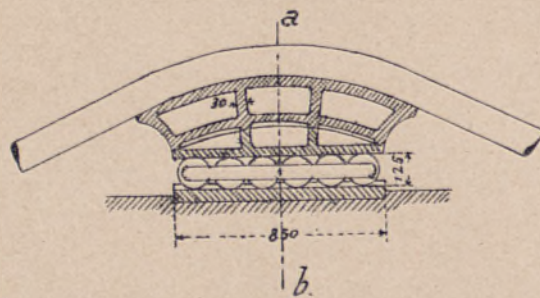
Rys. 2. Most wieżowy w Londynie.



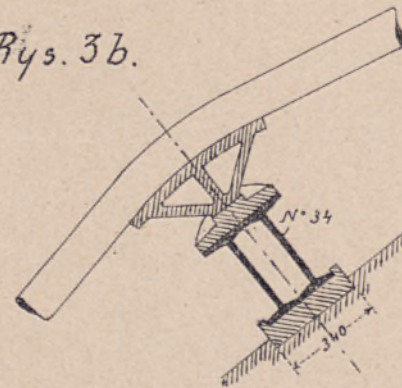
Le Génie Civil tom 31.6.18.

Rys. 3. Most drogowy na Argen pod Langenargen.

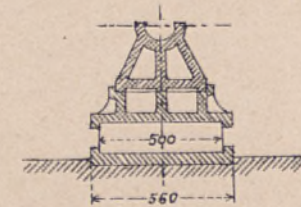
Rys. 3.a.



Rys. 3b.



Rys. 3c. Przekrój a-b.



Zeitschrift des Vereines deutscher Ing. 1899 str. 14.

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

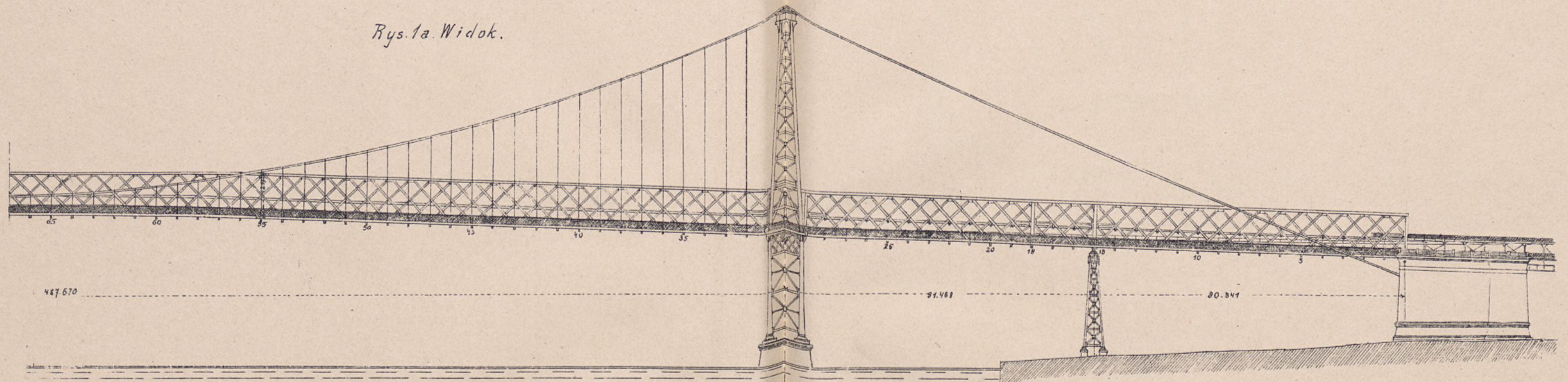
Pracownia



BELKA PROSTA STĘŻONA PODPARTA LINĄ.

Rys. 1. Most wiszący Williamsburg na East River w Nowym Jorku.

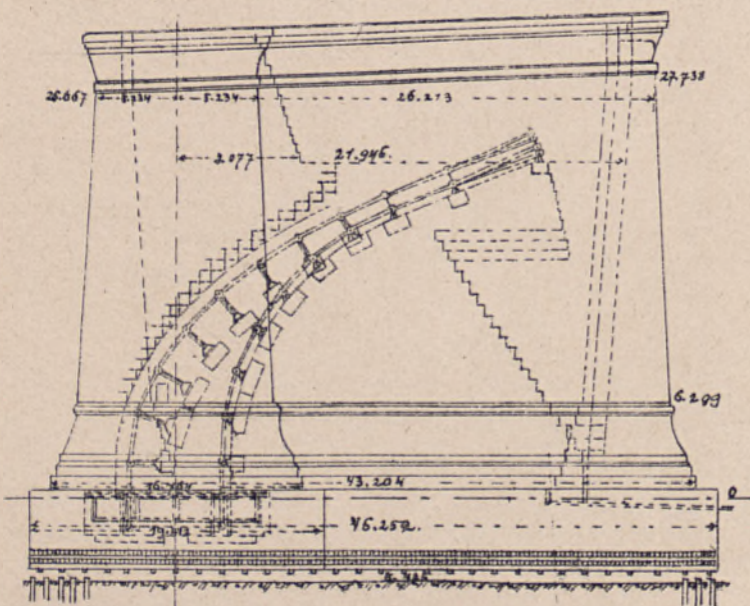
Rys. 1a. Widok.



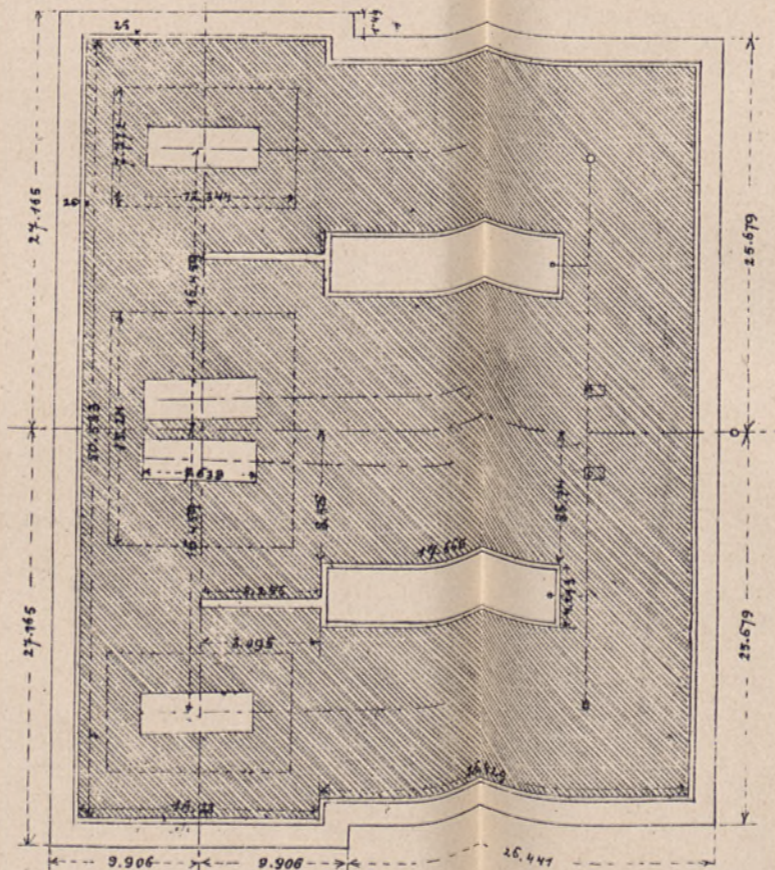
Engineering 1905 Tab: 27.I.

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

Rys. 1b. Przekrój poprzeczny.

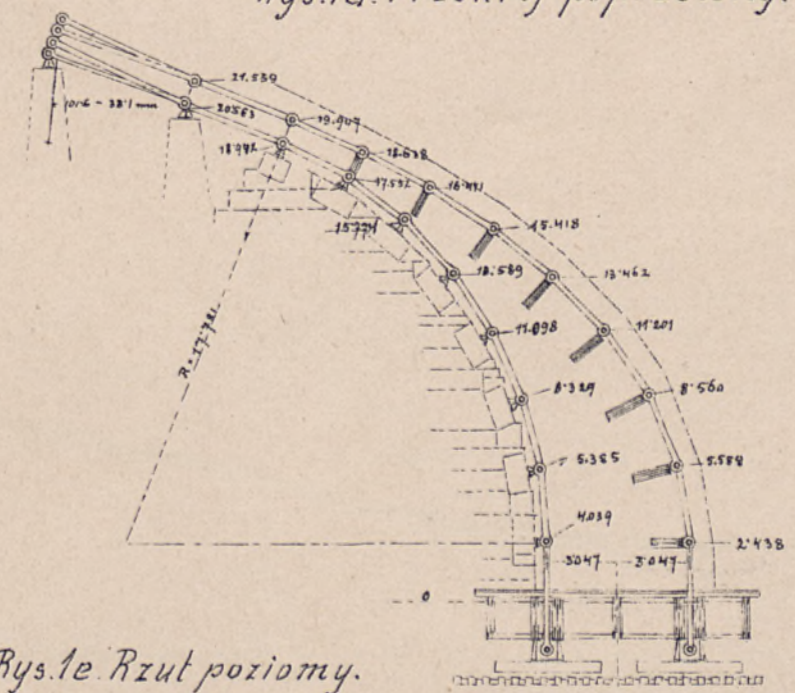


Rys. 1c. Rzut poziomy.



Engineering 1905 str: 57715; 8.

Rys. 1d. Przekrój poprzeczny.



Rys. 1e. Rzut poziomy.





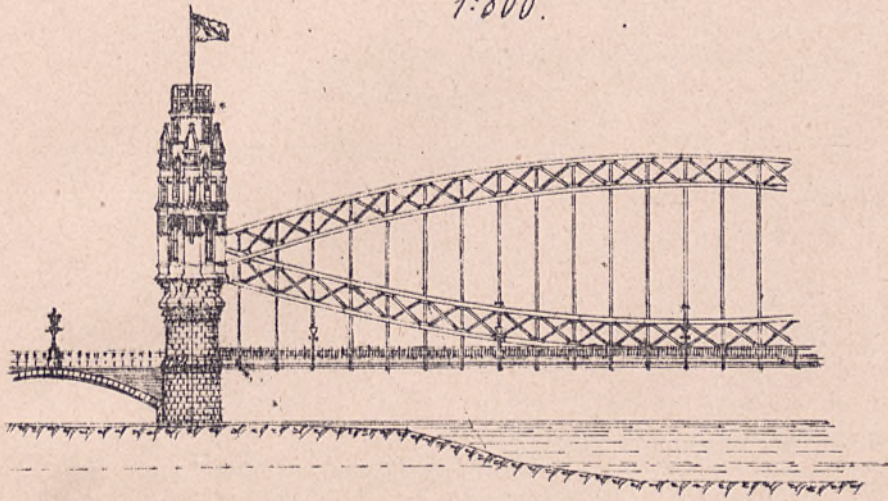




# WIEŻE, ZAKOTWIENIE, POPRZECZNICE.

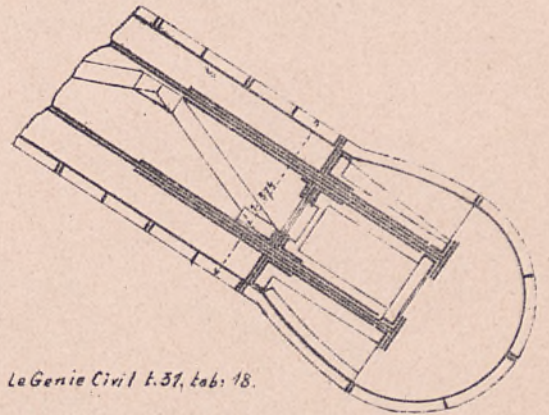
Rys. 1. Most drogowy na północnej Łabie pod Hamburgiem.

1:800.



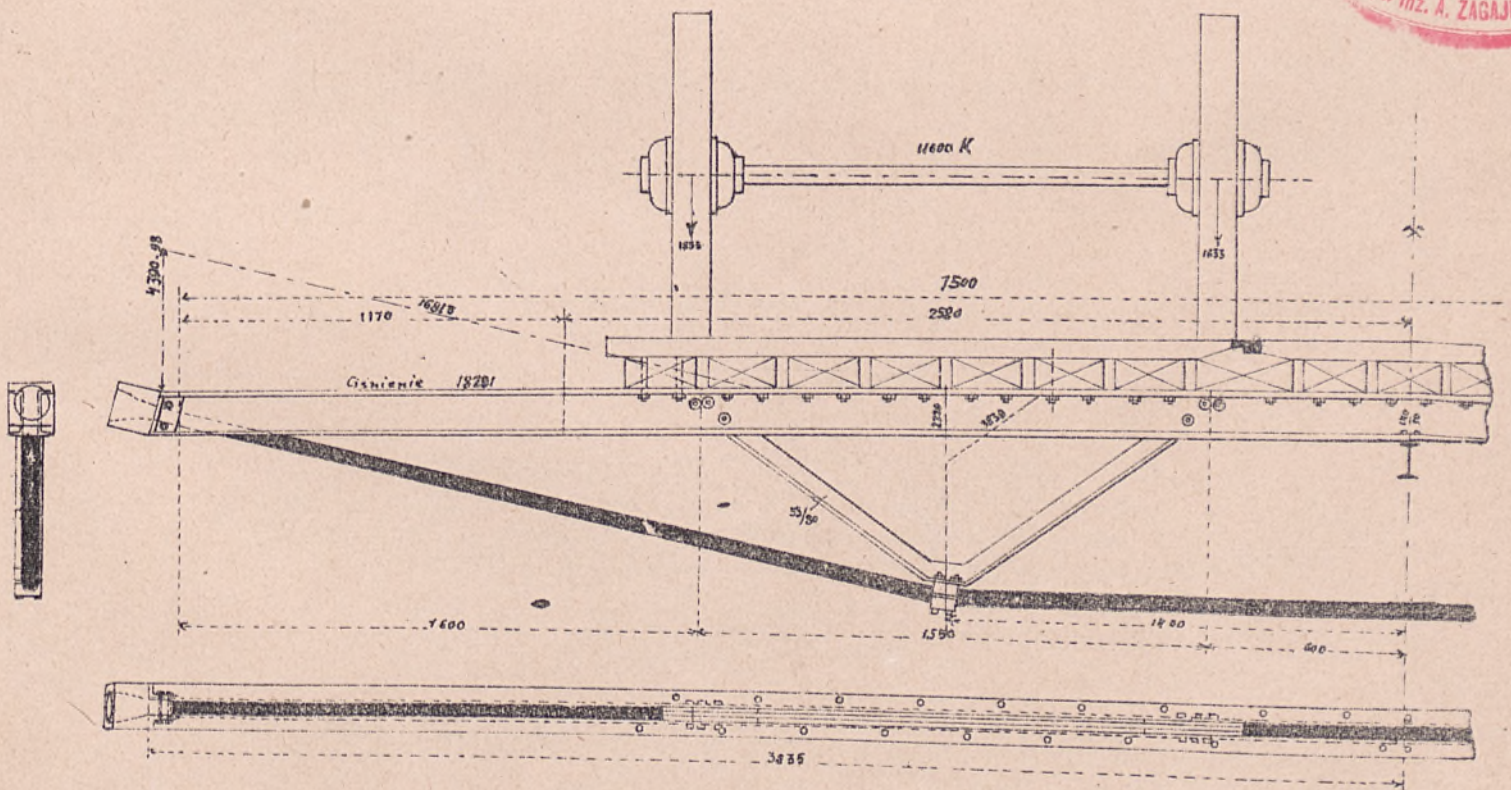
Zeitschr. für Bauwesen 1890 tab. 26, 27.

Rys. 2. Most wieżowy w Londynie.



La Genie Civil t. 31, tab. 18.

Rys. 3. Poprzecznice stalowe mostów francuskich.



La Revue Technique t. 11, str. 63.

Dr. M. Thullie. Mosty tukowe żelazne.

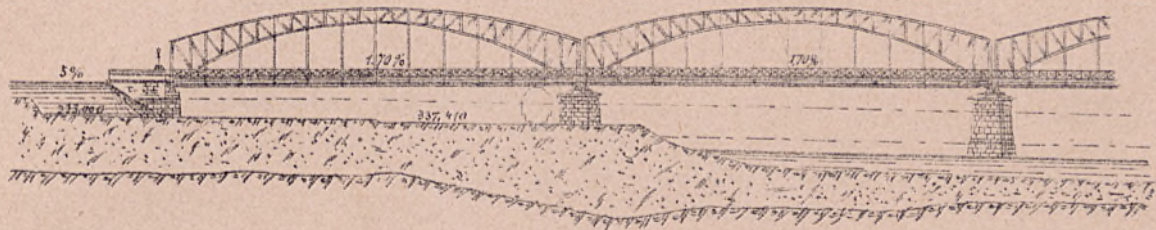
*Thullie*





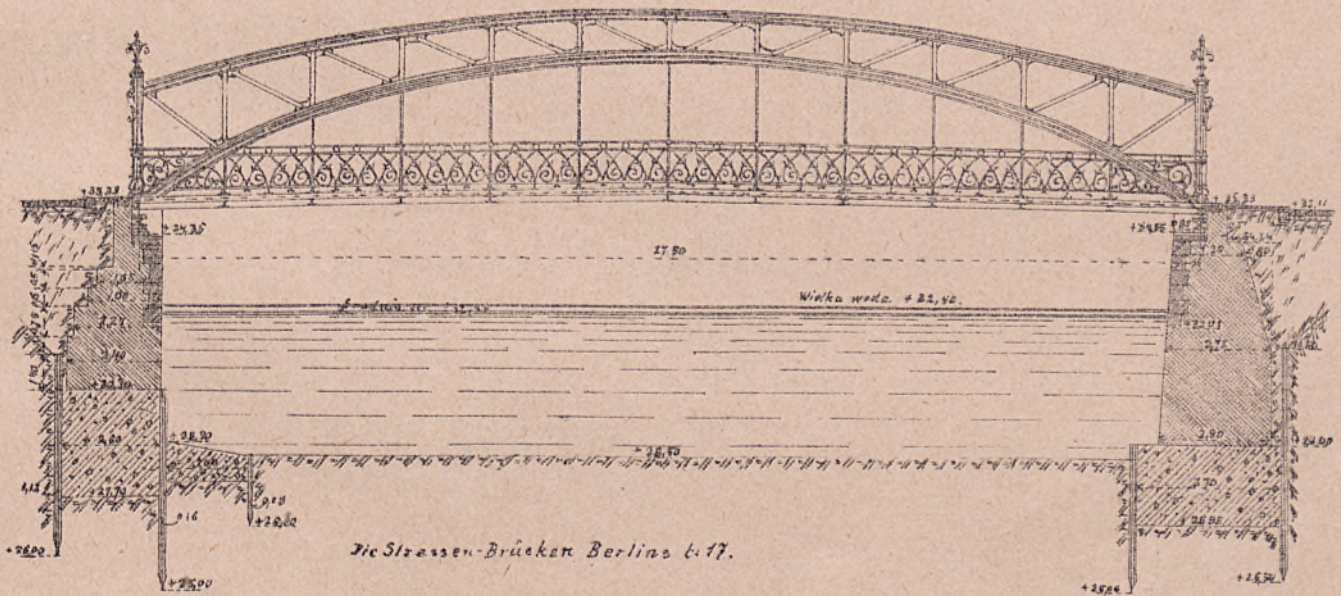


Rys. 1. Most na Innie w Braunau-Simbach 1:1000.



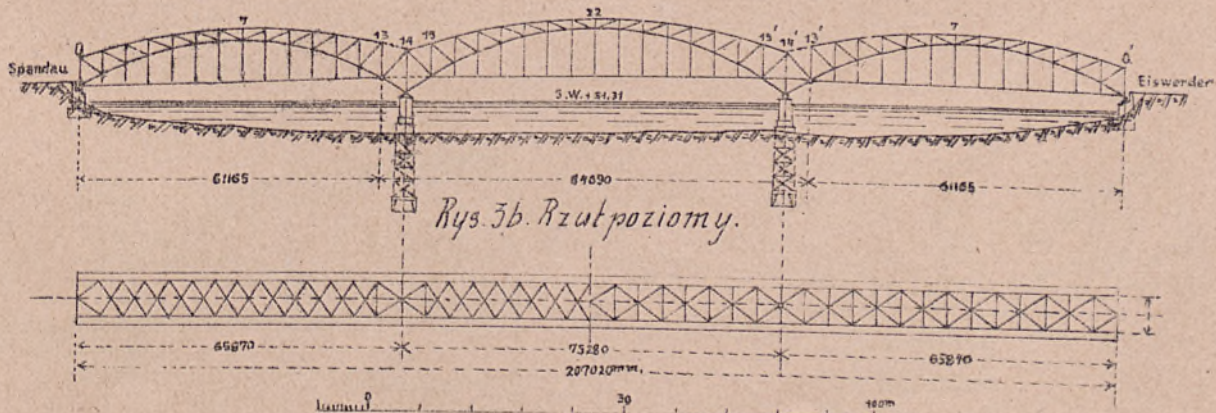
Osterr. Monatschrift f. d. öffent. Bauwesen 1897. t. 67.

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



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

Rys. 3a. Widok.



Zeitsch. für Bauwesen 1904 str. 80.

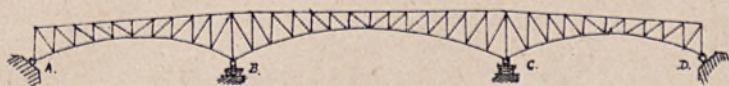






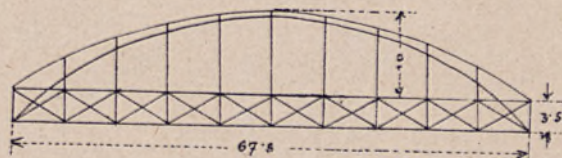
# RODZAJE ŁUKÓW.

Rys. 1. Łuk ciągły.



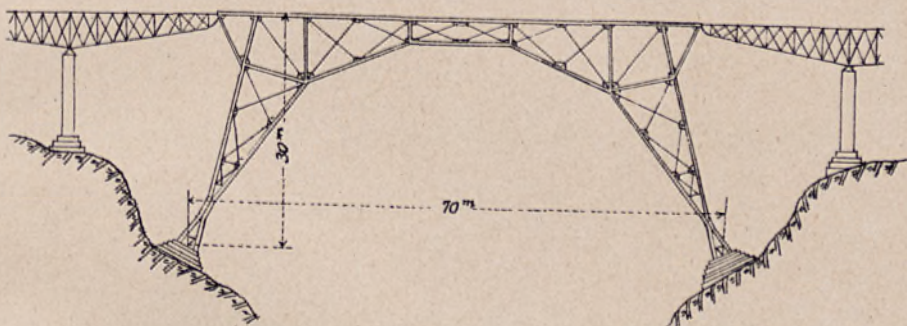
Rys. 2. Most na Murze w Gradcu.

1:1000.



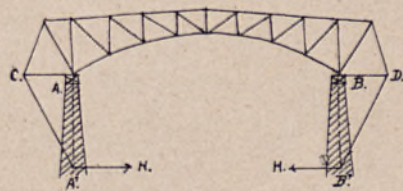
Rys. 3. Wiadukt w Blauw-Krantz

1:1000.

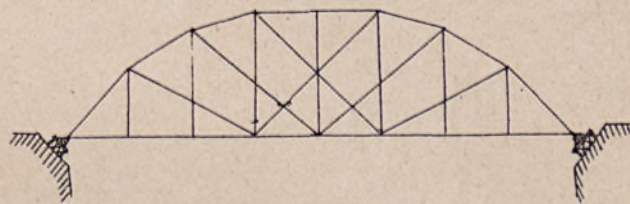


Handbuch 1906. str. 319.

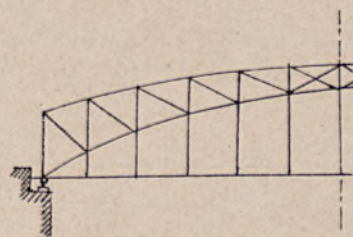
Rys. 4. Łuk kratowy zakotwiony.



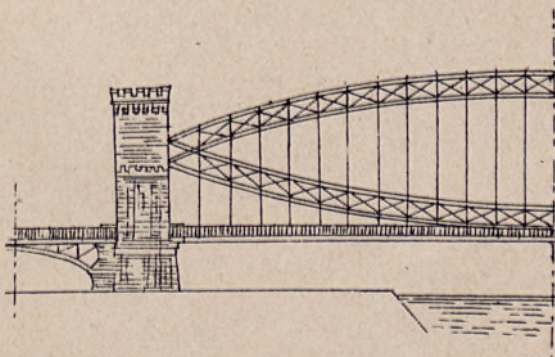
Rys. 5. Belka rozporowa prosta.



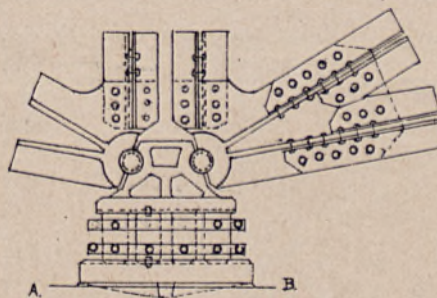
Rys. 6.



Rys. 7.



Rys. 8.



Haessler 1908. str. 679.



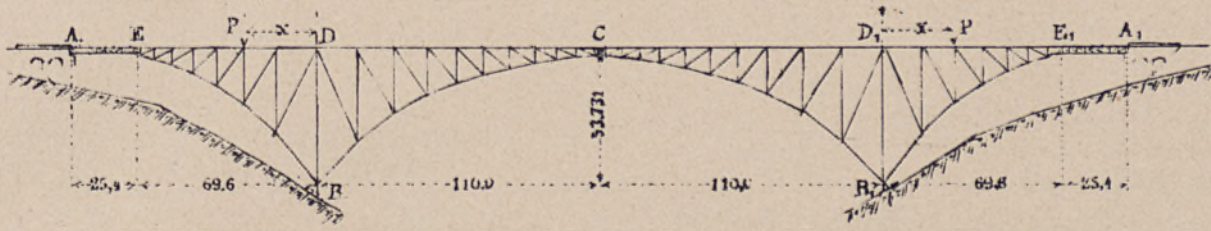




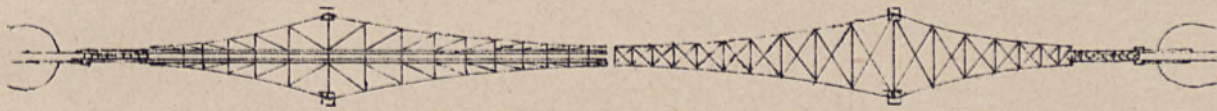
# RODZAJE ŁUKÓW.

Rys. 1. Wiadukt Viaur. 1:3000.

Rys. 1a. Widok.



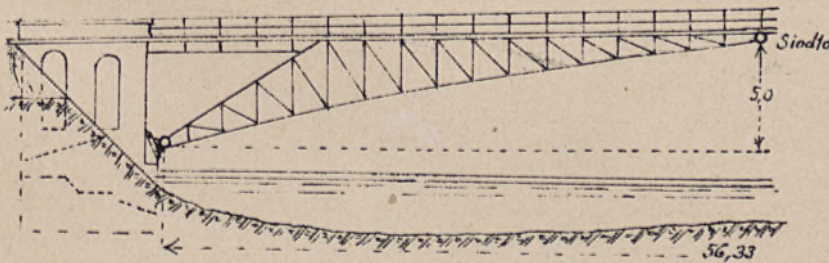
Rys. 1b. Rzut poziomy.



Haussele 1906 str. 876.

Rys. 2. Most na rzecze Sarthe koleji Mans-Foullletourte.

1:375.



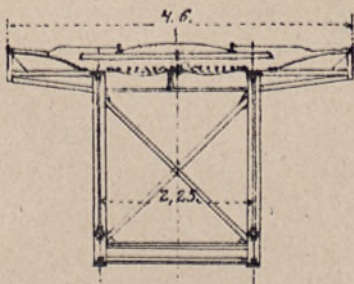
Handbuch 1906 str. 321.

Rys. 3.



Rys. 4. Most kolejowy w Kolonii.

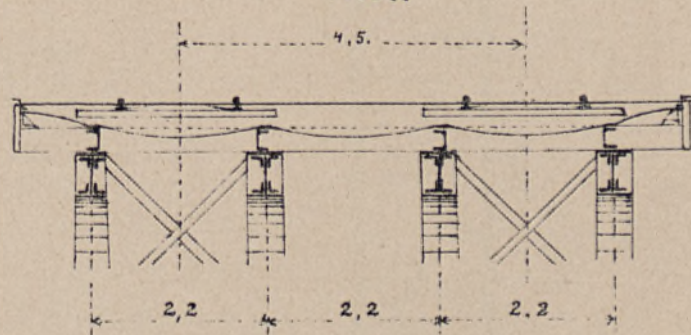
1:100



Handbuch 1906 str. 338.

Rys. 5. Most nad ulicą Venlowską w Kolonii.

1:100.



Handbuch 1906 str. 336.





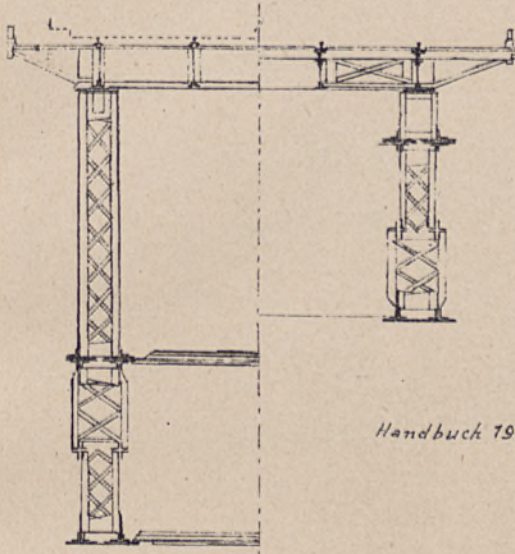


# PRZEKROJE ŁUKÓW.

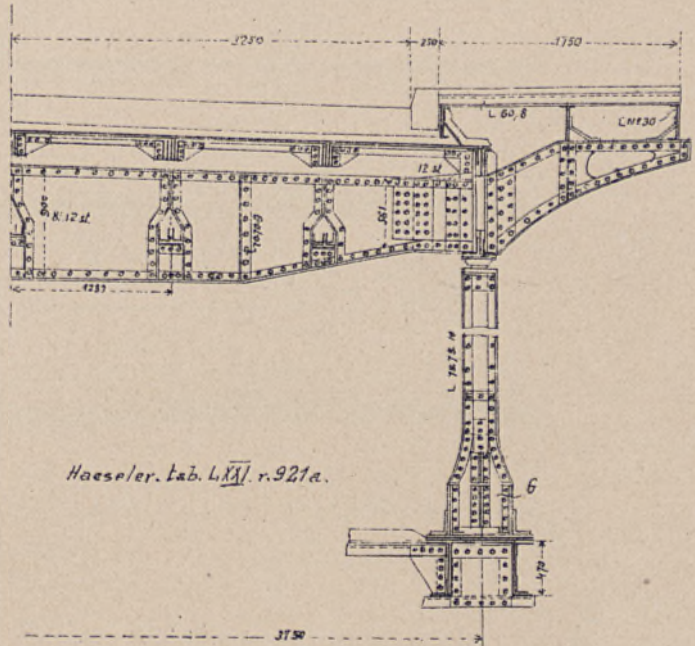
Rys. 1. Most kolejowy koto Koblenzy pod Horkheim. Rys. 2. Most na Renie w Wormacyi.

1:120.

1:60.

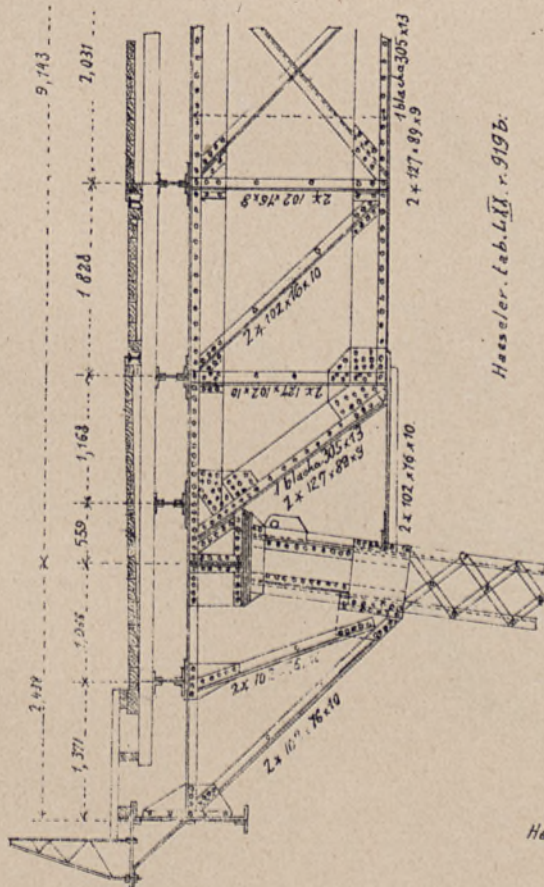


Handbuch 1908 tab. 17 r. 2.



Haeseler. tab. LXXI. r. 921a.

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

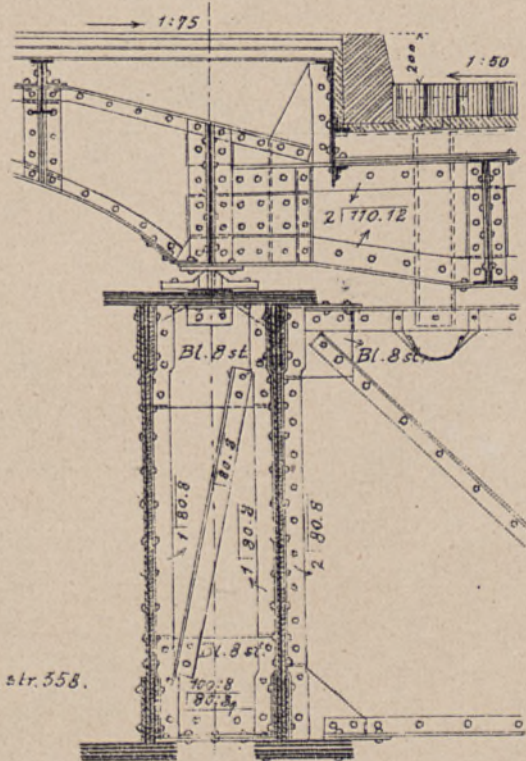


Haeseler. tab. LXXI. r. 919b.

Handbuch 1908, str. 358.

Rys. 4. Most na Neckarze w Mannheimie.

1:30.















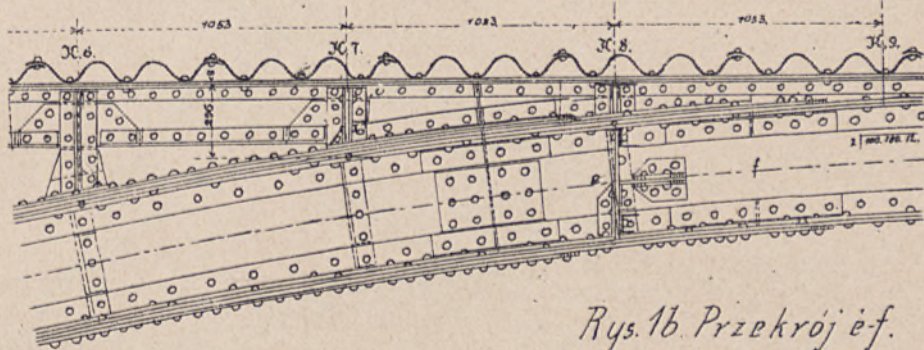


# PRZEKROJE ŁUKÓW.

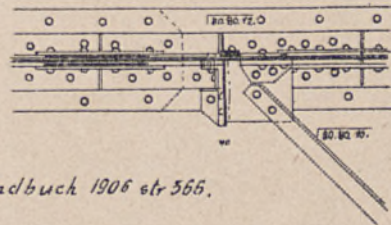
Rys. 1. Podjazd drogi Hechtsheimskiej w Moguncyi.

1:30

Rys. 1a. Przekrój podłużny.

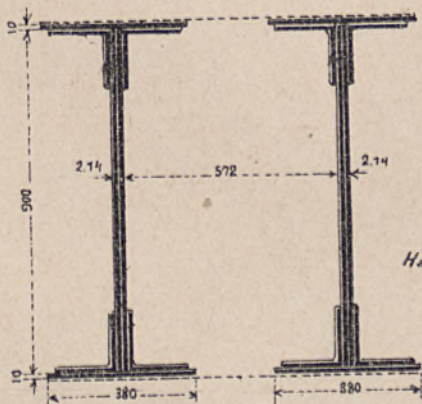


Rys. 1b. Przekrój ef.



Rys. 2. Wiadukt w Müngsten.

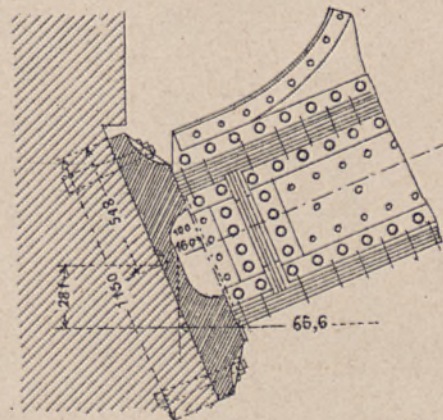
1:20



Haeseler 1908 str. 684 r. 948

Rys. 4. Most na Mozeli pod Güls.

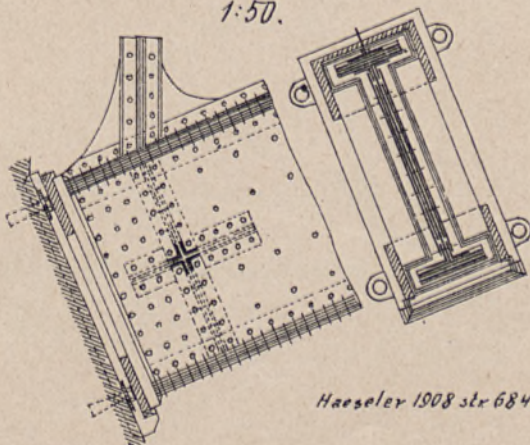
1:30.



Haeseler 1908. str. 689 r. 959.

Rys. 3. Most na Rohrbach kolei Gotthard.

1:50.



Haeseler 1908 str. 684 r. 947.

Rys. 5. Most na Wiedence.

1:20.



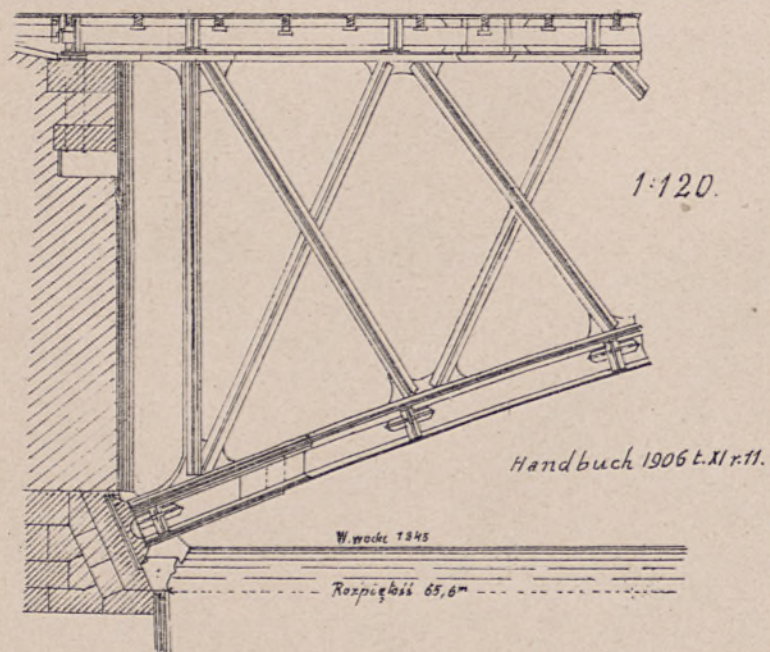
Haeseler 1908 str. 685 r. 952.



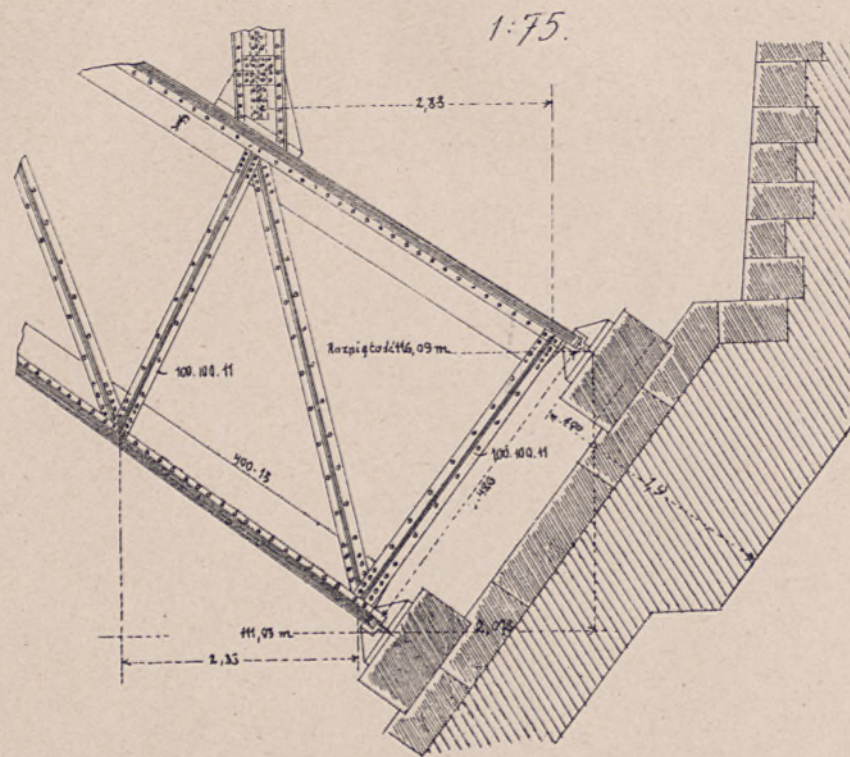




Rys. 1. Most kolejowy na Mozeli pod Güls.



Rys. 2. Most na Schwarzwasser w Bernie.

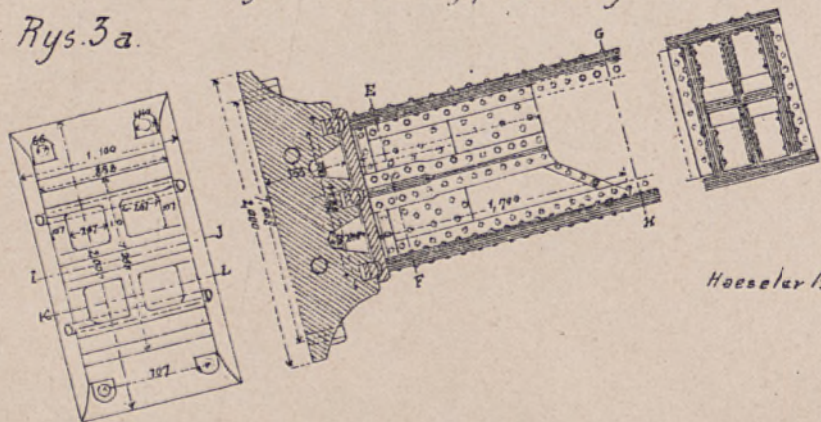


Rys. 3. Most Morand na Sekwanie w Paryżu. 1:50.

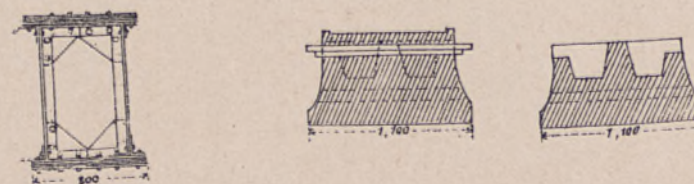
Rys. 3b. Przekrój podłużny Rys. 3c. Przekrój E-F.

Haeseler. 1908. t. 74. r. 926.

Rys. 3a.



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



Haeseler 1908. t. 73 r. 923.







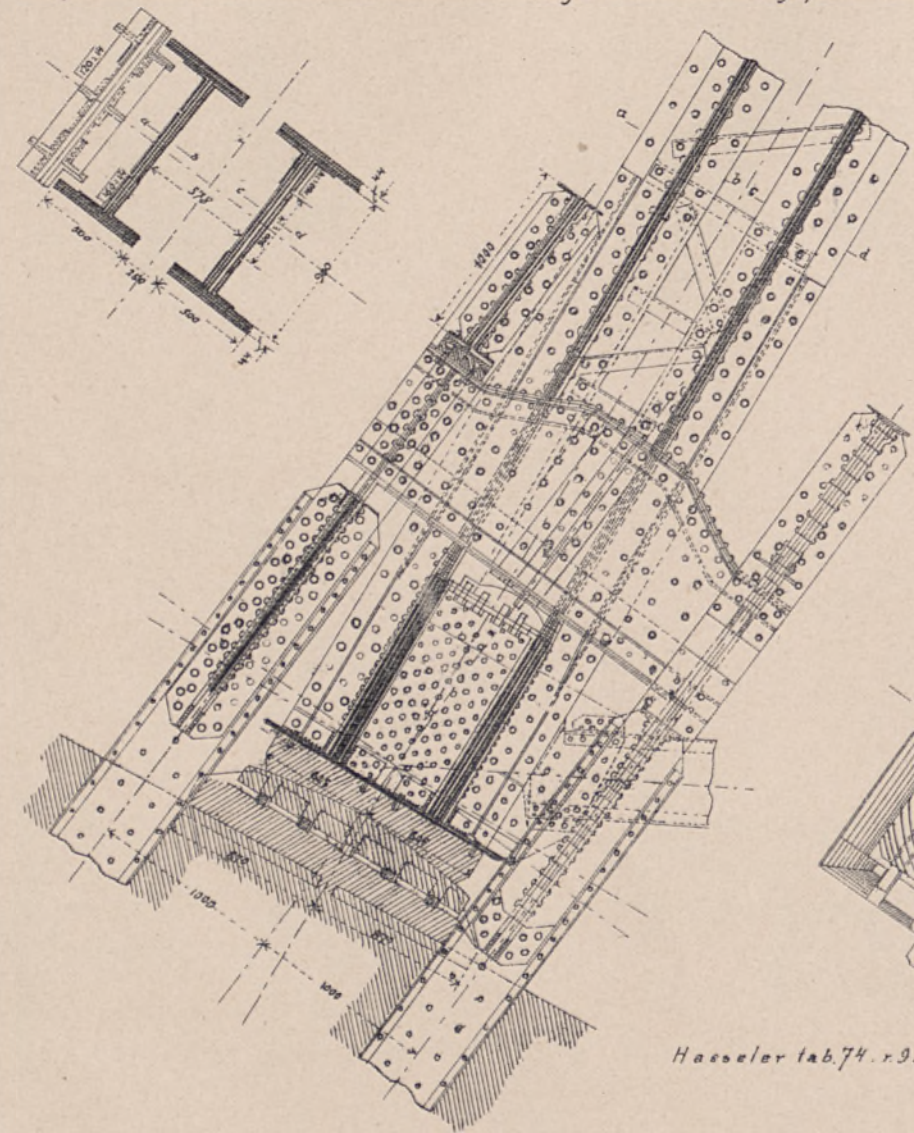
# PRZEKROJE ŁUKÓW.

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

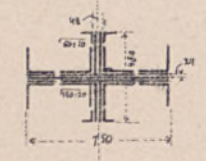
Rys.1b. Przekrój a-b-c-d.

Rys.1a. Przekrój podłużny.

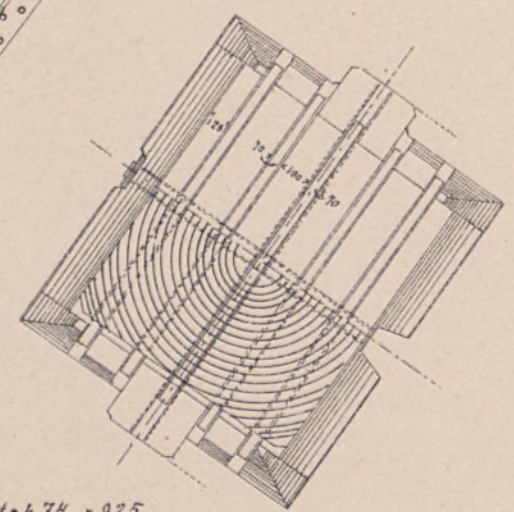
Rys.1c. Widok trawersu.



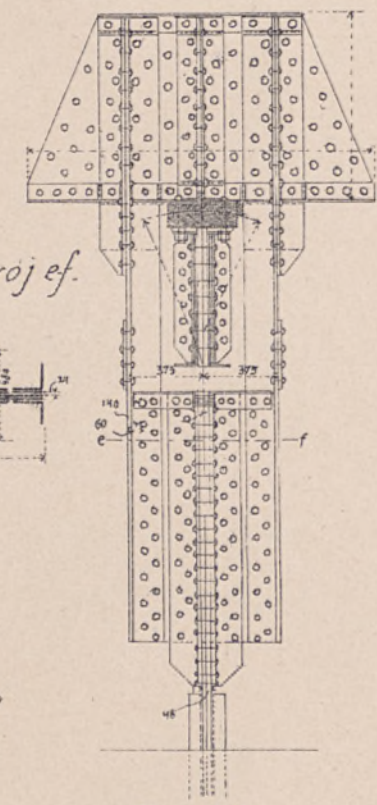
Rys.1d. Przekrój ef.



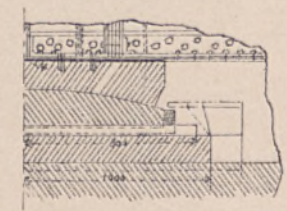
Rys.1e.



Hasseler tab.74. r.925.



Rys.1f.



Dr. M. Thullie. Mosty łukowe żelazne.

Reinhardt





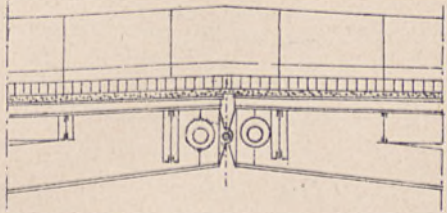


# PRZEKROJE ŁUKÓW.

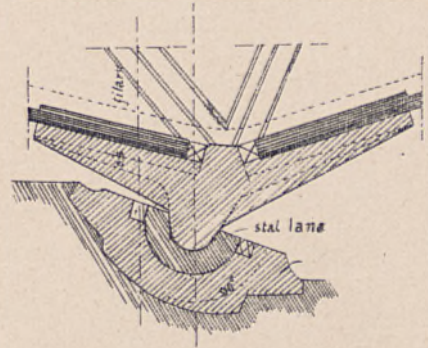
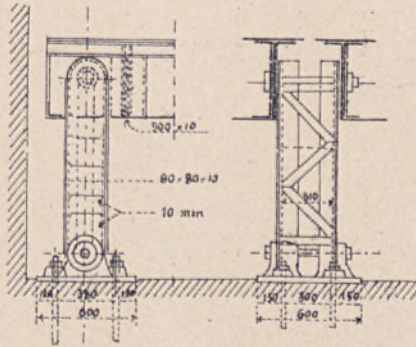
Rys.1. Most Mirabeau na Sekwanie w Paryżu. 1:45.

Rys.1a. Przekrój podłużny.

Rys.1b. Stup wahadłowy. Rys.1c. Przegub.

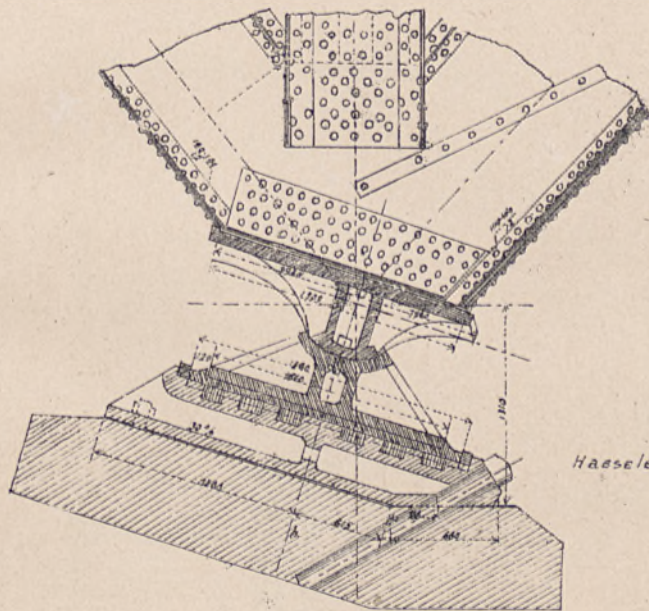


Haeseler 1908. t. 76 r. 950.

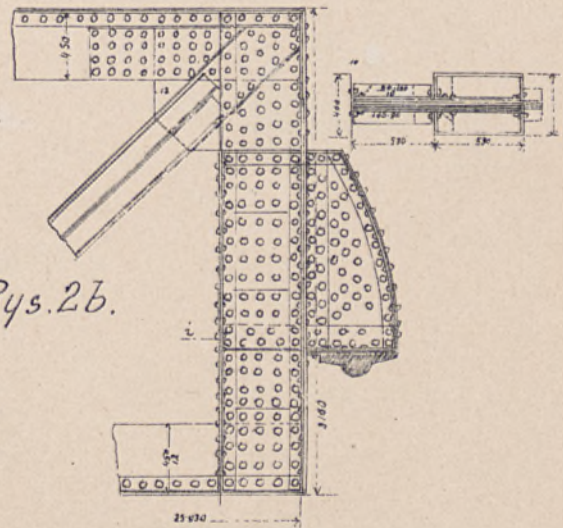


Rys.2a. Przegub.

Rys.2. Wiadukt Viaur. 1:50.



Haeseler 1908. t. 77. r. 995.



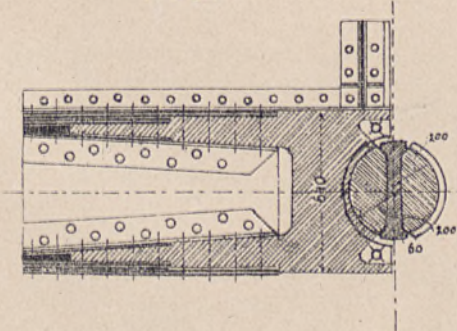
Rys.2b.

Rys.3. Projekt mostu na Renie w Bazylei.

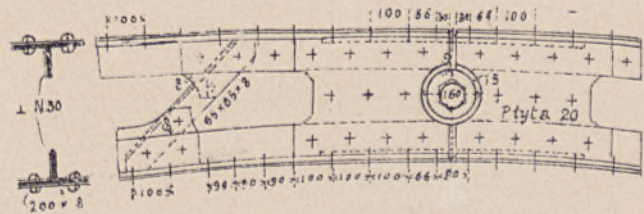
Rys.4a. Widok.

1:50.

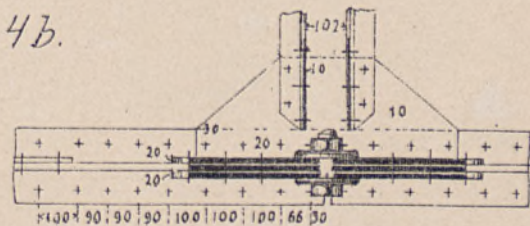
Rys.4. Most na Okrze w Brunzwicku. 1:20.



Haeseler 1908 str. 721.



Rys.4b.









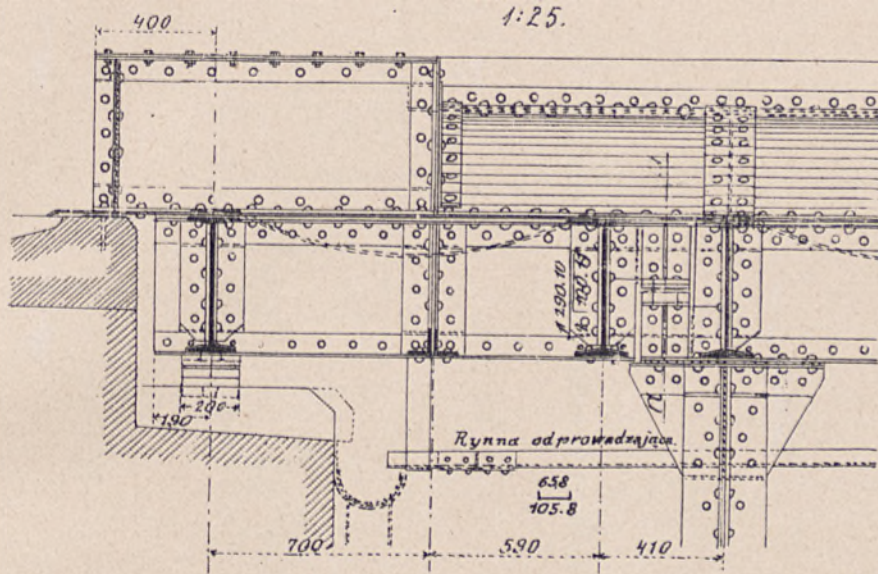




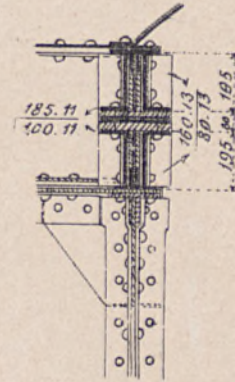




Rys. 1. Most nad portem tratwowym w Moguncji.

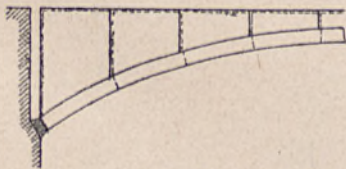


Rys. 1b. Przekrój a-a.



Handbuch 1906. str. 396 r. 87.

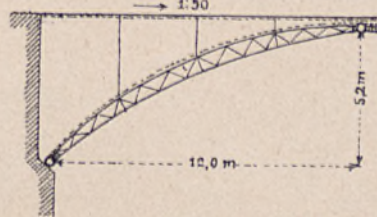
Rys. 2.



Haeseler 1908. str. 749 r. 1039.

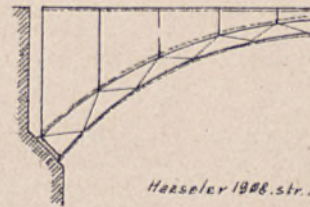
Rys. 3. Most na Okrze w Brunzwicku.

1:300.



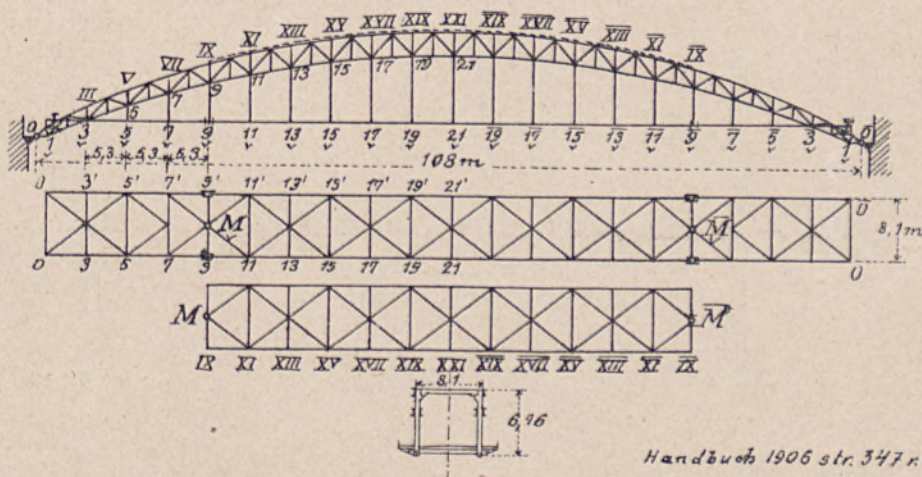
Haeseler 1908. str. 740 r. 1037.

Rys. 4.



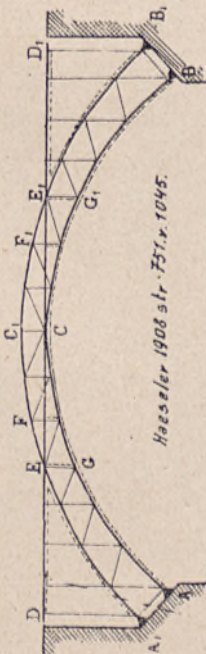
Haeseler 1908. str. 749 r. 1040.

Rys. 6. Most drogowy na Wezerze pod Nienburgiem.



Handbuch 1906 str. 347 r. 37.

Rys. 5.



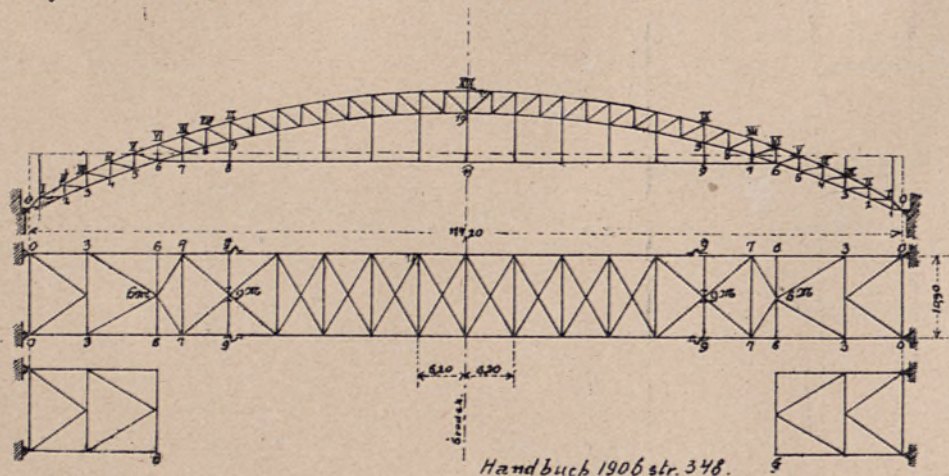
Haeseler 1908 str. 747 r. 1045.



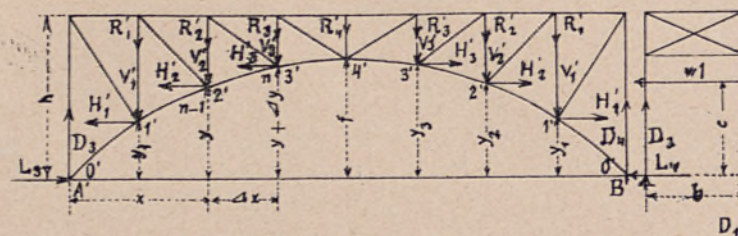




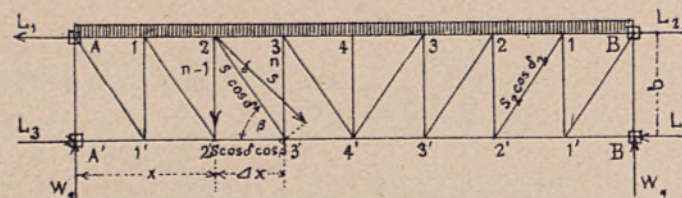
Rys. 1. Projekt mostu na Neckarze pod Mannheimem.



Rys. 2a.

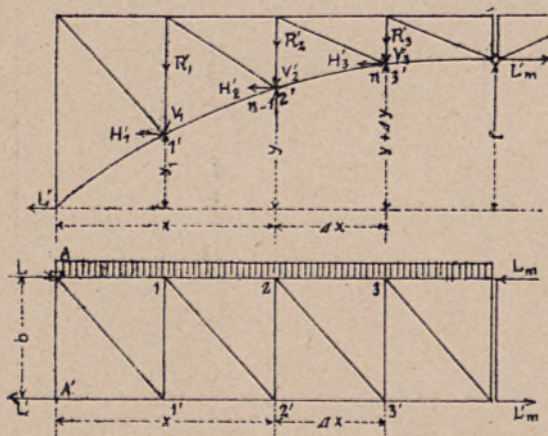


Rys. 2b.



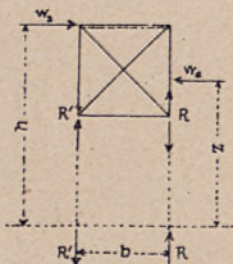
Rys. 2c.

Rys. 3.



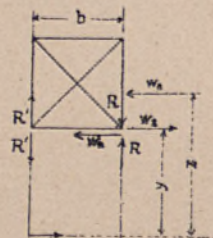
Haeseler 1908 str. 785 r 1056.

Rys. 4.

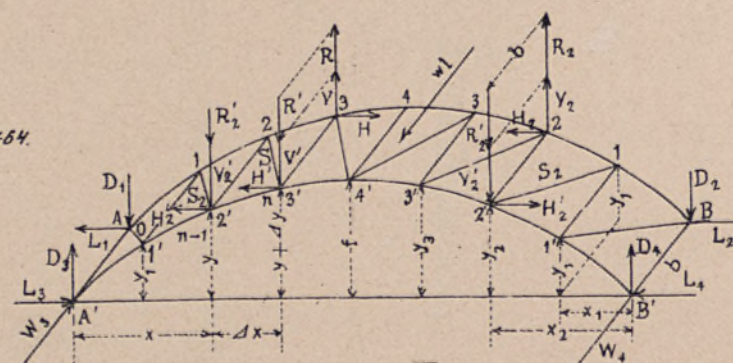


Haeseler 1908 str. 764.

Rys. 5.



Haeseler 1908 str. 751.



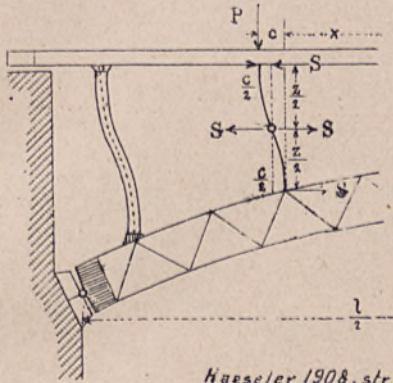
Haeseler 1908 str. 759 r 1052 a-b.







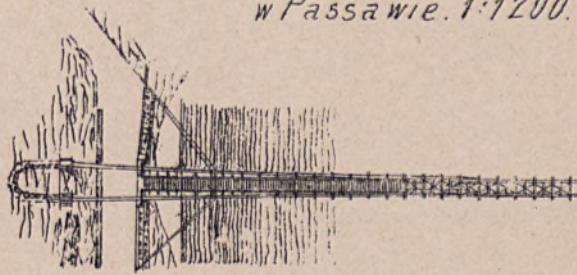
Rys. 1.



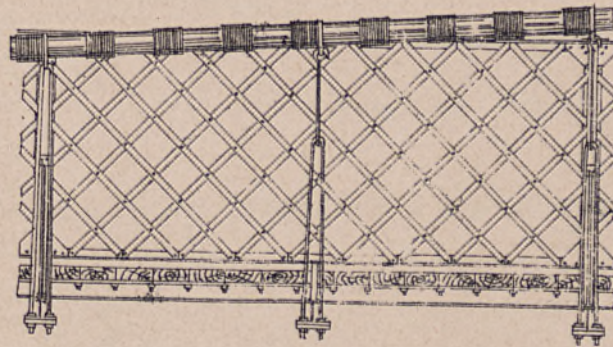
Haeseler 1908. str. 741 r. 1030.

Rys. 2a. Rzut poziomy mostu na Dunaju

w Passawie. 1:1200.

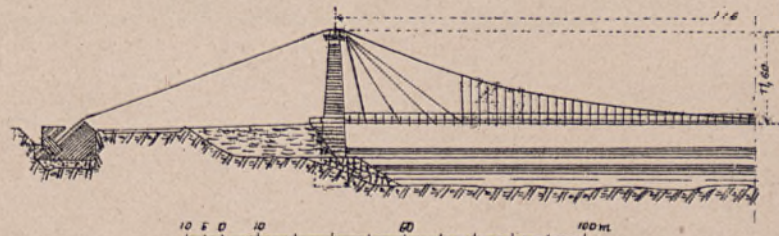


Rys. 2b. Układ belki. 1:40.



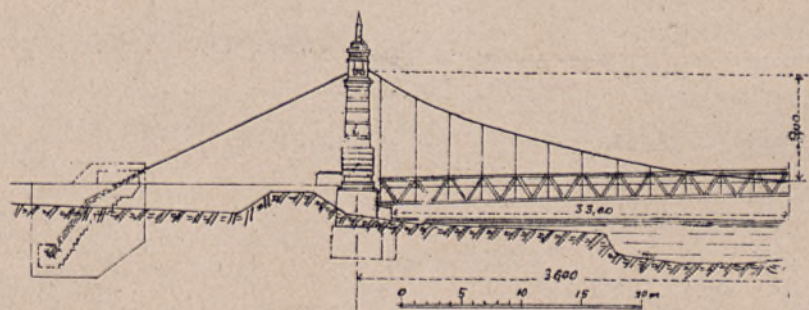
Handbuch 1906. t. V. r. 2.

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



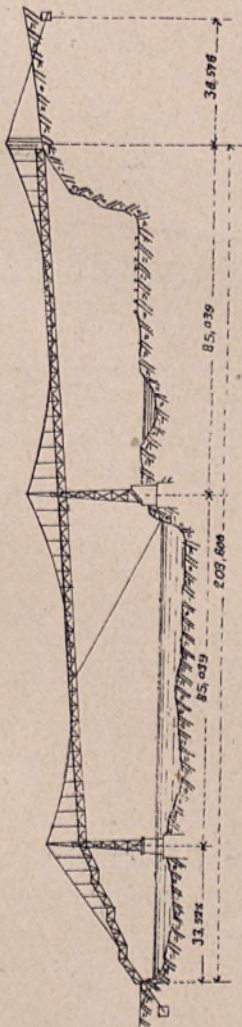
Handbuch 1906. t. IV. r. 25.

Rys. 4. Most drogowy pod Langenargen.



Handbuch 1906. t. I. r. 20.

Rys. 5. Most na rzece Lehigh w Easton.



Handbuch 1906 t. V. r. 20.



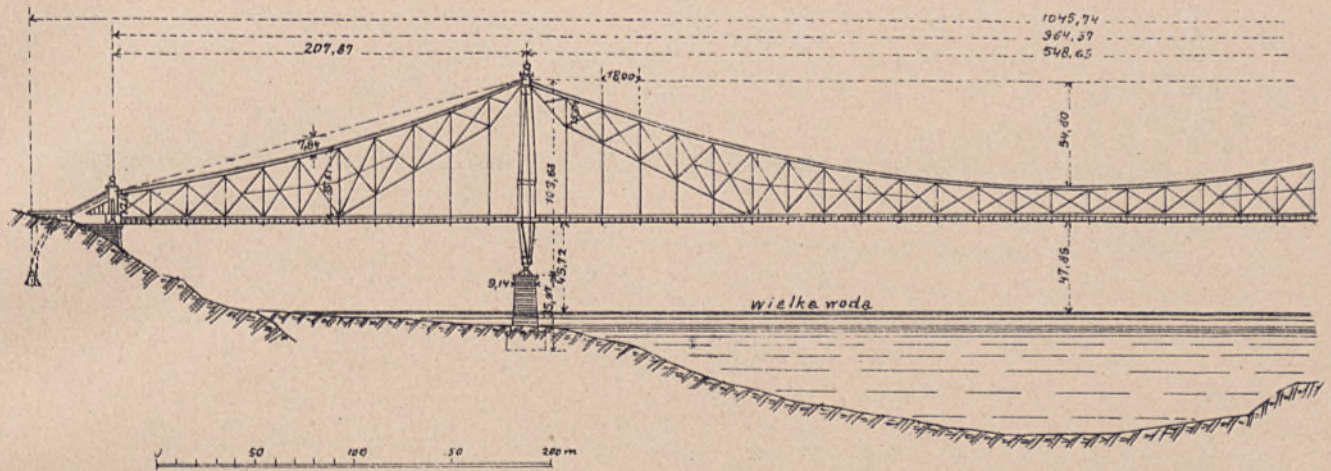




# MOSTY WISZĄCE.

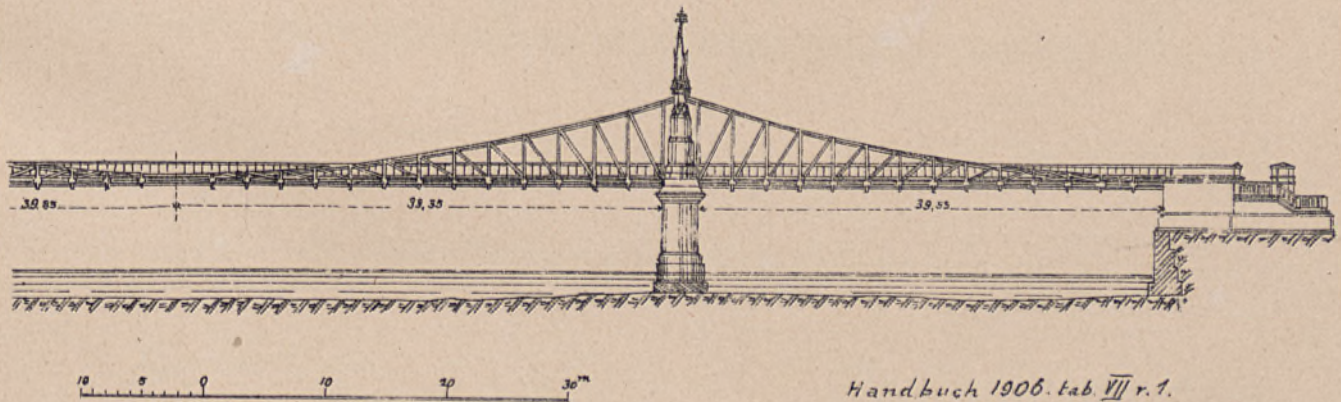
Tab. 61.

Rys. 1. Most kolejowy na rzecze św. Wawrzyńca w Guebeku. Widok.



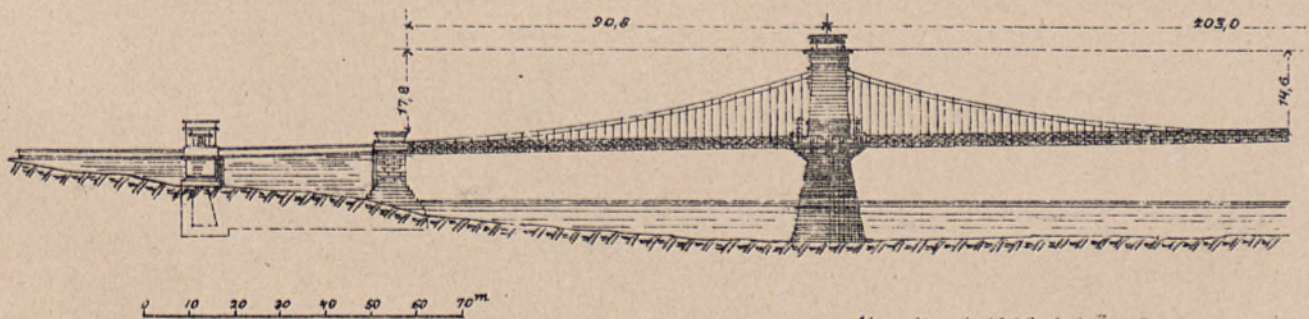
Handbuch 1906. tab. IV. r. 10.

Rys. 2. Kłazaka na Menie między Frankfurtem a Saksenhausen.



Handbuch 1906. tab. VII. r. 1.

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



Handbuch 1906. tab. V. r. 5.



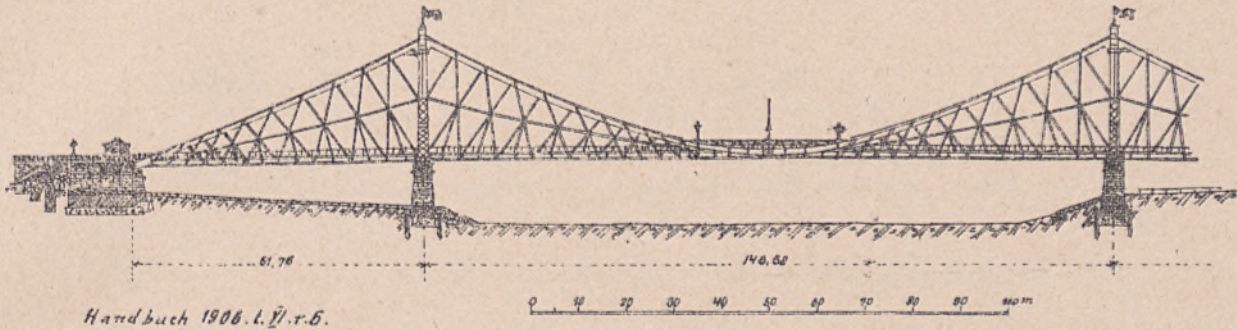




# MOSTY WISZĄCE.

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

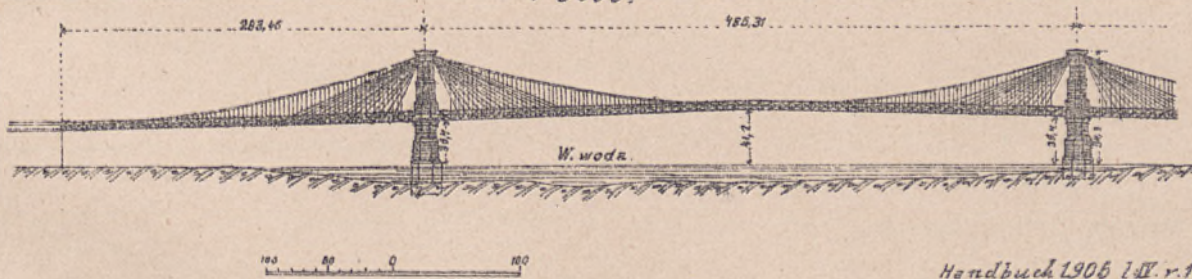
1:1600.



Handbuch 1906. I. V. r. 5.

Rys. 2. Most na East-River między Nowym Jorkiem a Brooklyn.

1:6000.

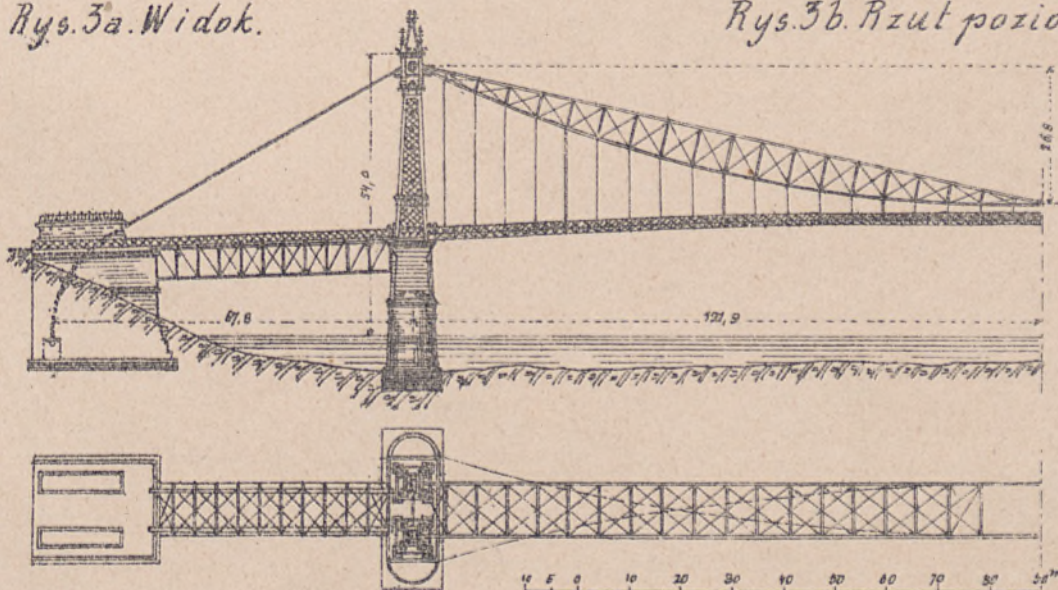


Handbuch 1906 I. V. r. 1.

Rys. 3. Most na Monongaheli w Pittsburgu.

Rys. 3a. Widok.

Rys. 3b. Rzut poziomy.



Handbuch 1906. t. IV. r. 17.

*Handwritten signature or mark.*



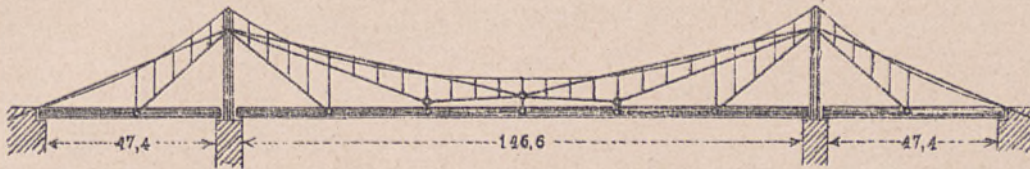




# MOSTY WISZĄCE.

Rys. 1. Most Franciszka Józefa na Węttawie w Pradze.

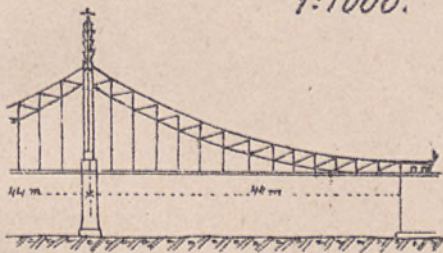
1:2000.



Haezelor 1908. str 769. r. 1088.

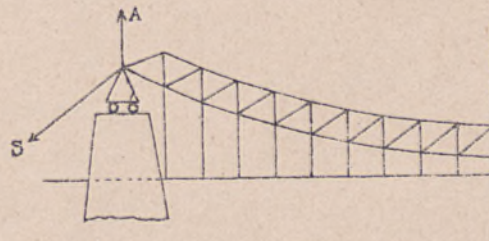
Rys. 2. Most dla pieszych w Gotha.

1:1000.



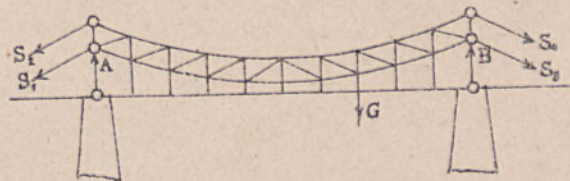
Struckel 1906. t. 30 r. 13.

Rys. 3.



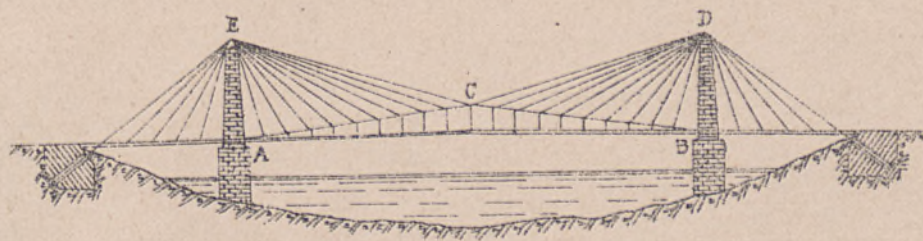
Haezelor 1908 str. 747 r. 1080.

Rys. 4.



Haezelor 1908. str. 767. r. 1081.

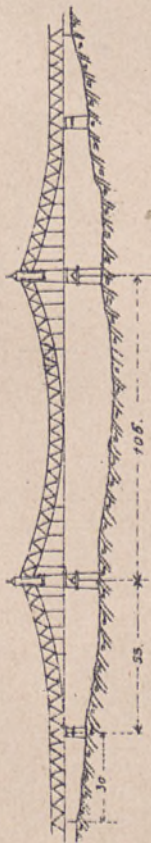
Rys. 5.



Haezelor 1908. str. 793 r. 1098.

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

1:2650.



Struckel 1906. t. 30 r. 14.





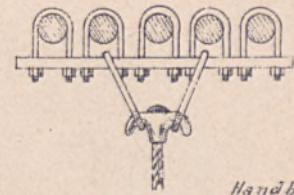


# MOSTY WISZĄCE.

Rys. 1. Zakotwienie kablu.



Rys. 2. Siodełko mostów francuskich.



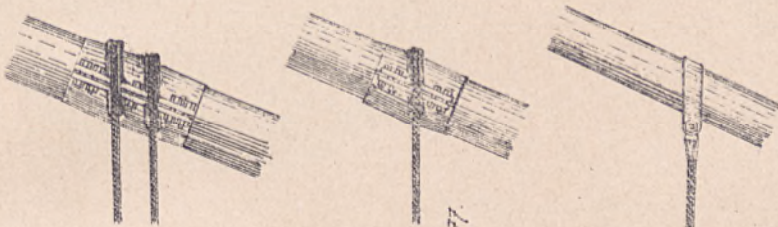
Rys. 3. Kajdanki.

Bohny Haegerbrucken pl. 94 r. 62.

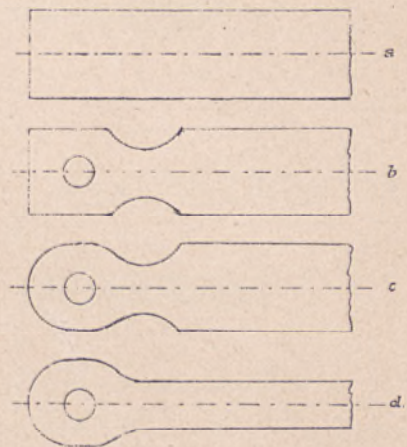
Handbuch st. 247 r. 27.

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

Rys. 4. Ogniwia mostu Elzbiety w Peszcie.



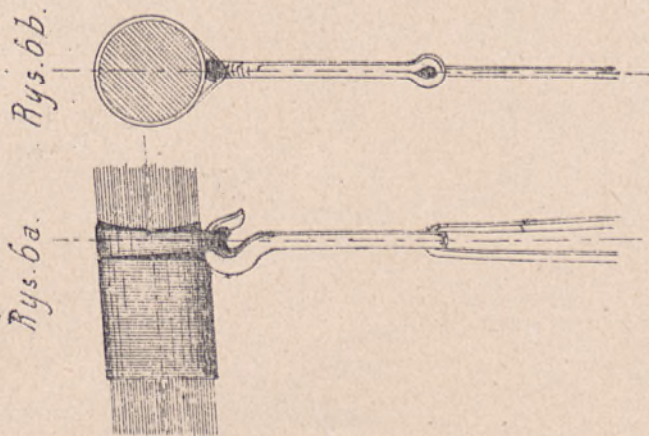
Bohny. st. 27 r. 64.



Bohny. st. 103 r. 68.

Rys. 6. Zawieszenie za pomocą kluczek i haka.

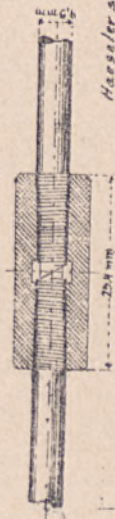
kluczki i haka.



Rys. 6a.

Rys. 6b.

Rys. 8. Potaczenie manszetu.

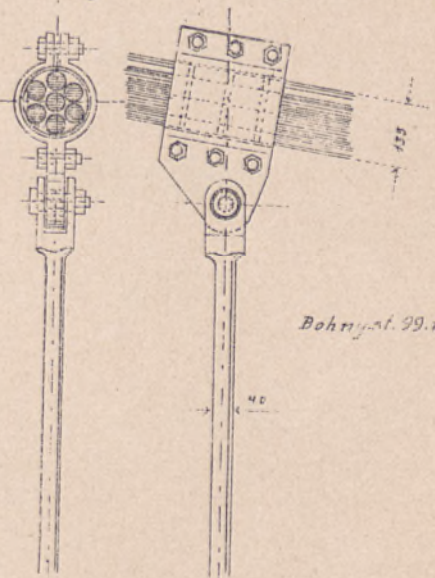


Bohny st. 98 r. 64a.

Haeseler st. 782 r. 1075.

Rys. 5. Kajdanki dwudzielne mostu w Langenargen.

Rys. 5a. Rys. 5b.



Bohny. st. 99 r. 64b.

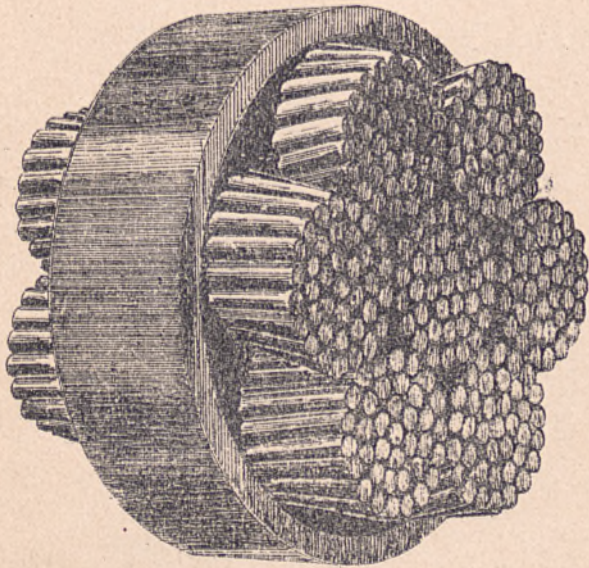






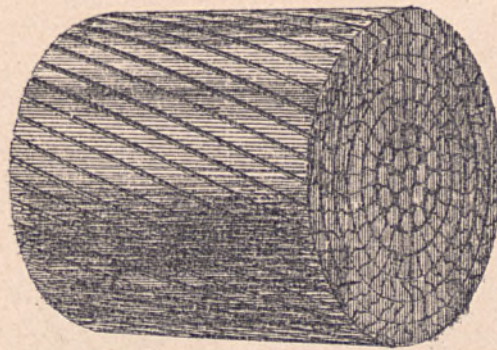
# MOSTY WISZĄCE.

Rys. 1. Kabel mostu Langenargen.



Handbuch. st. 234. r. 14.

Rys. 2. przekroju zamkniętym.

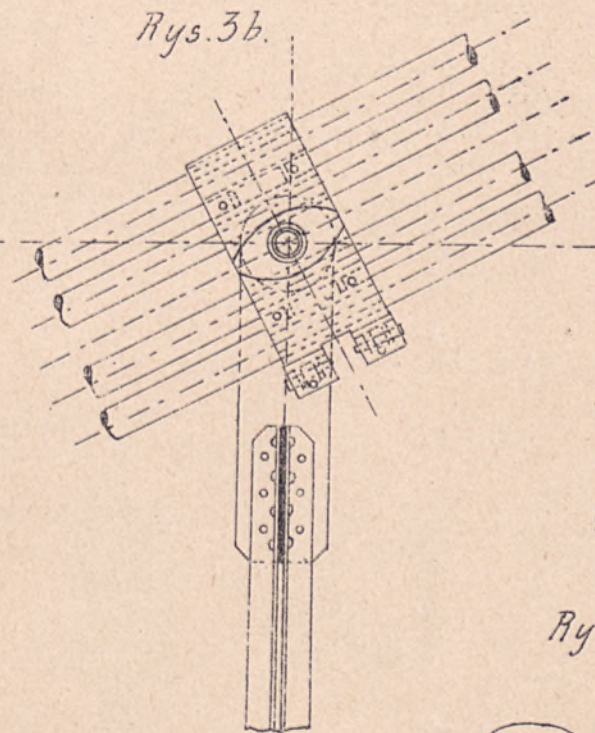
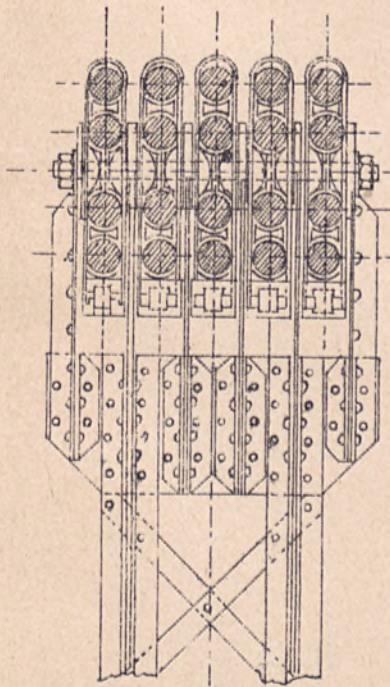


Handbuch. st. 235. r. 16.

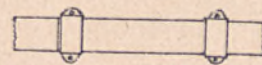
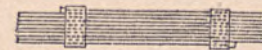
Rys. 3. Zawieszenie pomostu w Norymberdze.

Rys. 3a.

Rys. 3b.



Handbuch. st. 247. r. 28.



Handbuch. st. 224. r. 22.

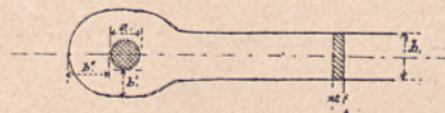
Rys. 4. Połączenie przytkadkami.

Rys. 5. Połączenie przytkadkami.



Handbuch. st. 224. r. 23.

Rys. 6. Ogniwu.



















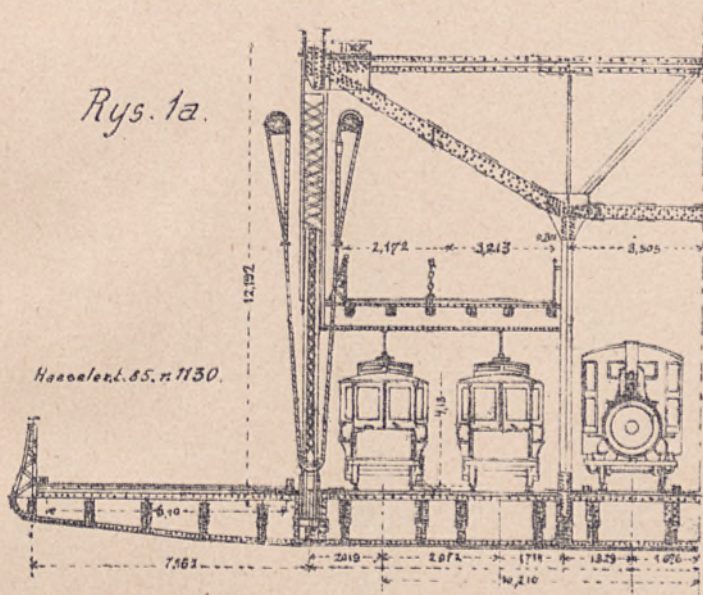




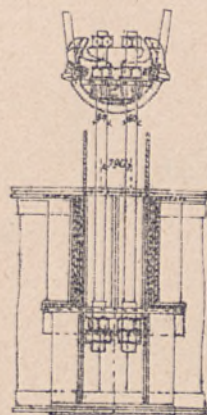


# MOSTY WISZĄCE.

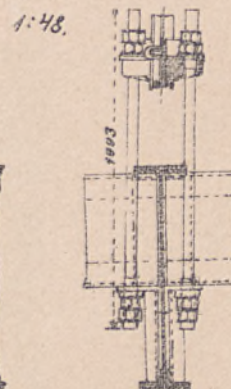
Rys.1. Przekroje mostu Williamsburg w Nowym Jorku 1:200.



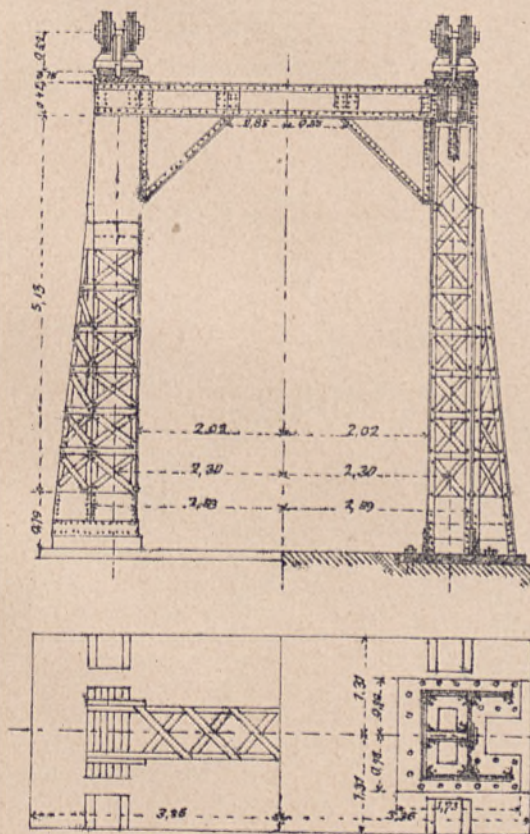
Rys. 1b.



Rys. 1c.



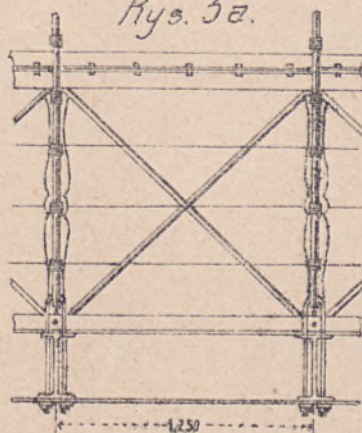
Rys.2. Kładka na Menie w Frankfurcie. Pylon.



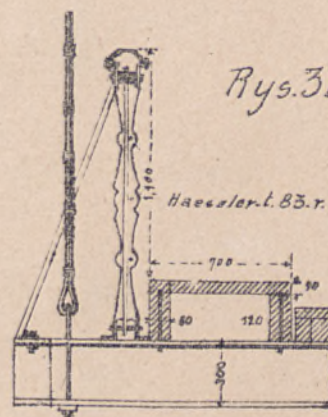
Handbuch 1906, t. 7, r. 2-5.

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

Rys. 3a.



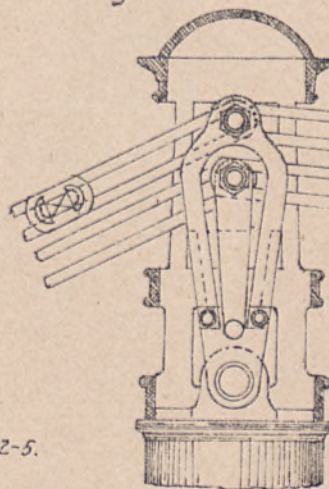
Rys.3b.



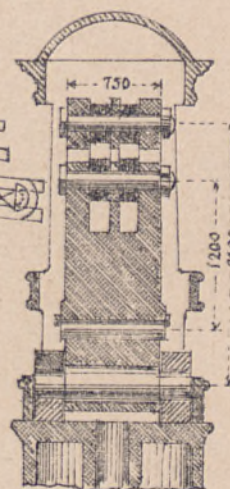
Haeseler, l. 85, r. 1113.

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

Rys. 4a.



Rys. 4b



Haeseler, str 779 r 7067.



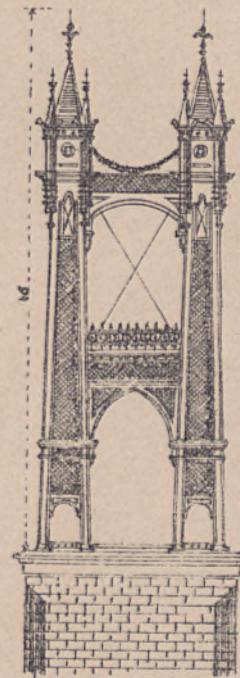
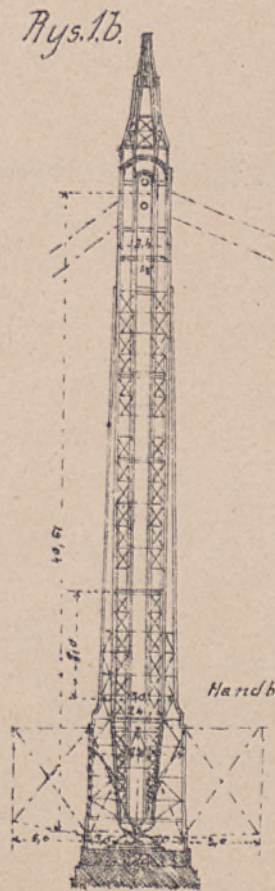
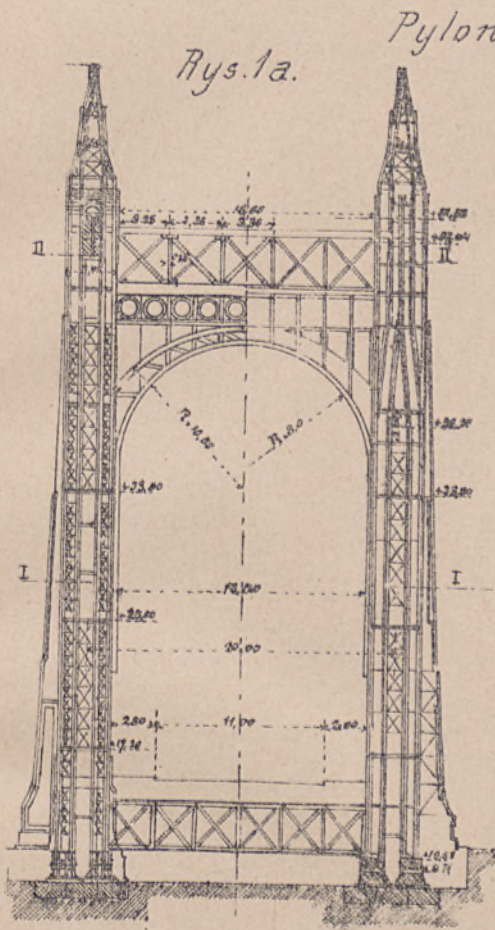




# MOSTY WISZĄCE.

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

Rys. 2. Most Monongahela w Pittsburgu.

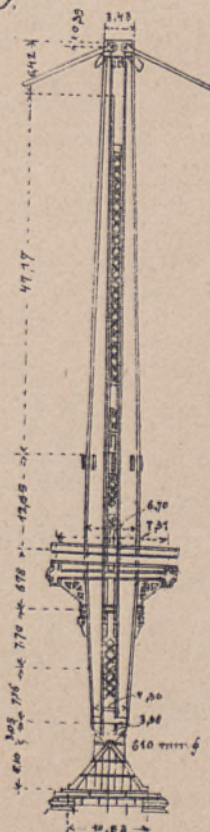


Handbuch 1906 t. 7 z. 19.

Handbuch 1906 t. 6 z. 2.

Rys. 4. Most Manhattan.

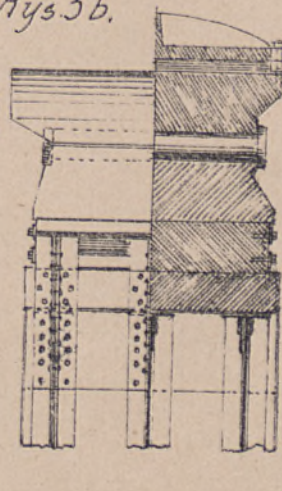
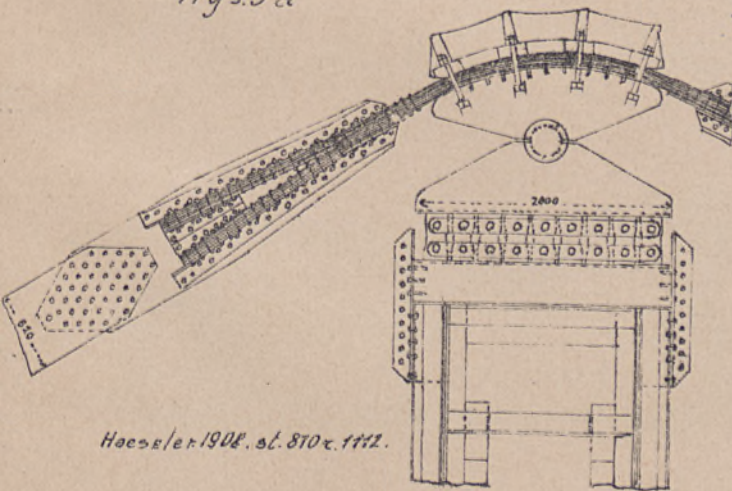
1:1000.



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

Rys. 3a

Rys. 3b



Haeseler 1906. st. 810 z. 1112.

Haeseler. st. 813. z. 1117.

Dr. M. Thullie. Mosty łukowe żelazne.

Pracownia



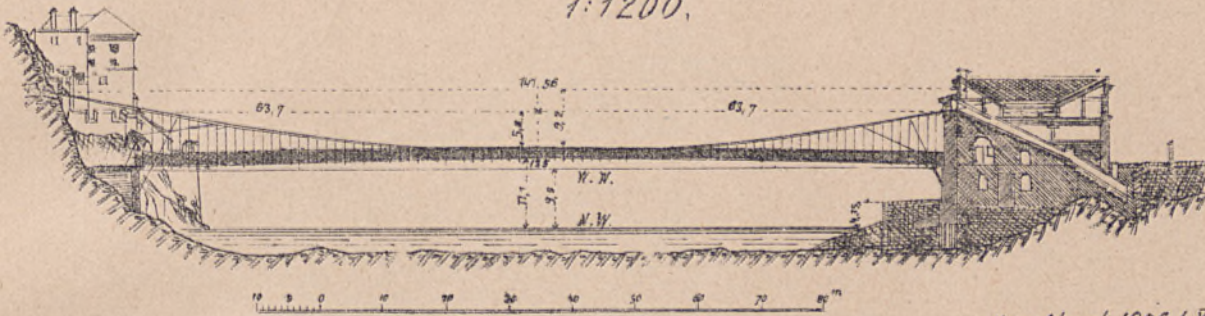




# MOSTY WISZĄCE.

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

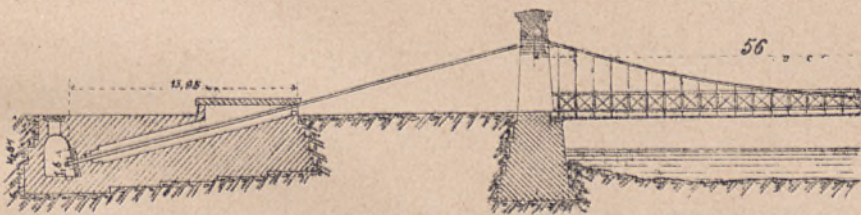
1:1200.



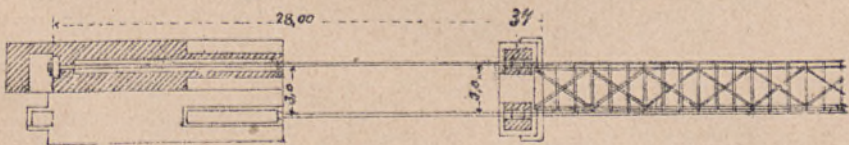
Handbuch 1906 t. V. r. 1.

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

Rys. 2a. Przekrój podłużny.



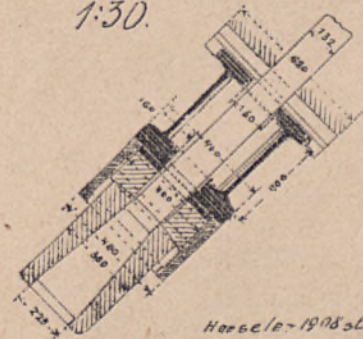
Rys. 2b. Rzut poziomy.



Handbuch. t. V. r. 5, 6.

Rys. 3. Most pod Langenargen.

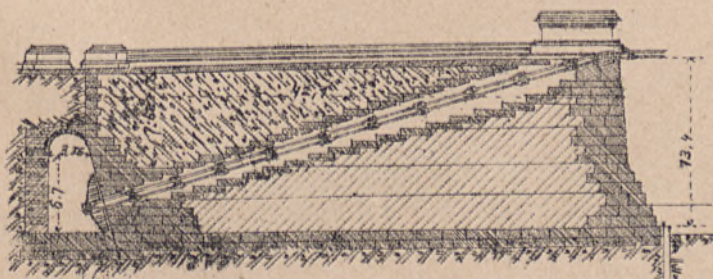
1:30.



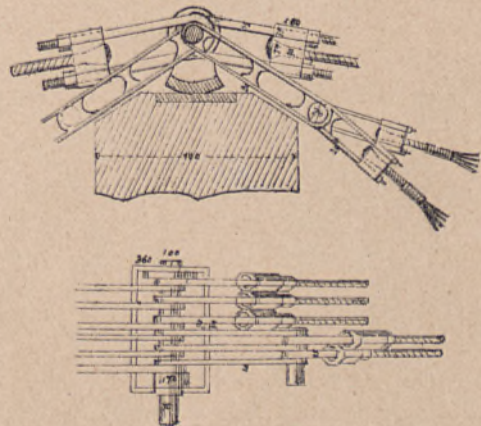
Herzler-1908 s. 816.

Rys. 4. Most tancuchowy na Dnnaju w Peszcie.

koto Ilpize. 1:30



Handbuch. t. V. r. 8.











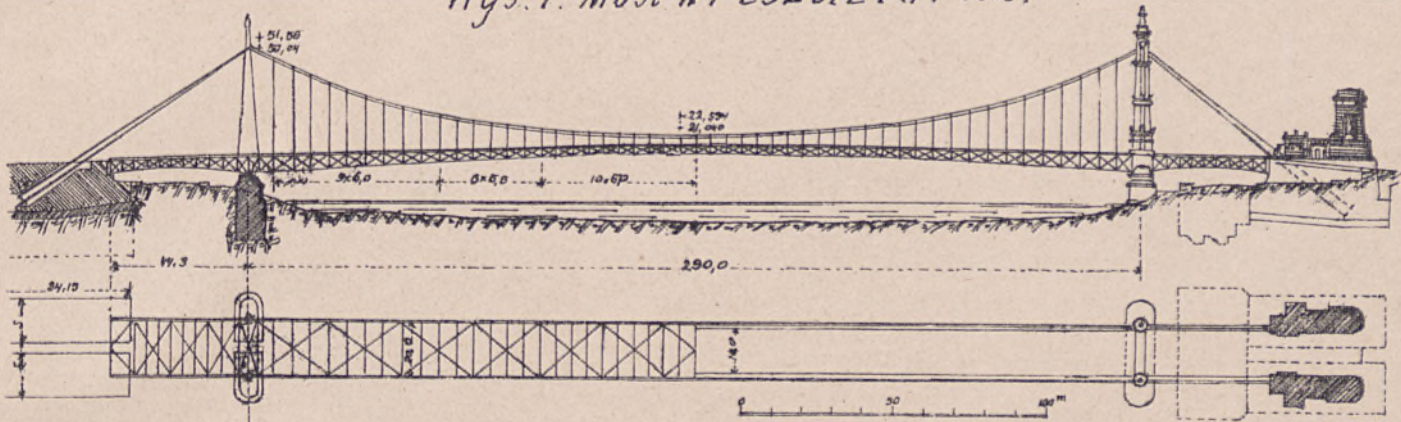






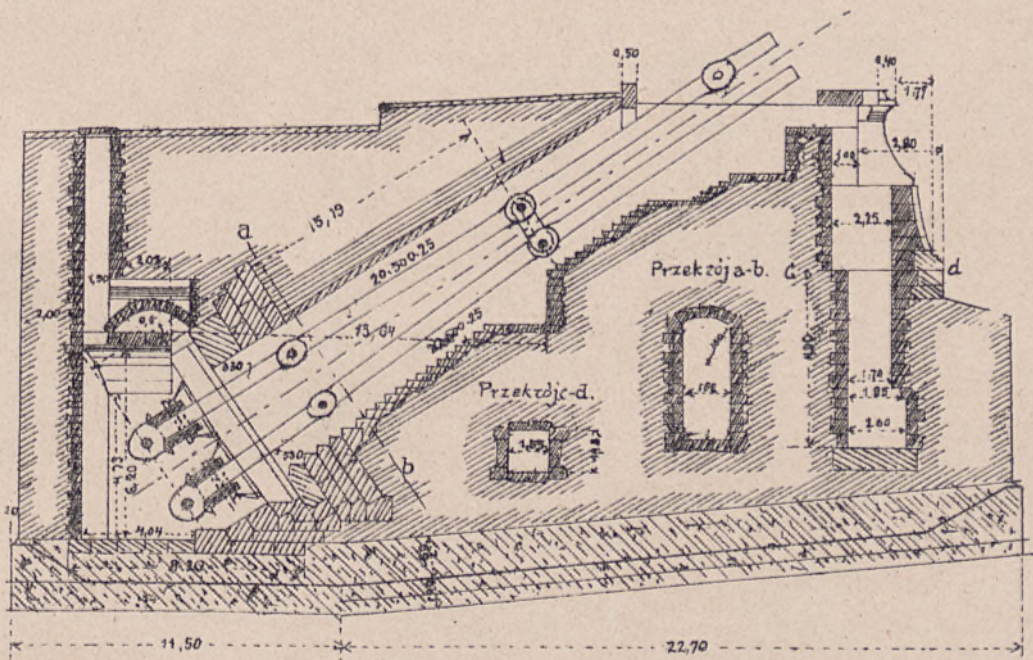
# MOSTY WISZĄCE.

Rys. 1. Most w Peszcie. Widok.



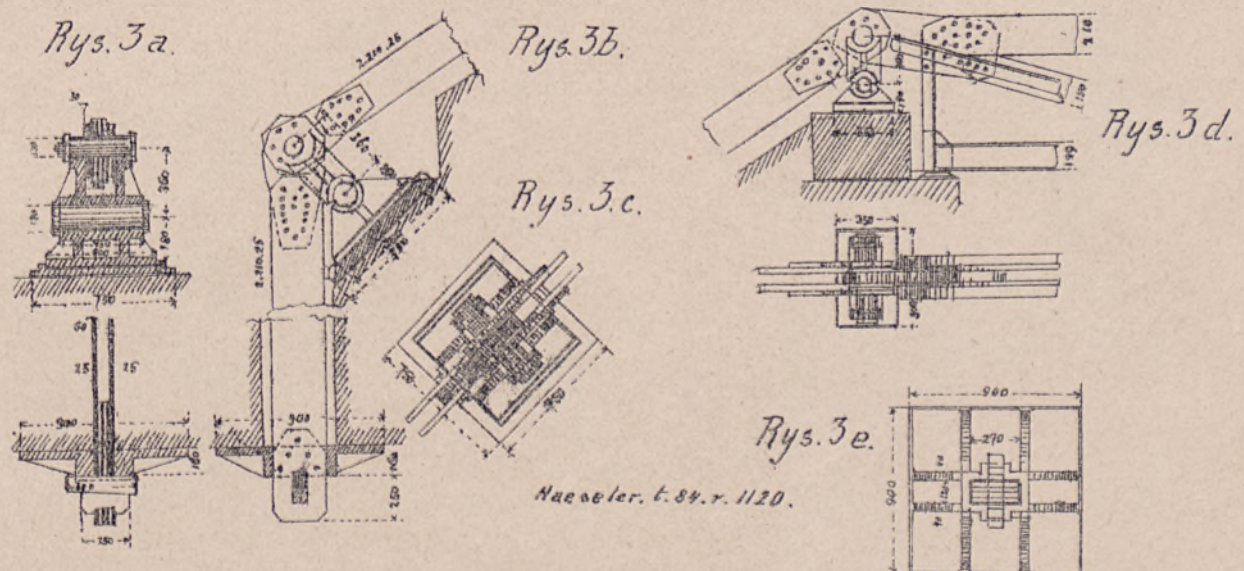
Handbuch 1906 t. 6. z. 1

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



Haeseler 1908 t. 83 r. 1004.

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



Haeseler. t. 84. r. 1120.

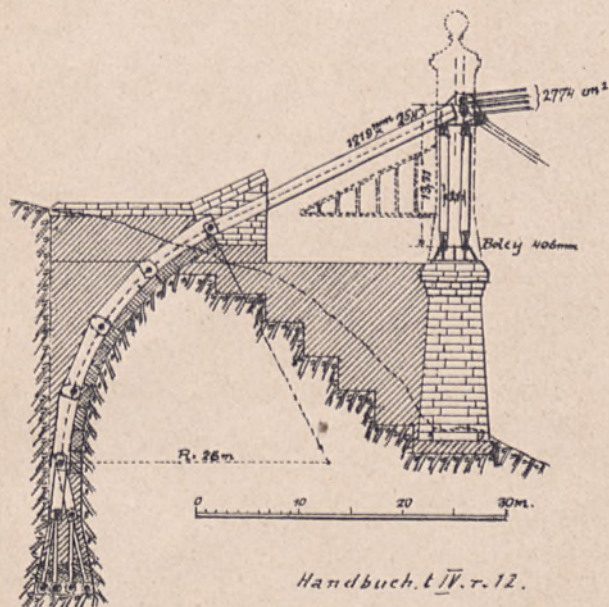
*Handwritten signature or mark.*







Rys.1. Most na zrzece św. Wawrzyńca.

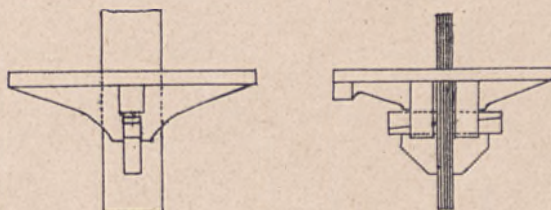


Handbuch t. IV. r. 12.

Rys.2. Most na Menie pod Franfurtem.

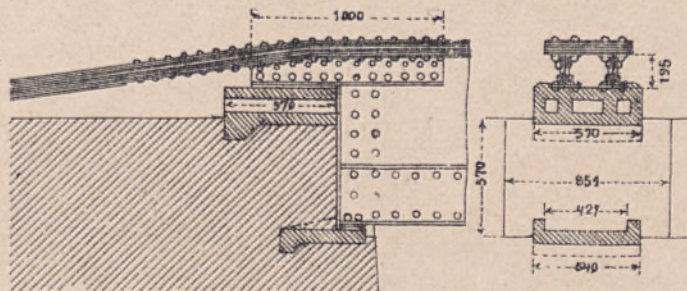
Rys.2a.

Rys.2b.



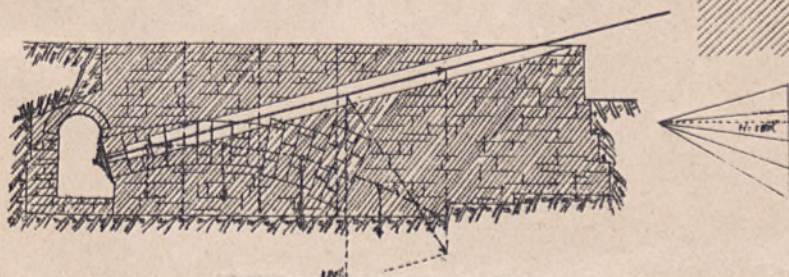
Handbuch st. 282 r. 52.

Rys.3. Kładka na Menie. 1:40.



Hasseler. st. 817 r. 1129.

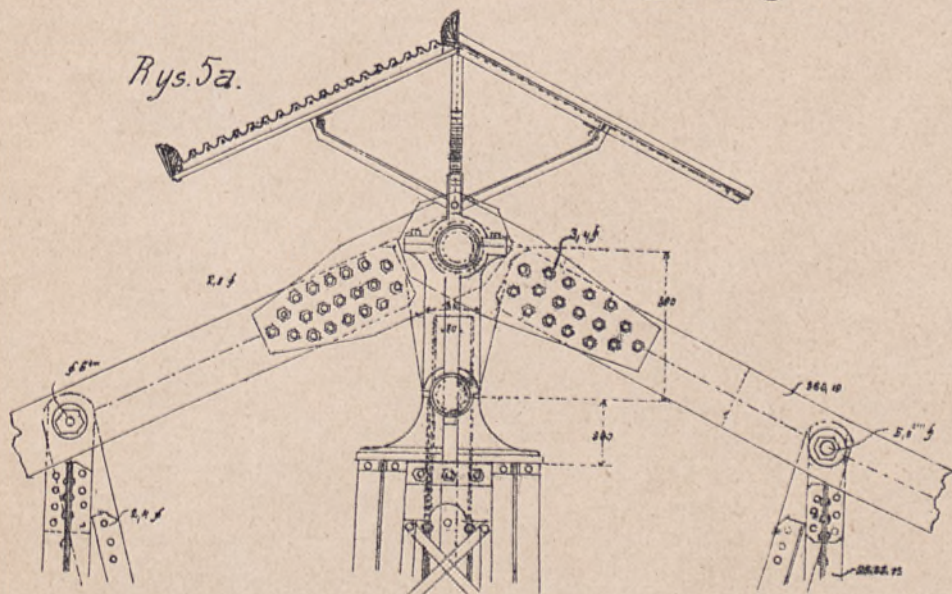
Rys.4.



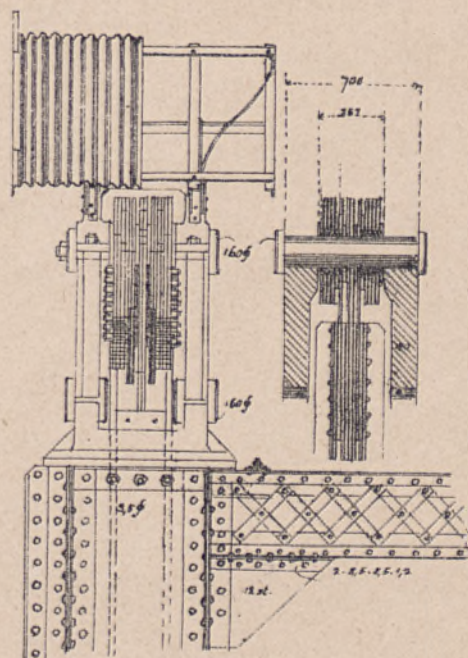
Handbuch st. 285 r. 53.

Rys.5. Szczegół mostu drogowego.

Rys.5a.



Rys.5b.



Heinzerling t. 5. r. 13 i 25.

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

*Prinimer*







