

# 銲 接 鋼 橋 に 就 て

内務省土木試驗所 青 木 楠 男  
内 務 技 師

19世紀の中頃最初の鍊鐵桁橋が架設せられて以來今日に至るまで約90年間鋼橋部材の連結は銲結の獨り舞臺であつたと云つて過言ではない。一部分に鍊を用ひたものもあるがこれは主に格點連結に限られ細部構造には殆んど用ひられてゐらぬ、これがために構鋼は其剛性を犠牲にして銲結に便なるが如き形狀に發達し、橋梁製作工場は其設備費の大部分を重要なる鋼材断面の何%かを鐵屑に換へんがための穿孔と銲打のために費消し、橋梁設計者は永い年月を明け暮れ銲結細部構造の重量を減少することに力をつくしてきたものである。

併し時代は變つた、行きつまつた銲結橋時代に代はらんとする新銲接橋時代の幕は切つて落されたのである、北歐の一電氣技術者 Bernardos が革命的の發明を生んでこゝに45年、今や電氣銲接法は鐵鋼の利用せらるゝあらゆる方面に其威力を振ひはじめた、橋梁に於ける銲結工法も遂に其魔の如き巨大なる力には敵すべくも見えないのである。

然らば如何なる點に於て銲接は銲結に勝るか、これは大體次の七項目に分つことが出来るであらう。

1 細部構造を簡單ならしむることによる、  
用材の節約——尠大な Gussst plate に何百と云ふ銲を打ち並べた格點構造は、隅鋸をさへ省いた Compact な銲接連結に比してあまりにもものしい形だと云はねばならぬ。

2 銲孔による断面減少を免れうることに  
よる用材の節約

3 連結部の完全連續性を認め得ることに  
よる用材の節約——桁端の銲鍊連結に對して連續性を認めないと云ふことについては多少の異論はあるが現今の Practice としては一般

的に承認されてをらぬ、これに對し銲接連結の場合は桁端を固定と認めうべきことは議論の餘地がない。これによつてもたらされたる正彎曲率の減少に伴ふ用材節約量は10%を下らない。

4 死荷重の減少による間接的用材節約

5 鋼材工作の容易なること、架設の簡單なることによる工費の節約——銲接の發達と共に叫ばれて來た“Mill も Field”なる言葉は從來の工作工場に一大恐懼を與へてゐる。銲接による極端なる工作の單純化は鋼材を製鋼所より直接現場へ運搬すれば充分であつて、中間の工作を必要としない程度に達しうるのである、更に架設の容易さは銲打が少くも4人の職工を必要とするに對し銲接は只二人稀には只一人の職工で充分な効果を舉げ得る。

6 鋼材断面形狀をより剛性大なるものに改革しうること——現在の山型、溝型、J型等は決して最小断面によつて得らるゝ最大剛性の形狀ではなく、銲結に適當なる形狀にして出來うる限り剛性大なる形狀と云ふ範圍を脱しない。銲接による結合の自由さはより有効なる環狀断面への進化を妨げないものである。

7 工事中の騒音少きこと——都市の騒音問題の喧しい今日、銲打のあの喧音は都人士の神經を惱ます大きな種である、これにくらべると銲接の響きはあまりにも靜かな音ではあるまいか。

斯くの如き利點を有する電氣銲接法がこの十數年來造船工業界、機械電氣工業界に、又この數年來鐵骨建築界に目醒しい活躍をはじめ、1927年からは橋梁技術界に其版圖を擴げて來たことは當然のことである。

筆者はこゝに電氣銲接の橋梁技術界への應

用を記述して見たいと思ふものである。現今未だ十指をもつて數へうの程度の著名銲接橋は皆歐米のものであるが、本邦に於てもさきに横河橋梁會社製作の銲接鋼鈹桁の實驗が鐵道省官房研究所に於て行はれ、陸軍技術部の考案になる可搬式組立銲接鋼鈹桁橋及鋼構橋の製作が完成され、東京市は櫻橋の補強工事に銲接の大々的應用を實施し、横濱築港にては浮函用の銲接鋼鈹桁の製作中であり、このほか小規模の應用に至つては枚擧に遑のないものがある。これ等本邦の諸工事については擔當諸兄の御報告に俟つこととし、筆者は専ら歐米に於ける實例を紹介したいと考へる。

銲接が橋梁の補強修繕に用ひられたのは相當に古い話で、佛國 Seine 河の Pont de Surènes の修繕(1923年)(第一圖又第二圖參照) Rhone 河の Viaduct de la Voultre の補強等は其最も古いもので孰れも鑄鐵橋である。このほか佛國では Pont de Holt Fleet, Pont de St-Ouen 等補強後コンクリートで包んで

鐵骨混凝土橋としたものなどもある。

このほか歐洲に於ける實例としては英國 York 州 Kirk Ella 及 Hull 間の鐵道鋼鈹桁の補強、(第三圖) 獨逸 Leipzig に於ける鐵道鋼鈹桁橋縱桁の補強(第四圖) Holland, Moordijk 橋の補強等が著名なものである。

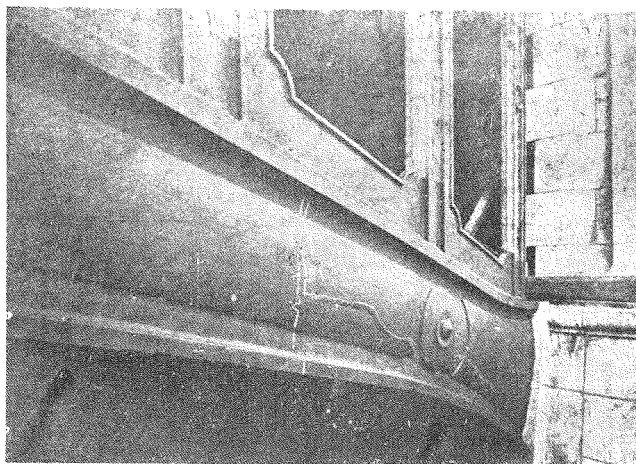
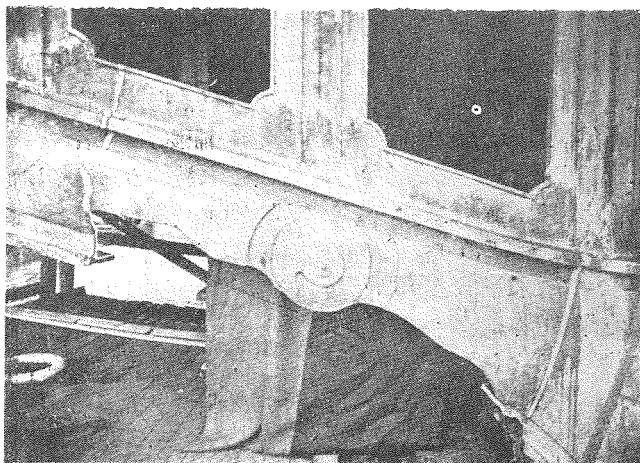
米國に於ける工事としては Chicago (Great Western 鐵道の) Leavenworth 鐵橋の補強(第五圖及第六圖) New Jersey, Bound Brook 附近の電車橋の補強(第七圖及第八圖) Texas, Houston の McKee St 橋の修繕(第九圖) Alen town, Pa の Tilghmann St 橋の補強(第十圖及第十一圖)等は見逃すべからざるものである。

上記は補強修繕に於ける銲接應用であるが銲接工法のみによつた橋梁が1928年以來昨年末に至る 3ヶ年間に世界各地にて約十橋架設せられてゐる。下表はこれ等を橋種別に年代順に示したもので第十二圖乃至第二十九圖は其主なるものの寫眞と大體の説明である。

(昭和六年一月三十一日)

### 世界著名銲接鋼橋一覽表

橋名	所在地	年代	橋種	備考
I 型 鋼 橋				
步 道 橋	瑞西 Zurich, Limmat 河	1926		
Lippe	獨逸 Leipzig	1929	人 道 橋	全長60米、3徑間 N. P 55使用 徑間11.5m 第十二圖及第十三圖
鋼 鈹 桁 橋				
單線鐵道橋	米 Turtle-creek, Penn	1927		徑間16.8米 第十四圖及第十五圖
發電所Over bridge	米 Schen ctady	1929		徑間9.1米(第十六圖)
單線鐵道橋	奧 Weiz	1929		徑間8.7米(第十七及第十八圖)
試驗鐵道橋	瑞西 Biel-Malnwald	1929		二徑間各5.2米(第十九圖)
同	獨逸國有鐵道	1930		徑間10米(第二十圖及第二十一圖)
鋼 構 橋				
單線鐵道橋	米 Chicopee Falls, Mass	1928		徑間53米 第二十三圖及第二十四圖
Lowiez 橋	波蘭土 Lowiez	1929	人 道 橋	徑 27 米(第二十五、廿六、廿七圖)
Leuk 橋	瑞西 Rhone 河 Leuk	1929	人 道 橋	徑間33.9米

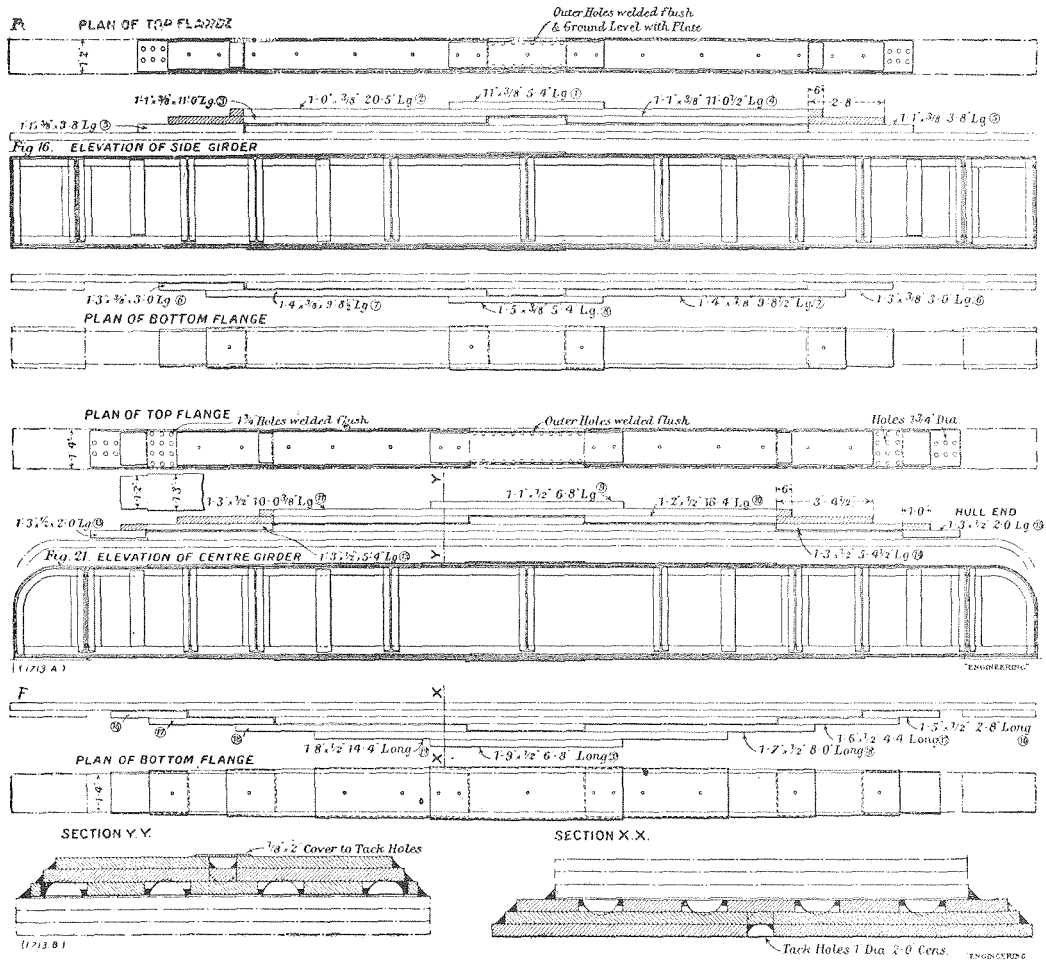


第一圖 (上)破壊せる Suresnes 橋

巴里近郊 Seine 河上の鑄鐵橋である、1923年約 300 噸積の解船の衝突によつて起拱點の Voussoir 長約3米重量約900噸が抜け落ちたものである。

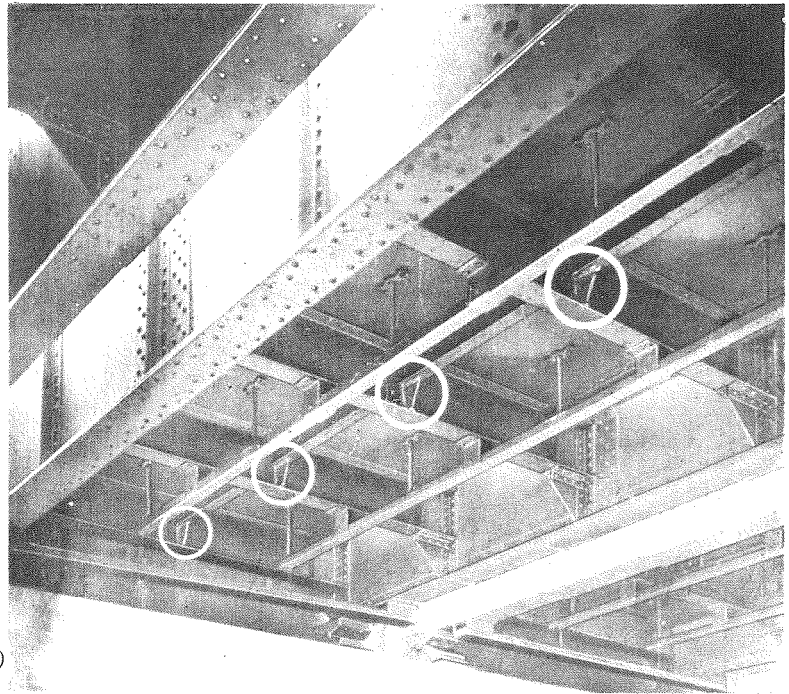
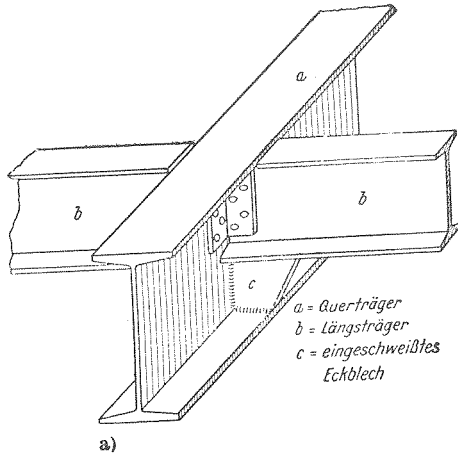
第二圖 修繕後の Suresnes 橋

破損部分に相當せる Casting を製作して電氣銲接したるもので裏面には Voussoir 全長に 3 枚の補剛材を附した、當時の P. L. M. 鐵道會社の技師長 Bolongni 氏の考案である。



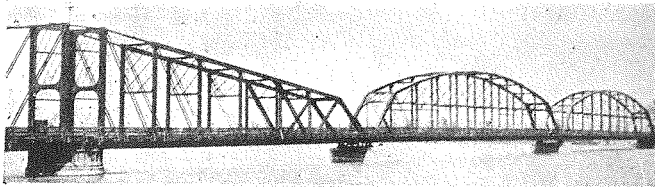
第三圖 英國 York 州 Hull 附近鐵道橋の補強

徑間33呎、桁高 3呎の鋼桁橋である、圖の上半は側桁、下半は中桁で、補強は上下突縁へ各3枚の蓋銀の銲接によつた、銲接構造物の補強にいつも困るのは銲頭であるが、本工事に於ては圖'e t,x-x 及 Sect.y-yに示した様に最下の補強蓋銀の銲頭に當る位置へ1吋1/2の穿孔をなして、銲頭を銲め込み、この孔を銲填して Spot weld に利用してゐる。目下施工中の東京市櫻橋の補強もこの式を探る事を御薦めしてゐた。



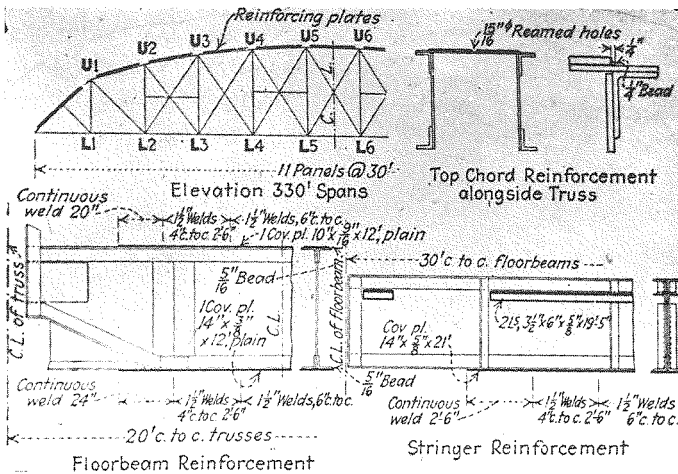
第四圖 Leipzig 鐵道鋼桁橋縱桁補強

縱桁連結鉄の緩るみを持ち送りの銲接にて補強したもので(a)圖は其細部構造(b)圖は補強後の橋梁を示す。



第五圖 銲接補強せる Leavenworth 鐵道橋

Chicago Great Western 鐵道の Missouri 河橋である。33 呎鉄結固定橋二徑間及 440 呎の廻轉橋よりなり 1893 年の架設で、弦材眼桿、鋪は鋼、其他は鍊鐵製である、各徑間とも銲接補強が施行され約 100 噸の補強材が使用されてある第五圖は同定橋の補強法の一部を示す

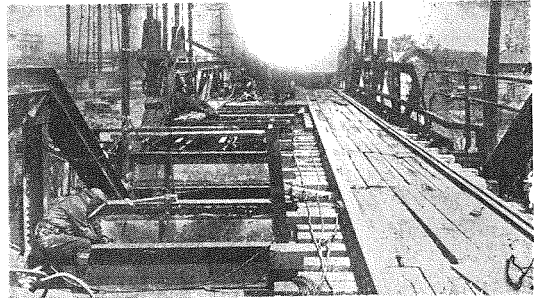


第六圖 Leavenworth 橋の銲接補強

上弦材の補強は蓋飯の増結、床桁は上下突縁への蓋飯取付、縦桁は上部に補剛突縁の腹付け、下部突縁へは蓋飯を取付けてある、眼桿の補強は圖面に示さぬが Loop Rod を増結してある。

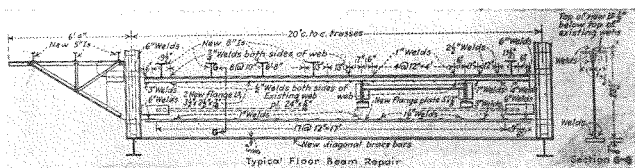
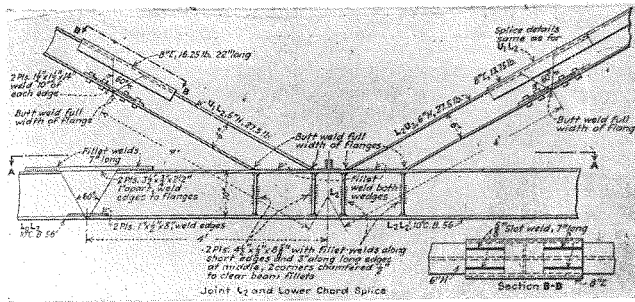
第七圖 補強中の Middlesex Borough 市街橋

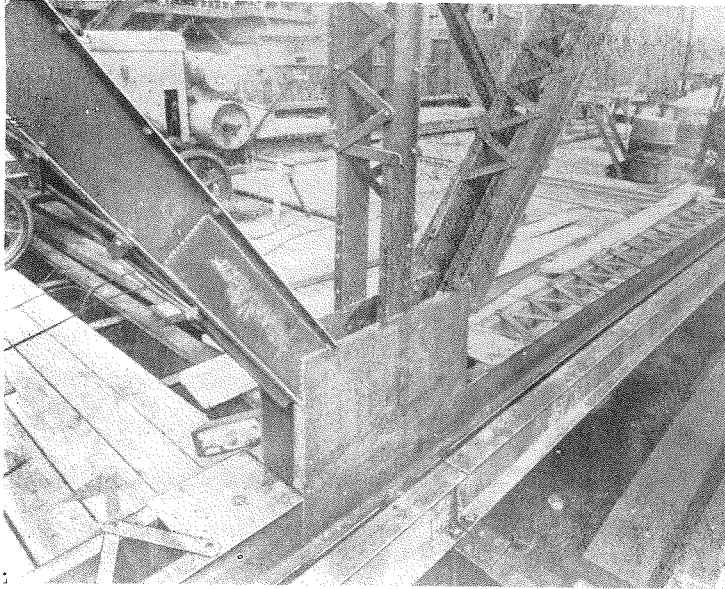
Botnd Brook, N. J. 附近の鐵道跨線橋である、2 徑間各 86 呎の矮構で電車軌道車道歩道各一線を有してある補強は下弦 斜材の取換修繕歩道の Bracket 車道の縦桁、本桁上下突縁の補強並取換である、下の鐵道に障害なき様修繕用足場を築造することの殆んど不可能なりしことと、電車運轉の停止が出来なかつたことは遂に銲接による新しい補強方法を講ずるに至らしめた。



第八圖 Middlesex Borough 市街橋の補強

弦材並に斜材の取換は、在來部材の綾綫の一部を取り去り内部へ新材を挿入して其兩端を在來隅飯に銲接してある(上)圖は第三下格點並びに下弦及斜材の Splice を示したものである、(下)圖は歩道 Bracket の銲接、床桁の補強を示したものである。



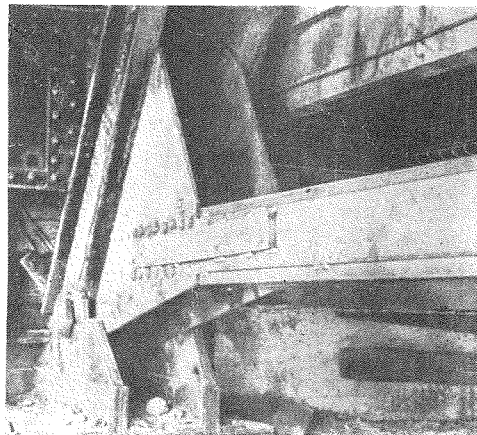
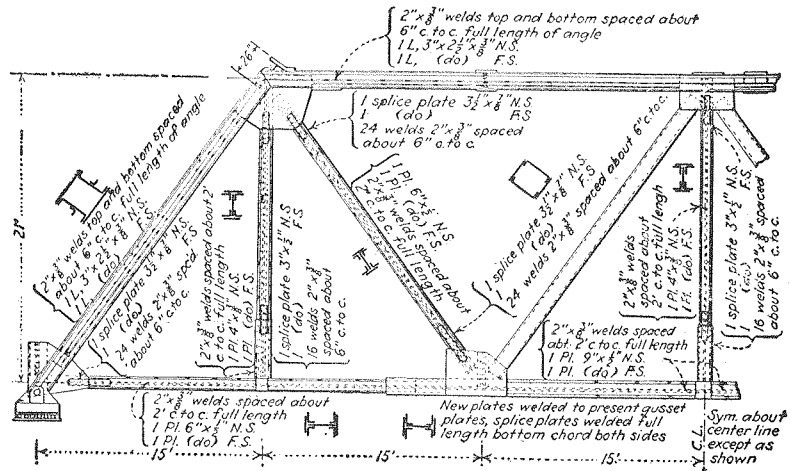


第九圖 Houston, Texas  
Melke st 橋の修繕

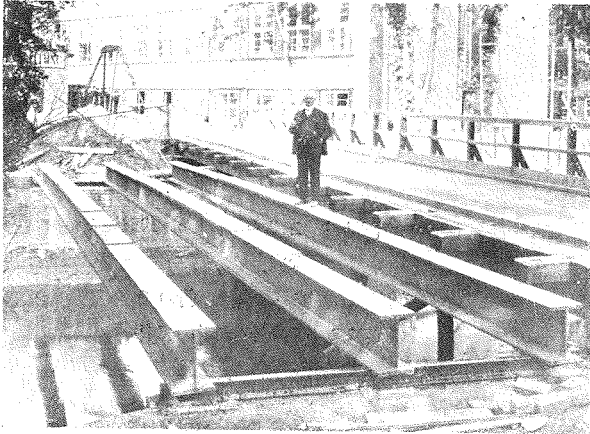
徑間240呎の鋼構橋で、腐蝕のため使用に堪えなくなつた下格點の修繕並に各部分の補強を施工したものである、圖は一下格點の修繕中の狀況で不良隅鋸焼切りの上新隅鋸を取りつけ在來部材と銲接したものである。

第十圖 Allentown, Pa. の Tilghmann 橋の補強

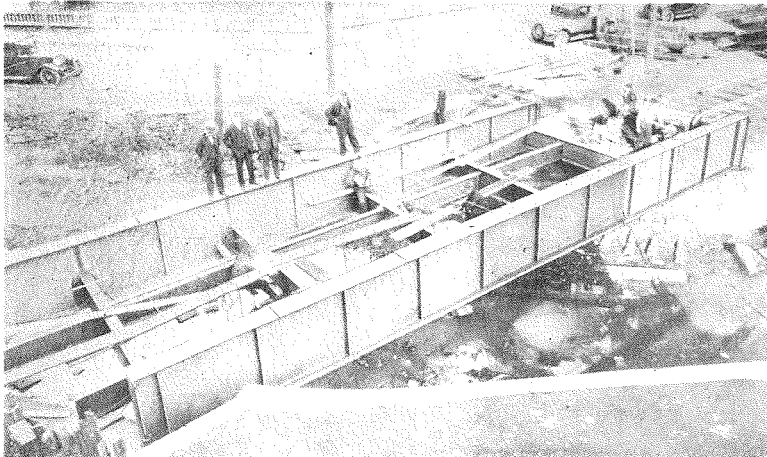
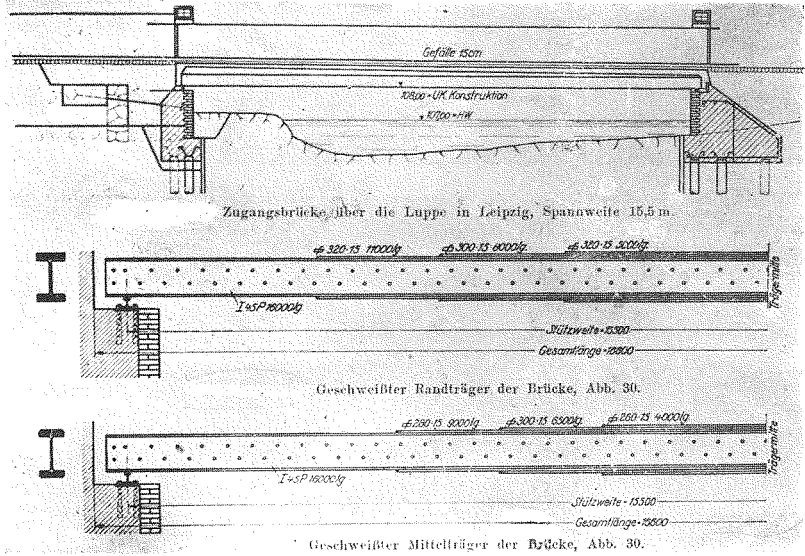
1908年の築設にかゝる本橋は近時の交通量の増加に對して強度の不充分を感じらるに至り圖示の部材補強と縦桁及床桁のGunitingを施工したものである、橋は徑間90呎のWarren型構橋で上弦材の補強は腹付山形鋼下弦材及斜材は側鋸の銲接によつてゐる。



第十一圖 Tilghmann橋の端下格點の銲接補強

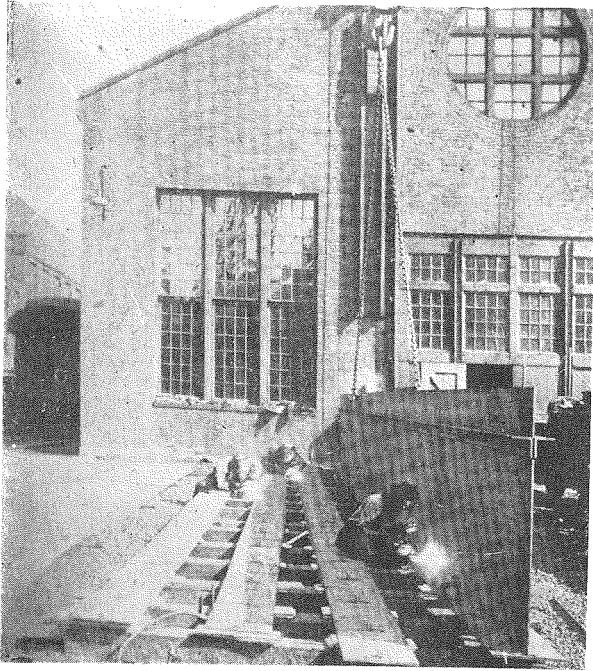


第十三圖 L-type 橋  
構造圖



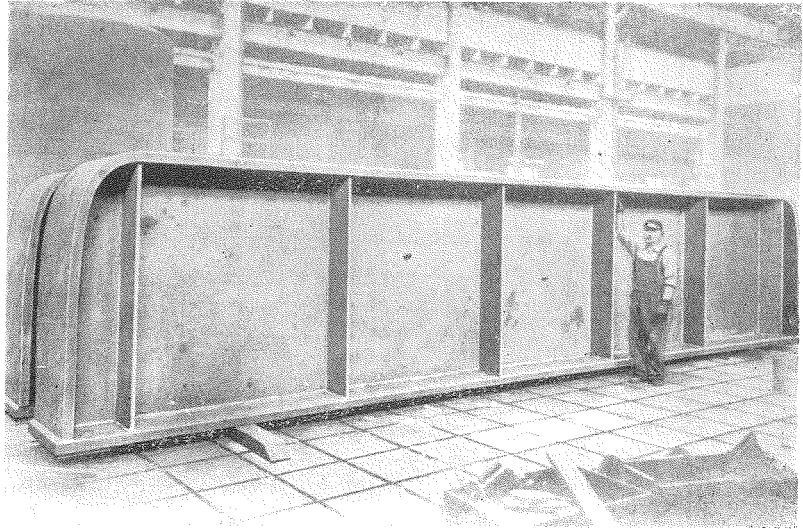
第十四圖 Turtle-Creek

の銲接鋼鉄桁橋  
世界最初の銲接鐵道橋である、Westinghouse 電氣會社の Linhar 工場と East Pittsburgh 工場との連絡線に架設せられたもので徑間53呎、單線で約 E40 に當る汽罐車荷重で設計されてゐる、桁高60吋一主桁の重量約11,600 封度である。



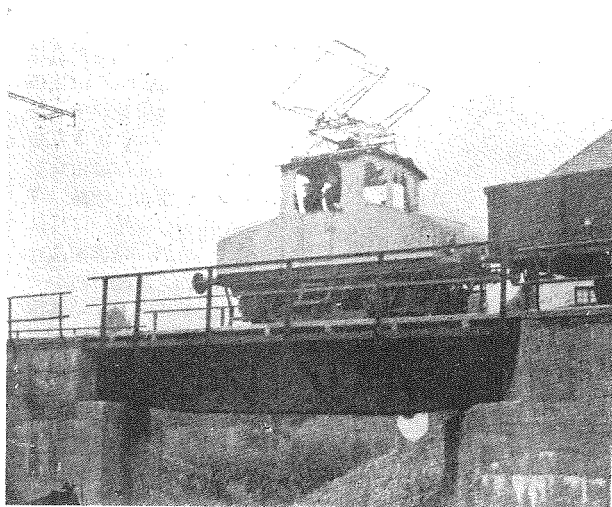
第十五圖 工場組土中の Turtle-Creek 鐵道橋

銲接構造物で一番骨の折れるのは組立の際の熱による一局部の膨脹に伴ふ歪みである。従つて材片の銲結順に注意深い研究が必要となる。本橋の場合の組合せは、先づ腹板の中途へ假の水平補剛山形鋼を取りつけ、一側の突縁板一枚を取り付け、次に兩側補剛材を順次對稱に銲接し、更に突縁板を取りつけ、終つて部材を反轉して他側の突縁を銲接してゐる。



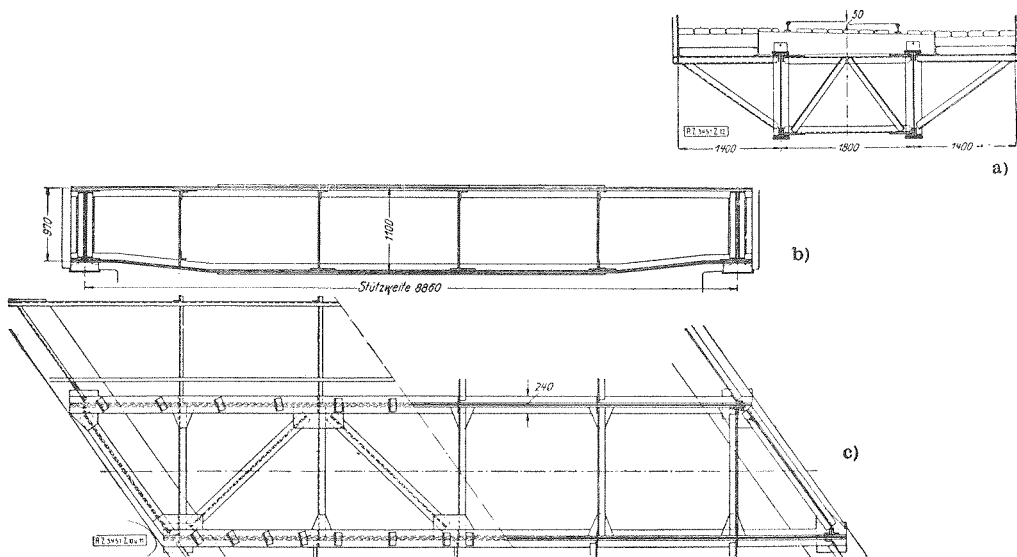
第十六圖 Schenectady 發電所 Over Bridge

恐らく今日までつくられた銲接板桁橋中最も Heavy なものであらう、徑間9.1米、桁高1.82米である。本橋の設計については本邦二三の雑誌に記載せられてゐるから詳細は省略する。



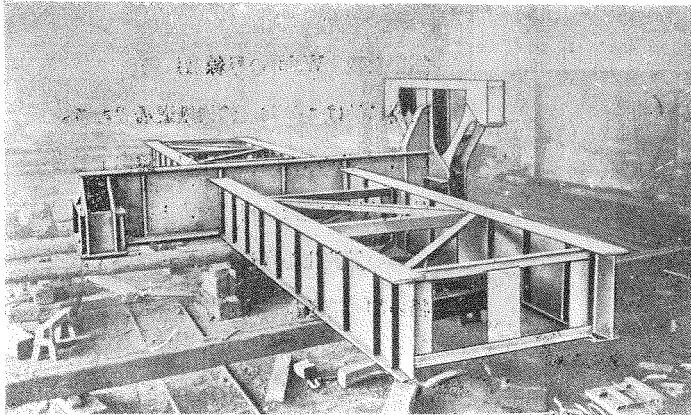
第十七圖 Weiz の單線鐵道橋

歐洲に於ける最初の銲接鐵道橋である、Elin 會社の工場擴張に際し、銲接工場建築、銲接起重機、銲接線路と共に全工場設備の銲接化を實行した時の試みである橋の細部構造は第十八圖に示した。

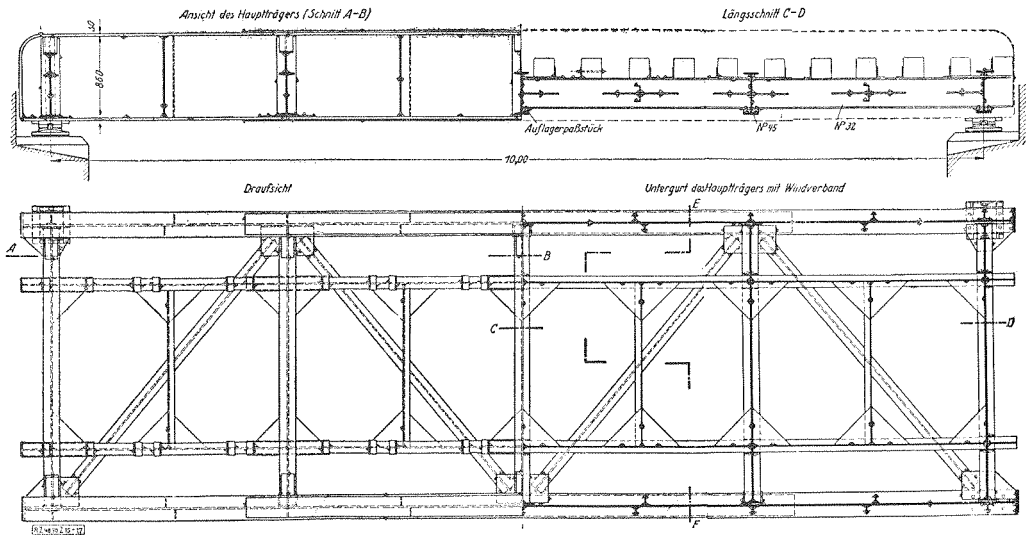


第十八圖 Weiz 銲接鐵道橋詳細圖

徑間8.86米桁高1.1米の斜橋である、中央に單線軌條、左右に歩道を有し、設計荷重には埃國標準列車(6軸各25噸1.5米間隔)が採用されてゐる。銲接と比べて10%の材料節約となつてゐる。

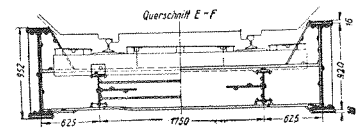
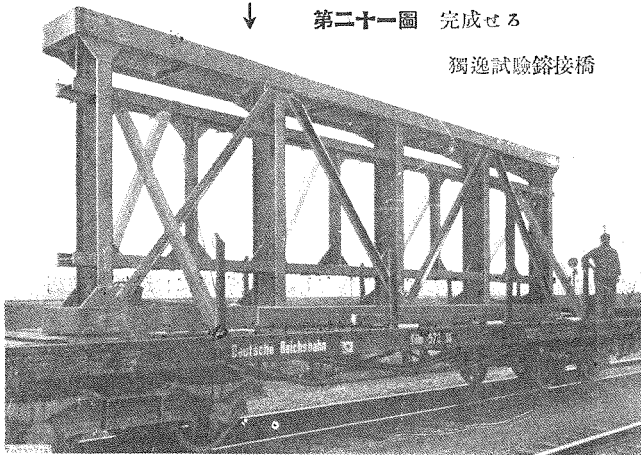


**第十九圖** Biel 試驗銲接鐵道橋  
1929年末以來、瑞西 Biel 附近の國有鐵道に試驗的に架設せられた單線銲接橋である、大きな橋梁の一床桁と其前後の縱桁を型取つたもので、縱桁の徑間 5.2 米、中央の床桁の兩端一側には格點剛鉄が、他端には構橋部材の一部が作られ、試験に際しては、この兩端が masonry で支持されてある、銲結には一箇所も重製銲接を用ひず、皆衝頭銲接が採用されてある。



第二十一圖 完成せる

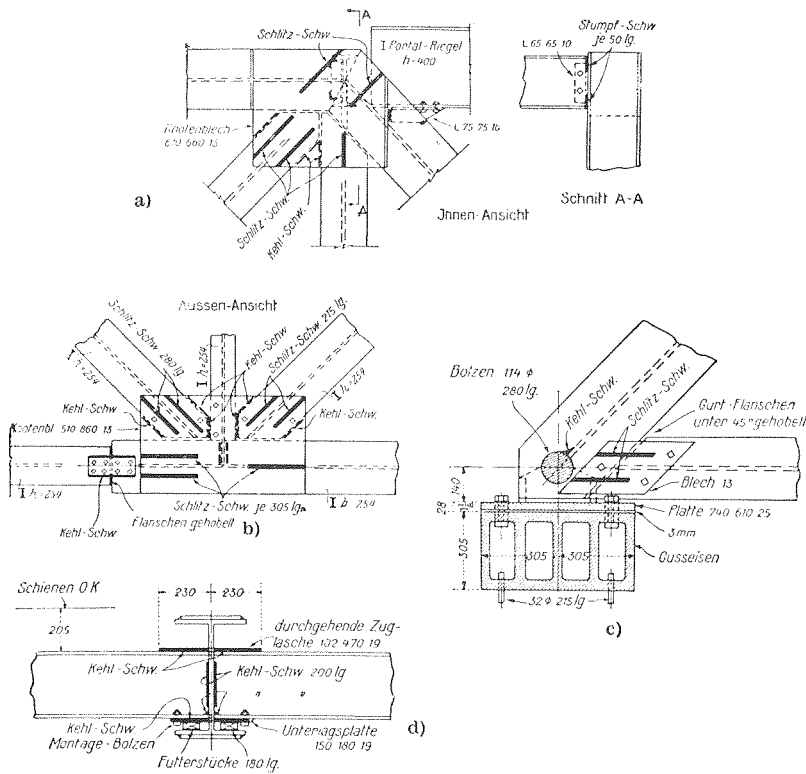
獨逸試驗銲接橋



第二十圖 獨逸國有鐵道試驗銲接橋構

造圖

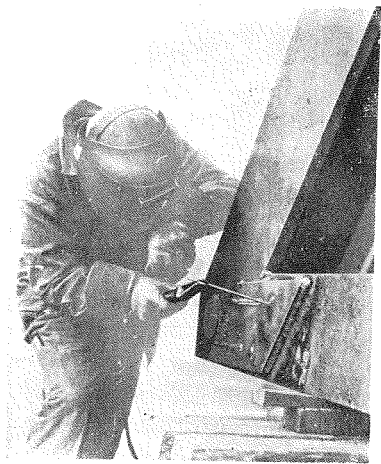
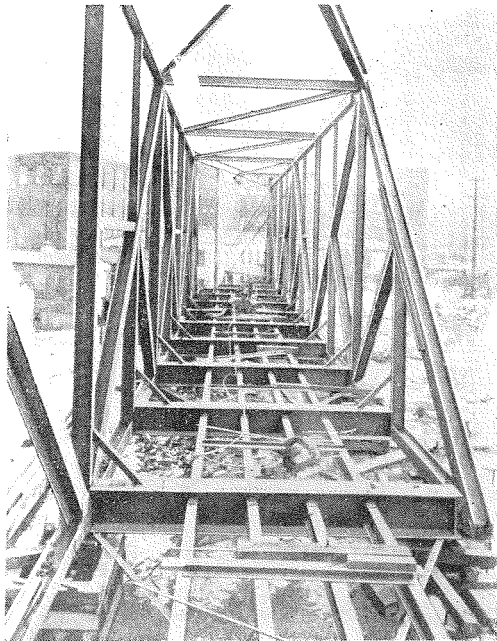
徑間10米單線鐵道橋で床桁及縱桁には N. P. 45 及 N. P. 32 が用ひられ主桁は腹鉄 860mm×15mm 突縁 260×30mm 蓋鉄 22mm×16mm×5.9mm である。



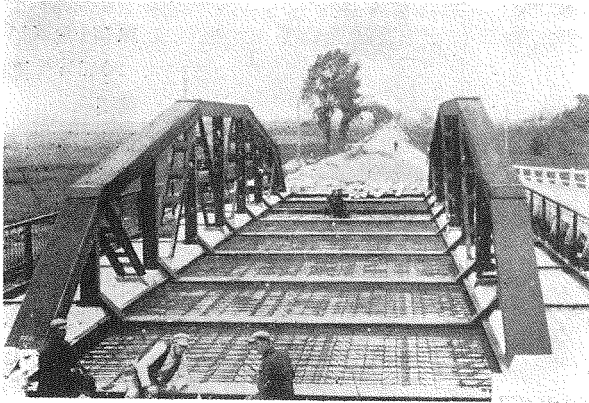
第二十三圖 Chicopee Falls 橋格點構造圖

主構間隔5.2米、上下弦材、斜材共にI型鋼使用、隅桁を用ひ格點連絡にはSlot 銲接を用ひて隅桁を出来るだけ縮小してゐる、(a)は端上格點(b)は一上格點である繼手では應力の81%は衝頭銲接で傳へられ。19%は添接銲で傳へられる。(c)は端下格點で鉛の直径114mm (d)は縦桁と床桁の連結を示す。

第二十二圖 Chicopee Falls 鐵道橋 世界最初の銲接鋼構橋である。 Boston and Maine 鐵道の一支線に架設せられ單線 E50に對して設計せられてゐる、徑間53米、72°の斜橋、用材總噸數80噸で銲接を用ふる場合に比し30%の節約となつてゐる、第廿三圖は格點構造、第廿四圖は銲接施工中の寫眞である。

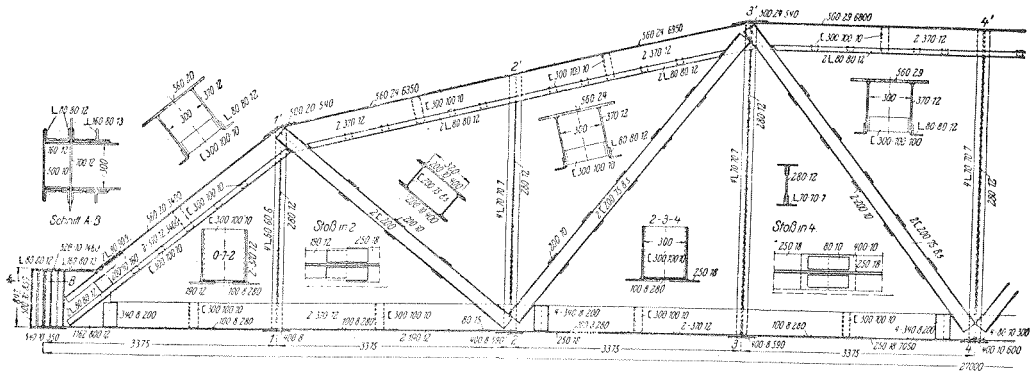


圖第二十四圖 銲接作業中の Chicopee Falls 橋



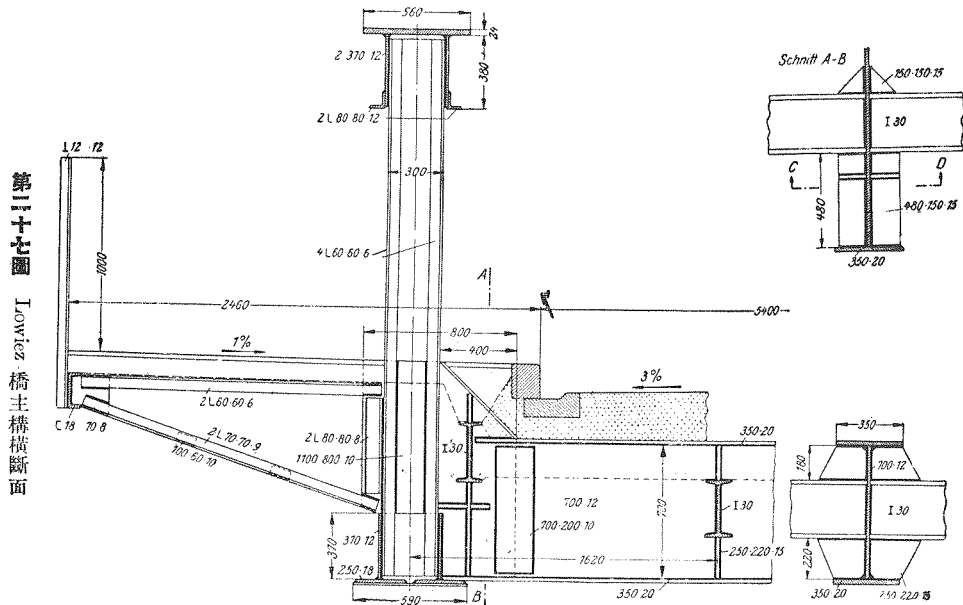
第二十五圖 波蘭土 Lowicz 橋

Lowicz の公道橋にして徑間27米、曲弦ワレン型矮構で、鋼材全重量55噸 鉄結を使用する場合の70噸に對し21.4%の節約である（設計詳細、示様書等土木學會誌16卷4號參照）



第二十六圖 Lowicz 橋主構詳細圖

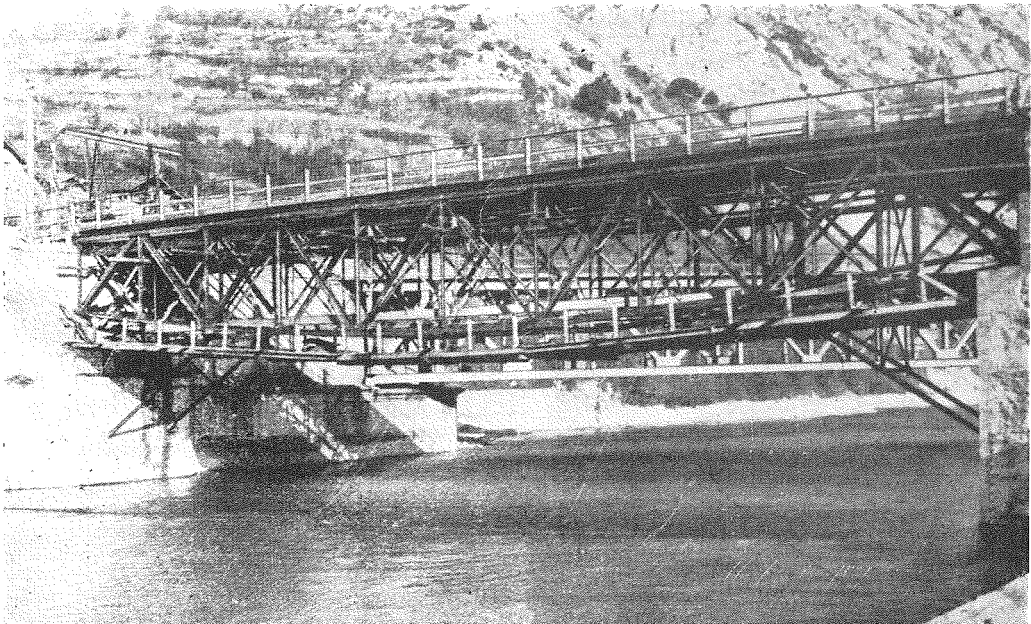
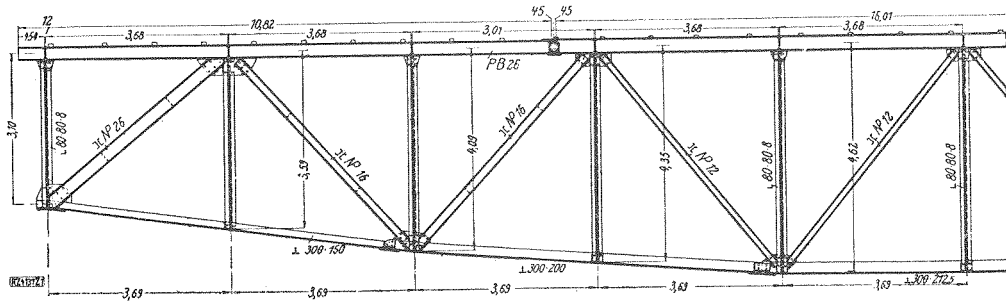
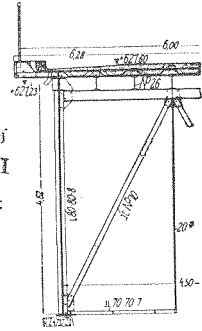
端下格點のほか隅鉄を使用してをらぬ、應力は衝頭接合で75%添接鉄で25%うけてゐる。



第二十七圖 Lowicz 橋主構横断面

第二十八圖 瑞西 Leuk 橋

徑間 36.9 米の下路曲弦ワーレン構橋である、道路幅 6.00 米、鐵筋混凝土床版を有してゐる、設計荷重は 15 噸自動車と 18 噸輾壓機が採つてゐる。上弦材は PB26 の I 型鋼斜材は溝型鋼二、下弦材は二本の山形鋼である、隅鋸を使用し、上弦材との接合は單に衝頭銲接である。



第二十九圖 銲接作業を終らんとする Leuk 橋