

プレキャストばりの組立方式による斜材付 π 型ラーメン橋 (西名阪道路 (2 期) 河合架道橋) の設計と施工について

得 能 正 博*
 河 嶋 良 秀**
 河 合 汪***
 小 沢 恒 雄***

1. ま え が き

本橋は、日本道路公団により段階建設として使用中の西名阪道路のうち、法隆寺 IC と香芝 IC との間に架設された跨高速道路橋である。周知のように、現在西名阪道路は、将来完成時点での名古屋方面行専用の上り片側 2 車線を対面交通として使用しており、名阪国道および東名阪道路と接続して、大阪～名古屋間を結ぶ主要幹線道路となっているが、最近交通量の増加に伴い、後期工

写真-1

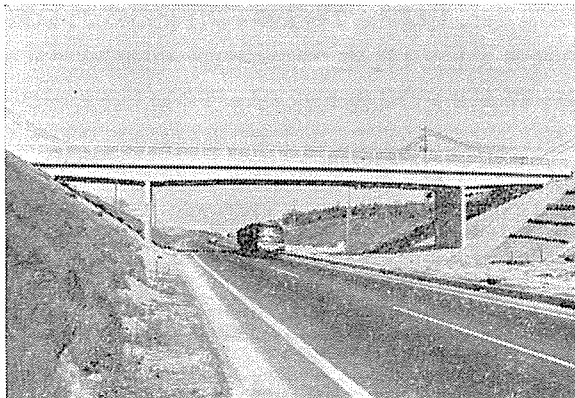
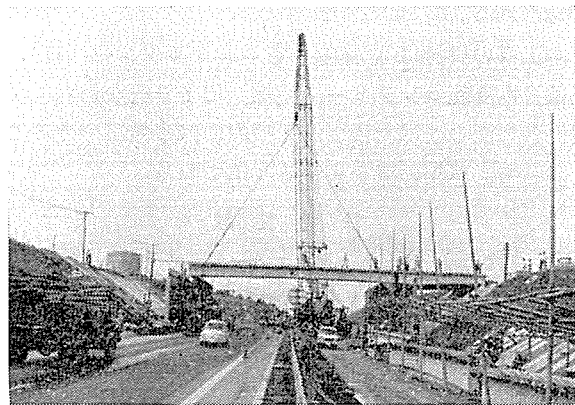


写真-2



* 日本道路公団大阪支社西名阪道路工事事務所長
 ** ピー・エス・コンクリート (株) 金沢事務所
 *** " " 大阪支店

事に着手し、昭和 48 年 3 月末には、全断面 (大阪側 6 車線、奈良側 4 車線) 完成の予定となっている。

したがって、跨道橋の架設は、二次側道路敷を工事用地として使用し、一次側の交通を通しながら施工しなければならないという制約があった。加えて、現在供用中の一次側車線の交通規制は原則として行わず、工事期間も最短にしなければならないというきびしい条件があった。従来高速道路を横架する跨道橋の構造形式としては、道路走行方向に視野が広くとれ、かつスレンダーなタイプの π 型ラーメンが最良とされており、本橋もこの形式を採用することにしたが、前述の条件があるため、上部工のはりをプレキャスト部材にして、交通帯に相当する建築限界線内には支保工を設けないこととした。ちなみに π 型ラーメン橋のプレキャストブロック工法については、交通開放前に全支保工式として施工したものは実例も多くあるが、本橋のように、支保工をごく限定した形で設け、数個のはり用部材を組立てて仕上げる方法を使ったものは、あまり見当たらないと考えるので、ここにその設計と施工の概要を報告し、諸賢の参考に供する次第である。

2. 設 計

(1) 設計立案上の問題点

斜材付 π 型ラーメン構造のうち、下部工 (フーチング、垂直材、斜材) は建築限界線外に相当余裕をあけてあり、一次側交通に支障がないので、通常行なわれている現場打コンクリート施工とし、上部工 (側径間、中央径間のはり) をプレキャスト部材とした (図-1 参照)。前述の方法をとる場合、設計上とくに配慮すべき事項としては、次のようなものがある。

1) 部材の断面力を幾つかの施工段階ごとに算定する必要があること: この場合、はり自重による断面力については、コンクリートのクリープの進行に伴って断面力が増加することを留意しておかなければならない。

2) はりの断面形状は、プレキャスト部材として適合したものであることが望ましいこと。すなわち、はりの製作、運搬および架設が容易なものが好ましいわけである。本橋の場合は、図-2, 3 に示すような T 型断面とした。

3) はりのプレストレスについては、次の各施工段階に分けて検討する必要があること。

① 単純ばりとして吊上げ架設する段階でのチェック(第1次PCケーブルの配置と緊張計画)。

② 各はりをセットした後の連続ばりとしての段階で

のチェック(第2次PCケーブルについて)。この場合は、プレストッシングによる弾性的な不静定力の検討も含めなければならない。

③ 第1および第2次緊張によるプレストレスのクリープ等による不静定的変化量のチェック。

(2) 断面力の計算

計算上の構造系は、図-4 に示すとおりである。すなわち、垂直材の下端を固定として、各部材の所要点の断面力をコンピューターにより求めた。このうち 5, 10 および 22 点の曲げモーメントの影響線を示したものが 図

図-1 橋体全体図(側面)

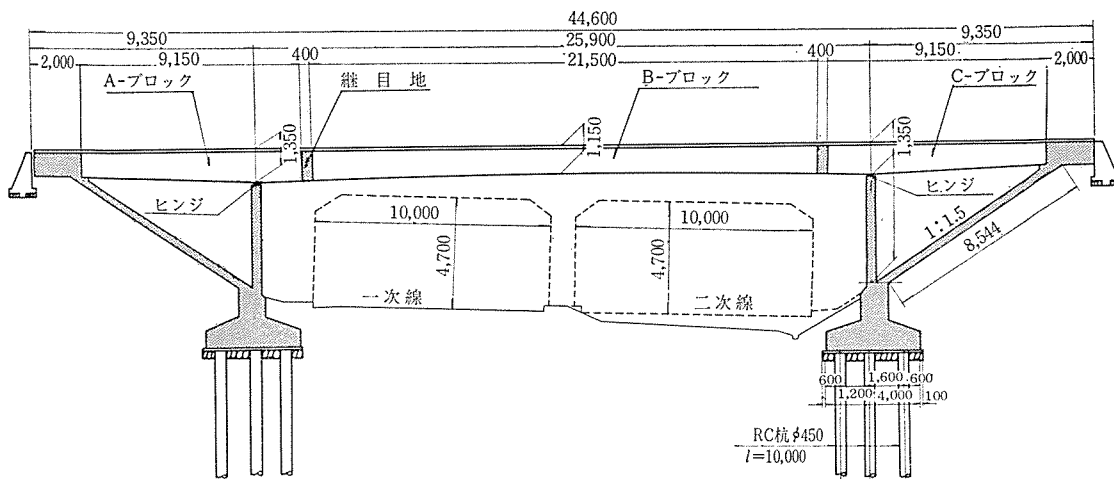


図-2 橋体横断図(A橋)

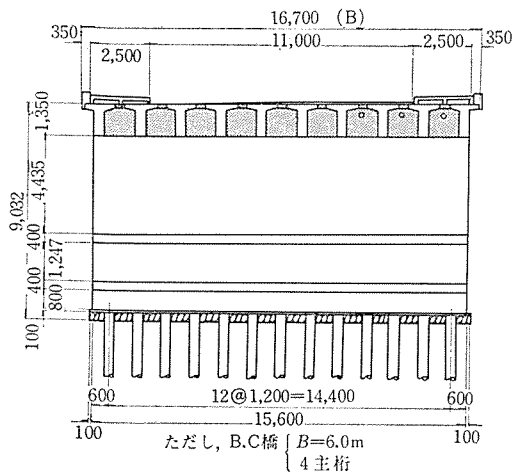
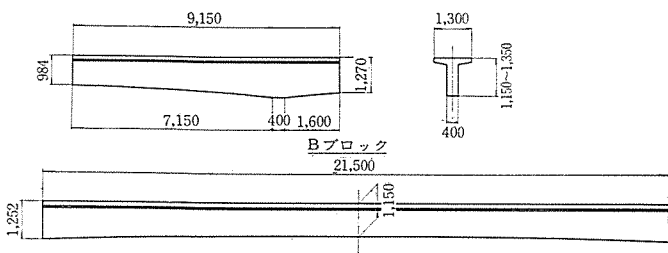


図-3 ブロックの形状寸法ほか



	重量	製作数
A,Cブロック	9~12t	A橋:20本 B,C橋:8本
B-ブロック	37t	" :10" " :4"

図-4 計算架構

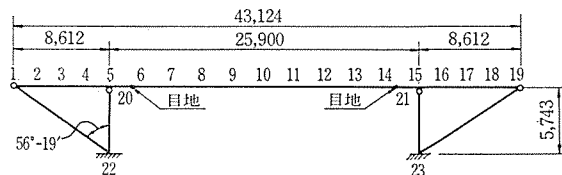
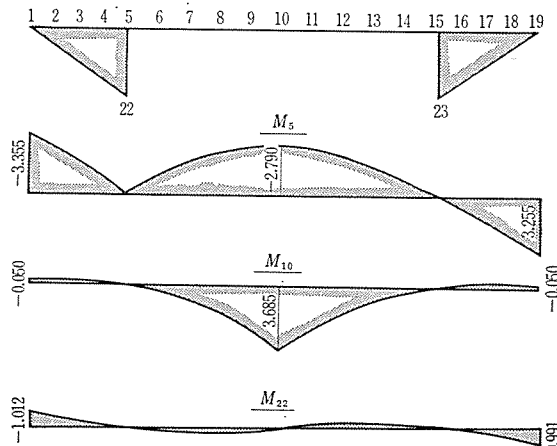


図-5 曲げモーメントの影響線

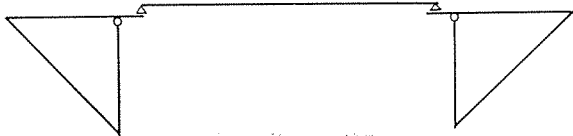


—5 である。この構造系と、従来から用いられていた形式である垂直材の下端をヒンジとした場合との断面力の差異はわずかなものである。本橋の場合は、とくに下端固定部に相当する 22 点の活荷重による断面力は、比較的小さいようである。検討の過程で、地震時の水平力に対しても求めたが、斜材が負担してくれるために、垂直材下端固定部には、さほど大きな力は生じないことがわかった。したがって、垂直材下端を固定することは、施工の容易さと安全性からみた適当な方策であった。ちなみに主桁の横方向の荷重分配については、ギヨン・マッソナーの方法によって行なった。なお、本橋のような施工方法では、時間経過とともに、構造系が漸次 3 段階に分けて変化するので、そのつど、次のような応力検討をする必要があった。

- 1) 上部工の中央径間のはり (Bブロック) が単純ばりの状態にある段階での検討。すなわち、第 2 次緊張 (連続ケーブル) の直後、図-6 のような構造系としてのチェック。
- 2) コンクリートのクリープの進行が終わり、恒常的な状態となった段階でのチェック。
- 3) 上記の 2 タイプの中間の状態にある段階でのチェック。

以上のようにあるが、実際処理としては、上部工のはりの垂直材直上 (支点) の断面に対しては、2) の状態として、また、中央径間中央の断面に対しては、主桁自重だけを 1) の状態で検討した。

図-6 2 次緊張直後の主桁自重断面力算定の構造系



3. 施 工

(1) 仮 設 計 画

プレキャスト ブロックの製作ヤード、同仮置場および運搬路またはトロ軌条を図-7 に示すように二次線敷地内に設けた。この工事では、3 橋 (A, B, C 橋) をほぼ同時期に架設したが、各橋ともほとんど同様形状であり、ただ幅員のみが異なるものであるから、設計も施工の面からも、桁長の調整をすれば、型わく、ベース工を共用できるように計画した。はりブロックの運搬は、上記のように、軌条とトレーラー・トラックを使用した。一次線側側径間の A ブロックの架設は、一次側側道の上に 35 t 吊クレーン車を、二次線側側径間 C ブロックと中央径間 B ブロックは、二次線敷地内に大型トラック クレーン (P & H 8 100 TC-91 t 吊り) を置いて作業を実施した。支保工については、交通供用中の一次線の建築限界を侵さないよう配慮した (図-8~10 参照)。

(2) プレキャスト ブロックの製作

ブロックヤード (製作台、仮置場等) は、3 橋の全ブロックをストックするに必要な広さを確保した (図-7 参照)。ただし、二次線道路敷地 (幅約 10 m) を使用したので、細長い制約の多い平面形状であるため、ブロッ

図-8 A, C ブロック架設図

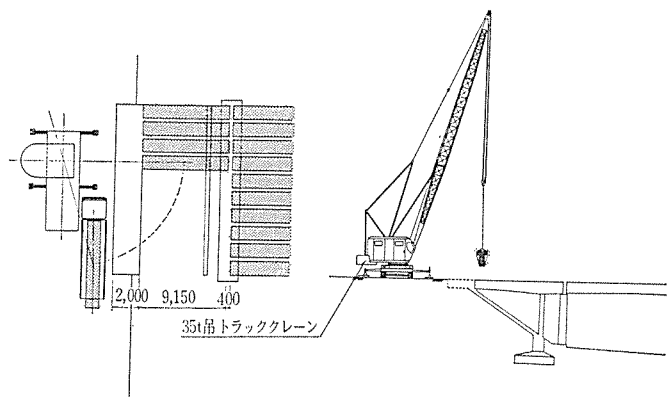
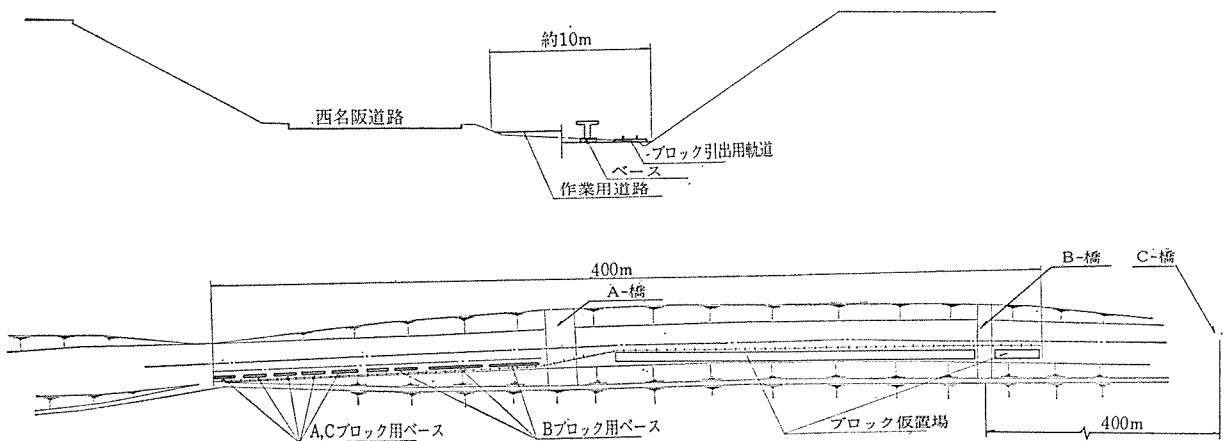


図-7 ブ ロ ッ ク 製 作 ヤ ー ド



クの架設順序を考えて、その製作順序、工程および仮置き位置を決定しなければならなかった。ブロックの製作方法については、通常の桁の場合と異なるところはない。ただ、桁の下縁に図-3に示すような2次曲線を付してあるので、コンクリート、ベース工の上面を同上曲線に合わせて打設した。また、1桁あたりのはりブロックをすべて架設したのちに、側径間、中央径間ブロックにそれぞれ6および3本の連続ケーブルをそう入するため、ブロック製作時にはシースだけをあらかじめ配置しておかねばならない。この空シースの位置を設計図どおりに保持し、コンクリート打設中も移動がなく、シース内部にペーストが漏れないよう、また、バイブレーターの接触等による変形などないようにするため、柔軟性が

あり、かつ丈夫な硬質ポリエチレン管をシース内にそう入することにした。このポリエチレン管は、PC鋼線や塩化ビニール管に比べて軽く、軟かいので、シース受けの間隔を細かくとる必要があった。

(3) 支保工

はりを受ける支保工は、図-10に示すように設置した。この方法ではA、Cブロックの一端を斜材の上端部に直接載せるので、載荷点の直下に松杭を打込み、斜材の沈下を防止した。A、Cブロックの他端支点は垂直材上にあるが、架設後にブロックを微調整して正規の位置にセットする必要があるから、垂直材の直近前面に予備の支柱を追加して設けた。桁の位置を調整する装置は、図-11のとおりである。

図-9 Bブロック架設図

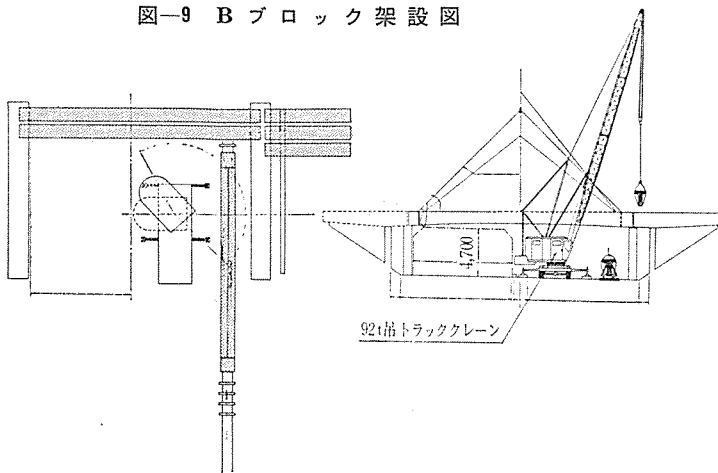


図-11 ブロック調整用ジャッキ

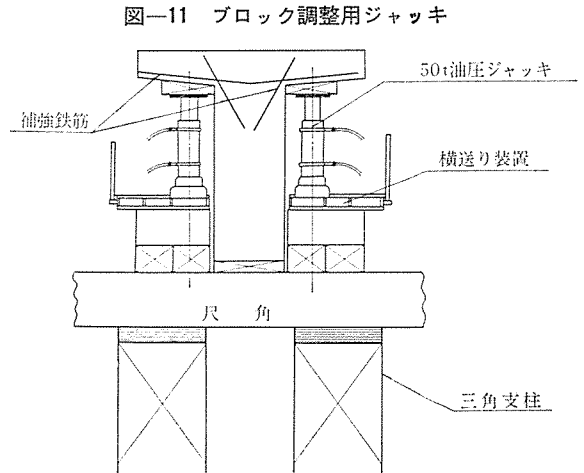
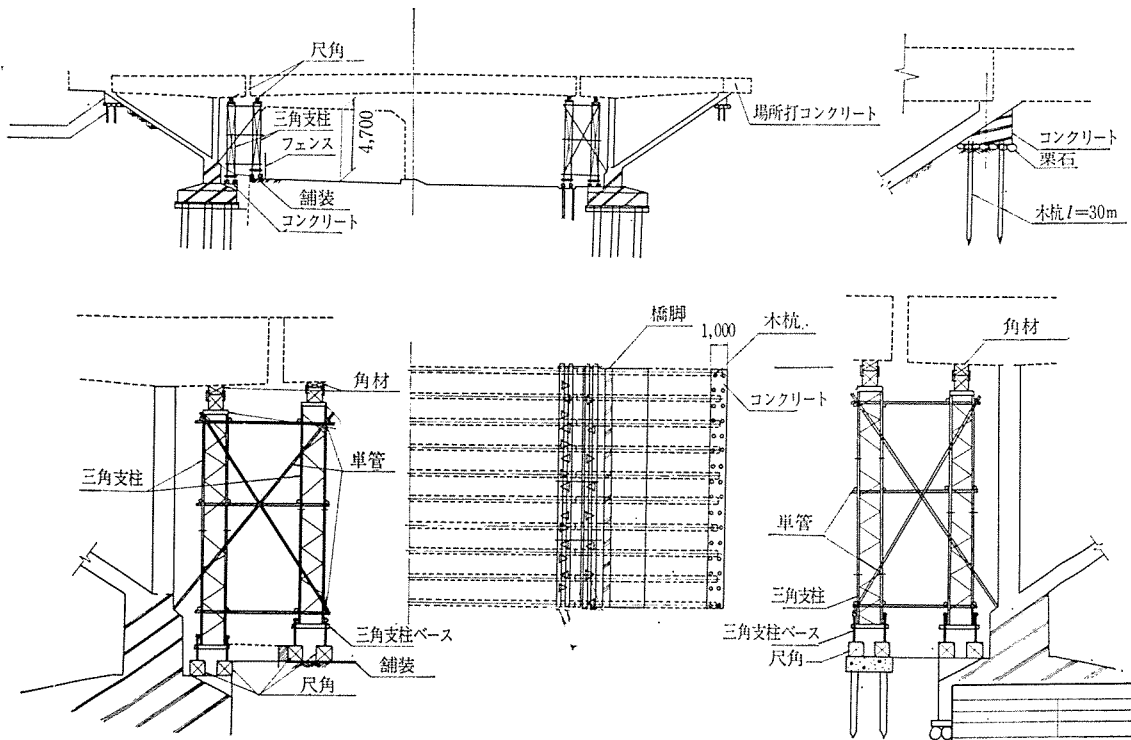


図-10 支保工図



(4) ブロックの運搬および架設

各ブロックの形状寸法は図-3に示すとおりである。製作台から仮置場までは軌条上をトロに載せて移動させて、仮置場から架設地点までの間は、現場の状況によって軌道とトレラートラックとを使い分けた(図-7参照)。架設については、すべてトラッククレーンを使用した。このうちBブロックについては、交通供用中の一次線を跨いで大型ブロック(35t)を吊り上げて架設しなければならないため、架設時に建築限界を侵すおそれは少ないが、通行車のドライバーに与える圧迫感がかなり大きく、また急停車による追突等の事故の発生もなしとしない等々の理由で、一次側走行車線の上にブロックを吊上げたときのみ車両の通行を現場で一時停止せしめることにした。なお、Bブロックの架設作業のタイムサイクルを表-1に示す。

(5) はりブロックの接続目土工とPCケーブルのジョイント

上部工のはりはA、BおよびCブロックを連結してでき上がる。このうちBブロックの両支点は仮支柱上であり、架設後の若干の沈下は不可避であるので、架設時にBブロックを正規の高さに設置してもブロック自重により支柱の沈下がおちつくまでの沈下量だけ低下することから、ある時点で桁の高さをこう上調整する必要があった。この支柱の沈下は、架設後約1日で終ることがわかった。ブロックの調整は図-11に示すように、横移動装置付の油圧ジャッキを用いた。PCケーブルはBBRV工法のB-64型6本を配置したが、そのうち3本はBブロックの架設前の第1次緊張用ケーブルで、あらかじめBブロックの中に固定されており、架設後A、Cブロックとの連続ケーブルをカップリングすることにした。残りの3ケーブルは、はり全長を貫通させた。カップリングする3本のケーブルをA、Cブロックに配置するときには、ケーブルの片側一端だけを架設前にヘッドイングして接続用のアンカーヘッドを取付けておいた。カップリングする部分の構造は図-12に示すとおりであるが、このカップリング作業は予想以上に困難であった。それはBブロック側の装置は固定して動かさず、

図-12 接続部詳細図

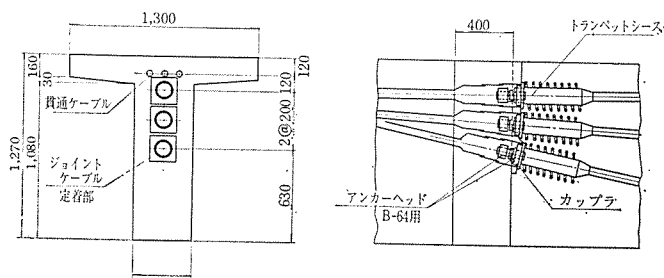


表-1 Bブロック架設作業サイクル

架設作業内容	所要時間(分)	
PC桁吊上げまでの運搬	30	二次線敷地内
PC桁を運搬台車から吊上げる作業	5	通行止
PC桁を一次線上へ旋回する作業	3	〃
PC桁を支保工上に仮置きする作業	1	一時通行止開放
転倒防止材の取付け	1	通行止
PC桁から台付ワイヤーの取はずし	2	〃
クレーンビームを二次線側へ旋回	1	二次線敷地内
桁1本あたりの架設所要時間	45	通行止時間6分、4分

A、C側についても移動できる余裕量はごく小であり、しかもPC鋼線束の曲げ剛性が大きく、自由に動かすことができなかつた等の理由によるものである。はりを接続する目地幅も40cmしかなく、この狭い作業空間でカップラーを正確に合致させることは容易なことではない。このためカップリング作業をスムーズにするために、ブロックをいったん移動して、カップリング後再び正規の位置にセットするという手もどり作業をとらざるを得なかつた。

(6) 緊張作業について

図-1, 2に示すように、本橋の上部構造は、縦横ともにT型断面の格子構造であり、とくにA橋は、10本の多主桁構造となっている。単純プレキャスト桁に配置するケーブルの第1次緊張については問題はないが、架設後において、桁端部で横方向に相互に剛結することになっているので、連続ケーブルおよび主桁全長を貫通するケーブルの第2次緊張作業の際には、緊張順序による緊張力の修正を横方向についても考慮しなければならない。このような場合、理想的には全主桁にジャッキを装着して、同時に緊張すれば問題はないものと考えられるが、実際には不可能なので、2組のジャッキを用いて図-13(b)(後述：ただしB、C橋について)に示すようなサイクルで作業を進めた。なお、以上のような緊張方法では、詳細に検討すれば、各主桁に与えるプレストレス量に差異が生じるであろうが、その量はほとんど問題にならない程度のものであると考えた。また、プレストレスによる弾性変形が斜材によって拘束される懸念もあるので、あらかじめ斜材の下端部に幅30cm程度の空間を設けておき、主桁緊張後に後埋めすることにした。

(7) 試験工事について

本橋の施工に関連して、次の事項について応力測定を行なった。

- 1) 第2次緊張によるプレストレス導入量の測定。
- 2) コンクリートのクリープによる断面力の移行量の測定。

前者1)の目的は、多主桁が桁端において弾性変形を阻止されており、これに対して前述のように、最終

表-2 ひ ず み 値 測 定 結 果

(単位: $\times 10^{-6}$)

	測 定 月 日	1	2	3	4	5	6	7	8	
緊 張 ①	45. 10. 21	-46.5	+ 2.5	-31.4	+ 6.4	-131.7	+ 24.0	-144.2	+ 27.0	
	②	"	-54.0	-25.0	-28.4	0.8	-187.9	+ 51.0	-269.5	+ 47.0
	③	"	-39.4	-17.4	-20.8	- 4.7	-210.5	+ 46.6	-316.2	+ 41.2
	④	"	-32.8	- 4.9	-26.8	- 4.3	-312.5	+ 8.6	-460.4	+ 4.1
仮支柱はずし	45. 11. 12	-59.7	-20.2	-50.7	-23.4	-363.3	- 39.4	-496.2	- 29.5	
	45. 12. 9	-66.8	-25.7	-58.6	-24.0	-336.2	- 45.1	-509.6	- 72.9	
	46. 2. 26	-58.9	-27.0	-66.2	-27.7	-362.9	- 88.8	-525.9	- 83.4	
	46. 3. 28	-74.7	-26.9	-71.0	-29.6	-371.1	- 74.9	-542.7	- 62.8	
	46. 5. 28	-70.1	-35.8	-60.2	-39.1	-383.9	-100.1	-518.5	-102.6	

図-13 (a) ゲージ配置図 (C橋)

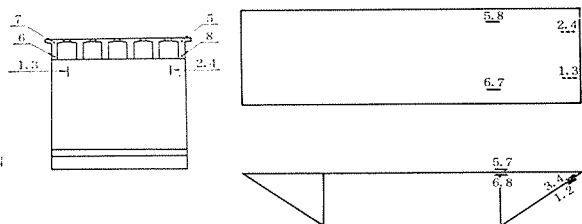


図-13 (b) 緊張作業サイクルおよび緊張時応力測定時期

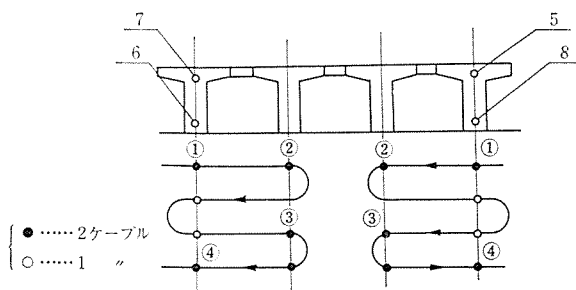
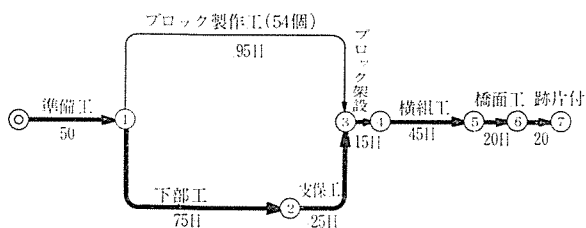


図-14 西名阪道路 (2 期) 河合架道橋工事工程表 (3 橋)



的には均等なプレストレスをおおのこの主桁に与えるような作業段取りをとるとか、斜材の拘束を少なくするために斜材の下端部に空間を設ける等の処置を講じたが、さらに実際にどれだけのプレストレスが、どのような傾向で導入されていくかということについても調べることにした。後者2)の目的は、計算による変化量と実際の変化量を比較することにあつた。使用したゲージは、カー

ルソン型ひずみ計 (ゲージ長さ 10 cm) で 図-13(a) のように配置した。測定結果は、表-2 に示してあるが、導入されるプレストレス量の値からみれば、横方向の拘束はかなり大きいものの、プレストレスは計算どおりに導入されていることがわかる。時間経過に伴うクリープによる断面力の変化は予想どおりにはならなかった。

4. あとがき

在来の斜材付π型ラーメン形式の跨道橋は、工法に差はあれ全支保工による施工例は数多くあるが、本橋のように長尺桁をプレキャスト部材として架設したようなものはあまり聞かない。この方式は施工の各段階においてコンクリートのクリープの移行に伴い断面力も変化するので、必ずしも最良の方法とは言いにくいかもしれないが、施工面では支保工を簡易で小型にすることができ、しかも実際の現場で、施工期間を短縮できるという利点がある (本橋の場合の全体工期は 図-14 に示すようである)。施工上重要な桁の架設方法は種々あり、ケース・バイ・ケースで適当な方法を選べばよいが、本橋の場合、大型トラック クレーンを使用したことは、比較的安全でかつ能率もきわめて良かった。工費についても従来の全支保工式に比べて節減できうる要素が多くあり、期待できる工法である。なんといっても一大特色としては、在来道路の交通規制を最小限にして施工できることにあるようで、実際の施工経験から推測しても、とくに困難な事項も見当らなく、概して満足できる状態で完了することができたと考えているので、段階施工により、一部供用中の高速道路のオーバー・ブリッジとして、一次段階での初期投資を極力避け、二次段階の必要時点で建設する場合などには、採用されて望ましい形式であると一応言えるのではないだろうか。

1971.8.27・受付