

側高高架橋の設計と施工

畑	農	次	人*
泉		保	孝**
牧	沢	正	道†
藤	原	範	導††
飯	塚	明	彦†††

1. まえがき

東関東自動車道市川～潮来線は市川 JCT を起点とし、潮来 IC に至る延長 75 km の高速自動車国道である。このうち市川 JCT～佐原香取 IC 間 66 km は既に開通しており、62 年度中には残りの佐原香取 IC～終点潮来 IC 間が開通の予定である。

側高高架橋(写真-1)は、千葉県佐原市大倉に位置し架橋地点(図-1)は佐原 PA と利根川との間 606.55 m の区間である。当橋梁の架設工法は、工期および安全性の高い施工方法等を考慮して可動支保工が採用された。

本報告は、可動支保工による設計と施工の概要を述べるものである。

2. 工事概要

2.1 橋梁諸元

工事名：東関東自動車道側高高架橋(PC 上部工)工事

路線名：高速自動車国道東関東自動車道 市川～潮来線

工事場所：千葉県佐原市大倉

工期：昭和 60 年 8 月 31 日～昭和 62 年 4 月 21 日

構造形式：PC 3 径間連続中空床版 14 連

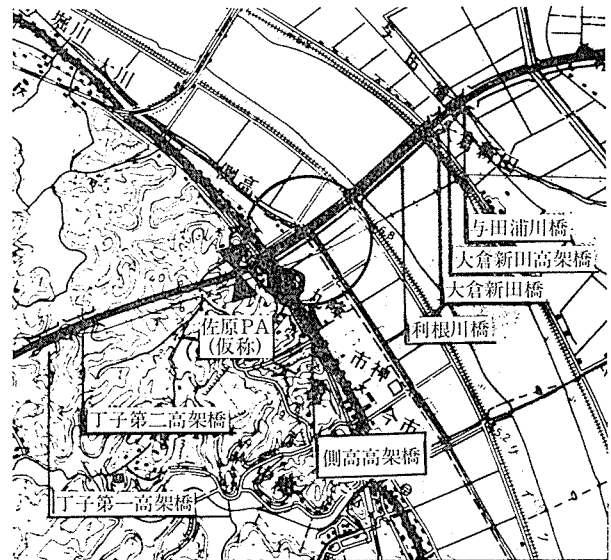


図-1 位置図

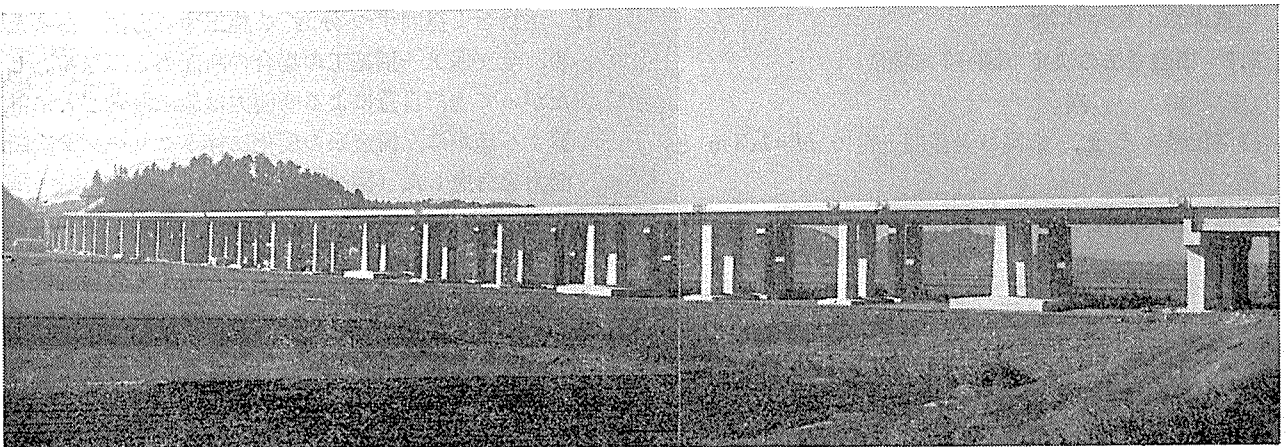


写真-1 全体写真

* 日本道路公団東京第一建設局佐原工事事務所所長

** 日本道路公団東京第一建設局佐原工事事務所佐原工事区工事長

† ピーシー橋梁(株)川田建設(株)共同企業体所長

†† ピーシー橋梁(株)川田建設(株)共同企業体副所長

††† ピーシー橋梁(株)技術部設計課課長代理

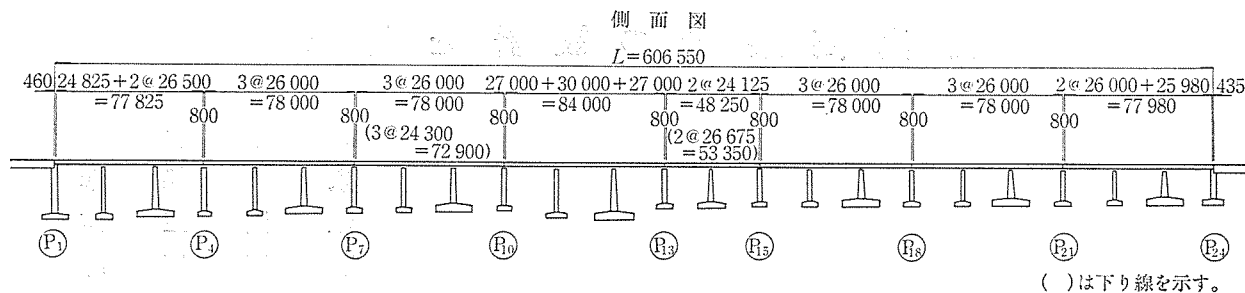


図-2 一般図

PC2 径間連続中空床版2連
 架設工法：可動支保工 上下線 44 径間
 枠組支保工 上り線 2 径間
 橋 格：一等橋
 道路規格：第1種第2級A規格
 橋 長：606.605 m
 有効幅員：10.0 m×2
 平面曲線：R=3 000 m~A=1 000
 縦断勾配：2.980% ↘ 0.500% ↘
 横断勾配：2.00%
 本工事の一般図を 図-2 に示す。

2.2 主要材料仕様および数量

主桁コンクリート： $\sigma_{ck}=350 \text{ kg/cm}^2$	9 464 m ³
鉄 筋：SD 30, SD 30 B	821 t
PC 鋼材：12 T 12.4	267 t
支 承：BPA 沓	164 t

3. 設 計

3.1 設計条件

活 荷 重：TL-20, TT-43
 衝撃係数： $i=10/(25+l)$
 地震係数： $K_k=0.28$

3.2 構造寸法の決定 (図-3 参照)

(1) 桁 高

経済比較のう え、桁高は全径間一定で $H=1.3 \text{ m}$ とした。

桁高/スパン=1/20 (標準スパン $l=26.0 \text{ m}$)

(2) ボイド間隔

ボイド間隔は、PC ケーブルが所定のかぶりを確保しかつパイププレタの挿入可能な間隔が必要である。本橋梁では、側面形状でケーブル曲げ上げ始点位置をずらす工夫によりウェブ厚 $d=31 \text{ cm}$ とした。したがってボイド間隔は 1.36 m となった。しかし、支点部から打継目では、張出し長 5.5 m 区間でケーブル曲げ上げ始点位置をずらすのは困難なため、ボイド径を $\phi 100 \text{ cm}$ とした。

(3) 打継目位置および打継目隔壁厚

〔打継目位置の条件〕

- i) PC 鋼材が定着されるため、完成系での断面力が小さいインフレクションポイント付近が望ましい。
- ii) 張出し部付近の支点部下縁に生じるプレストレス導入直後の曲げ引張応力度が許容値内であること、および施工時の上縁側に引張応力度が発生しないことが必要である。
- iii) PC 鋼材を曲げ下げて施工目地位置で碇着させるための張出し長が必要である。
- iv) 施工性を考えると張出し長はできるだけ小さい方が好ましい。

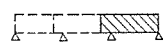
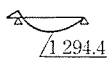

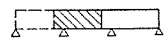
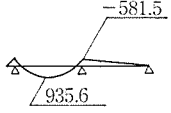
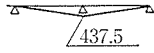
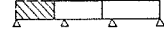
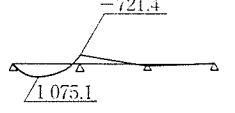
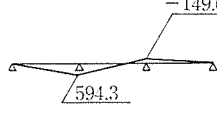


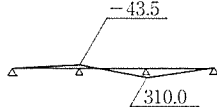
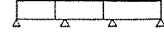
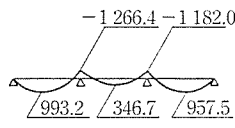
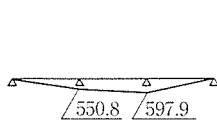
以上のことを考慮し、当橋梁では支間 26 m が主体となるため、施工目地位置は 5.5 m に統一した。また、打継目部隔壁厚はケーブルが碇着されること、新旧コンクリートの温度差により引張応力が生じること、および施工実績等を考慮して 2.0 m とした。

3.3 設計上の特色

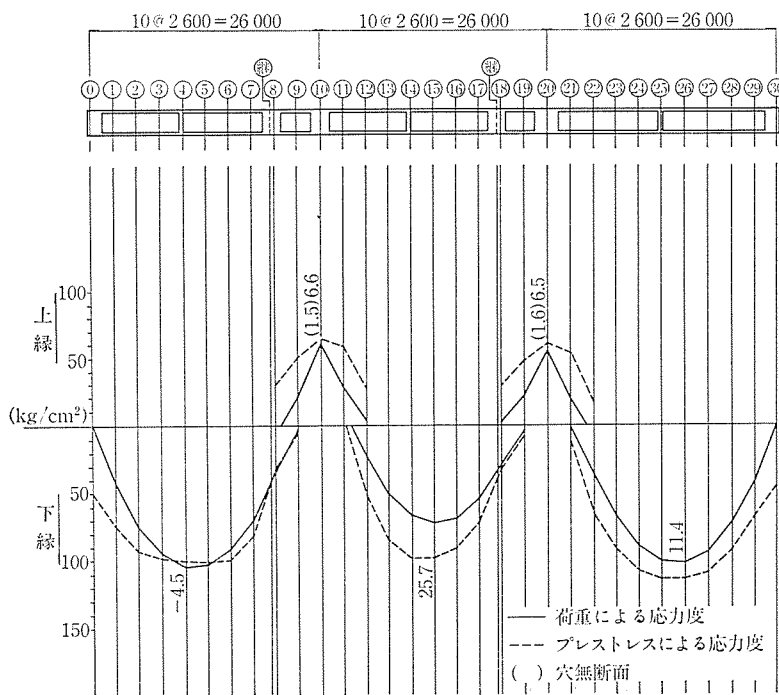
本橋の構造形式は PC 連続中空床版橋で、3 径間連続を標準としており、標準スパン割は $3 \times 26.0 \text{ m}$ である。本橋の設計上の特色を以下に述べる。

- 1) 主桁を 1 径間ずつ分けて施工する方法であるため、全支保工一括施工の場合の断面力と異なる。したがって主桁自重による断面力は施工段階ごとに計算するほか、構造系の変化に伴うクリープ 2 次断面力を考慮した (図-4)。
- 2) プレストレスの導入方法はフレシネー工法を用い PC 鋼材として 12- $\phi 12.4 \text{ mm}$ を 21~28 本使用した。また、ケーブルの固定端にはフレシネーデッドアンカーモノグリッパ型、接続具はモノグリッパ型カップラーを使用した。
- 3) ケーブルの配置は種々検討のう え、プレストレスによる 2 次反力を利用して経済的な配置を行った。
- 4) 活荷重は TT-43 荷重を考慮し、橋面荷重を含めて OLSEN の方法によって荷重分配を行った。なお、TT-43 荷重による断面力の算出は TL-20 荷

◇工事報告◇

case	荷重状態	主筋自重によるモーメント	プレストレスによる2次モーメント
1	施工段階1 		
2	施工段階2 		
3	施工段階3 		
4	構造系変化に伴う クリープ2次断面力 		
5	曲げモーメントの合計 		

図—4 断面力図



図—5 合成応力度分布図（設計荷重時）

重による設計断面力に割増し係数を乗じて求めた。割増し係数については“道路公団設計要領（第二集）”に依った。

- 5) 横方向はすべて RC 構造とした。
- 6) 設計荷重時の合成応力度分布を図—5 に示す。

4. 施 工

4.1 施工概要

本橋梁施工区間は、 P_1 橋脚から P_{24} 橋脚までの計 606.506 m (23 径間, 上下線合計 46 径間) の PC 中空床版橋を可動支保工を主体に、一部枠組支保工により施工する工事である。施工は工期短縮を図るため、可動支保工を 2 基使用し下り線よりスタートし、上下線同時施工を行った。可動支保工の概要図を図—6, 諸元を表—1 に示す。

下り線の施工は $P_{23} \sim P_{24}$ 径間にて可動支保工 (写真—2) を組み立て、 P_1 に向かって施工した。最終径間 $P_1 \sim P_2$ の施工が完了後、可動支保工の解体を行った。

一方、上り線の施工は $P_{23} \sim P_{24}$ 径間を枠組支保工による場所打ち施工を行い、 $P_{22} \sim P_{23}$ 径間にて可動支保工 (写真—3) を組み立て、 P_1 に向かって施工した。最終径間 $P_1 \sim P_2$ の施工は可動支保工解体後、枠組支保工による場所打ち施工とした。

4.2 可動支保工の組立

上り線の可動支保工の組立は、まず P_{20}, P_{21}, P_{22} に図—7, 写真—4 に示す橋脚ブラケットを各々組み立てた。次に、 $P_{22} \sim P_{23}$ 径間で下り線側の支保工桁を地組し、組み立てた支保工桁をトラッククレーン 2 台が相吊りし橋脚ブラケットにセットした。同様の作業を送り桁、支保工桁の順序で行い、橋脚ブラケットにセットされているジャッキで高さ調整を行った。送り桁の前方ガーダー部は $P_{21} \sim P_{22}$ 径間で地組し、トラッククレーン 2 台で相吊りを行い、すでに架設完了している送り桁に接続し送り桁、支保工桁のセットが完了した。最後に、上屋設備、

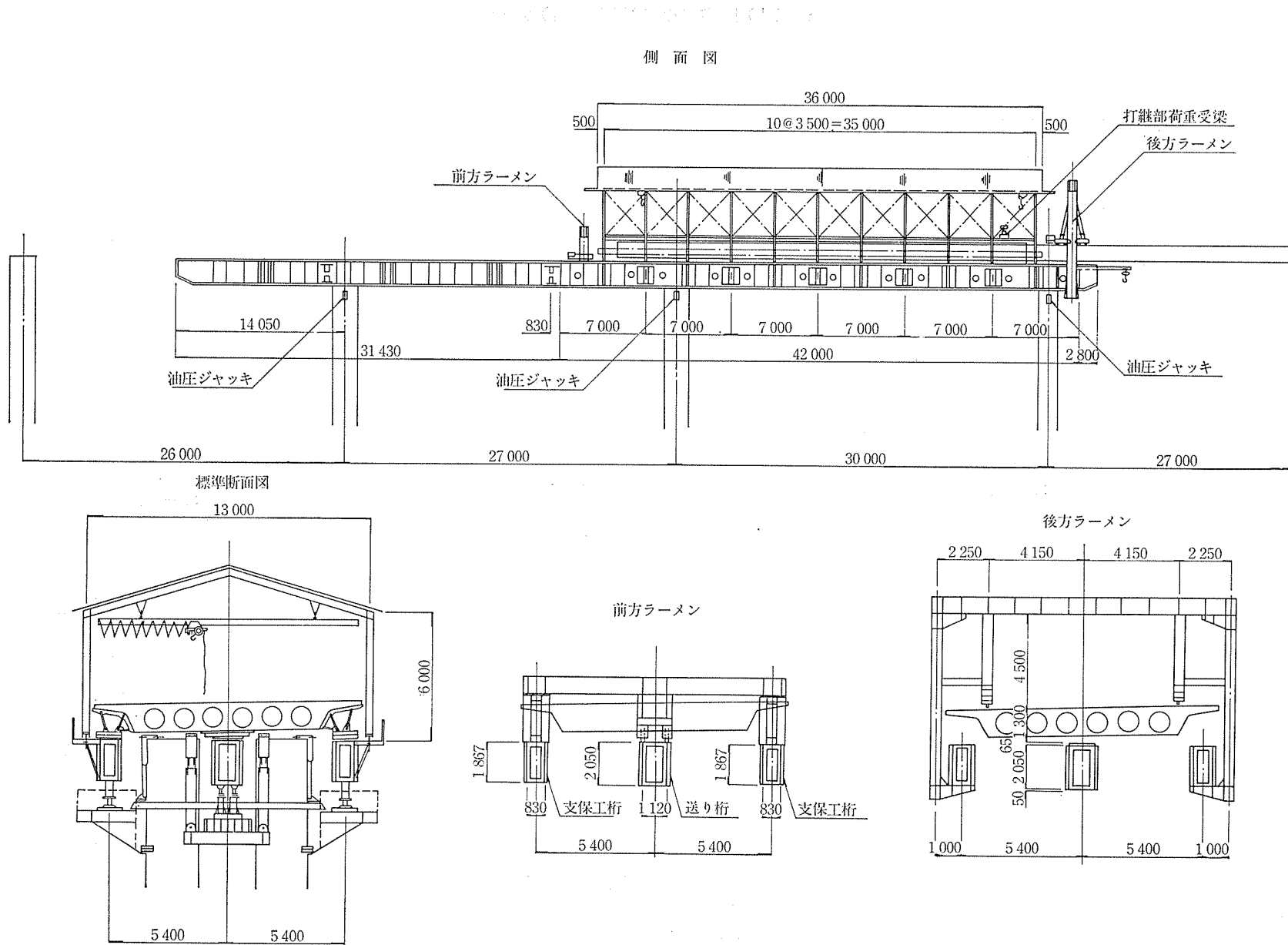


図-6 (a) 可動支保工の概要図 (上り線)

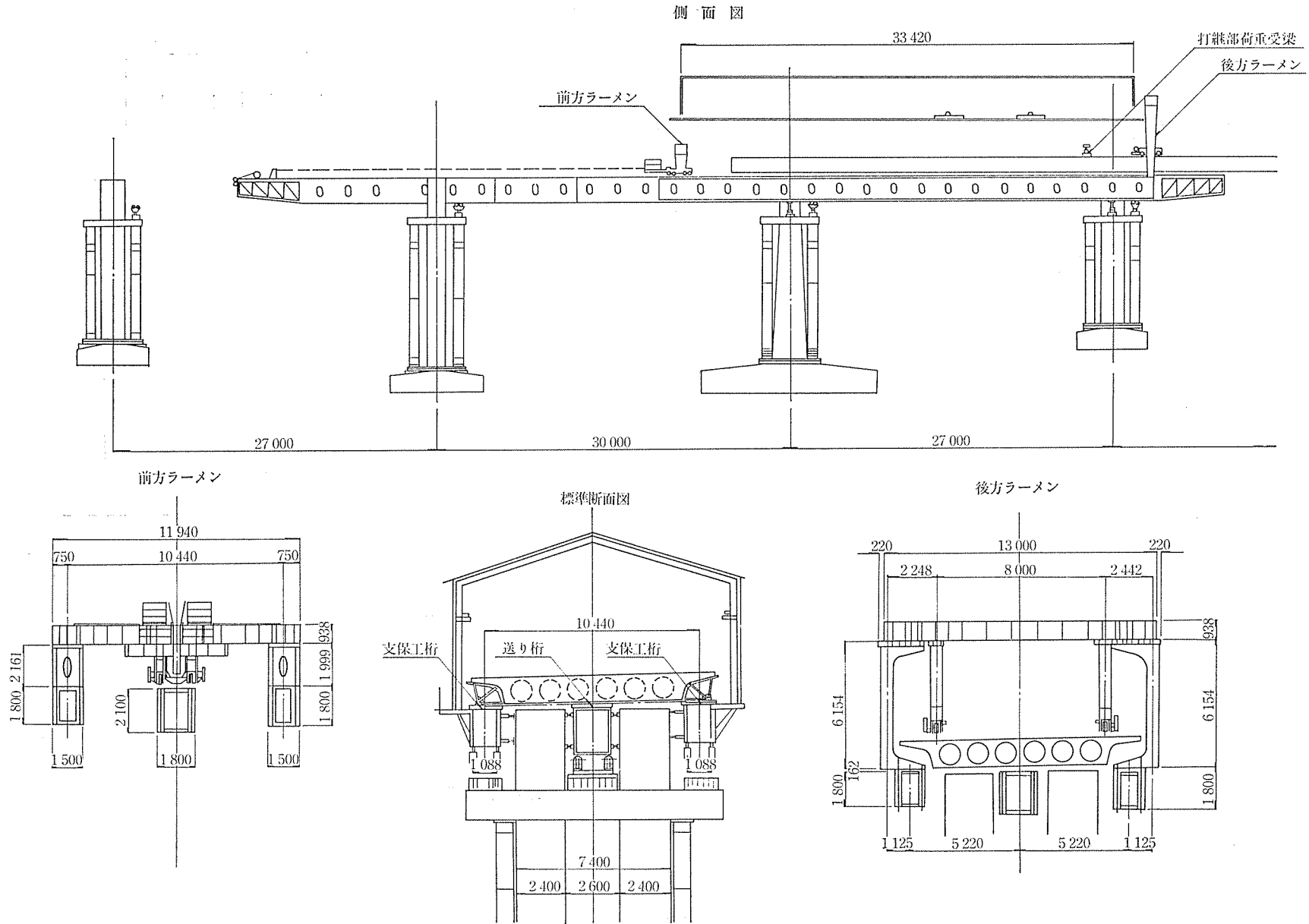


図-6 (b) 可動支保工の概要図 (下り線)

表-1 可動支保工の諸元

	上り線	下り線	備 考
形 式	サポート式	サポート式	
機 長	81.00 m	84.58 m	
機 幅	13.64 m	13.00 m	ラーメン構造全幅
機 高	10.20 m	9.50 m	ガーダー下端～上屋頂
支点支持	ブラケット	支保工	

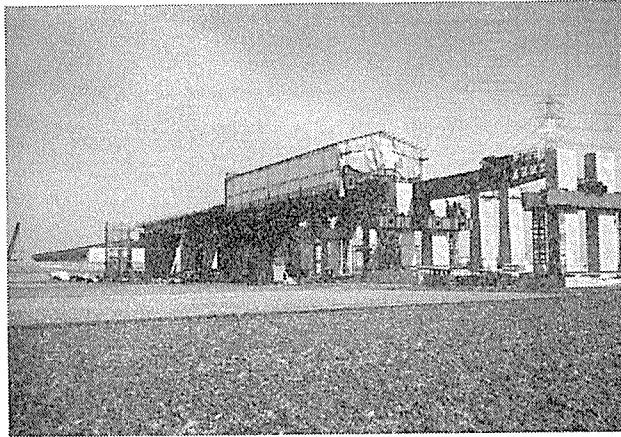


写真-2 下り線可動支保工

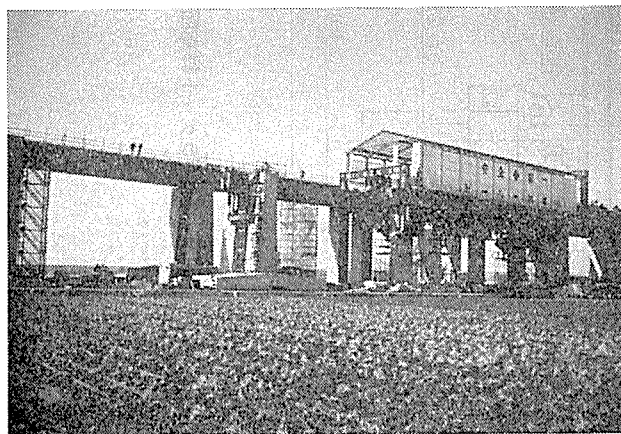


写真-3 上り線可動支保工

前方・後方ラーメンの取付けは、 $P_{23} \sim P_{24}$ 径間の枠組支保工による施工完了後に行い、可動支保工の組立が完了した（写真-5）。

下り線の可動支保工の組立は、 P_{21} 、 P_{22} 、 P_{23} に橋脚支柱（写真-6）を組み立て、 $P_{23} \sim P_{24}$ 径間にガーダー受け支保工を組み立てた。次に、 $P_{21} \sim P_{24}$ 径間にて送り桁（ $L=78.58$ m）、支保工桁（ $L=42.0$ m）を地組し、組み立てられた送り桁および支保工桁をトラッククレーン2台で相吊りし、橋脚支柱とガーダー受け支保工にセットした。なお、高さ調整は各ガーダーにセットされているジャッキによって行った。次に前方ラーメン、型枠（底枠、側枠）を組み立て、ひきつづき上屋および天井クレーンを組み立て、 $P_{23} \sim P_{24}$ 径間の施工に必要な可動支保工の組立が完了した（写真-7）。

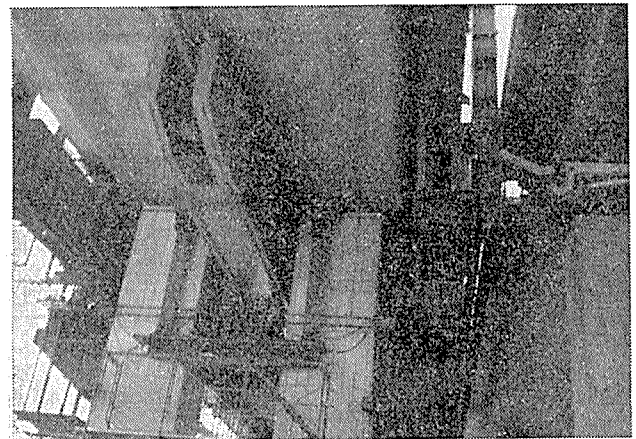


写真-4 上り線橋脚ブラケット



写真-5 上り線可動支保工の組立

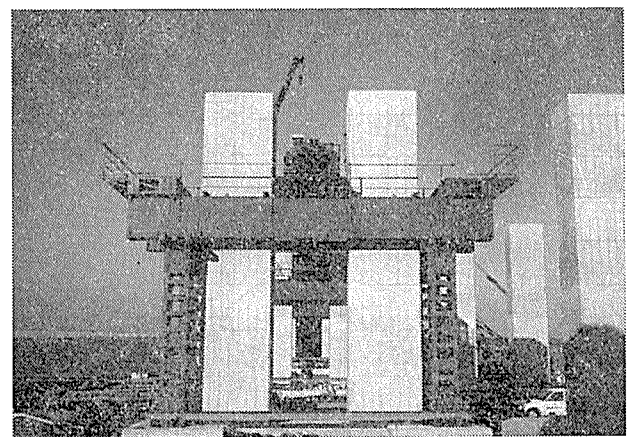


写真-6 下り線橋脚支柱

$P_{23} \sim P_{24}$ 径間の施工完了後、支保工桁のジャッキを降下させ、前方ラーメンにて支保工桁を支持し 8m 引き出した。支保工桁の追加ブロックを仮支柱上で横取り、ジャッキアップして前のガーダーと接続し、上屋の残りおよび後方ラーメンを組み立てた。次に前後のラーメンで支保工桁を支持し、 $P_{22} \sim P_{23}$ 径間まで移動した。送り桁の追加ブロックの接続も支保工桁と同様に行った。な

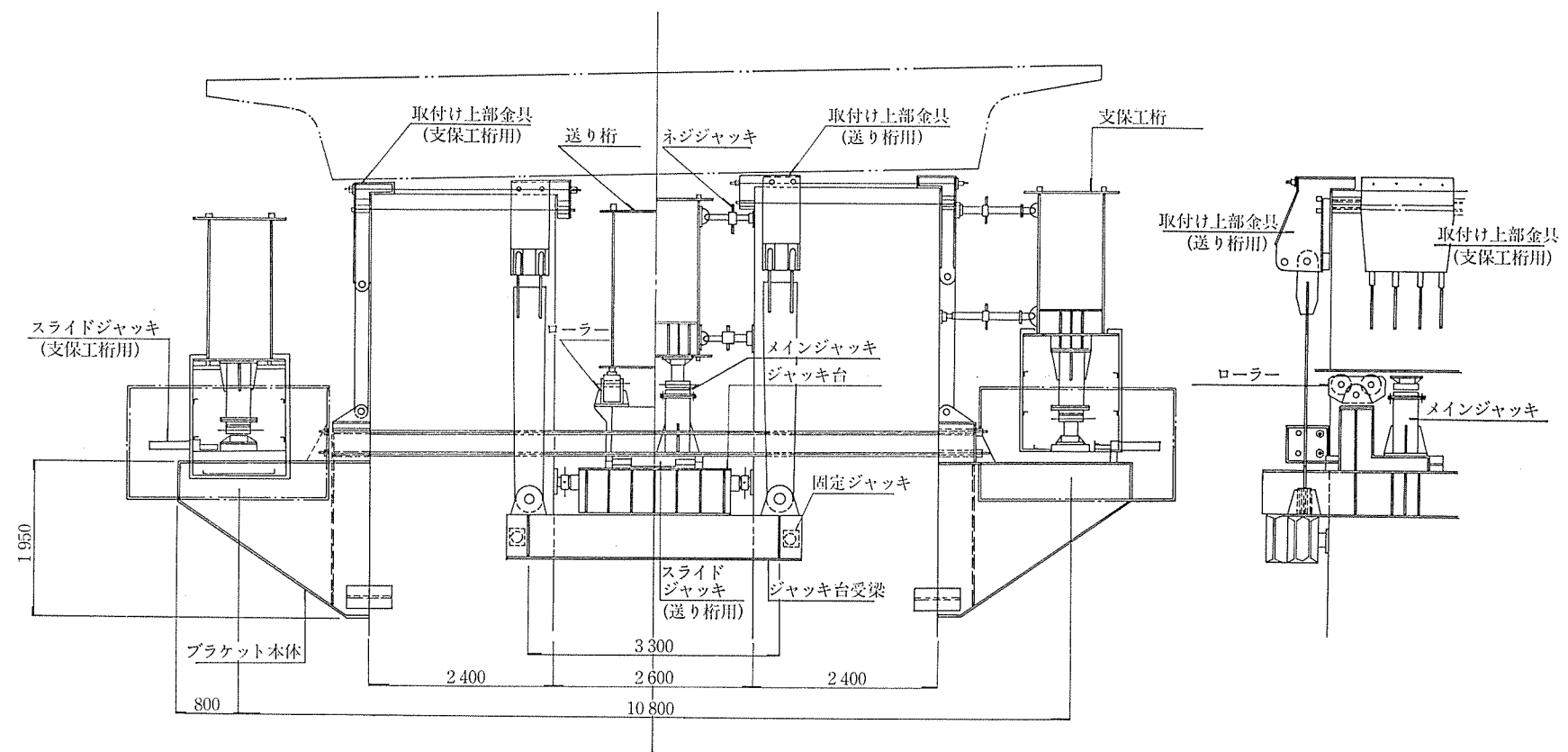
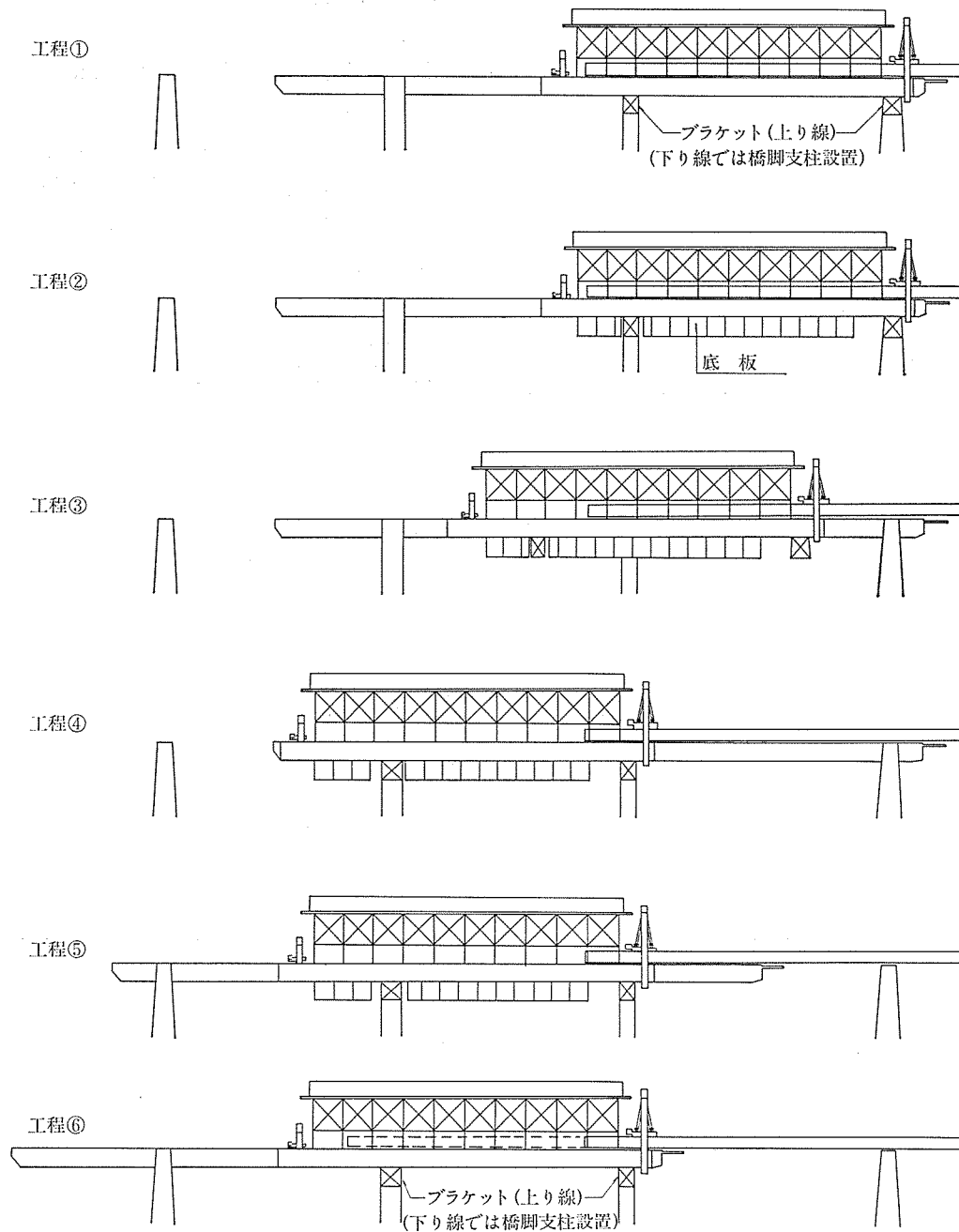


図-7 ブラケット詳細図



図—8 可動支保工の移動要領図

お、支保工桁および送り桁の高さの微調整は橋脚上のジャッキによって行った。

4.3 可動支保工の移動要領 (図—8)

工程① コンクリートの打設および緊張

両側の支保工桁と中央の送り桁からなっている3本の桁でコンクリート荷重を支持している。

工程② 脱型および支保工移動 (写真—8, 写真—9)

緊張完了次第、支保工桁・送り桁を5cm下げて脱型し、次に底板開閉型枠を開放する。さらに支保工桁を下げ、前後の台車により移動させる。

工程③ 支保工桁前後支持台および支保工桁の設置

上り線; 支保工桁を定位置まで移動した後、支保工桁前方・後方ブラケットを橋脚部に設置して支保工桁の前後をジャッキにて支持する。なお、前後ブラケットは支保工桁とともに移動する。

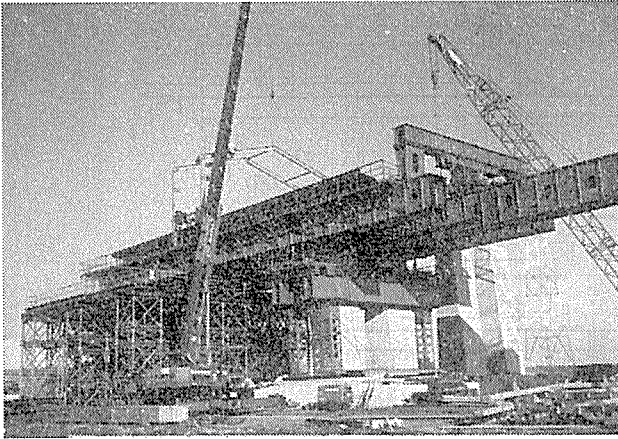
下り線; 前もって設置されてある橋脚支柱上のジャッキにて支保工桁を据え付ける。

工程④ 送り桁の移動

送り桁を下げ、橋脚に設けたローラーに載せ、上り線は電動ウィンチ、下り線は掴みジャッキにて移動する。

工程⑤ 送り桁の設置

所定位置まで移動した後、橋脚ベント上に設置したジ



写真一7 下り線可動支保工の組立

ジャッキにて支持する。

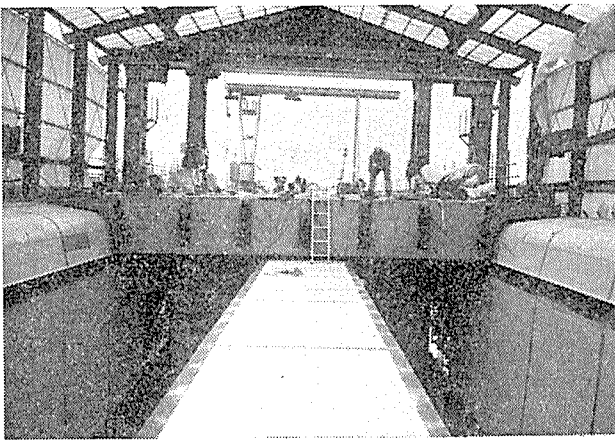
工程⑥ 型枠の設置

底版開閉型枠を閉合する。支保工桁、送り桁を上げて型枠を所定の高さに設置する。

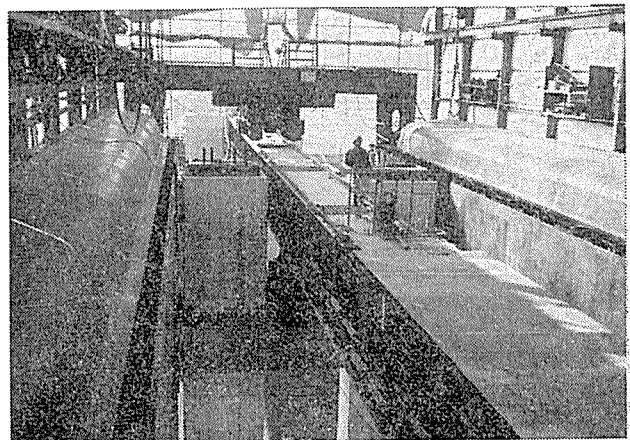
なお、当橋梁は $R=3000$ m の曲率半径を有する橋梁であるため、可動支保工の移動には、図一9 の修正方法を行った。①はじめに横スライドジャッキによって移動させ、②支保工桁および送り桁を送り出した後、③再度、横スライドジャッキによって移動させ所定の位置に設置した。

4.4 施工手順および工程

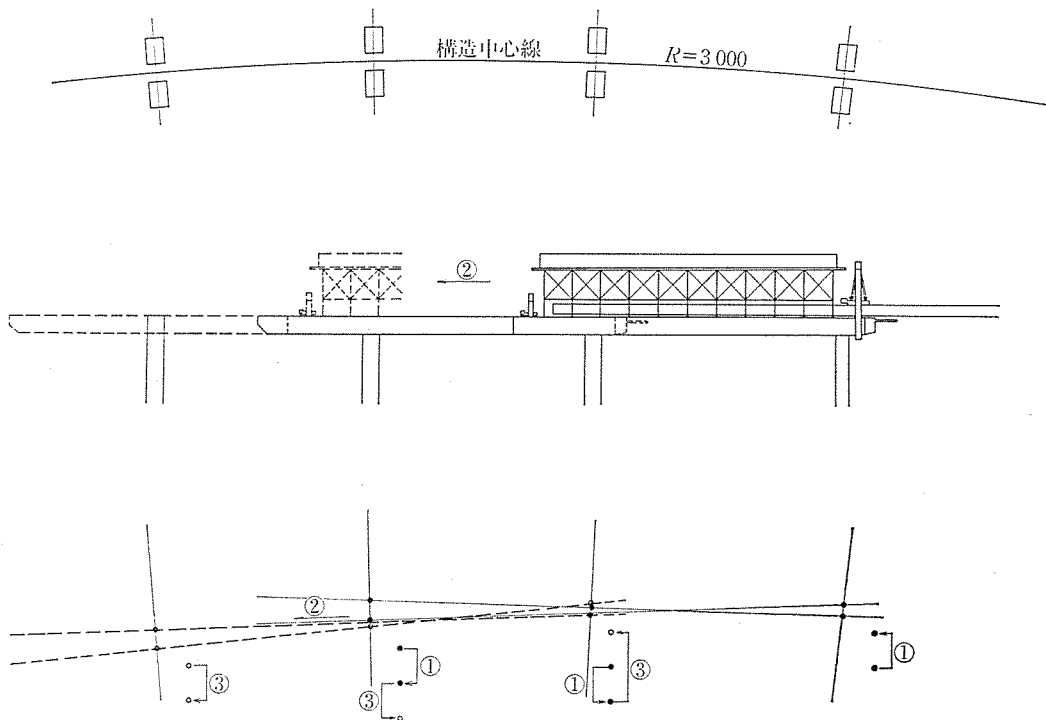
施工手順は 図一10 のフローチャートに従って行った。また、可動支保工の1サイクルの標準工程を 表一2



写真一8 上り線可動支保工の型枠脱型および移動



写真一9 下り線可動支保工の型枠脱型および移動



図一9 可動支保工据付け方法

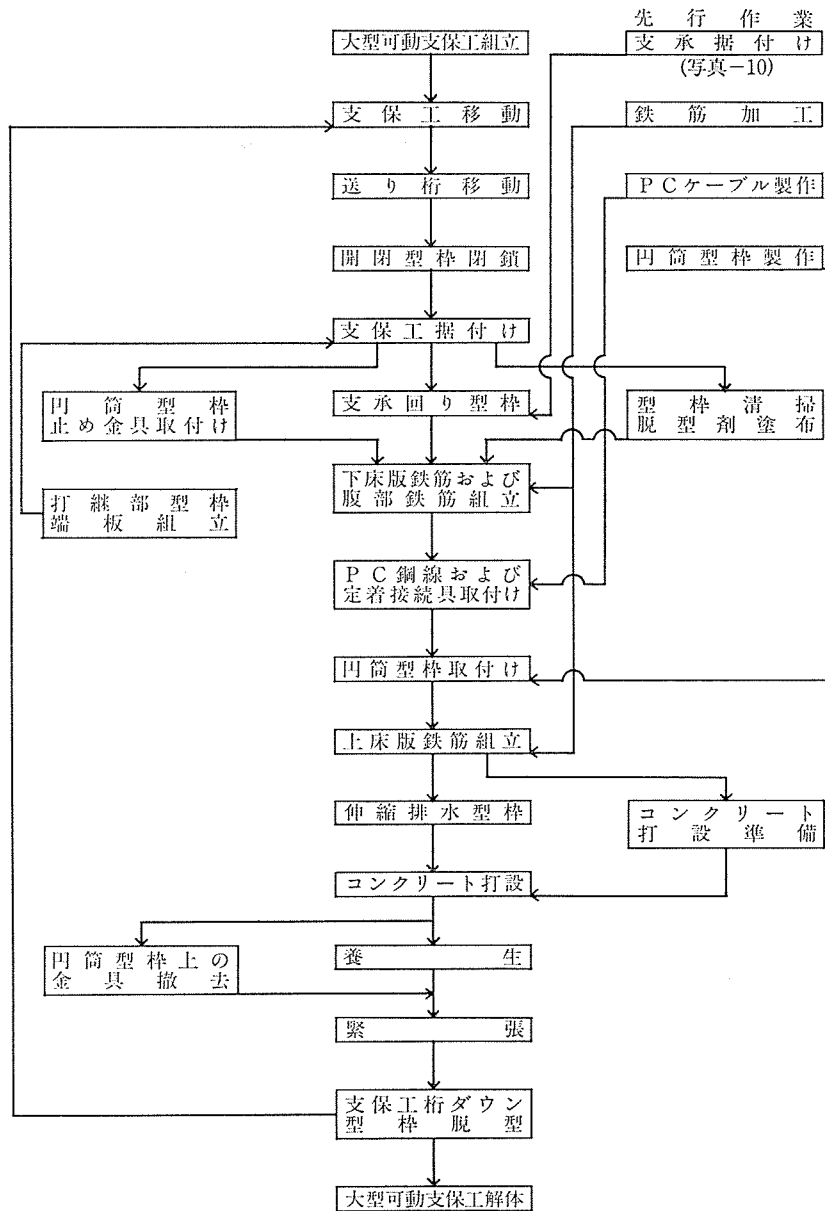


図-10 施工手順のフローチャート

に示す。可動支保工による施工は、完全な機械化によって省力化が図れ、サイクル工法であるため労務者の熟練度が早く、さらに上屋設備を有するため天候に左右されず良好な工程管理および品質管理を行うことができた。

4.5 コンクリート打設

コンクリート打設荷重は、前方橋脚に設置したブラケット（上り線）、橋脚支柱（下り線）で前方を支持し、後方は既に完成した上部工の張出し部に設置した打継部荷重受梁で支持した。

コンクリートの打設量は、1 径間平均 210 m³ となり、可動支保工後方に配置したブーム付きポンプ車 1 台を使用して打設した（写真-11）。

打設順序は打設時間が 3.5~4 時間と短時間であること、施工性が良いこと、さらにたわみの進行状況が把握

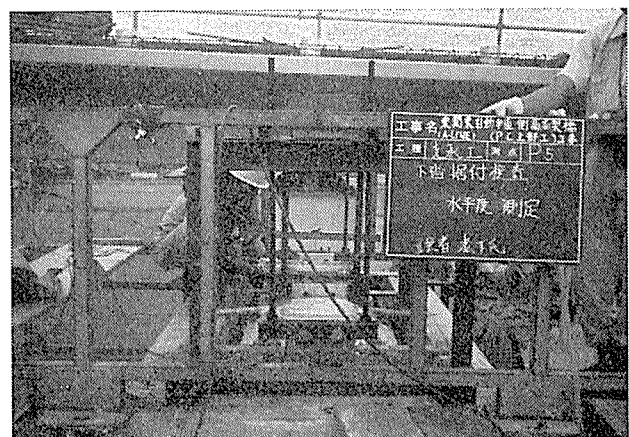


写真-10 支承据付け

◇工事報告◇

表-2 可動支保工標準工程（1サイクル13日）

工種	日	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
型枠据付け工		■												
下筋スターラップ組立工			■	■	■									
シースPW組立工					■									
円筒型枠組立工						■								
上筋組立工							■							
コンクリート打設工								■						
養生工									■	■	■			
緊張工												■	■	
支保工移動工														■

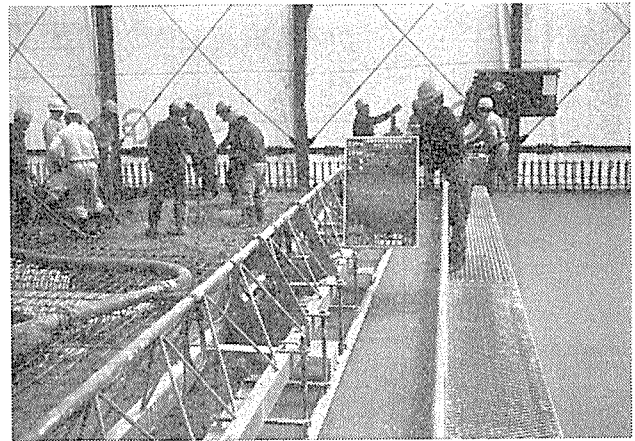


写真-11 コンクリート打設

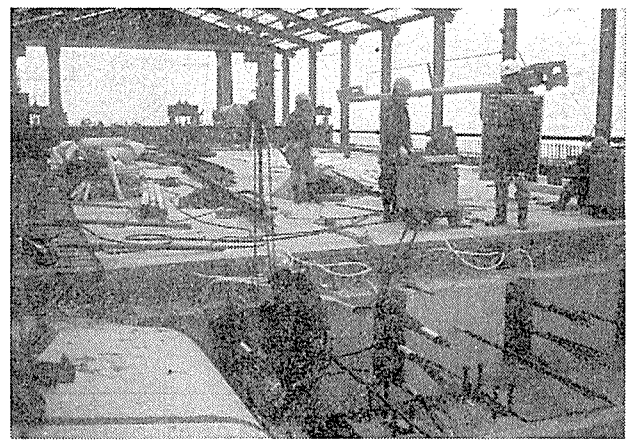


写真-12 緊張作業

しやすいという点から先端から後方に進み、打継目を最後に打設した。また、円筒型枠に対するコンクリート打設時の浮力を低減させるために、8~9mごとに区切って1断面の2層打ちを行った。

なお、主桁コンクリートに使用した生コンの諸元は以下のとおりである。

設計基準強度： $\sigma_{ck} = 350 \text{ kg/cm}^2$ （早強セメント）

スランプ：7±1.5 cm

粗骨材の最大寸法：25 mm

空気量：4±1%

水セメント比 W/C：42.9%

細骨材率：42.5%

養生は、養生マットを敷き散水養生を行った。また、冬期は上屋全面をシートで覆いジェットヒーターで給熱養生を行った。

4.6 緊張

主桁の緊張は、分割施工による片押し施工となるため写真-12 に示す片引き緊張とし、固定端の碇着装置は

フレッシュデッドアンカーモノグリッパ型 12 T 13 を使用した。緊張作業は、コンクリートの圧縮強度が 290 kg/cm^2 以上に達したのを確認のうえ、断面に均等な応力が導入されるようにフレッシュジャッキ（S6-B型）2台を使用して設計どおりの順序で緊張を行った。

4.7 上げ越し

可動支保工による施工は、1径間ずつの分割施工を行って連続桁とするため一括施工の場合とはたわみ量が異なる。よって、各施工段階毎に弾性たわみを算出するとともに各径間のコンクリート材令を考慮してクリープたわみを求め、上げ越し量を決定した。

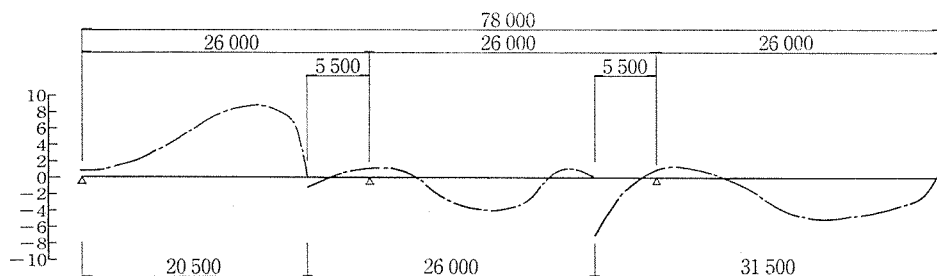


図-11 上げ越し量

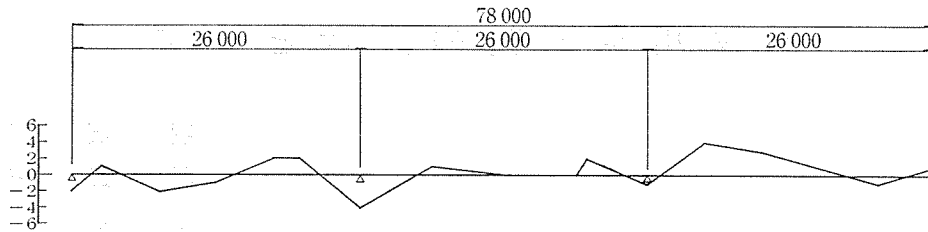


図-12 たわみの実測値

たわみの計算で算出した項目は下記のとおりである。

- ① 弾性たわみ（主桁自重，プレストレスおよびプレ2次モーメント，橋面荷重）
- ② クリープたわみ（主桁自重によるクリープ，プレ2次モーメントによるクリープ，橋面荷重によるクリープ）
- ③ 支保工桁のたわみ

図-11 は， $t=\infty$ の全死荷重作用時に橋面高が確保できるように考慮した上げ越し量である。また，図-12 は橋体工完成直後のたわみの実測値を示す。

5. あとがき

昭和 60 年 11 月の着工からほぼ 14 か月経過した現在，側高高架橋上部工の施工は，上下線 46 径間の橋体工事がすべて終了し，ほぼ予定どおりの工程で進められている。

可動支保工は中規模径間で多径間の橋梁に対してもっとも威力を発揮する工法の一つであり，近年の高架橋の増加とともに今後数多く採用されていくと思われる。本報告が今後の設計・施工の参考になれば幸いである。

最後に，本橋梁の設計および施工にあたり御指導，御尽力をいただいた関係各位に感謝の意を表わす次第である。

【昭和 62 年 1 月 10 日受付】

◀刊行物案内▶

PC 定着工法

(1982 年改訂版)

本書は，現在我が国において多く用いられている PC 定着工法 19 種についてとりあげ，それぞれの工法の概要，構造，施工法，特長，注意事項などを解説したものであります。

設計者，施工者の利用とともに教育用テキストなどにも広く使用できることと思います。

また付録として PC 鋼材一覧表（改訂版）等を添付してあります。

ご希望の方は代金を添え（現金書留かまたは郵便振替東京 7-62774）プレストレストコンクリート技術協会宛（電 03-261-9151）お申し込みください。

体 裁：B5判 94 頁

定 価：2,800 円（会員特価 2,500 円） 送 料：350 円