

恵川新橋 (全熔接橋) 工事について

正員 竹下春見**
准員 和氣功*

CONSTRUCTION OF THE ALL WELDED HIGHWAY BRIDGE-EGAWA

(JSCE Oct. 1950)

Harumi Takeshita, C.E. Member, Isao Wake, C.E. Assoc. Member

Synopsis The following pages are the report of the work of Egawa-shinbashi—a rigid frame type and all welded bridge recently made on the 2nd high way route in Kuba-Machi Hiroshima prefecture.

本橋梁は広島市と岩国市とを結ぶ路線中に新設された戦後最初のゲルバー式全熔接上路鋼桁橋である。着工は昭和 23 年 11 月竣功は昭和 25 年 3 月 31 日である。

1 概説

1. 地質調査

a. 河床の成因 (図-1)

図は文政 2 年卯の年に製作されたもので、河口より約 900 m 上流に到る地点までの間は約 600 年前は海中に没していたがその後非常に急勾配の恵川は洪水の度に流域の真土及び軟弱化した花崗岩を浸蝕し河口へ運積して州を生じ、河口の延長は徐々に増大されて今日に至つたものである。

一方海では潮流による漂砂の影響も相当大であつた事も認められる。

最近の正確な記録に依ると昭和 8 年の洪水には附近の家屋 20 戸が流失し、河床は堤内地より高くなつたとあり、又昭和 20 年の洪水には堤防が決壊して附近の水田及び家屋に多量の土砂が流入した事が明らかにされている。

現在の架設地点は最近 50 年間に干拓された処でその為に河川も現在のように付替を行つた。

b. ボーリング調査 (図-2)

上総掘にて地下 15 m の地点まで調査した。

上記 2 項の結果は大略一致していると思われた

図-1

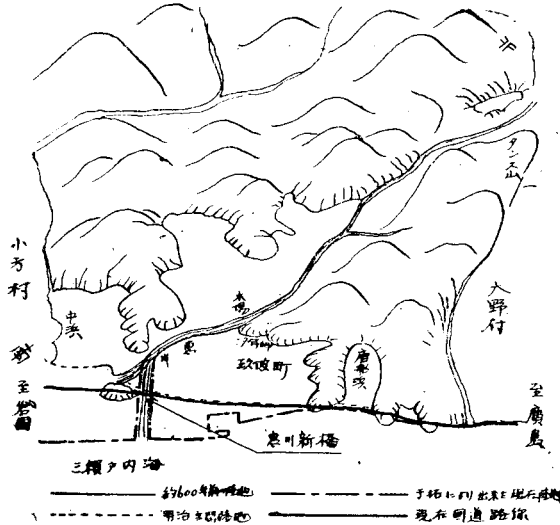
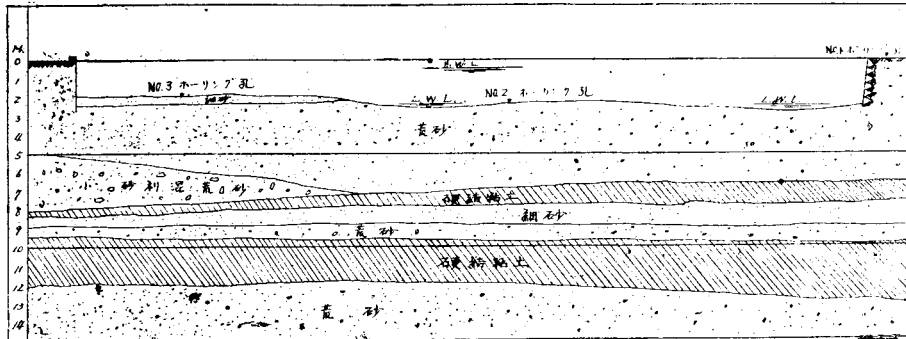


図-2



* 建設省宮島工事事務所
*

のでこれに依つて計画は進められた。

2. 設計大要

上部（図-3）

幅員 9m 橋長 36.62 m
 床版厚 15 cm
 舗装厚 5 cm
 上層面より約3.5 cmの処に4 cm目 10 番線の金鋼を敷設した
 桁部 ゲルバー式全溶接上路鋼鉄桁橋

図-3 上部鋼構造

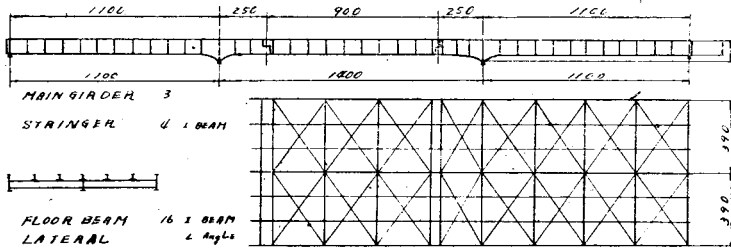
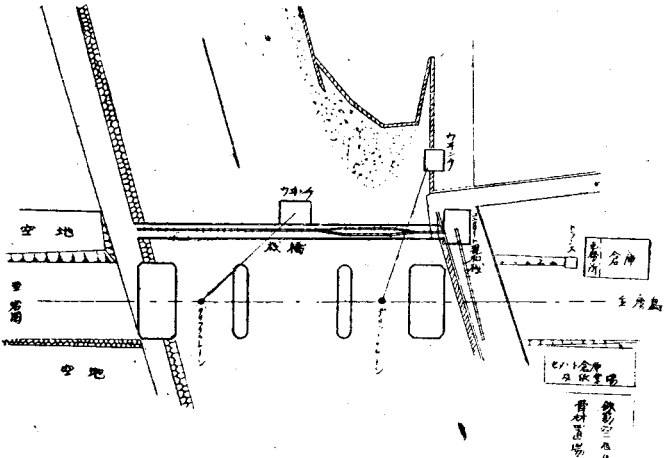


表-1 使用機械表

| 名稱 | 取込 | 台数 | 最大同時使用台数 | 電力 |
|-----------|-------------|----|----------|------------------------|
| コンクリート攪拌機 | 1.4 x 20 HP | 1 | | 1000W x 1.5 = 1500W |
| 電動クレーン | 15 HP | 2 | 2 | 15 HP |
| | 10 HP | 1 | | |
| 電動クレーン | 10 HP | 1 | 1 | 10 HP |
| | 20 HP | 1 | 1 | 20 HP |
| ブローガ | 8 HP | 1 | | |
| ポンプ | 1.5 HP | 1 | | |
| | 0.5 HP | 2 | | |
| 総電力 | 137.5 HP | | | 45 HP |

工法は築島を築き、これに沓を据え、型枠を組み、井筒コンクリートは橋台左岸側1ロッド、右岸側2ロッド、橋脚は2基共3ロッドに分けて打つた。
 沈下は1ロッド毎に進めた。

図-5 現場平面図



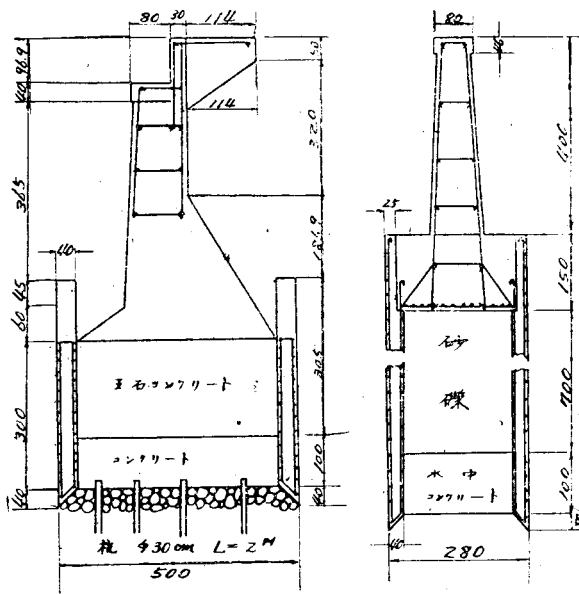
下部（図-4）

橋台 鉄筋コンクリート4 m基礎井筒
 鉄筋コンクリート半重力式躯体
 2基
 橋脚 鉄筋コンクリート10 m基礎井筒
 鉄筋コンクリート半重力式躯体
 2基

2. 下部工施工（表-1）（図-5）

本地点は河口より約200m 上流の感潮部で、満潮平均水位 1.9m、河床高10cmである。

図-4 下部構造



1. 築島（表-2）

築島は干潮時に露出する河床の砂を使用し、外周に土俵を積み中は土砂埋とした。

2. 井筒沓

工場に於て溶接鉸接両者併用して製作し、現場でボルト止による組立可能にした。

枕木は8 cm x 12 cm x 1 m のものを橋台に52 本橋脚に40 本使用した。

沓重量は各2基づ、橋台井筒沓 6 918.9 kg 橋脚沓 4 837.4 kgである。

表-3 は実働8時間の時の使用人員を表わす。

3. 型枠（表-4）

枕木を基礎として組上げ2ロッド以後は井筒壁に埋込んだ数個のボルト（長10cm）より組立てた。

表一2 築島高サ及び面積

| 種別 | 最高位 | 築島高 | 首外側寸法 | 築島面積 | 上積数 |
|----|------|------|-------|--|---------------------|
| 橋台 | 1.9M | 1.5M | | $\frac{1}{2}(a+b) \times b = \frac{1}{2}(5+13) \times 13 = 120M^2$ | 1基分 600 2基分 1200 |
| 橋脚 | 1.9M | 1.5M | | $\frac{1}{2}(a+b) \times c = \frac{1}{2}(2.9+11) \times 1.4 = 10.5M^2$ | 1基分 570 2基分 1150 |

表一3 井筒沓鉄掘付人員 (2基分)

| 種別 | 指揮人員 | 掘削人員 | 測量人員 | その他人員 | 計 | 人時 |
|----|------|------|------|-------|----|------|
| 橋台 | 32 | 16 | 4 | 2 | 54 | 0.78 |
| 橋脚 | 25 | 9 | 4 | 2 | 40 | 0.83 |

表一4 は実働8時間の時の型枠1基分の使用人員表である。

表一4 足場及び型枠組使用人員表(1基分)

| 種別 | 組立 | 架設組 | | | | 上積 | | | | 計 | |
|----|------|-----|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| | | 大工 | 人夫 | 大工 | 人夫 | 大工 | 人夫 | 大工 | 人夫 | | |
| 橋 | 1.0M | 60 | 22 | 26 | 3 | 68 | 10 | 21 | 96 | 3 | 111 |
| | 2 | 0 | 0 | 5 | 0 | 23 | 3 | 21 | 8 | 0 | 44 |
| | 計 | 60 | 22 | 31 | 3 | 91 | 13 | 42 | 104 | 3 | 155 |
| 橋 | 1.0M | 73 | 25 | 26 | 3 | 88 | 6 | 40 | 105 | 3 | 115 |
| | 2 | 0 | 0 | 12 | 3 | 35 | 10 | 36 | 22 | 3 | 71 |
| | 3 | 0 | 0 | 18 | 3 | 37 | 12 | 38 | 30 | 3 | 75 |
| 計 | 73 | 25 | 56 | 9 | 120 | 28 | 114 | 157 | 9 | 179 | |
| 計 | | 133 | 47 | 87 | 12 | 211 | 41 | 156 | 261 | 12 | 418 |

4. 鉄筋工

使用鉄筋はすべて 16mm 径で加工は潮間を利用して行い、原寸図に合せて厳重検査した。

5. コンクリート工 (表一5)

表一5

| 名 | 積 | 水セメント比 | スラブ厚 |
|------|-----|--------|------|
| 躯体 | 82% | 5mm | |
| 井筒 | 80% | 1.8cm | |
| 水中基礎 | 55% | 2.5cm | |
| 陸打基礎 | 55% | 2.5cm | |

- 混和機回転数 1分間 17 回転
- 混合時間 4分~7分
- セメント 徳山製普通ポルトランドセメント
- 砂 利 岩国市綿川玉砂利(水洗選別したもので、平均径 3cm以下70% 最大径 5cm)
- 砂 海砂, 2mm 糸篩にて選別し雨水にあてたもの
- 配合比 井筒内部玉石コンクリートは 1:3:6 其他はすべて 1:2:4
- 水セメント比 (表一5)

a. 工法 (図一5)

井筒及び躯体コンクリートには漏斗管を使用して骨材の分漣及びコンクリートの飛散を防止し、水中コンクリートはパイプを使用した。管径は何れも 8 時のものを使用した。

b. 陸打コンクリート施工能率 (図一6, 表一6, 表一7)

上記工法に依つて示し得た能率は大体 1 時間に 3~4m³ であつた。

c. 水中コンクリート施工能率 (図一7)

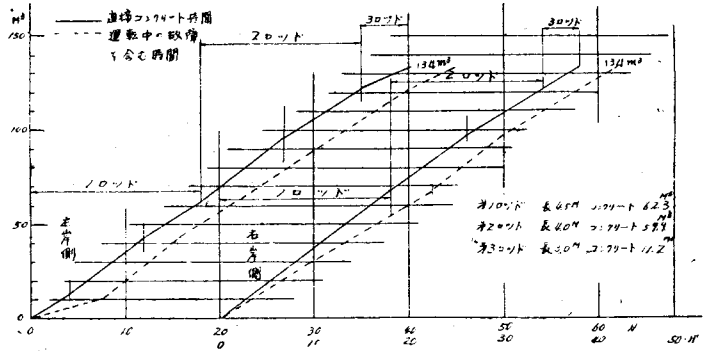
表一6 橋脚井筒能率表

| | コンクリート打時間 | | | 運搬中の乗換を含む時間 | | |
|----|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| | 最低 | 平均 | 最高 | 最低 | 平均 | 最高 |
| 左岸 | 2.2 m ³ /h | 3.3 m ³ /h | 3.8 m ³ /h | 1.5 m ³ /h | 2.7 m ³ /h | 3.8 m ³ /h |
| 右岸 | 3.1 m ³ /h | 3.3 m ³ /h | 3.9 m ³ /h | 3.1 m ³ /h | 3.2 m ³ /h | 3.7 m ³ /h |

表一7 井筒コンクリート打使用人員表 (8時間, 運搬距離28~38m)

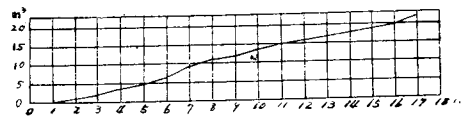
| 有職 | 左岸側 橋脚井筒 (4時間57分, 40人時) | | | | | | 右岸側 橋脚井筒 (1時間57分, 40人時) | | | | | |
|----|-------------------------|----|-----|-----|-----|-----|-------------------------|----|-----|-----|-----|-----|
| | 管打 | 運搬 | ポンプ | ポンプ | ポンプ | ポンプ | 管打 | 運搬 | ポンプ | ポンプ | ポンプ | ポンプ |
| 上工 | 5 | 4 | 5 | 3 | 2 | | | | | | | |
| 大工 | | | | | | 2 | | | | | | |
| 計 | | | | | | 2 | | | | | | |
| 上工 | 1 | 3 | 5 | 3 | 2 | | 1 | 3 | 5 | 3 | 2 | |
| 大工 | | | | | | 2 | | | | | | 2 |
| 計 | | | | | | 2 | | | | | | 2 |

図一6 橋脚井筒コンクリート打進行表



パイプの移動に困難を伴いコンクリートの流動性にも影響されて能率は悪かつた。

図一7 水中コンクリート打進行図



6. 井筒沈下に就いて

a. 沈下 (表一8, 表一9, 図一8)

井筒沈下の工法は一般に行われて居るものと同様である。たゞ左岸橋台井筒沈下に於ては初期に機械設備の不完全からやむなくポンプ吸水に依り最後まで人力掘鑿に依つて沈下せしめた。此の場合出来るだけ掘鑿土量を少くする為に荷重を 60 屯かけた。

表-8 橋台井筒比較表

| 種別 | 左岸 | 右岸 |
|----------|--|--|
| 張設土量 | 475 m ³ (11井筒大橋と大16差14石=井筒径径 49.13 倍) | 120 m ³ (11井筒径径の約 1/2 倍) |
| 地盤に及ぼす影響 | 井筒底部より外周土に沈下量約 30 cm のため、地盤沈下約 20 cm | 井筒外周に土砂流入に起因し、外部地盤沈下約 10 cm 程度、基礎は沈下は小 |
| 安定度 | 沈下中の偏位は少く、かつ偏位も矯正し易 | 沈下中安定は、御砂入り土に沈下容易 |
| 能率 | かつ、比 1:1.1 の間に早く、深く 3 層爆薬に掘り作業困難な点 | 能率は入りの比 1:1.5 良好である、井筒断面大なる場合、更に約速である |
| 工費 | 掘設費 10 m ³ 13,500 円 | 掘設費 10 m ³ 2,100 円 |

表-9 沈下速度表

| 種別 | 最大沈下速度 (mm/h) | 平均沈下速度 (mm/h) | 1時間9分使用火薬 | 最大能率 (%) (1.5時間沈下) | 最小能率 (%) (1.5時間沈下) |
|--------|---------------|---------------|-----------|--------------------|--------------------|
| 左岸橋台井筒 | 0.7 | 0.005 | 29 | 0.024 | 0.0017 |
| 右岸橋台井筒 | 0.9 | 0.005 | 14 | 0.071 | 0.0036 |
| 左橋脚井筒 | 0.11 | 0 | 1.3 | 0.085 | 0 |
| 右橋脚井筒 | 0.09 | 0 | 1.5 | 0.060 | 0 |

表-10(A) 橋脚井筒沈下使用人員表(実働8時間を1日とする)

| 日分 | 左岸側 | | | | | | 右岸側 | | | | | | | |
|------|-----|-----|-----|--------|--------|--------|-------|-----|-----|--------|------|--------|-----|-------|
| | 掘 | 運 | 積 | 積 | 積 | 積 | 掘 | 運 | 積 | 積 | 積 | 積 | | |
| ブレイク | 62 | 1 | 62 | 280 | 12,160 | 5.5 | 1,226 | 59 | 1 | 57 | 280 | 12,160 | 5.0 | 1,576 |
| サイン | 1 | 62 | 280 | 12,160 | 5.5 | 1,226 | 1 | 57 | 280 | 12,160 | 5.0 | 1,311 | | |
| ポンプ | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0.2 | 11 | 230 | 2,760 | 1.0 | 276 | | |
| 橋土人夫 | 6 | 272 | 230 | 25,560 | 27.4 | 8,556 | 6 | 322 | 230 | 26,160 | 29.7 | 7,266 | | |
| 雑役夫 | 2 | 120 | 200 | 20,300 | 17.8 | 2,480 | 2 | 114 | 200 | 22,800 | 9.9 | 2,280 | | |
| 計 | 62 | 10 | 620 | 40,720 | 46.9 | 14,118 | 57 | 102 | 581 | 33,210 | 30.6 | 13,228 | | |

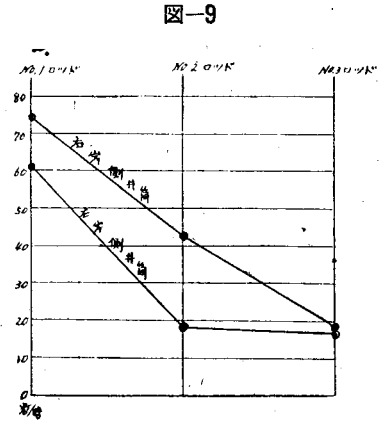


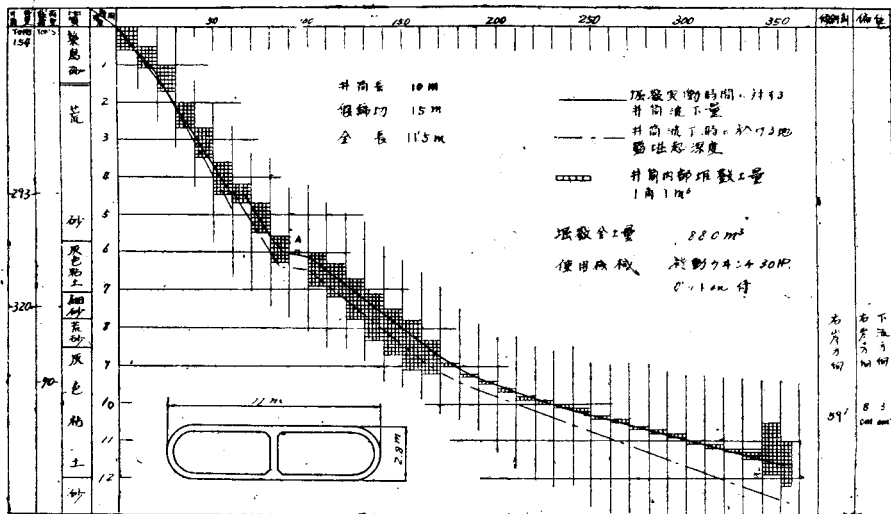
表-10(B) 火薬による最終沈下観測(単位cm)

| 名稱 | 回数 | 左岸 | | | | | | 右岸 | | | | | | |
|----|----|------|------|------|------|------|------|----|---|---|---|---|---|--|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | |
| 橋台 | 1 | 4 | 5 | 4.5 | 7 | 7 | 7 | | | | | | | |
| | 2 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 1 | 1 | 1 | | | | | | | |
| 橋脚 | 1 | 20.1 | 22.7 | 21.9 | 22.3 | 21.1 | 22.0 | | | | | | | |
| | 2 | 0.9 | 0.7 | 0.7 | 0.8 | 0.0 | 0.9 | | | | | | | |

橋脚井筒に於てはすべて機械掘とした。

図-8(A)部は粘土層が非常に固く結層してガットの爪がやつと立つ程度にて掘鑿に困難を極めこれを突破する為に8吋フューガルポンプにて吸水しながら掘鑿を進めた部分にて、4 m 吸水し約 50 屯の浮力を通*

図-8 右岸側井筒沈下進行図



*減しつつ掘鑿した。

b. 沈下最終状態と爆薬に依る沈下(表-10)(図-10) 所定深度まで沈下した井筒は砂混し固結粘土の為沈下至難となつたので地盤掘越のみ砂地盤まで達せし

めてその後火薬を1基に 200 kg づゝ2度に分けて爆発せしめ振動に依る最終沈下を測定した。

7. 下部工工費(図-10)

直接工費よりも運搬等諸掛に相当大なる金を要した

3 上部工

1. 上部構築作

横河橋梁製作所に於て製作した概要は次の通りである。

- 主桁 a. ガス切断 回転枠に入れて熔接(下向)
- b. 主桁両突縁断面の変化には蓋板は使用せず大なる方の断面にて通し接手はX型衝合接合とした。
- c. 応力伝達に主たる部分にはなるべくX型衝合接合とした。
- d. 腹板と突縁との接合は両双型とし熱に依る空縁の収縮変化を考慮して前もつて或角度応力と反対方向にまげた。(図-12)

図-10

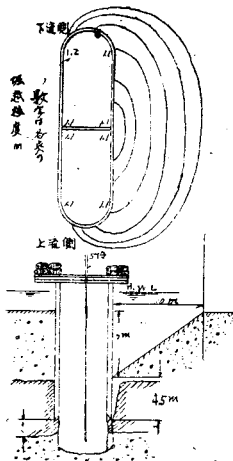
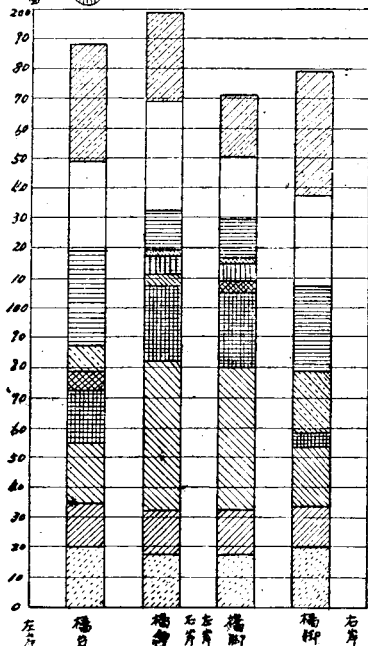
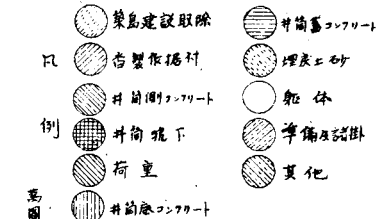
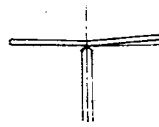


図-11 下部工工費



- e. 収縮により生ずる歪を少なくする為に熔接の順序に留意した。

図-12



横桁縦桁—I型鋼を使用した。補剛材其他はすべて鋼板を使用した。製作に当つてはすべて熔接学会の示方書に依つた。

2. 架設及び組立

- a. 置場及び組立
 - 1.) 左岸側道路は石炭ガラにして右岸側は真土で、両側とも橋台より約 20 m の位置に主桁を配置した。
 - 2.) 部材置場よりの運搬は稜構、伸縮目地を除き全部電動ウィンチに依り引っぱり橋台際まで滑動させた。
 - 3.) 張出桁を最初運搬し次に横桁を運搬してボルトで仮組立し後吊桁を主桁横桁の順に組立てた。
 - 4.) 杓は最初定位に置き全部組立てた後再測量してボルト本締を行つた。

- b. 組立に使用した機械
 - 10HP電動ウィンチ 1台, 手動ウィンチ 1台
- c. 架設方法: 二又及び坊主に依る合引とした。
- d. 鋼材及び現場熔接長
 - 鋼材 47t, 現場熔接 250 m
- e. 熔接使用機械
 - 熔接機: 日立製作所製

直流単式7.5kw 容量(入力220V)

熔接棒: 神戸製鋼所製 B17号, 4~5mmφ×400

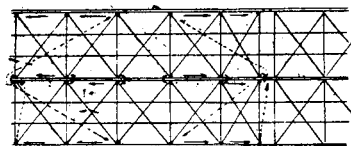
使用電流及び電圧: 無負荷電圧 60V

負荷電圧 28~33V, 使用電流150~180Amp

3. 熔接

- a. 稜構のX部分のみ取付ボルト不足の為一番先に全部熔接した。
- b. 張出桁、吊桁の順序に一連分づゝ全部仮付した後熔接工2組で(図-13)の順に熔接した。此の時稜構も一しよにつけた。(横桁は盛上げ)

図-13 熔接順序



- c. 横桁、稜構を全部本付の後縦桁一連分づゝ締付金具にて締付け本付した。

4. 熔接歪について

前記熔接順序は歪を最少に止める為であつたけれども全部熔接を完了した時には相当の歪を生じた。

此の事は溶接現場が風にさらされ且溶接時の外気の温度が0°~5°C程度であつた事にも起因すると思えるものにて溶接時期としては最悪の季節であつた。

歪が最も大きく現われたのは吊桁の支点である。即ち両側の張出桁の歪量が一致しない為に支点部に於て3~4 耗程度の際が生じて吊桁が6つの支点到安定せずガタガタとなつた。此の程度の歪は上部の死荷重の載荷に依つて或程度安定は見られるけれども当然内部応力は相当大となつて来るものと思える。したがつて歪を歪量の約半分程度上下して外部に現われた変形を半分そのままに残し残りの半分は死荷重に依つて安定せしめ内部応力として残した。

表-11 橋脚井筒使用荷重表

| 種別 | 左岸側 | 右岸側 | 計 | 種別 | 左岸側 | 右岸側 | 計 | |
|----|------|-----|-----|---------|------|-----|-----|---------|
| 名 | 単位 | 長さ | 数量 | 単位 | 長さ | 数量 | 数量 | |
| 軌 | 50kg | 5m | 45 | 11250kg | 50kg | 5m | 45 | 11250kg |
| 小 | 37kg | 45m | 15 | 1665kg | 37kg | 45m | 15 | 1665kg |
| 全 | 15kg | 10m | 80 | 12000kg | 15kg | 10m | 80 | 12000kg |
| 小 | 9kg | 5m | 180 | 1620kg | 9kg | 5m | 180 | 1620kg |
| 全 | 50kg | | 400 | 20000kg | 50kg | | 400 | 20000kg |
| 計 | | | | 62.7m | | | 760 | 38000kg |

5. 能率及び使用人員

篤工：84名，人夫：38名，溶接工：31名，
 電工：4名，雑役：25名，計：182名
 屯当り使用人員：3.82人，溶接工1m当り：0.124人
 1時間当りの溶接速度(1人) 1.35m

$$\text{コンクリートの } \frac{c}{w} - \sigma_{28} \text{線}$$

コンクリートの水セメント重量比 $\left(\frac{c}{w}\right)$ と材令28日における壓縮強度 (σ_{28}) との関係について、コンクリート標準示方書は、『やむをえず試験をしない場合には、普通ポルトランドセメントを用いるときに、つぎの式によつてもよい。

$$\sigma_{28} = -47 + 100 \frac{c}{w}$$

しかし、最近、セメントの品質は相当に向上してきたので、この式を改める必要が生じてきた。そこで、各所の最近6ヶ月間における試験結果を持ち寄つて検討した処、図に示す様な関係となつたので、安全を考えてつぎの式を採用することに改めた。

$$\sigma_{28} = -211 + 214 \frac{c}{w}$$

当委員会では、セメントの品質向上につれて、この関係式を適宜改めてゆく予定である。

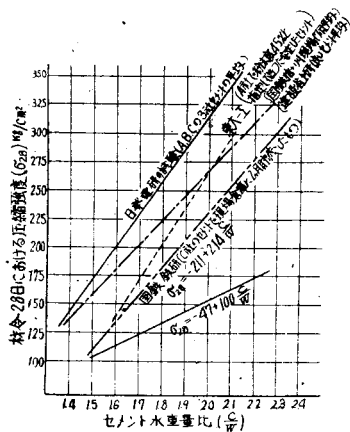
(土木学会コンクリート常置委員会)

(40頁より) つてくる。こゝでは従来の方法と比較するため、

- (1) 測点数を同一にする
- (2) 従来の方法では必ず停電を要し、此の方法は通水のまゝ実施することを条件とする。

筆者は昭和24年此の測定方法によつて利根川水系吾妻川金井発電所を調査したが、傾斜38度、長さ130m、内径2.57mの鋼管3本に対して300点を選び、12人の人員で3日間で仕事を終了した。若し同じく300点の孔をあけるとすれば6人にて15日間を見込むことが出来、人件費のみでも著しく経費に差がつくことが予想される。

更に此の発電所はその放水を直に濫川、佐久両発電所に導いているので、金井発電所の断水による停電損失は大きく、当時の卸賣料金にて15日間約200万円の損失となる。即ち停電損失のみにも1点当り6500円に達するものである。之に対して筆者の新しい調査



では人件費、足場費その他にて65000円を消費し1点当り217円となり此の方法が遙かに有利なことが立証されるのである。

筆者がかゝる経済的考察を加えたのは、近年研究に対する経済的主張をよく求められるので之に対する一つの回答を意図したものである。しかし孔を開けることと無傷に計測することは全く物理的に異なるものであつて、本節の如く300点の孔をあけること等は鋼管に対して到底許されるものではなく、したがつて比較の基本条件としては実に問題にならぬのである。又水圧鋼管の老朽度を数ヶ所の厚さから判定すると、300点の結果から統計的結論を求める場合とではその科学的価値を全く異なるものであつて、その差異の経済上の数値的換算は算定の方法に苦しむものである。

筆者は此の機会に新しい技術、理論の価値判定に当つては経済上の問題と科学上の観点を包含して、高所に立つて眺められんことを広く要望する次第である。

(正員 日発、電力技研 神谷貞吉)

4) 神谷貞吉；金井水力発電所水壓鋼管の肉厚測定、電力技術研究所所報、土木第1巻第14號、昭和24年11月