

土木学会第1回年次学術講演會講演
 (橋梁及一般構造物之部 No. 18)

紀勢中線熊野川橋梁架桁工事に就て

(On the Erection of the Kumanogawa Railway Bridge, Kiseichu-Line.)

會員 高 原 芳 夫*

要 旨

本文は紀勢中線熊野川橋梁の架桁一般に就て述べ、就中支間 31.5m 上路鉸桁主桁片側吊上式架桁並に支間 62.4m, 下路構桁ベント・クレーン式 6 格間跳出し架桁に就てその架桁の計畫及實績を記述したものである。

1. 河 流 状 況

熊野川橋梁は熊野川の川口を距る約 2km の地點にあり、下路構桁支間 62.4m×2, 支間 46.8m×4, 上路鉸桁支間 31.5m×5 及支間 12.9m×1 合計 12 連にして、總径間 490.66m である(図-1)。

図-1. 熊 野 川 橋 梁 全 体 図

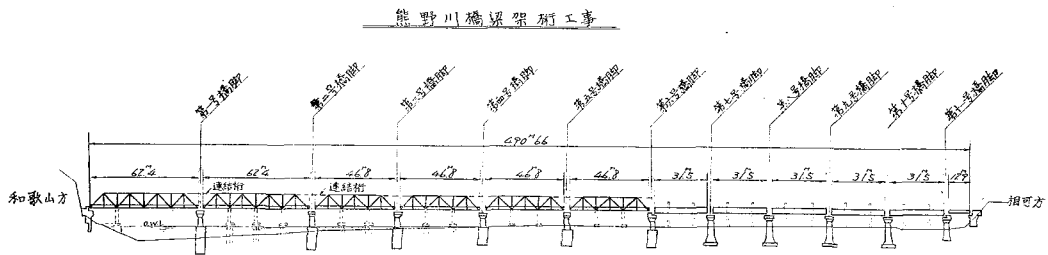
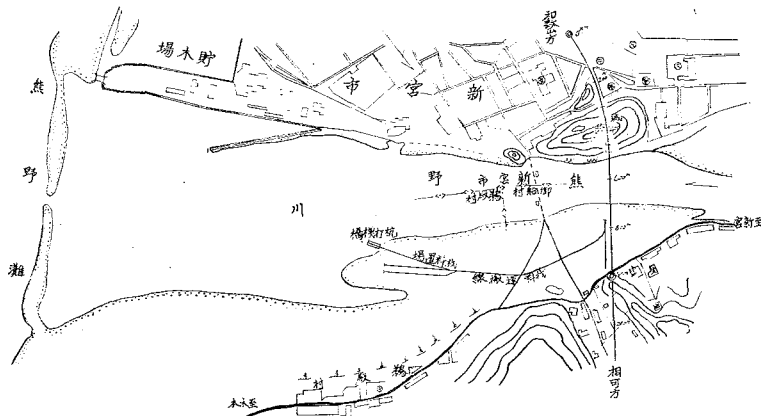


図-2. 熊 野 川 橋 梁 附 近 平 面 図



* 鉄道技師 工学士 鉄道省岐阜建設事務所勤務 (昭和 12 年 4 月 11 日講演)

由來熊野川は源を大峯山脈に發し上流を十津川、下流を熊野川（一名新宮川）と稱し、延長約 145 km、北山川を初め大小幾多の支流を合せ熊野灘に流入するものにして本邦有数の大河である。而してこの流域は雨量の大なる事及洪水量の大なる事本邦隨一にして、河口附近の流量實に 800 000 箇（明治 23 年記録）に達せし事ありと謂ふ。架桁地點附近は一帯の河原にして、わずかに新宮側に水路を残し、河口は流下する砂礫が熊野灘の荒浪に打上げられ顯著な突嘴を形成して河口を全く閉塞し、その時々流量により隨所突嘴を切破り流路を通ずる状態である（図-2）。水面勾配は上流 1/300、下流 1/1 000 にして、流速は平水時 0.7~1.0 m、洪水時 3.0~5.0 m である。

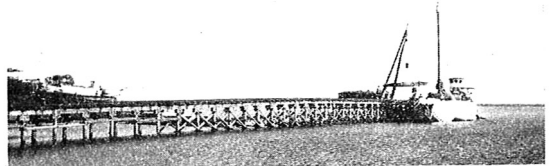
2. 部材運送計畫

熊野川橋梁を挟む紀勢中線は目下土工々事施行中にして部材は専ら海送に據る外ないが、川口の狀態が極めて不良な爲、船脚の浅い船を選び、吃水を浅くする必要がある。

3. 部材置場及荷役用假棧橋設備

部材置場は地形上堤外地に限定される爲、洪水の被害を蒙らず、荷役用假棧橋の築造も容易なる地點として、架桁地點から約 800 m 下流の地點を選定し、假棧橋は之より尙 200 m 下流に設備し、部材運搬はガソリン機關車を使用する事にした。假棧橋は延長 84.0 m で先端に踊場を設け、荷役用として木製二又クレーン(6t. 吊り)を設備し、15HP ガソリンホイストで操作する事にした（図-3）。

図-3. 荷役用假棧橋



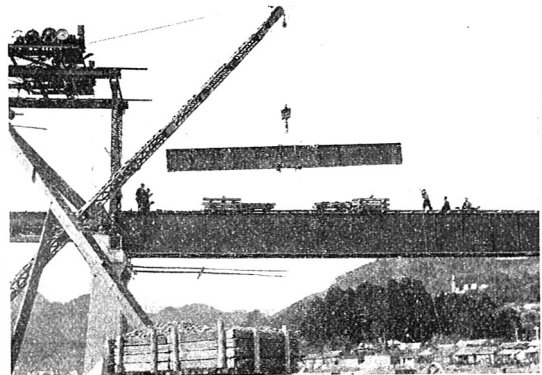
4. 架桁計畫

(1) **工事施行の方法及架桁時期** 工事施行の方法は以下述べる計畫に従ひ組立架桁を直營工事、鉸鉸、塗工を請負工事となし、架桁時期に就ては部材陸上げの關係等から軌道工事と切離し單獨に架桁工事を施行し、架桁計畫からして洪水期を絶対に避ける必要上、昭. 11. 11~昭. 12. 4 を工事期間とした。

(2) **流下木材に対する處置** 熊野川上流地方の大森林より伐出され、流下される木材は年産 1 000 000 石以上に達し、之等は皆筏に組まれ河口部の貯木場集る。之等筏の流下期時期は概ね濁水期にして、偶々架桁時期と遭遇する爲之が對策を講ぜねばならない。筏の通路は主として第 2 径間であるが、施行の關係上第 1 径間を以つて通路とし、これに必要な架桁法を講ずることとし、尙ベント基礎の上流側には適當な流木除けを設置することとした。

(3) **支間 12.9 m 上路鉸桁 1 連架桁方法** 支間 31.5 m 上路鉸桁 5 連 (No. 7~No. 11) 架桁後、No 7 上路鉸桁上にステイフレッククレーンを使用して組立、鉸鉸し、トローリーに受けて橋梁上を運搬し軌條桁を架渡して架桁する事とした（図-4）。

図-4. 支間 12.9 m 上路鉸桁組立



(4) **支間 31.5 m 上路鉸桁 5 連架桁方法** 前述の如く部材置場が堤外地に限定された爲、架桁方法としては先

づ主桁接合部にベントを建植しこれを足場として架桁する方法が考へられるが、之は各径間に2組宛のベントを建植する煩があり、且河流状況から成可く足場を避ける方針から所謂主桁片側吊上式架桁を考慮した。この方法は主桁を豫め河原上に片側宛組立、鉸接し、これを2本のボーズで吊上げ架桁後対傾構其他を取付け鉸接するもので、この方法は施工が簡単迅速にして、且つクレーン等を必要とせぬ爲、構桁の架桁と重複して施工し得て當架桁工事の最も重要な條件である工期の短縮を図り得るものと考へられる(図-5, 6, 7)。

(5) 構桁部材送出し設備 No. 6 橋脚附近にステイフレッグクレーンを設備し、No. 7 上路架桁上に踊場を設け材料線待避の設備をした(図-8)。クレーンはブームの長さ 27m にして電動 20HP、約 6t 吊りである(図-9, 10)。尙このクレーンはこれにより No. 6 径間構桁2格間(木ノ本側)及ポータブルクレーンを組立て(図-11)、且又前記踊場上に支間 12.9m 上路架桁をも組立てるものである。

図-5. 主桁片側吊上式架桁法

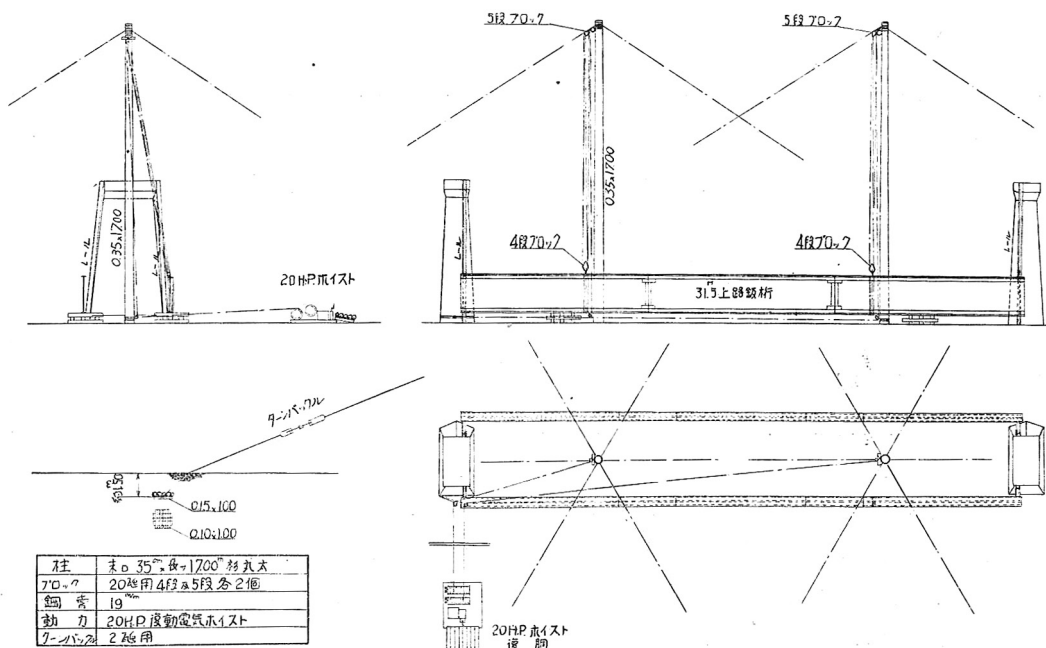


図-6. 主桁片側を吊上ぐ

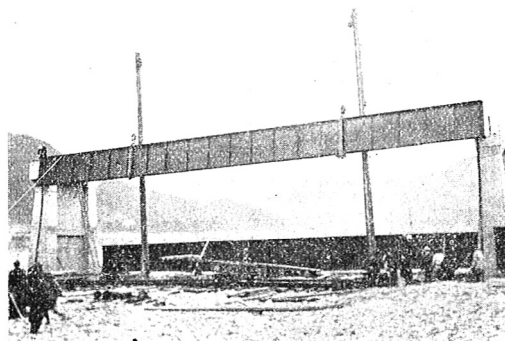


図-7. 主桁片側を沓に假据す

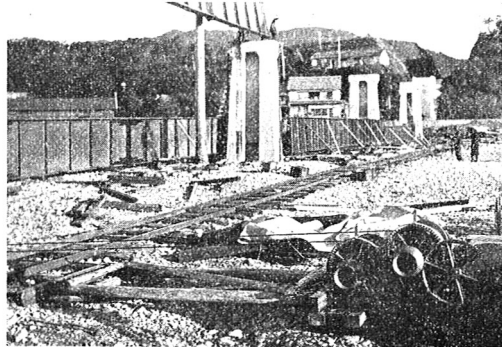


図-8. 部材送出し用待避線

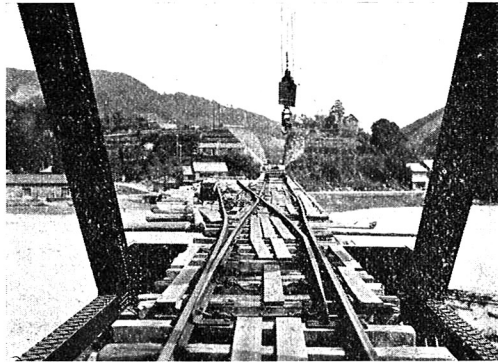


図-9. ベントクレーン式架桁法

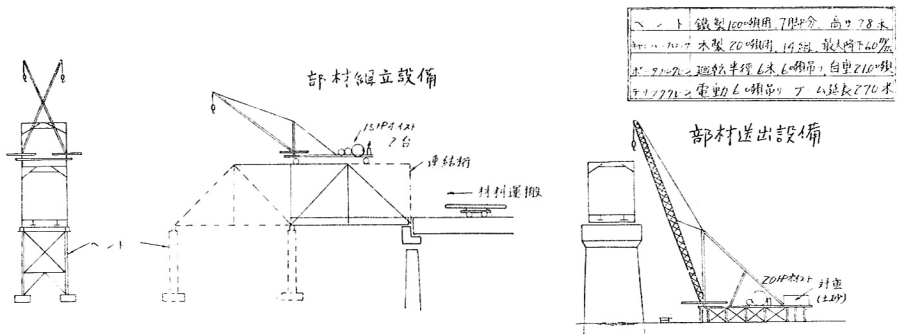


図-10. スティフレッククレーンに依る構桁組立

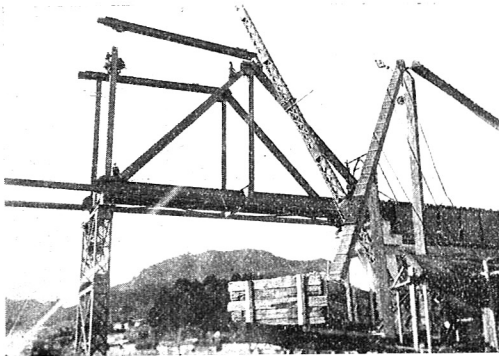
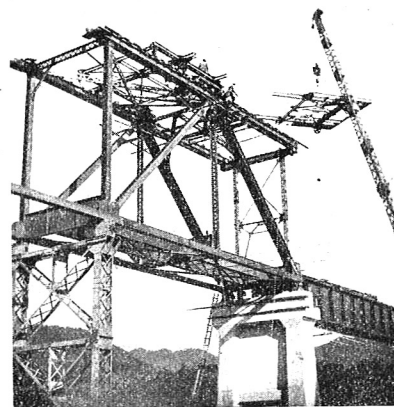


図-11. ポータブルクレーン組立



(6) 支間 46.8m 下路構桁 4 連及支間 62.4m 下路構桁 1 連 (No. 2 区間) 架桁方法

(1) ベントクレーン式架桁法： 上記構桁の架桁法としてはゴライアス等に依る方法が考へられるが、ベントが建植し得られる以上はベントクレーン式に依ることが経済的であり又施工が軽快、迅速である。これは構桁の 2 格間毎にベントを建植し、上弦材上にポータブルクレーンを移動前進せしめて組立を行ふものにして、クレーン移動の爲各構桁間は連結桁を以つて上弦材を連結するものである (図-9)。

(2) ベント及びベント基礎： ベントは鋼鉄製にして高さ7.8mのもの7組を使用し、ベント基礎は桁下の關係から適當な盤上げを必要とし、陸上ベント基礎 (No.5~No.6 径間) は枕木で圍ひ内に砂利を填充して上部に $1.0 \times 1.5 \times 0.6\text{m}$ の基礎コンクリートを打ち、水中ベント基礎 (No.2~No.4 径間) は末口 $0.1\text{m} \times$ 長さ 5.6m の圍杭を打ち、内に砂利を填充して盤上げをなし、末口 $0.15\text{m} \times$ 長さ 5.6m の基礎杭を打ち、杭頭に $1.0 \times 1.5 \times 0.6\text{m}$ の基礎コンクリートを施工するのである (圖-12, 13)。

(3) 連結桁改造： No.2~No.3 径間は支間 $46.8 \times 62.4\text{m}$ 構桁の架違ひにして桁の高さに 0.5m の相違ある爲從來の連結桁を改造し、下路構桁支間 $46.8 \times 46.8\text{m}$, $46.8 \times 62.4\text{m}$, $62.4 \times 62.4\text{m}$ の3様の架桁に整正し得るものとした (圖-14, 15)。

(7) 支間 62.4m 下路構桁1連 (No.1 径間) 架桁方法

(1) 6 格間跳出式架桁法： No.1 径間は筏及船舶等の通路に當る爲、當初計畫としては4 格間を跳出し、径間の中央にベント1基を建植するものとし、當水路は平水時の水深 7.0m に達する爲、ベント基礎は鉄矢板を打込み、内部に砂利を填充し、杭打基礎とする豫定であつたが、河底地盤調査の結果河底に大転石疊重し鉄矢板、基礎杭等を打込み得ざる事が判明した。従つて當初計畫を撤回しケーブルエレクトリオン等を考慮したが、No.1 径間のみに對しかゝる方法を行ふことは No.2 径間以下の架桁法と器具、材料等重複し、運送費は倍加し、一方架桁費の高上、工期の延伸等甚だ不經濟的である。之が爲ベントクレーン式を活用する意味で研究の結果、偶々6 格間を跳出す時は河岸にベントを建植して之を假受けし得る爲、この場合の各部材の応力、對重關係等を計算の結果、各部材は何れも補強を要せず ((2) 参照)、對重としては No.2 径間構桁のみで充分なることを知つた (圖-16)。

圖-12. 水中ベント基礎圖

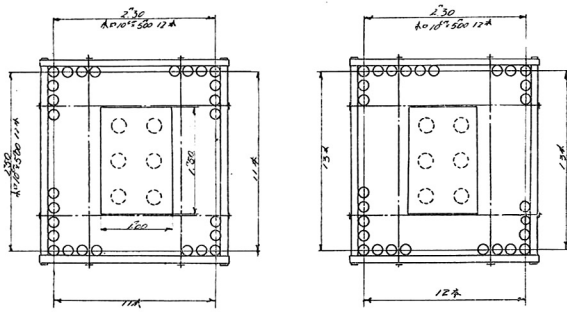
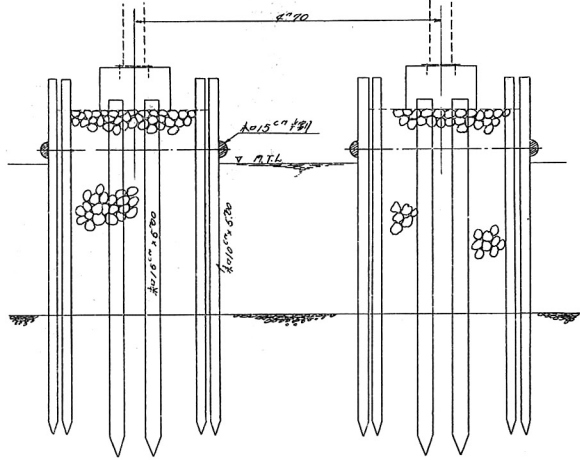


圖-13. ベント及ベント基礎

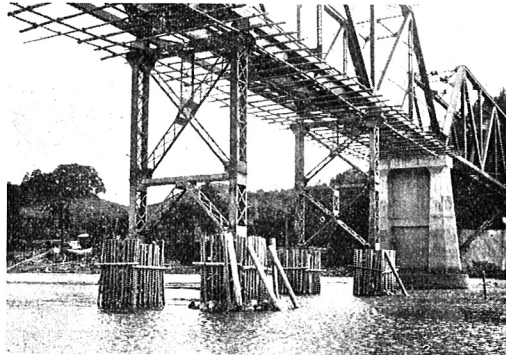
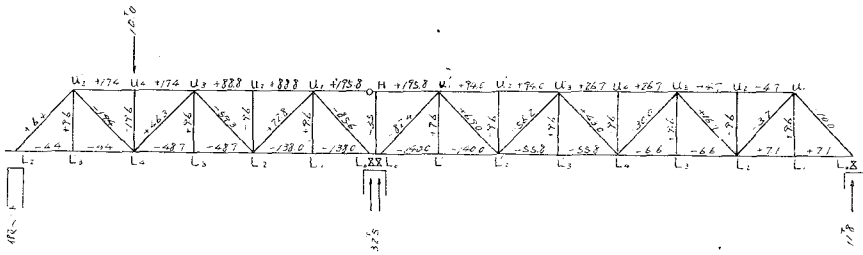


図-16. 跳出構及控構応力図



こゝに於て 6 格間を跳出して架桁することとし、これに必要な連結桁の設計を大臣官房研究所第 4 科に委嘱した。この方法は先づ控構 (No. 2 径間) の鉸接全部の完成を待つて施行するもので、跳出構は各格間に大なる応力がある為、格点をボルト及びピン等の緊結で組立てる事は反りの保持に對し不完全である為、自重又はポータブルクレーン等の加重により無理な変形を來さぬ部分毎に鉸接をなしつゝ架桁するものである。

(2) 応力吟味： 6 格間跳出した際の応力を橋梁設計応力と比較し補強の吟味を要するものは下弦材 ($L_1' \sim L_0'$) 部分のみであるが、下記の如く先づ補強の必要を認めない。

断面 $2\text{I} 380 \times 100 \times 10.5$, 断面積 $A = 139 \text{ cm}^2$
 軸圧力 $N = 140\,000 \text{ kg}$ 部材の長さ $l = 780 \text{ cm}$
 最小回転半径 $r_A = 14.44 \text{ cm}$, $r_B = 14.22 \text{ cm}$
 $l/r_B = 780/14.22 = 54.9$ $\therefore 40 < l/r_B < 100$

依て 許容圧応力 $\sigma_c = 1\,200 - 5l/r_B = 1\,200 - 5 \times 54.9 = 925 \text{ kg/cm}^2$

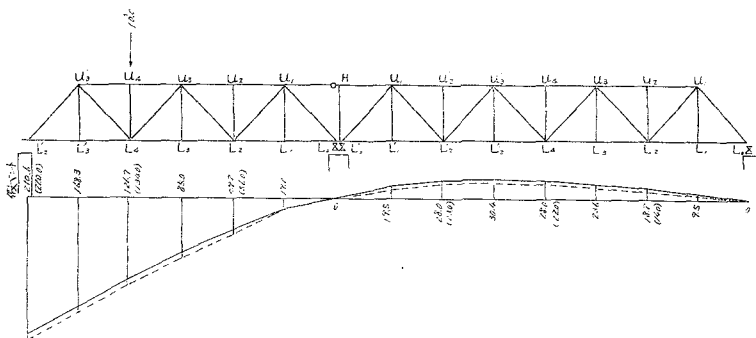
圧応力 $p = N/A = 140\,000/139 = 1\,000 \text{ kg/cm}^2$

即ち $\sigma_c < p$ なれどもエレクションストレスなれば安全率は充分である。

(3) 連結桁設計概要： 連結桁の設計は大略次の様である (図-19)。

a. 跳出構が 6 格間跳出した時の L_2' 點の撓度は約 210 mm (図-18) となるが、この時尚水平より 17 mm (L_2 點の反り) 丈揚越となる様 U_1 點を越してある。

図-18. 跳出構及控構撓度図



b. 連結桁は約 195t. の張力を受ける為、構桁との連結部は溝形鋼の内側に添接板を挿入し、この建込のためにエンドポストの覆板の一部にスロットを切つてある (図-20)。

図-17.

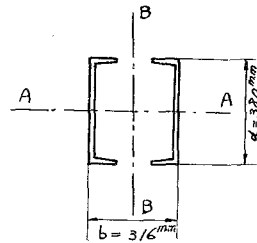


図-19. 跳出用連結桁設計図

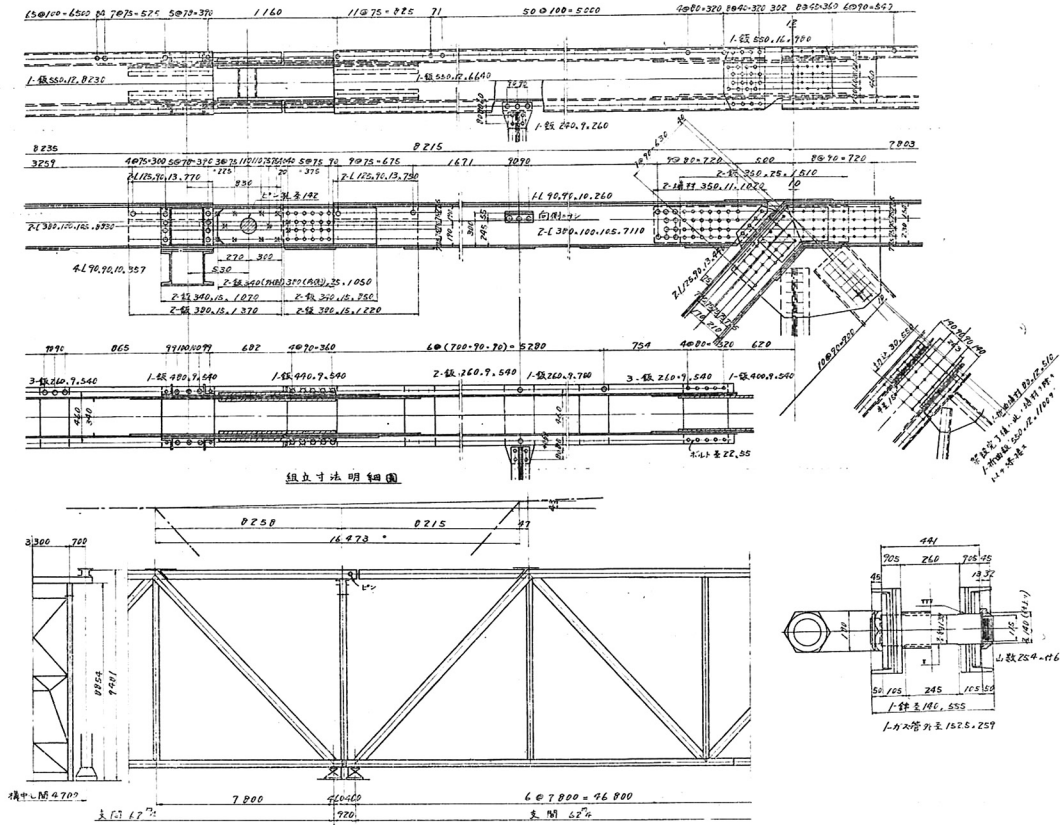
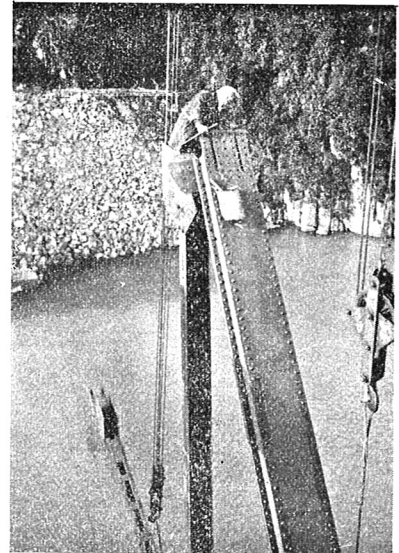


図-20. エンドポスト上端のスロット



- c. 控構と跳出構との下部連結の爲、鉄製バックリングを設計し、これにより兩桁間の中心間隔(920mm)を正確に保持せしめて居る。
- d. 跳出構組立中の横荷重に對しては横綾構、橋門構にて受けるものとす。
- e. 連結桁取外しは L_0' 點迄全部鉸鎖を終つた後、橋臺上にて L_0' 點を約 270mm 扨上し(この時片側の重量約 40t)連結桁を無応力の状態として後之を取外すもので、尙扨上の際連結桁に曲げモーメントを與へない様桁にピンを挿入してある。

5. 部材運送状況

部材運送噸數は約 874t. にして之を大阪, 神戸より海送とし, 60t. 程度の補助帆船を使用した。川口極めて不良の爲運送船は凡て附近勝浦港に 3~7 日の潮待ちを餘儀なくされたが、幸ひ運送は順調に進行し陸上能力は 1 日 60~80t であつた。

6. 架 桁 状 況

(1) 支間 31.5m 上路架桁 5 連架桁状況 計畫の項に述べた如く所謂主桁片側吊上式にして、先づ末口 0.35m × 長さ 17.0m の杉丸太を線路中心線上にて主桁に最小曲げモーメントを與へる點に建て頂部に各々 4 本の虎綱 (直径 12mm 鋼索) を張る。主桁片側 (重量約 22.5t) を吊上げた時虎綱の張力は約 2t にして、この碇着装置は河原を約 1.5m 掘下げ末口 0.1m × 長さ 1.0m の杉丸太を組合せて埋込み砂利を埋戻したもにして、河原上所定の位置に豫め設備した。尚ボーズの傾斜を調整する爲虎綱に 2t 用 ターンバックルを附けた。吊上用鋼索は直径 19mm にして之を 4-5 のブロックを通してボーズの根元及び橋脚に臺付けを取り 20HP 複胴ホイストに巻取るものである。この臺付けの取り方はホイストの位置もり換へを 2 径間宛利用する爲である。尚主桁は橋脚を擦つて吊上げられる爲、主桁と橋脚との間にガイドレールを當飼つた (図-5, 6, 7)。架桁は頗る順調に進行し主桁片側の吊上げは平均 1 時間位にして、兩側を吊上げ對傾構等を假締めする迄に半日で充分であつた。たゞボーズのり換へに約 2 日間を要したので結局 1 連の架桁平均 2 日半であつた。

(2) 支間 46.8m 下路構桁 4 連及支間 62.4m 下路構桁 1 連 (No. 2 径間) 架桁状況 上記 5 連の構桁はベントクレーン式にて架桁したるものにて、先づ部材送出し用クレーンにてベント 1 組及 No. 6 径間構桁 2 格間 (木ノ本側) を組立て、この上弦材上にポータブルクレーンを組立てた。ポータブルクレーンは長さ 10.5m のブーム 2 本を有し、約 6t 吊りにして、電動ホイスト (15HP 複胴 2 臺) により操作され、重量は約 21t である (図-21)。最大部材を吊つた場合の反力は前端ジャッキ約 10t、後輪約 5t なれど上記 5 連の組立には連結桁を取外す爲クレーンの後部に木製クレーンを設備した爲重量約 25t となつた (図-24)。クレーン組立後は図-25 及 26 に示す順序で進行したが天候極めて不良にして、洪水の爲ベント基礎に相當の被害を蒙り又暴風の爲工事を中止する等種々自然の脅威を受けたが幸ひ異常なく架桁を終了し得た。構桁 5 連を通じてベント基礎は殆ど沈下せずベント及キャンパブロック (松材) の圧縮により平均約 50mm の沈下を示した (表-1)。

(3) 支間 62.4m 下路構桁 1 連 (No. 1 径間) 架桁状況 先づポータブルクレーンより連結桁取外しに使用した木製クレーンを取下して荷重を調整し、控構の鉸鉸の完成を待つて組立を初めた。連結桁と格點 U_1 との連結

図-22. エンドポスト建込

図-21. 斜材建込

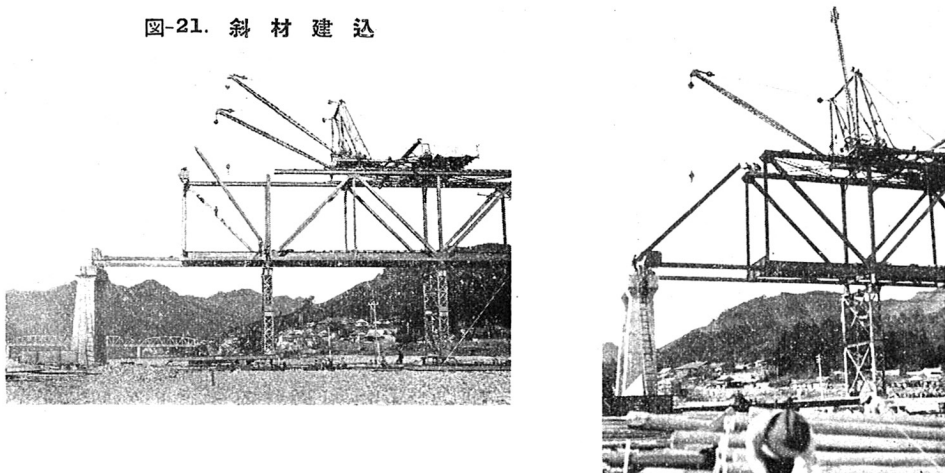


図-23. 連結桁建込

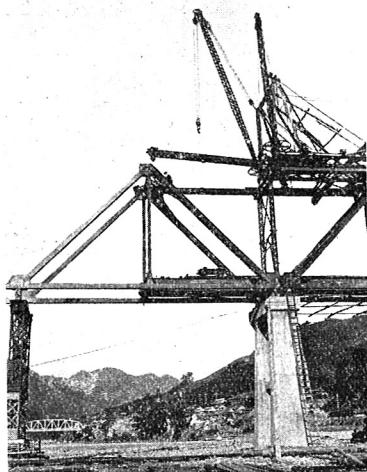


図-24. 連結桁取外し

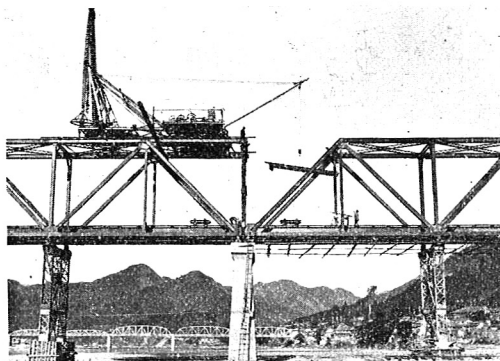
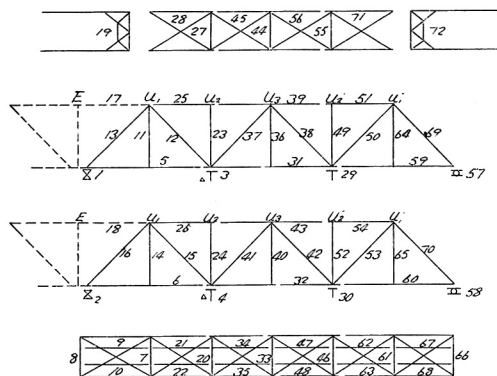


図-25. 支間 46.8m 下路構桁組立順序

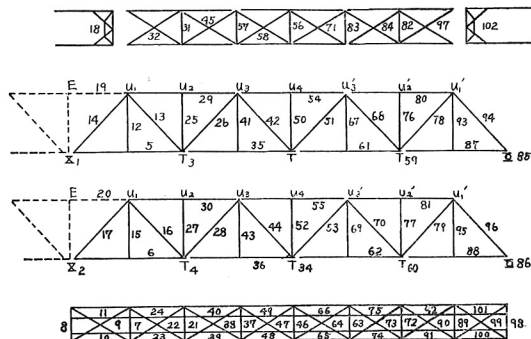
150'組立順序並日数



年月日	作業位置	組立部材	天候	記事
12.2.15	E	1-16	晴時々曇	△印予備結束
16	"	17-19	晴	無風
17	U ₁	20-28	晴	"
17	U ₂	29-37	晴	風速2.5
18	"	38-45	晴	" 4.0
18	U ₃	46-48	晴	"
19	"	49-56	晴	無風
19	U ₄	57-63	晴	"
20	"	64-72	晴	"

図-26. 支間 62.4m 下路構桁組立順序

200'組立順序並日数

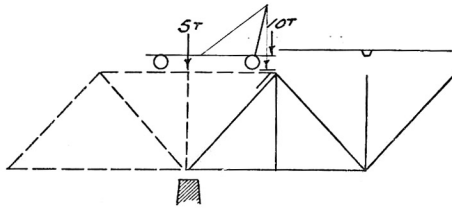


年月日	作業位置	組立部材	天候	記事
12.2.24	E	1-11	曇後雨	無風
25	E	12-20	"	"
26	U ₁	21-32	晴	"
27	U ₂	33-40	晴午後雨	"
28	U ₃	41-45	晴	"
28	U ₄	46-58	晴	"
3.1	U ₅	59-61	曇後雨	"
2	U ₆	62-71	曇午後雨	"
3	U ₇	72-75	晴	"
3	"	76-78	晴曇風雨	風速13.0
4	"	83-84	晴	" 20.0
4	U ₈	85-96	晴	"
5	"	基爪付中止	晴	風速22.0
6	U ₉	97	曇	"
6	U ₁₀	98-102	曇	"

表-1. 格点沈下表

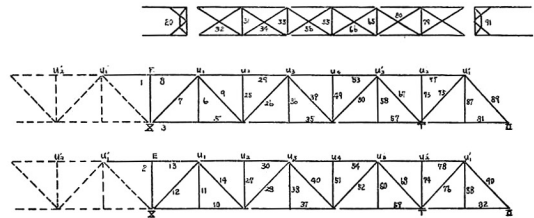
種 類	No. 4 支間 46.8m 下 路 構 桁		No. 2 支間 62.4m 下 路 構 桁		
	L ₂ (mm)	L _{2'} (mm)	L ₂ (mm)	L ₄ (mm)	L _{2'} (mm)
キヤンバー揚	68	80	78	84	86
キヤンバー	25	28	27	39	30
假ベント沈	13	13	19	25	19
キヤンバー整	0	5	6	9	9
取外した結果					

図-27.



は図-27 に示す如く斜材 L_2U_3 の跳出し迄は連結桁とエンドポストのみで支へ、上弦材 U_1U_3 を入れて初めて連結部を完成するものである。かくて図-28 に示す順序で組立を進行し、1 日の組立部分は直ちに夜業で鉸接を行つたが、組立 7 日間の内最も懸念した風もなく無風快晴の天候に恵まれ非常に順調な進行を示した。組立中の横荷重は横綾構及橋門構で受けるが尙安全の爲、組立の先端から虎網を張立てた。各格點は大なる応力を受ける爲、鉸接に際し温度が完全に冷却せぬ鉄に応力を與へざる様製罐工によく了解せしめ且監督を嚴重にした。格點 L_2' に於ける揚越はベント及キャンパブロックの沈下を 50mm と想定し之に反り 17mm を加へて 67mm としたが、跳出構の撓度は図-18 の如く殆ど計算と一致し些かの不安もなくこれを假受し得た(図-32)。かくて残りの 2 格間の組立を終了後鉸接の完成を待つて L_2' 點を約 260mm 扞上して連結桁を無応力としこれを取外した、次いでボーズに依りポータブルクレーンを解体取下しこゝに架桁工事を完成したのである(図-33)。

図-28. 跳出構組立順序



年月日	工区位置	組立部材	天候	記事
16.6.14	U4	1~4	只朝も曇れ	
17	E	5~9	只朝も曇れ	
18	E	10~20	小 雨	
19	U4	21~22	曇 天	
20	U4	23~24	晴 天	
	U4	25~26		
21	U4	27~28	.	
	U4	29~30		
22	U4	31~32	.	
	U4	33~34		
23	U4	35~36	.	
	U4	37~38		

図-29. 斜材 L_2U_3 の建込

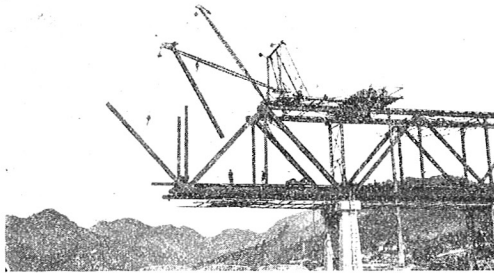


図-30. 上弦材 U_1U_3 の建込

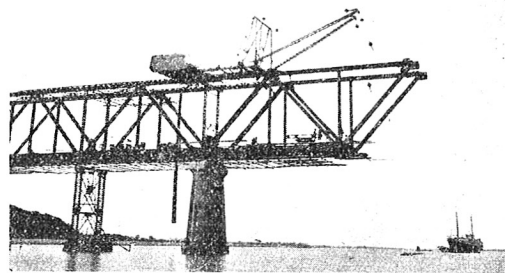


図-31. 5 格間を跳出す

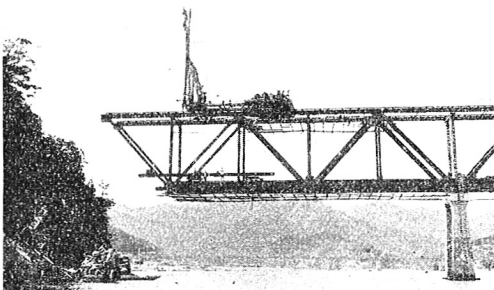
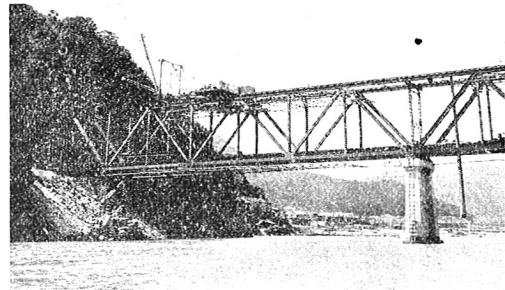


図-32. 6 格間跳出し假ベントに達す



7. 結 論

本工事は昭 12.5.3 に竣工したもので目下原價計算等の整理中なれば本架桁法に就て批判することは尙早であるが、主桁片側吊上式は誠に作業簡捷にして、流水等無く河原上に桁を組立て得るものには、鉸桁の一架桁法として推奨し得るものと考へられる。構桁架桁に對しベントクレーン式が輕快、迅速なることは多言を要せぬが、ベント基礎並に建込みが組立に對しより多くの日數、費用を要する點から見て、支間 62.4m 構桁等の架桁に於てベントの建込を 2 格間毎にするか 4 格間毎にするかは反りの保持と關聯して深く研究すべきであらう。6 格間跳出式は假ベントの揚越し、反りの保持等に對し尙多くの研究を要するが、天候に恵まれしとは言へ順調に架桁し得た結果より見て、本橋梁の如き状態のものに對しては誠に適切な架桁法であつたと考へるものである。本工事中の事故としては昭. 11. 12. 25 運送船正寶丸が激浪に打上げられ川口に坐礁し、船は原形を留めず破壊したが、幸ひ積荷は全部取出すことを得た(圖-34)。尙昭. 12. 2. 2. 及 3. 2. には 2.5m 前後の洪水ありベント基礎其の他に相當の被害を受けたが橋梁には何等の異常がなかつた(圖-35, 36)。職工、人夫に就ては 1 人の負傷者もなく、極めて順調に工事の終了したことに對し、現場従事員の非常なる緊張、努力を多とするものである。

圖-33. ポータブルクレーン解体、取下し

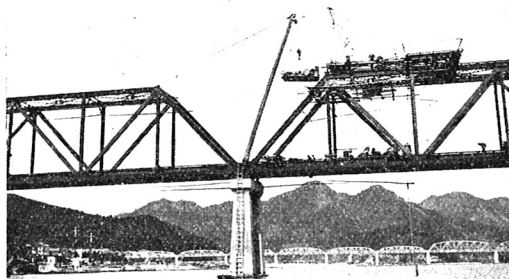


圖-34. 運送船正寶丸川口に坐礁す



圖-35. 昭. 12. 3. 2. の出水

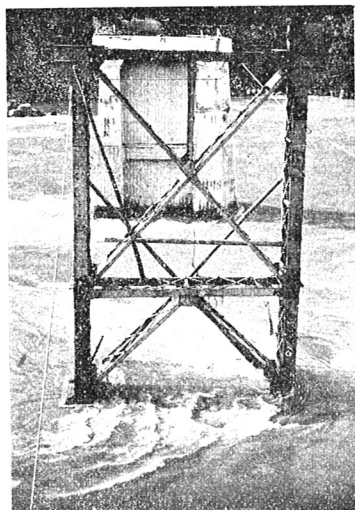


圖-36. 昭. 12. 3. 2. の洪水に依るベント基礎の被害

