

## 岡谷高架橋の設計と施工

伊 藤 義 則\*  
 鬼 塚 二 男\*\*  
 新 谷 毅\*\*\*

## 1. ま え が き

中央自動車道長野線は、現在供用中の中央自動車道西宮線と長野県岡谷市で分岐し、松本、長野を経て更埴市に至る延長 76 km の高速自動車道である。

岡谷高架橋は、この長野線の分岐位置である岡谷ジャンクション部に建設される約 920 m の橋梁高架のうち、一級河川天竜川、国鉄中央本線、および岡谷市街地を地上約 60 m で渡る橋長 593 m (578 m) の PC 橋である。

上部工工事は、ニューマチックケーソン等の基礎工事・高さ 50 m の橋脚工事に引き続き、昭和 59 年 10 月より着手し、昭和 61 年 2 月無事竣功を迎えた。

本報告は、この上部工の設計と施工について述べるものである。

## 2. 工 事 概 要

工 事 名：中央自動車道岡谷高架橋 (PC 上部工) 工  
 事

工事場所：長野県岡谷市

工 期：昭和 58 年 3 月～昭和 61 年 2 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, TT-43)  
 構造形式：PC 5 径間連続ラーメン箱桁橋  
 橋 長：上り線 593 m, 下り線 578.3 m  
 支 間：104 m + 126 m + 148 m + 126 m + 89 m  
 (89 m)

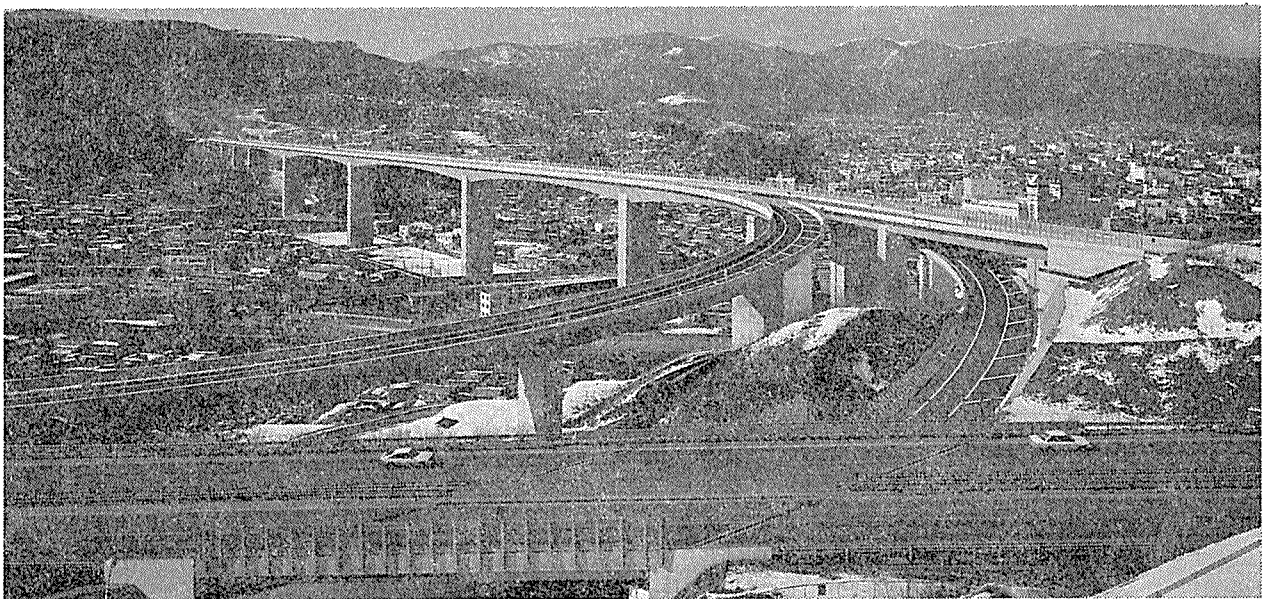
幅 員：標準部 2@9.0 m

施工方式：ディビダーク式カンチレバー工法

施工業者：富士ピー・エス・コンクリート (株), 鹿島建設 (株), オリエンタルコンクリート (株)  
 共同企業体

主要材料：

コンクリート ( $\sigma_{ck}=400 \text{ kg/cm}^2$ )	14 870 m <sup>3</sup>
鉄 筋 (SD 30)	1 800 t
PC 鋼材 縦方向 (SBPR 80/105 $\phi$ 32)	1 122 t
" (SWPR 6 A 9- $\phi$ 15.2)	80 t
" (SWPR 6 A 12- $\phi$ 15.2)	24 t
鉛直方向 (SBPR 95/120 $\phi$ 32)	181 t



写真—1 全 景

\* 日本道路公団名古屋建設局松本工事事務所所長

\*\* 岡谷高架橋 (PC 上部工) 共同企業体所長

\*\*\* 岡谷高架橋 (PC 上部工) 共同企業体設計課長

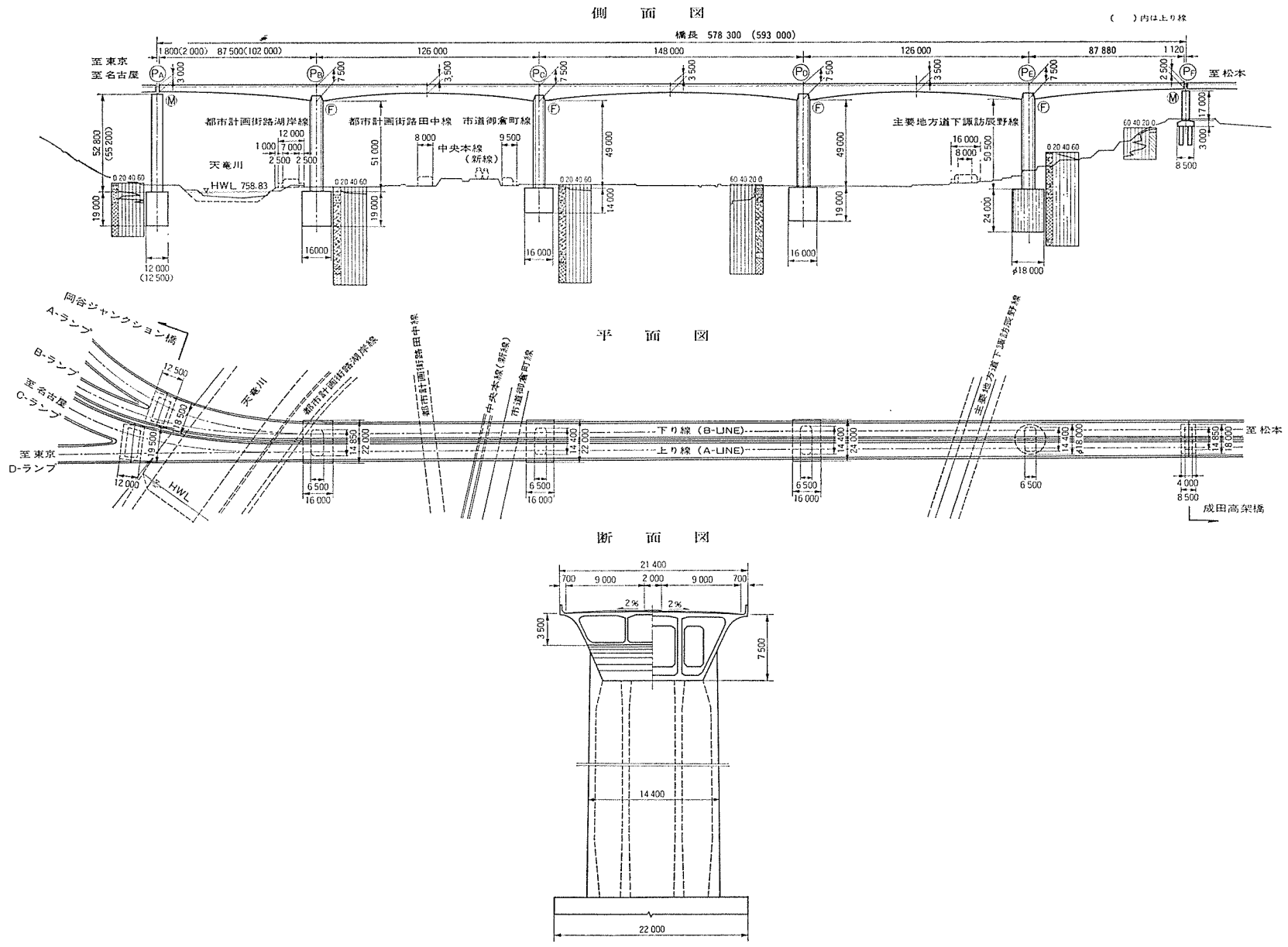


図-1 岡谷高架橋一般図

横方向 (SBPR 95/120 φ32) 93 t

### 3. 構造概要

#### 3.1 全体概要

本橋の位置する諏訪湖西南部は、地質的には中央構造線と糸魚川静岡線が通過し断層破碎帯が発達しており、耐震性に優れる構造形式の選定が重要であった。

また、市街地上空を横断するという立地条件での景観に対する配慮を必要とした。このため、温度変化、クリ

ープ、乾燥収縮による橋脚に与える断面力が大きくなるという不利な点はあるが、不静定次数を高めることによる耐震性を増す効果、および横方向剛性の増加を図るため、橋梁中央に中央分離帯を有する上下線一体断面の5径間連続ラーメン構造を採用し、併せて維持管理費の削減と走行性の改善を図ることとした。

#### 3.2 上部工構造の特徴

本橋は、高さ49~51mの高橋脚、最大支間148mを有する橋長593m(578m)の我が国最大級のPC5径間連続ラーメン3室箱桁橋であるほか、中央自動車道西宮線との取付け部に位置することから、ジャンクションの流入・流出車線である4つのランプ橋に接続させるため、天竜川上のPA~PB区間は上・下線の道路線形が分離し、PA橋脚位置で上・下線の縦断差が約2m、幅員は上・下線とも9m~20mに拡幅し、従来のPC橋梁に例を見ない次に示す複雑な構造になっている。

- ① 道路線形の分離に伴い、PA~PB支間途中で、上下線一体断面から上り線と下り線の2本の橋桁に分岐する。
- ② さらに、分岐した橋桁は、各々PA-A、PA-B橋脚付近で下床版を切り離し、4つのランプ橋に摺り付く。
- ③ 幅員の拡幅に伴い、横桁を介して主桁本数が増加し、断面構成が移行する(例：3室箱桁断面→5室箱桁断面)。

上記、断面構成の決定に当たっては、次の事項に留意した。

- ① 柱頭部や径間中央のように曲げモーメントの卓越する位置で、分岐および主桁本数等の構造上の変化点を設けることは、部材応力度上および各主桁にほぼ均等にプレストレスを導入するという基本的な考え方からすれば、プレストレスによる断面力に急激な変化を生じさせるため好ましくない。このため、

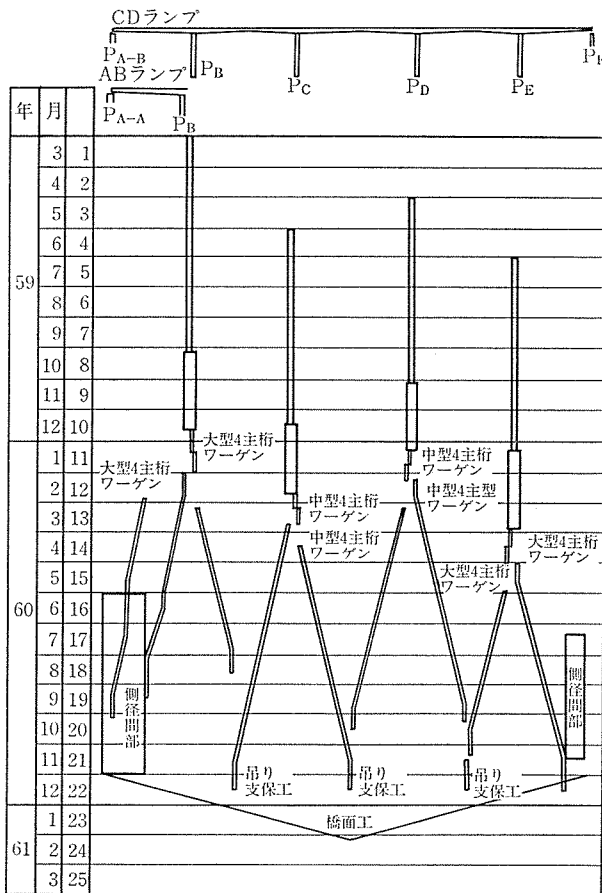


図-2 工程表

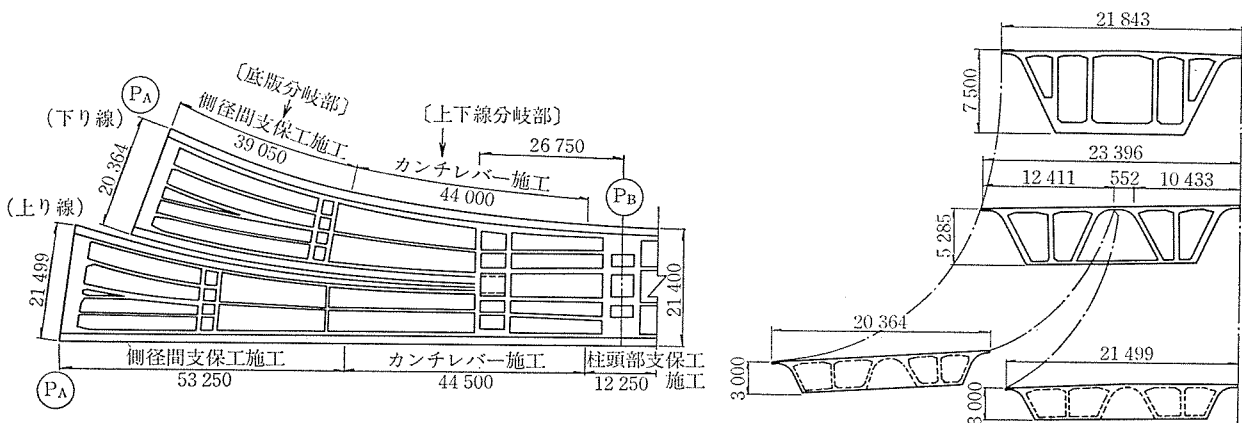
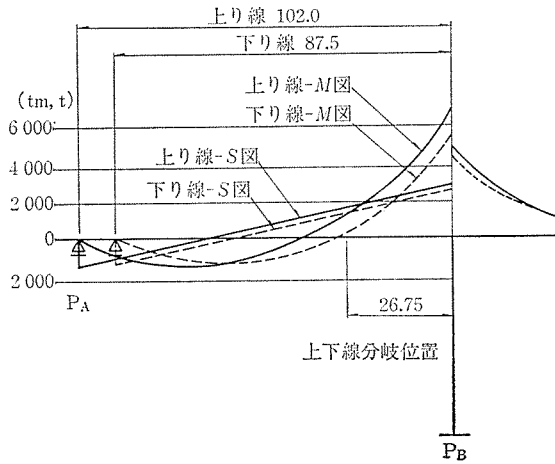


図-3 主桁分岐形状



図—4 P<sub>A</sub>-P<sub>B</sub> 間断面力図

主桁分岐位置は図—4に示すように曲げモーメントがほぼ0の所で、かつ、道路線形から決まる上り線と下り線との縦断差を調整コンクリートで対処可能なP<sub>B</sub>橋脚から26.75mの位置とした(縦断差約40cm)。

- ② 主桁のせん断力の伝達機能から考えると、せん断力のかなり大きい位置で構造上の変化点を設けることは好ましくない。しかし、本橋においては曲げモーメントによる影響を重視し、せん断力については剛性の大きい横桁を設けることにより、せん断力の伝達がスムーズに行われるよう配慮するとともに、上・下線の挙動の違いによるねじりモーメントに対して横桁で抵抗できる構造とした。
- ③ ①の主旨に反して、柱頭部位置で主桁本数を4本から6本に変化させているが、これは柱頭部付近のせん断力が大きく、4本主桁の場合、表—1に示すように許容せん断応力度を満足できなくなることで、床版横締め鋼棒とせん断鋼棒の配置が密になり、両者を配置できないことによる。

#### 4. 上部工の設計

##### 4.1 設計条件

活荷重：TL-20, TT-43

設計震度： $K_H=0.20$  (修正震度  $K_H=0.25$ )

温度変化： $\pm 10^\circ\text{C}$  (温度応力)

$-15^\circ\text{C} \sim +35^\circ\text{C}$  (移動量; 寒冷地)

レラクセーション： $\eta=5\%$  (上床版配置鋼棒およびより線)

$\eta=3\%$  (上記以外の鋼棒)

コンクリート強度：主桁  $\sigma_{ck}=400 \text{ kg/cm}^2$

橋脚  $\sigma_{ck}=300 \text{ kg/cm}^2$

PC 鋼材：縦方向 SBPR 80/105  $\phi 32$

SWPR 6A  $\phi 15.2$

表—1 P<sub>B</sub> 柱頭部付近のせん断応力度 (kg/cm<sup>2</sup>)

	4本主桁	6本主桁	許容 応力 度	
せん断力によるせん断応力度	53	47.5	53	
ねじれモーメントによるせん断応力度	12	3	53	
計	65	50.5	61	
備考	床版横締め鋼棒配置	ctc 500	ctc 550	—
	せん断鋼棒配置	ctc 300	ctc 600	—

横・鉛直方向 SBPR 95/120  $\phi 32$

鉄筋 (SD 30)：主桁  $\sigma_{sa}=1800 \text{ kg/cm}^2$

床版  $\sigma_{sa}=1400 \text{ kg/cm}^2$

#### 4.2 構造解析

本橋は先に述べたように、長大ラーメン橋、主桁分岐形状等の多くの特徴を持ち、

- ① 5径間連続ラーメン橋としての施工中の構造系から完成系に至る基本的応力解析
- ② カンチレバー施工中を含め、主桁分岐形状による上・下線の相互に及ぼす影響
- ③ 幅員の変化に伴う断面構成変化部における荷重伝達状況

表—2 解析項目と解析モデル

解析項目	解析モデル
曲げ および せん断	
ねじり および 上下線相互 の影響	
分岐形状 による 影響	

- ④ 主桁本数変化に伴う PC 鋼材の配置方法, およびプレストレスによる断面力の伝達状況
- ⑤ 約 65° の傾斜角をもつ外ウェブと鉛直内ウェブで構成される主桁断面の荷重分担
- ⑥ 分岐構造および曲線橋としての支承反力
- ⑦ 取付け橋を含めた橋梁全体の地震時挙動の把握等の種々の解析・検討を必要とした。このため上り線と下り線を分離した平面骨組解析を主体として, 主桁分岐形状の影響を把握するための立体骨組解析, さらに, 主桁本数変化等の断面構成の変化による応力性状, および分岐部横桁等の各部の応力状況の検討・照査を行うための立体 FEM 解析の 3 解析手法を用いて解析を行った。表—2 に解析項目と解析モデルを示す。

4.2.1 張出し施工区間の決定

本橋の側径間は,  $P_A \sim P_B$  間が天竜川上,  $P_E \sim P_F$  間が急斜面上という立地条件にあり, 天竜川上の高さ 50 m にも及ぶ支保工, および急斜面上の支保工施工を考えると, 極力  $P_B$  橋脚,  $P_E$  橋脚からの張出し施工を長くし, 支保工区間を短くするのが望ましい。

しかし, 長大スパンであること, および上下線一体構造のため 1 ブロックのコンクリート重量が大きいことより, 施工中のアンバランスモーメントの調整が難しく, 1 橋脚, あるいは支保工施工区間長のみに着目して施工区分を決定すると, 全体に及ぼす影響が大きくなり, かねて不経済な結果となることから, 張出し施工区間長は, 全体的な経済性と施工バランス, および上げ越し管理面を重要視して決定した。

なお, 上げ越し管理面から留意した点は次のとおりである。

- ① 基礎の回転という数値的に把握できない要因があるため, 施工中の上げ越し管理で対処可能なアンバランスモーメントとして過去の長大橋の施工実績から 5 000 tm を目標にし, 大きなアンバランスモーメントの発生は最終ブロック施工中の短期間に限定

するとともに, その後はカウンターウエイト (ワーゲン重量を利用) により調整することとした。

- ② 基礎の回転が生じた場合の修正は非常に困難であること, および側方地盤の押戻し程度は現時点では数値的確証を得ることができないことより, アンバランスモーメントは一定方向に卓越させるのではなく, 左右交互に生ずるように施工ブロック割りで配慮した。

4.2.2 PC 鋼材の配置

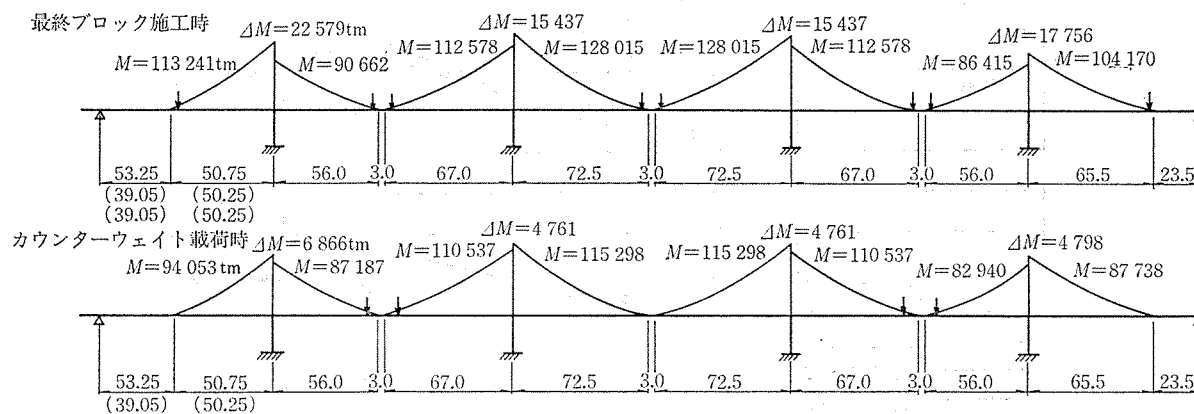
図—6 に示す上・下線分離の平面骨組モデルで算定した断面力により PC 鋼材配置を決定したが, 主桁本数が 4 本から 6 本に変化する  $P_B$  柱頭部位置では, 連続する 4 主桁の PC 鋼棒本数 48 本に対し, 新しく伸びる 2 本の主桁は 28 本の不均等配置とし,  $P_B$  橋脚より桁高と等しい 7.5 m 離れた位置から均等本数となるよう定着方法で配慮した。その結果は立体 FEM 解析の主応力度 (図—9) に見るように, 各主桁の主応力度値はほぼ等しく良好な結果を得ることができた。

また, 連続ラーメン橋の特徴として, 表—3 に示すように乾燥収縮および温度変化による断面力が, 活荷重による断面力に相当する大きさであること, 中央連結鋼材のプレストレスによる効果が, ラーメン構造形式による拘束力の影響により柱頭部付近の PC 鋼材の効果に比べ小さく, 中央連結鋼材として柱頭部鋼材本数の約 1/2 必要としたことが挙げられる。

4.2.3 主桁分岐形状に伴う影響

(1) 主桁の曲げ応力度と荷重分担

主桁分岐部付近の応力性状は, 上・下線の相互の影響により, 各解析手法でかなり違いが生ずるものと予想されたが, 図—8 に示すように, 上・下線分離の平面骨組解析, 上下線一体モデルの立体骨組解析, 立体 FEM 解析ともほぼ一致した値を示し, 橋軸方向の曲げ設計は, 上・下線分離の平面骨組解析値で評価しても妥当であるという結果が得られた。また, 斜め主桁と鉛直主桁の荷



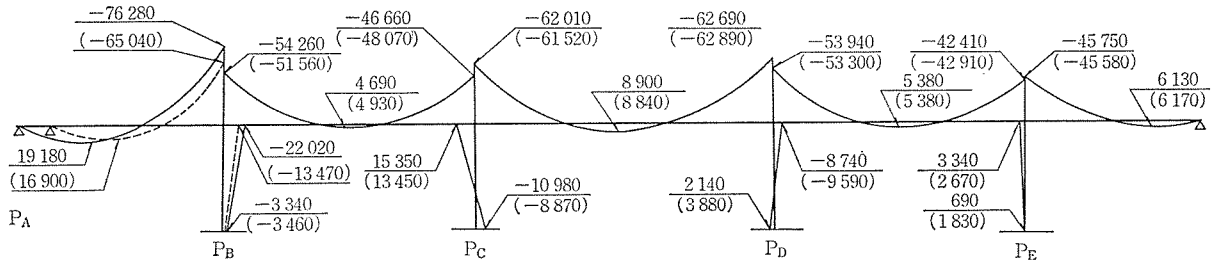
図—5 張出し施工長とアンバランスモーメント

◇工事報告◇

重分担比は 1:1:1.0 であり、ほぼ均等に荷重を受け  
る断面構成となっている。

(2) 主桁本数変化の影響

立体 FEM 解析による  $P_B$  柱頭部付近の各主桁の主  
応力度を 図-9 に示す。この位置では主桁本数が 4 本か  
ら 6 本に変化するが、解析結果は主桁本数変化点から桁



( )内は下り線を示す

図-6 全死荷重作用時の断面力 (M tm)

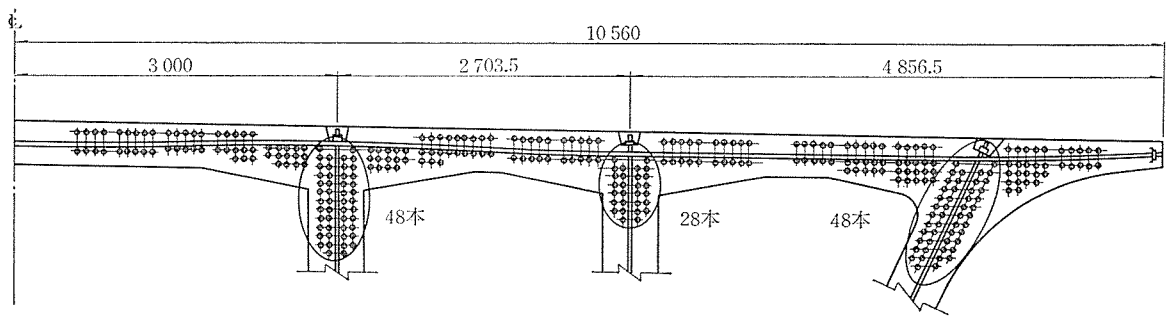
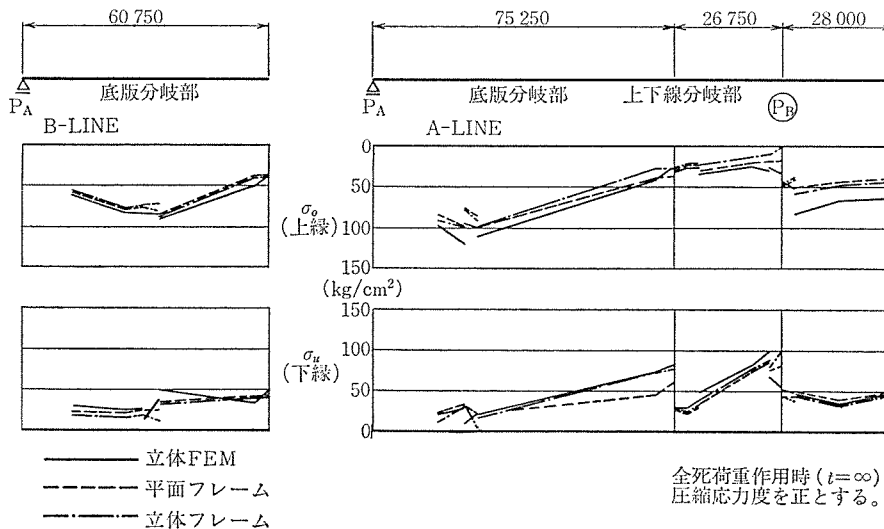


図-7  $P_B$  柱頭部 PC 鋼棒配置

表-3 主要断面の断面力 (下り線)

	$P_C-P_D$ 径間 中央点	$P_D$	$P_D-P_E$ 径間 中央点	$P_E$	
全死荷重 $M_D$ (tm)	8 900	-62 690	5 380	-45 750	
活荷重 $M_L$ (tm)	1 530	-4 830	1 150	-4 660	
乾燥収縮+温度変化 $M$ (tm)	474	-5 030	516	-3 190	
導入プレストレス	$N_{P_0}$ (t)	5 710	13 050	4 460	10 310
	$M_{P_0}$ (tm)	-10 640	45 320	-9 130	33 560
	鋼棒本数	120 本	276 本	100 本	218 本



全死荷重作用時 ( $t=\infty$ )  
圧縮応力度を正とする。

図-8 主桁曲げ応力度

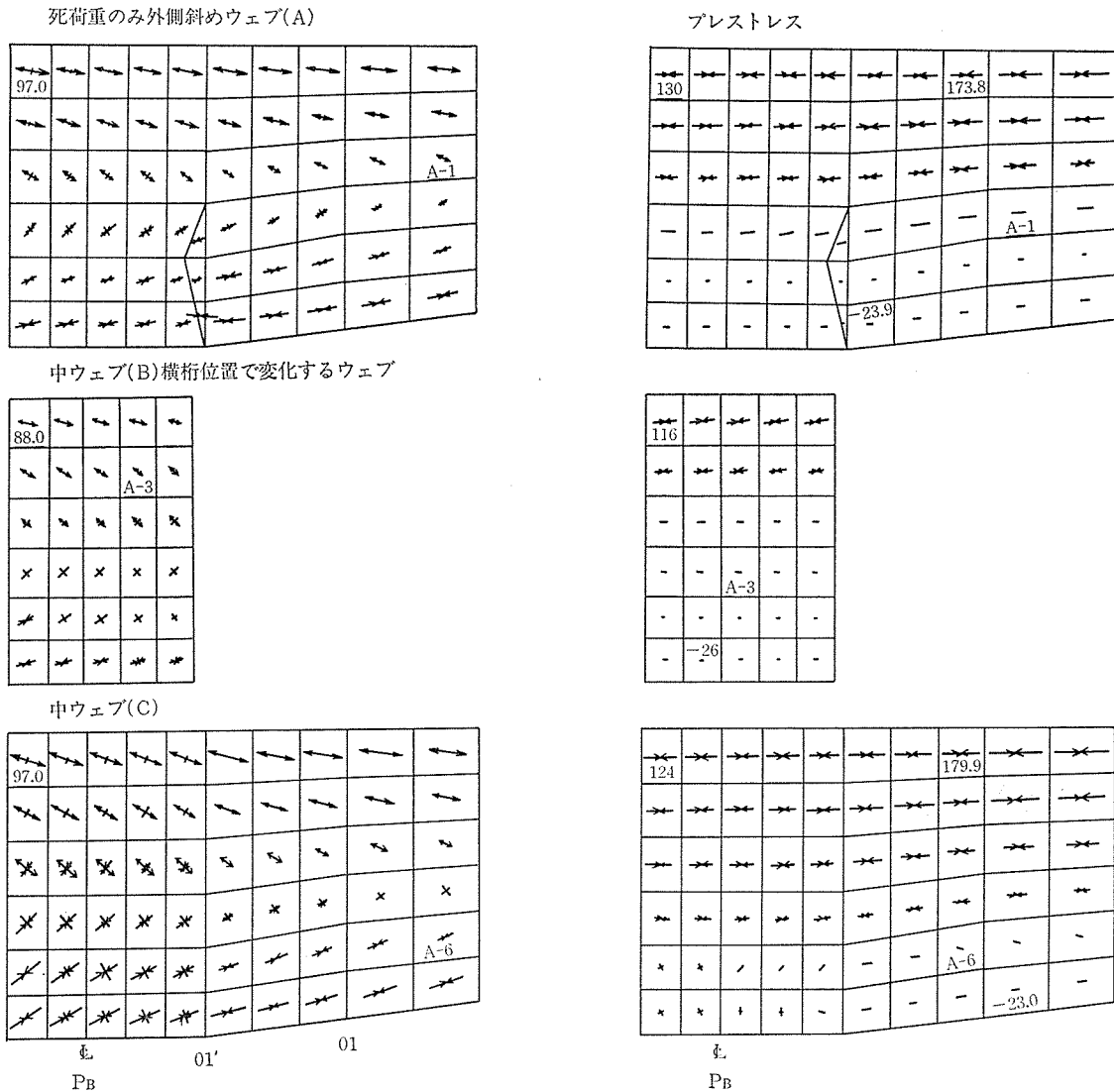


図-9 P<sub>B</sub> 柱頭部主応力図

高のほぼ半分 ( $H/2$ ) 離れた位置でほぼ一樣な値を示し、図-3 に示した主桁配置で特に問題ないと判断された。

(3) 分岐部横桁の応力性状

分岐部横桁は主桁からのせん断力により曲げを受ける梁として解析し、当初、横桁横締鋼棒を4本配置すれば応力的に問題ないと判断された。しかし、立体 FEM 解析の応力状態を見ると、横桁は主桁に挟まれたせん断壁の様子を呈していること、およびプレストレス力は単純に横桁断面に圧縮応力度を与えるのではなく、主桁、上・下床版の拘束によりその効果が小さいことが明らかとなり、横桁横締め鋼棒を27本配置し、重要部材のため設計荷重時でフルプレストレスという条件を満足するようにした。

このような現象は柱頭部横桁等にもみうけられ、同様に立体 FEM 解析結果に基づき PC 鋼棒で補強を行ったが、変形を拘束する部材の介在する本橋のような横桁の

検討にはプレストレスの効果等十分に把握する必要があることが明らかになった。

4.2.4 耐震設計

耐震設計は、道路橋示方書第V編耐震編に準じ、震度法および応答を考慮した修正震度法による静的設計を基本とし、

- ① 本橋の各支間が広く、かつ高橋脚で支持地盤も一樣でないことから、高次振動の影響が相当現われることが推察されること。
- ② 主桁分岐部周辺の地震時断面力は、上り線と下り線の相対的な運動があると考えられるため、動的挙動の把握が不可欠であること。
- ③ 橋梁全体の地震時挙動を把握するためには、本橋に接続する取付け橋を含めた相互作用の影響を考慮する必要があること。

より、取付け橋を含めた基礎バネ支持条件での多質点系

表—4 地震応答解析の検討ケース

解析法	入力方向	横軸方向	橋軸直角方向	45° 方向	-45° 方向	備考
スペクトルモーダル法		○	○	○	○	平均スペクトル (2種地盤) $A_{max}=200 \text{ gal}$
時刻歴応答解析		○	○	—	—	幌満橋波 $A_{max}=200 \text{ gal}$

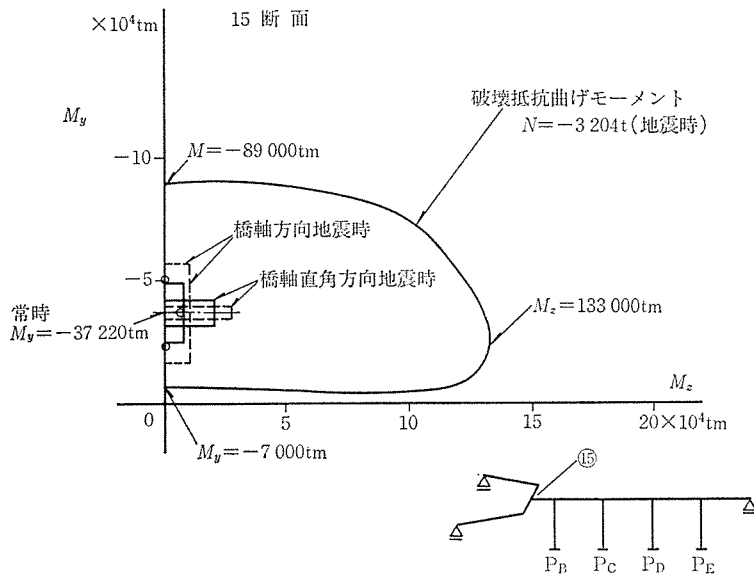
の立体骨組モデルを用いた地震応答解析を実施し、動的解析による検討・照査を行った。

静的設計における設計水平震度は、本橋の固有周期が1.6 secであることから  $K_{hm}=1.25 \times 0.2=0.25$  とした。

動的解析は、表—4 に示すように橋軸方向および橋軸直角方向の地震動に対してスペクトルモーダル解析と時刻歴応答解析を用い、分岐形状や曲線橋としての影響を把握するための45°方向地震動に対してはスペクトルモーダル法を用いた。

なお、本橋架設地点の地盤が耐震設計上2種地盤と判定されることから、地震動強度は最大加速度  $A_{max}=200 \text{ gal}$  を用い、時刻歴応答解析に用いる入力地震波は、本橋の地盤種別と同じ2種地盤の幌満橋で観測された加速度記録波を  $A_{max}=200 \text{ gal}$  に修正して用いた。

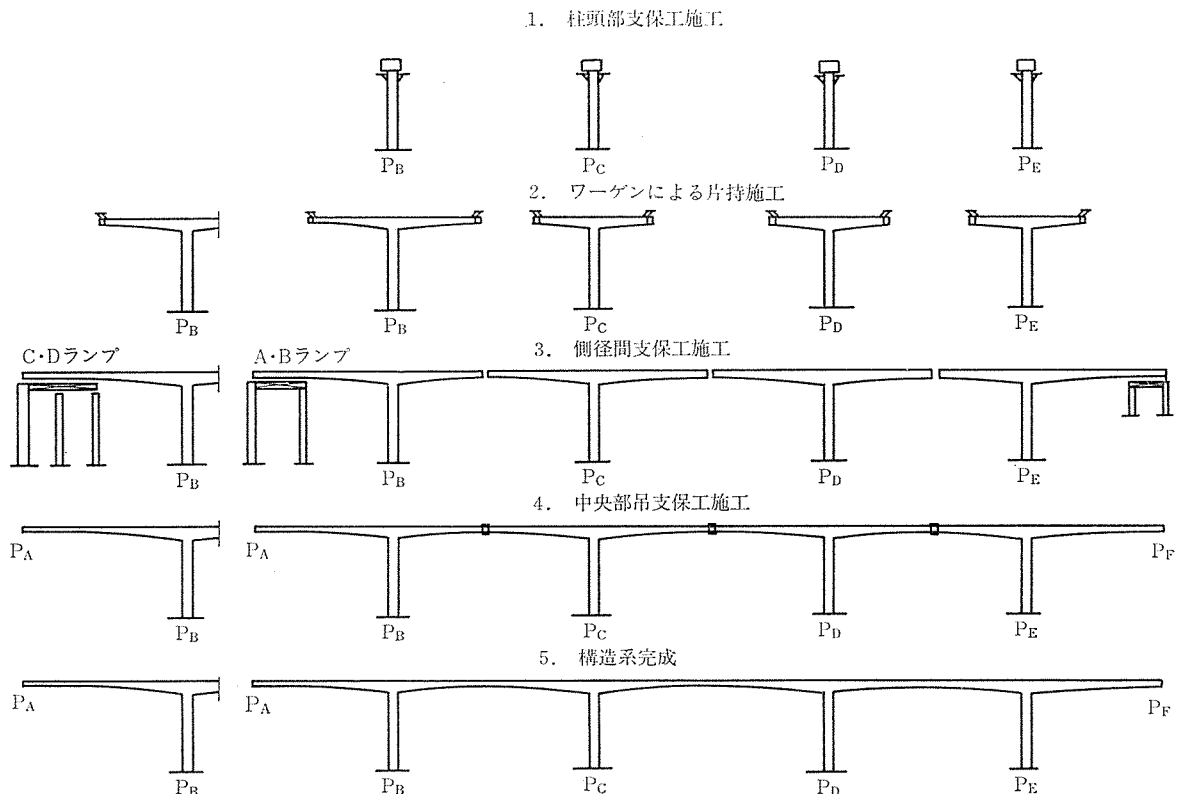
耐震性の照査にあたっては、本橋が高次不静定構造であり地震時に不安定となる要因がないことから、静的設計と同様、部材断面の耐力照査により安全性の評価を行った。



図—10 断面耐力

### 5. 上部工の施工

上部工構造は 図—11 の施工順序図に



図—11 施工順序図



示すように、

- ① ブラケット式支保工による柱頭部の施工
- ② ディビダーク式カンチレバー工法による張出し施工
- ③ 支柱式支保工上での側径間場所打ち施工
- ④ 吊支保工による中央連結部の施工
- ⑤ 橋面工等の施工

の手順を踏み完成に至る。

本橋の施工に当たっては、岡谷市街地および国鉄中央本線上空での架設となることから、事故防止対策、騒音対策、落下物対策等、万全の配慮が必要であるほか、地上約 60 m 上での施工、および先に述べた構造上の特徴から計画の段階より技術的な種々な検討を必要とした。

このうち、特に重要な課題であった以下の事項について報告する。

- 張出し施工区間で、上・下線一体断面から上り線と下り線とに主桁が分岐するという世界に例を見ない主桁分岐形状の張出し施工
- 支柱高さ約 50 m 上の、主桁断面構成の複雑に変化する  $P_A \sim P_B$  間（天竜川上）の支保工部施工
- 最盛期には、ほぼ毎日に及ぶ地上 60 m 上でのコンクリート打設
- 寒冷地での冬期施工

### 5.1 主桁分岐形状の張出し施工

$P_B$  橋脚からの張出し施工は、12.25 m の柱頭部をブラケット式支保工上で施工した後、フォルバウワーゲン（移動架設車）を柱頭部上で組み立て、中央径間側に 50 m、側径間側に 44.5 m、ディビダーク式カンチレバー工法により 1 ブロック 2.5 m～4.5 m で打ち継いでゆくが、側径間側は上・下線の道路線形が異なることにより次に示す複雑な構造となっている。

- ①  $P_B$  橋脚より 26.75 m 離れた天竜川上空で、5 室箱桁の上・下線一体断面から 2 室箱桁の上り線と下り線とに橋桁が完全に分岐する。
- ② 橋面幅は、 $P_B$  柱頭部上の 21.8 m から上・下線分岐位置まで徐々に拡幅し 23.4 m になる。上・下線分岐後も分岐位置から張出し先端の間で上り線で 10.4 m～11.5 m、下り線で 12.4 m～14.8 m に拡幅する。
- ③ この橋面幅の拡幅に伴い主桁位置も徐々に変化する。
- ④ 上・下線分岐後は、下り線が 0.5% の一定下り勾配に対し、上り線は 0.5%～3.0% の下り勾配に変化し、張出し先端位置での両者の縦断差は約 75 cm となる。
- ⑤ 分岐後の上・下線のクリアランスは約 50 cm 程度

と小さい。

このため、この区間の施工方法を、上・下線一体区間は 1 台のワーゲンで施工し、分岐位置で、このワーゲンを 2 台に切り離し、分岐後は上・下線のクリアランスが小さいことから上り線を 2 ブロック先行形式で各々独立したワーゲンとして施工することに決定し、拡幅に伴う主桁位置の変化に対応可能で、かつ容易に分離できる構造の特殊ワーゲンを考案、製作し、施工を行った。

この特殊ワーゲンの機能と特徴は次に示すとおりである。

- ① スライド用横梁とメインフレームを主部材として構成される上部構造と、車輪と一体構造のローラー式横移動装置とメインジャッキで構成される下部構造との 2 つの構成要素にすることにより、上部構造を一定間隔に保持し、下部構造を主桁位置の変化に対応して横移動できる機能を持たせた。
- ② 横移動装置をスライド用横梁に沿って移動させる力は、ワーゲンを前進させるために各メインフレームに装着された油圧ジャッキの推進力で十分であり、横移動のための動力装置を必要としない。
- ③ 本橋の主桁分岐形状への対応は、3 つのメインフレームで構成される 2 台のワーゲンを中央部でボルト接合して 1 台のワーゲンとし、分岐位置でこの接合部を切り離すことにより容易に 2 台のワーゲンに分離できる構造とした。

この特殊ワーゲンの開発により、主桁分岐形状の張出し施工も、分離作業で多少の日数を要したものの、そのほかは同種の標準ワーゲンとほぼ同じ施工サイクルを確保することができた。

### 5.2 天竜川上支保工

図—5 に示したように、 $P_A \sim P_B$  区間の上り線 53.25 m、下り線 39.05 m は通常の張出し施工が困難なため、他の工法による施工が必要であり、次の工法について比較検討を行った。

- ① 既設ランプ橋を利用した  $P_A$  橋脚からの逆張出し施工
- ② 仮支柱を用いた  $P_A$  橋脚からの逆張出し施工
- ③ 仮支柱を用いて  $P_B$  橋脚からの張出し施工の延長
- ④ ピロン工法
- ⑤ 押し出し工法
- ⑥ 全支保工工法

これらの工法のうち、この施工区間が道路線形に伴い上・下線とも幅員が倍増すること、上・下線の高低差が約 2 m 生ずること、および主桁形状が複雑に変化することより、ピロン工法、押し出し工法の適応は困難と判断した。また ①～③ の張出し架設もこの区間の主桁形

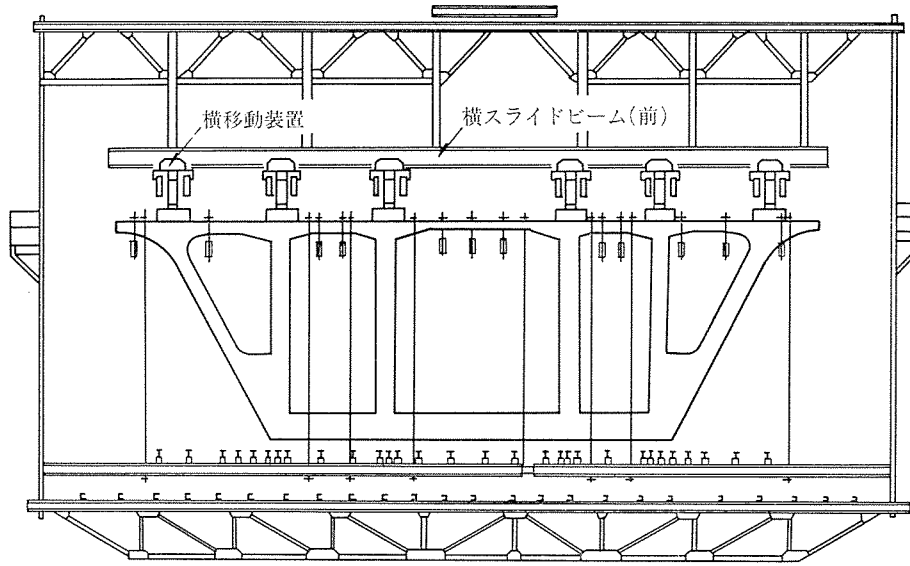


図-12 特殊ワゴン

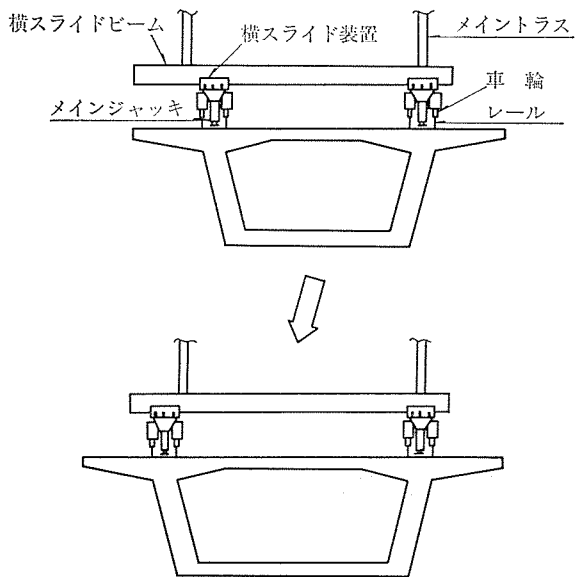


図-13 横移動模式図

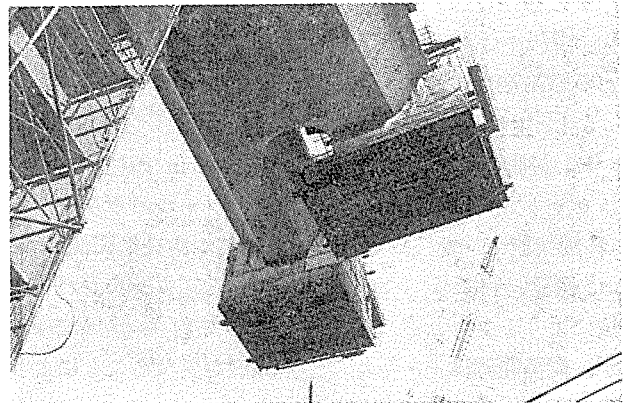


写真-3 分岐後の施工状況 (1)

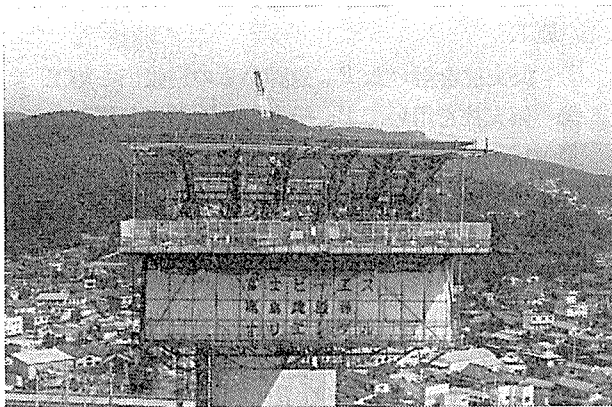


写真-2 分岐前の施工状況

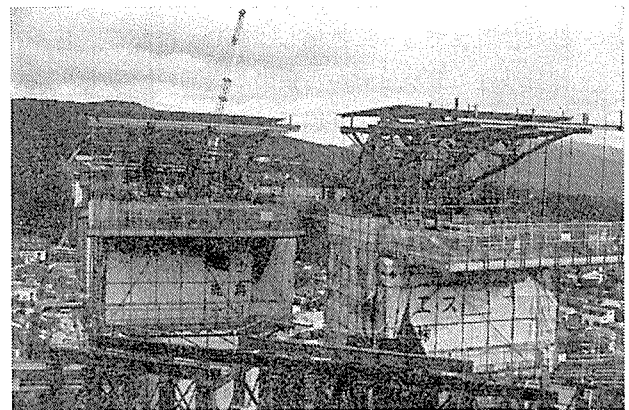
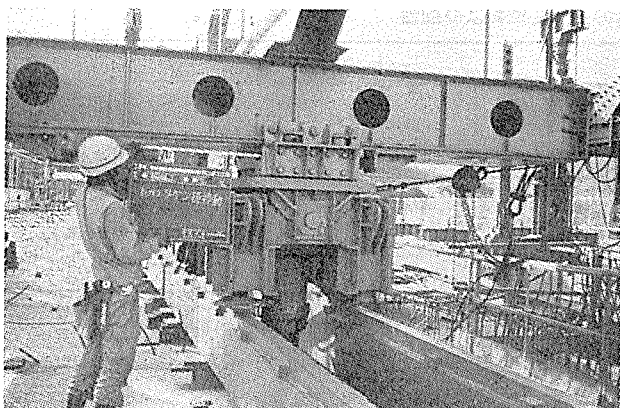


写真-4 分岐後の施工状況 (2)



写真—5 横移動装置

状に対応できる特殊ワーゲンを必要とすること、仮支柱の組立て、および主桁形状の複雑さを含めて工程的に難しいことから、線形および主桁形状への対応が比較的容易で、かつ工期の短縮可能な全支保工工法を採用した。

支保工の計画に当たっては、諏訪湖の釜口水門から約1 km と近い場所であることより、計画放水量  $300 \text{ m}^3/\text{hr}$  を損なうことがないように配慮し、河川阻害率を流線方向の投影面に対し 10% 以下となるよう、支保工および仮設棧橋の配置を流線方向と平行にした。

このため、支保工は主桁を斜めに支持する構造となっている。

地盤は天竜川河川敷でよく締まった玉石混り砂礫層であり、杭の支持力は十分期待できることから H-400 の支持杭を 5 m 根入れさせ、60 t/本の支持力をとらせた。

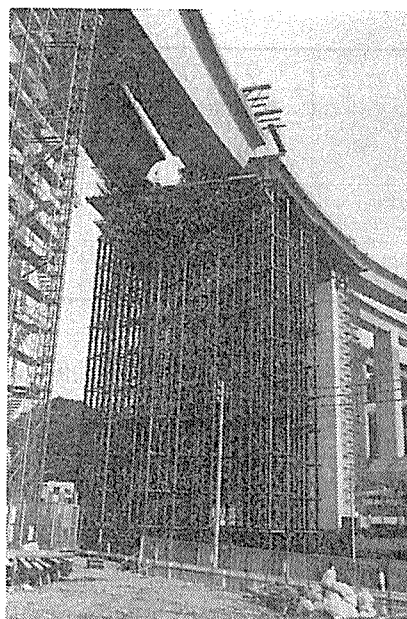
支柱は、高さ 45 m にも達するため 15 m の H-400 をボルト接合にて 3 本継ぎし組立てを行ったが、座屈に対しては、各段 2 本水平継ぎ材で全体を固定するとともに 4 本 1 組の単位で上下段にブレースをとり、4 本 1 組の枠組支柱として対応できる構造とした。

### 5.3 コンクリート工

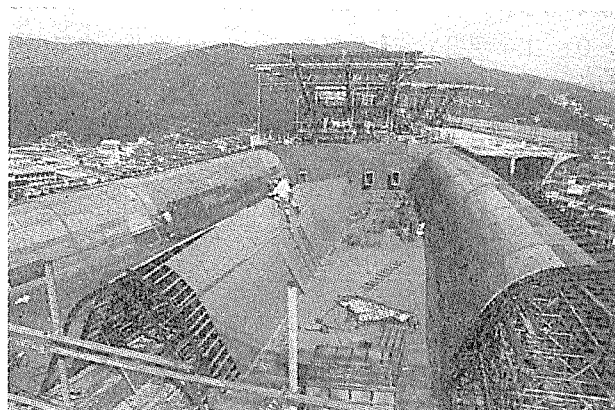
図—2 の工程表で示したように、上部工の着工時期は各橋脚で多少の差があるものの、最盛期には 8 台のワーゲンがフル稼働し、毎日のように地上 60 m 上でのコンクリート打設を行う状況となる。

しかも、上・下線一体断面構造であり、1 ブロックの打設量が  $50 \sim 150 \text{ m}^3$  と多く、かつ、部材厚が薄く PC 鋼材および鉄筋が密に配置されている狭小断面での施工となることから、コンクリート打設における施工性の良し悪しが、品質的にも工程的にも大きな影響を及ぼすことになり、コンクリートはワーカビリティの優れるものが要求された。

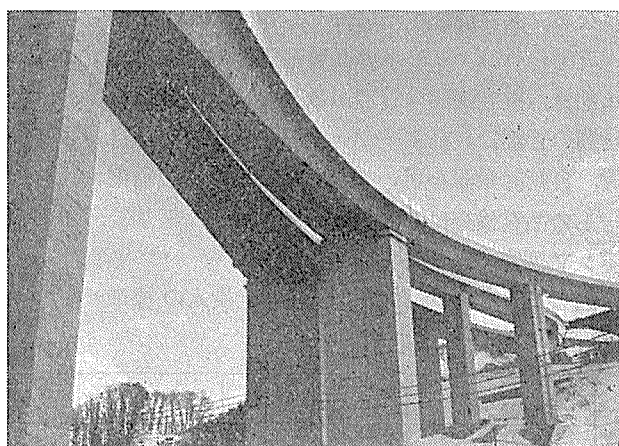
一方、所定強度の確保のためには、最近の傾向である良質骨材不足は当該地区も同様であり、単位セメント量を増大して対処しなければならない状況であった。



写真—6 支保組状況



写真—7 支保工部施工状況



写真—8 側径間支保工部

このため、所定強度および品質の確保、ポンプ圧送によるコンクリート打設の両者の観点より種々の予備試験を行い、表—5 に示す品質基準および配合の後添加方式の高性能減水剤（流動化剤）を用いた流動化コンクリートの採用を決定した。

表—5 流動化コンクリートの品質基準および配合

	品質基準			コンクリートの配合										
	スランプ (cm)	空気量 (%)	圧縮強度 (材令 28日) (kg/cm <sup>2</sup> )	粗骨材 最大 寸法 (mm)	水セメ ント比 W/C (%)	細骨材 率 S/a (%)	単位セメ ント量 C (kg)	単 位 水 量 W (kg)	単 位 粗骨材量 S (kg)	単 位 粗骨材量 G (kg)	減水剤 (g)	AE 助剤 (A)	流動化 剤* (C <sub>r</sub> %)	AE 助 剤* (A)
生コン工場練り上り (ベースコンクリート)	7±1	4.5±1	—	25	38.4	38.0	43.0	165	668	1 103	1 075	2	—	—
流動化剤添加後 (流動化コンクリート)	13±2.5	4.5±1	400										0.30	1

\* 現場での後添加

なお、この配合による圧縮強度、弾性係数、凍結融解性、クリープ、乾燥収縮の試験を行い、ベースコンクリートに比べ、いずれを劣らないことを確認し使用可能と判断した。

5.3.1 流動化コンクリート

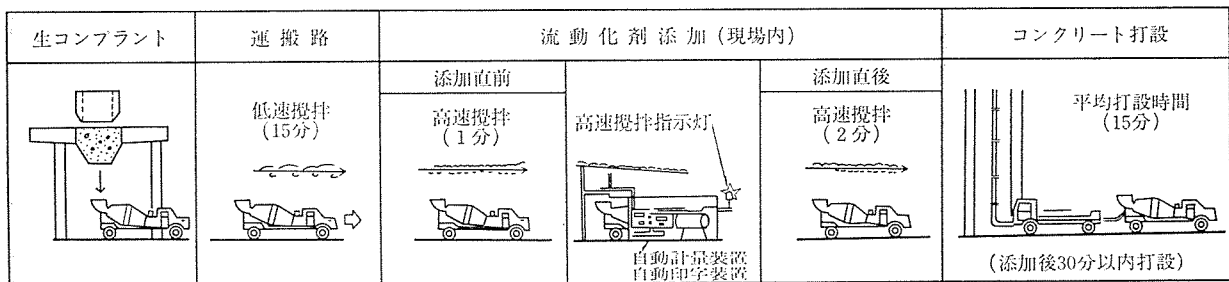
この工法は、高性能減水剤を流動化剤としてコンクリートの流動性を向上させるものであり、流動化の方法には、流動化剤の添加および攪拌時期により次の3つの方法がある。

- ① 工事現場で流動化剤をベースコンクリートに添加して流動化する。
- ② ベースコンクリートの製造場所で流動化剤を添加し、その場で流動化する。
- ③ ベースコンクリートの製造場所で流動化剤を添加し、低速でアジテートしながら運搬、工事現場到着後流動化する。

このうち、②、③は、生コンプラントを占有使用する必要があること、および生コン車の現場到着時間等、品質管理面で難しいことから、当現場では①の後添加方式による流動化方法を採用した。

なお、高性能減水剤にはデンカ FT-80 を使用した。流動化コンクリートの品質基準を確保するためには、添加量、攪拌時間の管理が重要であり、当現場では攪拌時間の管理は自動タイマー、添加量の管理は自動計量装置、自動記録器を用いて行った。また、流動化コンクリートの品質検査は、流動化剤の添加前、添加後、およびポンプ筒先の計3回実施した。

図—14 に当現場における流動化投入の標準サイクル



図—14 流動化投入の標準サイクル

を示す。

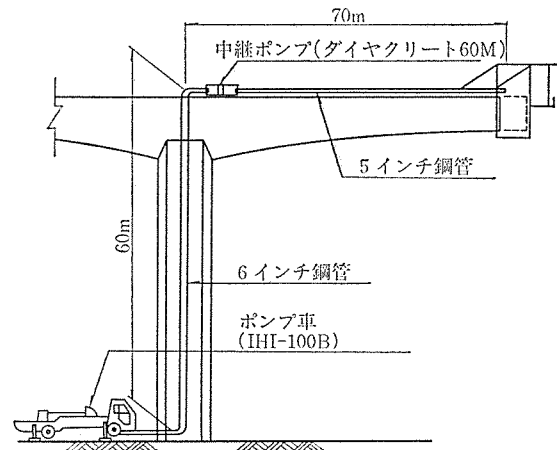
5.3.2 コンクリート打設

コンクリート打設は、図—15 に示すように、地上からポンプ圧送により行った。

ポンプ車は最大吐出量 100 m<sup>3</sup>/hr のものを用いたが、夏期のコンクリート打設は、張出し架設の最終段階を迎え圧送距離が長くなることと、スランプロスが心配されたため、柱頭部に中継ポンプを設置し、橋脚に添わせた高さ 60 m の鉛直配管部を地上のポンプ車、橋面上の水平配管部を中継ポンプで圧送する方式を用いた。

5.3.3 施工実績

流動化コンクリートの採用により、ポンプ圧送によるコンクリート打設が可能になったことで、高さ 60 m 上でのコンクリート打設にかかわらず下床版部で 15~20 m<sup>3</sup>/hr、主桁部で 10~15 m<sup>3</sup>/hr、上床版部で 20m<sup>3</sup>/hr の



図—15 コンクリート配管概要図

工ができた。また、流動化コンクリートの品質も 図-16 に示すとおり良好な結果を得ることができた。

### 5.4 冬期施工

当地区は「塩領おろし」で知られる寒冷地であり、表-6 に示すように 11 月から 3 月にかけて非常に厳しい気象条件となる。

しかし、工程が非常に厳しいため、十分養生設備を施

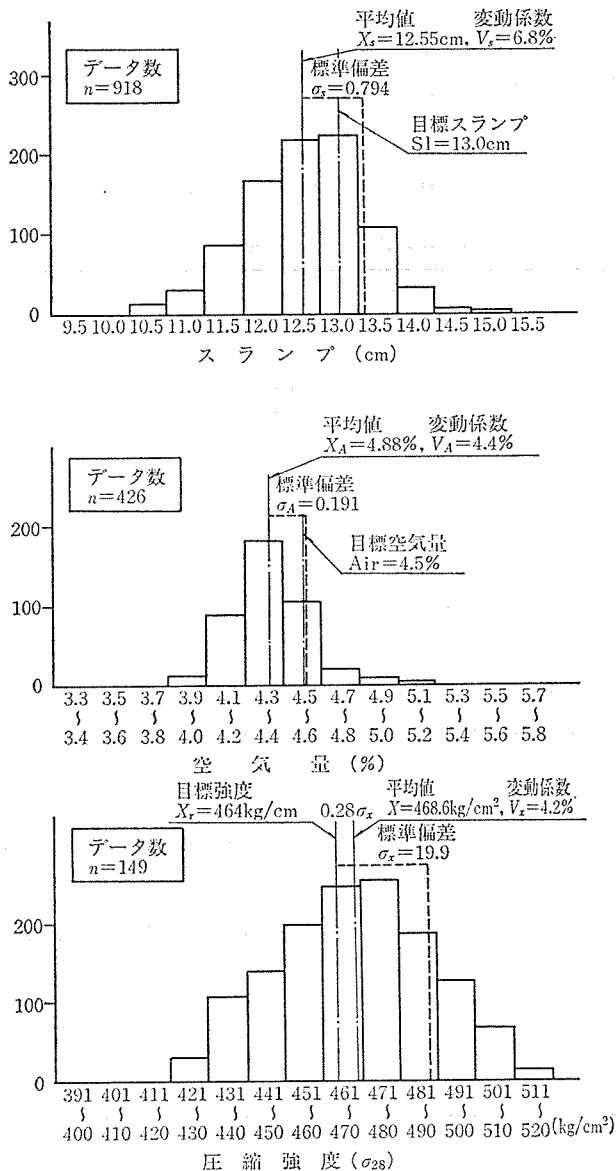


図-16 流動化コンクリートの品質

表-6 気象観測記録 (昭和 49 年~昭和 58 年)  
10 年確率 諏訪測候所

		11月	12月	1月	2月	3月
気温 (°C)	月平均最高	13.6	8.1	5.5	7.9	10.3
	月平均最低	△0.1	△5.3	△11.9	△11.9	△8.5
	最低気温記録	△23.1				
冬日 (日/月)	18	30	31	29	30	
真冬日 (日/月)	0	3	11	15	2	

し、冬期も休むことなく高さ 60 m 上でのコンクリート工事を実施した。

### 5.4.1 養生設備

#### (1) 生コンプラント

この地域の生コン工場は、非常に厳しい気象条件にあることから、骨材の凍結防止には蒸気養生設備、コンクリート温度の上昇には練混ぜ水のボイラー加熱設備をそなえており、コンクリートの練上り温度を調整することが可能である。

そこで、打込み時のコンクリート温度を 10°C 以上に確保するため、生コン工場の練上り温度を 13~18°C に設定し、この範囲内で出荷させるとともに、連絡を密にし、現場での待期時間を短くするよう努めた。

#### (2) 配管および型枠

橋脚に取り付けた配管を用いて、地上からポンプ車によりコンクリート打設を行うが、高さ 60 m もの配管が寒風にさらされるため、配管内でのコンクリート温度の低下が懸念された。このため、コンクリート配管には厚さ 40 mm の発泡スチロール製断熱材を巻付け保温効果を持たせた。

型枠は、外型枠にメタルフォーム、内型枠に木製型枠を用いた。このため、外型枠のメタルフォームは熱伝導率が高く外気と接する部分は低温になることが予想されることから、発泡ウレタンを 5 cm 外面に吹き付け、断熱効果を持たせた。

#### (3) 加熱養生

柱頭部およびワーゲン施工部とも、全面をシートで覆い、内部はジェットヒーターを 20 台用意して室内温度

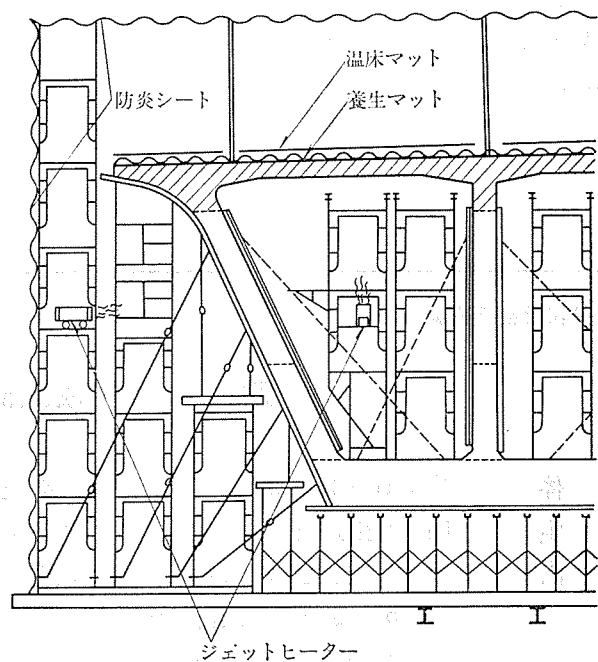


図-17 養生設備

◇工事報告◇

表一7 養生管理項目および管理値

項目	管理温度 (最低)	養生日数
コンクリート打設前旧コンクリート温度	5°C	—
養生中の作業区域内温度	5°C	—
打設時のコンクリート温度	10°C	—
養生中(初期)のコンクリート温度	10°C	2~3日
養生中(緊張後)のコンクリート温度	0°C	2日

を 5°C 以上に保つことにした。

5.4.2 養生管理

養生中の管理項目および管理値を表一7に示す。管理方法は、あらかじめ設置した熱電対により、外気温、室内温度、コンクリート温度を自動記録し、この温度記録を見て、ジェットヒーターの稼働台数を調整し、室内温度をコントロールする方法を用いた。

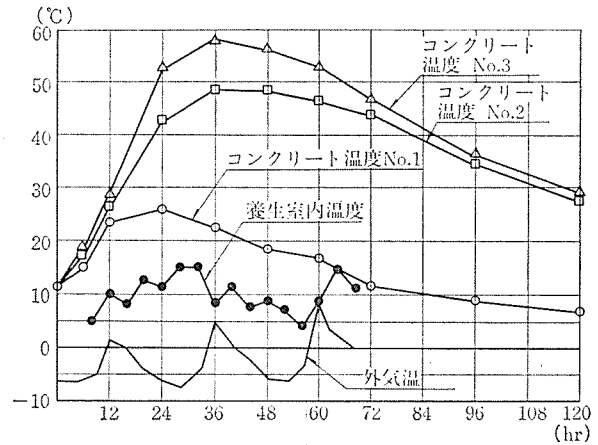
5.4.3 施工実績

図一18、表一8に示すように養生条件の確保、コンクリートの品質確保とも良好な結果を得ることができた。

なお、配管に巻き付けた発泡スチロール製断熱材、メタルフォームに吹き付けた発泡ウレタンの効果は、比較データがないため数値表示できないが、-10°Cの条件下でのコンクリート打設も、打込み時のコンクリート温度10°C以上を確保できたことより、非常に有用であったと推察される。また、作業区域の温度を養生中以外でも5°C以上に保つことにより、型枠、鉄筋、鋼棒組作業の能力低下を極力小さくすることができた。

6. おわりに

主桁分岐形状をはじめとした、従来のPC橋梁に類を見ない複雑な構造の高橋脚5径間連続ラーメン橋の設計と施工について報告をしたが、設計面、施工面とも細部にわたっての工夫、配慮を必要とする点が見受けられ



図一18 寒中コンクリート温度記録

表一8 コンクリートの圧縮強度 (kg/bm<sup>2</sup>)

施工ブロック	打設日	$\sigma_3$	$\sigma_7$	$\sigma_{28}$
柱頭部 ①	11/ 1	311	413	482
〃 ②	11/16	308	406	485
〃 ③	11/23	309	424	481
〃 ④	12/ 8	290	360	471
① ブロック	2/ 8	312	393	473
② ブロック	3/14	315	397	462
			358	461

た。

しかし、世界でも初めての、主桁分岐形状の張出し施工を無事なしえた意義は非常に大きく、PC橋梁の施工分野をまた一つ拡張したといえる。

最近の傾向として、地形の急峻さや景観等の配慮から、本橋のように複雑な構造を必要とする場合が多く、本稿が同種工事の参考になれば幸いと思う。

最後に本工事の設計、施工にあたり御指導、御協力いただいた関係各位に感謝の意を表します。

【昭和 61 年 2 月 14 日受付】

◀刊行物案内▶

穴あき PC 板設計施工指針・同解説

体 裁：B5判 128頁 ビニール製の表紙で現場持ち歩きに便利  
 定 価：1800円(会員特価：1600円) 送 料：450円  
 内 容：1. 総則 2. 材料および許容応力度 3. 部材の設計 4. 構造設計  
 5. 接合部の設計 6. 施工(含取付・補修等)

お申込みは代金を添えて、(社)プレストレストコンクリート技術協会へ