

プレキャスト PC 斜材つき π 型ラーメン橋の 設計・施工について

伊 藤 重 賢*
阿 部 源 次**
大 月 喜 平***

1. ま え が き

近年構造物の建設において、工事の合理化とスピード化が強く要望されているが、また企業の生産性の向上、現場の労働事情の改善策などの手段としても構造物のプレハブ化が進められなければならない。

ここに報告する工事は、すでに高速自動車道のオーバークリップとして多く架設されているものと同じ斜材つき π 型ラーメン橋であるが、工場でプレキャストして架設した工事報告である。

架道橋をプレキャストすることによるメリットは、その形式、工事の規模によっても相違するが、つぎのような点をあげることができる。

- 1) 急速施工
- 2) 現場の他工事への障害の軽減
- 3) 労働事情の改善

本橋は京王帝都電鉄(株)によって富士山麓別荘地内の立体交差橋として計画されたもので、本橋の場合プレキャスト化は工期の短縮、施工時の気候条件などを考えて実施されたもので、この種形式の PC 橋をプレキャスト施工したものは、わが国ではまだ例がなく、本橋が最初のものである。

以下プレキャスト PC 斜材つき π 型ラーメン橋の設計施工について、その概要を報告する。

2. 設 計

本橋の設計条件をつぎに示す。

工 事 名：富士山麓その 1 橋梁工事
施 工 地：山梨県南都留郡鳴沢村字富士山
橋 長：39.50 m
桁 長：39.50 m

* 日本鋼弦コンクリート株式会社工事部長
** " 技術部次長
*** " 工事主任

支 間：5.70+27.50+5.70 m

有効幅員：5.00 m

橋 格：二等橋 (TL-14)

形 式：PC 斜材つき π 型ラーメン

材料強度：

コンクリート

設計基準強度 $\sigma_{ck}=350 \text{ kg/cm}^2$

許容曲げ圧縮応力度 $\sigma_{ca}=115 \text{ kg/cm}^2$

$\sigma_{cat}=150 \text{ kg/cm}^2$

許容曲げ引張応力度 $\sigma_{cat}'=13.5 \text{ kg/cm}^2$

$\sigma_{ca}'=0 \text{ kg/cm}^2$

PC 鋼材 (12- $\phi 7 \text{ mm}$)

引張強度 $\sigma_{pu}=155 \text{ kg/mm}^2$

降伏点強度 $\sigma_{py}=135 \text{ kg/mm}^2$

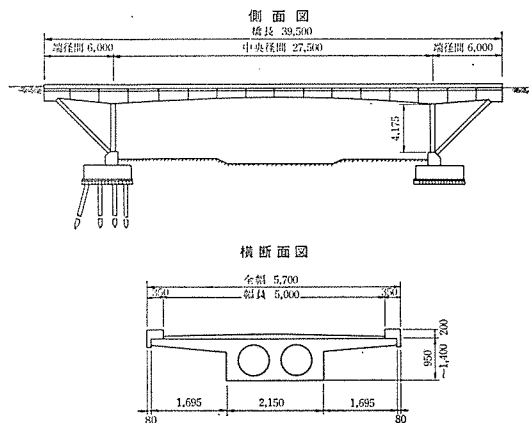
許 容 値 $\sigma_{pa}=93 \text{ kg/mm}^2$

$\sigma_{pi}=121 \text{ kg/mm}^2$

一般構造図を 図-1・折込付図 に示す。

PC 斜材つき π 型ラーメン橋は、鉛直材、斜材の両端をヒンジ構造としているので、構造解析上は一次不静定系で、不静定力にラーメン支点の水平反力を選んでこれを X とすれば次式により求められる。

図-1 一般構造図



$$X = -\frac{\delta_{1x}}{\delta_{11}}$$

δ_{1x} : $X=1$ によるラーメン支点の変位量

δ_{11} : 荷重による H 作用方向のラーメン支点の変位量

したがって、ラーメン支点の一方をローラー支承と仮定して静定系における断面力を M, N とし、不静定水平力 X の作用によって生ずる断面力を \bar{M}, \bar{N} とすれば

$$X = -\frac{\int \frac{M\bar{M}}{EI} \cdot dx + \int \frac{N\bar{N}}{EA} \cdot dx}{\int \frac{\bar{M}^2}{EI} \cdot dx + \int \frac{\bar{N}^2}{EA} \cdot dx}$$

となり、これより断面力を求めたものを 図-2, 3 に示す。コンクリートのクリープ係数および乾燥収縮度は、

図-2 曲げモーメント図

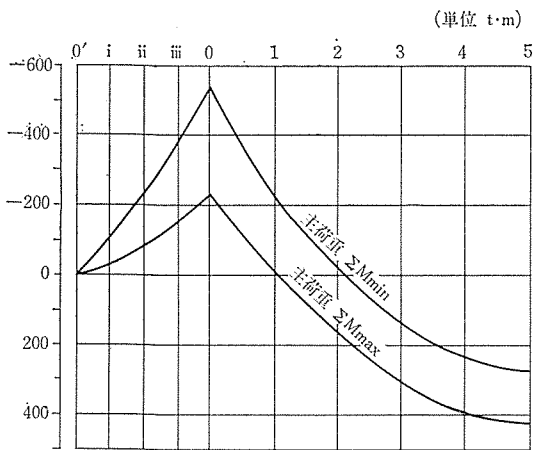


図-4 部材のコネクション

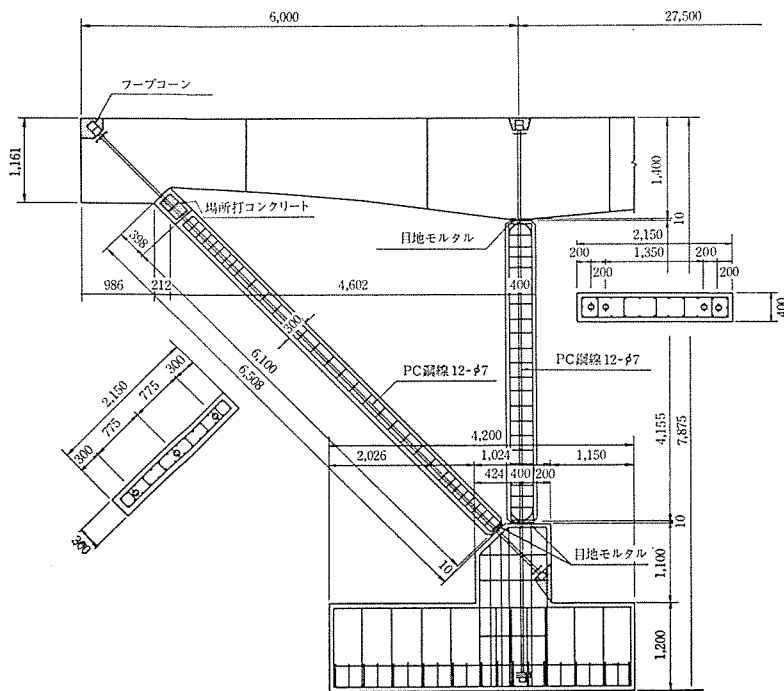
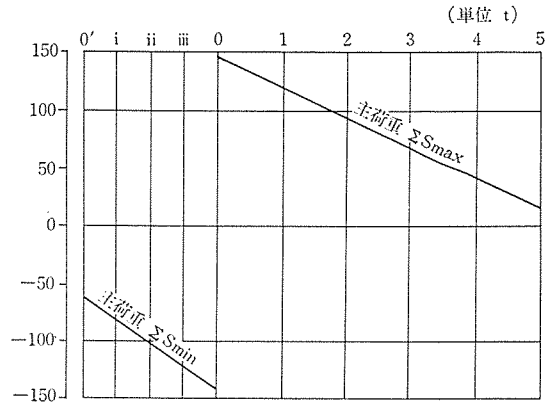


図-3 せん断力図



プレストレスを与えるときのコンクリートの圧縮強度と最終圧縮強度との比によって低減した。

鉛直材は一般には鉄筋コンクリート部材であるが、本橋の場合は部材のコネクションを考慮して 図-4 に示すように PC ケーブル 12-φ7 mm をフーチング施工時にデッドアンカーし、2 ケーブルを鉛直材の上端で、他の 2 ケーブルを主桁上縁まで配して定着する構造とした。

斜材の PC 鋼材は PC 鋼棒でもよいが、本橋は 12-φ7 mm ケーブルとした。

主桁のブロック割りをどのようにするかは、運搬設備や架設の方法と架設機械の種類などによって定めなければならないが、本橋の場合は幅員が 5.0 m と比較的広いので横目地方式とし、運搬可能なブロックの大きさから 2.5 m の均等割りにし、16 ブロックで主桁は構成される。ブロック目地には施工上の要求からせん断キーを設けた。

プレキャスト部材の自重は、鉛直材は 8.6 t、斜材 9.8 t、主桁ブロックは最大 18.3 t、最小 12.2 t である。

斜材と主桁との連結部分に約 40 cm の場所打ち部分を入れて、プレキャスト部材の組合せに必ず考慮しておかなければならない誤差のにげ箇所とした (図-4 参照)。

3. 施 工

(1) プレキャスト部材の製作

プレキャスト部材はすべて工場で作製を行なった。製作に先だち、施工方法との関連における仮設備関係を十分検討しあらかじめ部材に設備した。

a) 型わく 鉛直材、斜材の型わくは矩形断面でもあり特記する事項はないがいずれも鋼製型わくを用いた平打方式に

図-5 ブロック製作

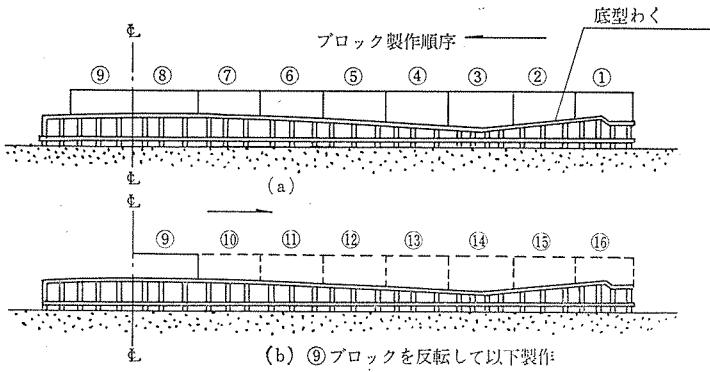
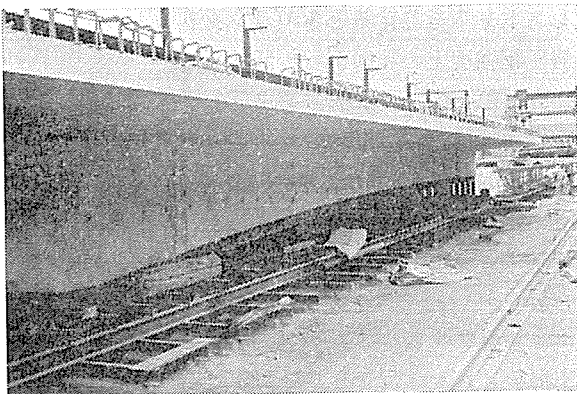


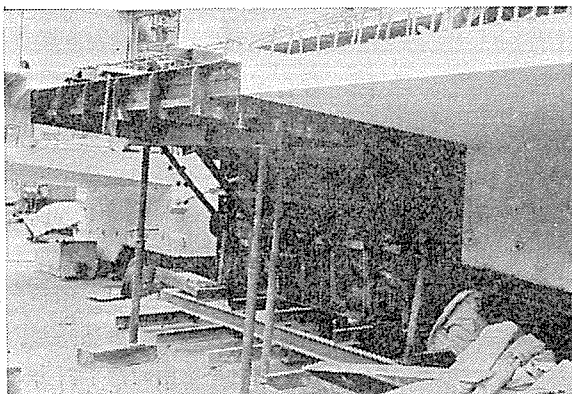
写真-1 工場でプレキャスト



した。主桁は前にも書いたように 16 ブロックにすること、桁高さが変化するため図-5 に示すように底型わくは桁長さの 1/2 より 1 ブロック分だけ長い底型わくを工場内の製作ヤードにセットした(写真-1 参照)。橋の縦断勾配は主桁では直線勾配としたため、底型わくは中央点でこの勾配分だけ折り曲げた構造とした。底型わくの長さは、主桁ブロックの接合時に目地厚が極微ではあるが生じ、ブロックの数が多いほどこれが累積されるので、本橋の場合は、全体の長さが所定の寸法より 15 mm 短く製作するように配慮した。

側型わくは 1 ブロックずつ製作するために 1 ブロック分の型わくを設備し、桁の高さが変化しても同じ側型わくで製作できるように底型わくを両側わくではさみ、特

写真-2 側型わく



殊なホームタイでこれを緊結する方法にした。また側型わくの高さを定めるために写真-2 にみられるように底型わくの側面に □ 型鋼を所定の位置に固定し、この上に側型わくをのせることによって、自からその高さが定まるように考慮した。

部材端面の型わくは鋼板に補強桁をつけたもので、ブロック幅に対して 1 つものとし PC ケーブル定着部用に 1 個、中間用として 2 個を設備した。各ブロックによって PC ケーブル用のシース位置が変化するので、そのつど改造して使用した。中空部の型わくは鋼板を加工しくり返し使用した。

b) 製作 主桁ブロックの製作順序は、図-5 でブロック番号の ① から順次 ②, ③ …… と製作し ⑨ ブロックまで製作したときこの ⑨ ブロックを 180° 半転し図-5 (b) のようにセットして以下同様に ⑩ ブロックから製作する方法をとった。ブロックの打継面のはく離剤は、石けん水と珪酸ナトリウムとの混合したものを用いた。

ブロック目地部のせん断キーはコンクリートに凹凸を 2 ヶ所と鋼製キーとを併用した。これは架設作業時のガイドをかねるためのものでもある。

シースの配置は、ブロック長さのものをコンクリート打継目でつき合わせる方法で行ない、シースの形状を保つためもあって、5 m 程度の PC 鋼線をこれにそう入してブロック接合面でシースに角度化を生じないように特に注意した。

コンクリートの打設は自走式門型クレーンにて行ない側型わくに取りつけた型わく振動機と内部振動機とを併用してコンクリートの締固めを行ない、養生は蒸気養生にて行なった。主桁ブロックの製作は 3 日サイクルで実施された。コンクリートの示方配合を表-1 に示す。

表-1 示方配合

	粗骨材 最大寸 法 (mm)	スラン プの範 囲 (cm)	単位 水量 W (kg)	単位セ メント 量 C (kg)	水セメ ント比 W/C (%)	総体細 骨材率 S/A (%)	コンクリート 1m ³ に用いる表面乾燥 飽和状態の骨材重 量 (kg)			混和剤 (%)
							全量	細骨材	粗骨材	
1m ³ 当り	25	5~7	160	381	42	39	1882	729	1153	0.5

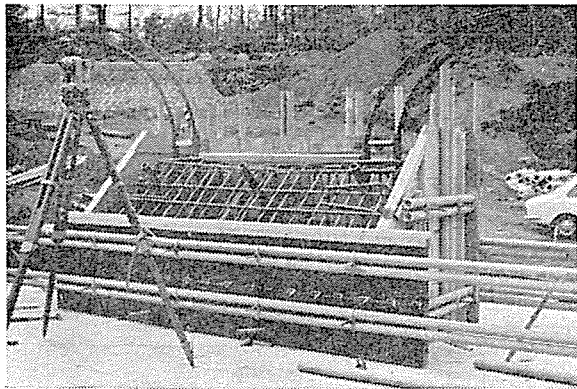
(2) 基礎

基礎の構造は杭基礎方式の場所打コンクリートで、基礎杭は φ300、長さ 8.0 m の RC 杭を 1 基あたり 18 本使用し、掘削前に杭打ちを行なった。ボーリング調査結果によると 6 m 程度の深さに岩盤があり、その位置に杭の打ち止めをする計画であったが、実施は一方の基礎はほぼ計画どおりであったが、他方の基礎は計画より浅い位置に岩があることが施工で判明した。フーチング中に鉛直材の PC ケーブルの定着をデッドアンカーするため

にシースに薄肉鋼管を使用し、これにアンカープレートとフープコーンを固定し、コンクリート打込み時に移動しないようにした（写真-3 参照）。

フーチングと鉛直材、斜材との連結部のコンクリート面は特に注意し、所定の高さに精度よく施工した。

写真-3 基礎にアンカーの PC ケーブル



(3) 支保工

支保工は写真-4 にみられるように中央スパン部はパイプ支保工とし、サイドスパン部は斜材の架設スペースをとるためにHビームを用いて支保工とした。

パイプサポートの上に角材をおき、この上にIビームをわたした。

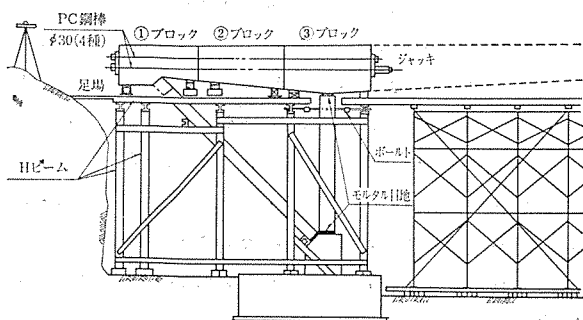
主桁ブロックは高さに変化するが、支保工の計画面は水平になるようにし、桁下面の高さの変化に合わせて合わせるようにはしなかった。

(4) 架 設

プレキャスト部材の運搬は、工場より大型トラックで行ない、作業日程に合わせて必要な部材を運搬し仮置きをしないで、トラックよりただちに所定の位置に架設した。架設順序は両支点の鉛直材、斜材を架設してから主桁ブロックを架設する順によった。

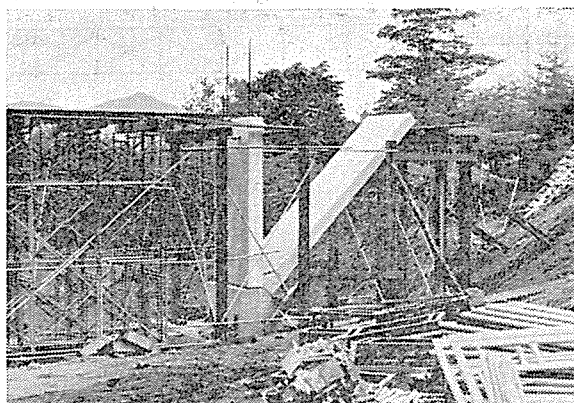
鉛直材、斜材の架設は基礎との連結部にモルタルを10mm程度均一にしき、ただちにプレキャスト部材を35tトラック クレーンでつり、PC ケーブルを部材のシース内に通しながら所定の位置に静かにセットした。鉛直材は図-6 にもあるように、ボルトで倒れ止めを行なって固定し、目地モルタルのなじみをよくするため

図-6 架 設 図



に部材に振動を与えた。鉛直材に通されたPCケーブルのうち2ケーブルを鉛直材の上端で緊張定着した（写真-4 参照）。

写真-4 鉛直材と斜材の架設



主桁ブロックの架設は、最初に鉛直材にのるブロックから行なったが、このブロックがブロック接合における基準となるので、工場であらかじめ設けた基準点を慎重に測定し所定の位置にセットした（写真-5 参照）。鉛直

写真-5 主桁の基準ブロックの架設



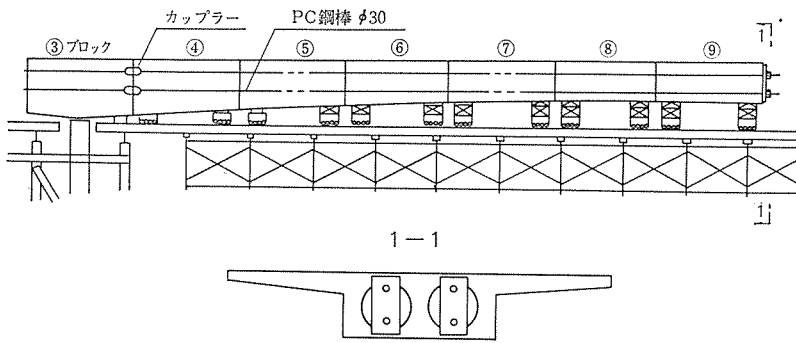
材との目地は他と同様にモルタル目地である。以下、主桁ブロックの架設順序は図-6 に示すように、2,1 ブロックと行ない1 から3 ブロックまで第1回の仮締めを行なった。

ブロックの仮締めは主桁断面の中空部分に $\phi 30$ mm のPC鋼棒4本をそう入し、220tの緊張力を与えて目地を密着した。

翌日仮締めPC鋼棒の緊張力をいったん解放したのち図-7 に示すように4ブロックから9ブロックまでを架設し、PC鋼棒を継いで第2回仮締めを行ない、第3回は10~13の4ブロックまでを行ない、以下残りのブロックは架設後ただちにプレストレスの導入を行ない、仮締めを行なう必要がなかった。

主桁ブロックは支保工上のIビームにコロのついた受台を特に製作して、ブロックが仮締め時にスライドできるように考慮し、また、ブロックの架設高さはレベルにて

図-7 主桁ブロック仮締め

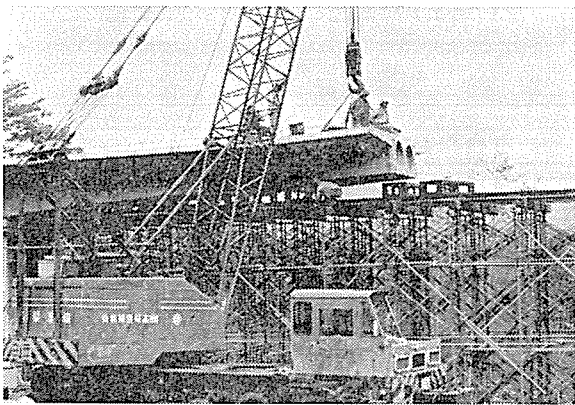


常時測定しながら調整を行なって所定の高さにセットした。

ブロック接合面の処理はワイヤー ブラシではなく 離剤やレイタンスを取り除き、接着剤をゴムベラを用いてブロック断面に一様に塗布した。接着剤は(株)ショーボンド製のエポキシ樹脂系の接着剤を用い、ブロック接合面の片面にのみ塗布して接合した。

架設時の状況を写真-5, 6 に示す。

写真-6 主桁ブロックの架設中

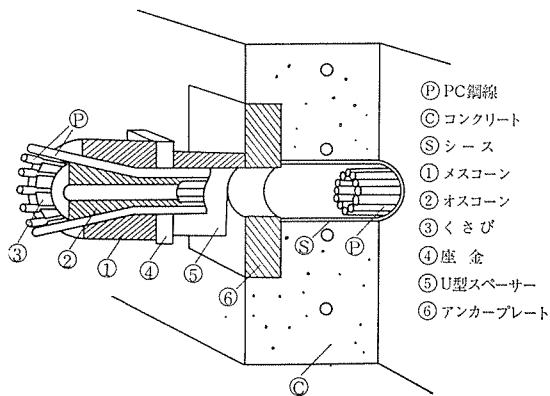


(5) プレストレッシング

PCケーブルの定着は国産PC工法のフープコーン工法(図-8 参照)による。

最後の主桁ブロックが架設完了後ただちに 12φ7mm のPC鋼線を一端よりそう入し緊張した。全長 39.5m

図-8 フープコーン構成図



であるが非常にスムーズに通すことができた。

PCケーブル数は主桁 18 ケーブル、斜材に 3 ケーブルである。本橋のようにプレキャスト化によって分割施工されると構造形式が変わるので、プレストレスの導入は計画されたとおりの手順で慎重に行なう必要がある。

本工事の場合、PCケーブルの緊張手順は主桁のケーブルと斜材のケーブルの緊張とを交互に行ない部材に有害な影響を与えないように表-2 に示す緊張手順にそって行なった。すなわち、

表-2 ケーブル緊張手順

作業手順	主桁のケーブル	斜材ケーブル
手順 1	1~6 ケーブル緊張	
2		1 ケーブルを緊張
3	7~12 ケーブル緊張	
4		2 ケーブルを各 1/2 緊張
5	13~18 ケーブル緊張	
6		2 ケーブルを再緊張する。

最初主桁ケーブル 6 ケーブルまで両引きで 1 本ずつ緊張定着してから斜材の 3 ケーブルのうち 1 ケーブルを両支点で同時に緊張定着した。つぎに主桁ケーブルの 7~12 まで同様に行なったのち、斜材の他の 2 ケーブルを 1/2 緊張力で定着し主桁の残る 6 ケーブルを行ない、斜材の上端部に場所打コンクリートを打設し、所定の強度に達したのち残る斜材の 1/2 緊張力を 2 ケーブルについて引き直しを行なって PC ケーブルの緊張作業を終了した。

サイドスパンのブロック受台は手順 1 の段階で取り除き、中央スパンでは手順 4 のとき受台から荷重が離れた。主桁の PC ケーブルを緊張すると主桁の端部は上に反り、斜め PC ケーブルを緊張すると下にたわむので、この部分の支保工はできるだけ早く取り除くのがよい。グラウトについては特記することがなく省略する。

(6) 橋面工

橋面工では地覆にプレキャスト板を使用した。プレキャスト板の形状は厚さ 6cm の 20×49cm と 38×49cm で工場製作したもので、図-9 に示すように主桁からの地覆筋とプレキャスト板の鉄筋(D 10)とを溶接して高欄を建近み後、場所打コンクリートを打設して地覆を完成した。これは地覆の型わく工事を軽減することと仕上がりをよくすることを目的としたもので、一応目的を達成することができた。施工の結果、なお今後の改良点としてプレキャスト板を、もう少し長くしたほうが作業効率をあげることができるものと考えられる。

施工中および場所打コンクリート打設後の写真を写真-7, 8 に示す。

図-9 地覆断面

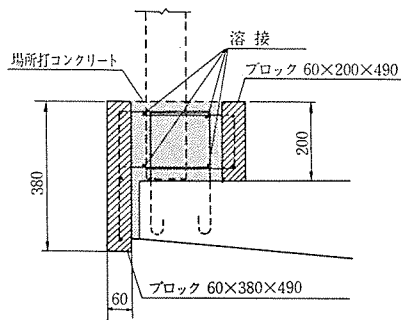


写真-7 地覆のプレキャスト板セット

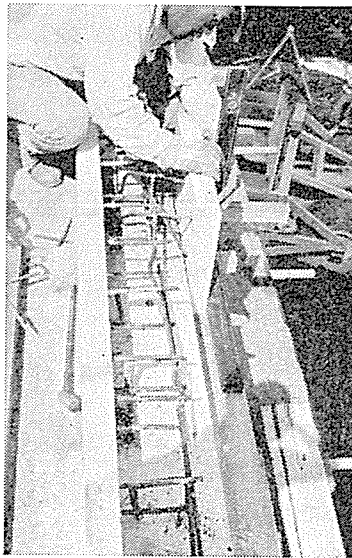
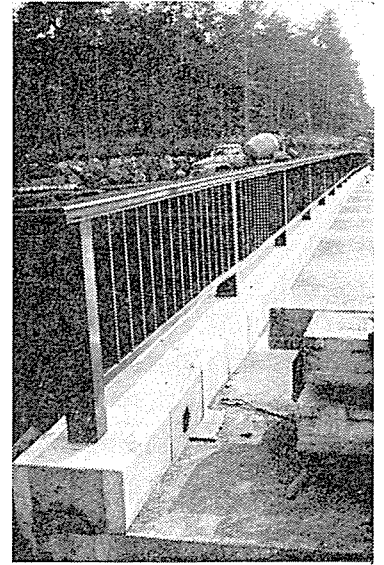


写真-8 完成した地覆



(7) 工 期

本橋の実施工程を表-3に示す。プレキャスト部材は工場製作のため現場の工程と別のもと考えここでは記述しなかった。

基礎工事は現場の全体工事に対して大きな

表-3 工 程 表

工種	月日	20	30	10	20	30	10	20
掘削・基礎工		[Bar]						
支保工・組立・解体					[Bar]			
架 設						[Bar]		
緊張・グラウト工							[Bar]	
橋 面 工							[Bar]	

比率をしめているが、現場打コンクリート施工のためにもよるが、コンクリートの養生期間を十分にとったことによるものである。したがって、同じような橋がいくつか同時施工できる場合などは、これらの工期は累積されないで、よりスピード施工が可能となる。

なお、参考のため舗装工を除いた工事金額は1500万円であったことを追記する。

本橋の完成のすがたを写真-9~11に示す。

写真-9 完成後下からみた主桁



写真-10 完成した橋の遠望

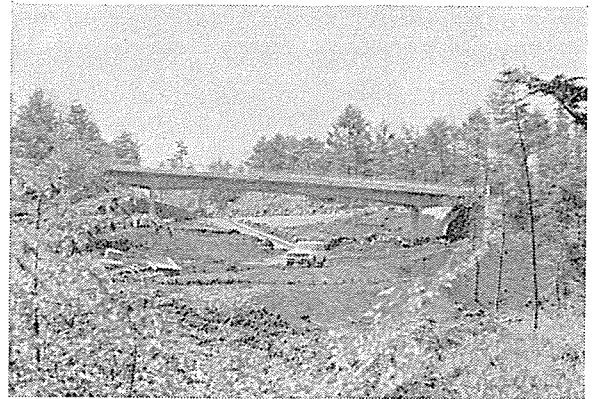
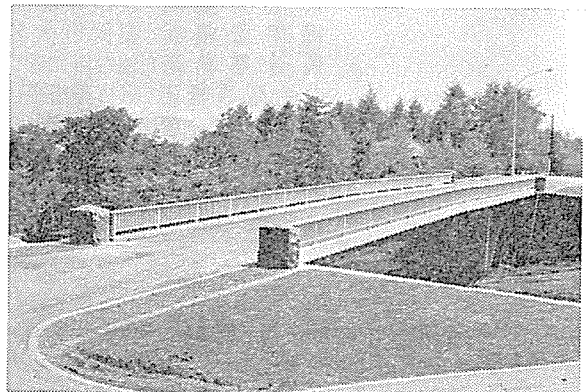


写真-11 完成した橋の橋面



4. あとがき

架道橋としてのPC斜材つきπ型ラーメン橋がプレキャスト化に最も適した形式とはいいたい点もあるが、本橋の場合、プレキャスト化することによって現場作業の工期短縮、支保工による他工事への障害の軽減、さらに労働事情の改善など一応初期の目的を達成することができた。

また、本橋は従来施工されてきた場所打方式の場合とまったく同じ形状のものをプレキャスト化して架設したものであって、今後、より急速施工のための施工法の研究を進めなければならない。

この種の形式の橋をプレキャスト施工した例もなく、また経験もなかったが、施主の深いご理解と綿密な計画のもとに実施してここに完成をみたのである。

最後にこの形式の架道橋のプレキャスト化について調査、研究を進めておられる高速道路調査会の架道橋委員会 山下宣博氏をはじめ各幹事の方々に適切なご助言をいただきましたことを感謝申し上げます。

参 考 文 献

- 1) 高速道路調査会：コンクリートプレキャスト 構造分科会報告 No. 4.
- 2) プレストレスト コンクリート技術協会：プレキャストブロック施工マニュアル 1968.
- 3) 猪股俊司：プレストレスト・コンクリートの設計および施工、技報堂
- 4) 大谷光信・木元喬之：新豊橋の設計・施工について、プレストレスト・コンクリート Vol. 10, No. 2.
- 5) Australian Civil Engineering : Precast Concrete Segments Speed Freeway Bridge Construction 5 August 1968.

1969.9.12・受付



プレストレスト・コンクリート

○各種構造物の設計・施工

BBRV, フレシネー, MDC, SEEE工法

○セメント二次製品の製造・販売

PC製品(桁, ハリ, 版類, マクラギ)
ポール
パイル(PC, RC)
ブロック類

帝都高速度交通営団 5号線長島町工区
延長 643m 複線



北海道ピー・エス・コンクリート株式会社

本社・東京営業所	東京都豊島区北大塚1丁目16番6号(大塚ビル)	電話 東 京(918)6171(代)
札幌営業所	札幌市北三条西4丁目(第一生命ビル)	電話 札 幌(24)5 1 2 1
大阪営業所	大阪市北区万才町43番地(浪速ビル東館)	電話 大 阪(361)0995~6
福岡営業所	福岡市大名1丁目1番3号(石井ビル)	電話 福 岡(75)3 6 4 6
仙台事務所	仙台市元寺小路172番地(日本オフィスビル)	電話 仙 台(25)4 7 5 6
名古屋事務所	名古屋市中区錦3丁目23番31号(栄町ビル)	電話 名 古 屋(961)8 7 8 0
美唄工場	美唄市字美唄1453の65	電話 美 唄 4 3 0 5 ~ 6
幌別工場	北海道幌別郡登別町字千歳	電話 幌 別 2 2 2 1
掛川工場	静岡県掛川市富部	電話 掛 川(2)7171(代)

常にエポキシ樹脂による

新工法の先鞭をつける

ショーボンド

ショーボンドは 過去10年間 絶えず
新しい工法の研究を行ってきました

新しい橋梁の伸縮継手装置
カットオフ・ジョイント工法

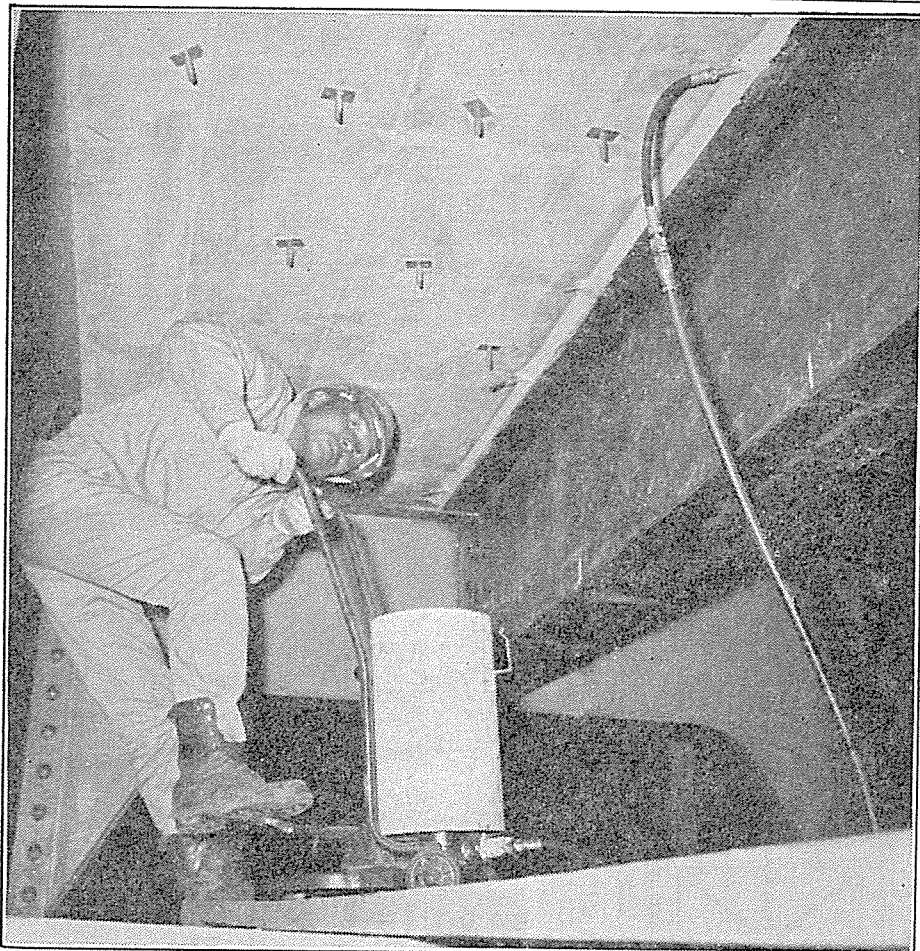
コンクリートのクラック補修
ショーボンド・グラウト工法

橋面舗装の軽量化をはかる
レジンファルト薄層舗装工法

桁及び床版の耐荷力の増強を図る
橋梁床版補強工法

橋梁のプレハブ化を促進する
ショーボンド合成桁工法

鉄・コンクリートの防水・防蝕に
ショーボンド・ライニング工法



(ストリンガー増設工法による橋梁床版補強工事)

株式会社 **ショーボンド**

本社：東京都千代田区神田小川町2-1(木村ビル) TEL.292-6941(代表)

営業所：東京・横浜・千葉・宇都宮・前橋 *大阪・京都・神戸・和歌山 *名古屋

・静岡・岐阜・三重 *福岡・広島・岡山・高松 *札幌・仙台・新潟・富山

工場：川口・四日市