

## 衣笠架道橋の設計と施工

岩 島 隆 也\*  
 小 林 勝\*\*  
 深 山 清 六†  
 牧 沢 正 道††

### まえがき

横浜横須賀道路の建設は、一般国道 16 号のバイパスとして計画されたものであり、既に建設省が一部開通している保土ヶ谷バイパスを引き継ぎ、横浜市保土ヶ谷区藤塚から横須賀市衣笠町までの自動車専用道路を建設し、16 号の交通混雑緩和に寄与するとともに三浦半島開発の基幹道路とするものである。

衣笠架道橋は、横浜横須賀道路の逗子～衣笠間の STA 250+97 で横須賀市道 1351 号と交差する地点（図-1）に架けられる PC 方杖ラーメン形式の跨道路橋（写真-1）である。

本橋は、既設市道の取付けの関係により横浜横須賀道の計画高から 21 m 高い地点に計画されており、PC 方杖ラーメン橋のもっている美観、構造特性を十分発揮し得るものとし、当形式選定がなされた。

#### 〈本橋の施工上の特徴〉

- 1) 支保工
  - a) 高支保工 ( $H \approx 20$  m) である。
  - b) 上段がビティ枠、下段が四角支柱の兼用型支保工を採用。
  - c) 3 小段を有する急斜面を利用した支保工設

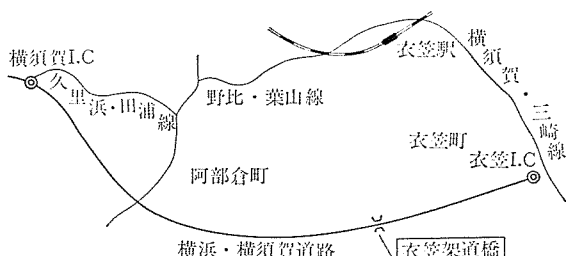


図-1 位置図

\* 日本道路公団東京第一建設局横浜工事事務所構造工事長  
 \*\* 日本道路公団東京第一建設局横浜工事事務所構造工事区  
 † ピーシー橋梁（株）東京支店技術部長  
 †† ピーシー橋梁（株）葉山高架橋他 3 橋（PC 上部工）工事現場代理人

置。

### 2) コンクリートの品質管理

通常実施しているコンクリート工施工管理試験以外に初期材令時の圧縮強度を曲げ破断強度試験器より推定し、品質管理を充実させた。

以下、本橋上部工の設計、施工についての概要を記述する。

### 1. 構造概要

橋 種：プレストレストコンクリート架道橋  
 形 式：PC ポストテンション方杖ラーメン橋  
 橋 格：二等橋（TL-14）  
 橋 長：72.000 m  
 支 間：20.600 m—30.000 m—20.600 m  
 幅 員：4.000 m（全幅 4.800 m）  
 縦 断： $i=5.6\%$

### 2. 上部工の設計

#### 2.1 設計条件

活 荷 重：TL-14  
 設計震度： $k_H=0.2$   
 温度変化： $\pm 15$  deg  
 クリープ係数： $\phi=2.6$ （早強セメント 4~7 日）

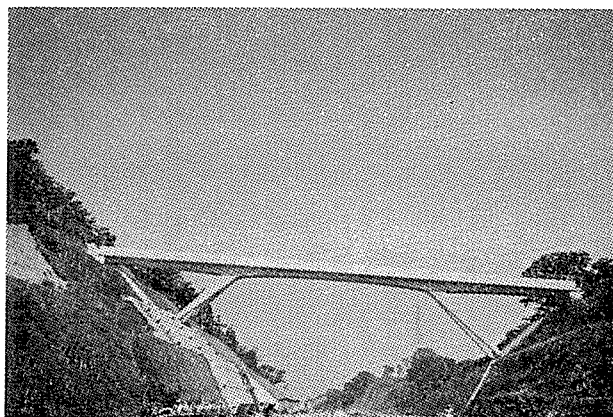


写真-1 衣笠架道橋（別称：大畑橋）

乾燥収縮： $\epsilon_s=20 \times 10^{-5}$

PC 鋼線のレラクセーション： $r=5\%$

材料強度

コンクリート 設計基準強度 350 kg/cm<sup>2</sup>

鉄筋 (SD 30)

許容曲げ引張応力度 床版 1 400 kg/cm<sup>2</sup>

一般部材 1 800 kg/cm<sup>2</sup>

PC 鋼線 12- $\phi 8$

## 2.2 設計基本

一般に、方杖ラーメン橋は、斜脚と水平材（主構）が剛結合で、側径間は、単純構造とする場合と連続構造とする場合とがある。

本橋は、本形式が門形ラーメンに比べて軸力が大きくなり、外的には安定している点をより向上させるために、連続構造としている。

したがって、本橋は、図-2 の構造一般図に示すよう、側面形状はごく一般的な方杖ラーメン形状を有している。

しかし、斜脚部の形状については、幅員が 4.800 m と狭い橋梁であるために、橋軸直角方向に対する配慮、美観等を考慮に入れ、逆 V 形を採用した。

構造解析においては、本橋を立体構造物として考える必要があるため、全体系としての面内断面力は平面フレーム（図-3 に結果を示す）、面外断面力は格子桁、また、斜脚部面外断面力は任意形ラーメンで設計がなされている。

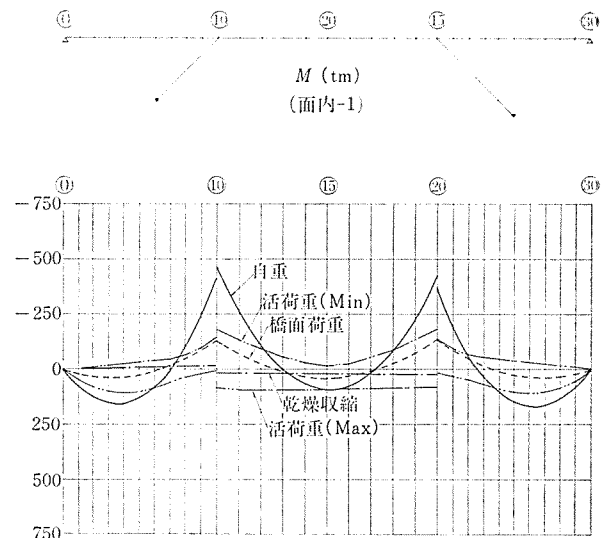


図-3 面内曲げモーメント

一方、局所的な検討として、斜脚と水平材（主構）との節部、斜脚の逆 V 部が考えられるが、前項については、円曲線を有するラーメン節部に曲げモーメントが作用した場合の X 方向（水平方向）の挙動について、模型試験等の報告例もあるため、本工事においては後項についてのみ各種検討を行った。

## 2.3 斜脚部の検討

本斜脚は、主構自重、橋面荷重、乾燥収縮、プレストレスによる二次応力、支点沈下、活荷重、地震力の影響を受ける構造であり、それらによる曲げモーメント、軸

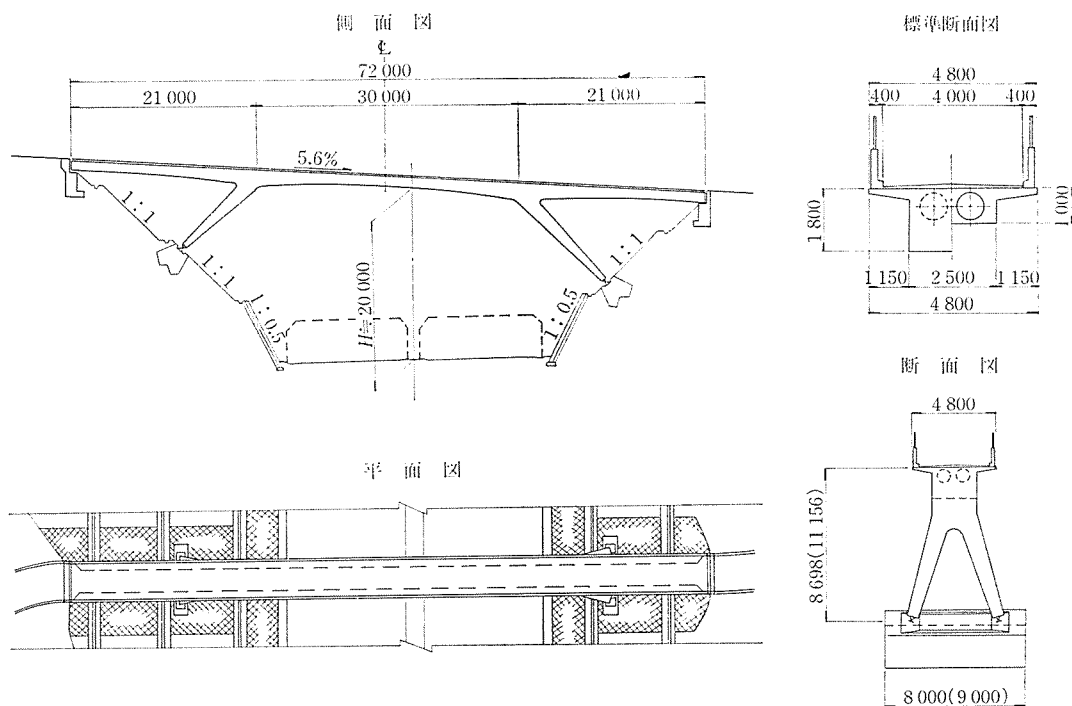
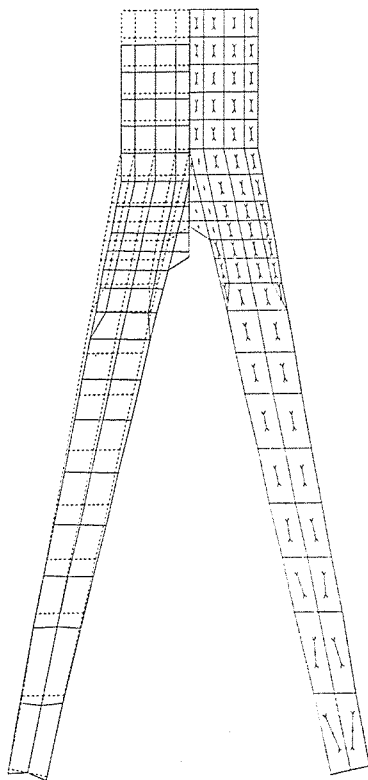


図-2 構造一般図

変 位 応力分布



図—4 斜脚部応力分布と変位

力、せん断力が斜脚各部所に発生する。

逆Vを有した斜脚部については、応力分布、変位を把握することは設計検討段階ではもとより、施工時における支保工設置方法の決定に重要な要素になるため、今回NASA STRUCTURAL ANALYSISによる有限要素法で解析を実施した。

図—4は、斜脚上部に軸圧縮力を作用させた時の応力分布、変位である。

V脚の付根部分に発生する集中応力を緩和させる目的で円曲線のハンチを設けた結果、橋軸直角方向にわずかな引張力が発生しているが、比較的良好な軸応力分布を得ている。

表—1は、各要素の応力を算出した例である。

### 3. 施 工

#### 3.1 施工概要

本橋の施工は、昭和58年1月末の下部工引渡しを待って開始され、同年8月中頃を完成目標とした。

施工期間6か月半は、同規模の橋梁にしては工期に比較的余裕を見たが、その理由としては、支保工高が20mあり、斜面を利用しての支保工組立てであること、かつ、当方杖ラーメン橋の宿命ともいわれている斜脚部の

表—1 有限要素法による応力算出例

| ELEMENT ID. | FIBRE DISTANCE | STRESSES IN QUADRILATERAL STRESSES IN ELEMENT COORD SYSTEM |               |               | ELEMENTS (QUAD4) PRINCIPAL STRESSES (ZERO SHEAR) |               |               | MAX SHEAR    |
|-------------|----------------|--|---------------|---------------|--|---------------|---------------|--------------|
|             |                | NORMAL-X   | NORMAL-Y      | SHEAR-XY      | ANGLE  | MAJOR         | MINOR         |              |
| 122         | -7.413450E-01  | 3.216568E+00   | -1.090054E+02 | 1.651550E+01  | 8.2005   | 5.536644E+00  | -1.113855E+02 | 5.849108E+01 |
|             | 7.413450E-01   | 3.216568E+00   | -1.090054E+02 | 1.651550E+01  | 8.2005   | 5.536644E+00  | -1.113855E+02 | 5.849108E+01 |
| 123         | -7.413450E-01  | 8.526729E-01   | -1.305169E+02 | 1.178590E+01  | 5.0862   | 1.901675E+00  | -1.315659E+02 | 6.673380E+01 |
|             | 7.413450E-01   | 8.526729E-01   | -1.305169E+02 | 1.178590E+01  | 5.0862   | 1.901675E+00  | -1.315659E+02 | 6.673380E+01 |
| 124         | -7.413450E-01  | -2.156155E-01  | -1.434839E+02 | 4.614694E+00  | 1.8430   | -6.712937E-02 | -1.436324E+02 | 7.178262E+01 |
|             | 7.413450E-01   | -2.156155E-01  | -1.434839E+02 | 4.614694E+00  | 1.8430   | -6.712937E-02 | -1.436324E+02 | 7.178262E+01 |
| 126         | -7.413450E-01  | -5.926822E+00  | -5.085838E+01 | 1.675912E+01  | 18.3612  | -3.644106E-01 | -5.642079E+01 | 2.802819E+01 |
|             | 7.413450E-01   | -5.926822E+00  | -5.085838E+01 | 1.675912E+01  | 18.3612  | -3.644106E-01 | -5.642079E+01 | 2.802819E+01 |
| 131         | -7.596950E-01  | -1.247879E+01  | -8.298403E+01 | 9.295403E-01  | 0.7552   | -1.246654E+01 | -8.299628E+01 | 3.526487E+01 |
|             | 7.596950E-01   | -1.247879E+01  | -8.298403E+01 | 9.295403E-01  | 0.7552   | -1.246654E+01 | -8.299628E+01 | 3.526487E+01 |
| 132         | -7.596950E-01  | -5.997532E+00  | -1.028901E+02 | 8.483525E+00  | 4.9662   | -5.260358E+00 | -1.036273E+02 | 4.918347E+01 |
|             | 7.596950E-01   | -5.997532E+00  | -1.028901E+02 | 8.483525E+00  | 4.9662   | -5.260358E+00 | -1.036273E+02 | 4.918347E+01 |
| 133         | -7.596950E-01  | -1.839524E+00  | -1.254746E+02 | 7.278283E+00  | 3.3575   | -1.412533E+00 | -1.259018E+02 | 6.224464E+01 |
|             | 7.596950E-01   | -1.839524E+00  | -1.254746E+02 | 7.278283E+00  | 3.3575   | -1.412533E+00 | -1.259018E+02 | 6.224464E+01 |
| 134         | -7.596950E-01  | -2.726074E-01  | -1.394366E+02 | 5.134605E+00  | 2.1102   | -8.341782E-02 | -1.396258E+02 | 6.977117E+01 |
|             | 7.596950E-01   | -2.726074E-01  | -1.394366E+02 | 5.134605E+00  | 2.1102   | -8.341782E-02 | -1.396258E+02 | 6.977117E+01 |
| 136         | -7.596950E-01  | -1.829658E+01  | -7.530992E+01 | -2.495616E+00 | -2.5016  | -1.818755E+01 | -7.541899E+01 | 2.861570E+01 |
|             | 7.596950E-01   | -1.829658E+01  | -7.530992E+01 | -2.495616E+00 | -2.5016  | -1.818755E+01 | -7.541899E+01 | 2.861570E+01 |
| 141         | -7.806750E-01  | -1.837059E+01  | -9.200483E+01 | -7.565640E+00 | -5.8061  | -1.760128E+01 | -9.277414E+01 | 3.758843E+01 |
|             | 7.806750E-01   | -1.837059E+01  | -9.200483E+01 | -7.565640E+00 | -5.8061  | -1.760128E+01 | -9.277414E+01 | 3.758843E+01 |
| 142         | -7.806750E-01  | -1.335647E+01  | -1.012384E+02 | 1.954326E+00  | 1.2733   | -1.331303E+01 | -1.012318E+02 | 4.398439E+01 |
|             | 7.806750E-01   | -1.335647E+01  | -1.012384E+02 | 1.954326E+00  | 1.2733   | -1.331303E+01 | -1.012318E+02 | 4.398439E+01 |
| 143         | -7.806750E-01  | -7.619822E+00  | -1.182329E+02 | 2.418001E+00  | 1.2517   | -7.566989E+00 | -1.182858E+02 | 5.535938E+01 |
|             | 7.806750E-01   | -7.619822E+00  | -1.182329E+02 | 2.418001E+00  | 1.2517   | -7.566989E+00 | -1.182858E+02 | 5.535938E+01 |
| 144         | -7.806750E-01  | -2.731840E+00  | -1.380992E+02 | -7.015215E-01 | -0.2969  | -2.728204E+00 | -1.381029E+02 | 6.768734E+01 |
|             | 7.806750E-01   | -2.731840E+00  | -1.380992E+02 | -7.015215E-01 | -0.2969  | -2.728204E+00 | -1.381029E+02 | 6.768734E+01 |
| 151         | -8.022600E-01  | -1.325590E+01  | -1.005163E+02 | 1.906062E+00  | 1.2507   | -1.321429E+01 | -1.005579E+02 | 4.367181E+01 |
|             | 8.022600E-01   | -1.325590E+01  | -1.005163E+02 | 1.906062E+00  | 1.2507   | -1.321429E+01 | -1.005579E+02 | 4.367181E+01 |
| 152         | -8.022600E-01  | -1.185342E+01  | -1.037761E+02 | 6.667352E+00  | 4.1270   | -1.137234E+01 | -1.042572E+02 | 4.644241E+01 |
|             | 8.022600E-01   | -1.185342E+01  | -1.037761E+02 | 6.667352E+00  | 4.1270   | -1.137234E+01 | -1.042572E+02 | 4.644241E+01 |
| 153         | -8.022600E-01  | -8.241578E+00  | -1.125178E+02 | 1.012834E+01  | 5.4967   | -7.266924E+00 | -1.134925E+02 | 5.311276E+01 |
|             | 8.022600E-01   | -8.241578E+00  | -1.125178E+02 | 1.012834E+01  | 5.4967   | -7.266924E+00 | -1.134925E+02 | 5.311276E+01 |

施工があるからである。

なお施工に関して、安全面に十分留意した施工計画を立案した。特に支保工組立てについては、測量、地盤支持力検討～支保工組立て完了まで、16ステップに作業内容を分割し、かつ転落防護工を各フロアに設置するなど、安全面に万全を期した。

### 3.2 施工のフローチャートと工程

施工の流れと各工種別、作業内容を図-5にフローチャートにて示す。

また、工程は一般的に用いられている図-6のネットワークにて管理した。

### 3.3 施工順序

本橋の施工に関しての特徴は、支保工組立てにあるため、それらを主体に工事着工前～支保工解体まで、写真にて施工順序を解説する（工程写真①～⑫参照）。

### 3.4 支保工

本橋の支保工計画上的特徴は、支保工組立て高が20 mもあるにもかかわらず、総幅員が4.800 m程度しかな

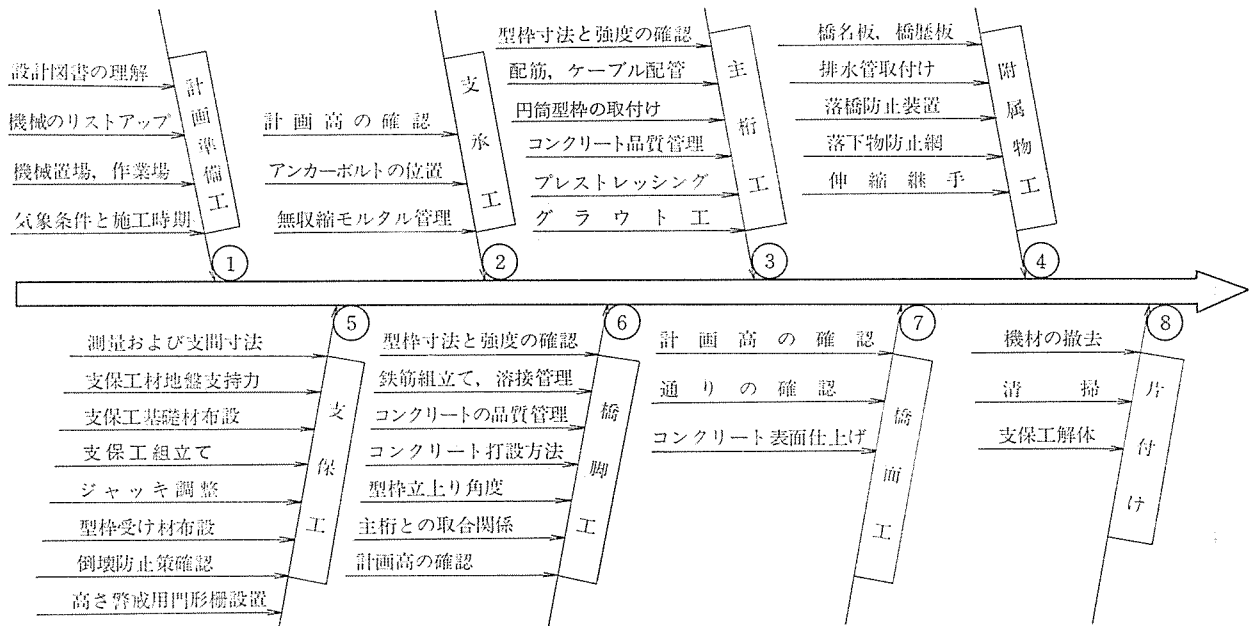


図-5 フローチャート

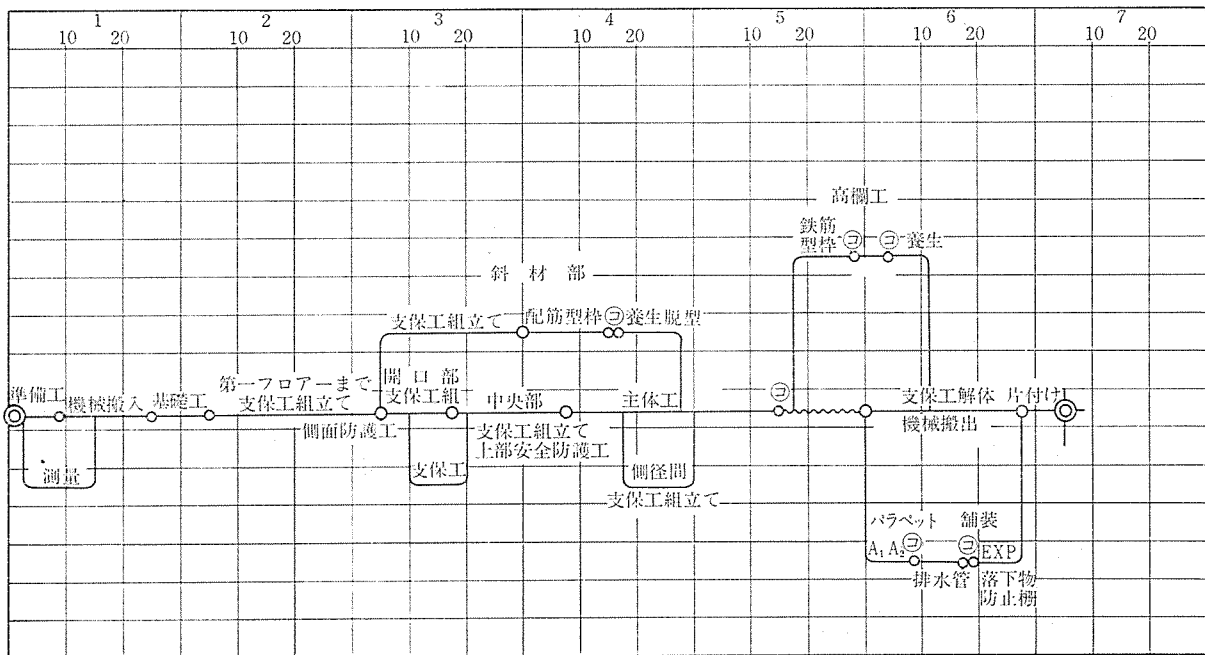
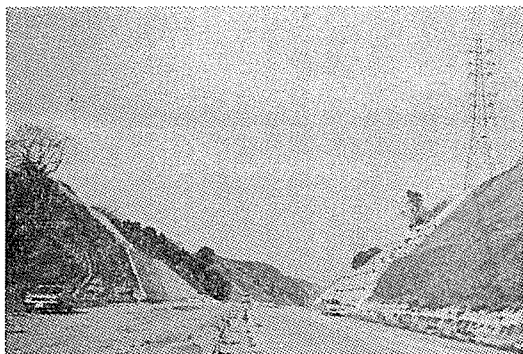
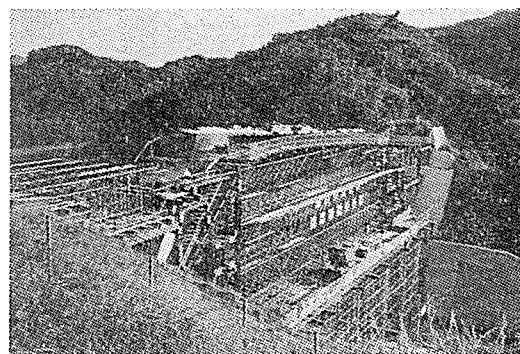


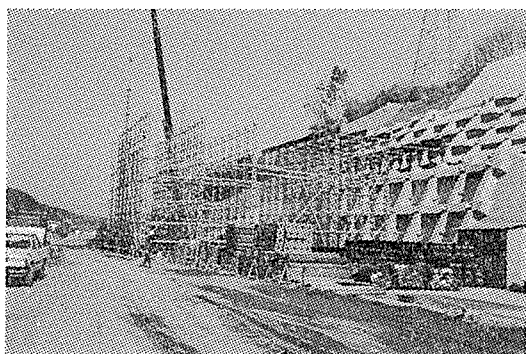
図-6 工程表(ネットワーク)



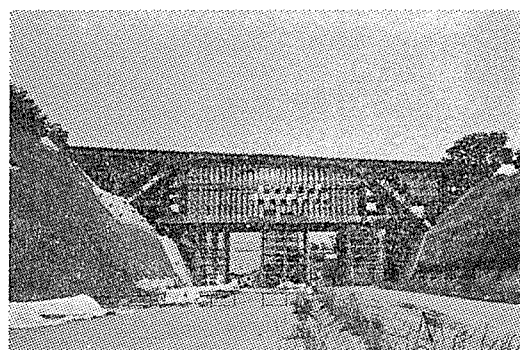
工程 ① 工事着工前



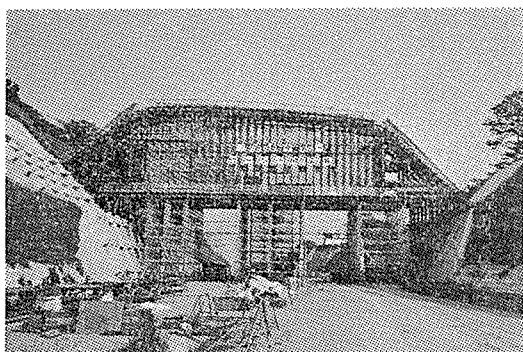
工程 ⑤ 側径間支保工組立て



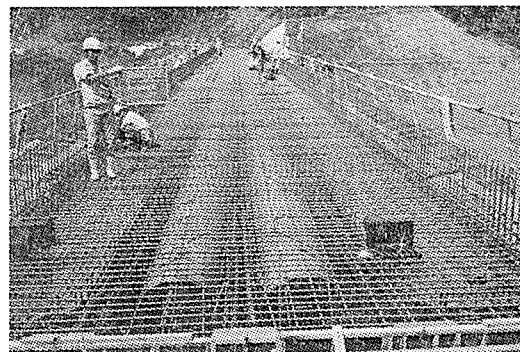
工程 ② 支保工組立て開始



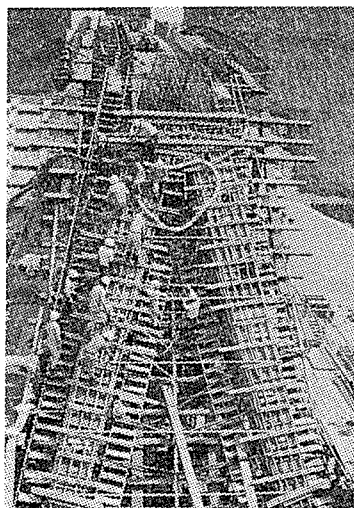
工程 ⑥ 主構部型枠設置完了



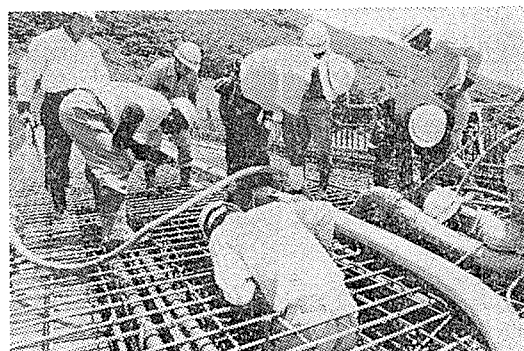
工程 ③ 中央径間・斜脚部支保工完了



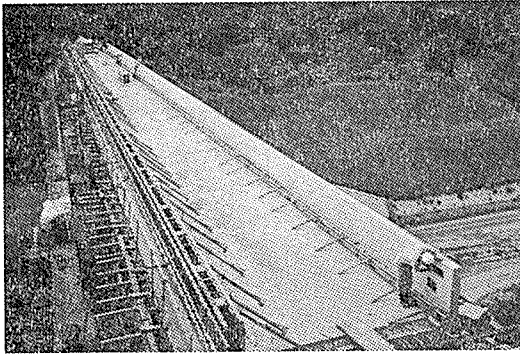
工程 ⑦ 主構部 PC 鋼線・鉄筋配置完了



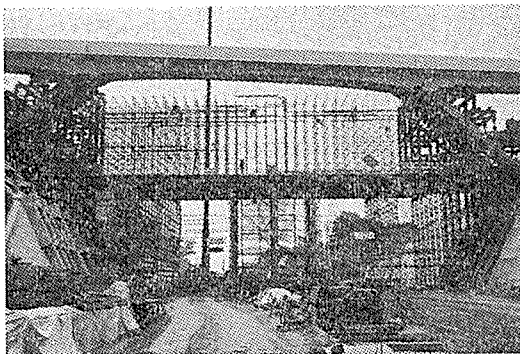
工程 ④ 斜脚コンクリート打設



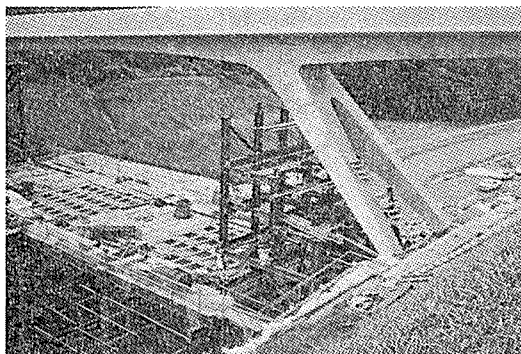
工程 ⑧ 主構部コンクリート打設



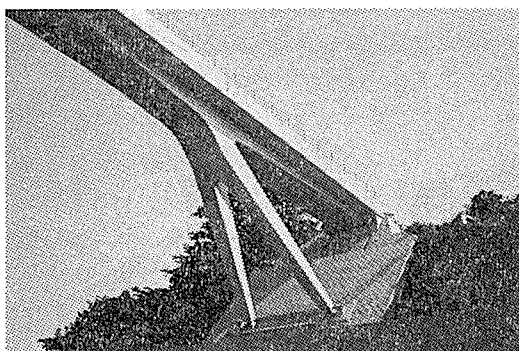
工程 ⑨ 壁高欄の施工



工程 ⑩ 支保工解体 (ビティ枠)



工程 ⑪ 支保工解体 (斜材部山留材)



工程 ⑫ 完成

く、施工時における作業性、耐震性を向上させる目的で、橋軸直角方向の支保工設置幅は、15m程度とし、かつ工事用道路として支障ないように、下段には四角支柱を採用し、上段にはビティ支保工を採用したこと、ま

た、コンクリート打設時の局所的な変位がないよう、配慮したことにある。

また、本橋は比較的高い地点に架る跨道橋であるため、図-2にあるように、本線のノリ面勾配は1:0.5~1:1であり、かつA<sub>1</sub>側は4段カット、A<sub>2</sub>側は3段カットとなっている。

したがって支保工計画は、斜面での支保工のすべり制御方法、支保工高の変化、並びに異支保工の複合による部材のなじみ、変形量の把握には十分な検討を要した。

〈支保工組立ての順序〉

- ① 測量
- ↓
- ② 地盤支持力検討
- ↓
- ③ 基礎材布設  
まくらぎ, H形鋼
- ↓
- ④ 四角支柱組立て
- ↓
- ⑤ 工事用開口部 2か所  
登り棧橋布設, 高さ警戒門形柵設置
- ↓
- ⑥ 第一フロアH形鋼, 足場材布設
- ↓
- ⑦ 第一フロア側面転落防護工
- ↓
- ⑧ 中央支間部ビティ枠組立て  
登り棧橋布設
- ↓
- ⑨ 側径間ノリ面登り棧橋布設
- ↓
- ⑩ 方杖橋脚支保工組立て  
山留材, 四角支柱, ビティ枠併用
- ↓
- ⑪ 方杖橋脚コンクリート打設
- ↓
- ⑫ 側径間支保工組立て  
山留材, 四角支柱, ビティ枠併用
- ↓
- ⑬ 型枠大受け角材布設
- ↓
- ⑭ 底板ジャッキ調整
- ↓
- ⑮ 各支保工部材総点検  
張出し部支保工組立て
- ↓
- ⑯ 完了 上部転落防止柵設置

支保工組立ての部分詳細例として、斜脚部を図-7にとりあげる。

3.5 型枠の上げ越し

支保工施工の場合、支保工自体の変形、沈下に対する

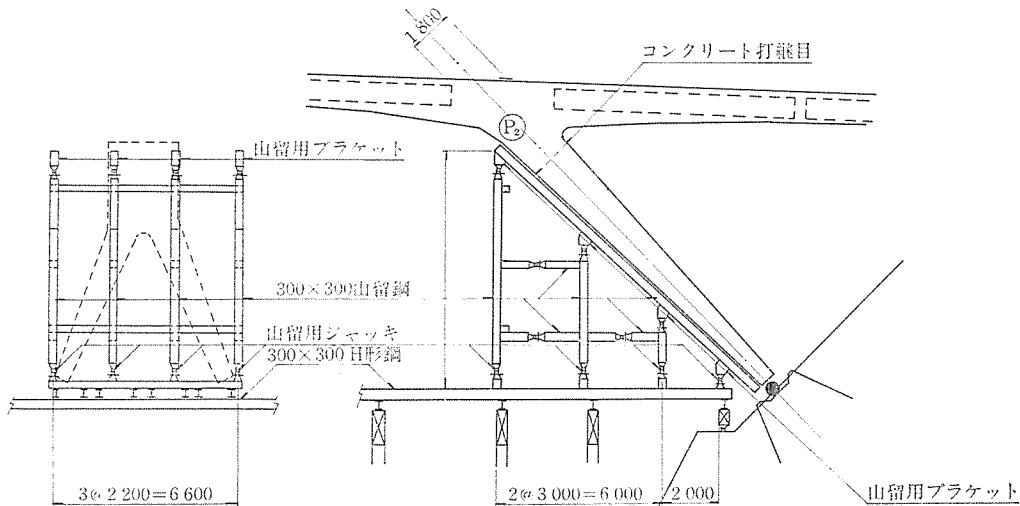


図-7 斜脚部支保工図

予想とその対応策が不十分であると、コンクリート打設、あるいはプレストレスの導入等により部材にひびわれ、残留応力の発生原因が生じる。

一方、それらの変形量を最少限に押さえるとともにその絶対量を正確に把握し、型枠底板の高さ決定をしなければならない。

施工時に必要な上げ越し量決定は、一般に考慮されている主構自重、橋面荷重、プレストレスの影響はもちろんのこと、本橋のような変則的支保工組立ての場合は、支保工自体の変位、すなわち剛性と部材長との相互関係の妥当なる評価が重要である。

本橋はそれらの影響をすべて考慮し、 $t = \infty$  の全死荷重作用時に各断面とも所定の橋面高が確保できるよう配慮した。

図-8 はたわみの計算値と支保工変位を考慮した上げ越し量を示す。

図-9 は実測値と計算値（予定値）との差を示す。ただし、その際の実測値は橋体工完了時の値であり、計算値はクリープ進行が完了した時点の値である。

#### 4. コンクリートの品質管理

##### 4.1 概 要

本橋のコンクリート施工は、高所でのポンプ車による生コンの打設、工事用車輛の振動、支保工の変位、および構造系が不静定であること、などの諸問題をかかえている。

したがって、本橋の施工計画の際は、前項、支保工計

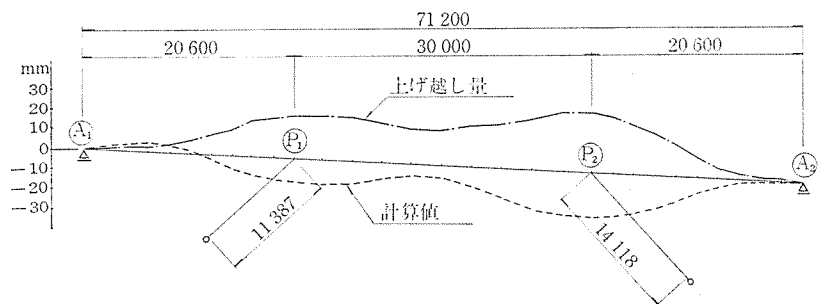


図-8 たわみの計算値と上げ越し量（支保工の変位を考慮）

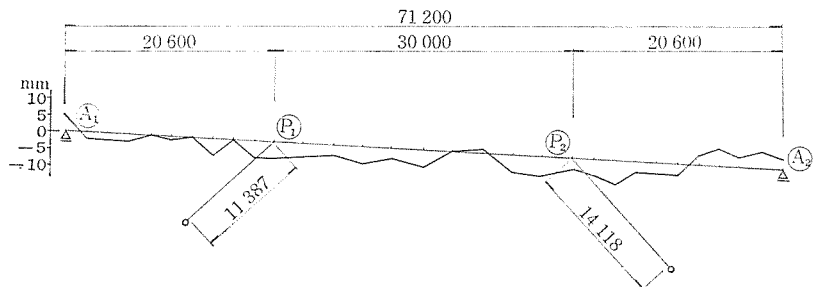


図-9 実測値と支保工変位を考慮した計算値との差

画と同じく、コンクリートの品質管理についても綿密な検討を実施した。

##### 4.2 初期コンクリートの品質管理

コンクリートの品質管理で重要なのは、生コン管理は元より、現場での管理である。

本橋では、現場コンクリート試験として、以下4項を目的として初期材令のコンクリート品質管理を行った。

- ① 搬入コンクリートの品質管理
- ② 型枠脱型時期の判定
- ③ プレストレス導入時の強度判定
- ④ 養生管理

##### 4.3 現場コンクリート試験

初期コンクリートの強度判定は、養生方法による強度

差が生じるため、従来のテストピースによる圧縮強度試験のほかに、実際の構造物を直接試験し直ちに品質の良否判定ができることが望ましい。

したがって、本橋においては、本体コンクリートと仮想厚が同一となる供試体形状を決定し、コンクリートの打込み、養生方法、並びに環境を同条件にし供試体を作成し、ブレック・オフ・テスター（以下 B.O テスターと略す）による試験を実施した。

当試験器は、ノルウェー工科大学セメント・コンクリート研究所で開発され、現在までに種々改良され“スカンジナビア・コンクリート試験器の規格”に適合している油圧式テスト装置であり、“ブレック・オフ”原理によるものである。

(1) 試験の諸元

- 1) 供試体形状  
1 500×300×800
- 2) 供試体製作数  
N=4 体
- 3) テストコア数  
N=4×5=20 個

(2) 試験の状況

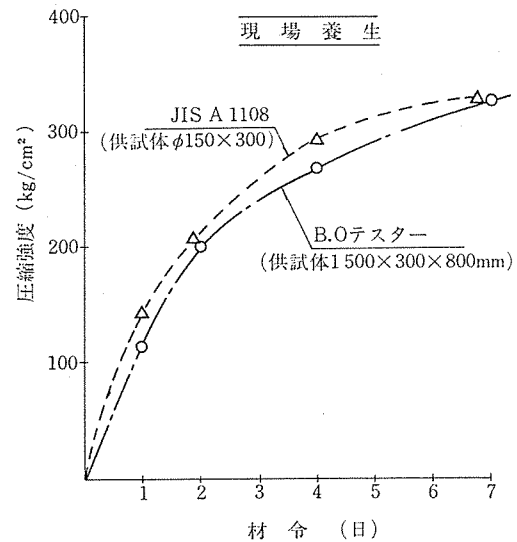
写真—2 はスリット作製用樹脂カップの埋込み。



写真—2 スリット作製状況



写真—3 強度試験状況



図—10 若材令コンクリートの圧縮強度の推移

写真—3 はコンクリート打設後 24 時間の強度試験。

(3) 試験結果

圧縮強度試験は、コンクリート打設後 1 日、2 日、4 日、7 日の計 4 回実施した。

B.O テスターによる試験は、各回とも 5 試体、JIS A 1108 に適合したアムスラーによる試験は各回とも 3 試体にて行った。なお、各試験の供試体は現場養生とした。

試験結果は 図—10 参照。

なお、その際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： $\sigma_{ck}=350 \text{ kg/cm}^2$
- スランプ： $7\pm 1.5 \text{ cm}$
- 粗骨材の最大寸法：25 mm
- 空気量： $4\pm 1\%$
- 水セメント比 W/C：41.7%
- 細骨材率 S/A：36.5%

(4) 試験結果の考察

- 1) 初期材令 1 日～7 日間のコンクリート強度推移は、図—10 に見られるように、JIS 規格と B.O テスターとも比較的類似している。
- 2) JIS 規格による試験法と B.O テスターによる試験法との測定値の差は、材令 1 日目で約  $30 \text{ kg/cm}^2$ 、2 日目で  $5 \text{ kg/cm}^2$ 、4 日目で  $25 \text{ kg/cm}^2$ 、7 日目で  $10 \text{ kg/cm}^2$  程度見られる。これは両測定法の誤差だけではなく、現場養生下での供試体形状の相違による要因が大半であると考えられる。

あとがき

方杖ラーメン橋は、都市内のクリアランスの比較的少



ない立地条件下でも、その構造の有している景観的特徴が、ある程度発揮されている。

特に本橋のように左右の小高い丘を結んだ線上にあり、また本線の線形からしても見通しが比較的良好で、クリアランスも十分ある地点に架橋される場合は、より一層、その特徴が発揮され、風景の連続性が確保された軽快なイメージを持った橋となる。

一方、施工面では高支保工設置時における耐震性向上の技法、斜脚の施工法、コンクリートの品質管理等、技術的に十分検討を加える必要のある事項が多々あったが、各々、創意工夫をこらし、鋭意努力した結果、比較

的良好なものが得られたものと思われる。

特にコンクリートの品質管理においては、コンクリートの施工が分業化、専門化指向にある時節がら、各立場、各段階ごとの品質保証の確保が最も重要である。

したがって本橋のコンクリート施工にあたって、それらの一環として、品質管理の判定基準の一例ではあるかもしれないが、現場にて既、圧縮強度推定ができる現場試験を実施したことは意義あるものと考えている。

なお、本橋は 58 年 8 月中旬に無事完成したことは、関係者の御援助の賜物と厚く感謝いたします。

【昭和 58 年 8 月 29 日受付】

---

◀刊行物案内▶

## プレストレストコンクリート構造物の設計・施工の現状

本書は第 11 回 PC 技術講習会のためのテキストとして編纂したもので、PC 構造物の設計・施工の現状について、我が国のみならず、諸外国の現状にまで言及・解説しています。また、耐久的な PC 構造物作製のための注意点や、新しい建築設計規準法の解説なども盛り込み、大いに参考になることと思います。

ご希望の方は、代金を添えて（社）プレストレストコンクリート技術協会宛お申し込みください。

- 体 裁：A4判 112 頁  
定 価：3,500 円 送 料：450 円  
内 容：(A) 諸外国における PC 橋梁設計・施工の発展（第 9 回 FIP ストックホルム大会セミナー報告） 1) 架設工法の発展，2) プレキャスト技術応用範囲の拡張，3) 断面形状とその構成，4) 複合構造物，5) 結論。(B) PC 構造物の設計基本——考え方 1) まえがき，2) 許容応力度設計方法から限界状態設計法へ，3) 限界状態，4) 水準—1 の安全検証法，5) プレストレストコンクリートの限界状態，6) 断面応力の計算，7) 曲げ破壊に対する安全度の検討，8) せん断。(C) 耐久的な PC 構造物構築のための注意点 1) まえがき，2) 橋梁における PC 構造物に関して，3) 建築における PC 構造物に関して，4) 構造物の欠陥に対する一般的注意，5) あとがき。(D) PC 建築構造物の新しい設計法について 1) まえがき，2) 新耐震設計法の概要，3) PC 造建築物に対する新耐震設計法の適用，4) PRC 造の設計，5) 結語。(E) 最近施工された PC 橋 1) 新プレストレストコンクリート鉄道橋設計標準の概要，2) 注目される施工法，3) 実施例。