

## 討 議

第 22 卷第 8 號 昭和 11 年 8 月

# 天鹽川橋梁構桁の解式架設に就て

(第 21 卷第 10 號所載)

准 員 井 山 安 藏

藤井松太郎氏の首題の工事報告を興味を以て拜見致しました。著者の言はれる従来と異なる工法を使用し比較的大規模なる truss 架設を豫定通り無事に成功なされた同氏の努力に對し滿腔の敬意を表します。

次に拜讀中の二三の感想を述べて御教示を仰ぎ度いと思ひます。

架設計畫は現場の事情に依り夫々選定されるものですから實狀を熟知せぬ筆者は本工事報告の主眼と思はれる解式架設の工法に関する感想を主として述べたいと思ひます。

truss の多くの架設方法の内から經濟と工期と確實性等を考慮され先例なき工法にも拘らず勇敢に實行なされた事は感服致します。

新工法の實施には慎重且つ眞剣なる態度に依り萬全を期する事は勿論であります。實行して意外なる事實に遭遇する事も例なき事ではないのでありますから當工事の實績は誠に有益なるものと思考致すのであります。

1. 解船に就て 解船は本架設工法の生命とも言ふ可き重大な使命を果すものなれば特に慎重に調査研究する必要あると思ひます。

此の工法の特長とする處は著者が其の要旨に於て述べられて居ます“潮差に依らず河水を注入排出して解の吃水を任意に調整した事”であります。解に液体を注入する時は解の特長である復原力は消滅して舟の作用をなさなくなるのは當然の事ですから解に水を入れるには特に解の構造上研究對策を必要とします。例へば解内の水が解の傾きに依りて自由に流動せぬ様、換言すれば注水に依り復原力を減殺せしめぬ様解の中に仕切を設ける事も考へられます。然し乍ら此の水が流動に依り復原力に差支へなき完全なる仕切を設けると言ふ事は、此の工法の特長である水の注入排出を困難ならしむる構造となる事故解に載荷して引出す際には解内の水を全部排出して作業する事とすれば重大なる場合は完全なる復原力を有しますから、仕切の如き復原力に對する殊更特別の對策を講じなくともよい様に思はれますが假令一時的にしても解を truss に取付ける際水を注入して解の復原力のない状態になるものとすれば何等かの對策を講じねばならぬものと考へます。

著者の使用せる解船は水密に前部、中部、後部とに分たれて居りますが上述の考慮に基くものと推察致します。筆者は嘗て鼎岩橋(本會誌第 21 卷第 10 號所載)に於て徑間 60m の公道橋 truss を稍之れに類する工法にて架設致しましたが、其の際使用した解船には上記の考へのもとに解船の兩側に防搖船と名付くるものを復原力の補助として取付けました(本會誌第 21 卷第 10 號 1435 頁第 29 函参照)。

此の防搖船には如何なる場合にも水は入れないで本船に注水せる際にも又引出の際にも常に復原力の補助としたのであります。著者も實行せられました如く引出の際には解内の水は完全に排除する事は重要な事と思ひます。

著者は解内に河水を汲入或は汲出す場合解軸方向の傾きをなるべく小さくする爲に、汲入れる時は中央解室より始め逆に汲出す場合は前後二室より始めると述べられて居りますが、全部の解室に水を入れる場合は解室が水の流動を稍防く構造となつて居る様ですが、然し乍ら尙ほ rolling に就ては懸念されますから、外に此の際トラロープ或は

anchor rope 等復原力を補助する工作をなせる事と推察致します。

著者は實績に水位に依り櫓の高さの調節をなし解内の排水に着手した解軸の方向の傾きは前後の解室に河水を残して調節する豫定であつたがさしたる傾斜を認めなかつたと述べられて居ますが、進行する際解内に水を残して置くと言ふ事は前述の如く一考を要するものと考へられます。

又著者は解に水を入れ試験せる際我々の意想外であつた事は解が櫓に受ける風圧の如き微弱な外力で、左右何れの傾きへも容易に 7° 程度を表し全然復原力を表さなかつた事であると述べて居ります。之れはもとより當然の事でありませう。一寸変つたものを使用する時は簡單なる現象でも實行前に氣付かぬ事がありますから、我々は使用する解毎に其の解の性能に就て著者のなせる如く解の構造強度或は復原力等に就て慎重に調査研究した後實行の際よりも不利な條件と思はれる方法に依り作業の豫行演習をなし、前の各部の研究と照合調査して設備全般に互り嚴重に検査する必要があると思ひます。

著者が豫行演習の際解に約 200t の河水を吸入されて居られますが成る可くならば軌條の如きものを使用して實行の場合よりも高さ或は荷重分布等解の構造、強度上に及ぼす悪い條件と思はれる荷重状態のもとに試験する事が必要と思ひます。又すつかり準備終了して truss を 1/3 程度突出してある所に解をあてがい取付け、換言すれば truss 自体が安全の位置にある場合に於て解と最後部の車輪の 2 點にて支へる事に依り解の強度、櫓、rolling の程度、軌道、軌道の基礎、車輪、引出設備、其の他解の anchor rope 等の設備の全般に互つて精査するのも重要な事であると思ひます。用意萬端整えてからも急がず遠でず試験の重複も厭はず架設の成否、安全性を周到なる觀察力に依り見極める事肝腎です。解は新調する場合は適宜引出に基く設計條件に依り製作して完璧を期する事が出来ると思ひますが、他の目的に造られたる中古船を使用する場合は著者の如き慎重なる態度を以て必要に応じ船の補強改造をなさねばならぬ事は勿論であります。

木造船を使用する場合は特に解の彎曲に就て吟味する必要あると考へます。尚ほ最大荷重の場合に吃水の餘地少き場合は甲板を造り置く事が安全であります。解上の櫓は強度を充分にして truss の集中荷重を成る可く廣く分布する構造とすることも同感であります。

櫓は凡て bolt 締めとして解と一体となる様に取付けることも重要で、櫓が truss を支える位置に依り構造も変わる事になります。即ち當工事の如く diagonal member が lower chord の panel point に集中してある場所に取付けるには其處で全載荷重を受けても普通 truss に大した補強を要しないから第 8 図の如き構造となり然らざる場合は第 21 卷第 10 號 1435 頁の第 29 図に示す如き構造となると思ひます。truss と櫓と解は同一行動を取る可く一体となる様に張力に對しても圧力に對しても又 torsion に對しても完全なる取付けをなさねばならぬ、著者の第 8 図に示されし構造は其の意味に於て満足なるものと推察致します。

解が進行の際豫定の進路を保たしめる爲の対策は著者が第 10 図に示されし如く抗流設備(上下流共)と解の進退設備は必要なる最小限度のものであります。

抗流設備の簡單なる方法としては橋軸に 45° の 4 方向に直接 anchor する方法もありますが、之れは解の進行に連れて角度も変わりますから winch の dram に直角に捲きつかれる様にブロックに依り方向轉換させる注意が必要であります。尚ほ之を運転する winch-man が各自其の場所に於て船の移動を察知して操作に便ならしむる爲、橋軸の方向に併行して鉄線を解の上下流の甲板上に解の進路の長さだけ張り渡して簡単に gauge を装置出来ませう。

解を操作する人々の行動が亂れず統制させる爲には著者の實行されし如く winch を解の上で操作する様集中して配置する事は良いと思ひます。

著者の實行されし如く櫓は豫め造つて置かねばならぬのですから上部は取付けの際の平時の水位の増減に應ぜしめる様サドルを組合せ高さを加減出来る装置とする必要があります。櫓の高さは河の水位、truss の位置、載荷量及び解の全設備の吃水等に依り定める事は勿論であります。

解の櫓の高を定めるに必要な載荷に就ては軌道の足場が最後部の車輪の最大荷重に依る状態の下に通過し得る強度なれば解と最後部の車輪の 2 點に於て支える載荷状態となす事が出来ますので簡単に載荷と櫓の高を定めることが出来ます。足場の全長に互つて最大荷重が通過に考慮を要する基礎の場合例へば特殊な實例ではあります。筆者の鼎岩橋に於て實行せる方法を参考迄に述べれば次の如きものです。(本會誌第 21 卷第 10 號 1432 頁第 19 図参照)。

足場は取付道路の盛土と岩石の切取箇所及び木材 stage であります。軌道は横桁に装置する車輪に相當する truss の横桁の下の 4 條と最後部の end post の pin を利用して装置する車輪の軌道 2 條等に依り車輪を多く使用し盛土が不均一なる沈下をせざる様荷重の分布につとめました。之れは進行の初期に於ては最後部の車輪の位置が盛土であつて地耐力が小さいから其の位置に於て最後部の車輪と解の 2 點に於て支える事は無理を生ずるからであります。然し乍ら truss の引出の進行に連れて前方の車輪は順次軌道を外れねばならない。此の外れる際其の車輪が受持てる荷重が急激に解に荷重される事を避ける爲と牽引抵抗を少くする意味に於て軌道に勾配をつけて truss の進行に連れ解が吃水を増加し、即ち吃水の増加するだけ載荷することとなり軌道を將に外れんとする車輪の荷重が其の際既に而も緩漫に解に転換出来る構造としたのであります。truss が進行すれば前方の車輪が外れて次第に後部車輪荷重も増大するのであります。軌道の基礎が岩盤或は stage にうつかり強度が増しますので差支へなく通過し得ることになります。

此の方法の解を取付ける場合は櫓の高さを整理するに必要な解の吃水は特別な考慮を必要とします。即ち取付の状態に於ける多くの車輪及び解の反力を算定して吃水を定める事が必要であります。然し此の例の方法は僅かの潮位の影響ある所でも利用困難であります。

櫓の高さの調節には解と最後部の車輪にて支ふる當工事の如き場合は問題ないと思ひますが多くの車輪と解とに依り支へて居る場合の方法では一面注水に依り解の荷重を調節出来る様にも考へられるが復原力の方面から考へて絶対に解内の水を當にしない様にした方が良いと思ひます。

解の rolling に就ては概算でも良いと思ひますが解の meta-centre を算出して truss の重心の位置との關係を調査し体験感とを併せて考へる事も必要ですが解の大きさを見當付けるに解から truss の重心までの高さの約 2 倍の解の長さがあれば rolling に就ては差支へない結果になると思ひます。

尙ほ解の甲板面迄の餘裕は最大荷重の場合當工事に於ては 45cm を豫定されて居りますが鼎岩橋の場合は 40cm でありまして後に船の浮揚力を利用して truss を所定の位置に据付ける等のことから此の位が最小限度の様に思ひます。

吃水と解の長さが大体見當出来れば幅は stage の構造を浮力、復原力等から見當出来ますからこれで大体解の out-line が定められます。

truss が引出終了して所定の場所に据付けるには解の吃水を加減する事に依り生ずる浮揚力を利用する事は便利で安全です。當工事に於ては 100t ジャッキ 2 臺を使用して据付けられて居ますが解を利用された方が氣樂に作業出来る様に思はれます。

2. 軌道及び車輪 軌道の基礎も亦重大なる使命を帯びるものでありますから著者の實行せる如く慎重なる

研究が必要であると思ひます。即ち足場の材料或は杭の支持力或は主桁は鉸桁を使用するも横桁或は枕木の配置等の全般に互つて萬全を期せねばならぬと考へます。當工事に於ては足場主桁に鉸桁を転用し得たのは強大なる集中荷重の通過に對して安全なる足場を造るに幸な事と推察致します。

此の足場は本工法の工費に重大なる關係があるものですから此の足場の容易に造り得る場所があれば經濟上非常に有利なこととなります。

足場は沈下して車輪の進行を妨ぐる事なき様施行するは勿論であります。筆者は上述の如く取付道路を足場の基礎としたので工事費のみならず後片付或は道路の築造の工程が非常に有利で引出完了當日より約25日にて全工事が竣功出来ました。

軌道は1/100程度の勾配をつけ軌條と車輪とに油を塗る事に依り牽引抵抗を少なくするにつとめる事も無駄でないと思ひます。車輪は特殊の設計に依り作られる事ですが當工事に使用せる構造図を後学の参考に發表願へれば幸です。

車輪の配置は亦一考を要するものと考へます。例へば貴著第4図に於て $L_1$ の車輪を $L_2$ に取付け $L_4$ にある2個の車輪を $L_2$ に對稱に前後の $L_4$ の一つづつ取付ければ反力は各々大約110t宛になり、結局足場の最大荷重となるのは $L_2$ に於て支へる場合の $L_2$ に於ける反力132tであります。従て實績の足場に及ぼす最大反力は約165tでありますから最大荷重が33t減ずる事になりそれだけ軌道の安全率を増すこととなります。亦斯くすれば前方の $L_4$ が軌道を外れる迄は最後部の車輪が計算上零となりますからそれ迄進行する間の距離約30mの間の最後部の車輪の通過する處は132tに對する強大なる基礎は造らなくとも目的を達する様に思はれます。

車輪の如き製作費が全工事費に影響少き而も重要なものは安全率を大きく製作されると良いと思ひます。

然し乍ら吾々が簡單に考へる様な假理想論は勿論實際と合致し難いのですから實績の位置も亦曰むを得ない事情があるものと推察致します。

鼎岩橋に於ては上述の考慮の基に車輪を配置して尚ほ $L_2$ を正式に取付ける位置迄引出す場合にも $L_2$ を利用して足場に無理が起きない様につとめました。

車輪の取付けは牽引抵抗に差支へない様に取付け尚ほtrussのcanberをも考慮に入れ又車輪荷重の計算假定、其他現場の實狀に合ふ様取付可きであります。

軌道の足場の一部にコンクリート橋がある場合は橋面を外れた兩側のstageを鞏固にして此の上を通過するend postに装置せる車輪荷重が大部分負ふ様此の部分の軌道を横桁下の軌道よりも高めに敷設する事が良いと思ひます。

3. 送り出し設備に就て 送り出し設備をなすには先づ軌道や車輪、荷重等から牽引力を見當つけなければならぬ。當工事に於ては色々な條件から凡そ40tの牽引力に依り始動開始可能と推定されて居りますから全荷重の約12%に相當する事になります。筆者は鼎岩橋に於て牽引力の約10%に見當をつけて送り出し設備の段取をなしました。當工事の實績は始動時の總抵抗は測定し得なかつたので凡そ20tと述べられて居りますから全荷重の約6%となり大体鼎岩橋の實績と同じ様であります。牽引力の見當がつかさえずれば鋼索の長さ或は滑車の長さ或は動力の性能に依り滑車の數即ち何倍力にするかを定める事が出来ます。この場合尚ほtrussの進行速度と云ふ事を念頭に置かねばならぬと思ひます。即ち鋼索を數重にして力を増せばそれだけtrussの進行速度は逆比例して遅くなります。實績を拜見しますに最初の桁の移動速度は毎分6.5mにのぼり機關車牽引力は長さ400mの鋼索を通じて加へられる爲、桁の進行は兎角円滑を缺いたので機關車速度を出来るだけ小さくし毎分1.5m程

まで下げたと述べられて居ます。筆者の鼎岩橋に於ける実績は動力は人力にてカグラサンを使用し鋼索四重にして四倍力にせる爲、truss の引出平均速度は毎分 0.6 m でありました。カグラサンを以て實行する場合は鋼索の速度は毎分 2.5 m 程度の速度が適當の様に思ひました。それは進行しつつある間も全般に互つて夫々の係の責任者は作業中に四方に氣を配らねばならぬから速度に就ても亦現場の状況に依り一考を要するものと思ひます。

當工事に於ては機關車を使用して河心上に移動し桁が對岸に近づき最後の 4m 程度に到るとブロック取付けの關係上機關車使用が利かなくなる其處で豫め對岸に設備せるカグラサンが代つて桁を引きつける段取となつて居りますが出來得ればブロックの取付けを何とか工夫して引出の途中に於て段取変えせず即ち他の新な設備に頼る事なく最初の設備の儘にて到達し得る様にしたいと思ひます。

途中で新たな設備に任せる事になれば其の設備の性能に就ては勿論完全なるものであつたにせよ truss は最も危険な位置に置かれてあるのですから萬一の手拔かりなどを杞憂されますので truss が比較的安全なる位置に於てその性能にせよ、その操作にせよ、既に試験済みとなれる當初からの設備を使用して到達の目的を達し度いと思ひます。

送り出し設備としては尙ほ念の爲、制動設備も必要と思ひます。尙ほ truss が最後の正確の位置にて停止出来る様對岸の橋脚上に停止装置を作つて置く と 便利です。又尖端に届いた際臨時支障のサンドルの設備も豫めして置く事が便利です。

引出しの設備である鋼索の取付位置は強度上充分である處を選ばねばならぬ事は勿論であります。引出の動力を truss の上下流の 2ヶ所に設備する事に依り例へばカグラサンであればその巻き加減に依り truss の進行方向を調節する事が出來ます。動力はなるべく故障の起らぬ人力或は電力、steam-engine 等を選び度いと思ひます。

truss の重量を軽減する意味で床部縦桁を抜かれた事は結構ですが引出後此の部分の組立或は鉸接する等の事を考へねばならぬから段取の點或は工費の點或は truss の剛性等に就て一考を要するものと思ひます。truss が動かされるのであるから truss 全体の剛性に就ても亦一考を要するものと思ひます。

4. 引出決行に就て truss の各部分は引出の凡ての作業の内が一番悪い影響を及ぼす条件のもとに必要に応じて補強をする事は勿論であります。設備萬端整へてから天候を見定め好機を掴む事が大切と思ひます。

此の意味に於て其の地方の天候の性質或は其の河の性質(例へば降雨量、水深、水位、潮位、河底の地質、流下物等の關係)等に精通する必要があります。

當工事を實行するに無風状態で行ふ爲、午前 2 時半頃出揃ひ風圧を避け安定を確保する爲、早曉無風時を選んで決行されて居ります。時刻を見ますに午前 6 時 45 分に引出を開始して約 1 時間の後終了して居る模様ですが筆者の鼎岩橋に於ても午前 6 時 31 分に始動してやはり約 1 時間後の 7 時 43 分に終了して居ります。偶然の一致の様ですが一般に早曉を選ぶ事が無風時で安全である様に考へます。

當工事に於て天候の都合に依り鉸接を終へて引出す豫定のものをその終了を待たず drift-pin を使用して好機を掴んだ事は賢明なる策と存じます。作業は従業員の統制が大切ですから 1 人の指揮者の命令に従ひ其の合図が判る様に、又各係の責任者が作業中に事故を發見した場合は指揮者に通知して指揮を受けるとか全従業員が一絲亂れざる統制が採れる手段を打合して置く事も必要と思ひます。又ポール 3 本を橋軸方向の中心線に立て指揮者が何時でも truss の針路を正確に知る事の出来る様にして置く事も必要と思ひます。

5. 工事費及び架設計畫に就て 當工事に於ては目下精算中であるが桁重量相當りの組立費 140 円見當と算定されると述べられて居ますが餘り額が多過ぎるので概算でも結構ですから其の内容を御發表願へれば幸です。

鋼材の組立に使用せる goliath は最初のもは風速 30 m/sec の突風に襲はれて倒壊した。蓋し風速 30 m/sec の如き意想外の突風に起因するものではあるが木材と鉄材との結合部の施工には不完全を免れず、一般に斯かる場合此の種の設計は避く可きを感じたと述べられて居ます。御尤もと思ひますが又一面現場の假設構造物に就て萬全を期する事は經濟上難しい事ですから止むを得ない事でありませう。然し風速 30 m/sec の如き暴風の吹く場合は豫め測候所の特報がラジオに依り豫報されるのでありますから豫報に依り出来るだけ臨機の對策を講ずる事は現場従業員の役目と思ひます。亦 truss を組立てるに鐵道省の如く他日再參利用し得る處では組立設備に莫大な費用を投じ完璧を期する事は結構であります但し組立重量少き只 1 連のみ組立するには經濟上の見地から多少の能率上の不便を忍んで簡易な工法を工夫して選ぶ事も場合に依ては好いと思ひます。

現場の状況を窮めずに論ずるのは不本意ですが架設が冬期であり河水が 12 月初旬より翌春 4 月上旬迄一帶に氷結して氷橋と稱されて居る程度の氷厚があり尙ほ水深は平時 7 m であるが冬期は湯水期であり又流速は極く僅か 1 m 程度であり河底の地質は砂及び粘土層等の状況から著者が其の架設工法に於て比較されて居る氷盤基礎上の足場式架設法に就て氷盤上に築造する足場は橋梁の高さの關係上相當の費額と時間とを要し一方工事の成否は氣温天候等の支配を受け開業其の他の關係上竣功期間を限定し度き本架設工事には不適當な工法であると述べられて居りますが、基礎を杭打として其の上に足場を立て氷に依て足場を補強する事とし尙上部の組立に就ても足場の強度を考慮して先づ flower system を組立て lower bracing を取付けて足場を落付けて上部の組立に對する安全なる方法も考へ得られます(本會誌第 21 卷第 10 號 1432 頁第 19 圖第 2 號トラス架設順序参照)。

然らば此の方法にても工事の成否が天候の支配を受くる事なく亦足場費其の他の使用器具機械材料に對する相當の損料を拂つても鉸鉸或はペンキ塗等を除き鋼材組立現場費は鋼構桁 1 適當 30 円乃至 40 円程度で納まるものではないかと見當されます。

是れを當工事の新工法の實績に對し工費と工期と確實性とを併せて比較想像するに著者は從來と異りたる本架設工法の實施に餘りに莫大な犠牲を拂はれた如く考へます。

**結 論** 本架設工法は現場の状態と設備の都合に依りては他の工法より或は經濟的となり或は比較的容易に利用し得る場合があります。

架設方法の選定に技術の進歩を望めるならば多少の工費の増額する工法を選ぶに吝でないが現實には一般に經濟で確實性のものを選ぶのも宜しいと思ひます。當工事施工計畫に就ては筆者の想定せる架設方法と比較して約 3~4 倍の費用を要せる點、此の工法の選定には僭越ながら賛成致し兼ねます。

擧筆するに際して此の架設工法に對する吾々に未だ氣付かない重要な眞理も或は存在して居るのではないかと思ひ新工法の完璧を期する趣旨の基に何卒著者の發見された注意事項を細大洩れなく御發表せられん事を切に希望致す次第であります。

以上新工法を有意に纏め度いと趣旨で甚だ僭越な感想と駁言を述べ冗長となり恐縮ですが討議に代へて頂きます。討議寄稿に就ては筆者一身上の都合に依り永引きました事を御詫び致します(11, 4, 10)。

著者 會員 工学士 藤 井 松 太 郎

本會誌第 21 卷第 10 號所載の拙論に對し、井山安藏氏の精細な御討議を煩はした事を感謝致します。大体御質問の順序に従つて筆者の意見を申述べます。