

## 月夜川橋上部工（大型移動支保工）の設計と施工

大 山 進 司\*  
木 村 成 勝\*\*  
佐々木 徹\*\*\*

### 1. はじめに

東北横断自動車道酒田線は、東北縦貫自動車道の宮城県村田 JCT より分岐し、山形市を経て酒田市に至る路線である。月夜川橋の架橋位置は、そのうちの関沢 I.C ~山形蔵王 I.C 間にあり、一般国道 286 号に沿って約 8 km 西方へ進むと山形市街地である（図-1）。

本橋は、縦断勾配： $i \approx 5\%$  と、最小平面曲率半径： $R=540\text{ m}$  の S 字カーブを全長にわたって有する橋梁である。橋長が約 1 km の上・下線分離構造であり、橋脚は山腹の傾斜部に位置していることから、高さが 13.5 ~31.9 m と変化する。したがって、架設工法として、地形条件、工程および安全性を考慮し大型移動支保工が採用され、橋梁の構造形式および平面線形への対応の容易さからハンガータイプの構造とした。

本文では、月夜川橋上部工の設計と施工についての概要を紹介するものである。



図-1 位置図

\* 日本道路公団仙台建設局建設部構造技術課長  
\*\* オリエンタルコンクリート(株) 仙台支店工務部設計チーム  
\*\*\* ドーピー建設工業(株) 仙台支店設計課課長代理

### 2. 工事概要

#### 2.1 橋梁諸元

工事名：東北横断自動車道月夜川橋（PC 上部工）  
工事

工事場所：山形県山形市大字新山地内

工期：昭和 63 年 9 月～平成 3 年 6 月

構造形式：PC 3 径間連続ラーメン箱桁橋

架設工法：大型移動支保工式（ハンガータイプ）

#### 2.2 構造概要

本橋の構造概要および主要材料は次のとおりである（図-2、表-1）。

道路規格：第 1 種 3 級 B 規格

橋 長：上り線 975.500 m

下り線 904.500 m

支 間：上り線 (35.55+36.50+35.55)×8

(35.30+36.00+35.30)×1

下り線 (37.30+38.00+37.30)×1

(37.05+38.00+37.05)×7

有効幅員：上り線 8.500~10.750 m

下り線 8.500~10.500 m

（両線とも非常駐車帯部を含む）

斜 角：90°00′

支承装置：合成ゴム支承

※縦断勾配、横断勾配については、図-3 の線形図に示す。

### 3. 設 計

#### 3.1 設計条件

活 荷 重：TL-20, TT-43

表-1 主要材料（上り・下り線）

項 目	種 別	単 位	数 量	摘 要
コンクリート	$\sigma_{ck}=350\text{ kg/cm}^2$	m <sup>3</sup>	14 882	主 桁 地覆・高欄
	$\sigma_{ck}=240\text{ kg/cm}^2$	〃	1 272	
鉄 筋	SD 35	t	2 469	
PC 鋼 材	SWPR 7 A 12 T 12.4	〃	397.8	主 方 向 横 方 向 鉛 直 方 向 〃
	SWPR 1 12 $\phi$ 7	〃	14.3	
	SBPR 95/120 $\phi$ 26	〃	1.8	
	SBPR 95/120 $\phi$ 32	〃	4.8	

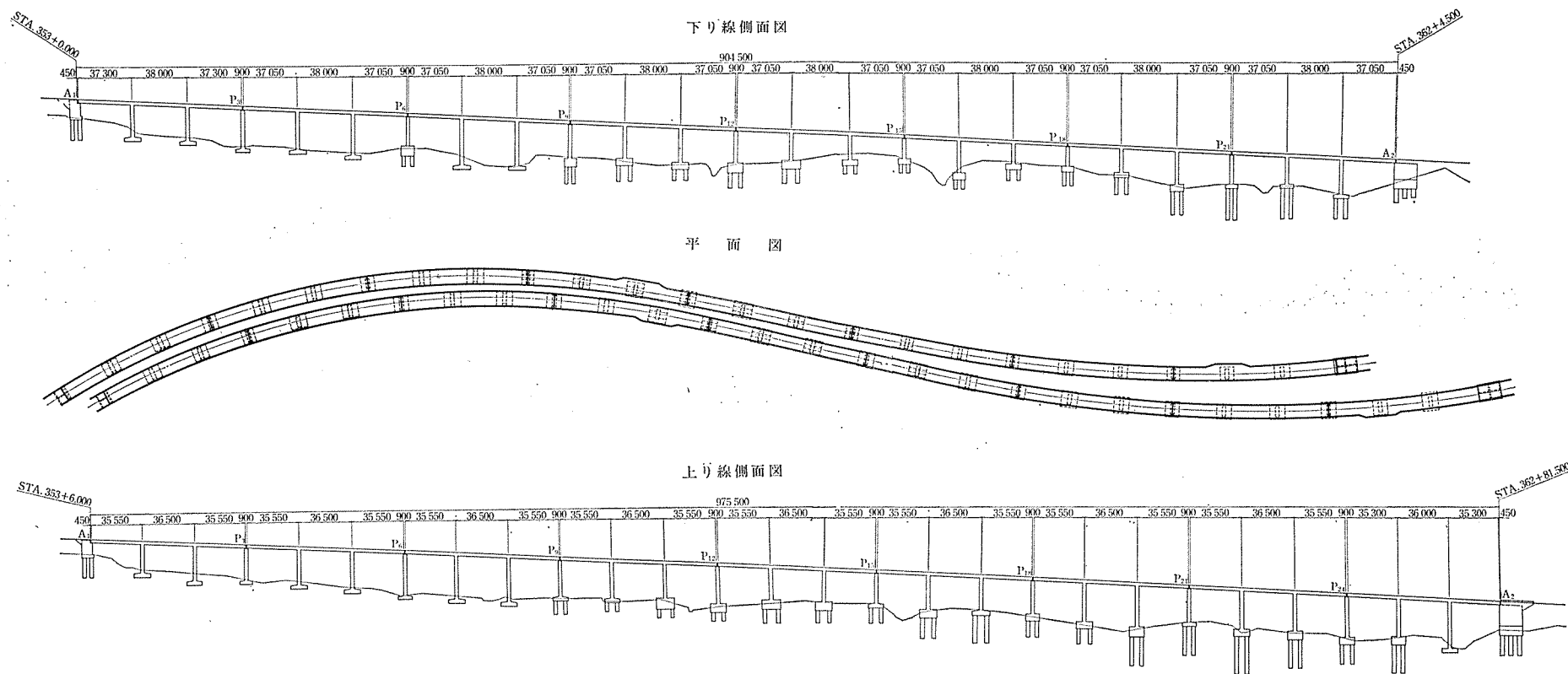
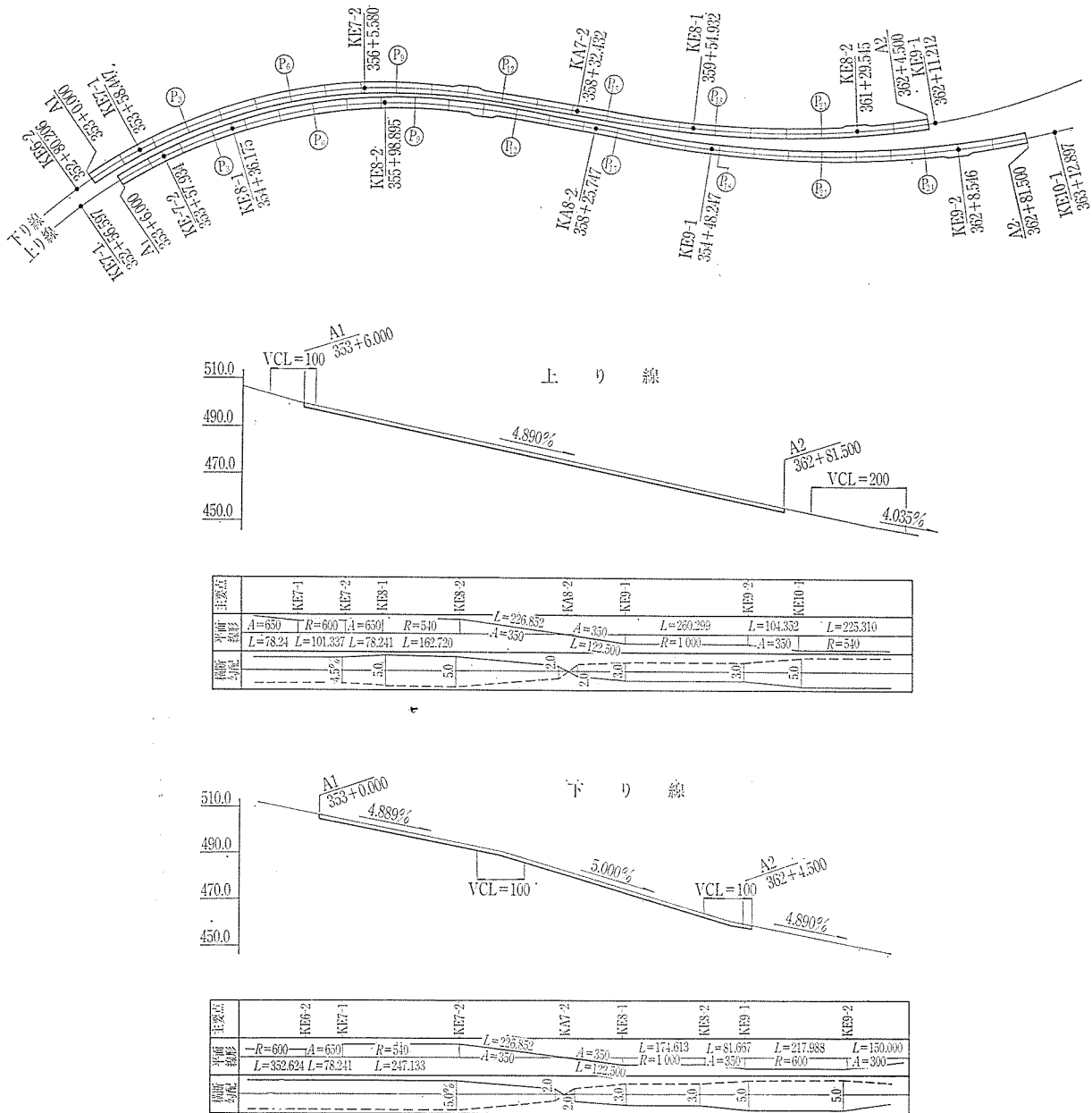


図-2 全体一般図



図—3 線形図

設計震度： $K_h=0.15\sim0.19$ （橋台、橋脚ごとに算定）

温度変化： $\pm 10^\circ\text{C}$

温度差： $5^\circ\text{C}$

クリープ係数： $\phi=2.485$ （最終クリープ係数）

乾燥収縮度： $\epsilon_s=15\times 10^{-5}$

PC鋼材のリラクゼーション： $r=5\%$ ,  $3\%$ （鉛直方向）

### 3.2 施工方法および断面形状

#### (1) 施工方法

本橋は、最大支間が38.0mのPC3径間連続ラーメン構造である。施工手順は図—4に示すように、ハンガータイプの移動支保工を用いた分割施工である。

まず、柱頭部ブロックを先行施工し、以後、第1施工区間では、第2径間のインフレクションポイント付近（ $0.2\times l=7.5\text{m}$ に統一）まで施工、順次第2、第3施工区間へと進む施工サイクルである。

また、上り、下り線ともに、幅員が2.0m拡幅する非常駐車帯部分（摺付け部を含め橋軸方向に30.0m）を2箇所所有する。移動支保工による施工は、張出し床版の支点部までとし、所定の張出し床版の施工は移動支保工の通過後に吊支保工で行う（図—5）。

#### (2) 断面形状

主桁断面は、上床版において最大支間を3.0mとしたRC構造の2室箱桁である。桁高は、全区間一定の $H=2.2\text{m}$ とした（図—6）。

主版形状を全長にわたり同一とし、橋脚間で直線配置していることから、視距拡幅に伴う幅員の変化や平面曲線に対しては、左右の張出し床版幅をバランス良く変化させている(図-7)。

### 3.3 主桁断面力

主桁断面力を算出するうえで考慮すべき項目を以下に示す。

- ① 各橋脚位置における地盤定数が異なり、基礎工の形式が異なることから橋脚下端の支持条件を以下のように考える。

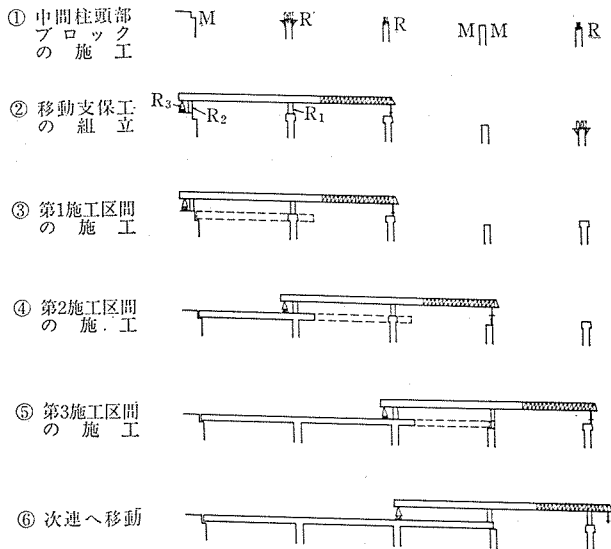


図-4 移動支保工による施工手順

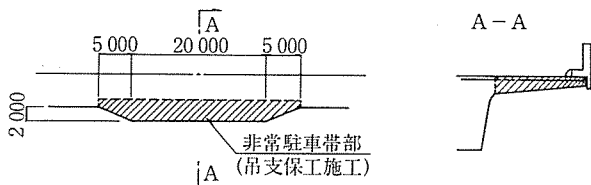


図-5 非常駐車帯部

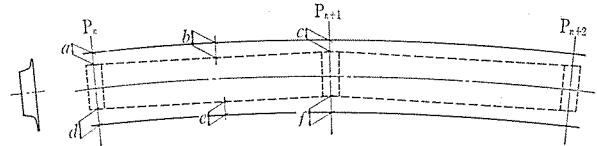


図-7 主版と張出し床版の平面配置図

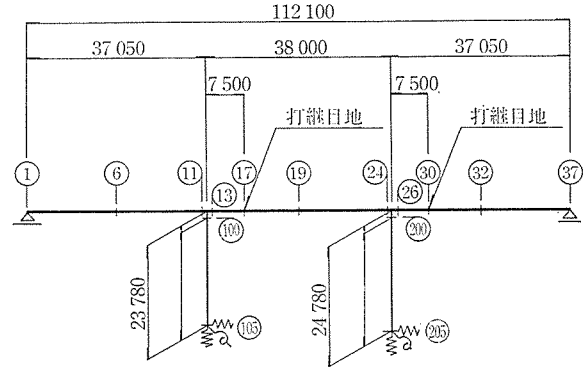


図-8 構造解析モデル

- ・直接基礎…完全固定支持
- ・深礎杭基礎…バネ支持

- ② 各橋脚の高さや橋軸方向幅が異なる。
- ③ 上部工の第1施工段階から第3施工段階までの各分割施工に要する日数は、 $t=20$  日である。各施工段階で構造系が変化することに伴い、コンクリートのクリープによる2次力が発生する。
- ④ 全体の施工計画から、各径間における橋体工完成後の橋面荷重載荷時期(日数)が異なる。
- ⑤ 主方向には、フレシネー工法のPC鋼より線: 12 T 12.4 (M 220) を使用する。ケーブル本数は22~24本であり、片引き緊張でプレストレスの導入を行う。
- ⑥ 橋脚のクリープを考慮する。

各施工段階および完成系における断面力は、平面骨組解析によりそれぞれ算出し、応力度の計算を行った。図-8、図-9に代表的な構造解析モデルと曲げモーメン

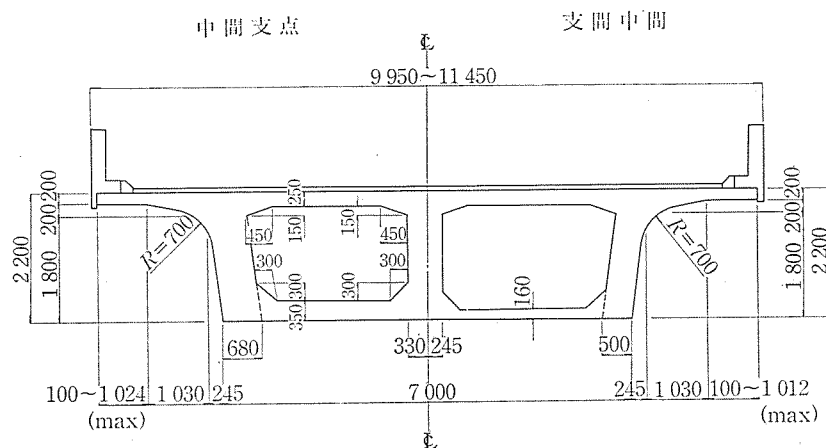


図-6 標準断面図

◇工事報告◇

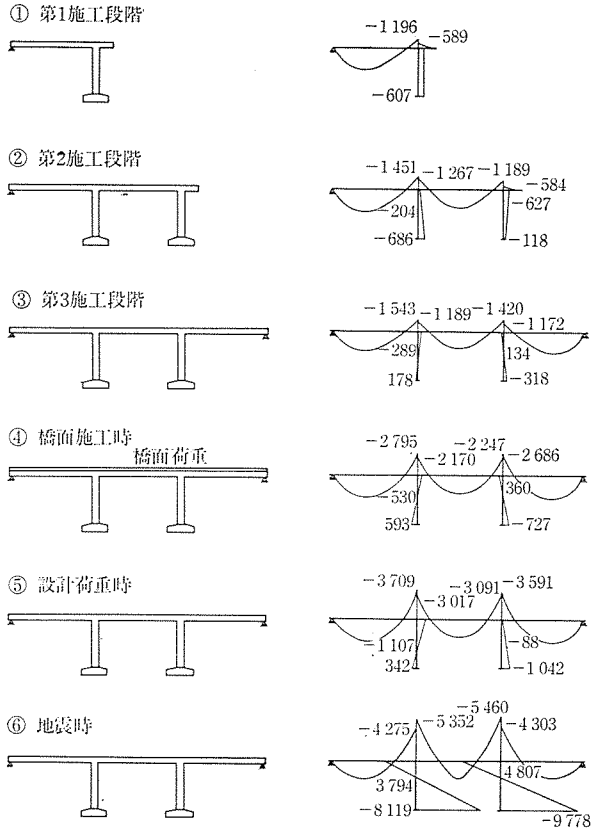


図-9 各施工段階の曲げモーメント図

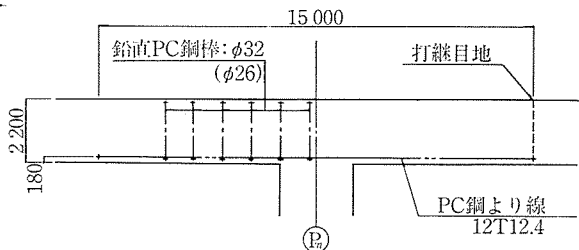


図-10 柱頭部 PC 鋼材配置図

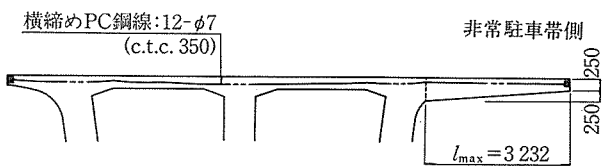


図-11 非常駐車帯部上床版 PC 鋼材配置図

ト図を示す。

3.4 PC 鋼材配置

(1) 主方向

分割点の打継目部においては、カップラーモノグリッパ型 (12 T 13 M 220) の接続具で、所要本数を接続してゆく。

また、地震時には、中央径間の支点付近断面の下縁に過大な引張応力度が生じ、引張鉄筋だけで対処できない径間には、下縁側に PC 鋼材を配置した (図-10)。

(2) 横方向

横方向における PC 構造は、非常駐車帯部の上床版だけであり、この部分には PC 鋼線: 12φ7 を c.t.c. 350 mm で配置した (図-11)。

(3) 鉛直方向

施工時断面力の算出は、各施工段階について行い、施工順序に従って移動支保工の支持台反力の載荷位置を変えた。移動時における斜引張応力度の計算から、鉛直方向の PC 鋼棒: φ32 (下り線), φ26 (上り線) を柱頭部付近に配置した。

4. 施工

4.1 施工概要

本橋の施工計画における全体工程は、図-12 に示すとおりであり、A<sub>1</sub> 方より順次施工してゆく。上り、下り線の 2 台の移動支保工は、現場の状況から平面的に同じ位置に設置できないため、上り線を先に組み立てスタートさせた。

また、東北地方の山間部では積雪が多く、気温が低いといった気象条件下での冬季施工の問題がある。主桁製作は、全天候型屋根を有する移動支保工の施工であることから、風雪を気にすることなく、養生を充分に行い通年施工とする。しかし、地覆・壁高欄の施工は A<sub>1</sub> 方より順次行いが、移動支保工の移動後であり、施工管理上冬期間は休止することとした。

4.2 柱頭部ブロック施工

柱頭部ブロックは、移動支保工の前方支持台 (R<sub>1</sub>) を支持するために、あらかじめ施工しておく必要がある。通常、図-13 に示すようなブロック形状であるが、本橋では、メインガーダーの横方向への移動を考慮したスライド・ベースの大きさから全断面一括施工とした (図-14、写真-1)。

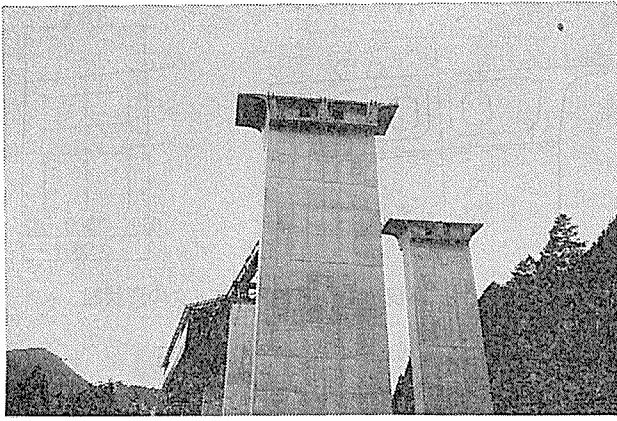
現場における側枠用固定支保工や作業床の支持には、ブラケットとして H 形鋼を用いた。

また、主桁自体が縦断勾配や横断勾配の変化を有し、各柱頭部ブロックにおいてもその値は様々である。柱頭部ブロックは、移動支保工施工時の基準ともなることから、高さ等は入念な管理が必要となる。

4.3 移動支保工の組立て、移動

(1) 組立て

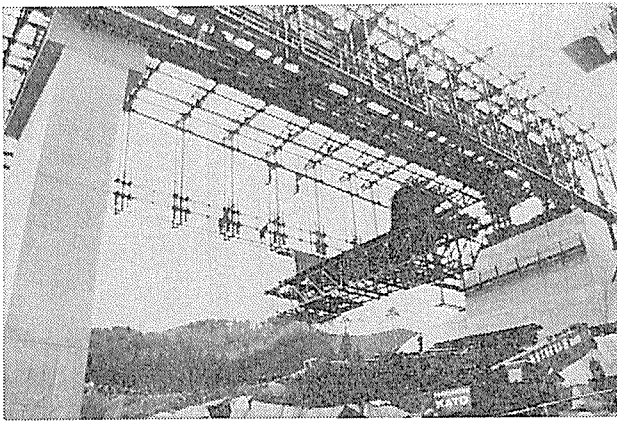
メインガーダーは、上り、下り線とも A<sub>1</sub> 橋台背面に組立てスペースが確保されていたことから、そこで地組みされ所定位置まで引き出し、据え付けられた。その後、横梁や吊材、側・底型枠等を橋脚下のクレーンで吊り上げ組立てを行った (写真-2, 3)。



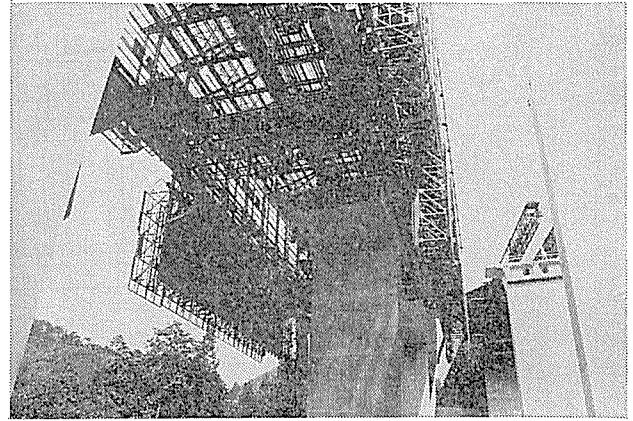
写真一 柱頭部ブロック



写真三 底型枠組立て状況



写真二 底型枠組立て状況



写真四 前方移動

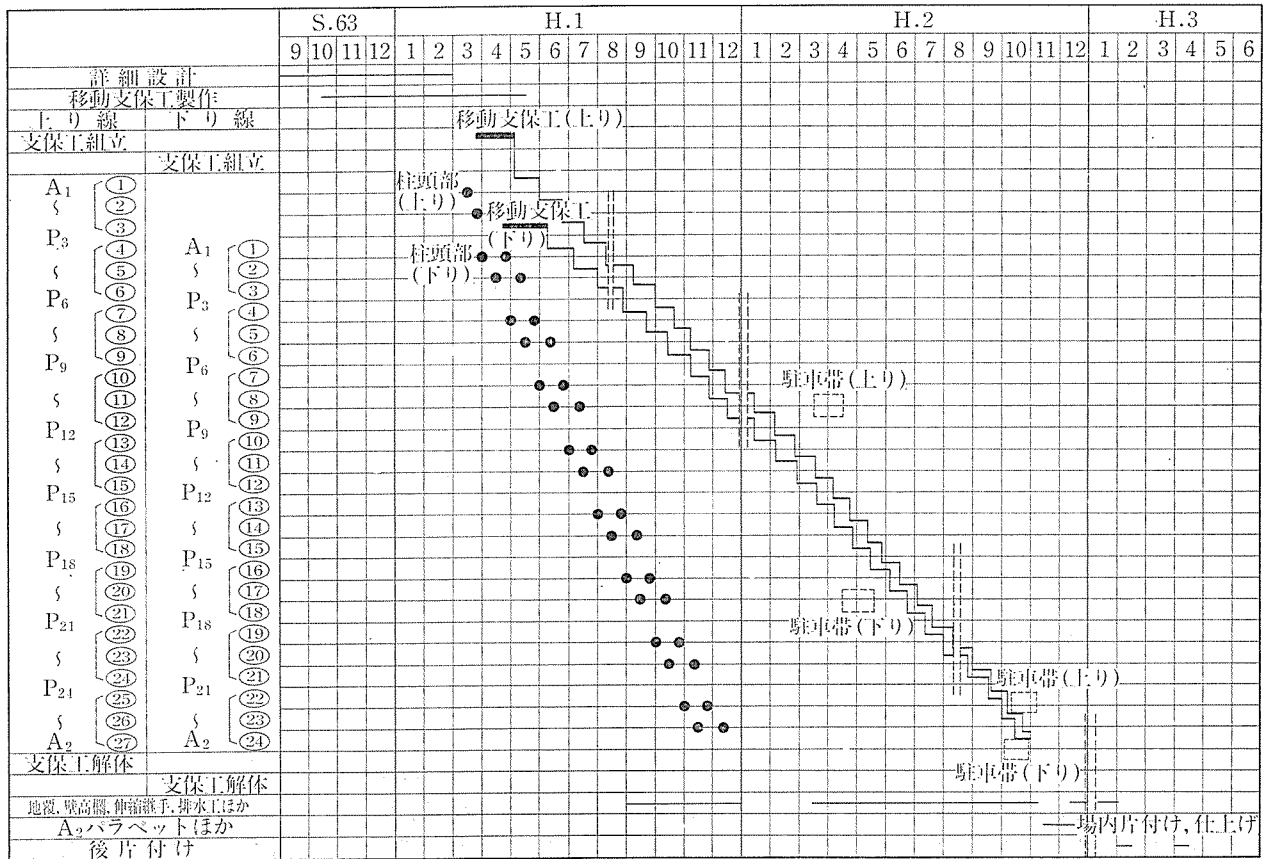


図-12 全体工程表

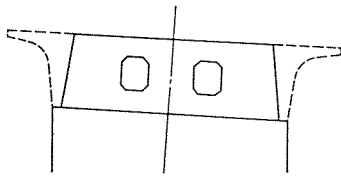


図-13 一般的な柱頭部ブロックの形状図

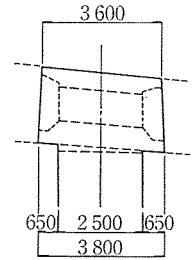
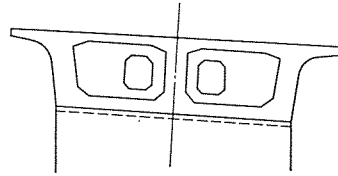
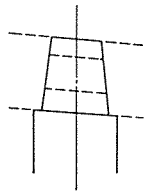
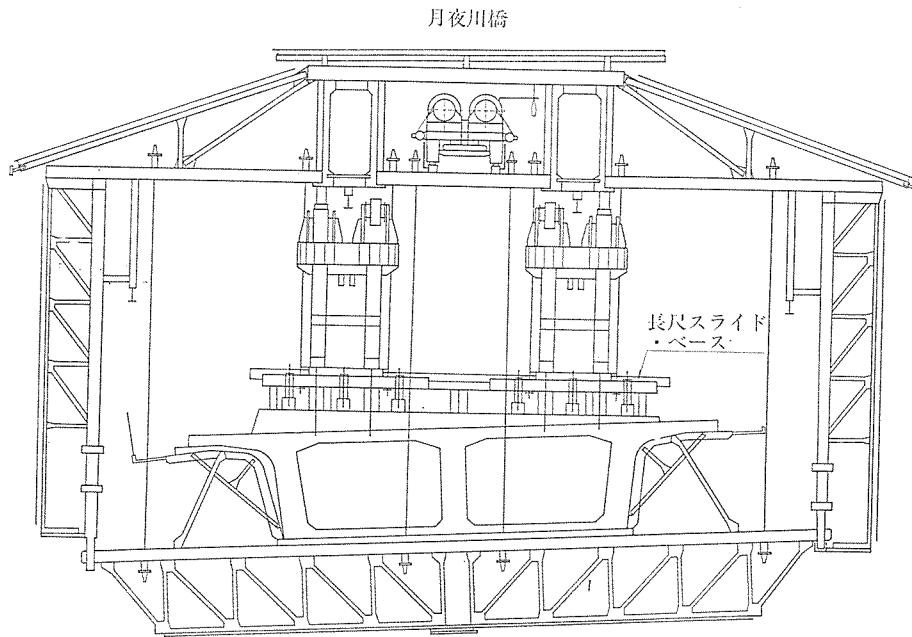


図-14 月夜川橋の柱頭部ブロックの形状図



従来型

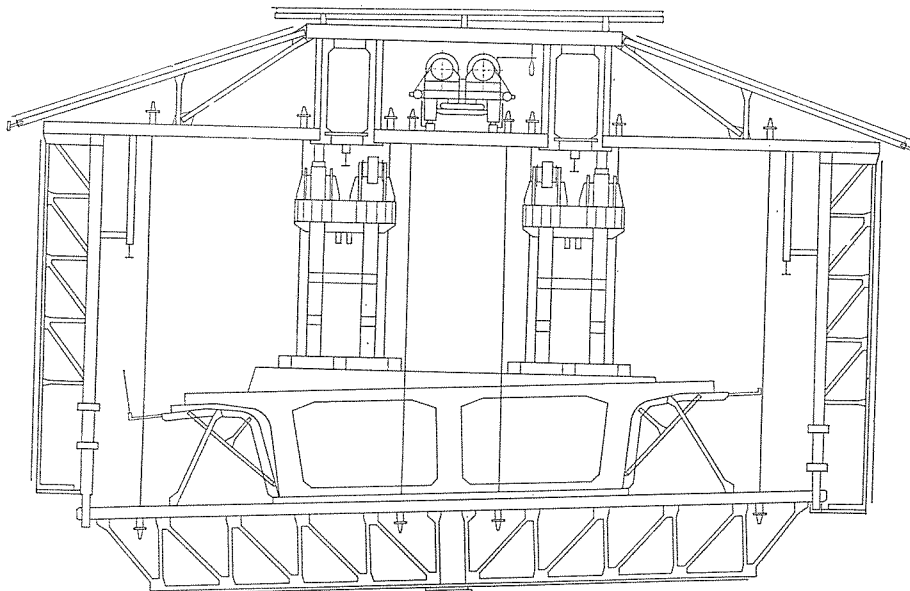


図-15 移動支保工断面図

(2) 移動

前方への移動は、主桁床版にアンカーされたゲビンデ鋼棒を介し、後方支持台 ( $R_3$ ) に設置された長ストロークの油圧ジャッキで行われる。この場合、下り勾配が 5

% と急であることから、水平力を制御しながら移動できるように油圧ポンプに工夫を行った (写真-4)。

横方向への移動は、 $R_1$ 、 $R_2$  支持台に設置されたスライド・ベースと油圧ジャッキで行われる (図-15)。横

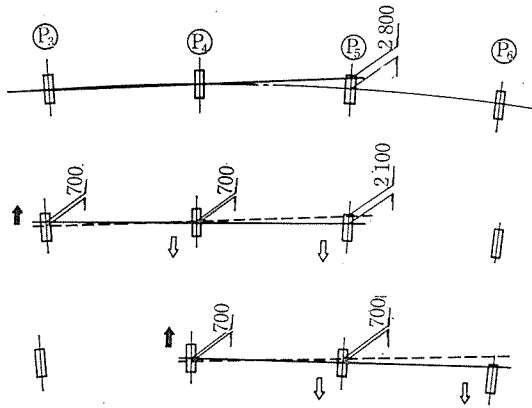


図-16 横移動要領図

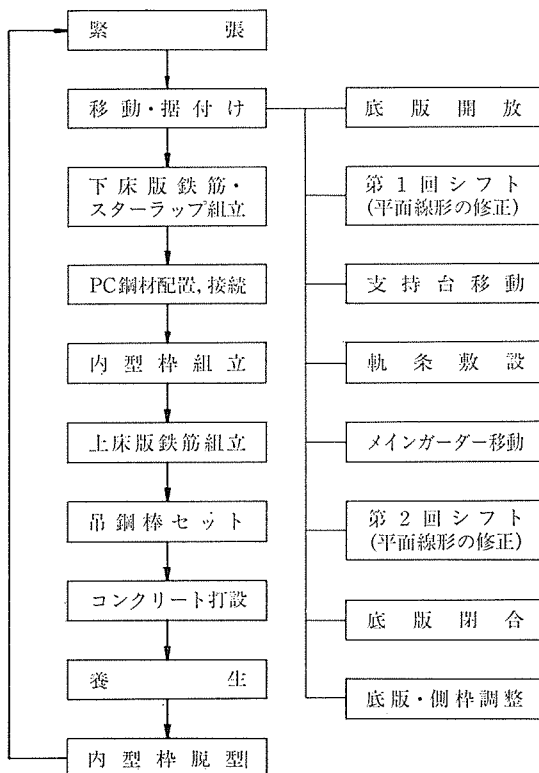


図-17 主桁の標準施工手順

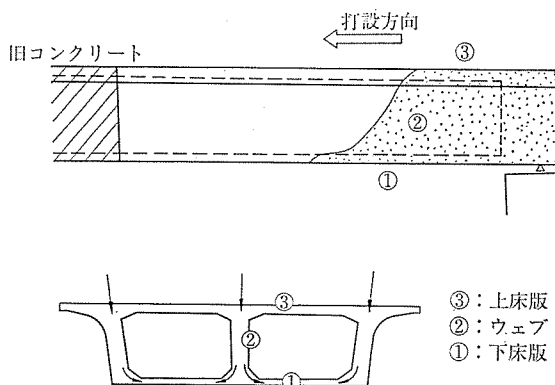


図-18 コンクリート打設方法

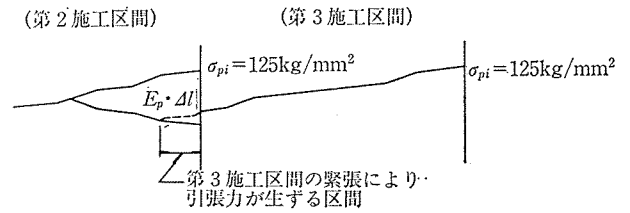


図-19 PC 鋼材引張応力度図

移動量(シフト量)は、最小曲率半径が  $R=540\text{ m}$  と小さいことから約  $2800\text{ mm}$  に達する。そのため、横移動は橋面幅員の関係上1回で行うことができず、前方移動前と移動完了後の2回に分けて行う(図-16)。この場合でも、各支持台の1回のシフト量が最大  $700\text{ mm}$  となることから、支持台のスライド・ベースを長尺とした。

#### 4.4 主桁製作

##### (1) ケーブル組立て工

主桁製作は、図-17に示すような標準施工手順で行う。主ケーブルを、片引き緊張で施工することから、第1施工区間の固定端においては、デッドアンカーモノグリッパ型を使用する。

第2、第3施工区間においては、カップラーモノグリッパ型(M 220)を使用しPC鋼材を接続して配置する。

##### (2) コンクリート工

コンクリートの1回の打設量は、最大で  $330\text{ m}^3$  あり、 $A_1$  方からポンプ車を用いて全断面一体打設とする。

コンクリート打設時においても、メインガーダーの弾性たわみを考慮することが必要だが、コンクリートの硬化前に弾性たわみの大半が発生し終わることから、特別な打設方向を考えず、先端部から順次旧コンクリートの方向へ打設してゆく(図-18)。

##### (3) 緊張工・グラウト工

緊張工は、コンクリートの圧縮強度が  $290\text{ kg/cm}^2$  以上に達したことを確認のうえ行う。

施工区間の短い第3施工区間の緊張力は、PC鋼材とシーストとの摩擦量が小さいことから、前施工区間のケーブルまで及ぶ。このことから、主ケーブルのグラウト注入は、第3施工区間の緊張工が終了してから3径間を一括して行う(図-19, 20)。

##### (4) たわみ管理

主桁のたわみ管理は、設計計算書中の主桁自重、プレストレス等による弾性変形たわみ、クリープ等による塑性変形たわみのほかに、次の項目を考慮に入れて上げ越し量を計算して行う。

- ① 型枠吊鋼棒の伸び量
- ② 移動支保工メインガーダーの弾性変形量



◇工事報告◇

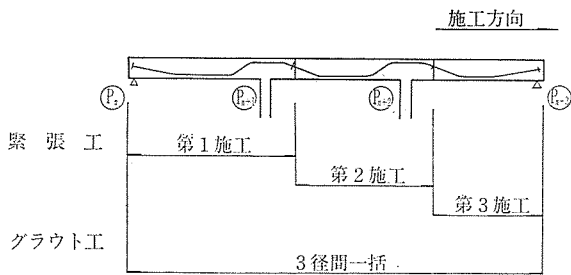


図-20 緊張工・グラウト工

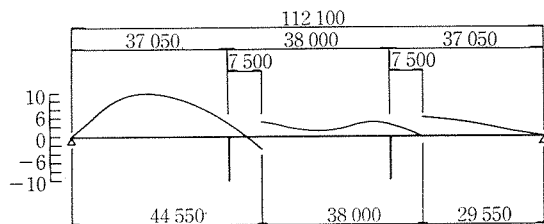


図-21 主桁の上げ越し量

図-21 に、竣工時の主桁の上げ越し量（支保工の上げ越し量を含まず）を示す。

#### 4.5 非常駐車帯部施工

前述のように、非常駐車帯部分の施工は、移動支保工の通過後に吊支保工で行う。所定の配筋を行い、床版横締め鋼材用シースを配置しコンクリートを打設する。圧縮強度を確認のうえ横締め鋼材を緊張し、グラウトを行

う。

#### 5. おわりに

大型移動支保工による架設工法は、我が国においても約 50 橋の施工実績を持つに至り、都市部の連続多連化高架橋はもとより、本橋のように山腹傾斜地域の長大橋にも採用されている。この工法の特長としては、

- ① 安全で確実な施工ができる。
- ② 桁下空間の条件に左右されない。
- ③ 良好な工程管理、品質管理を行うことができる。
- ④ 機械化と各作業のサイクル化から省力化ができる。
- ⑤ 積雪寒冷地においても十分な養生ができることから通年施工が可能である。

などがあげられる。

また、本橋のように縦断勾配が厳しく、複雑な平面線形の条件下でも充分対応できる。

平成元年 3 月から本工事を開始し、現在（元年 6 月末）の移動支保工の位置は、上り線において  $P_2 \sim P_3$  間、下り線において  $A_1 \sim P_1$  間と、まだ施工開始直後であるが、無災害でより良い橋梁を竣工できるように努力する次第である。

【1989 年 8 月 21 日受付】

◀刊行物案内▶

## PC 斜張橋

（本誌第 29 巻第 1 号特集号）

現在、世界的にも、また我が国でも有力な橋梁施工法として台頭し始めた PC 斜張橋を特集した本書は、その歴史、変遷から始まって、将来展望に関する座談会、斜張ケーブルの現状、既に実施された、または計画中の代表的な斜張橋（白屋橋、東名足柄橋、猪名川第 2 橋梁、衝原大橋、呼子大橋、新丹波大橋）の報告等、多岐にわたり収録してあります。PC 橋梁の設計・施工関係技術者にとっては必携の参考図書と確信します。

在庫数が限られていますので、ご希望の方は至急代金を添え（現金書留か郵便振替東京 7-62774）プレストレストコンクリート技術協会宛お申し込みください。

体 裁：B5判 108 頁  
定 価：1500 円（送料：150 円）