

## 江神橋の設計・施工について

山 田 芳 弘\*  
堂 野 賢 治\*\*

### 1. ま え が き

江神橋は、道々旭川-多度志線上、旭川起点 2.40 km 付近の石狩川に、旧江神橋の架換工事として架橋される橋梁で、わが国最初の押出し架設工法による幌崩大橋（室蘭市外、VSL方式）が北海道庁の手により、1973年に完成されて以来、道内で2番目に押出し工法採用になるPC橋梁として、現在SSY工法にて押出し架設進行中である。

河川管理上から、支間割 45 m 前後となり、鋼橋との比較検討の中で、主に維持管理の面から経済的に有利なPC橋が採用となったもので、当初(2+3+2)径間連続構造案および(3+4)径間連続構造案とともに種々検討

を重ねた結果、支間割 7 @ 46.6 m, 7 径間連続の1室箱桁構造が採用となったものである。

### 2. 工 事 概 要

路 線 名：道々旭川-多度志線  
工事場所：北海道旭川市神居町忠和  
河 川 名：一級河川石狩川  
発 注 者：北海道旭川土木現業所  
工 期：昭和 57 年 8 月 21 日～  
橋 長：327.60 m  
幅 員：11.50 m  
桁 高：2.80 m  
支 間 割：7 @ 46.60 m

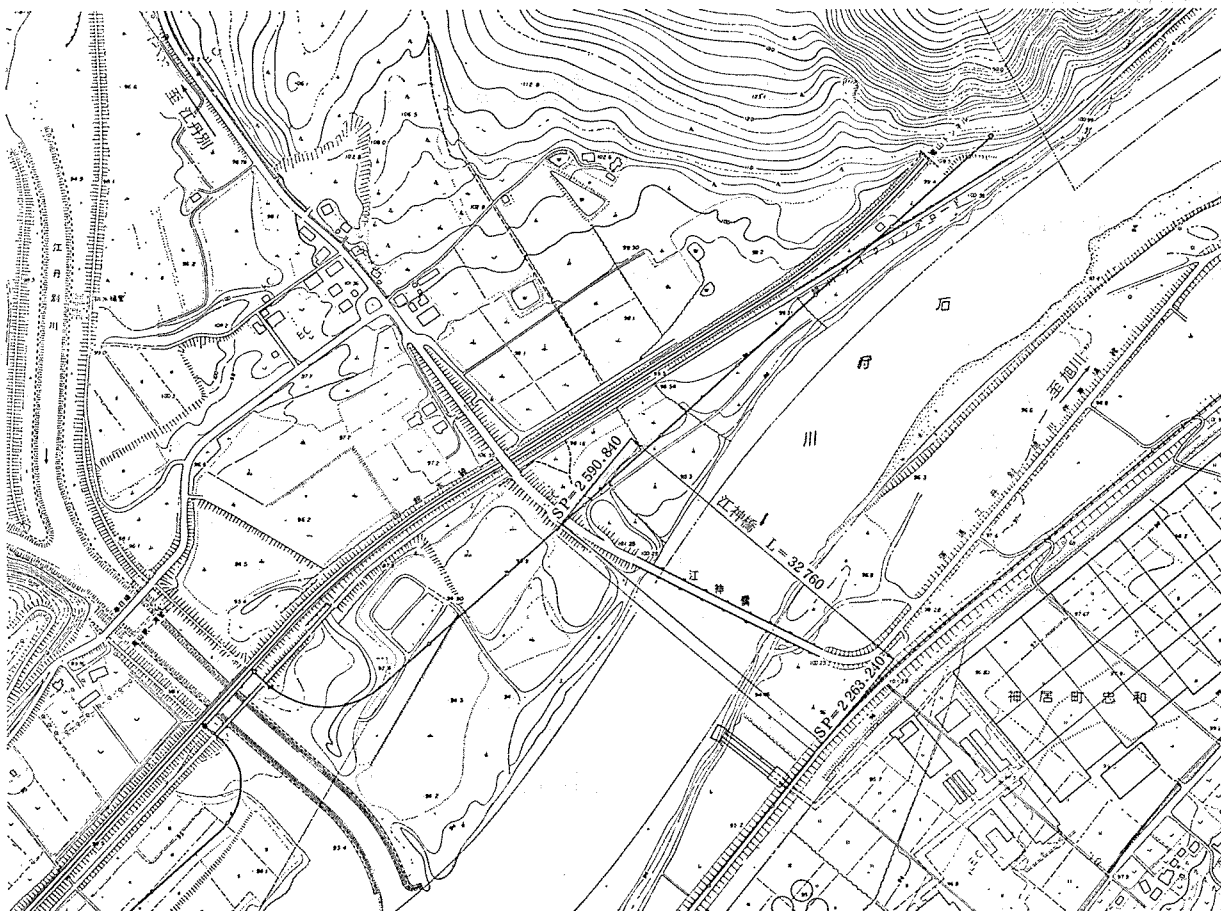


図-1 位 置 図

\* 北海道旭川土木現業所    \*\* 北海道ピー・エス・コンクリート(株)

橋 格：1等橋 T.L.-20  
 構造形式：7 径間連続 PC 箱桁  
 架設方法：SSY 式押し出し工法  
 縦断勾配：0.85% 上り勾配  
 平面曲線：R=∞  
 斜 角：82°22'06" (A<sub>2</sub> 橋台上)  
 主要材料を表-1 に示す。

表-1 主要材料

種 別	仕 様	単 位	数 量	コンクリート m <sup>3</sup> 当り数量
コンクリート	$\sigma_{ck}=400 \text{ kg/cm}^2$	m <sup>3</sup>	2777	—
鉄 筋	SD 30	ton	304	109 kg
PC 鋼棒	縦 締 め $\phi 32$ SBPR 80/105	ton	185	66.6 kg
	床版横締め $\phi 26$ SBPR 95/120	ton	43	15.5 kg
	横桁横締め $\phi 32$ SBPR 95/120	ton	2.5	—
	鉛直締め $\phi 26$ SBPR 95/120	ton	5.0	—
PC 鋼線	12T12.7 SWPR 7B	ton	39	14.0 kg



写真-1

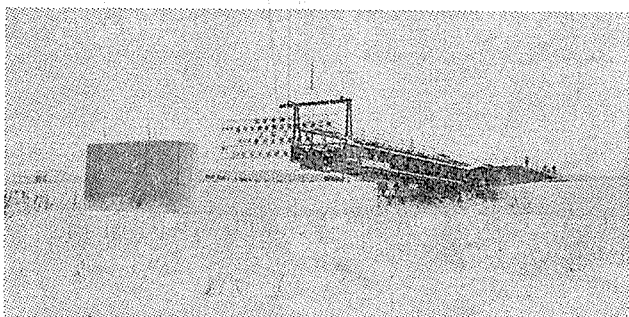


写真-2

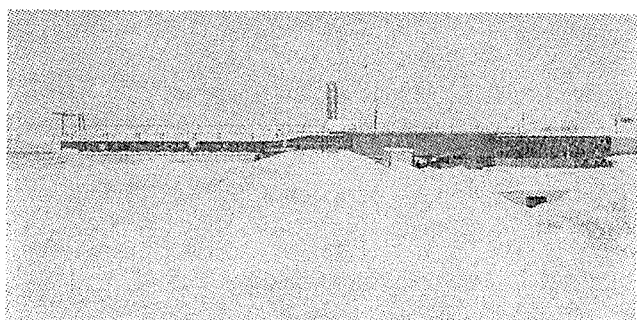


写真-3

### 3. 設計概要

押し出し架設時の交番応力を軽減する目的で、本橋の場合、仮支柱は用いずに手延べ桁のみで対処するために、主桁の断面形状やブロック割、手延べ桁の諸元（剛性、長さ、重量および重心位置）、主桁製作ヤード側の仮支点の位置等について検討を重ねた。

架設時の交番応力に対しては、上下床版に配置された PC 鋼棒により、ほぼ軸力のみで受け持つものとし、完成時の設計荷重に対しては、不足分のプレストレスとしてウェブ内に PC ケーブルを配置して緊張する。この PC ケーブルは橋軸方向に 3 分割され、P<sub>2</sub>~P<sub>3</sub> および P<sub>4</sub>~P<sub>5</sub> 間で押し出し架設完了後シーすを通して中間定着される。

当初の設計では、押し出し架設が連続して行われることを前提にして設計を行っていたが、実状は通年施工を行わず、冬期間は押し出し施工を中断しなければならないことから、後記のように常識的にみて 3 年で押し出し施工を完了するという判断のもとに設計をやり直している。

すなわち、

初年度：9/1~10 月中旬 1~3 ブロック製作押し出し  
 2 年目：6/1~10 月末 4~6 ブロック製作押し出し  
 3 年目：6/1~10 月末 17~29 ブロック製作押し出し  
 11 月中旬 2 次ケーブル緊張  
 4 年目：7/1~9 月末 橋面工

という工程に基づいて有効プレストレスを算出し、応力検討を行った。

ブロック割については 図-5 を参照されたい。

#### 3.1 押し出し架設中断に伴う問題

##### (1) 有効プレストレスについて

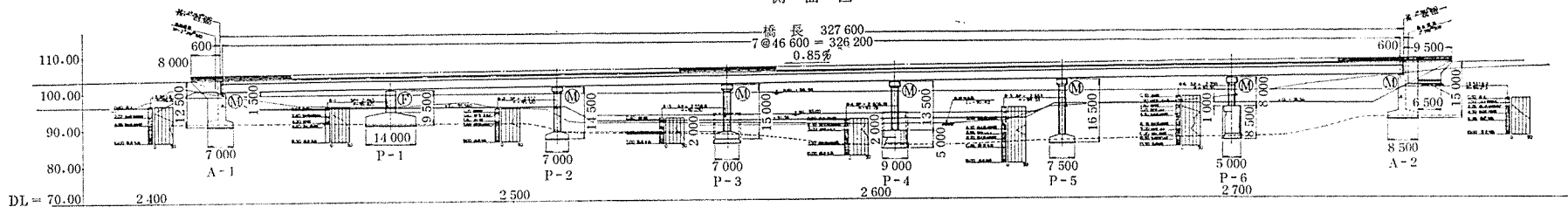
前記の理由により、押し出しを連続施工した場合と、中断して施工した場合の有効プレストレスを計算した結果、架設時 1 次プレストレスについては、

有効係数： $\eta=0.91$  から  $\eta=0.88$  に  
 完成時 2 次プレストレスについては、

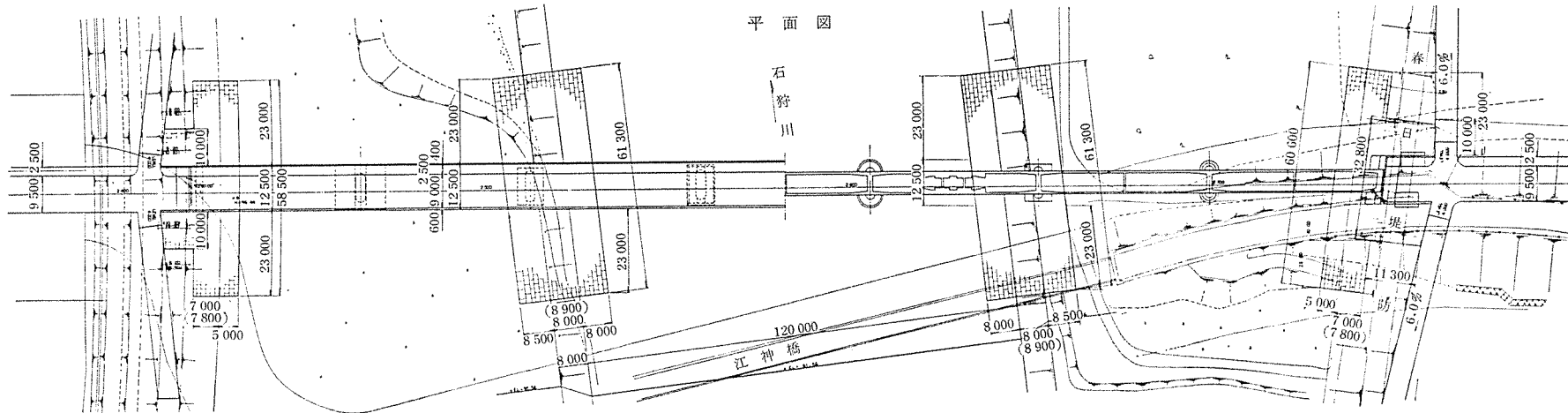
有効係数： $\eta=0.838$  から  $\eta=0.843$   
 にそれぞれ変更となり、完成時 2 次プレストレスについては、あまり変動のないところで有効係数が増加している一方、架設時 1 次プレストレスについては、クリープ・乾燥収縮の影響が大きく、かなりの減少値を示しており、有効プレストレスにして 5~8 kg/cm<sup>2</sup> 程度の減少となったが、1 次鋼材を追加配置することで対処できた。

ただし上記の値は、連続施工の場合、1 ブロックの標準作業工程を 8 日、クリープ係数  $\phi=2.6$ 、乾燥収縮度  $\epsilon=20 \times 10^{-5}$  に対して、クリープ乾燥収縮の進行度曲線

側面図



平面図



断面図

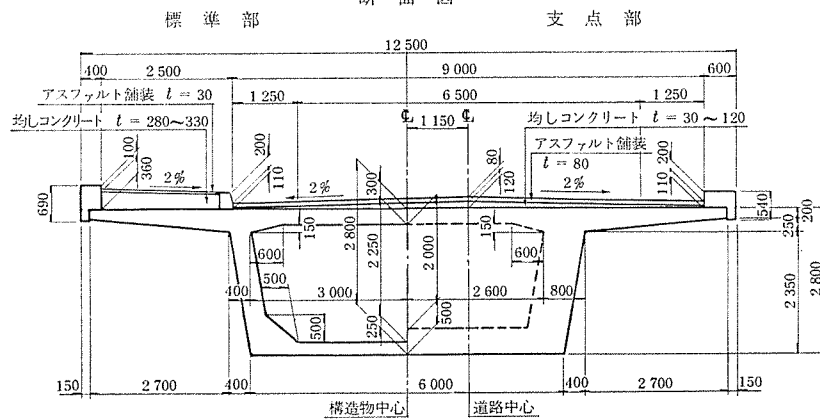


図-2 一般図

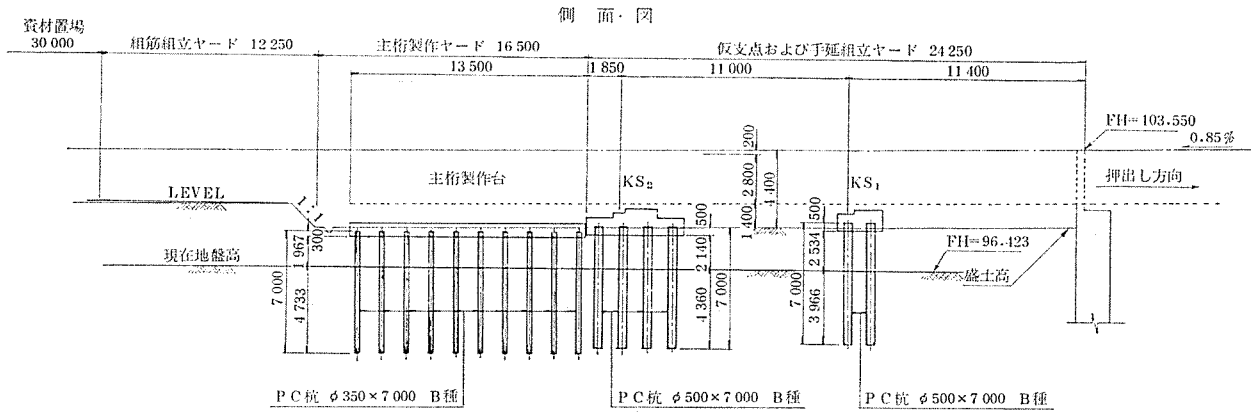
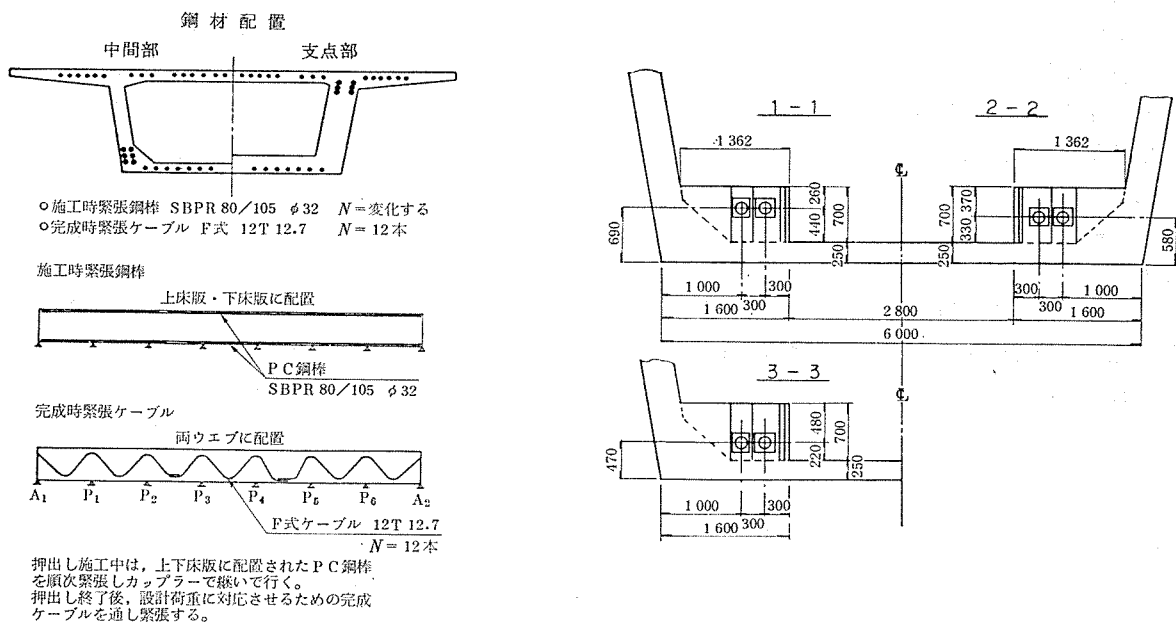


図-3



定 着 詳 細 図  
中 間 部  
側 面 図

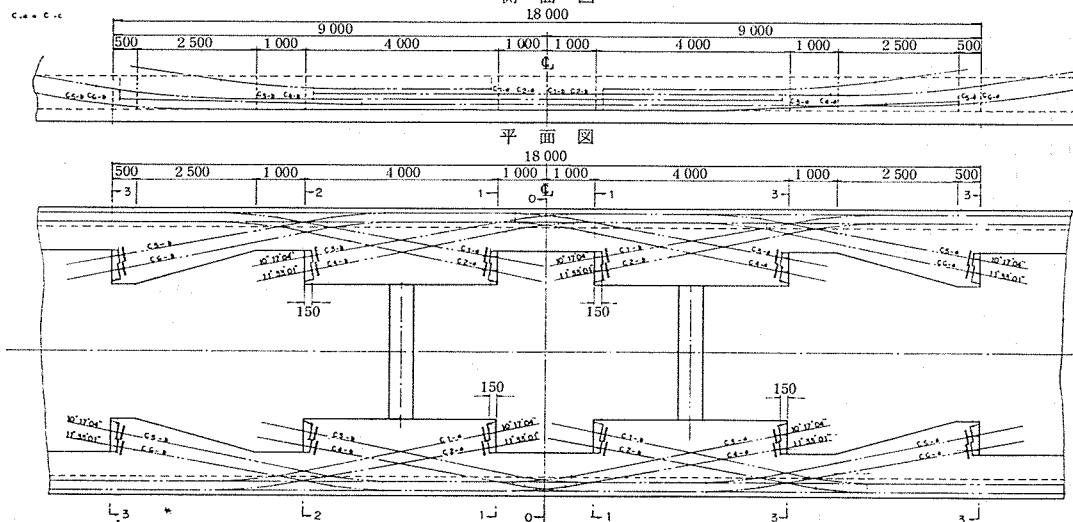


図-4

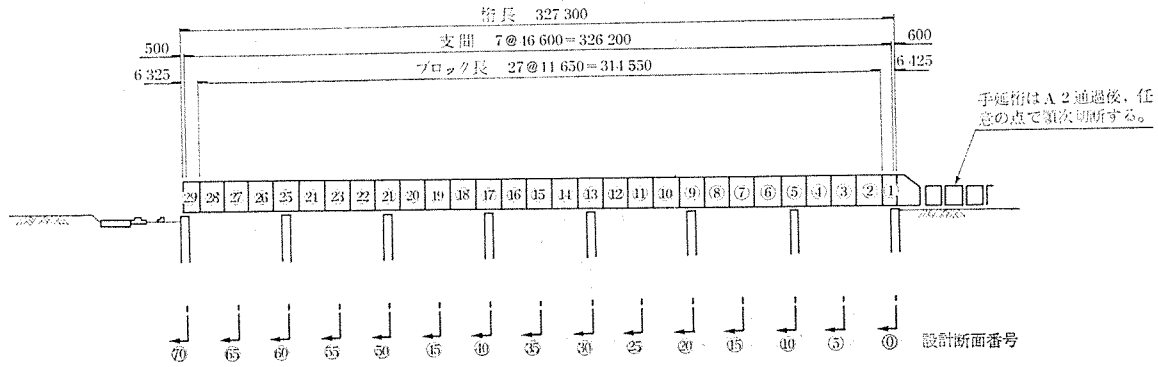


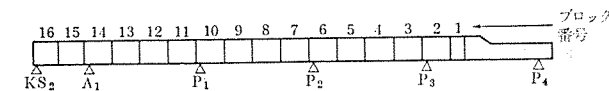
図-5 ブロック割図

より算出したクリープの進行度を、押し開始から終了までの平均値  $\bar{\alpha} = 0.31$  として計算されたものであり、一方、中断するケースでは、道路橋示方書解 2.2.2 に基づいて各施工段階において算出したクリープ係数（架設時には遅れ弾性ひずみを無視している）を用いた結果であり、単純な数字の比較のみで云々するわけにはいかないが、大よその目安を与えるものと思う。

(2) 主桁のクリープたわみについて

前記の各施工段階でのクリープ係数を用いて、主桁のクリープによるたわみを算出すると、例えば3年目の押し架設開始直前でのクリープたわみは表-2のようになる。これによると16ブロックのクリープたわみの平

表-2



(単位: mm)

断面	$\delta_d$	$\varphi$	$\delta_\varphi$	断面	$\delta_d$	$\varphi$	$\delta_\varphi$
①	11.1	0.40	4.4	⑩	11.2	0.44	5.0
②	6.3	0.40	2.5	⑪	8.2	0.44	3.6
③	2.4	0.40	1.0	⑫	4.3	0.44	1.9
④	0.1	0.40	0.1	⑬	1.0	0.44	0.5
⑤	0.6	0.44	0.3	⑭	-0.2	0.50	0.0
⑥	3.5	0.44	1.5	⑮	1.0	0.50	0.5
⑦	7.2	0.44	3.2	⑯	3.2	0.50	1.6
⑧	10.3	0.44	4.5	⑰	5.3	0.50	2.6
⑨	12.3	0.44	5.5	⑱	6.8	0.50	3.4
⑩	12.8	0.44	5.6	⑳	7.2	0.50	3.6
⑪	11.2	0.44	5.0	㉑	6.3	0.50	3.1
⑫	8.2	0.44	3.6	㉒	4.2	0.50	2.1
⑬	4.3	0.44	1.9	㉓	1.8	0.50	0.9
⑭	1.0	0.44	0.5	㉔	0.0	0.50	0.0
⑮	-0.2	0.50	0.0	㉕	0.7	0.61	0.4
⑯	1.0	0.50	0.5	㉖	3.8	0.61	2.3
⑰	3.2	0.50	1.6	㉗	7.7	0.61	4.7
⑱	5.3	0.50	2.6	㉘	11.2	0.61	6.8
⑳	6.8	0.50	3.4	㉙	13.4	0.61	8.2
㉑	7.2	0.50	3.6	㉚	13.9	0.61	8.5
㉒				㉛	12.6	0.61	7.7
㉓				㉜	9.6	0.61	5.8
㉔				㉝	5.5	0.61	3.3
㉕				㉞	1.5	0.61	1.0
㉖				㉟	-1.0	0.84	-0.9
㉗				㊱	-1.5	0.84	-1.3
㉘				㊲	-1.2	0.84	-1.0
㉙				㊳	-0.6	0.84	-0.5
㉚				㊴	-0.1	0.84	-0.1

$\delta_d$ : 桁自重およびプレストレスによる弾性たわみ  
 $\varphi$ : 押し中断期間におけるクリープ係数  
 $\delta_\varphi$ : 押し中断期間に生ずるクリープたわみ

均値は  $\bar{\delta}_\varphi = 2.6$  mm, 最大値は No. 4 ブロックの中央部で 8.5 mm (いずれも下向き) となっている。

以後の押し架設において、主桁はこの不陸を有した状態で各支点上を通過するわけであるが、この不陸の状態は各支点上において、山または谷の部分が対応した形となり (No. 1~No. 2 ブロック側の上向きのクリープたわみは極小であるから無視できるものとする), しかも等支間であることを考えると、この不陸による応力の増加は、理論上ほとんど起こらないと考えられる。ちなみに不等沈下量 10 mm を想定した計算結果、曲げ引張応力度の増分は、高々 10 kg/cm<sup>2</sup> 程度である。

これはあくまでも計算結果であるが、これらの数値をみる限り、最悪の場合でも、押し架設時に適切な反力管理を行うことにより対処できよう。

(3) 地震対策その他

本橋の場合、地震時の水平震度は  $K_h = 0.13$  となっており、この地震荷重に対して最も問題となるのが、押し装置および兼用沓における滑り面の摩擦係数が小さいこと (推定 0.05) である。これに対して図-6の⑬、図-7の⑬のごとく兼用沓の下沓にブロックを取付け、水平力が各兼用沓に均等にかかるように配慮した。押し装置の水平抵抗は期待しないものとしている。なお、初年度については、手延桁よりワイヤーを張ることで対処した。

その他、PC 鋼棒や定着具などの資機材関係の防錆やシース内への漏水防止対策等について入念に行っている。

3.2 KS 沓 (兼用沓) について

本橋の押し機構は図-8で見るとおり、桁製作ヤード側仮支点および橋台 A<sub>1</sub>, A<sub>2</sub> において SSY 式押し装置を用いているほかはすべて、この押し装置の諸機能を備え、桁架設後は本沓として使用できる KS 沓が配置されている (図-6, 図-7 および写真-4 参照)。

当初の設計段階では、KS 沓に水平反力を受け持たせる機構がまだ開発されておらず、固定脚 P<sub>1</sub> においては

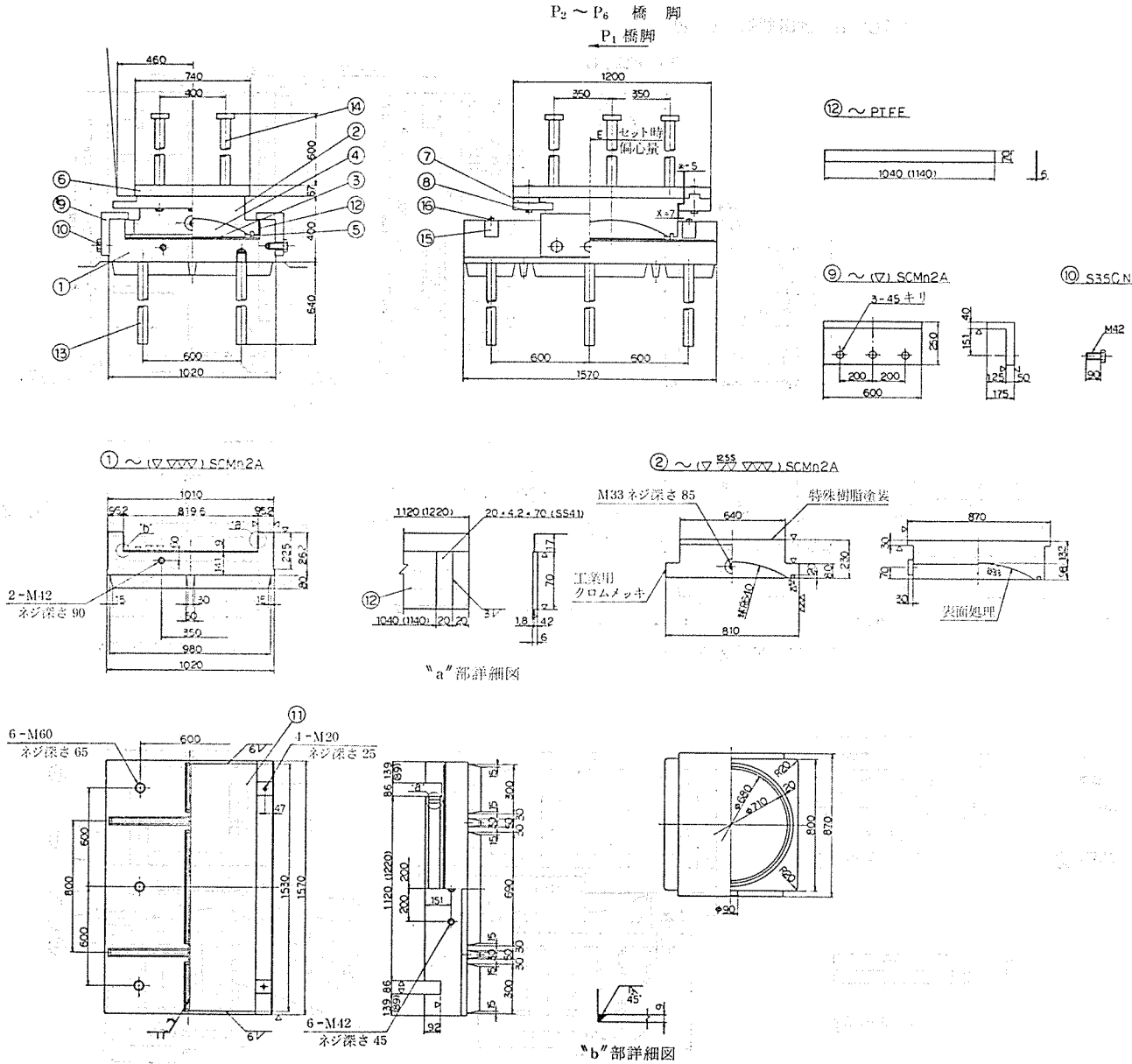


図-6 沓詳細図 (P<sub>2</sub>~P<sub>6</sub> 橋脚)

設計条件

完成時	全反力	$R$	876.4t
	死荷重反力	$R_d$	747.5t
	活荷重反力	$R_{(1+t)}$	128.9t
	橋軸方向水平力(移動時)	$R_{Hf}$	87.7t
	橋軸方向水平力(地震時)	$R_{H1e}$	97.2t
	橋軸直角方向水平力(地震時)	$R_{H2e}$	97.2t
押し出し時	上座力(地震時)	$V'$	71.8t
	押し出し時反力	$R'$	612.2t
押し出し時ストローク		$e$	500 mm
設計水平変位		$K_H$	0.13
許容支圧応力度			
上部工との許容支圧応力度		$\sigma_{ba}$	100 kg/cm <sup>2</sup>
下部工との許容支圧応力度		$\sigma_{ba}$	80 kg/cm <sup>2</sup>

移動量

	$P_2$	$P_3$	$P_4$	$P_5$	$P_6$
設計移動量 $e_1$	±21	±17	±70	±91	±117
設計移動量 $e_2$	±31	±37	±80	±101	±127
全移動可能量 $e$	±55	±80	±110	±135	±160
セット時偏心量 $E$	33	61	91	117	143

材料表

部番	品名	材質	個数	重量(kg)	備考
01	下座	SCMn2A	1	1919.1	
02	上座	SCMn2A	1	876.6	
03	グライドライト板	PTFE	1	4.2	
04	パッキングプレート	HR3C1+SL	1	176.6	
05	シーリング	クロコフレシ シリコンゴム	1	2.7	
06	ソールプレート	SS11	1	111.6	
07	ライナープレート	SS11	2	181.1	
08	ライナーローラー	S35CN	6	4.7	
09	サイドブロック	SCMn2A	2	161.1	
10	ライドブロックボルト	S35CN	6	9.6	
11	ステンレス	SUS301	2	89.2	
12	グライドライト板	PTFE	2	2.2	
13	アンカーボルト	SS41	6	93.2	
14	アンカーバー	SS41	6	97.3	
15	ブロック	SS41	4	52.8	
16	ボルト	SS41	4	1.2	
17	ジャッキ取付金具	SM50A	1	40.7	
18	金具取付ボルト	—	2	6.6	強度区分 10.9
19	ジャッキ取付ボルト	SS41	4	0.8	
総重量 (kg)				4194.6	

注) 1. ( )内寸法は  $P_5, P_6$  を示す。  
 2. 05の部品は押し出し時は取付けないこと。ただし、押し出し時以外は急峻防止のため使用のこと。  
 3. 押し出し完成時は架設誤差に応じて表印寸法を加工のこと。

P<sub>1</sub> 橋脚

設計条件

完成時	全反力	$R$	872 t
	死荷重反力	$R_d$	743 t
	活荷重反力	$R_{t(t)}$	129 t
	橋軸方向水平力(地震時)	$R_{H1e}$	611.6t
	橋軸直角方向水平力(地震時)	$R_{H2e}$	96.6t
押し出し時	上揚力(地震時)	$F$	74.3t
	押し出し時反力	$R'$	619 t
	押し出し時ストローク	$e$	500 mm
設計水平震度			
許容支圧応力度			$K_{II}$ 0.13
上部工との許容支圧応力度			$\sigma_{ba}$ 100 kg/cm <sup>2</sup>
下部工との許容支圧応力度			$\sigma_{ba}$ 80 kg/cm <sup>2</sup>

材料表

部番	品名	材質	個数	重量(kg)	備考
①	下管	SCMn2A	1	1979.1	
②	上管	SCMn2A	1	867.2	
③	グライト板	PTFE	1	4.2	
④	ベアリングプレート	HBsC4+SL	1	176.6	
⑤	シールリング	クロロブレンスボジゴム	1	2.7	
⑥	ソールプレート	SS41	1	571.1	
⑦	ライナープレート	SS41	2	253.2	
⑧	ライナープレートボルト	S35CN	6	4.7	
⑨	サイドブロック	SCMn2A	2	170.5	
⑩	サイドブロックボルト	S35CN	6	9.6	
⑪	ステンレス	SUS301	2	90.9	
⑫	グライト板	PTFE	2	1.6	
⑬	アンカーボルト	SS41	8	721.8	
⑭	アンカーバー	S35CN	36	205.6	
⑮	ブロックA	SCMn2A	4	103.6	
⑯	ブロックB	SCMn2A	4	122.9	
⑰	ボルト	SS41	4	1.1	
⑱	ジャッキ取付金具	SM50A	1	40.7	
⑲	金具取付ボルト	SS41	2	6.6	強度区分10.9
⑳	ジャッキ取付ボルト	SS41	4	0.8	
総重量(kg)				5331.8	

注) ⑱, ⑲の部品は押し出し時は取付けないこと。  
ただし, ⑲は, 押し出し時以外は落橋防止のため使用のこと。

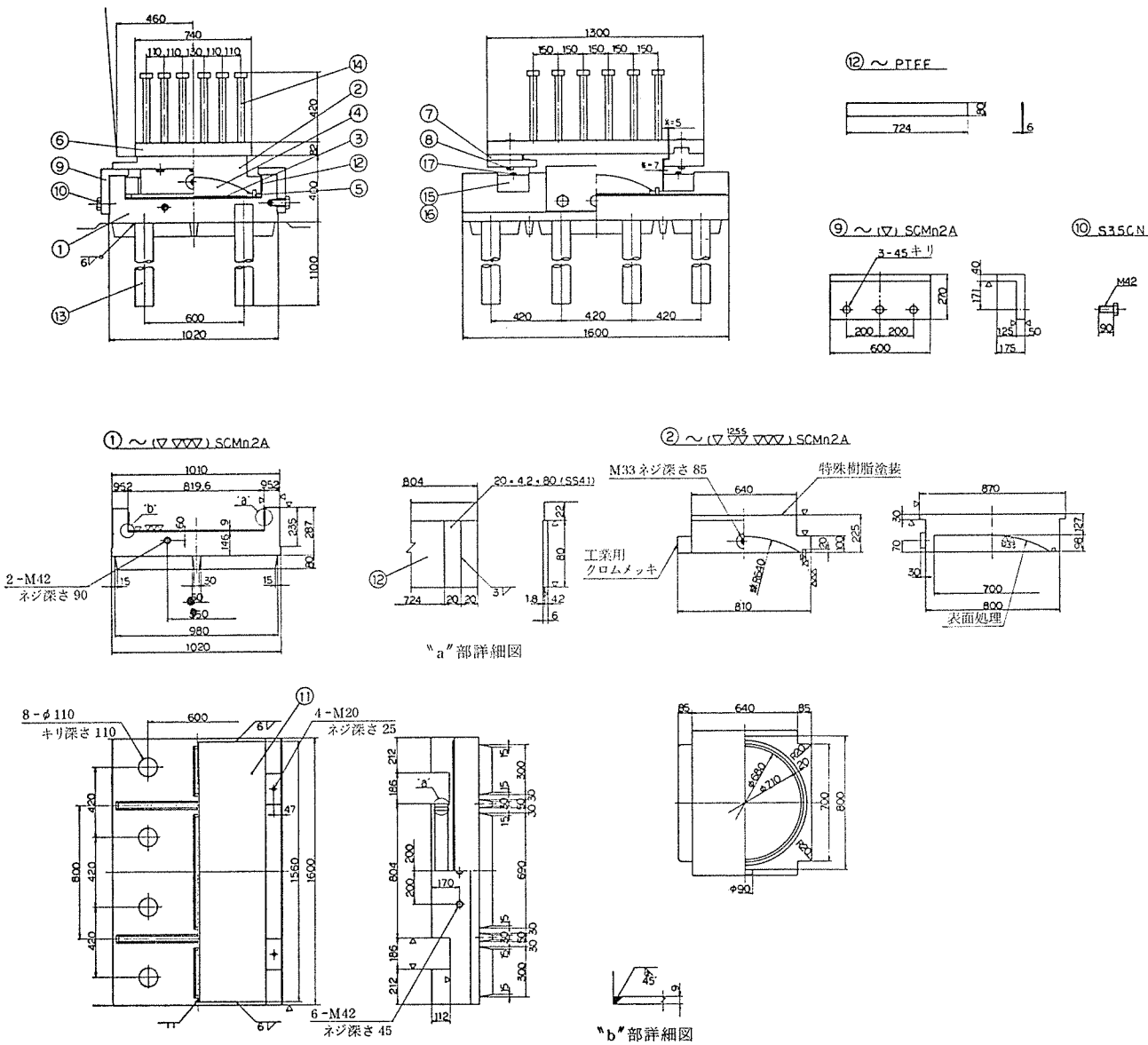
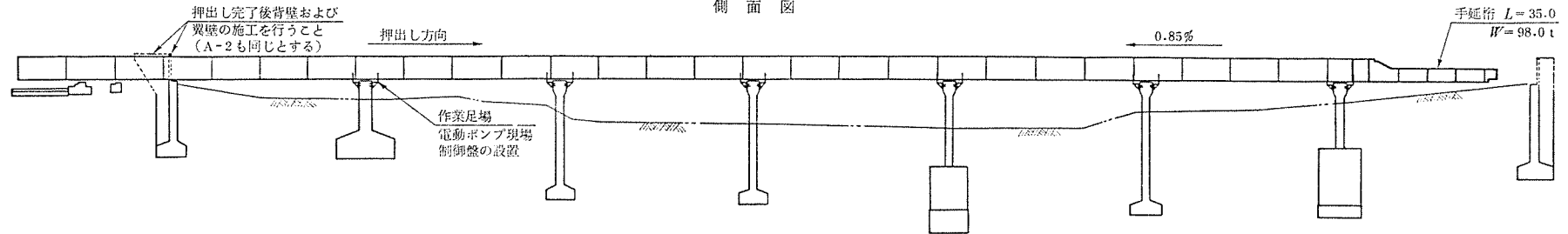
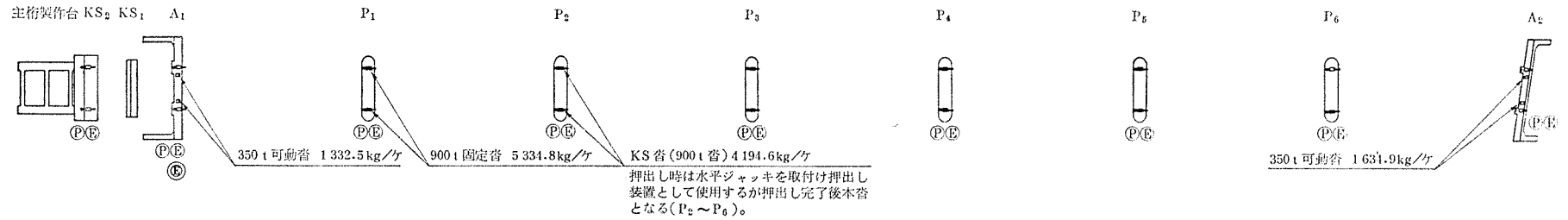


図-7 各詳細図 (P<sub>1</sub> 橋脚)

押し装置配置図



平面図



押し装置使用機材一覧表

記号	名称	仕様	数量	備考
○	鉛直ジャッキ	650 t 50mmストローク	18台	
□	スベリ架台	800 t 500mmストローク	6 "	
▭	水平ジャッキ	50 t 510mmストローク	18 "	
Ⓟ	電動ポンプ	55 kW 高低圧自動切替付	9 "	
Ⓢ	現場制御盤	端末制御盤	9 "	
Ⓣ	中央制御盤	集中自動制御盤	1 "	
KS	KS巻		12組	P2~P6 押し完了後は本巻となる。
Ⓡ	横押し用 ジャナルジャッキ	60 t 150mmストローク	10台	同時の使用は最大で 左右5台ずつとする。
●	球座		18 "	鉛直ジャッキの頭部につき 全方向に回転する。
○	半月球		2 "	手延を受ける。
	油圧ユニット		9式	
	PTEE板ゴム板		9組	

押し装置配管配線図

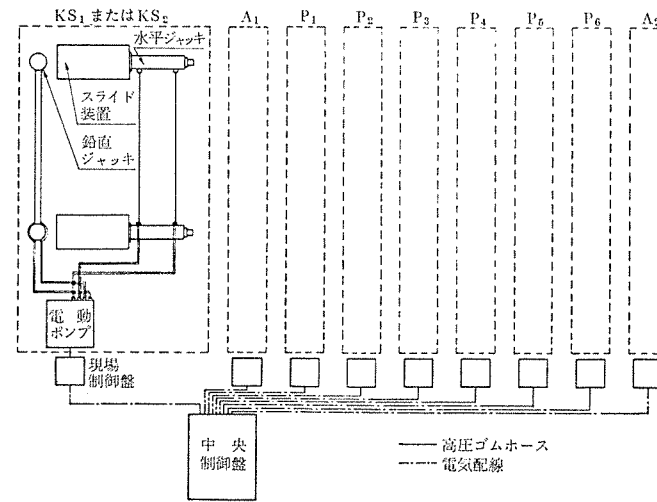


図-8



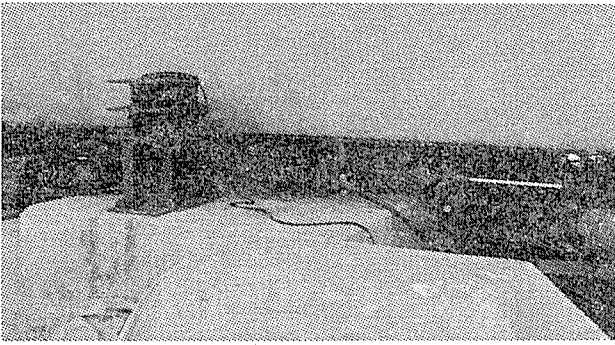


写真-4

鋼角ストッパーに水平反力をとらせることも検討されたが、これによる断面欠損により、下床版1次鋼棒量が不足するため、やむなく本沓に置換える設計となっていた。その後 KS 沓に改良が加えられ、図-7 のように、ブロック⑩を後からセットすることにより固定沓とする構造が開発され、これが採用となった。ブロック⑩は、前記したように押し出し中断時に地震対策用に取付けられるもので、他の可動沓と同様に中断期間中の主に温度変化による桁の伸縮を考慮してセットされ、押し出し施工中は取外されるものである。

### 3.3 主桁断面形状について

桁高と支間の比率が 1/16.6 と、押し出し工法の橋梁としては一般的な数値ではあるが、1次鋼棒配置上余裕のない断面となった。これはウェブに傾斜を付け美観を施したことなどにより、上床版幅に比して下床版幅が小さく、断面性能としては理想形から遠ざかったことが影響し、1次鋼材量を増加させる結果となったようである。特に設計断面⑤（図-5）の下縁において、 $P_1$  上を通過する時点で圧縮応力が、押し出し完了時点で引張応力がそれぞれ最大となり、1次鋼材の配置に一苦労した。この

ことは他の条件が同じであれば、スパン割において側径間を中間径間に対していくらか短くする方が設計上有利なように思われる。

### 3.4 手延べ桁について

手延べ桁の長さは、支間長のほぼ 75% に当たる 35 m とし、剛性は主桁に対してほぼ  $E_G \cdot I_G / E_C \cdot I_C \approx 1/12.4$  となっている。これらの値は種々検討を加えたものであるが、結果的に手延べ取付け鋼材の配置上、第1ブロックが予想以上に重くなり、架設時の安定計算で桁製作ヤード側への転倒に対して十分な安全率をとることができなかったため、手延べ桁先端付近にカウンターウェイトとしてコンクリートブロックを取付け安全率を確保した。

また、手延べ桁の上側に機材運搬用レールと作業用クレーンを取付け、これによって押し出し装置、沓等を運搬、設置する方法をとった。これは水量の多い河川上での作業が大がかりになること、前記のように通年施工が難しく工事期間が長くなることによる防錆の問題などに対してとられた処置である（図-9 および 写真-5）。

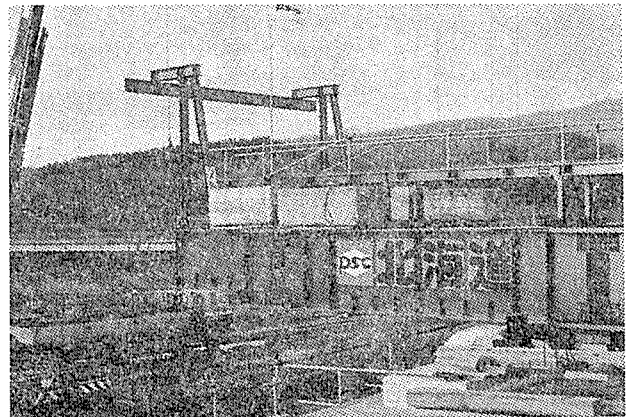


写真-5

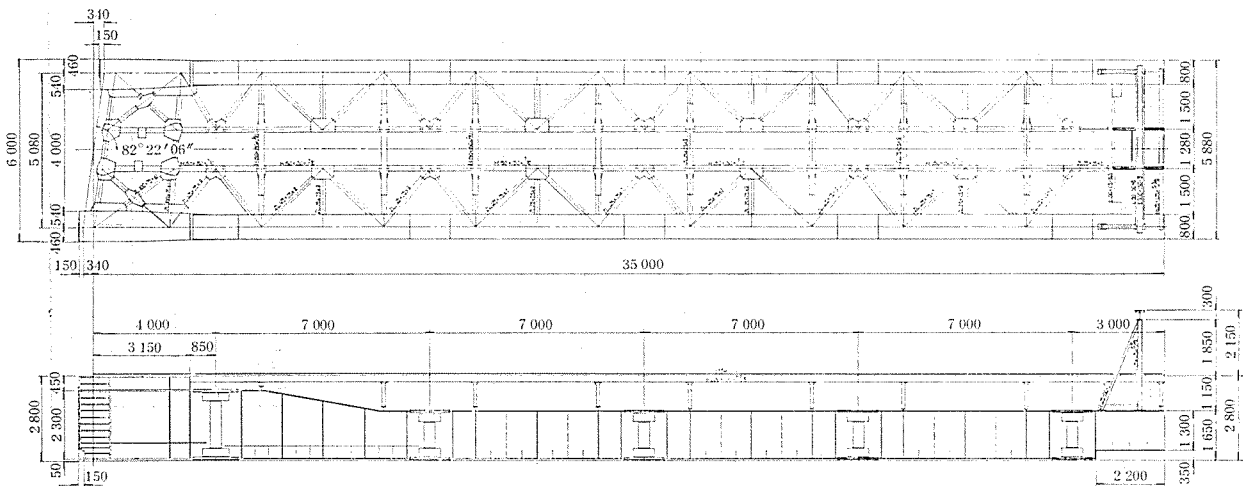


図-9 手延べ桁構造図

## 4. あとがき

以上、充分意を尽くせないままに、主に設計上の問題について触れたのみで、施工関係の詳述については紙面の都合によりかなわなかったことが幾分心残りではあるが、施工はまだ始まったばかりであり、今後、工事の完成に伴い、本論の問題点等を含めた工事報告の機会を待ちたいと考えている。

独断と偏見の域を脱し得なかった記述については、ここに深くお詫びするとともに、今後とも先輩諸兄の御指導、御鞭撻を切に願うものであります。

また、押出し架設工法としての江神橋が実現の運びを見るに至ったものも、設計・施工に携わって来られた関係各位のたゆまぬ努力の賜物であり、紙上をお借りしてここに深謝の意を表する次第です。

【昭和 58 年 4 月 15 日受付】

## ◀刊行物案内▶

## プレストレストコンクリート構造物の設計・施工の現状

本書は第 11 回 PC 技術講習会のためのテキストとして編纂したもので、PC 構造物の設計・施工の現状について、我が国のみならず、諸外国の現状にまで言及・解説しています。また、耐久的な PC 構造物作製のための注意点や、新しい建築設計規準法の解説なども盛り込み、大いに参考になることと思えます。

ご希望の方は、代金を添えて（社）プレストレストコンクリート技術協会宛お申し込みください。

- 体 裁：A 4 判 112 頁  
 定 価：3,500 円 送 料：450 円  
 内 容：(A) 諸外国における PC 橋梁設計・施工の発展（第 9 回 FIP ストックホルム大会セミナー報告）1) 架設工法の発展，2) プレキャスト技術応用範囲の拡張，3) 断面形状とその構成，4) 複合構造物，5) 結論。(B) PC 構造物の設計基本——考え方 1) まえがき，2) 許容応力度設計方法から限界状態設計法へ，3) 限界状態，4) 水準—1 の安全検証法，5) プレストレストコンクリートの限界状態，6) 断面応力の計算，7) 曲げ破壊に対する安全度の検討，8) セン断。(C) 耐久的な PC 構造物構築のための注意点 1) まえがき，2) 橋梁における PC 構造物に関して，3) 建築における PC 構造物に関して，4) 構造物の欠陥に対する一般的注意，5) あとがき。(D) PC 建築構造物の新しい設計法について 1) まえがき，2) 新耐震設計法の概要，3) PC 造建築物に対する新耐震設計法の適用，4) PRC 造の設計，5) 結語。(E) 最近施工された PC 橋 1) 新プレストレストコンクリート鉄道橋設計標準の概要，2) 注目される施工法，3) 実施例。