

## 湯田ダム建設にともなう各種 PC 橋 (その 1・道路橋)

岩 間 吉 郎\*

湯田ダム建設にともない水没する交通網の付替延長は鉄道が 15 km, 道路は 29 km におよんでいる。

その付替道路工事において, かけかえする橋梁が国道 5 橋, 県道 2 橋, 村道 6 橋で現在までに国道, 県道橋 2 橋が竣工しており, すでに架設している県道 岩滑橋, 国道 大石橋, 無地内橋 3 橋は地形地質等より経済性を考慮し, 比較検討して PC 橋に決定し, 架設したものである。これらの橋梁の設計施工概要は次のごとくである。

### 1. 岩 滑 橋

施 工 主 : 建設省東北地方建設局湯田ダム工事々務所  
施 工 業 者 : 呉造船 KK

工 事 名 : 県道大石停車場線 岩滑橋上部工架設工事

工 期 : 着手 昭和 34 年 8 月 竣工 昭和 34 年 12 月

型 式 : プレストレス活荷重合成桁橋

等 級 : 2 等橋, 支間 : 30 m, 桁長 : 30.70 m

橋 長 : 30.85 m, 有効巾員 : 4 m

荷 重 : 活荷重 T-20 L-20, 雪荷重 : 100 kg/m<sup>2</sup>,  
高欄 30 kg/m (片側), 衝撃  $i=20/50+L$ ,  
床版厚 18 cm, 舗装厚 5 cm

材料品質 : 主桁 鋼材 SS 41, シュー SC 46, 鋼棒桁  
1 本当り 24 mm  $\phi$ -6 本, コンクリート

$$\sigma_{28} = 240 \text{ kg/cm}^2, \frac{\sigma_{28}}{4} = 60 \text{ kg/cm}^2, \text{鉄筋}$$

$$\sigma_{1a} = 1300 \text{ kg/cm}^2$$

図-1 岩滑橋側面図

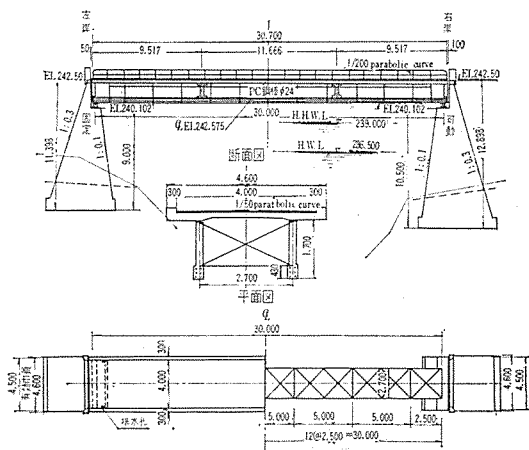


写真-1 岩滑橋完成写真

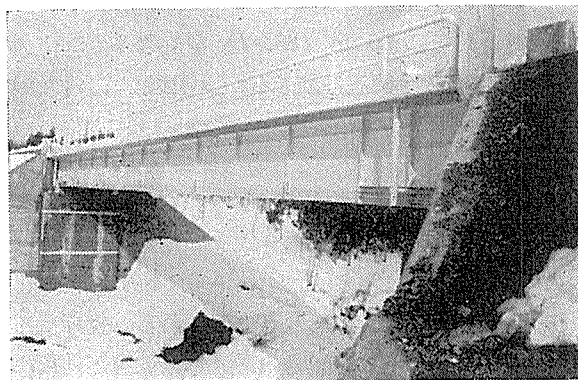
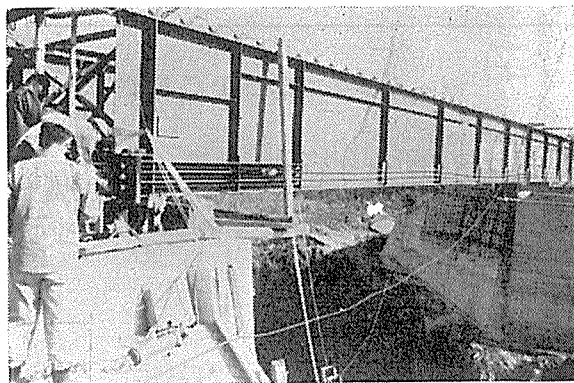


写真-2 岩滑橋架設後の PC 鋼棒の配列



総 鋼 重 : 25.7 t 工費 541 万円 (44 000 円/m<sup>2</sup>)

#### (1) 設計概要

本橋は一般図のごとく 2 本の主桁よりなり, 各主桁の下端に高張力鋼棒でプレストレス力を与えた活荷重合成桁である。プレストレス (PS と略称) 導入を最初に行ない, 次に床版コンクリートを打つわけである。PS 導入には住友電気工業 KK の高張力鋼棒を使用し各桁に  $\phi 24$  の鋼棒 6 本で 70 t の PS 力を与えた。主桁は SS 41 の鋼材を用い腹板高 1.7 m, 板厚 9 mm, 両端で厚 12 mm とし, 補剛材は両支点垂直補剛材で板厚 14 mm, 中間で 8 mm 間隔 1.25 m に配列し, 水平補剛材は主として腹板の片側に配置した。対傾構は間隔 5 m 横構は間隔 2.5 m にし平行ワーレンにした。座屈の安全については DIN 4114 の規定を準用して PS 導入時 1.2, 最終状態 1.5 の安全率をもたせた。PC 鋼棒は 1 本の長さ 10 m をカップラーで継ぎ所要の長さとし, 垂直補剛材の下部で両支点側を円形に中間部を細長く孔抜きし, その中に鋼棒

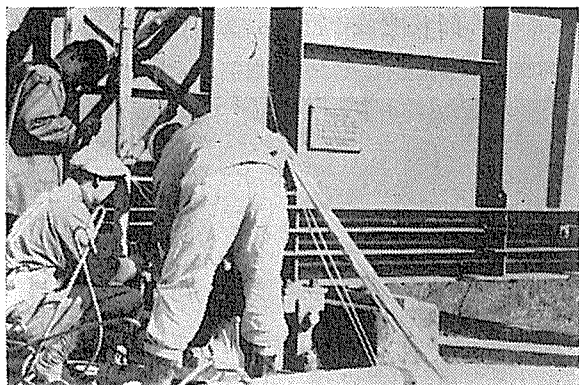
\* 建設省東北地方建設局湯田ダム工事々務所

を両側3本ずつ対称に6本配列し取りつけた。PC鋼棒の定着部は板厚50mmのアンカープレートを両桁端に溶接しそれに板厚12mmの強力な水平補剛材を腹板高の1.5倍にわたる区間に鋼棒をはさんで3本配列した。導入後は定着部においてダブルナットで締めその上をカバーボックスでおおい、その中にモルタルを注入し定着を完全にした。ジベルは板厚14mmの板をU字型にしたものにφ13の合成鉄筋を輪型として溶接したものをを用いた。シューは鋳鋼製SC46のロッカーシューを用いており桁との取り付けは、伸縮に対する抵抗が少なく、橋軸直角方向の水平荷重に対して抵抗の大きい構造とした。

(2) 施工および架設

この種の橋台では、PS導入の際、ジャッキの取り付け、定着作業等の関係よりパラペットのコンクリートはPS導入後打設しなければならない。桁は現場搬入後、現場継手箇所を陸上にて釘打し、その後PC鋼棒にカップラーを取りつけ桁の両側に3本ずつ配列した。次に架設方法はケーブルエレクションにて架設を行なった。両岸に高さ9mの二また柱を立て、キャリアーケーブルには50mmワイヤーを使用した。荷重が小さいので、アンカーをアースアンカーとした。横行索は、φ19

写真-3 岩滑橋プレストレス導入作業

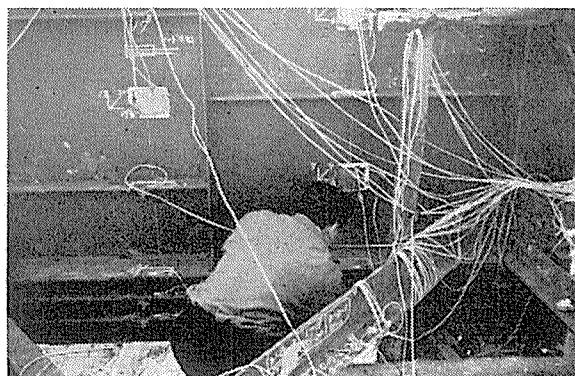


mmを使用し桁下には引出用コロ台を置き、キャリアー(6t)1組とウインチ(30HP)で徐々に引出し架け渡した。主桁架設後、対傾構および横構を組立ボルトで仮組立をし、鉸鉸は対傾構のみとし、横構はPS導入のさい2本の桁を一度に導入することができない。ゆえにPSによるねじれを避けるためPS導入後鉸鉸することにした。

**PS導入による応力の現地測定** 応力測定のための主桁に導入されたPS力の確認、鋼桁の応力、たわみ、および鋼棒の応力等を測定し、この種PS桁の設計施工上の諸資料をうることである。

測定は、測定箇所を桁両端0.5h、1.0h(hは腹板高)の点と中央点の3カ所および鋼棒、対傾構等54点

写真-4 応力測定時、橋端部測定点(0.5h,1.0h位置)ストレインゲージ取付作業



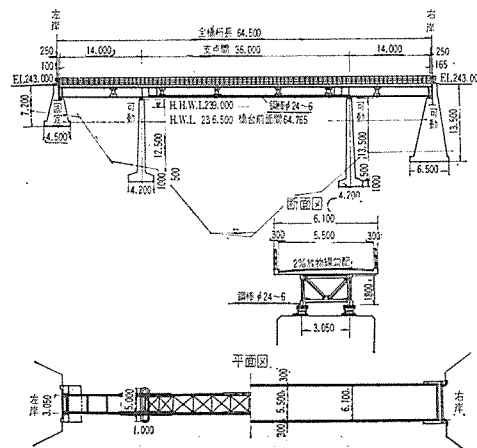
に設け、応力は電気抵抗線ひずみ計にて測定した。導入方法は、最初キャリブレーションされたジャッキ(センターホール型)を左右岸に1台ずつ置き、PC鋼棒6本のうち2本ずつ3回に分けて2本の桁を交互にPS力を与えた。導入量は始めに導入されたPS力は後から導入されるPS力により弛緩するので、弛緩率を前もって計算し、それにリラクセーション10%を見込んで桁1本あたり導入量は第1回目14.4t×2、第2回目13.6t×2、第3回目12.8t×2を導入した。導入量の確認は、ジャッキのマノメーターとPC鋼棒の伸びによって行なった。桁中央部におけるたわみ、応力等の測定結果は、計算値と大体同じ値となった。詳細はあまり長くなるので省略する。

2. 大石橋

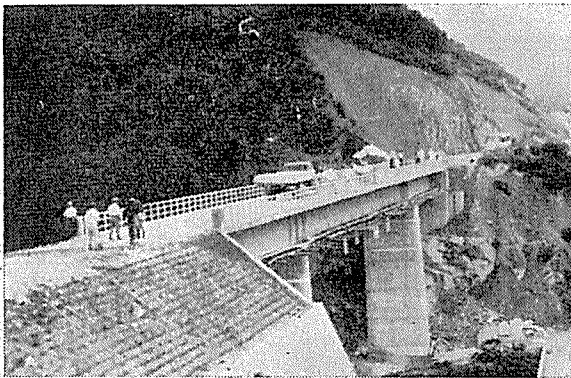
施工主：建設省東北地方建設局湯田ダム工事々務所  
 施工業者：川田工業KK

工事名：国道107号線 上部工架設工事  
 工期：着手 昭和34年12月、竣工 昭和35年9月  
 型式：プレストレス連続合成鋼板桁橋  
 等級：1等橋、支間：14m+36m+14m 3径間  
 橋長：64.765m 桁長64.50m、有効巾員：5.50m

図-2 大石橋側面図



写真一 大石橋完成後の動的実験



床 版：18 cm 舗装：5 cm  
 荷 重：活荷重 T-20 L-20, 雪荷重 100 kg/m<sup>2</sup>, 高欄 150 kg/m (ガス管) 衝撃係数  $i=20/50+l$   
 材料品質：主桁 鋼材 SS 41, シュー SC 46 高張力鋼棒 桁 1 本当り 24 mm  $\phi$ -6 本, コンクリート  
 $\sigma_{28} = 280 \text{ kg/cm}^2 \quad \frac{\sigma_{28}}{4} = 70 \text{ kg/cm}^2$   
 鋼 重：60.4 t 工費：1 383 万円 (3 900 円/m<sup>2</sup>)

(1) 設計概要

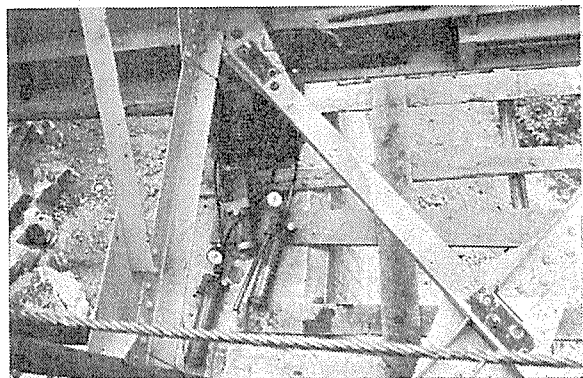
本橋は一般図のごとく 3 径間連続桁橋で、側径間 14 m 中央径間 36 m になっており、その中央径間の正のモーメント区間  $l=26 \text{ m}$  を合成し、主桁の下端に高張力鋼棒で、プレストレス力を与えた活荷重合成桁橋である。他の側径間は合成しない区間である。P S 導入には、岩滑橋と同様に住友電気工業 K K の高張力鋼棒を使用し、各桁に  $\phi 24$  の鋼棒 6 本で、 $404.6 \text{ mm}^2/1 \text{ 本} \times 6 \times 45 \text{ kg} = 109 \text{ t}$  の P S 力を与えた。主桁は腹板高 1.8 m で、両側径間は腹板厚 9 mm, 中央径間の鋼棒定着部のみ一部区間を板厚 14 mm の強固なものを用いた。垂直補剛材は板厚をそれぞれ 14 mm, 18 mm 間隔 1.85 m (側径間) と、間隔 1.33~1.61 m (中央径間) に配列した。水平補剛材は、側径間では主として腹板の上側に、中央径間では下側と中央部に 2 本配置し、対傾構は側径間 3.7 m, 中央径間 3.22 m の間隔とし、横構は中央径間のみを用いた。P C 鋼棒の取り付けは、1 本の長さ 10 m を標準にして、カップラーで継ぎ所定の長さとし、補剛材の下部に、細長く孔抜きし、その中を 3 本づつ対称に 6 本配列した。鋼棒の定着部は両橋脚支点上より、1.33 m の位置に板厚 70 mm のアンカー プレートを、腹板下端に溶接で取り付け、板厚 14 mm 22 mm の強力な水平補剛材を定着部から長さ 1.33 m にわたり鋼棒をはさんで 2 本配置した。導入後は定着部においてナットで締めつけるのみとした。また P C 鋼棒には活荷重による震動でおこる応力減少をなるべく少なくするため、間隔約 3.2 m, フ

ェノリック ラバー (ゴム板 210×10×250) を取り付けた。シベルは板厚 14 mm, 馬蹄形と鉄筋を併用したものをを用いて合成させた。可動端シューは鋳鋼製 SC 46 のローラーを用いた。主桁の P S 力による座屈の安全は DIN 4114 の規定にしたがって検討した。特にこの橋梁が連続桁になっているので、活荷重による負の反力が兩岸の橋台支점에働らくので、橋端部の支点对傾構に補剛と増重をかねてコンクリート壁を作った。また橋脚上の床版には目地を設け、目地には  $\phi 22 \text{ mm} \times 700$  スリップバーを 1 本ごとに異なる方向の端に取り付け、間隔 30 cm に配列し、また、中央径間の非合成と合成の境界には、舗装コンクリートのきれつを防止するために盲目地を設けた。

(2) 架設および施工

架設方法は兩岸に高さ 11.0 m の鉄塔を建て、ケーブル エレクション法を採用した。主桁架設後、対傾構および構を組立ボルトで仮組立をし、鉸鉸は対傾構のみとし、その後主桁に鋼棒を配置して P S 力を導入し、導入後横桁の鉸打を行なった。床版コンクリート打設の順序は、連続桁のため兩岸橋台上のカウンター ウェイトとなるコンクリート壁を最初に打ち、第二に中央径間の合成区間を打設、第三に両側径間を、最後に橋脚上から合成と非合成の境界まで 5 m 間を打設し 床版を完了した。舗装は一方向から打設を行なった。

写真一 橋脚上付近の鋼棒定着部プレストレス導入時



(3) 実験概要

実験は P S 力を与えたときと、完成後の載荷試験と、2 回に分けて行なわれた。最初の P S 力を与えたときの桁応力の実測は、上流側桁の 6 断面および 3 鋼棒について行なわれ、完成後の載荷試験は 5 t 積トラックにセメントを積み、全重量 8.89 t として載荷した。7 断面について、床版、および鋼桁の応力測定を目的とした静的実験と、上記荷重車を走行させ、速度を 10~40 km/h にかえ、その動的効果を、側径間中央、橋脚上、中央径間中央の下突縁応力を求めることを目的とする動的実験の 2 種について行なった。導入方法は岩滑橋と同様、左右

岸にジャッキを1台ずつおき、PC鋼棒6本のうち、2本ずつ3回に分けてPS力を導入した。鋼棒に導入する緊張応力度の大きさは、最終状態で45 kg/mm<sup>2</sup>である。リラクセーションを5%と見て、PS力導入直後の応力度は48 kg/mm<sup>2</sup>である。また各回の緊張力は、弛緩率を考慮に入れて、

1本当たり

- ① 50.6 kg/mm<sup>2</sup> / 20.47 t
- ② 49.3 kg/mm<sup>2</sup> / 19.95 t
- ③ 48 kg/mm<sup>2</sup> / 19.42 t

を与え、鋼棒の伸びは、カップラーのゆるみを1個あたり1 mmとし、ネジのゆるみは0.5 mmとし、最終状態でカップラー6個ネジ2個より合計7 mm、これと弾性伸びにより、1,2,3回の鋼棒の伸びを(80.7) (78.6) (76.5)と値を確認してPS力を与えた。測定結果は鋼棒に導入された応力は、かなり正確に応力が導入されているようで、他の桁にPSを加えたときの測定桁に対する影響は、比較的小さいようである。桁の応力は実験誤差を考えれば、大体期待値どおり導入されたと思われる。鋼棒定着部の応力分布について、特に定着部付近に大きな応力の乱れは見られないが、PC鋼棒の応力を受ける座金とウェブの結合部付近には応力の集中が見られる。鋼棒応力は水平補剛材全長を通して、一様にウェブに導入されるのではなく、この座金とウェブ溶接部とその近辺の水平補剛材を通してウェブに導入されるものと思われる。載荷実験による応力は、一般的にいて測定値が比較的小さく、また他の種の原因による誤差の影響が入りやすかったようである。動的試験の結果によると側径間中央の測定点では、荷重車が側径間と、中央径間にあるときが、かなり大きい応力に達するように思われる。また支点上の測定点は、荷重車が中央径間にあるときに大きな応力を生じた。また速度が20 km/hと200 km/h付近で振動応力が特に大きくなる。これをオシロペーパー上の記録でみると、この速度で荷重車が走行した場合、桁の固有振動周期による振動の荷重が中央径間を過ぎたあたりより、いちじるしく現われるためのものである。

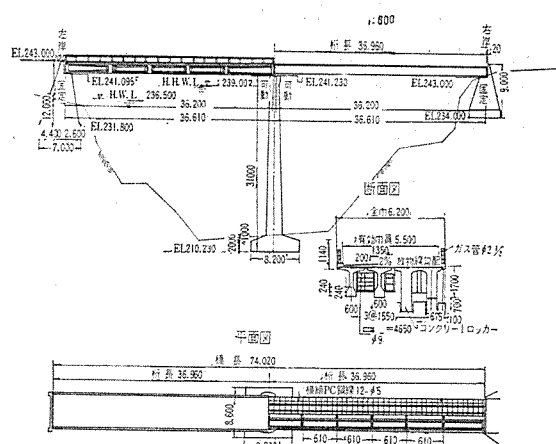
またPC鋼棒は、走行荷重により少々振動を起すことが認められた。

### 3. 無地内橋

施工主：建設省東北地方建設局湯田ダム工事々務所  
 施工業者：オリエンタルコンクリートKK

工事名：国道107号線 無地内橋上部工架設工事  
 工期：着手 昭和34年8月，竣工 昭和35年3月  
 橋種：プレストレスト コンクリート道路橋  
 型式：ポストテンション単純T型桁  
 橋長：74.020 m，支間：2@36.200 m 2径間

図-3 無地内橋側面図



桁 長：36.960 m，有効巾員 5.50 m，桁高 1.70 m  
 荷 重：T-20 L-20，雪荷重 100 kg/m<sup>2</sup>  
 工 費：1362 万円 (33500 円/m<sup>2</sup>)

#### (1) 設計概要

本橋は一般図のごとく、単径間の桁長 36.900 m T桁

写真-7 完成した無地内橋

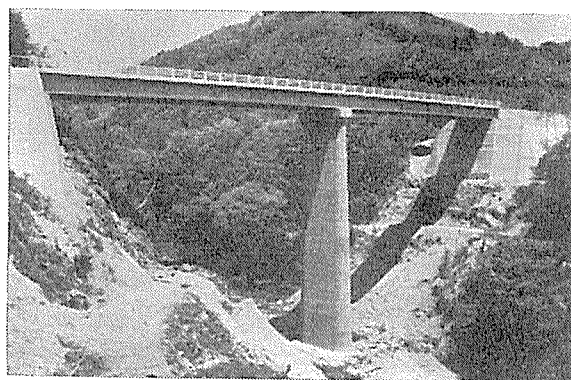


表-1 材料強度表

圧		縮		$\sigma_{28} = 400 \text{ kg/cm}^2$			
コ ン ク リ ー ト	許 容 曲 げ 圧	縮	導 入 直 後	$\sigma_{cat} = 170$			
				設 計 荷 重 時	$\sigma_{ca} = 130$		
	許 容 曲 げ 引	張	直 後		$\sigma_{cat}' = -10$		
				設 計 荷 重 時	$\sigma_{ca} = 0$		
許 容 斜 引 張 応 力 度	張	設 計 荷 重 時	$\sigma_{1a} = 9$				
			破 壊 荷 重 時	$\sigma_{1a}' = 16$			
許 容 支 圧 応 力 度				$\sigma = 110$			
プ レ ス ト レ ス 導 入 時	主 横	桁 横	桁 横	$\sigma_{ci} = 350$			
				$\sigma_{ci}' = 250$			
現 場 打 コンクリート				$\sigma_{28} = 300$			
P C 鋼 線	引 有 降	張 効 伏	張 効 伏	$\text{kg/mm}^2$		$\phi 7$	
				$\sigma_{pu}$	155	165	
				$\sigma_{pe}$	79	90	
	許 容	設 計 荷 重 時	直 後 設 計 断 面	張 効 伏	$\sigma_{py}$	135	145
					$\sigma_{pa}$	93	99
				$\sigma_{pat}$	115	123	
組 骨 材 最 大 寸 法				25 mm			

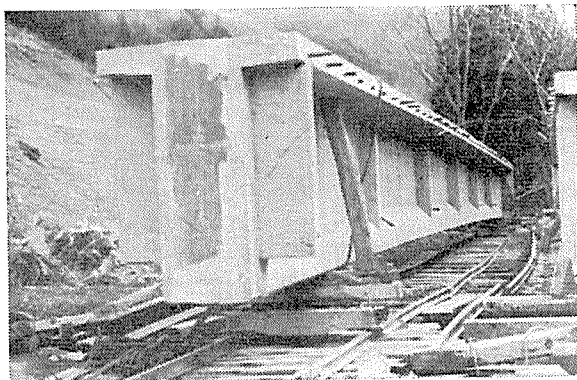
2連から成る橋で、巾員 5.5 m に対して T 型断面の主桁を 4 本用い、横桁を 7.0 m 間隔に配置したポストテンション工法である。設計に用いた許容応力度および材料強度は 表-1 のとおりである。

荷重分担についてはクーポンの理論を利用し、プレストレッシングは、PC 鋼線 ( $\phi 12-\phi 7$  mm, 13 シース) を使用し、その有効引張応力度を  $\sigma_{pe}=79$  kg/mm<sup>2</sup> とした。有効引張力は 475 t である。設計に用いたクリープ係数は  $\phi=2.0 k$ , 乾燥収縮度  $12.5 \times 10^{-5} \times 0.6 k=7.5 \times 10^{-5} k$ , PC 鋼線のレラクセーションを 5% とした。また本設計 PC 桁の活荷重載荷時の安全率は、初きれつに対し  $f=1.86$ , 破壊に対し  $f=4.89$  となっている。

(2) 施工および架設

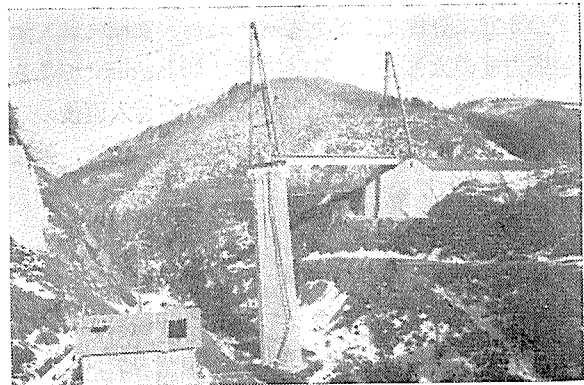
バッチャーと桁 1 本の重量が 75 t にもなるので、架設地点の現場にコンクリートで基礎を 2 本分つくり、桁製作中の自重による沈下を防いだ。型わくは木製で、継手面には接着剤を用いて密着を計り、モルタルの流出を防ぎ、組立においてはビニールパイプに通したボール

写真-8 無地内橋主桁



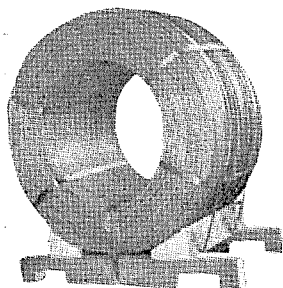
トで締め強固とし、コンクリート打設により変形を起すことなく、かつ振動に十分抵抗できるようにした。コンクリート打設は、セメント使用量を 480 kg/m<sup>3</sup> でスランプ 3 cm で桁の一端より、下突縁、腹部、上突縁の順に進み、型わく振動機を中央 1/3 地点 2 カ所に設置し、他

写真-9 架設作業中の無地内橋



に内部振動機を 3 台併用し、振動機による型わくに配置してあるシースの狂いを十分注意しながらコンクリートの締固めを行なった。養生はコンクリートを打ってから、3~4 時間後に濡れむしろでおおい、上部に穴開きのビニールパイプを配置し、沢水のヘッドを利用し噴霧状に散水し、常時湿潤養生を保持した。主桁応力導入はフレシネ式水圧ジャッキ 2 台を桁の両端定着装置に取りつけ、両引きとした。緊張順序は、断面図心に対して対称となるようにし、所定の導入量は、ジャッキのマノメーターの読みと、PC 鋼線の伸びでチェックした。PS 力を与えたときの桁のそりは、中央点で計算値 40.6 mm に対し、47.5~59 mm であった。緊張後グラウト注入にさき立って、シース内に水を圧入して、PC 鋼線表面および、シース内を十分に濡らしておくと同時に、シース内の異物を押し出し、圧さく空気を送り込み、残水を排出したのち、圧力 4~7 kg/cm<sup>2</sup> でモルタルを注入し注入を完了した。以上のごとく製作した桁の架設は、写真-9 のように一般的な工法で、ケーブルエレクションによって架設した。エレクションに要するワイヤー機械のおもなるものは、桁吊りワイヤー 75 t に対し、滑車は 8"×8" を使い、安全率 4.54, これに使用するウインチは、二段変速式電動 25 HP, 支柱控え索 49 t には、 $\phi 40$  mm を使用した。 1961.7.10.受付

リールを用いない PC ストランド



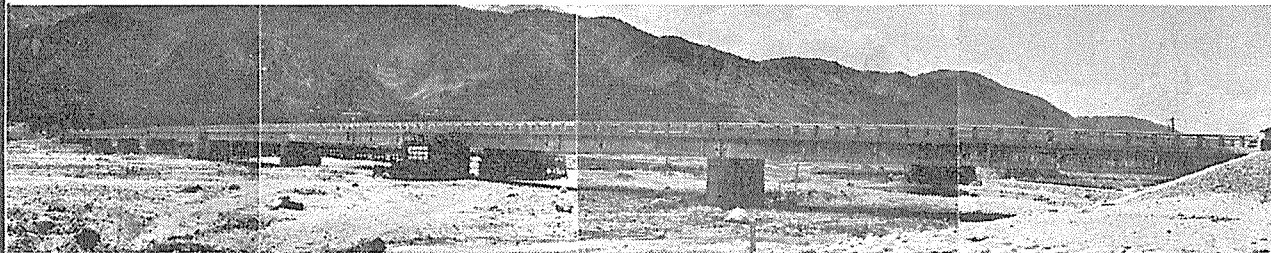
現在 PC ストランド(7本より)は特定小規模の PC 部材製作の場合以外は約 2 t の重量の製品を木リールに巻いて出荷し、これを PC 工場では適当な給線場においてストランドの連続引出し作業が行なわれるのが普通である。

ところが最近アメリカの PC 鋼線の大製造会社である Roebing 社では写真のように美しくまきとられた環状のストランドを鋼帯でしめ、これを立てた状態で簡単な木製架台に乗せ、再度結束する方式でリールレスの

PC ストランドを製作し、これを使用することを推しようしている。Roebing 社は従来リール取りの慣習であったものを、つぎつぎとリールレスに改めているところで、この PC ストランドに対しては次の諸点を強調している。リールのつば高さを考慮しなくてよいので一単位 3 t に増量できるので連続使用にはより経済的となる。受入側で一方の側の取りはずしのできる鋼製リールを用意しておくことにより、きわめて容易にストランドの引出し準備ができる。邦貨で 1 個 10 000 円前後もする木リール代が節約され、第一使用済み後の木リールの廃却の手数がかからない等、いかにもアメリカ的な利点をあげている。

(南海製線鋼索KK 宮川 一郎)

武田橋(山梨県)



## ピーエスコンクリート設計施工並に製作 日本ピー・エス・コンクリート株式会社

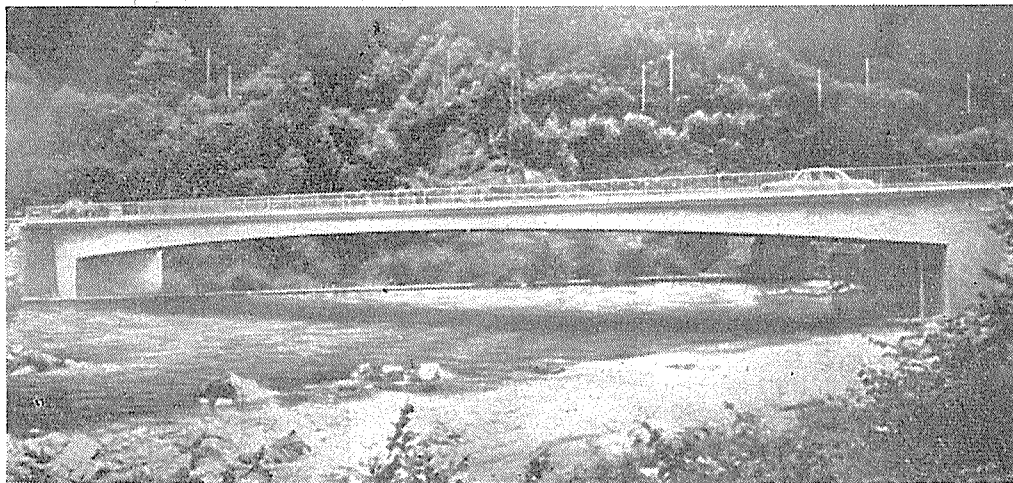
顧問 加賀山之雄      顧問 稲浦鹿蔵      取締役社長 有馬義夫

本社 福井県敦賀市泉125号2番地      電話(敦賀)代表 1400番  
 東京営業所 東京都千代田区大手町1丁目4番地(大手町ビル3階327号室)      電話和田倉(201)4530番  
 大阪営業所 大阪市北区堂島上2丁目39番地(毎日産業ビル3階)      電話大阪(36)7797番  
 名古屋営業所 名古屋市中区南呉服町2丁目18番地(呉服町ビル3階4号室)      電話名古屋(24)7516番  
 福岡営業所 福岡市上辻の堂町26番地(ナショナルビル5階)      電話東⑧代表 4134番

## BBRV 工法による道路橋

### 営業案内

- 並びにタンク
- 一、ポストテンションニング(P・S)橋梁及び建築
  - 一、プレテンションニング(P・S)桁並びに版その他
  - 一、コンクリート・ポール、コンクリート・パイプ
  - 一、藤式V型ブロック、その他セメント二次製品



橋長 58m, 型式ラーメン

建設業者登録 建設大臣(ホ)第5257号



北海道ピー・エス・コンクリート株式会社

本社・東京営業所 東京都豊島区巣鴨6の1344(大塚ビル4階) TEL(983)4176~9  
 札幌営業所 札幌市北三条4丁目(第一生命ビル) TEL(4)5121(代表)  
 幌別工場 北海道幌別郡幌別町字千歳 TEL幌別66・220  
 掛川工場 静岡県掛川市富部(34年9月1日操業開始) TEL掛川1420・1421