

PC 3 径間連続ラーメン橋の設計と施工

—首都高速 5 号線 (2 期)—

根 本 洋*
 佐 藤 重 尚**
 和 泉 公 比 古***
 板 倉 正 和†

1. はじめに

首都高速 5 号線 (2 期) の板橋区三園地区では、都市内の街路上という厳しい条件の下で、大規模な PC ラーメン橋が建設された。

首都高速 5 号線 (2 期) は、豊島区池袋四丁目から板橋区三園一丁目までの延長 9.7 km の路線で、現在建設中の首都高速板橋戸田線に接続し、都心と埼玉県を結ぶ重要な幹線となる都市内高速道路である。すでに、起点から板橋区高島平四丁目までの 8.6 km は供用されており、現在建設が進められているのは高島平四丁目から三園一丁目までの 1.1 km の区間である (図-1)。

そのうち、高速道路が都道 202 号線と立体交差をする区間では、街路の線形条件から橋脚位置が制約され支間が 82 m となること、また、施工も張出し架設工法となること等から、PC 3 径間連続ラーメン橋 (支間 40 m + 82 m + 40 m) が計画され建設された。この PC ラーメン橋は、本形式としては当公団における最大級の橋梁である。また、都市内の住宅地に建設された本橋は、上部工と橋脚が一体となった優れた景観を有する橋梁となっている (図-2)。

本報告は、この PC ラーメン橋の設計と施工について紹介するものである。

2. 工事概要

工事名：582 工区 (その 2)、IT 11 工区 (その 1)
 高架橋上部構造及び下部構造新設工事
 工事場所：東京都板橋区三園一丁目、二丁目・高島平五丁目、六丁目

* Hiroshi NEMOTO：首都高速道路公団工務部調査役
 ** Shigehisa SATO：首都高速道路公団 東京保全部 保全技術課長
 *** Kimihiko IZUMI：首都高速道路公団 保全施設部 保全技術課長補佐
 † Masakazu ITAKURA：首都高速道路公団 第二建設部志村工事事務所

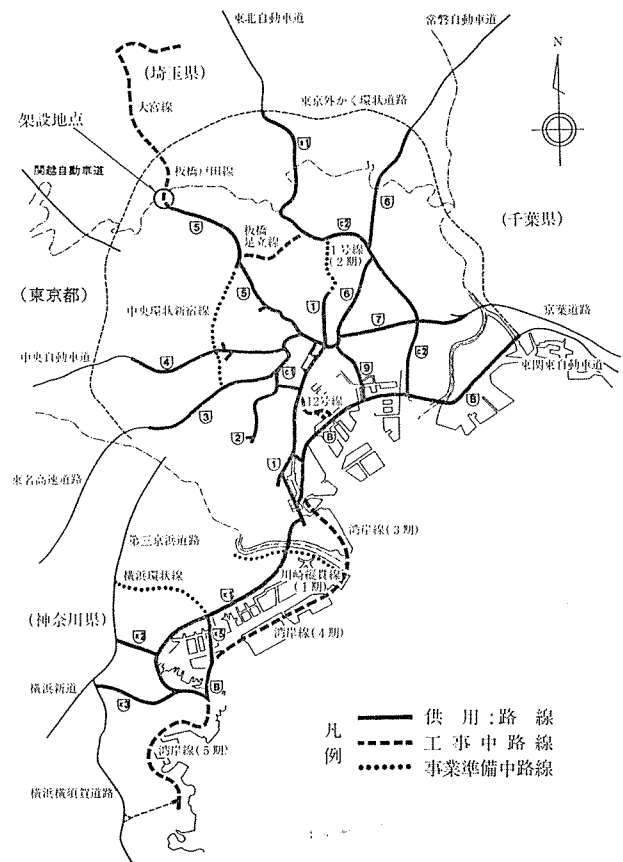
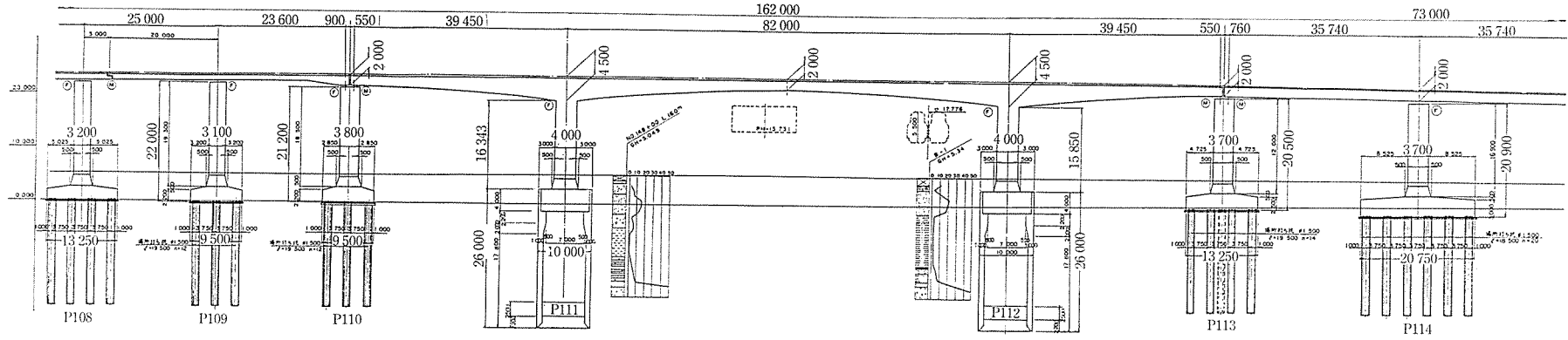


図-1 首都高速道路網図

工 期：昭和 61 年 1 月～平成元年 12 月
 橋 種：プレストレストコンクリート道路橋
 橋 格：一等橋 (TL-20)
 構造形式：PC 3 径間連続ラーメン橋
 橋 長：162.0 m
 支 間：39.45 + 82.0 + 39.45 m
 幅 員：18.2 m
 架設工法：場所打ち張出し架設工法 (フレシネー工法)
 発注者：首都高速道路公団

側面図



平面図

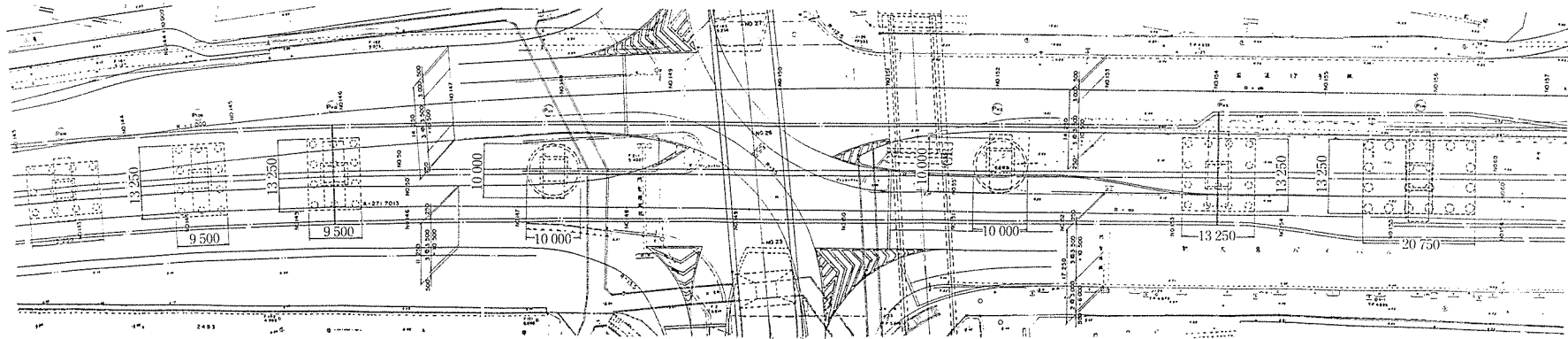


图-2 (1) 全体图

横断図

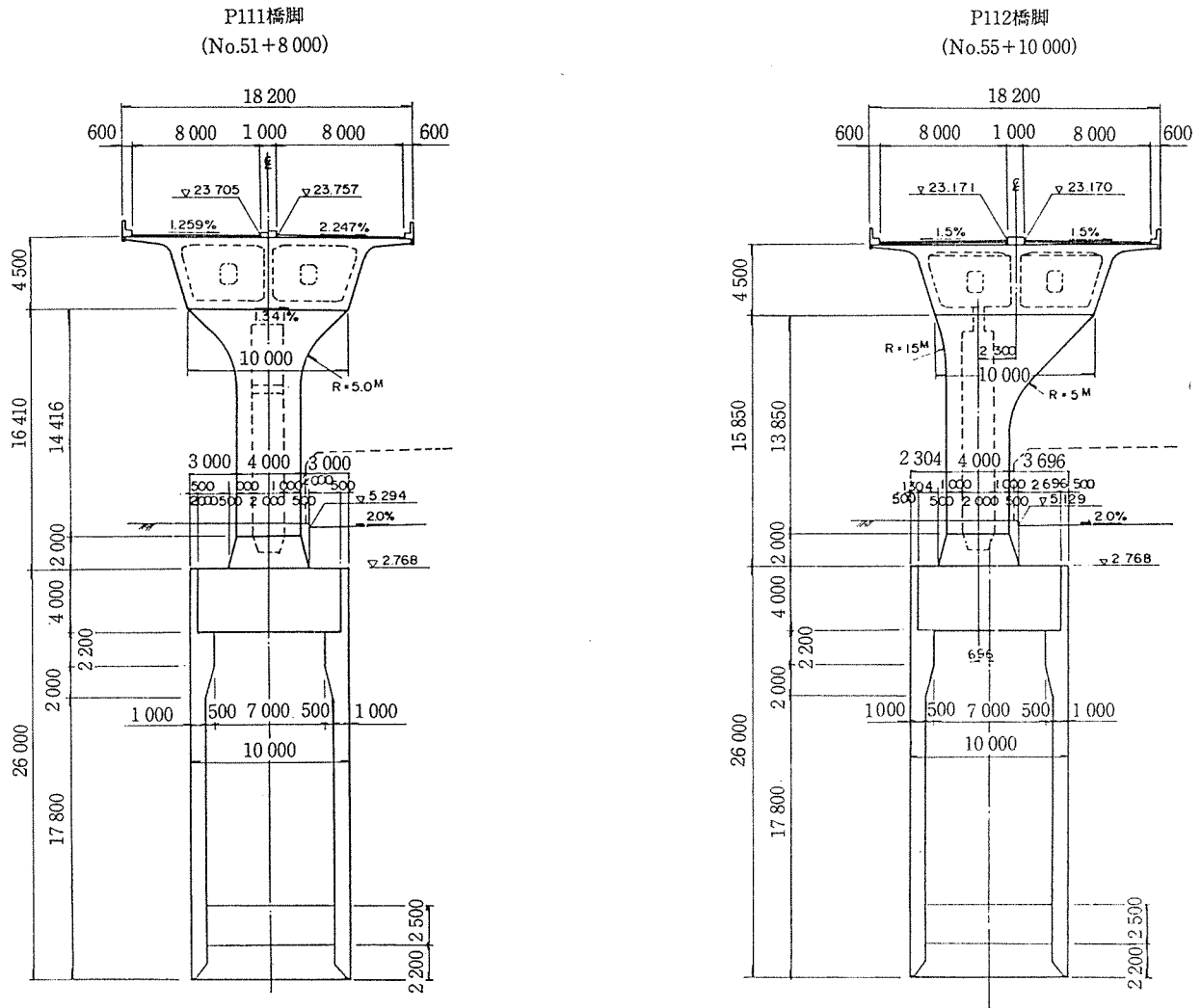


図-2(2) 全体図

施工者：鴻池組，富士ピー・エス・コンクリート共同企業体

主要材料：

コンクリート

主桁 ($\sigma_{ck}=400 \text{ kgf/cm}^2$) ; 953 m³

高欄・地覆 ($\sigma_{ck}=300 \text{ kgf/cm}^2$) ; 173 m³

鉄筋 ; 133 t

PC鋼材

主桁縦締め (SWPR 7 B, 12 T 12.7) ; 57 t

横桁横締め (SWPR 95/110, $\phi 32$) ; 4 t

床版横締め (SWPR 1, 12 $\phi 7$) ; 5 t

床版横締め (SWPR 1, 12 $\phi 8$) ; 6 t

3. 設 計

3.1 構造形式

本橋の架設地点は，高速道路と平行して建設中の新大宮バイパスと都道 202 号線の交差点である。そのため，高速道路の橋脚位置に制約をうけ，交差点上の支間長は

82 m となり，右折車線を確保するため埼玉側の橋脚 (P 112) は桁断面に対し偏心した形状となった。また，施工方法も街路の交通に支障とならない架設方法とする必要があった。

このような規模・条件を満足し，前後の PC 区間との調和も可能な PC 橋の構造形式として，次のものが考えられた。

- ① 3 径間連続箱桁橋
- ② 3 径間連続ラーメン箱桁橋
- ③ 3 径間連続有ヒンジラーメン箱桁橋

このうち，③ 3 径間連続有ヒンジラーメン箱桁橋については，ヒンジ部の維持管理やクリープ等による変形量の問題が大きいため，① 3 径間連続箱桁橋と② 3 径間連続ラーメン箱桁橋の比較を行った。

その結果，中間支点の一方の橋脚 (P 112) が街路の線形条件により偏心していることから，構造系全体で偏心に抵抗できる連続ラーメン形式が連続桁形式に比べ有利となった。そのほかにも，施工性・経済性・景観等を

上部工標準断面

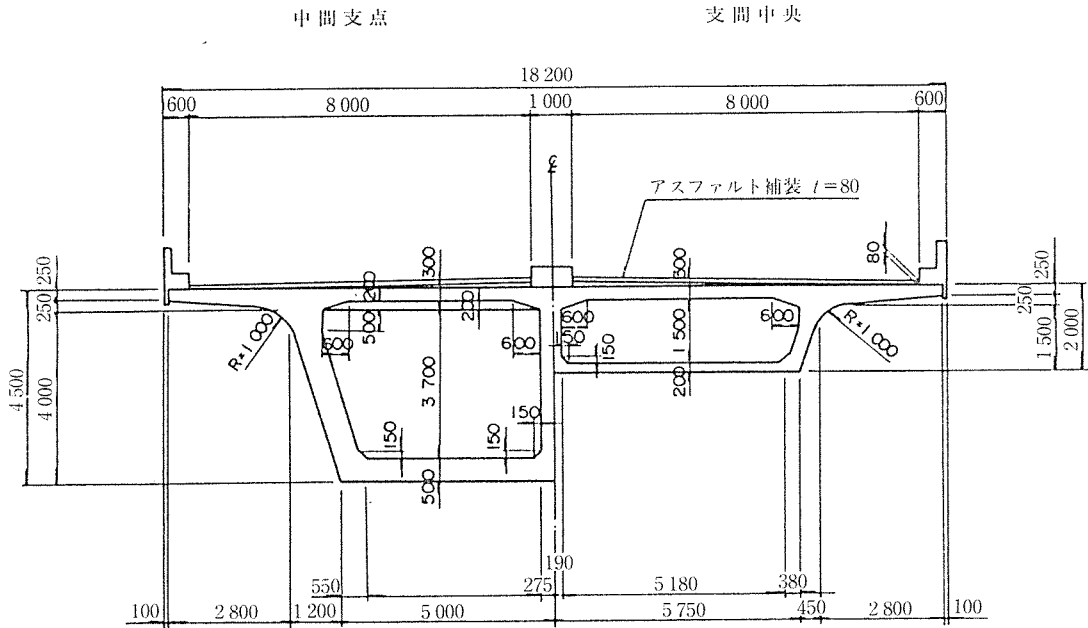


図-3 主桁断面図

総合的に判断し、本橋の構造形式として PC 3 径間連続ラーメン箱桁橋を選定した。

3.2 構造寸法

本橋の標準的な断面寸法は、図-3 に示すとおりである。

(1) 桁高

本橋の桁高については、過去の類似した設計例を参考にして、経済的な桁高を推定した。その結果、桁高としては、中間支点上で 4.5 m、中央径間中央および両桁端部で 2.0 m とし、桁高のすり付けは中央径間・側径間とも 2 次放物線とした。

(2) 断面形状

本橋の断面形状としては、支間長および幅員から、1

室～3 室の箱桁断面が考えられるが、室数により床版構造が PC あるいは RC となり、これに応じて床版厚も変化し、さらに主桁自重にも影響を与えることとなる。これらを考慮のうえで比較検討を行った結果、下部工に対する負担が少なく経済的な 2 室箱桁断面を採用することとした。また、景観上から下部工形状に調和した斜めウェブを有する断面形状とした。

(3) PC 鋼材

(a) 縦方向 PC 鋼材

PC 鋼材の選定に際しては、構造物の形式・規模・施工法等を考慮しなければならない。特に、張出し架設を行う場合には、架設時において鋼材の最小配置本数を確保する必要があるため、必ずしも高張力の鋼材を使用す

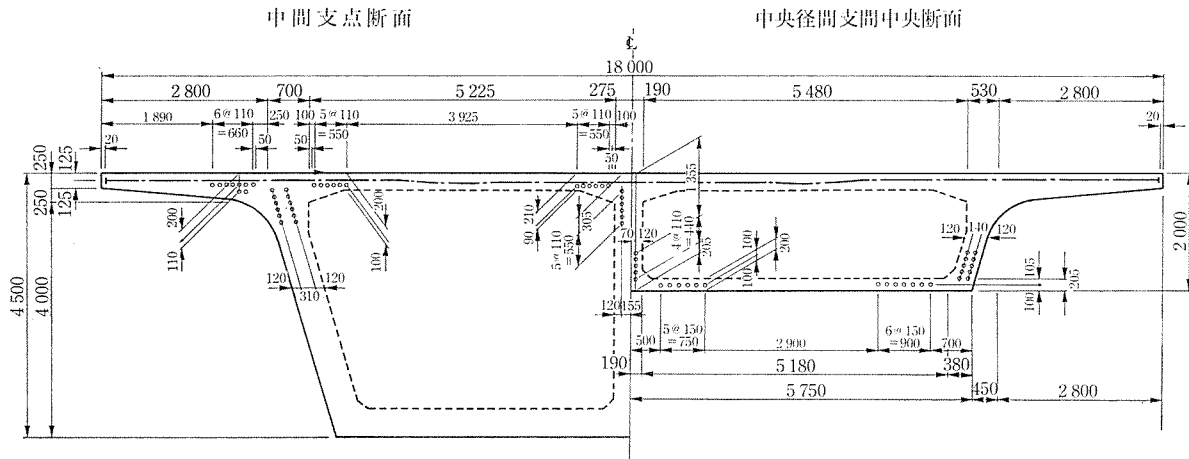


図-4 PC 鋼材の配置

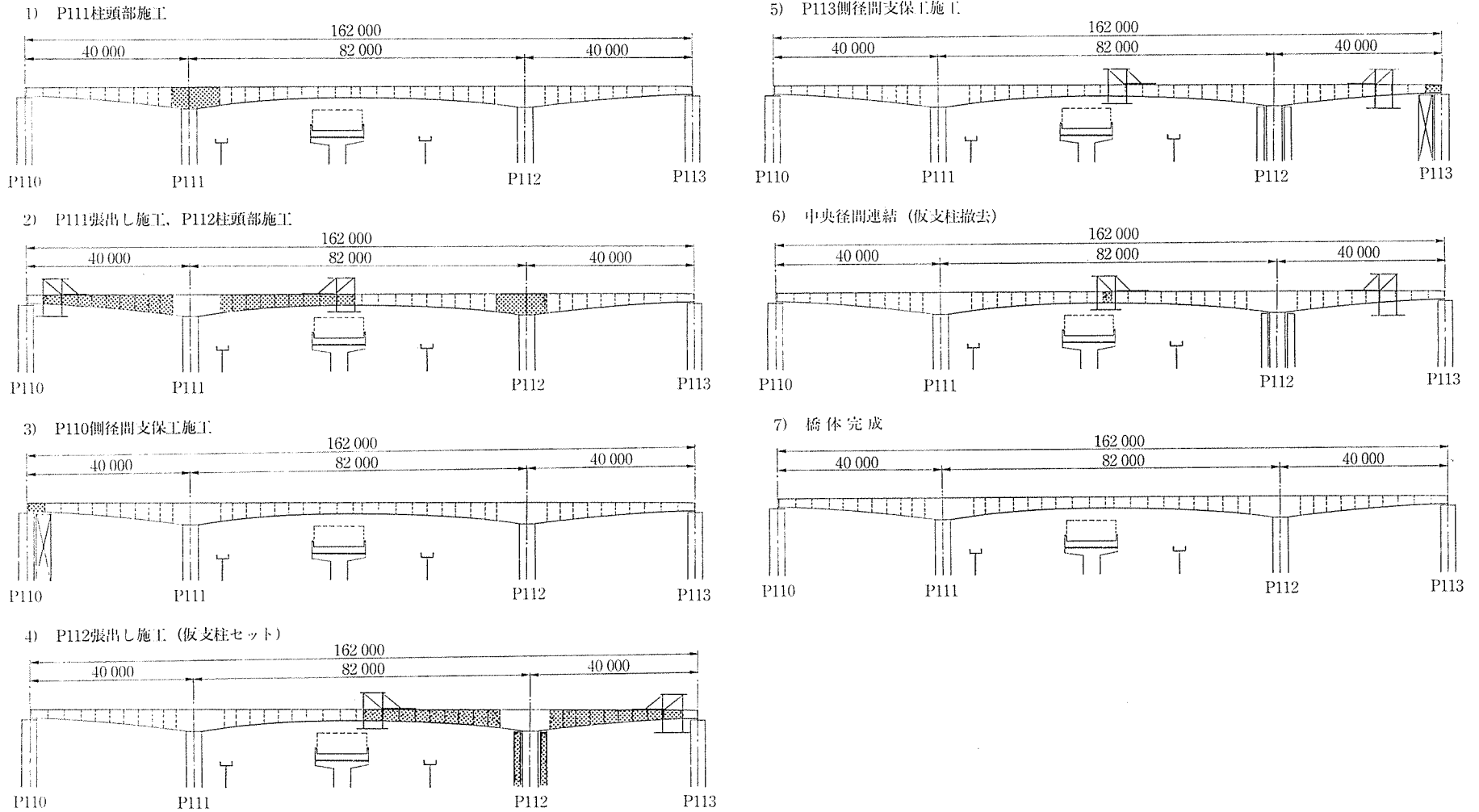


図-5 張出し架設の施工順序

◇工事報告◇

ることが有利とはならない。また、張出し方法（同時張出し・交互張出し）によっても経済性が異なる。すなわち、PC 鋼棒を使用する場合は、定着方法および作業性から交互張出しとなり、PC 鋼線を使用する場合は、鋼材を後挿入することから同時張出しとなる。

本橋においては、これらの点をふまえ、次の3種類のPC 鋼材について比較を行った。

- ① PC 鋼棒：SBPR 95/120, $\phi 32$
- ② PC 鋼より線：SWPR 7 A, 12 T 12.4
- ③ PC 鋼より線：SWPR 7 B, 12 T 12.7

その結果、経済性・施工性の両面から、PC 鋼より線 12 T 12.7 を選定した（図-4）。

(b) 横方向 PC 鋼材

床版横締め用 PC 鋼材の種類は、床版支間により異なるが、断面形状を2室箱桁とした本橋では、PC 鋼線と PC 鋼棒の比較を行った結果、経済性・施工性の両面から、標準部においては PC 鋼線 SWPR 1, 12 $\phi 7$ を選定した。ただし、本橋には、将来防音壁を高くする可能性を残す区間があり、その区間については PC 鋼線 SWPR 1, 12 $\phi 8$ を使用した。

3.3 構造解析

(1) 解析上の施工条件

本橋の施工は、街路の交通に影響を与えない張出し架設で、施工順序は図-5 に示すとおりである。

また、本橋の P 112 橋脚は、新大宮バイパスの右折車線を確保するために脚中心が 2.3m 偏心しており、そのままの状態では上部工を施工すると、施工時の上部工反力による偏心モーメントがすべて橋脚柱に伝達され、断面が増大することとなる。しかし、橋脚断面の増大は街路条件により不可能であったため、コンクリート製ベント（仮支柱）を設置して、施工時の偏心モーメントを発生させないようにし、構造系完成後に生ずる偏心モーメントのみを全体構造系で受けもたせることとしている。

以上の点をふまえ、構造解析は全体系、架設系について行った。

(2) 全体系解析

(a) 橋軸方向

橋軸方向の解析は、橋脚と主桁が剛結された平面骨組構造とし、橋脚下端は鉛直・水平・回転の3方向のバネ支持とした（図-6）。

また、コンクリートのクリープおよび乾燥収縮による拘束力は、前述の施工順序に基づき、各部材ごとの時間履歴を考慮した。

(b) 橋軸直角方向

橋軸直角方向荷重による断面力および反力の算出は、

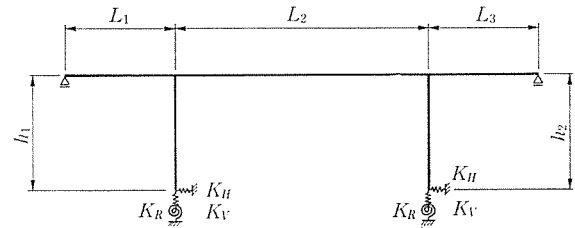


図-6 解析モデル（全体系、橋軸方向）

両端支点の橋脚の剛性をバネで評価し、立体骨組構造として解析した。

(3) 架設系解析

P 112 橋脚と仮支柱の断面力および反力の算出は、仮支柱下端を剛結、仮支柱上端をすべり支承とし、立体骨組構造にて各施工段階ごとに解析した。

この解析結果を用い、構造系完成時における P 112 橋脚下端の断面力を照査し、仮支柱上のジャッキに与える反力の値を算出した。

また、P 111 橋脚については断面形状が対称のため、平面骨組構造にて各施工段階ごとに解析した。

3.4 景観上の配慮

本橋は、都市内の住宅地の近くに建設された橋梁であり、景観についてもいくつかの配慮が払われた。

それらを示すと次のようである。

① 上部構造と下部構造の形状の調和

橋脚は、Y形を基本とした滑らかな曲線を有する形状とし、上部構造も橋脚の曲線に連続した斜めウェブとすることで一体感をもった形状となるよう配慮している（写真-1）。

② 排水管の処理

橋面からの排水管は、原則として外部に出さない方式とし、箱桁内部および橋脚内部に配管している。また、排水枘から箱桁内部までの配管については、扁平な箱断面の鋼製管を使用し、極力目立たないよう配慮している（写真-2）。

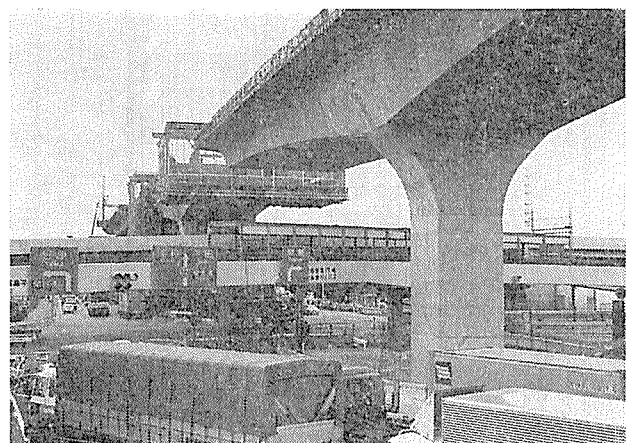
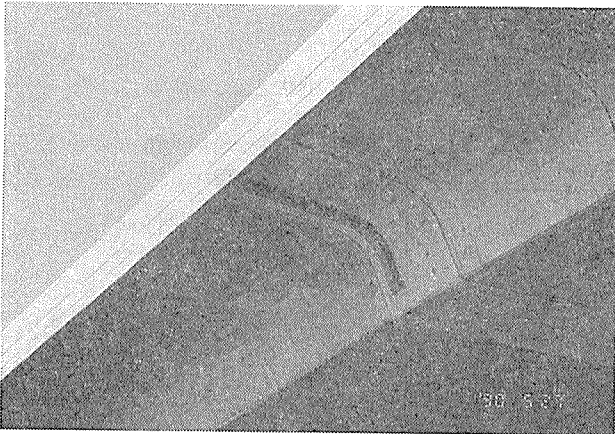
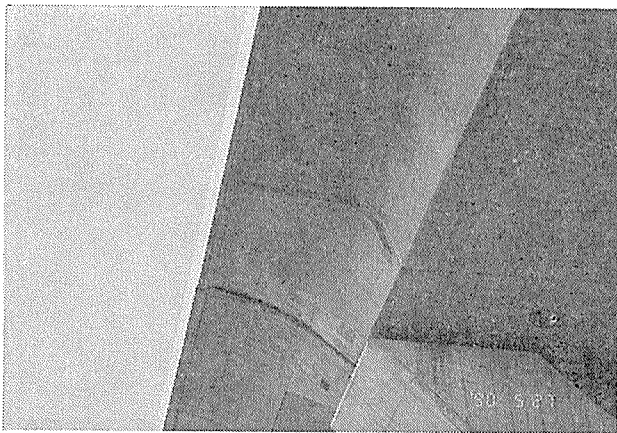


写真-1 主桁とY形橋脚



写真—2 排水管の取付け



写真—3 隣接桁とのすりつけ

③ 隣接桁とのすり付け

構造形式・主桁断面の異なる隣接桁との断面のすり付けを行い、連続感をもたせるよう配慮している（写真—3）。

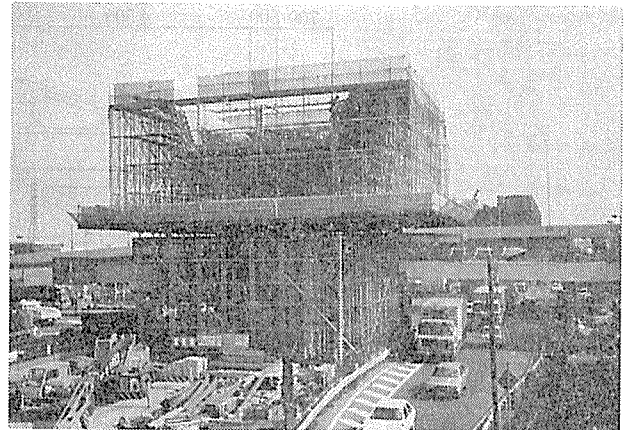
4. 施 工

4.1 施工概要

本工事区間は、新大宮バイパスと都道補助 202 号線の交差点であり、交通量も非常に多く、作業帯の確保がきわめて困難であった。そのため、上部工の架設は街路の交通に支障を及ぼさない張出し架設工法を用いて行った。

施工は、東京側の P111 から張出し架設を行い、続いて埼玉側の P112 から張出し架設を行った。

張出し架設は、街路の交通に影響を及ぼさないための工法であるが、本工事区間は交通量の多い交差点であり、かつ、都道補助 202 号線の立体交差橋とのクリアランスが少ないため、特殊な低床式の移動式作業車を用いた施工を行った。また、工事区域内には、歩道橋も供用されており、工事中の安全には最大限の注意が払われた。



写真—4 柱頭部の施工

4.2 柱頭部の施工

張出し架設の基地中心となる橋脚 P111 および P112 の柱頭部の長さは、移動式作業車が 2 基同時に組立可能な長さの 12m とした。

柱頭部の施工は、上下 2 段構成の支保工を用いた。

下段支保工は、狭い作業帯および横断歩道橋等の制約条件から、H形鋼の特殊張出し式支保工とし、H形鋼の支持部は反力が大きくなるため、四角支柱を採用した。また上段支保工については、枠組支保工とした。柱頭部の施工状況を写真—4 に示す。

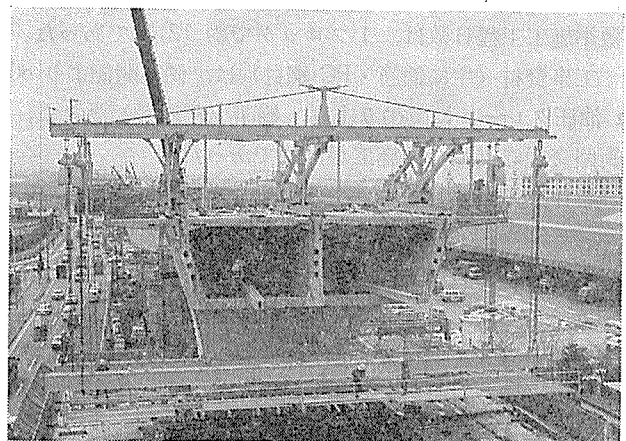
4.3 移動式作業車の組立

本工事で用いた移動式作業車（以下、作業車と呼ぶ）は、トラス材・レール・作業床および全天候用の屋根から構成されており、基本構造は、図—7 に示すとおりである。

作業車の組立は、まず柱頭部下段支保工上に作業床を組み、側径間側から 120t 油圧クレーンにてトラス材を橋面上に組み立てた後、電動チェーンブロックにより作業床を吊り上げた（写真—5）。

4.4 1 サイクル内での施工内容

1 サイクル内での施工内容および施工順序は、標準工



写真—5 移動式作業車の組立

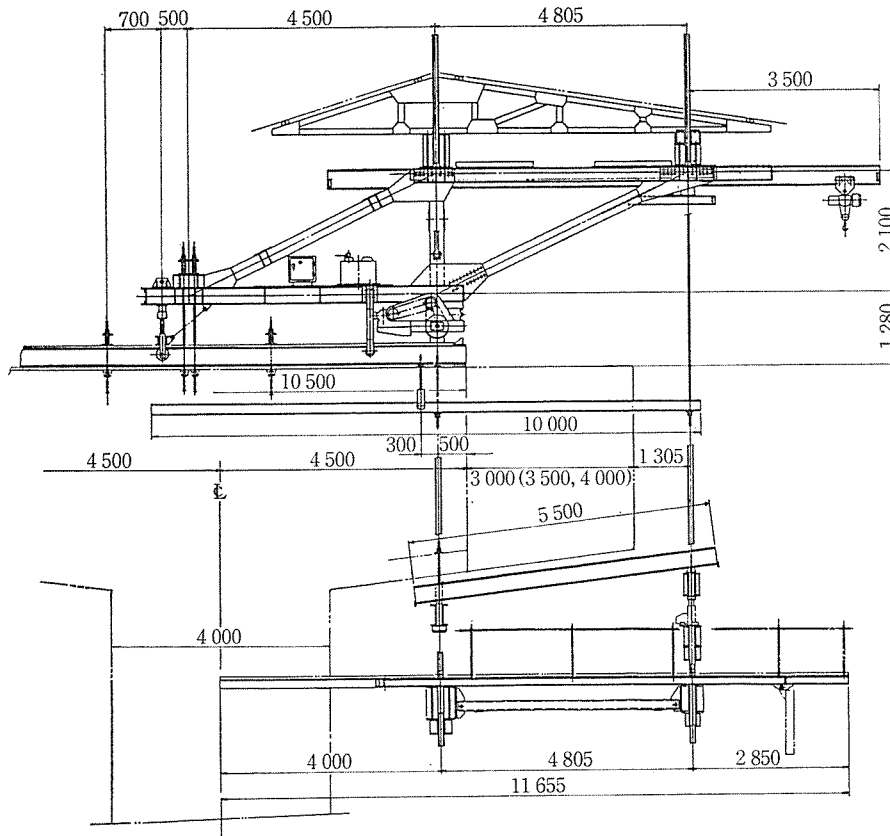


図-7 移動式作業車

工種 \ 日	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
コンクリート打設												
養生												
緊張												
移動・セット												
鉄筋・型枠・P・C												

図-8 標準工程表

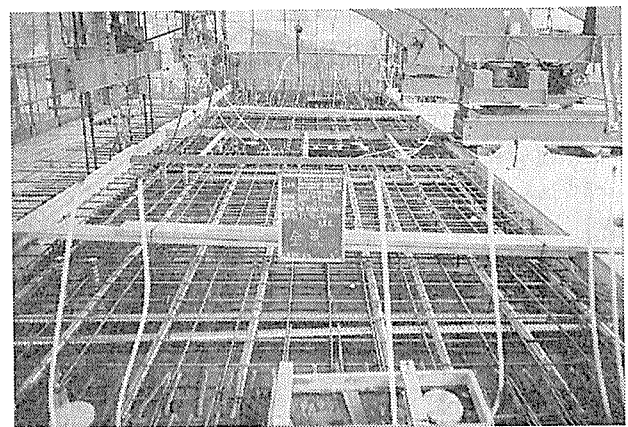


写真-6 型枠・鉄筋作業

程表に示すとおりである(図-8)。なお、1サイクルの標準施工工程日数は、1ブロックで約12日であった。

工事資材(主に鉄筋・PC鋼材)は、側径間側より80t油圧クレーンにて吊り上げ、橋面上を運搬したため、街路交通に支障なく施工が可能であった。

各作業の概要を示すと次のようである。

① 型枠・鉄筋・シース作業

作業車移動後、方向・高さを測量し、底型枠・側型枠をセットした。次に、ウェブおよび下床版の鉄筋・シースを組み立て、内型枠をセットし、上床版の鉄筋およびシースを組み立てた(写真-6)。シースは、コンクリート打設時の変形防止のため、内部にポリエチレンパイプをあらかじめ挿入し、保護した。

② コンクリート作業

コンクリート($\sigma_{ck}=400 \text{ kg/cm}^2$, スランプ 8 cm, 最大骨材寸法 25 mm)は、左右両ブロック連続して打設した。

打設は、側径間地上にセットしたポンプ車1台にて行った。打設順序は、中央径間のブロックから打設し、続けて側径間側のブロックを打設した。

1ブロックの打設順序は、まず中央ウェブ・側ウェブを途中まで打設し、次に下床版を、最後にウェブおよび上床版を打設した。

③ PC作業

コンクリート打設後、養生期間中に、縦方向の PC 鋼より線 (12 T 12.7 mm) をプッシングマシンにて挿入した。横方向 PC 鋼線 (12 φ7, 12 φ8) は、コンクリート打設前に人力により挿入した。

所定のコンクリート強度を確認後、緊張ジャッキ・ポンプにより、縦方向および横方向のプレストレスを導入した。

④ 作業車移動作業

緊張終了後、側径間側の作業車より、型枠のダウンおよび作業車のアンカーを撤去し、次のブロックへ前進した。

次に、中央径間側の作業車を同様に前進した。

4.5 低床式作業車を用いた張出し施工

中央径間の中央部には、都道補助 202 号線の立体交差橋があり、本 PC 橋の桁下と立体交差橋の建築限界高とのクリアランスが 2.7 m しかないため、標準的な作業車では施工が不可能であった。そのため、中央径間の施工には、次に示す特徴をもった低床式の作業車を用い、立体交差の交通に支障を与えないよう配慮した。

[低床式作業車の特徴]

- ① 作業床を下段横梁より吊る構造とした。
- ② 底型枠受け梁を下段横梁に直接支持させる構造とした。

低床式作業車の構造図を 図-9 に示す。

4.6 仮支柱を用いた張出し施工

(1) コンクリート製仮支柱の製作

仮支柱位置は、大きな支持力の取れる位置としなければならない、また下部ケーソンが作業帯内ギリギリに位置するため、このケーソン上に設置することとなった。これにより仮支柱の大きさは、φ1400 mm に制限され、コンクリート製とした。

製作方法は、ケーソンに PC 鋼棒を埋め込み剛結合とし、 $\sigma_{ck}=400 \text{ kg/cm}^2$ のコンクリートを現場打ちにて 1 m ずつのブロックで打ち上げ、PC 鋼棒にて緊張した。

仮支柱天端には油圧ジャッキをセットし、このジャッキと橋体の間は、ステンレスとテフロン板にてすべり支承とし、地震時の水平力を低減させる構造とした (図-10)。

(2) 張出し施工

本施工は、P112 偏心橋脚の偏心モーメントを全体構造系で受け持たせなければならないため、P112 橋脚張出し施工時には、仮支柱天端のジャッキにより反力調整を行い、偏心モーメントを抑えなければならなかった。

各施工段階の仮支柱設計反力を 表-1 に示す。

表-1 仮支柱設計反力 (t)

施工段階反力	仮支柱 (中央径間側)	P112	仮支柱 (側径間側)
3, 4 BL 打設時	461.8	974.6	96.8
ジャッキ突き上げ	771.8	354.6	406.8
9, 10 BL 打設時	957.8	791.6	477.4
最大張出し時	1248.9	1343.1	517.4
側径間閉合時	1231.0	1358.1	542.6
中央径間閉合時	1224.0	1298.3	530.0

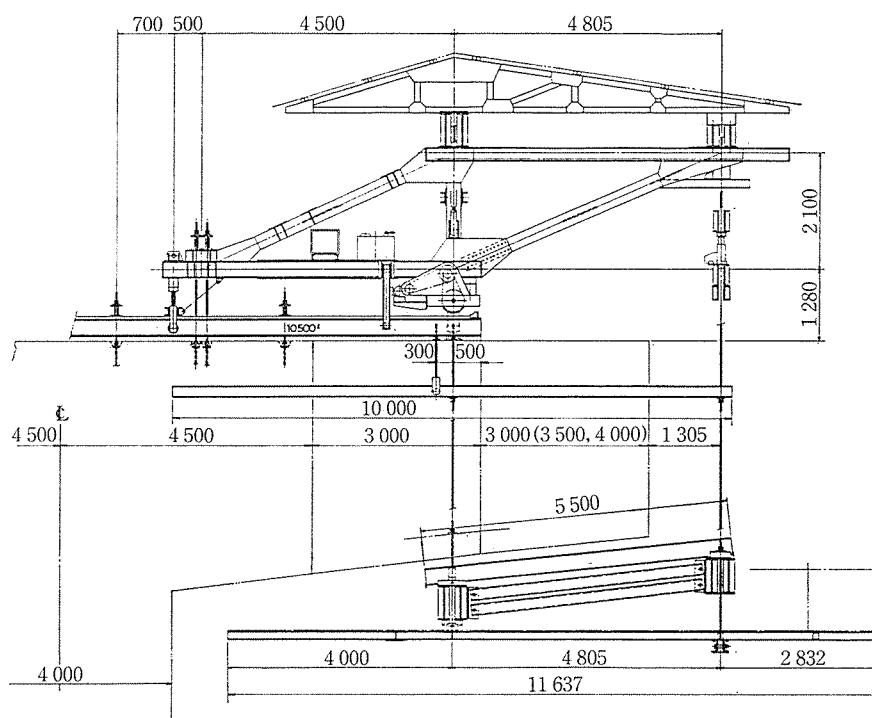


図-9 低床式作業車

◇工事報告◇

断面図

側面図

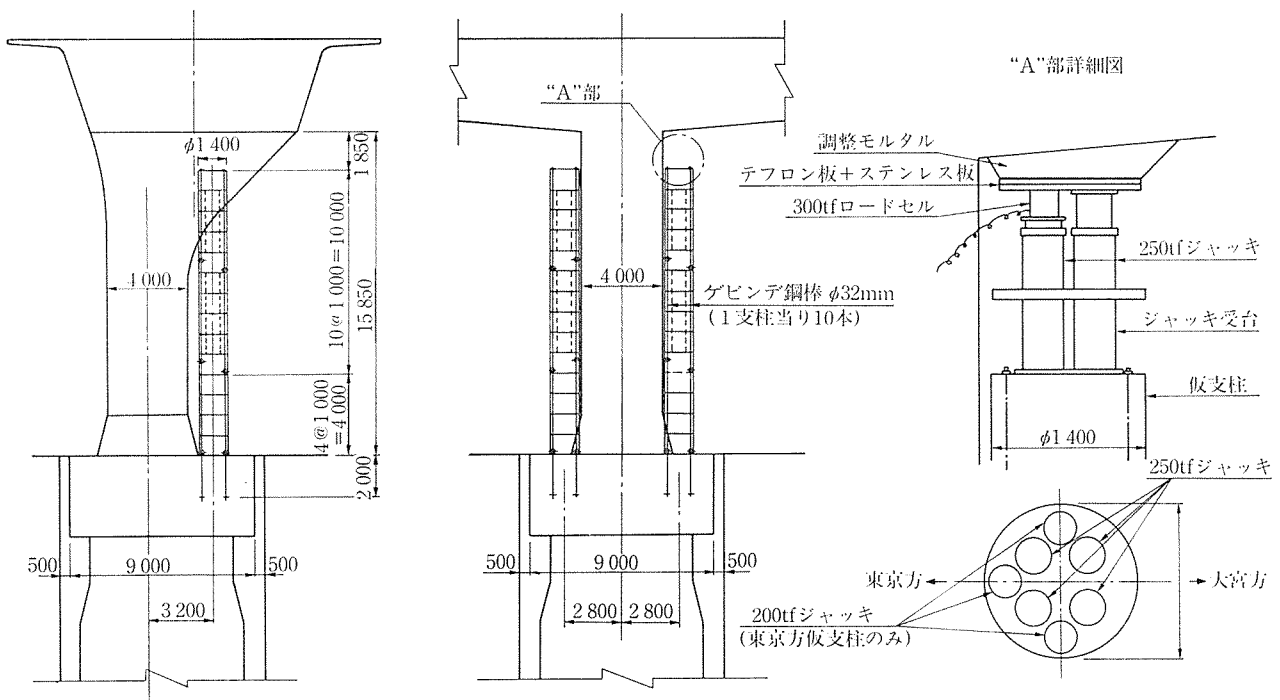


図-10 コンクリート製仮支柱

表-2 ロードセルによる仮支柱反力 (t)

	S (東京方)		N (大宮方)	
	設計値	実測値	設計値	実測値
11, 12 BL 打設時	1 104.3	873.6	505.2	498.2
13, 14 BL 打設時	1 110.1	1 051.6	512.0	483.2
15, 16 BL 打設時	1 192.2	1 176.7	535.8	502.6
17, 18 BL 打設時	1 248.9	1 172.8	517.4	510.0
側径間打設時	1 231.0	1 169.3	542.6	563.6
中央径間打設時	1 224.0	1 184.2	530.0	490.6

また、反力管理の補助データとして、橋脚変位量およびケーソン沈下量を計測した。

計測内容は以下のとおりである。

- ① 仮支柱の反力は油圧ジャッキ上のロードセルにより計測
- ② P 112 橋脚の変位は橋脚上端の変位計およびトランシット・レベルによる目視観測により計測
この計測結果を以下に述べる。

① ロードセルによる反力測定

張出し施工時のロードセルによる反力測定結果を表-2 に示す。測定結果によると、張出し施工時の仮支柱反力は設計値にほぼ近い値が得られており、最大張出し時において設計値より 4.7% 減であった。

側径間打設時および中央径間打設時の仮支柱反力についてもほぼ設計値に一致しており、最終反力（中央径間打設時）は設計値の 4.5% の減であった。

② 変位計による橋脚鉛直変位測定

9, 10 BL 打設前から中央径間閉合後までのケーソン天端と橋脚天端間の鉛直変位を比較すると、理論値 -0.1 mm に対し、実測値 -0.01 mm であった。

③ トランシットによる橋軸直角方向変位測定

9, 10 BL 打設前から仮支柱撤去後までの P 112 橋脚橋軸直角方向変位を比較すると、理論値 7.1 mm に対し直後の実測値は 7 mm であったが、10 日後には 3 mm に減少した。

④ レベルによるケーソン沈下測定

9, 10 BL 打設前から仮支柱撤去後までのケーソン沈下量を比較すると、理論値 -7.6 mm に対し実測値 -4 mm であった。

4.7 作業車の解体

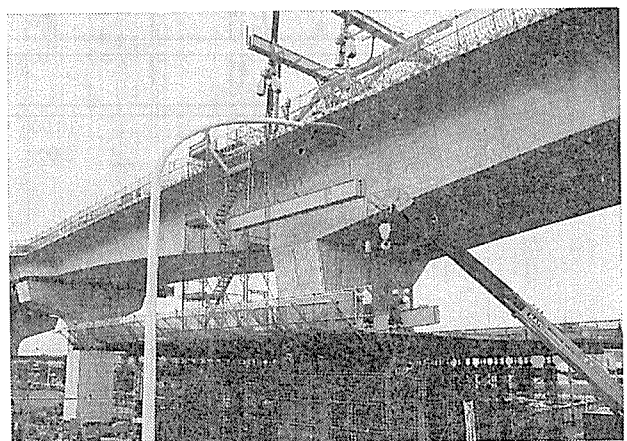
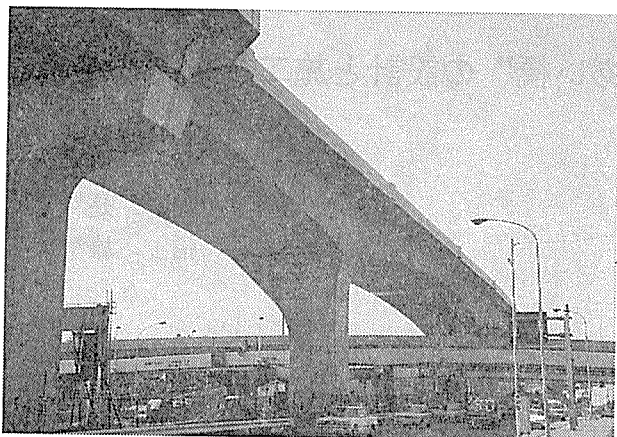


写真-7 作業車の解体



写真—8 完成後の現況

張出し施工終了後、作業車を柱頭部（組立位置）まで後退させて作業車の解体を行った。解体は、組立時の逆の順序で行ったが、すでに橋体が完成しているため、トラスの解体は橋面上に設置した20tのラフタークレーンを用い、解体および吊り卸しを行った（写真—7）。

5. あとがき

本橋は、平成元年12月に無事竣工し、舗装等の橋面工を施工中である（写真—8）。

都市内において、張出し架設により桁下の交通に支障を及ぼさないでPC橋を施工した実績としては、当公団においても、渋谷駅前のPCラーメン橋等の実績があるが、本橋のように、街路の制約条件から橋脚が偏心し、仮支柱を使用して張出し架設を行った例は初めてである。また、本橋は都市内の住宅地において厳しい施工条件の下で建設されたPC橋であるばかりでなく、上部構造と橋脚構造が一体となった優れた景観を有したPC橋であり、本報告が今後建設される同種のPC橋に対して何らかの参考になれば幸いである。

最後に、本報告をまとめるにあたり協力していただいた、富士ピー・エス・コンクリート株式会社の皆様に対し感謝の意を表する次第である。

【1990年7月27日受付】

◀刊行物案内▶

最新 PC 橋 架 設 工 法

体 裁：B5判 147頁

頒布価格：3,000円

内 容：PC橋架設工法総論 <桁橋>張出し工法概論/ディビダーク工法/FCC—PC鋼より線を用いた片持ち張出し工法/P&Z工法/架設桁を用いた場所打ち張出し工法/フリー・ワイズ・ワーゲン工法/逆片持ち架設工法/幅員が大きく変化するPC橋の片持ち梁架設工法/プレキャストブロックキャンチレバー工法/押出し工法概論/TL 押出し工法/SSY 式押出し工法/RS 工法/移動支保工架設工法概論/グリュストワーゲン工法/OKK 式大型移動支保工/FPS 式移動支保工/ストラバーグ方式可動支保工/プレキャスト桁架設工法概論/固定支保工式架設工法概論 <アーチ橋>アーチ橋架設工法概論/ピロン・メラン張出し工法/トラス張出し工法/トラス・メラン併用工法/ローリング式架設工法/CLCA 工法（合成アーチ巻立て工法） <斜張橋>斜張橋架設工法概論/SLT 工法/ジャンピングステージ工法（主塔施工用移動足場工法）スウェートー工法/埋込み桁を用いたキャンチレバー 架設工法/主塔用クライミングフォーム 工法/FRP 斜材外套管の架設工法/斜張ケーブルの被覆工法/複数集合斜材の架設・緊張工法/ π フレーム工法 <吊床版橋>吊床版橋架設工法概論/吊床版懸垂架設工法/吊床版架設工法/吊床版橋のスライド式架設工法/吊床版橋の架設工法 <その他の橋梁>バイプレ工法/プレビーム工法/PC トラスの架設工法/PC 方杖ラーメン橋片持ち架設工法