

【報 告】

最近のプレビーム橋の施工 (長径間桁, 下路桁, ブロック桁)

Construction Report of Pre-Beam Bridges in Recent Years
(New Type of Long Span, Through Girder Bridge, Brock Method)

渡 辺 滉 *
Hiroshi WATANABE
境 豊 和 **
Toyokazu SAKAI
和 泉 泰 二 ***
Taiji IZUMI
山 岸 武 志 ****
Takeshi YAMAGISHI

〔要旨〕 わが国におけるプレビームの研究は、昭和41年頃に一応の研究を終え、昭和43年に日本最初のプレビーム合成桁橋（玉津橋：大阪市）が完成した。以来今日までの16年間その特色を発揮し、他型式より非常に低い桁高で設計施工ができる橋として、河川改修に伴う架換橋、跨線、跨道橋等に使用されてきた。この間に、このプレビームを応用した建築梁等も実現してきたが、ここでは、最近実施されたプレビームの応用例（長径間桁，下路桁，ブロック桁）について述べ、今後の設計施工の資料に供したい。

1. はじめに

日本でのプレビーム橋の歴史は16年を数えるが、年々その開発も進み、道路橋・鉄道橋から建築梁へと応用されてきた。本報告は、このプレビームを用いた最近の特色ある応用例（長径間桁，下路桁，ブロック工法）について述べる。これらはいずれも今までの技術の蓄積により開発する事が出来たものと考えられ、プレビームの適用範囲もさらに一歩進んだものとなった。

2. 長径間桁（新川橋）

2-1 概 要

本橋は、静岡県が事業主体となり、私鉄遠州鉄道の立体交差化事業（浜松市街地を中心に北方に約2.6kmの区間を連続高架化する事業）の起点である新浜松駅付近に完成した橋である。橋梁規模は支間49.2mと世界的に例を見ない長径間プレビーム鉄道橋となった。橋種選定にあたっては、振動・騒音等の環境問題、ビル群密集地での架設・施工および経済性を含めて種々の型式を比較検討した結果、プレビーム合成桁が採用されたものである。

2-2 橋梁諸元

- 1) 発注者 ; 静岡県浜松土木事務所
- 2) 工事場所 ; 静岡県浜松市旭～鍛冶町内
- 3) 一般図 ; 図-1 参照
- 4) 設計条件 ;

脚中心間長 50.000m
桁 長 49.900m

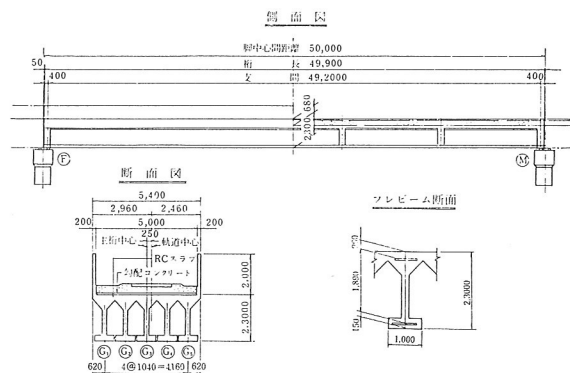


図-1 一般図

支 間	49.200m
型 式	プレビーム合成桁（単線）
活 荷 重	KS-12
主桁本数	5本
桁 高	2.300m (スラブ上面～桁下面)
ス ラ ブ	RCスラブ25cm
使用鋼材	(SM58, SM50Y, SM53) 合計167t
コンクリート	下フランジ 設計基準強度 $\sigma_{ck} = 50.0 \text{ kg/cm}^2$

2-3 設計・施工に関する留意点

長径間桁に対する留意点を表-1に示す。

表-1 留意点

	特 徴	留 意 事 項	対 応 策
設計 に 関 する 事 項	支 間 が 長 い ($l=49.2\text{ m}$)	プレフレクション時、輸送架設時における横座屈	・引張りジャッキによるプレフレクション工法の採用 ・横支持装置の検討および改良 ・プレビーム輸送時における支持点の検討 ・プレビーム輸送時の路面こう配差によるけたの許容ねじれ量の検討 ・けた架設時つり点位置およびつり金具の検討 ・けた2本架設後の横座屈に対応する横げたの検討
	プレフレクション荷重が大きい ($P_r=167\text{ t}$)	プレフレクション時における横座屈	・引張りジャッキの採用および横支持装置の検討、改良
	主 げ た 間 隔 が 狭 い ($W=1.04\text{ m}$)	床版、横げたの構造および型わく組払い 支 承 (ベアリング支承) の据付け、調整	・床版コンクリートと横げたコンクリートの打設方法および床版型わくおよび横げた下面型わくの形式の検討 ・下柵は架設前に無収縮モルタルで固定する ・架設後支承サイドブロックが取付けできるように両支点付近の下フランジコンクリートを切欠く
施工 に 関 する 事 項	架橋地点が都市中心部である	・橋りょう側面の美観およびメンテナンス	・橋面に排水ダクトを設け、橋脚部のみで排水することにより、橋りょう側面の美観を損ねず、けた下の交通を妨げずに維持管理ができるよう検討
		・主げた製作ヤードの確保	・ヤードの選定にあたっては下記条件により検討 (1) 架橋地点からできるだけ近いこと (2) けた製作に必要な面積を有し、けた搬出が容易なこと (3) 架橋地点までの道路が整備されていること
		・輸送、架設における障害物	・輸送経路および架設地点における架空線、地下埋設物(上水、下水、電気、ガス、電々等)および既設構造物(橋りょう、地下道、カルバート等)の現状調査および耐荷力の検討
		・工事施工時における都市機能への影響	・けた輸送、架設は都市活動の低下する夜間の時間帯の検討 ・けた下交通および第3者への危害、迷惑防止措置の検討
	部 材 断 面 が 大 き い	・下フランジコンクリートの均一性	・高性能減水剤を添加し流動化したコンクリートを実物大の下フランジ模型に打設実験を行ない、下フランジ断面全般にわたってほぼ均質な分布になることを圧縮強度および洗い出し試験により確認
		・ウェブコンクリートの打設時期	・けた輸送、架設時重量を軽減するためウェブコンクリートは架設後打設を検討
		・ウェブコンクリートの品質	・ウェブ厚が薄く、高さが高いため、ウェブコンクリートの流動化を検討
	ベアリング査の使用	・セット時のけたの転倒	・主げたは否で受けるが、回転を一時的に拘束する仮受け材の設置の検討

2-4 施 工

工事の全体フローチャートを図-2に示し、各項目について説明する。

1) ヤード工

プレビーム製作が現場の場合には、ヤード場所、広さの選定が工事工程、経済性に大きなウェイトを占める。本橋では、前項で述べた留意点に従い調査検討し、架橋地点から約4.2km離れた浜松市曳馬町内に設けた。

2) プレビーム製作

① プレフレクション

プレフレクションでは鋼桁に比例限界に近い荷重を与えるため、主桁の横座屈に対する安全性の照査が必要となる。本橋では、従来行っていた鋼桁をしほり込む方式より座屈荷重が大きくとれる(川田技報Vol.3 参照)引張りジャッキ方式を採用した。また、フランジ固定点と

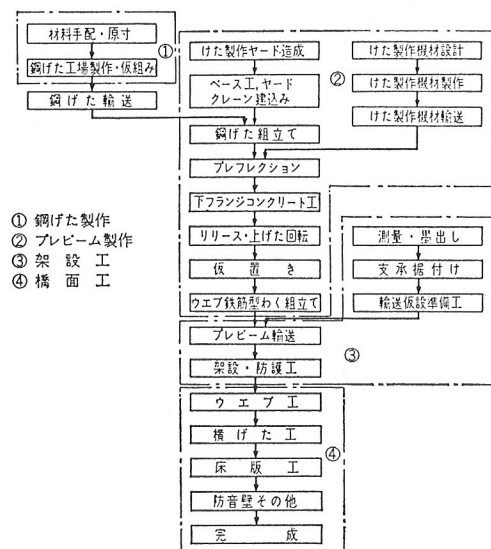


図-2 全体フローチャート

しての横支持装置についても改良を加え、桁の安全性を増した。図-3、写真-1、2に引張ジャッキ方式、横支持装置の詳細を示す。

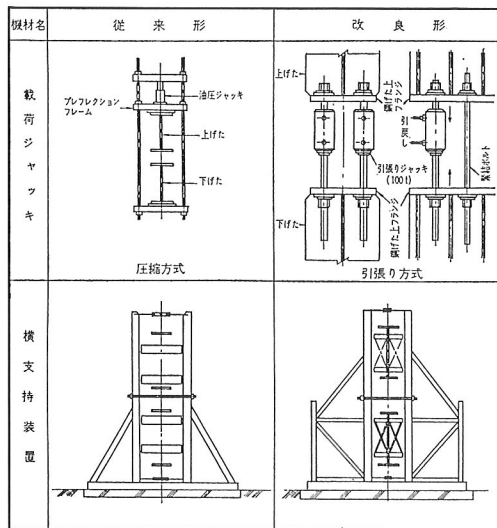


図-3 引張ジャッキ、横支持装置

② 下フランジコンクリート打設

下フランジコンクリートは $\sigma_{ck} = 500 \text{ kg/cm}^2$ (σ_{rl} の材令7~8日)と早期に高強度が要求され、また、スランプの小さいコンクリートでは、局部にコンクリートが回りにくい断面構成であることから、ワーカブルなコンクリートが必要となる。本橋では実橋と同一断面構成でのコンクリートの打設方法およびそれによるコンクリートの均一性について確認試験を金沢大学と共同で行った。実験方法、結果を以下に示す。

(a) 実験方法

実験は、幅1.0 m×長さ2.5 mの型枠に鉄筋および鋼桁下フランジを配して、高性能減水剤を添加したコンクリートを図-4の①~④の順序にて打設。これを一点鎖線で示した9ヶ所のブロックに分割し、各々テストピースを採取して圧縮および洗い出し試験を行った。表-2にコンクリートの配合を示す。

(b) 実験結果

結果は、コンクリートの圧縮強度、単位容積重量はコンクリート打込点からの距離に影響をうけ、打込点から離れるに従い強度の低下が認められた。これは、コンクリートの締め固めおよび若干の材料分離による骨材量の変化が原因と考えられる。しかし、全体的に見て、基準コンクリート強度と比べるとその差は少なかった(基



写真-1 横支持装置



写真-2 引張ジャッキ

準コンクリート強度=1.0に対して0.98~1.29の範囲)。

以上、実験の結果から両側からの打設方法の有義性を確認でき、実橋に採用した。

③ リリース、上桁回転

下フランジコンクリートが所定の圧縮強度($\sigma_{rl} = 500 \text{ kg/cm}^2$)に達した事を確認した後、リリース(プレフレクションと逆作業)を行う。リリース完了後上桁は天地逆であるため、回転作業を行う。この作業は、あらかじめ製作した鉄筋コンクリートベース上に回転枠を3基据え付け、門型クレーンの相吊りでプレビームを回転枠内に納め、門型クレーンの主巻きで惜しみを取り、補

巻きで回転力を与えて行った。

3) 輸 送

プレビームの輸送には、大型特殊トレーラーを改造し、桁転倒防止材を取り付けた。ヤードからの輸送経路は、桁輸送車の輪荷重、桁長をもとに通荷する道路幅員、交差点の広さ、既設構造物、地下埋設物、立木その他障害物の調査をもとに、安全で経済的な経路を選んだ。輸送時 (= 架設時) の連絡系統を図-5 に示す。

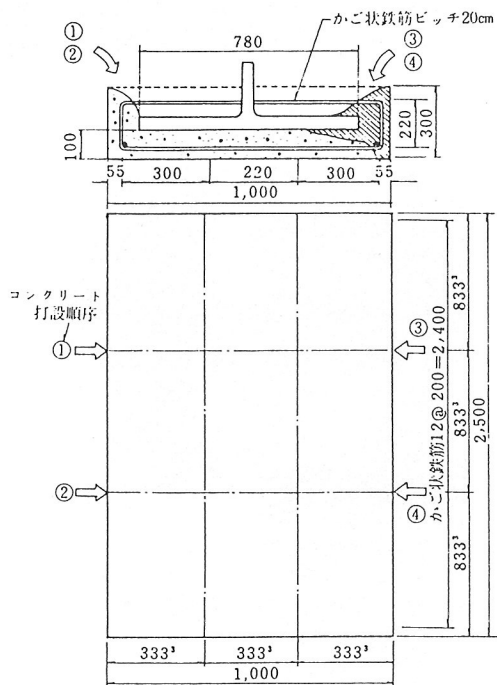


図-4 型枠の形状及びブロック分割様式

表-2 コンクリートの配合

S cm	L mm	M mm	Air %	W/C %	S/a %	単位量 (kg/m ³)				
						W	C	S	G	混和剤* Pz・5L
21	25	—	—	35.0	42.0	168	480	728	1,014	1.20

* 後添加混和剤として現場にてマイティ150×1.92kg/m³
(0.4%) 使用

4) 架設工 (図-6 参照)

架設地点は浜松市街を南北に流れる新川と県道浜松停車場線が交差する新川橋上である。架設時における制約は、

① 県道の交通量が2万台/日と多く、日中の交通止めは不可能である。

② 桁の吊り点は、両支点より11mの点に規定される。

③ 現橋上でのトラッククレーン作業は、現橋の設計荷重を超過する。

④ 架設地点の県道には、下水道管、特高圧電線用マンホール、電々マイクロ回線等の地下埋設物がある。

以上について検討を行い、架設工法は機動性のあるトラッククレーン(150t吊り)2台による相吊り架設と決定し、地下埋設物の養生は敷鉄板によることとした。また、桁1本架設後の状態は不安定であるため、転倒防止用鋼製支保工を新川橋上に2ヶ所建て込み、2本目の桁架設、横桁取り付け完了後支保工を撤去する方法を採用した。

5) 床版、橋面工

省略する。

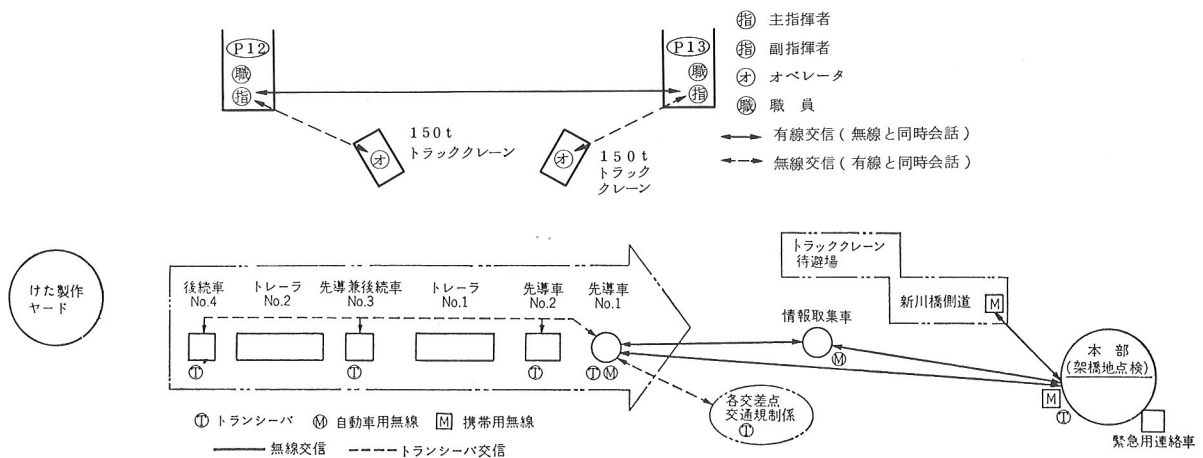


図-5 輸送架設時連絡系統

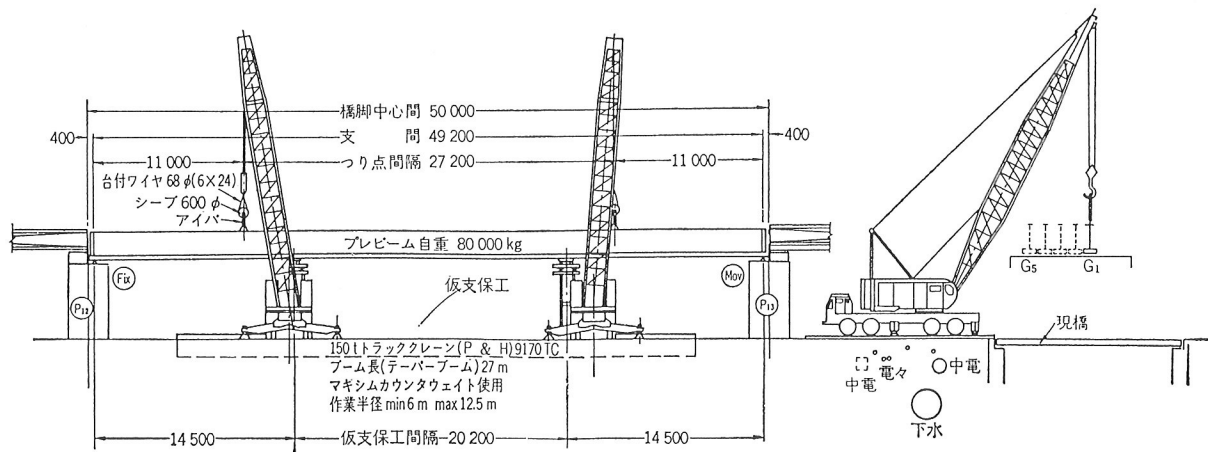


図-6 架設図

3. 下路桁（天王寺吾彦架道橋）

3-1 概要

本橋は大阪市が進める立体交差化事業に関連しての近鉄阿倍野線の高架化事業のうちの一橋である。極度の桁高制限と市街地における環境（騒音）問題及び施工上の制約から我が国で初めて採用された下路式プレビーム鉄道橋である（写真-3 参照）。

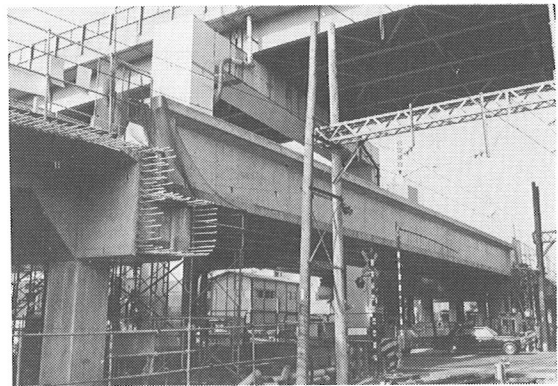


写真-3 施工中の下路桁

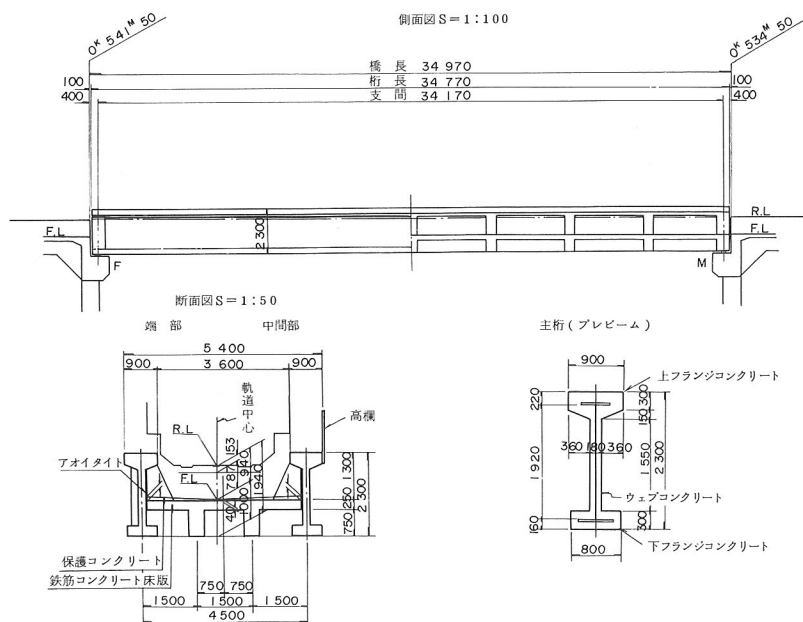


図-7 一般図

3-2 橋梁諸元

- 1) 発注者；近畿日本鉄道㈱
- 2) 工事場所；大阪市阿倍野区
- 3) 一般図；図-7参照（A橋とB橋があるがA橋を示す。）
- 4) 橋 長；34.970m
- 5) 桁 長；34.770m
- 6) 支 間；34.170m
- 7) 型 式；下路式プレビーム合成桁
- 8) 荷 重；KM-18
- 9) 桁 高；2.300m
- 10) 主桁本数；2本
- 11) 主桁間隔；4.500m
- 12) 使用鋼材；主桁 SM58, SM50Y, 53, SS41,
横・縦桁 SM41 合計36t
- 13) コンクリート；下フランジ $\sigma_{ck}=500\text{kg/cm}^2$
上フランジ $\sigma_{ck}=350$ "
ウエブ $\sigma_{ck}=240$ "
スラブ $\sigma_{ck}=240$ "
縦桁・横桁 $\sigma_{ck}=240$ "
- 14) 適用図書；「プレビーム合成げた橋設計施工指針」
；「鉄筋コンクリート及び無筋コンクリート構造物設計仕様書」
；「鋼及び合成桁鉄道橋設計仕様書」
；「鋼標準」
；「RC標準」

3-3 型式の選定

型式の選定にあたっては、3-1で述べた条件を比較検討した結果、下路式のプレビーム合成桁が採用された。

3-4 設 計

プレビームの設計に関しては従来の桁と同じであるが、留意点を以下に示す。

- 1) 床組の荷重は縦桁と横桁から主桁に伝達される。
- 2) 主桁と横桁の連結はH. T. Boltで行うが、構造解析においては連結部をヒンジと考える。
- 3) 床版は縦桁で支持されるRC構造とする。
- 4) 縦桁と横桁は鋼I桁をRCで被覆するSRC構造と考える。
- 5) 主桁の横倒れを防止するためニーブレスを設けるが、これもSRC構造とする。

6) 上フランジコンクリートの許容圧縮応力度(σ_{ca})は、合成桁ではあるが、床版作用を受けないため $\sigma_{ca}=\frac{1}{3}\sigma_{ck}$ (床版作用を受ける場合は $\sigma_{ca}=\frac{1}{3.5}\sigma_{ck}$)とする。

7) 仮組立及び架設時には、横桁たわみによる主桁の変位を考慮する。これは、横桁が床組、バラスト、軌きょうなどの死荷重によってたわみ、その結果主桁上端が内側へ、下端が外側へ変位することによる影響を横組工の時に考慮し対処するためである(図-8参照)。

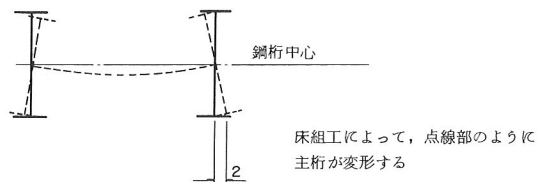


図-8 床組工による主桁の変位

8) 将来の移設計画

2年後、A、B橋ともに移動予定のため、アンカーボルト等に工夫が必要である(図-9参照)。

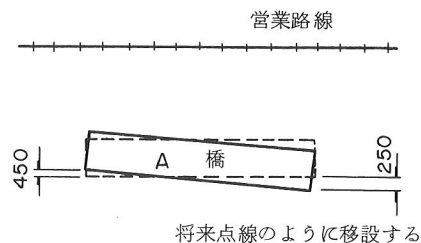


図-9 将来の移設計画(平面図)

3-5 施 工

施工段階図を図-10に示し、各項目について説明を加える。

1) ヤード工

製作ヤードとして架橋地点の仮盛土区間を使用した。ただし、ヤードの広さ及び桁架設条件から桁製作ベースは1ベースとし、A橋架設後B橋のプレビーム製作を開始する事とした。また、ヤードから架橋地点(約30m)までのプレビーム輸送は、種々の障害物のため引出軌条によるものとした。この引出軌条においても、引出時には軌条レール天端と桁がくぐり抜けるRC高架橋台下端間隔が3,100mmと小さく、桁高・キャンバー・吊ピース・旋回台車高(≒3,000mm)を考えると余裕が100mm

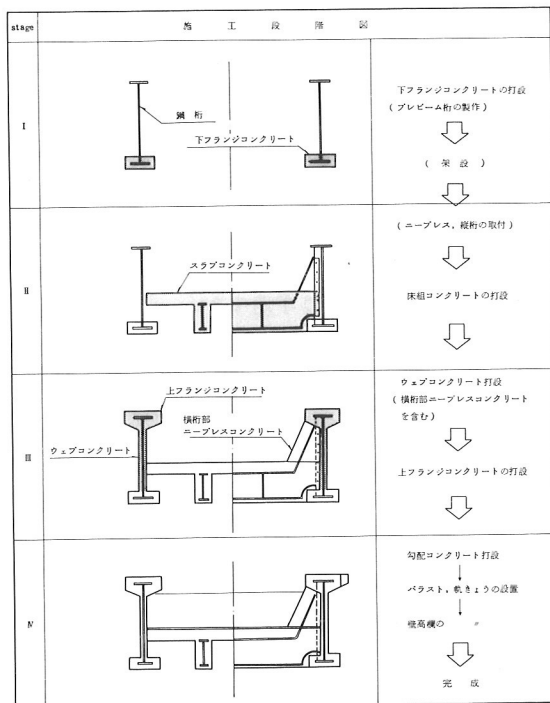


図 - 10 施工段階図

であった。

2) プレビーム製作工

特に従来の単純プレビーム桁との相違はないので省略する。

3) 架設工

① 制約条件

(i) 桁下空間(足場～路面)を確保する。

(ii) 桁架設時の交通規制は、片側交通止め

22:00～1:00

// 両側交通止め

1:00～4:30

(iii) モルタル、養生水、雨水を桁下路面には一滴も落さない。

(iv) 地下鉄(御堂筋線)、地下埋設物(関電、ガス、水道)上には重機を載荷しない事。

(v) 近鉄南大阪線の2号踏切(架橋地点に平行に近接)と天王寺バイパス高架(架橋地点と直角の高架橋)の鋼脚に挟まれ、かつ径間32.870mの橋脚間より3mも長い桁を架設する事。

② 架設工法の決定

架設重量48ton、作業半径8～9mとすれば80ton油圧クレーンの性能であり、トラッククレーンの段取替すれば作業可能ではあるが、時間規制、鋼脚部とクレーンオペレーターの死角、ガス埋設管位置、クレーン旋回範囲2.0m等の制約を考慮し、100ton及び127ton

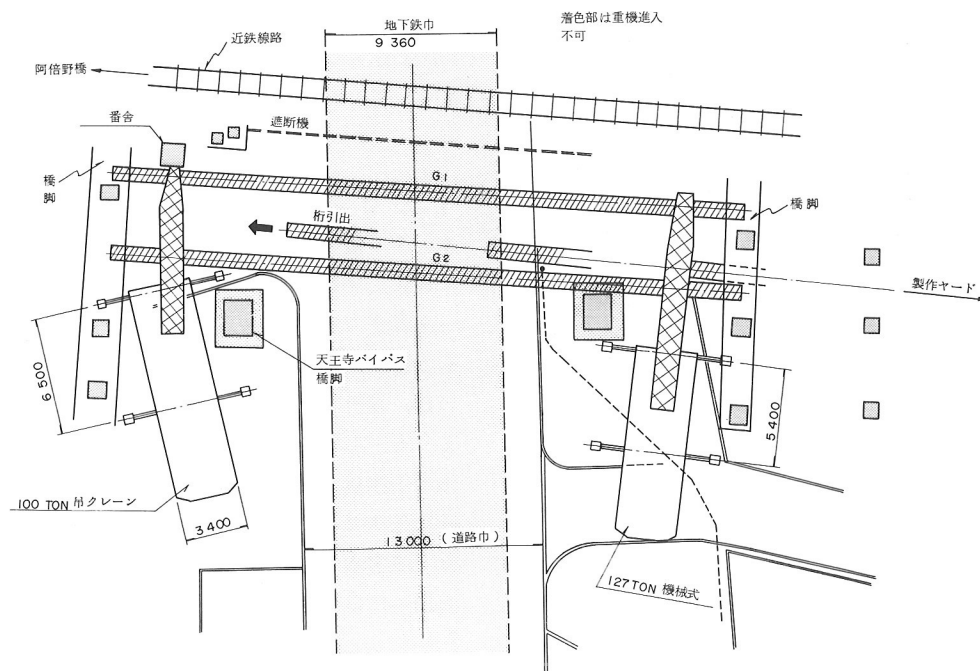


図-11 架設図(A橋)

吊クレーン2台による相吊り工法と決定した。図-11に架設状況を示す。

③ 桁仮受及びジャッキダウン

足場と路面との余裕空間の制限から、主桁は設置位置より約80cm高く仮置き、以降の床組工の完成後ジャッキダウンする事とした。また、将来の移設を考えアンカーボルト(φ48×800)はナットで接続した。図-12に桁の仮受け、写真-4にこれらの状況を示す。

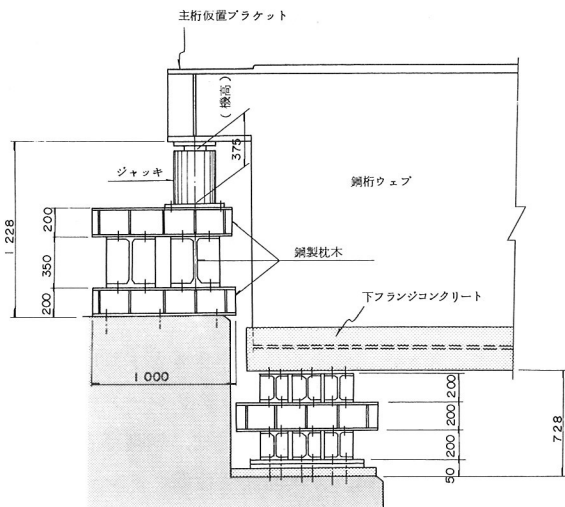


図-12 主桁仮置図

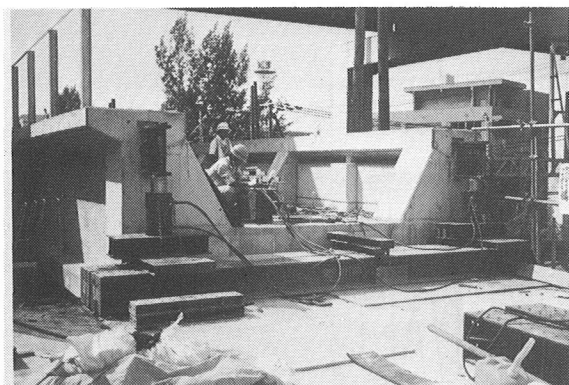


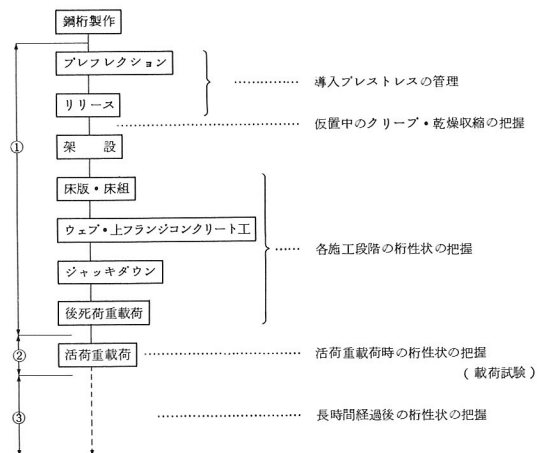
写真-4 ジャッキダウン

4) 床組工、橋面工
省略する。

3-6 現場測定

本橋が我が国初めの下路式プレビーム橋であったため、設計の妥当性、施工の安全性を確認するために、B

橋について測定を行っている。測定は、プレフレクションが始まった59年5月より続けられている。本橋完成後(12月頃)には、試運転電車(設計荷重時50%程度)を静的及び動的に載荷し、桁の静(動)ひずみ、たわみ及び固有振動数も測定し、桁の諸性状の把握を行う予定である。また、主桁の応力、キャンパーの長期経年変化を測定する事により、コンクリートの乾燥収縮、クリープの追跡、解析も行う予定である。図-13に測定項目を示す。



- ① 施工管理試験 ; 主桁のひずみ、キャンパーを測定し、設計値どおり施工されているかを確認する。また、コンクリートの圧縮強度、ヤング係数(28日)を測定する。
- ② 載荷試験 ; 試運転電車(設計荷重時の50%程度)を静的に載荷し、主桁・横桁・縦桁のひずみ及び主桁のキャンパーを測定し、設計値と比較することにより、桁の性状を検討する。
- ③ 長期測定 ; 主桁の応力、キャンパーの長期経年変化を測定することにより、桁の乾燥収縮・クリープの追跡調査を行う。

図-13 測定項目

4. ブロック桁(口羽跨線橋)

4-1 概要

通常、プレビームの製作は長尺のものは現場の製作ヤードにて、短尺のものは工場にて行っている。しかしながら、輸送部材長、製作ヤードに制限を受ける場合には、鋼桁を分割輸送し現地でプレビームを作成する事よりも、工場で応力導入したプレビームのブロックを現地で1体組とする方法がある。これがプレビームのブロック工法であり、施工管理、品質管理の面でも優れている工法である。ここでは、このプレビームブロック工法を用いた口羽跨線橋の設計、施工について以下に示す。

4-2 橋梁諸元

1) 発注者 ; 島根県川本土木事務所

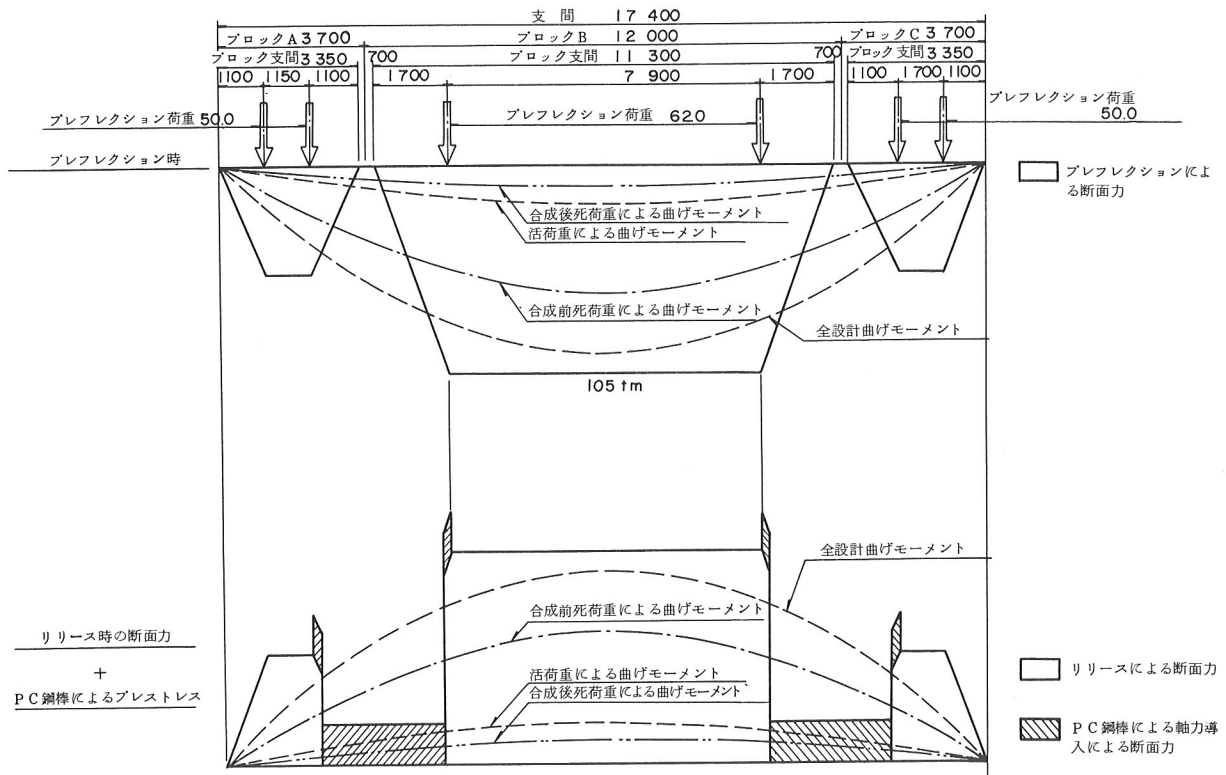


図-17 断面力図

2) コンクリートのクリープ係数

下フランジコンクリートのクリープ係数は「プレビーム合成げた設計施工指針」(P 44, 45)により次のように定めた。

$$\varphi_{\infty} = k_c \cdot k_d \cdot k_b \cdot k_e \cdot k_t = 2.3 \times 1.0 \times 0.8 \times 0.8 \times 0.9 \approx 1.3$$

$$\varphi_t = 1.3 \times \frac{1}{4} \approx 0.3$$

ここに、 φ_{∞} :最終クリープ係数、 φ_t :初期クリープ係数(床版打設時まで)、 k_c :環境条件によるもの(湿度70%)、 k_d :載荷時の硬化度(材令14日)、 k_b :コンクリートの配合(水セメント比約38%)、 k_e :仮想厚(25 cm)、 k_t :時間の関数としての変化(載荷時の日数10³日)

3) 製作そり

プレビーム合成桁では、鋼桁の製作そりは、一般橋梁で考慮する事項以外で、(i)プレフレクション時の残留たわみ、(ii)プレフレクション、リリースによるプレストレスの弾性たわみ、(iii)下フランジコンクリートのクリープ乾燥収縮によるたわみ等があり、プレファブのプレビーム

を製作する場合には、各ブロックを連結するまでのたわみ量をブロックごとにため考慮しなければならない。本橋の製作そりを図-18に示す。

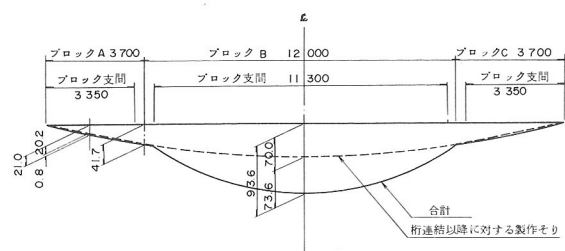


図-18 製作そり

4-4 施工

本橋の施工段階図を図-19に示し、主要項目について説明を加える。

① プレフレクション、リリース

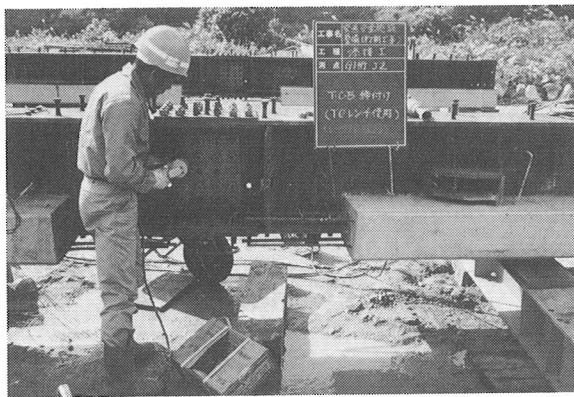
工場にて3分割した鋼桁を各々プレフレクション、リリースを行った。

stage	施工段階	側面形状	標準部断面	添接部断面
単ブロック時（工場）	(1) 鋼桁製作	ブロックA ブロックB ブロックC	I	
	(2) プレフレクション		I	
	(3) リリース		I	
	(4) 桁連結		I	I
桁連結後（現場）	(5) 床版ウェブ打設			
	(6) 添接部下フランジコンクリート打設			
	(7) P C鋼棒によるプレストレス導入			
	(8) 添接部ウェブコンクリート打設			
	(9) 間詰コンクリート打設（横桁）合成後死荷重			

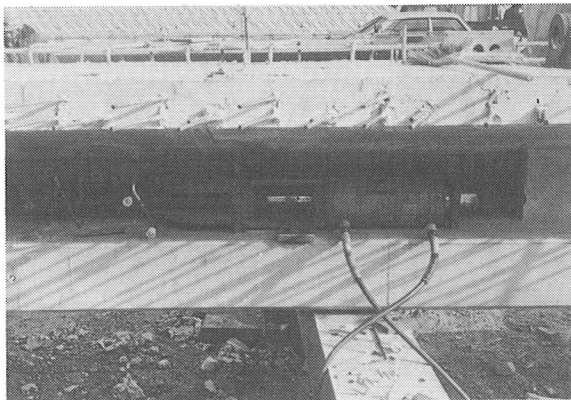
完成

図 一 19

施工段階図



写真一 5 主桁連結



写真一 6 部分プレストレス

② 輸送、連結

四国工場から現場までブロックごとに輸送し、現地ヤードにてブロックの連結を行った。写真-5に連結状況を示す。

③ 床版工

本橋が跨線橋で種々の制約を受け、床版コンクリートは架設前に打設する事とした。

④ 間詰工、部分プレストレスの導入

間詰部下フランジコンクリート（膨張コンクリート）を打設し、硬化後主桁ウェブに溶接したリブを介して、P C鋼棒（ゲビデスターブ $\phi 32$ ）にてプレストレスを導入した。導入軸力の管理はジャッキのマノメーター、P C鋼材の伸び量及び、これに取付けたひずみゲージにより行った。写真-6にプレストレスの導入方法を示す。

⑤ 架設工

トラッククレーンによる相吊り工法を採用した。

4-5 測定結果

プレビューブロック工法の中で特に部分プレストレス導入量の把握が重要である。今回、理論値と実測値を比較検討するために各施工段階毎に、ひずみ測定を行った。また、1本桁としての変形特性を検証するために桁完成時には静的載荷試験も行ったので、その結果を報告する。

各施工段階毎に、桁のひずみ、たわみを測定し、計算値と比較検討した。ここでは主に、(1)コンクリートのヤング係数、(2)プレストレス導入時の桁断面のひずみ分布、(3)桁完成時の静的載荷試験による桁のたわみ及び桁断面のひずみ分布について報告する。(1)ヤング係数：図-20にコンクリートの圧縮強度並びに養生日数とヤング係数の関係を示す。ヤング係数は $\sigma-\epsilon$ 曲線原点と圧縮強度の $1/2$ 点とを結ぶ、すなわち割線弾性係数である。高強度の場合、ヤング係数は圧縮強度に比例せず、また材令による伸びも小さい。最近のコンクリートにおいては、道示に与えられたヤング係数はなかなか出ないものと思われる。(2)プレストレス導入時：プレストレス導入時の桁

断面のひずみ分布を図-21に示す。表面ゲージに多少のばらつきが認められる以外はほぼ計算値と良く一致している事から、プレストレスによりほぼ所定の応力導入が行なわれたと判断できる。尚、導入軸力はPC鋼棒に取り付けたひずみゲージの値で管理した。(3)載荷試験時：桁に群衆荷重相当の2点の集中荷重を作用させ、それによる桁のたわみ及び断面のひずみ分布を測定した。図-22に桁軸方向のたわみ分布を示す。たわみ分布曲線は、コンクリートを完全合成(ウェブコンクリートも考慮)と、全断面有効とした理論曲線より若干小さいがほぼ一致している。小さい理由には、載荷試験時の支持条件が線支承ではなく、面支承(500mm)であったための支点拘束の影響が考えられる。測定したたわみ分布曲線はスムーズであり、計算値ともよく一致している事から、間詰部コンクリートと既設部コンクリートとの一体性及び連続性は十分に確保されていると判断できる。図-23に載荷試験時のひずみ分布を示す。間詰部については全断面有効とした理論ひずみより若干小さく出ているが、ウェブコンクリートも含めコンクリートが鋼桁と完全に合成されている計算値に近い結果を示している。

その他、間詰部に打設した膨張コンクリートと既設部コンクリートとの仕上がり状態や色調について観察したが違和感は認められなかった。

5. おわりに

近年、新形式の橋梁は出つくした感があり、橋梁界は維持補修の動向にある。このような中で、プレビームを新たな構造に応用できた事は大きな喜びである。今後とも新技術に対して前向きに応用開発を進めていきたい。

おわりに英断をもって当工事を進めて頂いた静岡県、島根県、近畿日本鉄道㈱、日本鋼弦コンクリート㈱の関係者に心より謝意を表します。

参考文献

- 1) 五十嵐・野田・深尾・武田：プレビーム長支間桁の横倒れ座屈の解析と応用，川田技報，Vol.3，1983.
- 2) 渡辺・山岸：遠州鉄道・新川橋，万年橋の設計施工，橋梁，Vol.19，No.7，1983.
- 3) 河合・杉山・渡辺・境：プレビーム長径間桁(新川橋)の施工報告，土木施工，Vol.24，No.11，1983.

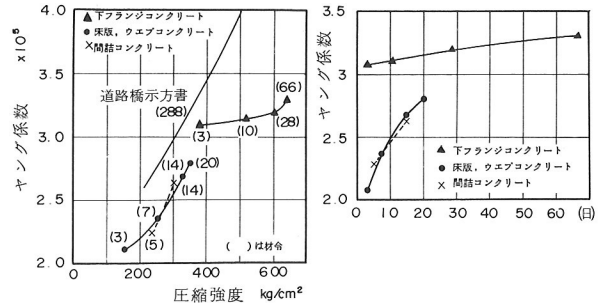


図-20 コンクリートのヤング係数測定値

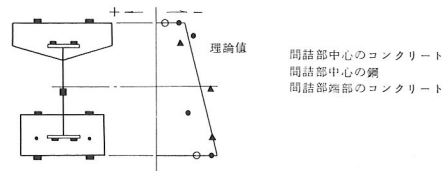


図-21 プレストレス導入時ひずみ分布(間詰部)

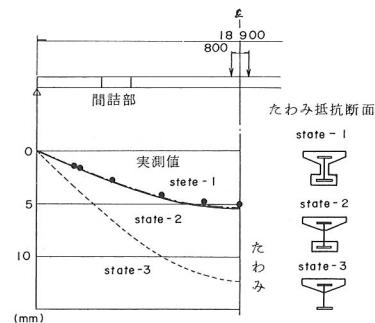


図-22 桁のたわみ曲線

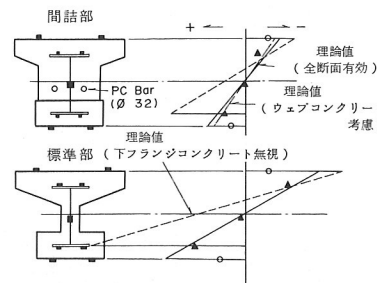


図-23 静的載荷試験時桁断面ひずみ分布

- 4) 山岸・渡辺・松井：プレビームのブロック工法について，第39回土木学会年次学術講演会，1984.