

溶接鋼橋 (七)

青木楠男

#### 第四節 溶接による鋼橋の補強

33 鋼橋の補強と溶接 最近補強修繕工事の報告せらるる鋼橋は、殆んど 1900 年前後の架設にかゝるものにして、架設後 3,40 年を経過せるものが多い。之等の實例に徴して鋼橋の生命を 3,40 年と推斷することが出来ないでもないが、之等の橋は鍊鐵橋か又は初期の鋼鐵橋であつて、其鐵材が今日の材料と幾分異つて居るものと考へねばならぬから、この年數を以つて最近架設の鋼橋の生命と認めることは困難かも知れぬ。

鋼橋が架換又は補強修繕を要するに至る原因を、次の 4 つの原因に歸する事が出来る。

##### 1. 鐵材の腐蝕

2. 荷重の増加並に交通量の増加に伴ふ部材強度の不足と、橋幅の不足

3. 材料の缺陷其他の原因による鋼橋部材に生ずる龜裂

4. 各種の原因による部材の弛緩

斯の如き状態に到達せる橋梁が新しく架換へらるゝ場合は別として、補強工事によつて之が性能を増加し、更に何年かの生命を保たしめんとする時、其工法として考へらるるものに鉄工法と銲接工法とがある。

然るに鉄工法によれば在來鉄を切斷するの必要を生じ、爲に交通の遮斷又は列車運轉停止を要する事多く、施工上多大の困難を免れない。之に反し銲接工法による時は、鉄の切取りは不要にして在來部材の一時的減力等のことなく、且つ交通停止の必要も全くなく、價格に於ても鉄工法に比して低廉なる實例が多い、今日鋼橋の補強が銲接工法によるもの多きに至れる理由が此處に存するのである。

たゞこゝに問題たるべきは、補強後新たに施工したる銲接と在來の鉄とが如何なる程度に協力するかにある。此點に關してはすでに、Bühler 氏 (Stahlbau 1930 Heft 20), Kayser 氏 (Stahlbau 1930 Heft 13) Bieri 氏 (Stahlbau 6 Feb 1931) Gaber 氏 (Bauingenieur 20 Mai 1932) 等の實驗ありと雖も未だ一般的の結論に達して居らぬが、銲接が鉄結に比して遙かに剛である事は何人も見逃し得ない點である。今日での補強工法の方針として Din 4100 の定めたることを示すならば、接合部の計算に於ては在來の鉄が靜荷重應力の全部を支持し補強用の銲接は動荷重に原因する荷重を負擔することを標準とし、止むを得ざる場合は動荷重の  $\frac{2}{3}$  を補強銲接に靜荷重並に動荷重の  $\frac{1}{3}$  までを在來鉄結に負擔せしめ得ることに定めてをる。

補強工事の銲接はすべて現場銲接たることを免れぬ。従つて其の細部の設計に當りては特に作業の難易を考慮し、尙且つ交通による支障等の問題を充分に攻究する必要がある。

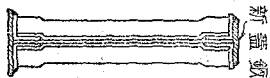
34 縦桁橋の補強 補強せらるべき縦桁が蓋鈹を有せず突縁背面に銲頭なき場合、補強は極めて容易にして第159圖の如く上下突縁背面へ新蓋鈹を銲着すれば足りる。

この場合下側蓋鈹の幅員は突縁の幅員以上とし、現場上向銲接を避くべきである。此種の補強例中特異なものに New York 市 Brook 街の跨線橋がある。同橋はコンクリート道床を有し縦桁は道床中に全く埋め込まれたものであるが、蓋鈹を有するこの縦桁の下突縁は露出せるため、下を通過する列車の煤煙に侵され全く腐蝕するに至つたものである。この下突縁の補強に當つては蓋鈹取付け用の銲を切斷して舊蓋鈹を取り去り新たに鋼鈹を銲接して居る。

この新蓋鈹銲着に際して新蓋鈹に死荷重應力を分擔せしむる必要があるため、特別なる工夫を施して居る、即ち新蓋鈹（斷面約 300 mm × 12 mm）の一端約

750 mm に兩側連續隅肉銲接を施したる後、蓋鈹をトーチにて温め豫め算定せる長さだけ伸長せしめたる後、他端約 750 mm に同様連續隅肉銲接を行ひ、然る後中間に繼續隅肉銲接を施して居る、蓋鈹は冷却と共に收縮し靜荷重應力の幾分を負擔する事となる。蓋鈹を加熱伸長せしむる量  $\Delta L$  は之に分擔せしむる平均應力を  $S$  とし蓋鈹長を  $L$  とすれば  $\Delta L = \frac{SL}{E}$  にて與へられる。

縦桁に於て材質不良のために龜裂を生じ易き箇所は、横桁縦桁等の取附山形鋼、又は直接荷重を受くる無蓋鈹の鐵道



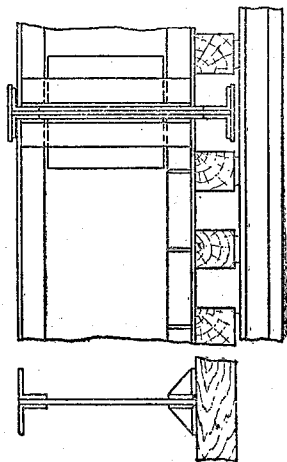
第 159 圖 新蓋鈹の取付けによる補強

橋縦桁の突縁山形鋼等にて其角稜に沿つて起る事が多い。第160圖は縦桁突縁山形鋼龜裂補強の一例で、龜裂部を断り去りたる上、其部分を鑄鋼にて埋めほかに三角形持送り釦接したものである。

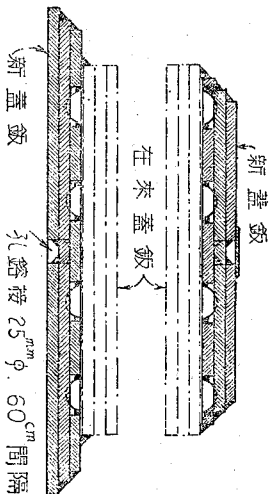
鋸桁が蓋鋸を有し上下面に鋸頭の突出せる場合の補強法としては、數種の工法が案出されて居る。第一の工法は蓋鋸の鋸頭に對應した點に之に應じた大きさの鋸頭孔を有する補強蓋鋸を鑄着するもので、鋸頭孔には鑄鋼を埋め鋸の終部には隅内釦接を施し、必要に應じては更に外側蓋鋸を取付ける法である。此の工法を用ひたる著名の例は英國 York 州 Hall-Bartisley 間の L. N. E. R. 線の複線橋の補強工事である。

第161圖は該鋸桁中央部の上下突縁断面を示したもので、鋸頭孔を有する新蓋鋸の外側に更に二枚の補強蓋鋸が取りつけられ、之等の中央には更に孔釦接が施されて居る、又下側蓋鋸は外側ほど幅廣のものを用ひ上向釦接を避けて居る。

此工法の一大缺點は既存の鋸頭位置に正確に鋸頭孔を鑿孔する事の困難である。鋸打ちの正不確から其の位置が不規則なる時は、鋸頭孔を現場合せとするの外なき場合もあり得る。又鋸頭孔の鑿孔並填充に多額の



第160圖 縦桁突縁山形鋼補強の一例

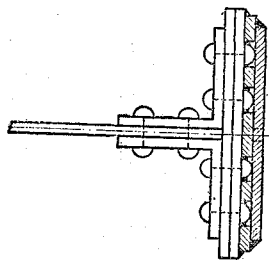


第161圖 蓋鋸を有する鋸桁突縁の補強法 (其一)

費用を要する。

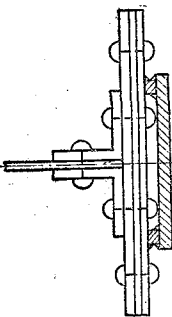
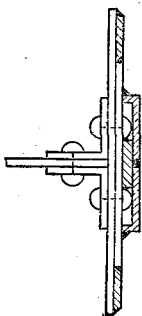
第二の補強法は鉄頭高に對應した厚さの平鉄數枚を鉄列間に鑄着し、其上に新蓋鉄を鑄着せんとするもので第162圖は第一例を示したものである。

この工法は平鉄取附の爲に多量の鑄接を要し、鑄接の總長が補強蓋鉄の取附に強度上要求せらるゝ長さに比し、遙かに大となるの缺點がある。第163圖及び第164圖は此の缺點を出来る限り軽減せんと考案されたもので本邦鐵道橋の補強に多數使用された工法である。



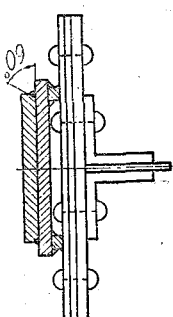
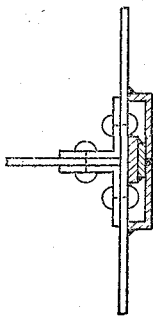
第162圖 同上 (其二)

第163圖のものは鉄列間に一枚又は二枚の平鉄を置き、之を斷續間肉鑄接にて鑄着し、之を跨ぎて溝形鋼の兩脚端を切斷せるものを連續鑄接にて鑄着し、之と平鉄とは長孔鑄接にて接合されて居る。



これに用ひられた鑄接は斷續鑄接2列、連續鑄接

2列、長孔鑄接1列にして、多數の平鉄を使用する場合に比して鑄接長がはるかに少い。第164圖に示したものは鉄列間の平鉄を省略し、補強平鉄の兩側に小平鉄を工場鑄接したもので、前例の溝形鋼に代へて居る。補強平鉄の幅と厚とは壓縮材としてパツ



第163圖 同上 (其三)

第164圖 同上 (其四)

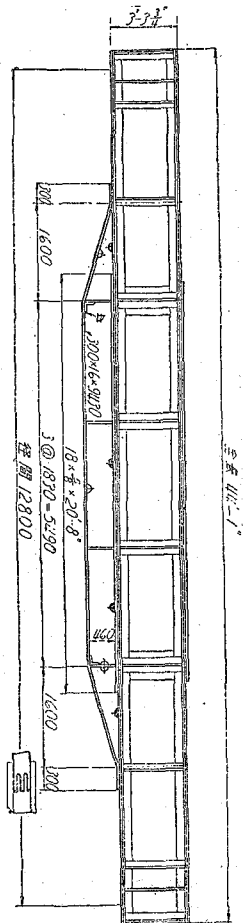


2 枚の山形鋼よりなる下突縁と、溝形鋼による支柱とよりなり、支柱の取付けには山形鋼を、下突縁山形鋼端部の取りつけには隅鋲を用ひて居る。

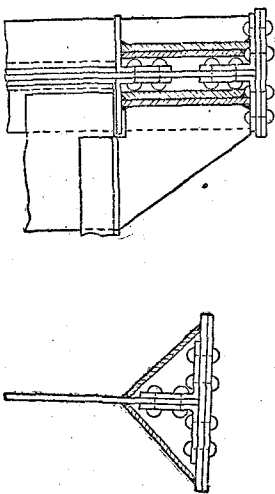
第 168 圖指示の補強筋は Parades 橋とは別に、之と東西時を同じくして本邦鐵道省にて考案され、本邦鐵道鋳鉄橋の補強に多數用ひ

られたもので、平鋲突縁と腹鋲とよりなり、在來桁との取付けは腹鋲と在來突縁との間の隅内銲接により、突縁平鋲の端部には別に切込み銲接を施して居る。

上記のほか特殊の補強法としては第 169 圖米國 Erie 鐵道 Akron 橋の例の如く、接突縁の内側へ鋲頭をよけて補強鋲を銲着したものである。此の場合補強鋲の位置確定のために真材が使用されて居る。第 170 圖指示のものは東京市櫻橋で採用した補強法、第 171 圖は Chicago Great Western 鐵道 Missouri 河橋の床桁補強に用ひた工法である、孰れも在來橋床のために上突縁の上面への補強困難なる爲に考案された方法で鋼材利用の點から見ては有効だとは云はれない。



第 168 圖 本邦鐵道鋳鉄桁銲接補強法の一例



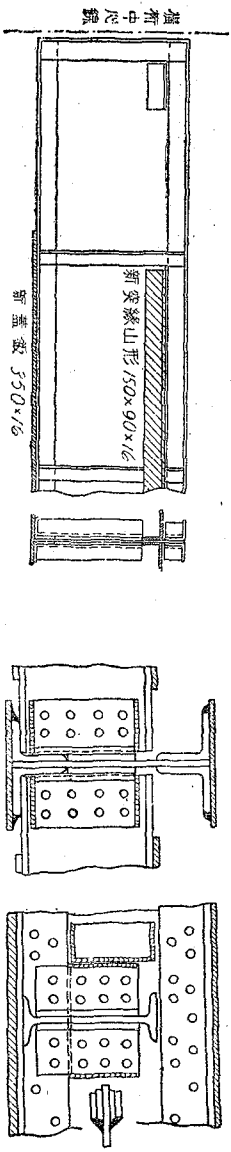
第 166 圖

Akron 橋の突縁補強

第 170 圖

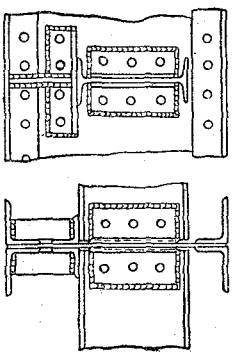
櫻橋の床桁突縁補強法

鋼桁類の取付けの補強は、鉄による連結山形鋼の縁部に隅肉銲接を行ったものが多い。第172圖は其の一例を示したものであり、第173圖は連結山形鋼周囲の補強銲接のほかに、縦桁支承山形鋼の下部に補強用の隅鉄を銲接した例である。鋼桁腹鉄接合の補強も添接鉄の縁部に補強隅肉銲接を施した例が多い。第172圖は其の一例である。



第171圖 Missouri 鐵道橋の束桁の補強

第172圖 縦桁取付の補強 (其一)



第173圖 同上(其二)

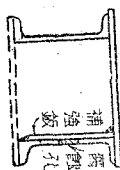
第174圖 縦桁支承點の補強

第175圖 端補剛材の補強



このほか鉄桁の補強としては第174圖の如く、縦桁支承點にて床桁突縁山形鋼を平鉄による三角形持ち送りにて補強したるもの。第175圖の如く鉄桁端補剛材を平鉄補剛材の終着にて補強したものなどがある。

35 トラス橋の補強 鋼橋部材、横桁、縦桁等の橋床との接觸部、又は支承部の地盤と直接接する部分等の腐蝕による断面減少を銲接にて補強した例は極めて多い。此の場合腐蝕の甚しき部分は切り取り周圍清掃の上にて新鋼材を添接して居る。

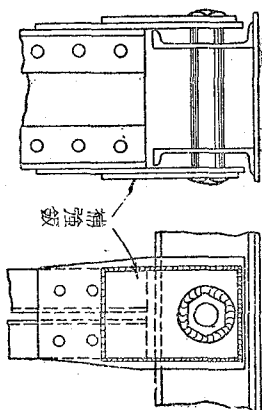


第175圖

第176圖は米國 Pennsylvania の一道路橋端柱の溝形鋼腹鉄に生じた  $5cm \times 40cm$  の腐蝕孔を、之を蓋ふ平鉄にて補強した例である。

第176圖 断面腐蝕孔の補強

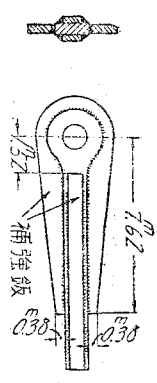
第177圖は同橋上格點の鋼鉄の腐蝕を、其外部に新鋼鉄を銲接して修繕したもので添接鉄にはピンナットに相當した穴を穿ち此の部分に銲着鋼を填充して居る。



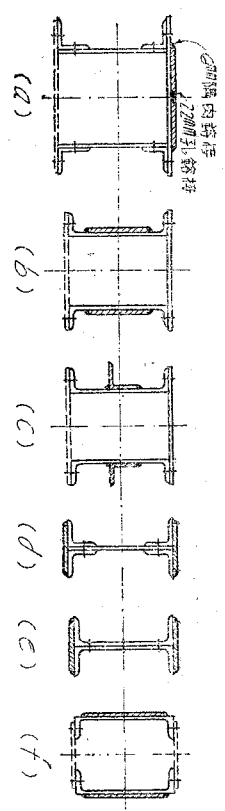
第177圖 ○ 鉄の補強

第178圖は Kansas 市の陸橋下格點のアイ、バー補強の例で、断面積の減少は平行部に兩側より添接した平鉄によつて補ひ、釘頭の腐蝕は其の周圍に銲着した馬蹄形の補強鉄によつて居る。

荷重の増加による部材断面積不足の補強は、鉄桁橋の突縁の場合と同様に補強鉄取附面に於ける釘頭の有無によつて其の工法を異にして居る。釘頭なき場合の補強は平鉄又は形鋼の平附けが主として用ひられる。補強鉄の位置は在來断面の中立軸を著しく變化せしめざることを理想とし、在來断面中立軸の偏りを補強鉄によつて訂正せる例もある。第179圖は



第 178 圖 眼 釘 の 補 強



第 179 圖 部 材 断 面 の 補 強

平鉄による部材断面補強の實例を示したものである。a. b. c. は上弦材補強の例で a は蓋鉄に補強鉄を附したるもの、  
 兩縁の隅肉銲接の外に孔銲接が用ひられて居る、此の種の補強鉄の端は格點にて上部繫鉄に衝き合せとなる、又断面中立  
 軸の上昇をまぬかれぬ。b は左右腹鉄を補強せるものにして補強鉄の幅が廣きに過ぐるときは終部隅肉銲接の施工が困難  
 となる、補強鉄は最外側にあるが故に其端部は兩端繫鉄上まで延ばされることが多い。c は b の補強鉄に代へて補強山  
 形鋼を使用した例で孰れの場合も断面中立軸には著しい移動はない。

d. e. は斜材補強の一例で突縁に補強蓋鉄を附したるもので其の端部は繫鉄と衝き合せとなる。f は下弦材の補強の一例  
 である。補強鉄取附の銲接は本稿 28 (第十六卷第三號) に説きたるところに準ひ斷續又は連續隅肉銲接による。Zwickau  
 の Paradise 橋に於ては補強鉄のうくる應力が部材の中央より端部に至る間の銲接にて傳達せらるるものとし、銲接のう  
 くる單位應力を次式にて算出して居る。

$$\sigma_s = \frac{F}{n} \cdot \frac{1}{2} \cdot a$$

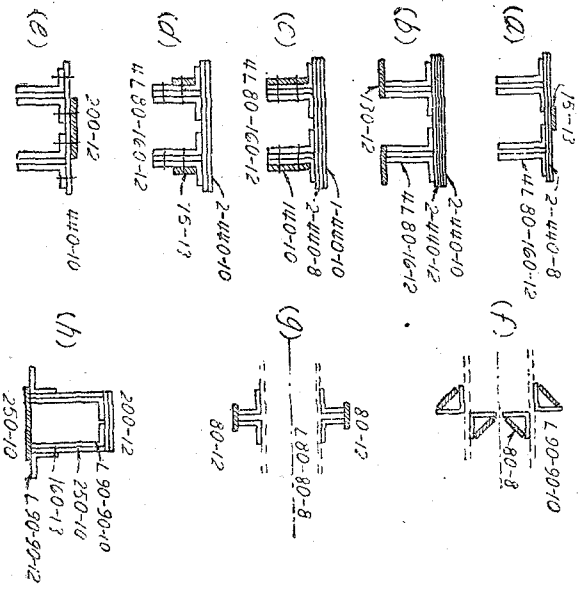
F: 補強材断面積, σ: 同上單位應力, n: 銲接線數,

l: 補強材長, a: 銲接喉断面。

補強材取附面に銲頭ある場合、補強鋼は銲頭に相當する位置に鑽孔して後、前項同様に平附けし銲頭箇所を銲實するものと、銲縁間其他銲頭に妨げられざる位置に之を銲着する場合とある。

第180圖は前揚 Paradoes 橋の部材補強の例を示したものである。

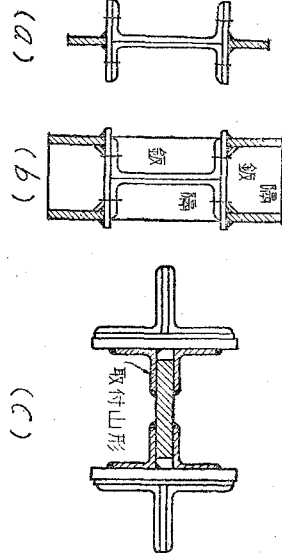
a乃至eは上弦材の補強法である。aは幾縁鋼へ補強鋼平附け、bは腹部山形鋼尖端に左右2枚の平鋼を横附けせるもので巧みに銲頭の支障を避けて居る、補強鋼を2枚に分ち一枚鋼とせざりし理由は銲接線を増加せしむる事と断面を箱形となさざる事にある。c,d,eは腹部山形又は蓋鋼に平鋼を平附けさせるものにて銲頭に對しては補強鋼に鑽孔を行つて居る。Fは4山形鋼よりなる斜材の補強にして、補強鋼は山形鋼の内側へ斜めに取附けて居る。断面が三角形の函形となるに對し兩端は平鋼で塞いで居る、gは垂直材にしてbと類似の補強法を採用して居



第180圖 Paradoes 橋部材断面の補強

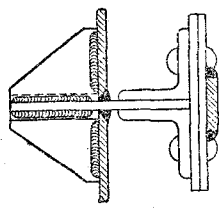
り、h は下弦材にて下面へ平鉄を取付けて居る。

第 181 圖は獨逸 Regenwalde の Rega 橋の補強の例を示せるものである、(a) は一斜材の補強法で 2 個の 20cm の溝形鋼よりなる I 形断面の蓋鉄の鉄頭をさけ中央部に 80 × 15 の平鉄を堅附けせるもの、(b) は同じく斜材にて (a) と同形の断面を有するもの蓋鉄の兩縁に 100 × 15 の平鉄を對立せしめ等を隔鉄にて繋いで居る、又原断面形にも隔鉄を

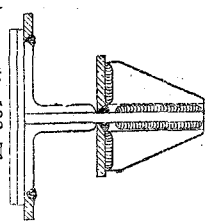


第 181 圖 Rega 橋部材断面の補強

取り付けて補強につとめて居る。(c) は一下弦材の補強を示し對立せる 2 個の L 形よりなる原断面形の中間に 180 × 32 の補強鉄を入れ、これと原断面との連結は適宜の間隔に設けた取付け山形鋼によつて居る。



第 182 圖は T 形断面を有する上弦材並に下弦材の補強の一例で、上弦にては蓋鉄上鉄頭間にて平鉄を銜着し、更に T 形腹鉄の兩側に平鉄を緊附けし、之が補剛の目的にて三角形の補剛鉄を取付けて居る。下弦材にては突縁山形鋼の脚端に補強平鉄を取りつけ、ほかに腹鉄へ平鉄を堅附けさせること上弦と同様である。之等いずれの補強鉄取付にも現場銲接は下向にて施工出來る様考案されて居る。



第 182 圖 T 型部材断面の補強

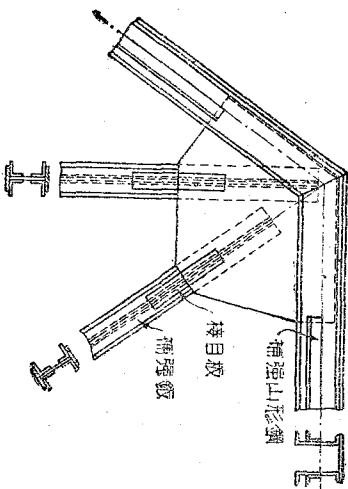
部材端連結部の補強は銲結されたる部材端の周圍縁に所要長の銲接を施工する事が最も簡單

であるが、第183圖の如く部材断面の補強鋼が繫鋼と衝き合せとなる場合は、補強鋼と繫鋼との連結を完全ならしむる必要上兩者の間に圖示の如く接目鋼を當てる、接目鋼の大きさは補強鋼の断面に相當せるものにて可なるべく、其長さ2lは側面隅肉のみを有効と認むるとき次式にて示される、繫接部單位應力 $\sigma_s$ を許容應力以下ならしむるは可い。

$$\sigma_s = \frac{F \cdot \sigma}{n \cdot a \cdot l}$$

F：補強鋼斷面積、 $\sigma$ ：部材單位應力、n：側面隅肉繫接

線數、a：隅肉繫接喉斷面、l：接目鋼の $\frac{1}{2}$ 長



第183圖 部材端連結部の補強

在來鉄頭の爲に接目鋼に孔銼接を行はねばならぬ事が多い、この場合には鉄頭位置の孔銼接は銼填の上接目鋼の取付けに有効に働くと認めて差支へない。(未完)