

論 説 報 告

第 23 卷 第 9 號 昭和 12 年 9 月

日ノ影線綱ノ瀬拱橋工事に就て

會員 棚 本 修 造*

會員 吉 田 朝 次 郎**

One Method of Construction of Reinforced Concrete Arch
Bridge, applied to Tunanose Railway Bridge

By Syûzô Mukumoto, C. E., Member.

Tomozirô Yosida, C. E., Member.

要 旨

本文は鉄筋コンクリート拱橋の施工法として從来採用せられた方法に依らず、吊索及鉄製假枠を用ひて、試験的に施工した日ノ影線綱ノ瀬拱橋の工事概況及工費に就て述べたものである。

1. 緒 言

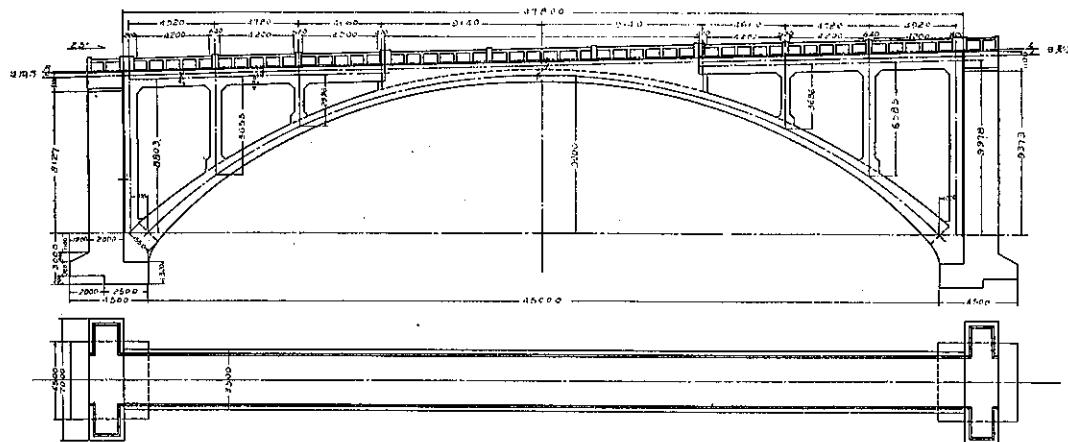
コンクリート拱橋の施工法は地形、地質其の他諸種の條件に依つて多種多様であるが、架橋用假設構造物の費用が其の總工費の重要な部分を占むる事を考ふれば、深甚なる比較考究の結果決定さるべきものである。

今鋼橋の cantilever erection の如く、起拱點より順次拱環を突出させて拱頂を連結させ、此の上に床版を施工する事が可能であり、且安全に遂行し得るものとすれば、拱架費の節約或は traffic の關係上、コンクリート拱橋の施工法として比較検討する價値を有するものと信じ、日ノ影線綱ノ瀬拱橋に於て試験的に施工したものである。

2. 架設地點の概況

日ノ影線綱ノ瀬拱橋は、宮崎縣の北部五ヶ瀬川北岸に沿ふ總延長 418 m の鐵道連続拱橋で、此の中、支流綱ノ

圖-1. 拱 橋 一 般 図



* 鉄道技師 工学士 鉄道省熊本建設事務所勤務

** // // 鉄道省下關改良事務所勤務

瀬川横断箇所に架設せられた径間 45 m の鉄筋コンクリート拱橋に就て述べんとするのである。此の拱橋は県道に架せられた同型の拱橋と並行し、附近は古生層に属する堅岩露出し、浸蝕著しく、所々に断崖を形成して居る。架橋地點は、県道と五ヶ瀬川に挟まれた狭隘地で、平時水深 5 m、最大洪水位は平水位上 14 m に及ぶ。即ち拱架に依る事は流水に妨げられ、可成の工費を計上しなければならぬ。

図-2. 径間 45 m 拱橋図

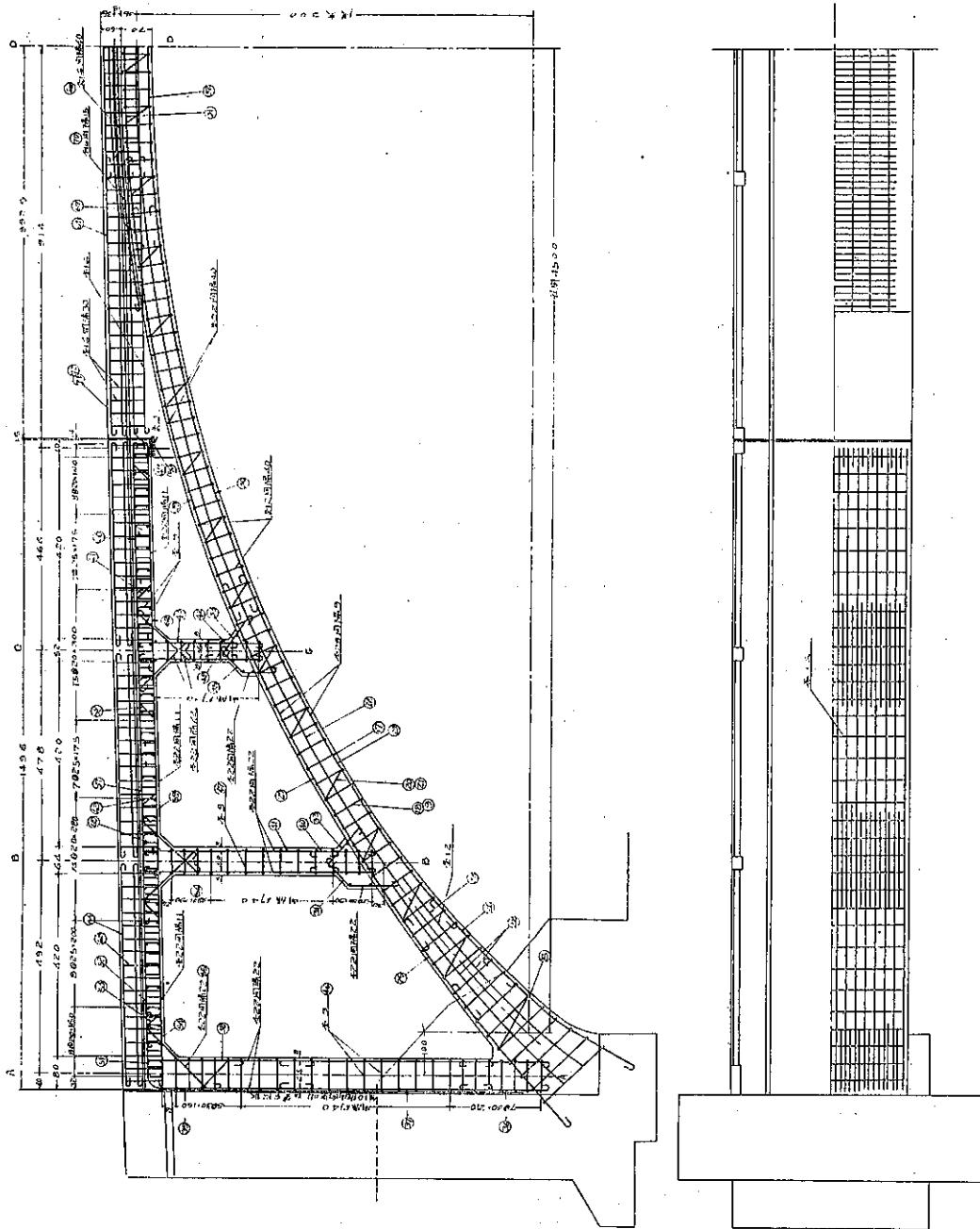
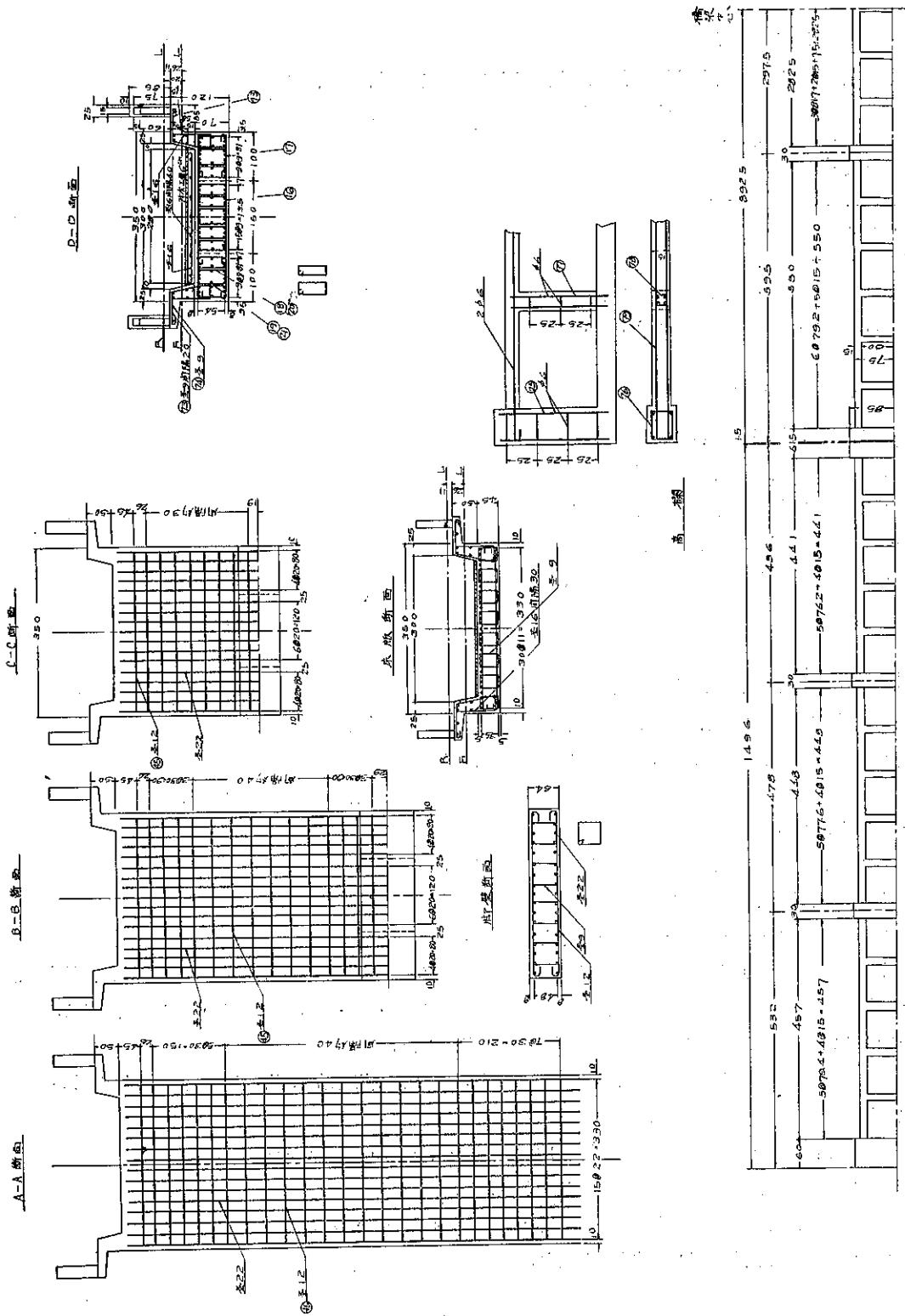


圖-3. 細緻圖



3. 設計要旨

本拱橋の設計は鉄道省大臣官房研究所に依つたもので、其の要旨を掲ぐれば次の様である。

型式：	Open spandrel reinforced concrete hingeless arch
径間：	45 m
拱矢：	9 m
動荷重：	KS-15
拱軸線形狀：	Transformed catenary
拱環幅：	350 cm
拱環厚：	拱頂 70 cm, 起拱點 155 cm
許容応力：	コンクリートの許容曲げ圧縮応力 拱環 80 kg/cm ² 其他 55 kg/cm ²

4. 施工計畫大要

本拱橋に於て採用した施工計畫の大要を順擧すれば次の如きものである。

- (1) 兩岸に近い起拱部附近は地上に足場を組立て、此の上に施工する。
 - (2) 前述の拱の一部に絞の設備をなし、爾後施工中の拱軸の位置整正及施工荷重に依る曲げ廻転を円滑に行はしめ、且つ施工応力の作用點を明瞭ならしめる。
 - (3) 拱橋基礎上の橋脚に鉄塔を建込み、懸索を他の既設橋脚の基礎に碇着せしめる。鉄塔の下部は絞構造とし懸索は伸縮調節の爲トグル及ターンバックルを設備し、鉄塔の傾きを加減し得る様にする。
 - (4) 兩鉄塔間に運搬索を架け渡し、材料の運搬に供する。
 - (5) 第1項の拱の先端を鉄塔頂より吊る。吊索は伸張を加減する爲にターンバックルを挿入する。
 - (6) 別に準備した假枠を前項拱に碇着せしめ、其の大部分を前方に突出させる。
 - (7) 假枠中に型枠を組立て、コンクリートを填充する。
 - (8) コンクリートの硬化を待ち、其の先端を鉄塔より吊り、假枠を前方に移動し、第6項の如くコンクリートに碇着させる。
 - (9) 以下同様の方法で兩岸より順次に施工を繰返す。
 - (10) 拱頂は拱軸を整正してから、temporary hinge を作り連続させる。
 - (11) コンクリート硬化後、假枠及吊索を撤去する。
- 以上にて拱は1時 three hinged arch になつた譯である。本工事に於ては、假枠及吊索其の他假設物の關係上、拱環施工幅は全幅 350 cm 中の中央部 150 cm を先づ上記の cantilever erection として完成させ、兩側各 100 cm は中央拱を基として、之に吊足場を作り其上に施工した。即ち
- (12) 中央拱完成後、墜め此の下面に埋め込んだボールトに横桁を吊り、此の上に型枠を組立て、施工応力を考慮して兩側拱を分割施工する。
 - (13) 拱頂の temporary hinge を填充して、拱を一先づ two hinged arch にする。
 - (14) 脚壁は拱の施工応力を考慮して順次施工する。
 - (15) 起拱點附近の兩側絞を填充して、拱を hingeless arch とする。
 - (16) 床版、手摺を施工し、防水工を施す。

5. 架設用材料の準備

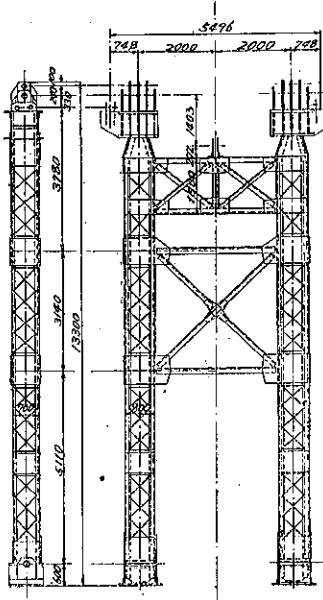
cantilever として施工するコンクリート量は工期及仮構造物の大きさを左右する。本工事では出来るだけ再用品を使用する事とし、cantilever としての施工幅を前述の如く中央部 150 cm とし、拱軸長を考慮し 5 回に分割し、1 日施工長を約 4 m とした。

上記に基き準備した主要架設材料は次の如きものである。

(1) 鉄塔

鉄塔は再用品を使用する事とした。即ち古品の塔頂を改造して吊索 5 本を取り付けられる様にした。使用高さ約 13 m, 4 個の山形鋼より成り、下部は鉄構造である。

図-4. 鉄塔



(2) 吊索及控索

吊索及控索には再用品を使用出来る事と施工の容易な事から、径 40 mm のシノサイ式鋼索を用ふる事とし、鋼索の缺點たる伸張に對しては鍛にて補ふ事とした。再用品を使用した關係上、施工に先だち試験を行つた結果、破断力は約 85 t であつた。

(3) トグル及ターンバックル

控索には夫々トグルを挿入して位置の整正をなさしめた。之は腕の長さ 170 cm, 50 t のダフジヤッキによつて伸縮せしめた。控索最大短縮長は 21 cm である。控索及吊索には各 1 個のターンバックルを取付ける事とした。ターンバックルは径 65 mm, 緒代 80 cm である。

図-5. 鋼索試験表

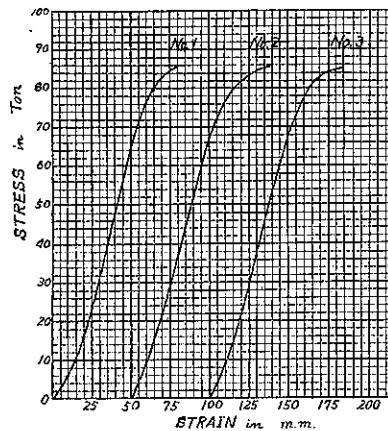
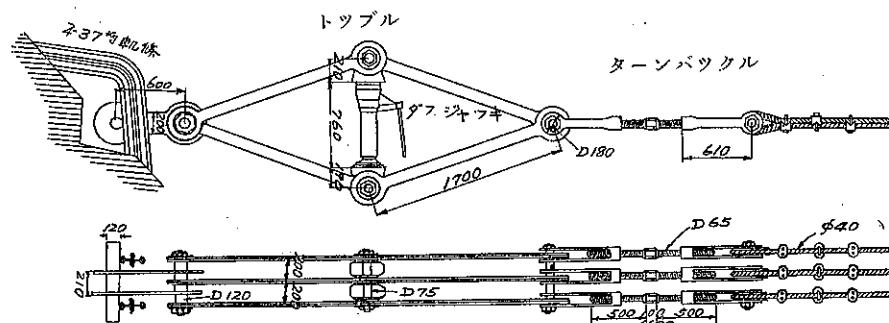


図-6. トグル及ターンバックル



トグル及びターンバックルは何れも再用品を使用した。

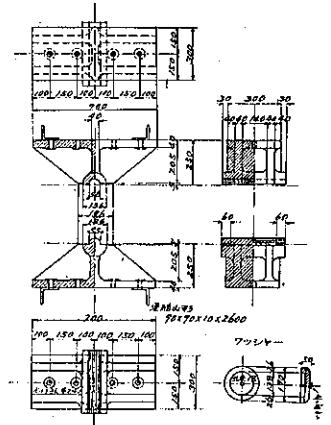
(4) 鋼

起拱部に設ける temporary hinge は充分安全側より施工及拱軸整正に容易な鑄鉄製の鋸を使用する事とし、一方吊索及控索に鋼索を用ひる缺點を補つた。此の位置は完成後の拱の最大応力を生ずる起拱點を避け、拱軸に沿ひ 150 cm 内側に設置する事とした。1 組の重量約 340 kg、新品である。

(5) 假 柵

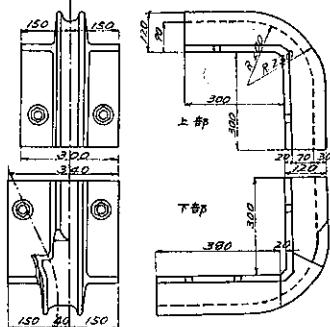
1 日施工長即ち突出部の長さ 4 m に對し anchor の長さを 2 m とし、盛換えの關係から假柵は 1 組を 3 の同形のセグメントに分ち、各をボルトで連結し、1 片は既に施工したコンクリートの終端に取り付け、他の 2 片を突出させ此の中にコンクリートを施工した後、前方に移動させる事にした。假柵は梯形で下邊を半径 30 m の円上にあらしめ、拱環を cover させ、高さ 1200 mm、鋸歯型即ち 6 mm の腹板と、山形鋼 100×100×7 の突縁とより成つて居る。左右内側間隔 2100 mm、即ちコンクリートとの間に 300 mm の間隔を有し、下側は約 1300 mm の間に横筋即ち溝形鋼を以て左右の鋸歯を連結せしめた。亦上側に 2 個の溝形鋼を取付け、突出部の荷重は上下の溝形鋼に依り圧力を以てコンクリートに傳へしめたのである。假柵は新しく製作した。

図-7. 鑄 鉄 鋸



ンバックルに取付ける事とした。鑄鉄のパッキング金物は外面に半径120 cm の曲面溝を作つて鋼索を leadさせ下部の金物は吊索の方向に溝を開放させて隅の無理を減小せしめた。

図-9. 鑄鉄製パッキング



6. 施工

本拱橋は試験的施工である爲、前後の請負工事より切離して直營工事とし、特殊作業以外は部分請負に附した。

準備工事着手は昭和 11 年 7 月 20 日、竣工は昭和 12 年 3 月 7 日である。

(1) 準備工事

Approach span の工事進捗に伴つて準備工事の第 1 に控索の anchor に豫定した橋脚の基礎に 37 kg 軌條を埋め込んだ。次に径間 45 m の拱の基礎及此の上の橋脚の施工後、之に鉄塔を建てた。鉄塔下部の鉸は楔を入れて一時廻転を防止し、兩鉄塔頂と anchor との間に控索を張り、トッグル及ターンバックルを取付けたのである。控索は各 3 本を用ひた。次に兩鉄塔間に 3 條の運搬索を張り渡した。吊索は豫め 1 端のみを鉄塔頂に取付け他端は塔下に集め施工の進捗に従ひ順次コンクリートに取付ける事にした。尙拱の形狀及鉄筋の加工を正しくする爲、現寸を引き型枠据付其の他の便に供した。

(2) 拱コンクリート工

拱コンクリートの施工順序は図-11 に示す様に分割した、

a) 起拱部附近の拱コンクリート工：以上の準備作業と共に拱は基礎に接続した起拱部附近の拱を地上の足場の上に施工した。此の時起拱點より拱軸に沿ひ 150 cm の點に鑄鉄鉸を据付けた。此の鉸は以後の拱環施工に當り、吊索の伸びに對して鉸の廻転に依り、既に出來上つた拱に生じる応力及変形を小にし、且拱軸の整正を容易ならしむるもので、各側に夫々 4 個を並列し、上越角を約 3 度保たせた。此の部分の拱は全幅 3.5 m を同時に施工し、先端 ② の部分のみは假枠取付の關係上 1.5 m にした。

b) 中央拱コンクリート工：此の部分は即ち cantilever 工法に依る本工事主体部である。前述の拱が硬化すると、其の先端の 4 隅に金物パッキングを當て、径 40 mm の鋼索を以てコンクリートを圍焼し、其の両端にターンバックルを取付け、豫め鉄塔頂に吊つた吊索にて之を吊り、クリップ 7 個で緊結した後ターンバックルを左右平等に締めて、コンクリートの先端が少しく持上る程度にした。斯くてコンクリートが全く塔頂より吊られると假枠を取付けた。

図-10. 控索アンカーの図

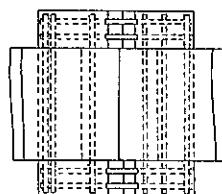
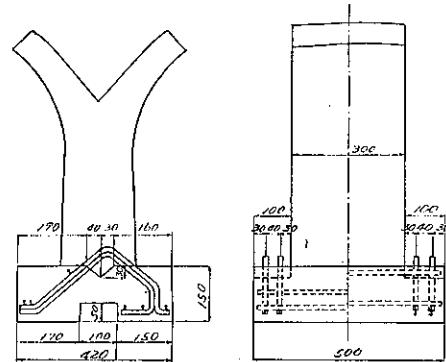
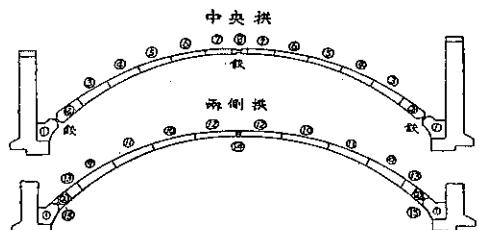


図-11. 拱コンクリート施工分割図



即ちコンクリートの下面に埋め込んだ径 25 mm の 4 個のボルトに横桁を吊り、假枠の 1 片 ④を此の上に据え、上部の横桁を取付け、之等横桁とコンクリートの間に檻材のパッキングを挿入して碇着部を作つたのである。次に他の假枠の 2 片 ⑩ 及 ⑪ を兼め連結した構造搬し ⑫ の先端に取付け、⑩ ⑪ の下側の横桁其の他の部材を取

図-12. 施工一般図

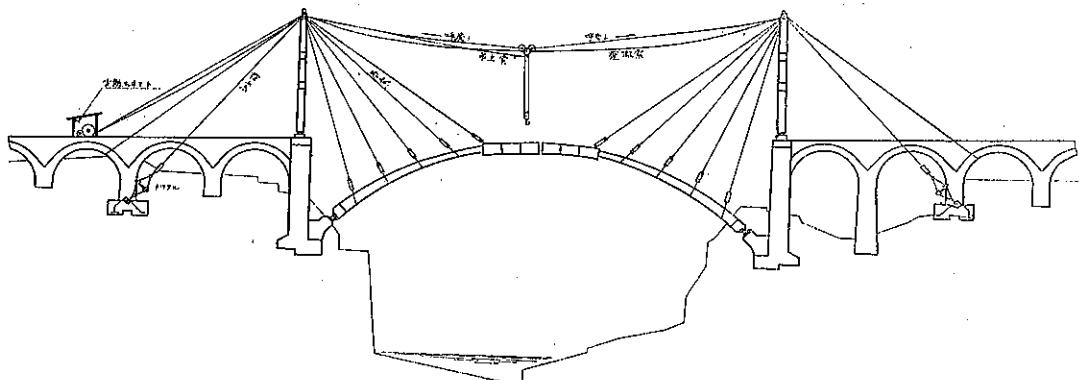
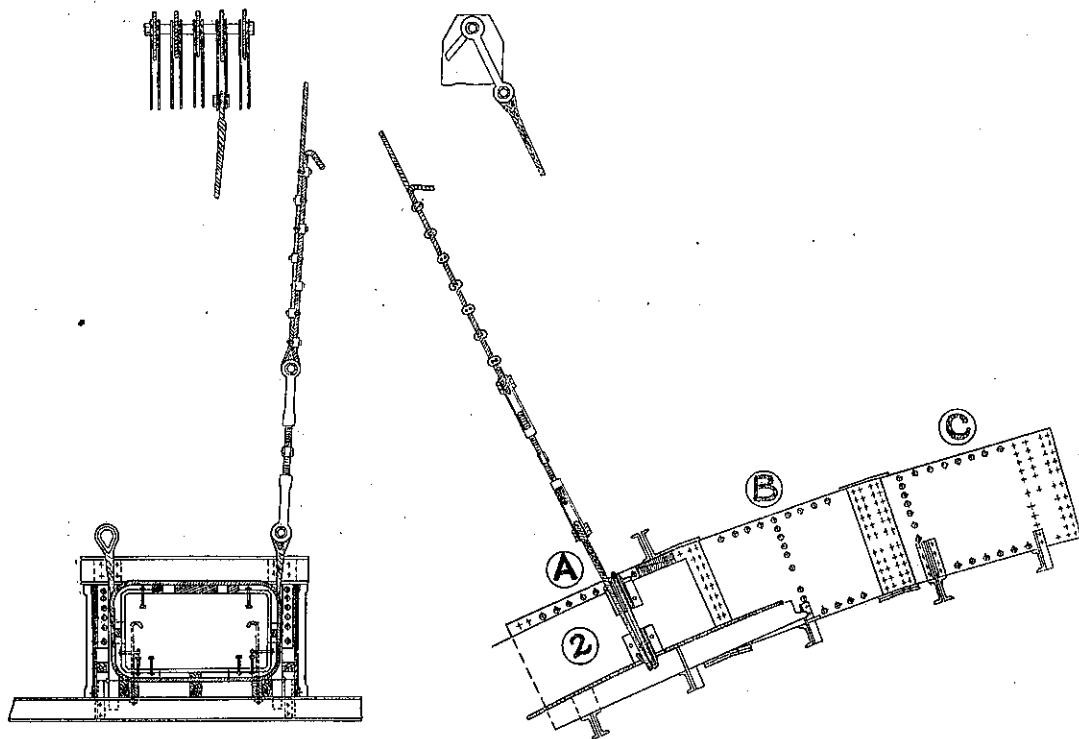


図-13. 吊索假枠取付け図



付けた。假枠の取付が済むと位置を整正した。之には鉢の上越角に相當する相対位置に對し、施工中の deflection を査定し、先端の相対上越量を約 2 cm とした。整正は横桁とコンクリート間の檻材パッキングの加減に依り、尙細部の整正は假枠内の型枠に依らしめた。

位置の整正が済むと假枠内に型枠を組立て鉄筋を配置し其の他所要のボルトを取付けた。鉄筋は継手が集中するので施工の不安を除く爲電気溶接を簡単に施した。横鉄筋は兩側拱縫足しの繋ぎとしてコンクリート外に約20cm突出せしめた。

本施工法に依れば拱環の寸法が小なる程架設用材料も小となる故コンクリートの許容応力を大にして拱環寸法を小とした。即ち準備試験の結果拱環コンクリートの許容曲げ圧縮応力を 80 kg/cm^2 とし、配合比約1:1:2とした。尙工期の短縮を図る爲に早強セメントを用ひた。鉄筋比が大なる爲と富調合なる爲、收縮に依る龜裂を防ぐに硬練りとし、水-セメント比を約38~40%に擇び、バイブレーターを使用し、コンクリートは出来る丈け拱軸は直角に填充した。填充後の検測の結果、上越量2cmは略適當であつた。コンクリート硬化後型枠を外し、前回同様に吊索で吊り假枠を前方に移動した。之には横桁を全部コンクリートに埋め込んだボルトで吊り、飯桁を横桁より外し、3片連結の懸垂搬索にて吊り、④片が⑤位置に来る迄前進させた。平均1回の作業約7~10日間を要した。

斯様にして兩側より順次突出施工して中央に至り、最後の假枠の移動後、拱頂約210cmを残して⑦を施工した。此の時先端の上越量が尚30cm位あつたので、拱頂施工前拱軸を整正する爲、控索及吊索を外側より順次弛め、中央の上越量を4cmになる迄拱を廻転せしめた。

次に拱頂に temporary hinge を設けた。之は鉄筋コンクリート螺旋筋柱で大きさ $32 \times 28 \text{ cm}$ 、長さ110cmを3本並べ、拱の主筋の繋ぎは其の僅露出せしめた。

斯くて中央拱が完成したので假枠を撤去し、控索をトッグルに依つて平等に伸ばし、鉄塔を内側に傾け、吊索の応力を減じ、吊索を外側より順次弛めて後に撤去した。即ち中央拱は three hinged arch として作用して居る譯である。

c) 兩側拱コンクリート工： 兩側拱は豫め中央拱施工時、下面に埋め込んだボルトに吊られた横桁の上に型枠を組立てて、對稱形に4ヶ所同時に施工した。其の分割及施工順序は鉄筋の継手及中央拱の受ける施工応力を考慮して定めた。即ち兩側拱の全荷重は中央拱が three hinged arch として負担する事になり、中央拱には附加応力を生ずるが、然し許容応力を超過しないので特殊の設備をなさなかつた。

兩側拱施工後、拱頂の主鉄筋を熔接し、temporary hinge を埋めて拱を two hinged arch とし、横桁を撤去した。

(3) 脚壁及コンクリート工

起拱部の鉄筋充前に胸壁を施工した。之も拱の施工応力を考慮して分割施工した。次で鏽鉄錆を埋めた。之が爲には錆を先づモルタルで包み、主鉄筋を熔接して、コンクリートを入念に填充したのである。即ち拱は完全に hingeless となつたのである。斯くて此の硬化後床版を延岡方より施工した。次で床版保護の爲一層式防水工及欄干を施工して、此の拱橋を完成したのである。

図-14. 中央鉄

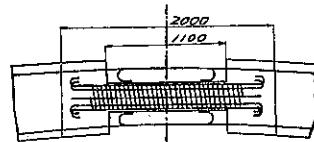


図-15. 兩側拱施工図

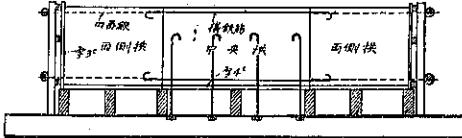
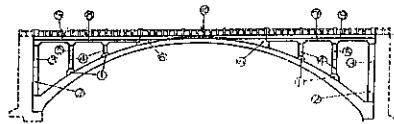


図-16. 脚壁床版施工順序図



順序	高さ(上)	高さ(下)
1	6.425	2.104
2	5.525	2.614
3	5.025	2.614
4	4.525	3.102
5	3.525	4.102

図-18. 工事中の網ノ瀬拱橋全貌（中央大径間は県道橋）

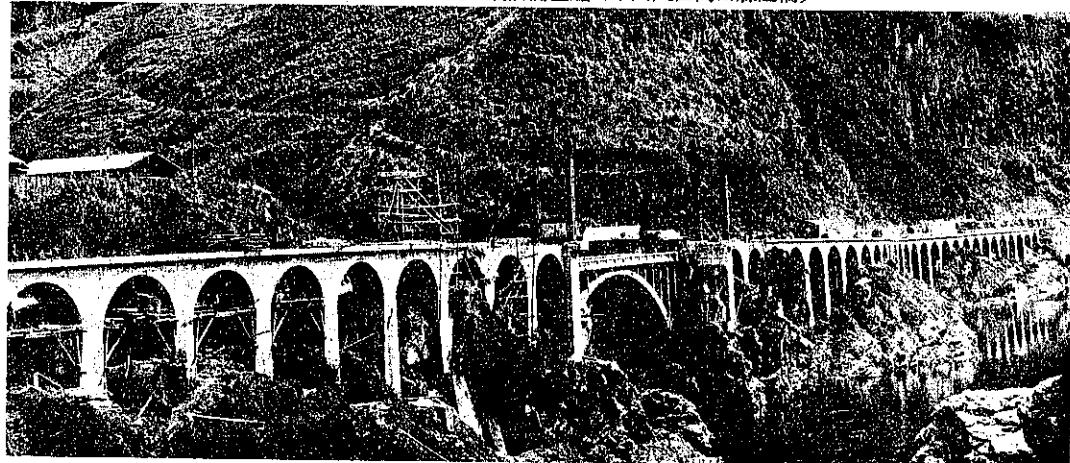


図-19. 起拱點側鉄錠据付

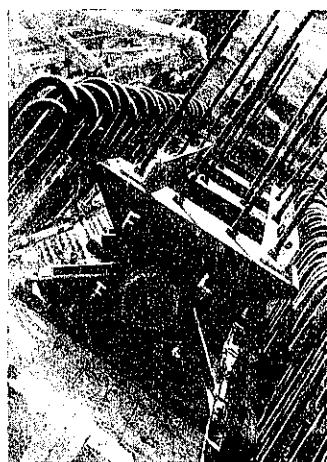


図-22. 假枊取付-2.

図-20. 第1吊索取付



図-21. 假枊取付-1.



図-23. 假枊取付-3.

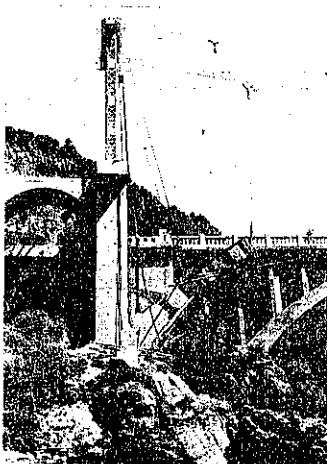


図-24. 中央拱脚組立

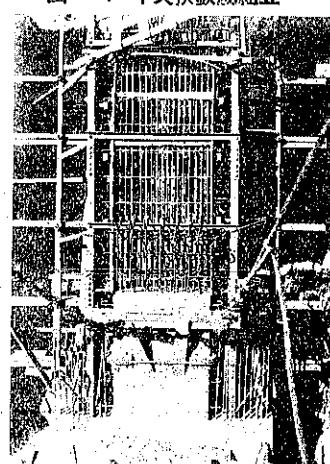
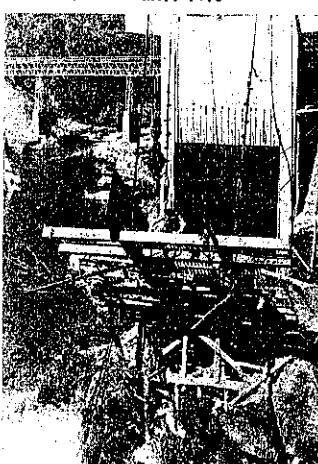


図-25. 中央拱施工

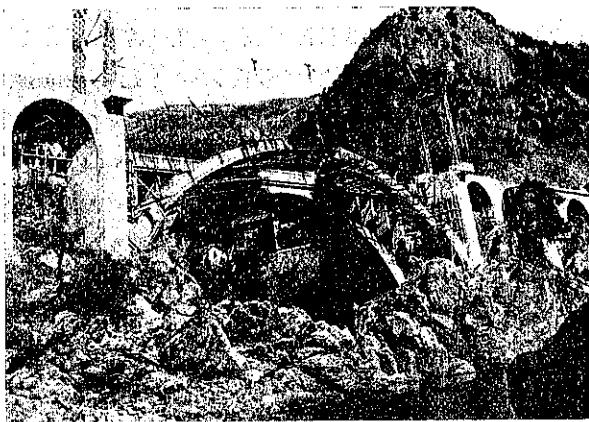


図-26. 最後の假枠送出

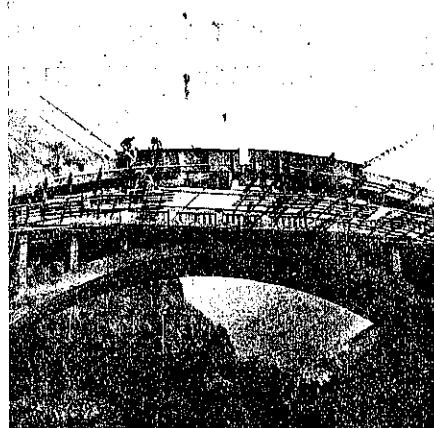


図-27. 中央拱施工-1.

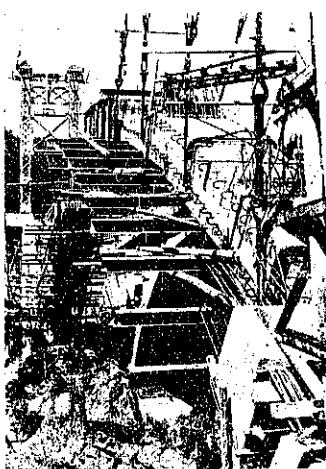


図-28. 拱頂鉄筋組立

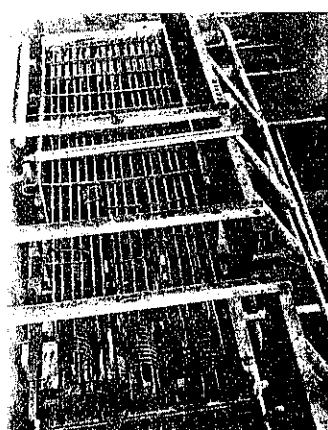


図-29. 兩側拱鉄筋組立

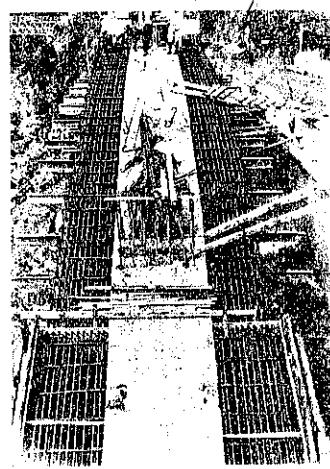


図-30 中央拱完成（三鉄拱）

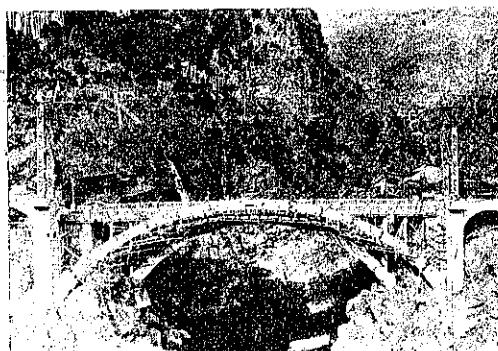
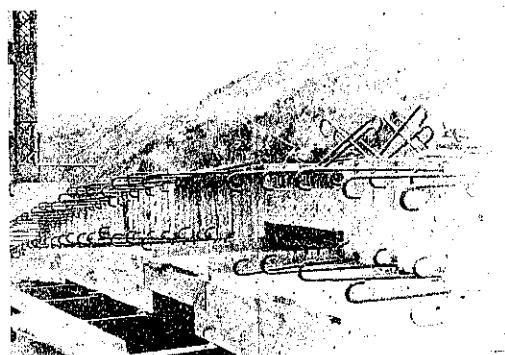


図-31. 拱頂鉄と兩側拱型枠組立



7. 工期及工費

本工事は特殊工事として前後の請負工事と分割施工する事としたが、人夫材料其の他の關係上直營工事として施工し、特殊作業以外は部分請負に附した。工事は直營及請負共殆んど同一人夫を使役するのと竣工期は軌道工事に束縛されなかつたので工事の工程は左程急がなかつた。着工は昭和 11. 7. 20、竣工は昭和 12. 3. 7 即ち工期約 8 ヶ月を要して居る。着手以來安全且順調に進捗し、事故も惹起せず、死傷者も皆無であつたのは幸であつた。

工費は本工事決算 30 104.105 円。即ち延長 1 m 當り約 630 円である。普通工法に依つた場合との比較は實施前の比較豫算に依る外はないが大約等いしか或は夫れ以下と考慮せられる。尙本施工法は更に検討をなして施工すれば、拱橋施工法の 1 つとして考慮すべき餘地を多々存するものと思惟し、諸彦の参考に資して擇筆する。

工事数量

工事種類	稱呼	数量	記事
根 拠	m ³	36.0	
拱 鉄 筋 コンクリート	"	170.8	鉄筋量 32.6 t
脚壁及床版コンクリート	"	192.8	鉄筋量 19.2 "
防 水 工	m ²	133.8	

主なる工事用機具及物品

種 別	數 量	種 別	數 量
鉄塔	1 組	仮桁假枠	1 組
電動ホイスト 20 H.P.	1 組	鋼索 径 40 mm	1 140 m
ウインチ	2 個	鋼索 上記以外	2 150 m.
トップギル	4 組	錆鉄錆	8 個
ターンバックル 径 65 mm	32 個	取付金物パッキング	10 組
バイブレーター (電動) N.K.S. $\frac{1}{6}$ H.P.	2 個		

工費 (30 104.105 円)

直營工事費 (8 516.910 円)

名 称	數 量	金 額	記 事
傭人給料	延人員	327 700	
旅費	延日數	190 750	
人夫賃	延人員	2 525 400	
電力設備費		184 000	
動力費		290 440	自昭和 11 年 9 月 至昭和 12 年 1 月
物品代		3 525 790	
鉄塔改良費		1 438 000	
備船費		34 830	

部分請負工事費 18516.040 円

工事種類	数量	単価	金額	記事
根掘	m ³	36.0	5200	151200
拱鉄筋コンクリート甲	〃	52.6	56200	2956120
〃乙	〃	44.6	66400	2961440
〃丙	〃	73.6	55000	4048000
サツマ網	個所	52.0	6300	327600
脚壁及床版コンクリート	m ³	192.8	40200	7750560
防水工	m ³	133.8	2400	321120

支給品 3071.155 円

{普通セメント 1750 袋 1677.835 円
 早強セメント 1366 袋 1398.320 円

本工事決算外

{鉄製假枠製作費 3200 円
 運送費(汽車輸送を除く) 約 450 円