

旭川橋梁の設計・施工

— 山陽新幹線 —

中 村 諦 二*
 増 永 防 夫**

1. 概 要

旭川は、岡山県下三大河川の一つであり、中国山脈の高峰朝鍋鷺山に源を発し、岡山県のやや中央部を南北に貫流、天下の名園「後楽園」をその下流に抱き、瀬戸内海児島湾に注ぐ延長 150 km、流域面積 1 880 km² の一級河川である。

本橋梁は、昭和 47 年 4 月開業を旨とする山陽新幹線 新大阪～岡山間 164 km の岡山市内への入口に位置し、現山陽本線の北約 300 m の地点に架設される、国鉄新幹線では初のディビダーク工法による 5 径間連続桁の PC 鉄道橋である。

本工事は 43 年 11 月下旬下部工事を発注、44 年 6 月に上部工事を契約し、同 8 月には、下部工事の竣工をみた。

2. 下部工事

上部構造が 5 径間連続桁のため、地震時水平力を一つの支点で受持つことは、技術上の困難が多く、縦荷重の分散をはかるため、橋梁の動的解析を試みた。本解析の地震波入力としては、松代地震（落合橋地盤面）と、エルセントロ地震（USA）を利用し、その結果、下部構造の設計における橋軸方向の地震時水平力の分担率を P_1 、 P_2 、 P_3 、 P_4 、 P_5 、 P_6 とし、その配合は表—2 のとおりである。

表—1 橋脚に作用する荷重

橋脚	常時 鉛直力 (t)	地震時		
		鉛直力 (t)	水平力	
			橋軸方向 (t)	直角方向 (t)
$P_1 \cdot P_6$	1 825	1 228	322	251
$P_2 \cdot P_5$	3 038	2 144	660	429
$P_3 \cdot P_4$	2 863	1 940	660	388

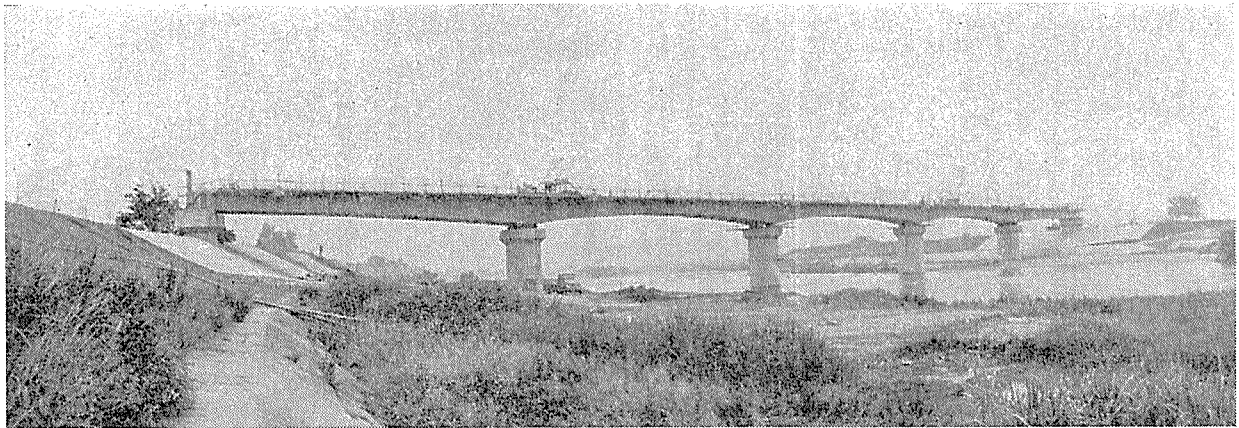
は全水平力の 10% を、 $P_2 \sim P_4$ は各 35% として設計を進めた。なお、常時荷重に対しては、 P_3 を固定端とする。表—1 に各橋脚頂部に作用する荷重を示す。

本橋梁の施工基面高は、岡山駅のそれと同じく EL+16.70 m であるため橋脚高が P_1 、 P_5 で 12.75 m、 P_3 、 P_4 では 13.75 m と高く、一方河川管理上、流水に支障のないよう橋脚幅については、河積の減少をできる限り少なくするべく努めた結果、その形状を橋軸方向に 65° の角度を有する幅 4.00 m × 7.00 m の小判形とし、頭部はシェー座面積の確保のため 5.60 m × 8.60 m の同形状と決定した（図—2 参照）。

なお、コンクリート強度は柱部分を $\sigma_{28} = 240 \text{ kg/cm}^2$ 、橋脚頭部を $\sigma_{28} = 350 \text{ kg/cm}^2$ とし、その配合は表—2 のとおりである。

橋脚基礎は、

写真—1 旭川橋梁全景



* 国鉄大阪新幹線工事局岡山工事事務所 線増第三課補佐
 ** 国鉄大阪新幹線工事局岡山工事事務所 線増第三課

図-1 山陽新幹線旭川橋梁一般図

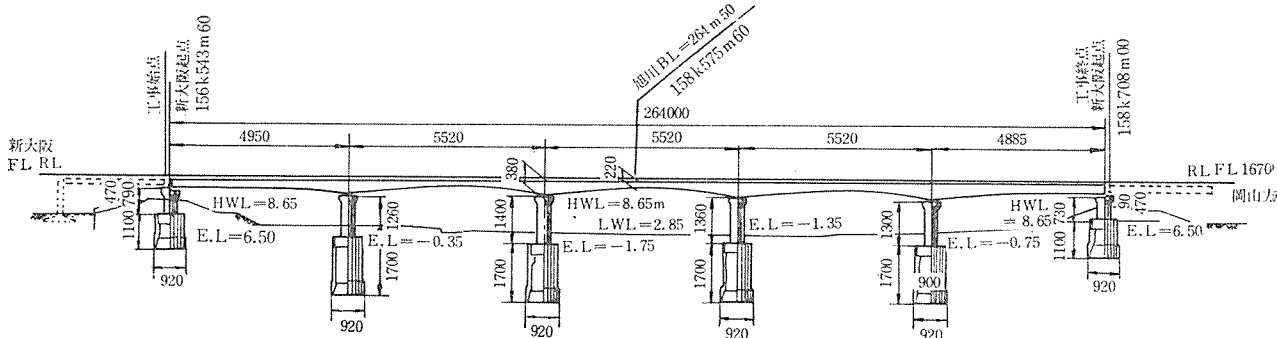


表-2 コンクリート標準配合

種別	単位	設計基準強度 (kg/cm ²)	組骨材最大寸法 (mm)	空気量 (%)	最大水セメント比 (%)	スランプ (cm)	単位セメント量 (kg)
橋脚柱部		240	25	4.5±1	53	12±2	285
橋脚頭部		350	25	4.5±1	42	12±2	357

- 1) 横架地点の地質が粘性土混り砂礫層であり、地盤から -15m 付近から $N > 60$ であり、河川の下流であるので、転石の心配が少ない。
- 2) 上部構造がディビダーク工法によるので完成後の不等沈下があまりない。
- 3) 経済性にすぐれている。

等の理由により、ウエルを採用した。ウエルの形状寸法は、洗掘による河床低下、沈下施工時の荷重バランス等を考慮し、外径 9.0m、内径 6.6m の円形ウエルとし、根入長を P_1, P_6 は 11m、 $P_2 \sim P_5$ は 17m と決定した。なお、支持層の N 値は $N > 70$ である。

施工は、左右両岸より進入路を作り、三脚デリック 4 基にて、井筒の掘削、沈下、橋脚コンクリートの打設を行なった。

$P_2 \sim P_5$ 橋脚については、上部工施工に先立ち、柱頭部支保工および仮締用 P C 鋼棒の敷設を行なった。

3. 上部工事

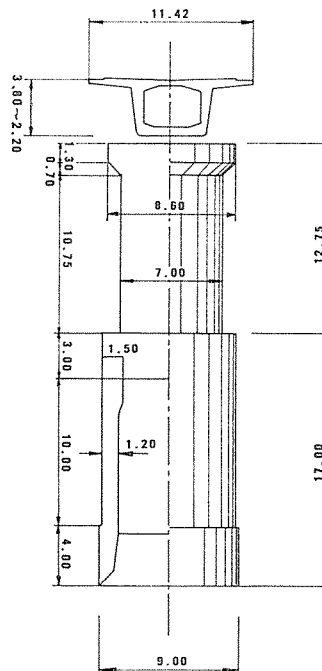
(1) 計 画

山陽新幹線の橋梁形式の決定にあたっては、

- 1) ルート沿線の騒音対策 (有道床, 防音壁)
- 2) 河川管理者の径間長, 橋脚幅および工事期間に対する規制 (150 年確率雨量による計画, 6 月~9 月の工事規制)
- 3) 経済性 (工事費, 保守費, 耐用年数)
- 4) 必要な工期 (47 年 4 月の開業)
- 5) 周囲の景観との調和

等の諸条件があり、旭川橋梁について検討の結果ディビダーク工法による 5 径間連続 P C 橋と決定した。

図-2 下部工断面図 ($P_2 \sim P_5$)



(2) 設 計

a) 設計条件 本橋はプレストレスト コンクリート複線一室箱桁鉄道橋で、橋長 264.50m の 5 径間連続桁 (48.85m + 3 × 55.20m + 48.85m) 一連よりなり、桁高は、端支点で 2.40m、中間支点で 3.80m、スパン中央では 2.20m の 2 次放物線変化の変断面とした (図-3 参照)。

表-3 におもな設計条件を示す。

b) 設計断面と断面力 前述のごとく桁が変断面であるので、設計断面は各径間をすべて 10 に分割し、合計 50 断面を計算断面とする。

設計断面における曲げモーメントおよびせん断力の算出にあたっては、ディビダーク工法では、施工の時間の変化とともに桁の構造系が変化すること、および同一連の桁でも各部分によって施工時期にかなりの時間の差があるという二点について考慮しなければならない。すなわち、5 径間連続桁を同時に支保工上で、単体的に完

図-3 一般構造図

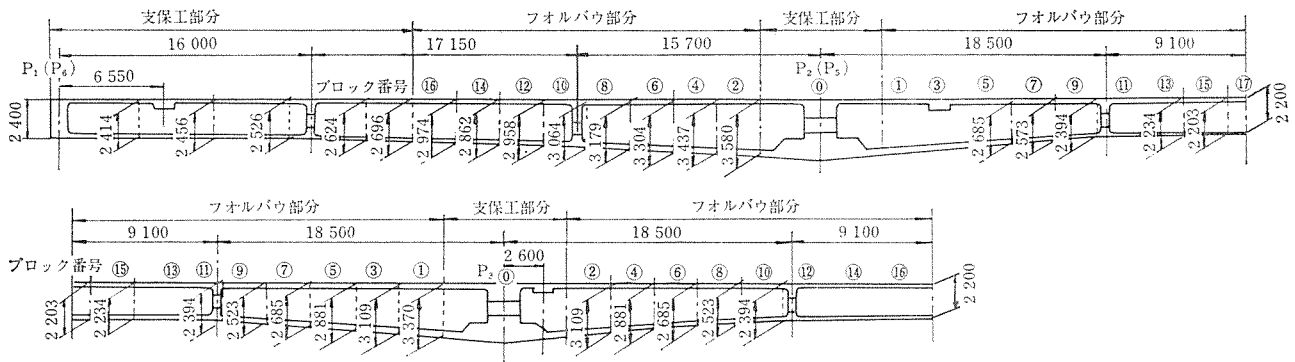


表-3 PC桁設計条件

設計活荷重	N-19		PC 鋼棒 ($\phi=27\text{ mm}$) SBPC 95/120	降伏点応力度	9 500 kg/cm ²	
コンクリート	設計基準強度	400 kg/cm ²		引張強度	12 000 kg/cm ²	
	許容応力度	曲げ圧縮強度		130 kg/cm ²	設計荷重作用時	7 125 kg/cm ²
		曲げ引張強度		0 kg/cm ²	PS 導入直後	8 075 kg/cm ²
		設計荷重時(引張)		-9 kg/cm ²	PS 導入時	8 550 kg/cm ²
		破壊荷重時(〃)		-20 kg/cm ²	ヤング率	2.05×10^6 kg/cm ²
ヤング率	3.5×10^5 kg/cm ²		レラクゼーション	3%		
鉄筋	許容曲げ引張	SR 24	1 400 kg/cm ²	クリープ係数	$\phi=2.0$	
	〃	SD 30	1 600 kg/cm ²	乾燥収縮度	$\epsilon_s=15 \times 10^{-5}$	

X_B : (状態-II) での断面力

ϕ : クリープ係数 (本橋では $\phi=1.2$ とした)

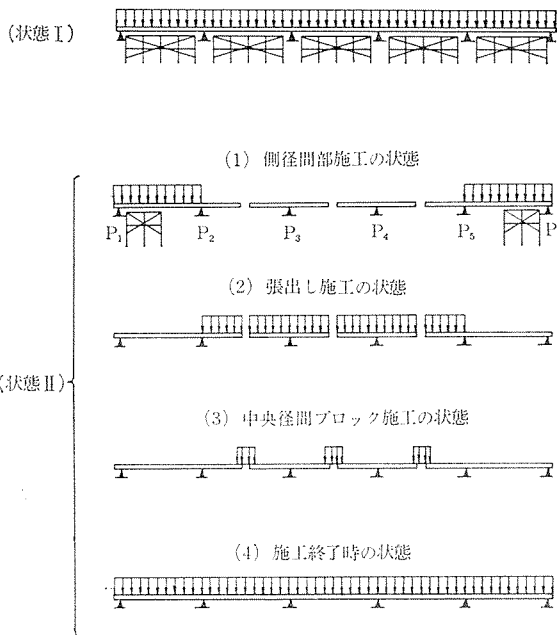
で表わされ、クリープ完了時の断面力 X_0 は、

$$X_0 = X_B + X_\phi = X_L(1 - e^{-\phi}) + X_B e^{-\phi}$$

となる。

図-5 は桁自重に対する X_L , X_B , X_ϕ , X_0 のモーメント図を示す。

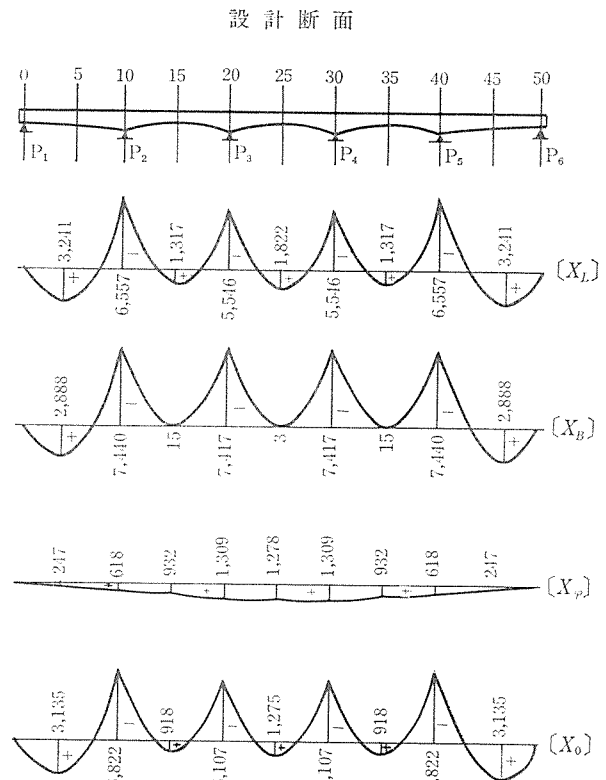
図-4 断面力算出の方法



c) 応力度計算

クリープの進行を橋梁完成後 6 ヶ月で 1/2 として応力度を検討する。すなわち、クリープが 1/2 進行した時点をも $t=t_0$ 、クリープの終了時をも $t=t_\infty$ とし、この二つの時点の各種応力度の組合せについて、

図-5 桁自重による曲げモーメント図

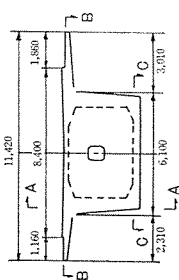
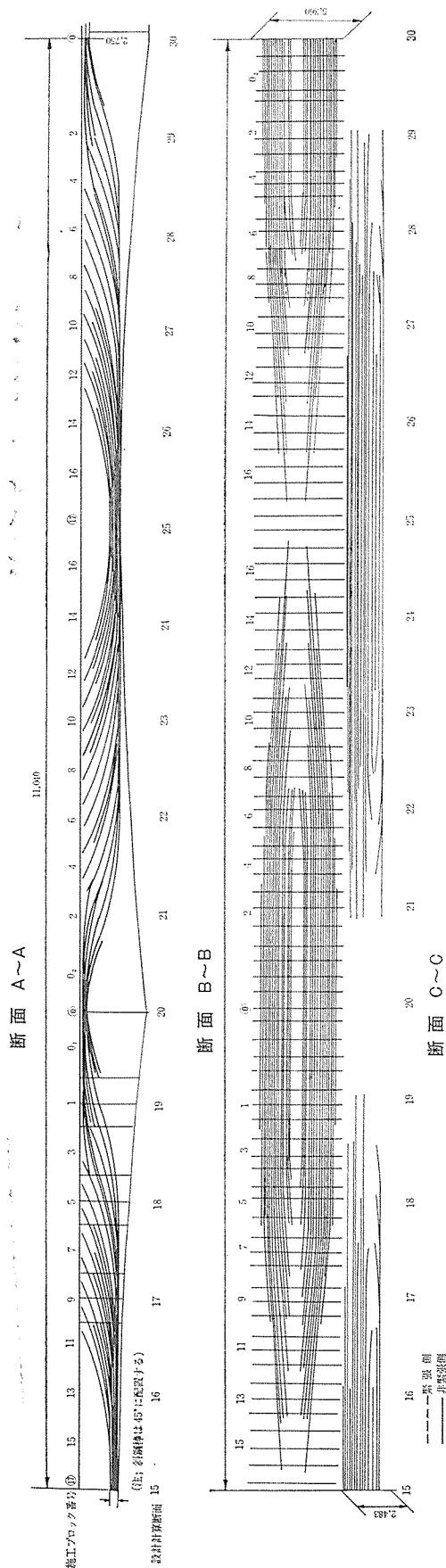


成した状態 (状態-I) と図-4 のごとく施工の各段階を経て最終的に 5 径間連続桁とする状態 (状態-II) とを考えると、施工中に作用している荷重 (自重およびプレストレスの一部) は、施工完了後は、コンクリートのクリープにより時間とともに徐々に変化する。この変化量を X_ϕ とすると、

$$X_\phi = (X_L - X_B)(1 - e^{-\phi})$$

X_L : (状態-I) での断面力

図-6 P C 鋼 棒 配 置 図



応力計算をした。断面力と応力度の一例を表-4 に示す。

(3) 施 工

a) 施工の順序 図-7 に施工順序を示す。

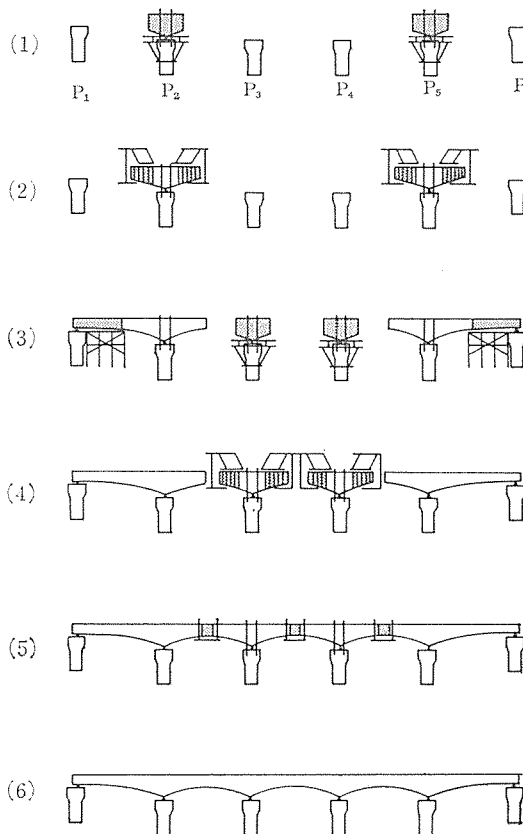
- 1) P_2, P_5 の橋脚柱頭部支保工上コンクリート (0 ブロック) の施工と仮締 P C 鋼棒の緊張
- 2) P_2, P_5 のワーゲン組立てを行ない 1~16 ブロックまでの張出し施工
- 3) P_2, P_5 のワーゲン解体と側径間支保工部の施工および P_3, P_4 の柱頭部の施工側

表-4 曲げモーメントおよびコンクリート応力度 (設計断面 14)

荷 重	曲げモーメント (t·m)				応力度 (t/m ²)	
	X_L	X_B	X_p	X_0	σ_0	σ_u
自 重	945	-334	498	164	18	-20
"	"	"	895	561	96	-139
プレストレス	-2 020	-1 829	-67	-1 896	254	1 153
"	"	"	-134	-1 963	242	1 171
静 荷 重				671	117	-179
"				671	117	-179
クリープと レラクセーション			166	166	-28	-101
"			331	331	-56	-202
活 荷 重 (max)				2 061	359	-549
"				"	359	-549
活 荷 重 (min)				-1 012	-176	269
"				"	-176	269

注: 各欄の上段は $t=t_0$, 下段は $t=t_\infty$ を示す

図-7 ディバダーク工法の施工順序



報 告

- 4) 径間部のプレストレス導入とP₃、P₆の1~16ブロックの張出し施工
- 5) P₃、P₄のワーゲン解体および中央径間吊支保工部の施工
- 6) 中央3径間のプレストレス導入

b) シューのすえ付け シュー反力は表-5のとおりである。シューはすべてローラーシューを使用し、ローラーとベッドプレートおよびソールプレートとの接触面は厚11mmにCWAの肉盛り溶接を施し、ローラーの直径は260mmである。組立ては、工場検査の時点で、セット時の状態に固定し、すえ付けにあたっては、摩擦係数 $\mu=0.03$ を確保するため、あらかじめ箱抜きした部分に、図-8の高さ調整用ボルトを四隅に設け、レベルにて、ベッドプレート上面の高さを精確に測定しつつ行なった。グラウトは、フロー値280cmの無収縮性セメント、アルミ粉およびポゾリスを加えたモルタルをグラウトポンプ

図-8 シュー高調整用ボルト

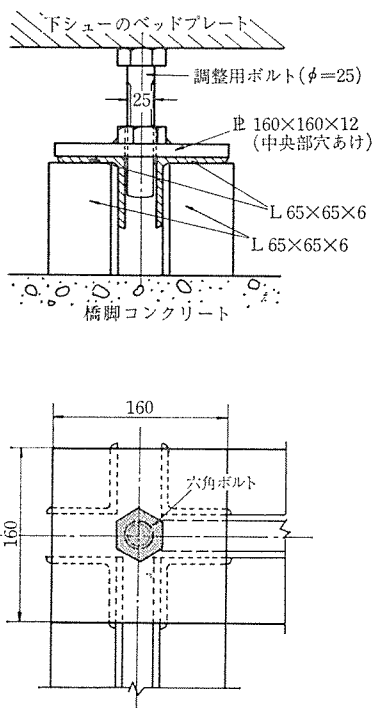
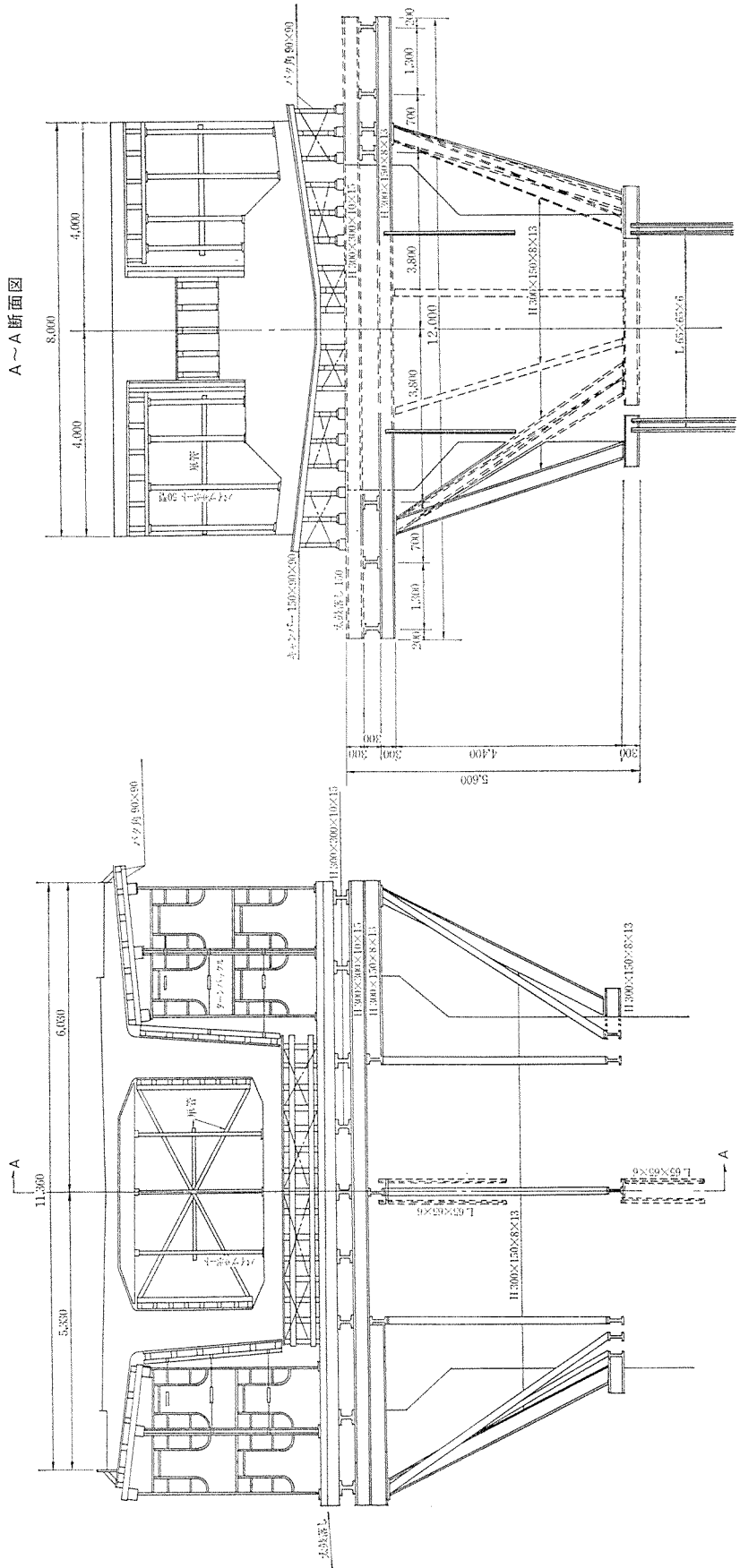
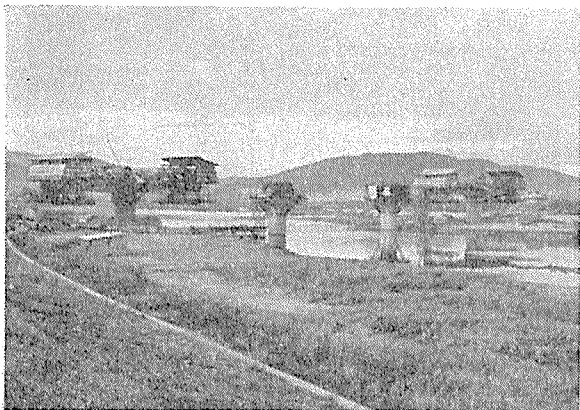


図-9 柱頭部0ブロックの施工段取り

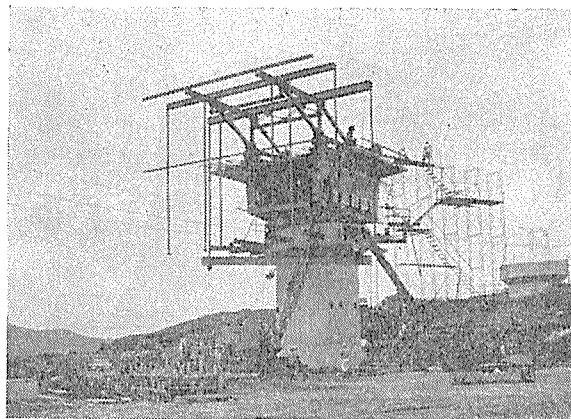
正面図



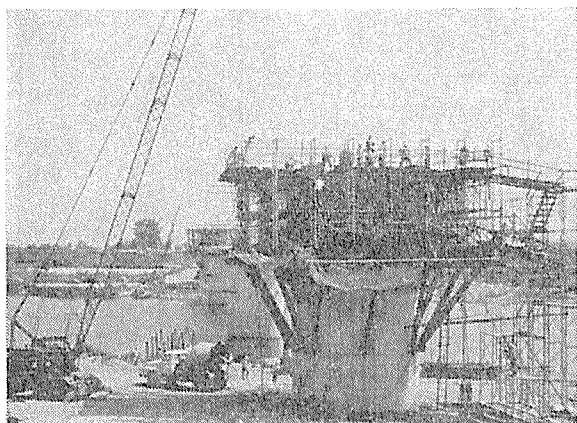
写真—2 上部工工事全景



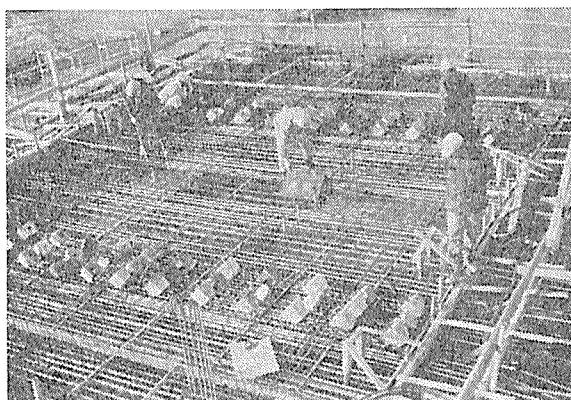
写真—4 柱頭部施工完了し、ワーゲンの組立て中



写真—3 橋脚柱頭部支保工による0ブロックの施工



写真—5 柱頭部0ブロックコンクリート打設前



表—5 シュー—1基の反力

↑ P ₁	↑ P ₂	↑ P ₃	↑ P ₄	↑ P ₅	↑ P ₆
913 t	1,519 t	1,432 t	1,432 t	1,519 t	913 t

にて、空気の排除に努めつつ行なった。

試験練りの結果、 $\sigma_{28} = 350 \text{ kg/cm}^2$ は十分確保された。

c) 柱頭部コンクリート 仮シューコンクリートを施工後、橋脚施工時に埋込みずみの支保工にて、コンクリートを3回に分けて打設した。すなわち1回目には、底板と横桁の下半分、次に主桁と横桁の上半分、最後に上床版の順に行ない、施工の容易性とともに見観上の配慮から主桁側面に打継目の現われるのを防止した。

コンクリート打設後、張出し架設時の不均衡モーメント(最大時 $2300 \text{ t}\cdot\text{m}$)を橋脚に伝える。仮締PC鋼棒($\phi 27 \text{ mm}$ 6本 \times 2列)に34 t/本のプレストレスを導入した。

d) 張出し架設 フォルバワーゲン(2連式、総重量 65 t)にて1ブロック 2.8 mを16ブロックまで表—6の1週間の標準工程で施工した。

ただし、本橋梁では、一部に電車線柱支持ばりが存在し、型わくの入替え等のため、1週間工程に支障をきた

した。

鋼棒の敷設は、設計図に従って各ブロック断面ごとにあらかじめPC鋼棒配置図(図—10)を作成し、作業の安全性と迅速性の向上に役立てた。

コンクリートの打設は、6ブロックまではトラックレーンにて打設し、7ブロック以降は、0ブロック上にジブクレーンをすえ付けて行なった。

なお、桁の上越し量は、あらかじめ計算した弾塑性変形に桁完成時のキャンバーとして全活荷重載荷時のたわみ分を加えた上越し表を作成し、各ブロックのコンクリート打設時および、プレストレス導入後に検測し、その

表—6 1ブロック標準工程

作業	日時						
	1 12	2 12	3 12	4 12	5 12	6 12	7 12
ワーゲン移動据付							
型わく・鉄筋・鋼棒組							
コンクリート打設							
コンクリート養生							
プレストレスング							
ワーゲン移動準備							

図-10 各ブロック断面の P C 鋼棒配置図

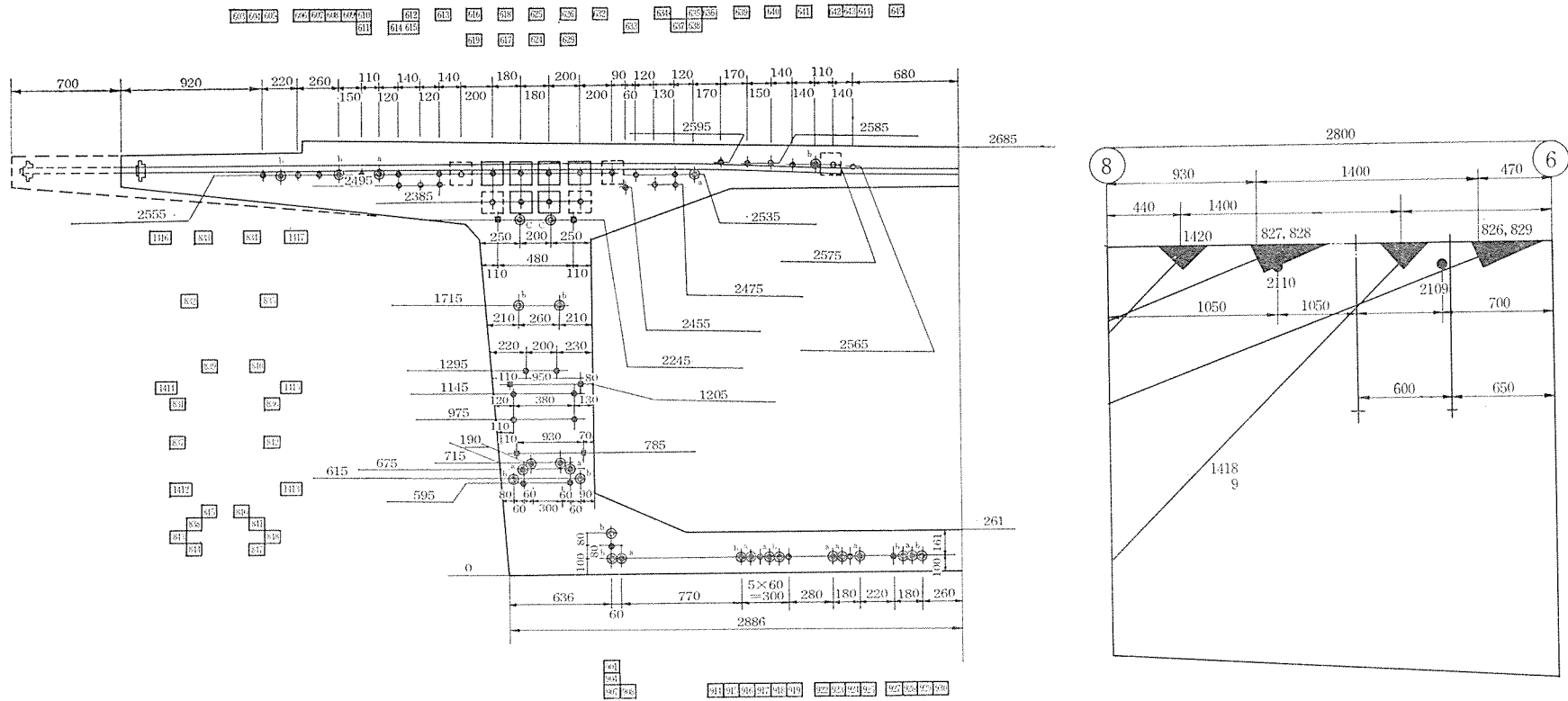
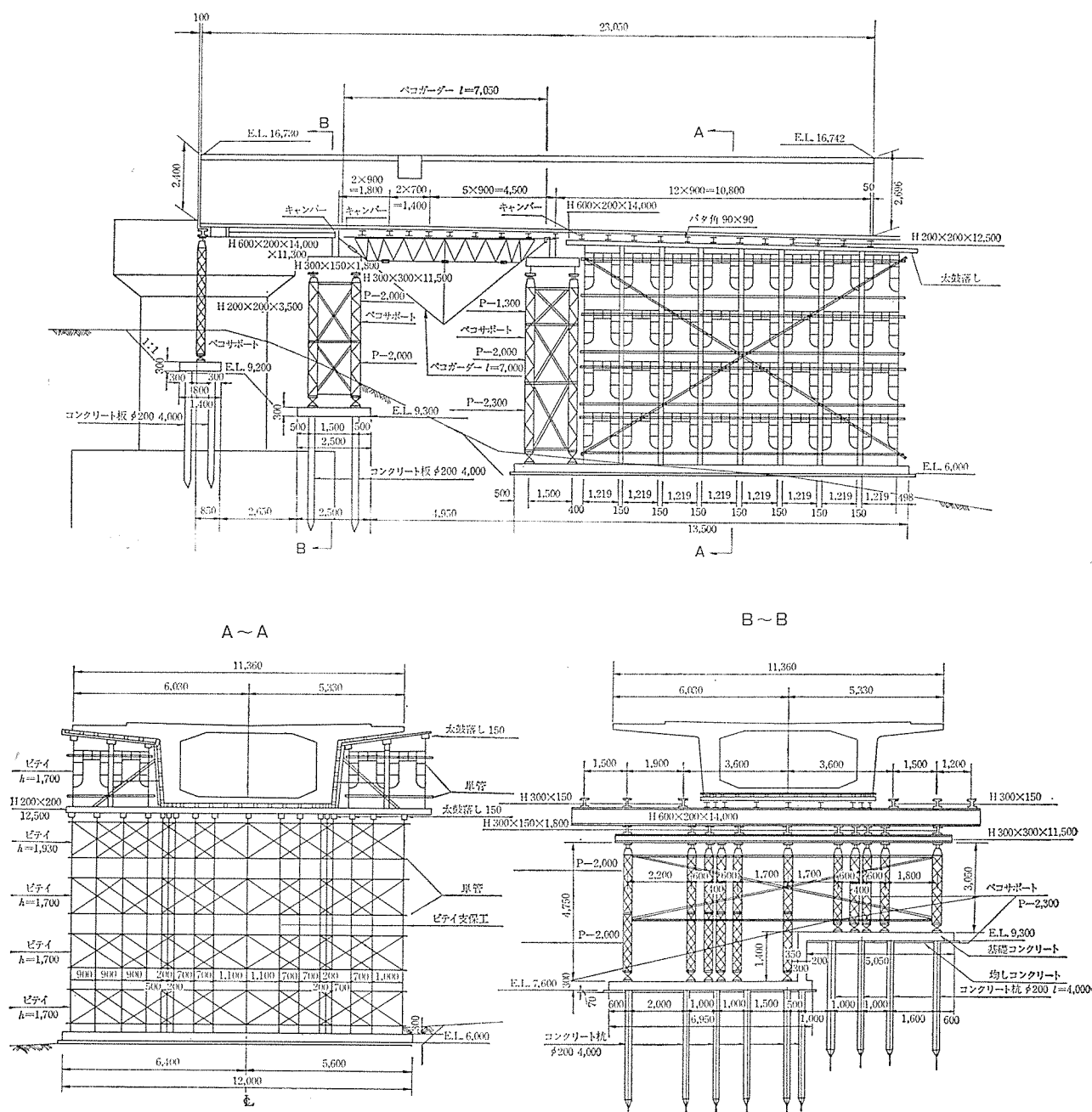


図-11 側径間支保工図

側面図



精度を確認した。

e) 側径間支保工部 側径間支保工は当初H型鋼のくい基礎を計画したが、河川管理者との協議の結果、堤防のり面部を除いては、コンクリート直接基礎に変更し、地耐力試験の結果、ビティ支保工の使用により、荷重の分散を計った。堤体図は、コンクリート柱 (φ=20 cm, l=4.0 m) を試験打ちの結果、横断方向に 10 本配置とした (図-11 参照)。

PC鋼棒の配置は、9基のアップシュタントホルター (PC鋼棒配置図) を用いて施工誤差を防ぎ、コンクリートは、全長 23.05 m を 3 ブロックにわけて施工した。

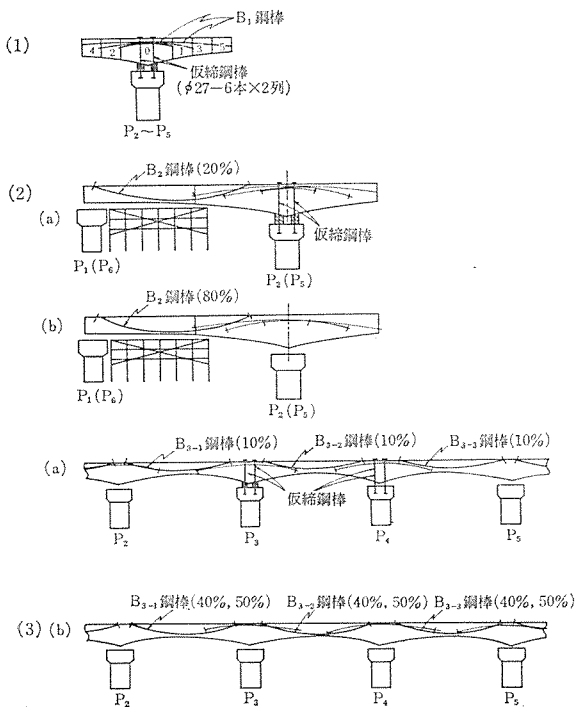
f) 緊張作業 打設時の PC 鋼棒一本あたりの平均プレストレス導力は 34.5 t/本 であり、緊張作業は、引き越し、引きもどしを最高 3 回くり返すことにより、導力の均等化をはかった。

以下に本橋梁のプレストレスの導入過程を列記する (図-12 参照)。

1) 柱頭部および張出し部施工中のプレストレス導入 (0~16 ブロック)

横締め鋼棒, B₁ 鋼棒, 斜め鋼棒の順に所定の全プレストレスを導入。特に主鋼棒はプレストレスによる偏心モーメントをさけるため、桁の中央部より左右対称に、

図-12 緊張順序



順に外側へ導入する。

2) 側径間支保工部打設後のプレストレス導入

B₂ 鋼棒を全体の 20% 緊張後、P₂、P₃ の仮締め機構を解放し、残り 80% のプレストレスを導入し、支保工を撤去する。

3) 中央径間最終ブロック施工後のプレストレス導入

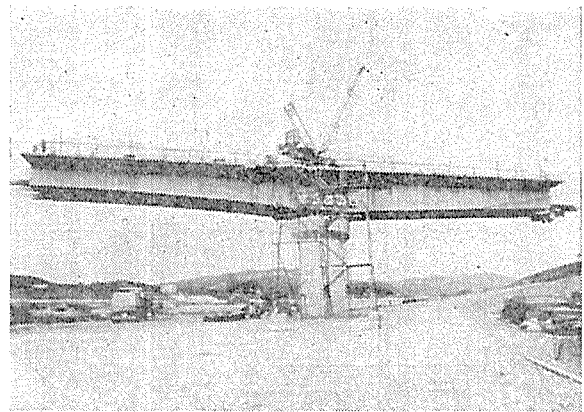
B₃ 鋼棒に全体の 10% のプレストレスを B₃-2、B₃-1、B₃-3 の順にまず導入し、P₃、P₄ の仮締め機構を解放、次に同じく 40% を緊張し、最後に残り 50% を同じ順序に施工する。

すなわち、まず 10% のプレストレス導入によって完全なる 5 径間連続桁を構成し、しかるのちに大半のプレストレスを導入するよう配慮した。

g) 施工時応力度の検討 本橋では、前述のごとく施工、および緊張過程の進行とともに、その構造系が逐次変化するので、各施工段階ごとに応力度の検討を行った。そのおもなものは次のとおりである。

1) 柱頭部 (0 ブロック) 施工後、フォルバウワーゲンによる張出し架設の段階で、各ブロックのコンク

写真-6 張出し施工を完了した P₂ 桁



リート打設および、プレストレス導入時 (静定構造系)

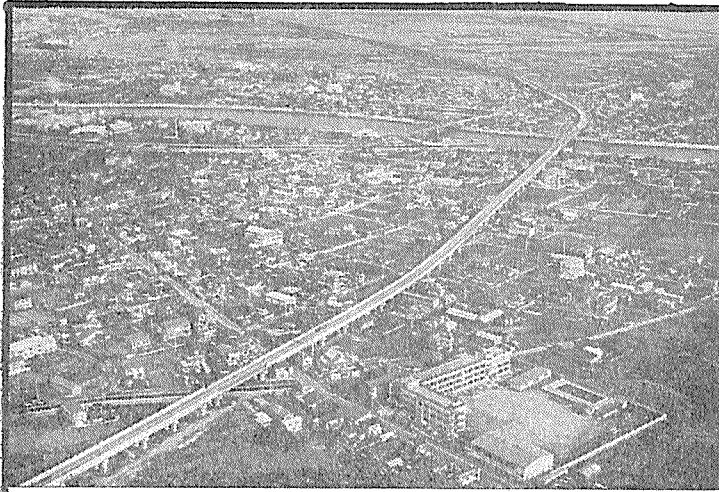
- 2) 側径間部に 20% のプレストレスを導入時 (P₂ および P₃ は、橋脚と一体のラーメンとなっている不静定系)
- 3) 側径間部に 80% のプレストレスを導入時 (P₂ および P₃ の仮締め機構は解放されているので静定系)
- 4) 中央径間のプレストレスを 10% 導入時 (P₃ および P₄ が橋脚と一体のラーメンとなっている不静定系)
- 5) 中央径間部に 40% のプレストレス導入時 (P₃、P₄ の仮締め機構は解放されているので、5 径間連続桁の不静定系)
- 6) 中央径間部に 50% のプレストレス導入時 (5) に同じ)

4. む す び

本橋梁は、現在本体工事の大部分をすでに完了し、地覆および高欄工事を残すだけとなり、“ひかり号”とともに、雄大にして優雅なその姿を旭川に映ずる日を待っている。

最後に本工事の施工にあたり、終始ご指導頂きました国鉄本社、構造物設計事務所および大阪新幹線工事局の諸先輩ならびに鹿島建設 (株) の皆様に紙上より厚くお礼申し上げます。

1970.8.1・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

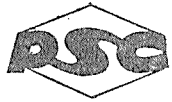
PC製品(桁, ハリ, 版類, マクラギ)

ボール

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(241)5121
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)3646
仙台事務所	仙台市本町1丁目1番8号(日本オフィスビル)	電話 仙台(25)4756
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)8780
美唄工場	美唄市字美唄1453の65	電話 美唄4305~6
幌別工場	登別市千歳町130番地	電話 幌別(5)2221
掛川工場	静岡県掛川市富部	電話 掛川(2)7171(代)



首都高速度道路高架橋

プレストレスト コンクリート 建設工事 フレシネー工法 MDC工法

設計・施工
部 材
製造・販売

豊田コンクリート株式会社

取締役社長 西田 赫

本 社	愛知県豊田市トヨタ町6	電話 0565 (2) 1818(代)
名古屋営業所	名古屋市中村区笹島町1-221-2	電話 052 (581) 7501(代)
販売本部販売部	東京都港区西新橋2-16-1 全国タバコセンタービル2階	電話 03 (436) 5461~3
工 場	豊田工場・海老名工場	