

## 吊床版歩道橋「蜂の巣キャンプ場橋」の特性

## [I] 設計・施工

|   |   |   |     |
|---|---|---|-----|
| 村 | 上 | 良 | 丸*  |
| 藤 | 田 | 義 | 弘** |
| 長 | 井 | 健 | 雄†  |
| 藤 | 元 | 安 | 宏†† |

## 1. ま え が き

本稿は、宮崎県南那珂郡北郷町、蜂の巣キャンプ場内の老朽した、歩行者用簡易無補剛吊橋の架替え事業として計画された、橋長  $L=75.0\text{m}$ 、2径間のコンクリート製吊床版橋である。U. Finsterwalder 博士(西ドイツ)がボスボラス海峡横断用に1958(昭33)年に提案したこの形式の橋は、スイス、フランス、西ドイツなどで歩道橋として建設されているが、我が国では昭和43年に大阪万博の9号橋として試験的に架設されただけである。

その後、昭和55年1月6日、宮崎県西都市速川神社内で発生した、慣用の無補剛簡易吊橋「速川橋」の落橋事故を契機に、同県知事からの委託で、宮崎大学工学部の村上教授研究室で、このタイプの吊床版がもつ、力学的な諸特性の研究が行われた<sup>1)</sup>。

一方、スパン/サグ比を小さくとした吊床版上に、通常の縦断勾配を有する車道版を建て込む形で、自動車用の新しい形式の吊床版橋「速日峰橋」を、宮崎県東臼杵郡北方町に、昭和52年に建設したピー・エス・コンクリート K.K. が、当時の経験とその後の研究をもとに、景勝地「蜂の巣キャンプ場」内の上述の老朽橋架替えのために提案、同町から採用されて、昭和59年12月末に完成したのが、本橋である(写真-1)。

その主なる特徴は、吊スパン長  $l=36.5\text{m}$  に対する自重サグ  $f=1.0\text{m}$ 、すなわち  $l/f=36.5$  に選ぶことで、水平張力  $H$  を減らして経済性を高めたこと、吊床版全長にわたってプレストレスを導入して、クラックの発生防止をはかったこと、橋幅を橋中央部の  $1.7\text{m}$  から支台上での  $3.7\text{m}$  に漸変させることで、横ゆれ問題に対処したこと等である。

本稿では、その設計・施工上の要点を述べ、橋体完成

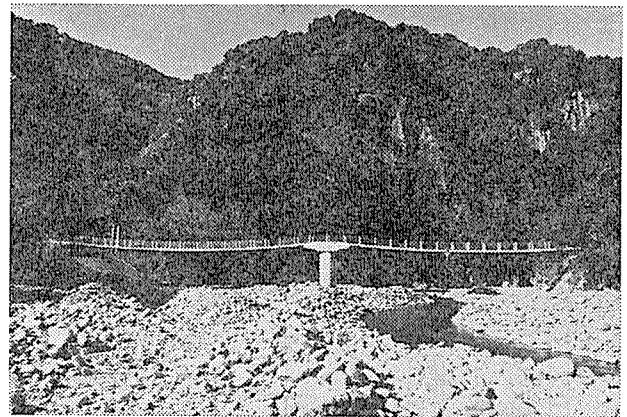


写真-1 完成後の「双龍橋」全景

後に行った各種試験(静的および動的試験、固有振動、温度応力測定)については、「[II] 測定」として次回に報告する予定である。

## 2. 形式の決定

上述の既存老朽吊橋の上流  $5\text{m}$  位置に、橋長  $75.0\text{m}$  で計画された本橋は、場所打ちT桁橋、プレハブ式ブロックT桁橋案等との経済比較と架設条件、美観などを総合的に比較検討して、決定された。特に架橋地点までは広渡川に沿った狭い遊歩道のみのため、資材等の搬入には湯水期の河床敷を利用するしかなかった。このため、床版部の大半をRCプレキャストブロックとして、現場作業期間の大幅短縮をはかった。また  $36.5\text{m}$  のスパン長に比べて、中央部の有効幅員は  $1\text{m}$  しかないため、橋台、橋脚上では、それを  $3\text{m}$  に拡大することが、利用者の便をはかると同時に横ゆれの安定性も向上させると考え、橋幅を中央の  $1.7\text{m}$  から両端の  $3.7\text{m}$  まで変化させる方法をとった。

両橋台位置での地質調査の結果から、所要の水平反力は、基岩層へのロックアンカーでとることにし、中間の橋脚には、片径間のみ活荷重満載による水平反力に耐えるフーチング寸法を設定した。

\* 宮崎大学工学部土木教室教授、工博

\*\* 宮崎県北郷町土木建築課係長

† ピー・エス・コンクリート(株)本社技術部主任研究員

†† ピー・エス・コンクリート(株)宮崎営業所主任技師

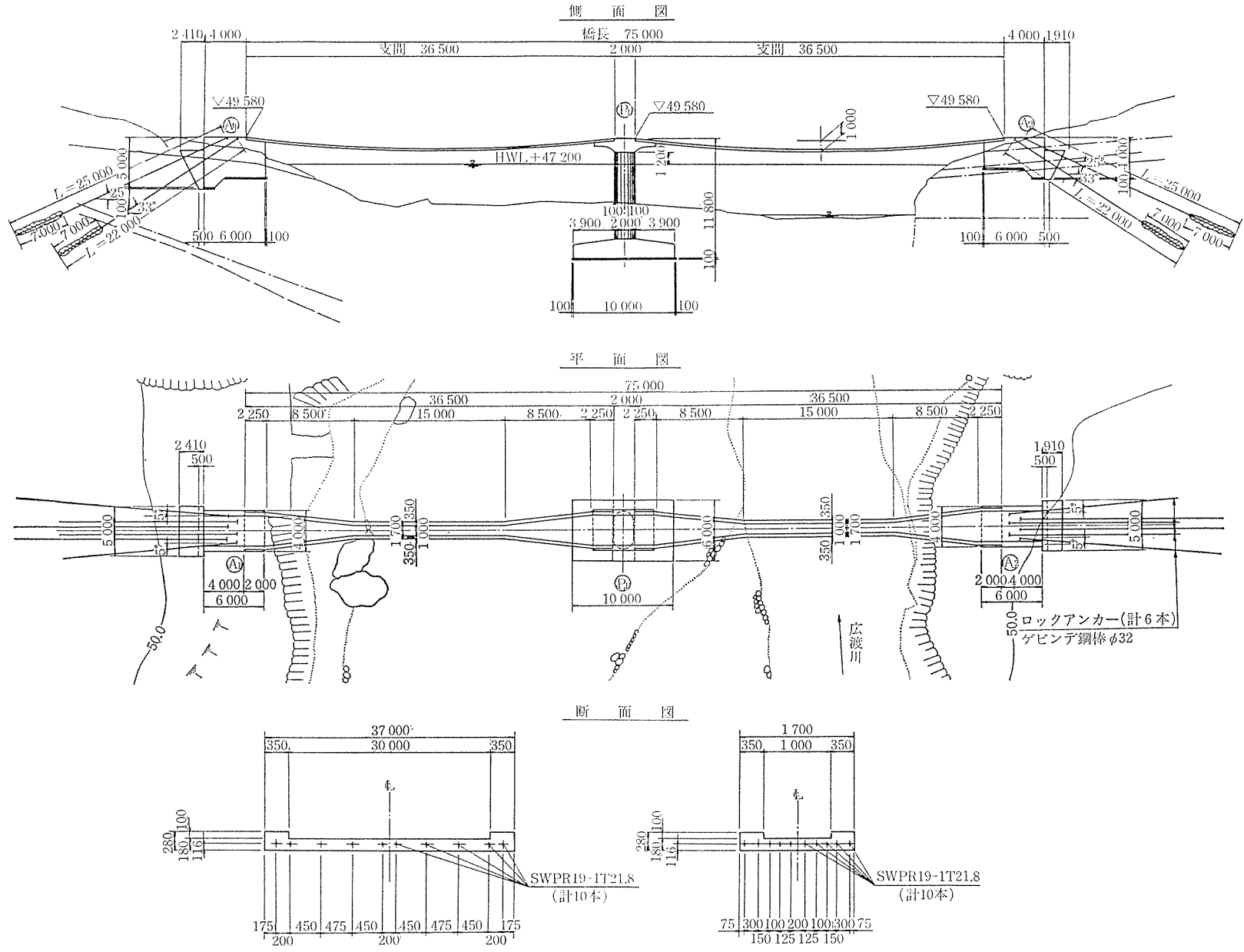


図-1 双龍橋全体一般図

### 3. 設 計

#### 3.1 概 説

荷重による断面力の算定には、電々公社の LAFRAS (平面骨組構造物の大変形解析プログラム) を、また温度変化、乾燥収縮による断面力の算定には、同 FRAP-GEN (骨組・平面応力解析) を使用した。そして構造系全体の解析では、端部の支承条件、コンクリート断面の剛性を考慮した。また床版断面の算定は、鉄筋コンクリート部材として行い、活荷重の横方向偏載荷によるねじりモーメントも考慮した。以下に設計の要点を述べる。

#### 3.2 設計条件

##### (1) 一 般

橋 格：歩道橋  
 橋 長：75.0 m  
 支 間：36.5 m + 36.5 m  
 有効幅員：1.0 m ~ 3.0 m  
 形 式：上部工 コンクリート吊床版橋  
           下部工 アンカー式重力橋台  
                   逆T形鉄筋コンクリート橋脚

##### (2) 設計荷重

活 荷 重：350 kg/m<sup>2</sup> (群集荷重)  
 温度変化：±15°C  
 乾燥収縮：7.5 × 10<sup>-5</sup> (プレキャスト部材として)

##### (3) コンクリート設計基準強度

プレキャスト床版，端部場所打ち部  $\sigma_{ck} = 400 \text{ kg/cm}^2$   
 橋脚上枕梁，橋台上受台部  $\sigma_{ck} = 350 \text{ kg/cm}^2$

##### (4) PC 鋼材 (PC 鋼より線 T 21.8)

引張荷重  $P_u = 58.4 \text{ t}$   
 降伏点荷重  $P_y = 50.5 \text{ t}$   
 設計荷重時  $P_a = 35.0 \text{ t}$

#### 3.3 断面力の算定

床版軸線を円曲線 (半径  $R$ ) と仮定し，座標計算後，床版のヤング率  $E_c$  と支台上での支持条件を表-1 のように仮定して，断面力の解析をした。

前述のコンピュータ・プログラムによる算出結果のう

表-1 支台上での支持条件の仮定

|     |               |   |
|-----|---------------|---|
| (A) | 設計荷重時         | $E_c = 3.5 \times 10^6 \text{ t/m}^2$               |
|     |               |   |
| (B) | 乾燥収縮，温度変化，考慮時 | $E_c = 1.0 \times 10^6 \text{ t/m}^2$<br>(引張 RC 部材) |
|     |               |   |

表-2 水平張力集計装表

|              |          | 水平張力 $H$ (t) | サグ量 $f$ (mm) |
|--------------|----------|--------------|--------------|
| 設計荷重時        | ①床版自重    | -147.0       | 1000         |
|              | ②橋面+活荷重  | -67.8        |              |
|              | ①+②      | -214.8       | 1013         |
| 乾燥収縮・温度変化考慮時 | ③床版自重    | -139.3       |              |
|              | ④橋面+活荷重  | -66.1        |              |
|              | ⑤乾燥収縮    | -2.3         |              |
|              | ⑥乾燥+温度降下 | -6.9         |              |
|              | ⑦乾燥+温度上昇 | 2.3          |              |
|              | ③+④+⑤    | -207.7       | 981          |
|              | ③+④+⑥    | -212.3       | 944          |
| 終局時          | ③+④+⑦    | -203.2       | 1018         |
|              | ⑧終局荷重    | -318.5       |              |
|              | ⑧+⑥      | -325.4       |              |

ち水平張力を表-2に掲げる。

### 4. 施 工

#### 4.1 基本手順

橋台，橋脚を構築後，所定のサグ量 ( $f=1.0 \text{ m}$ ) に合わせて支保工を組み，その上に，久留米工場で製作した RC プレキャスト床版を並べ，それを縫う形で PC 鋼材 (1 T 21.8 × 10) を通す。このプレキャスト版は，標準部が 1.7 m × 3.0 m × 0.18 m (2.3 t) 10 枚，変化部 16 枚

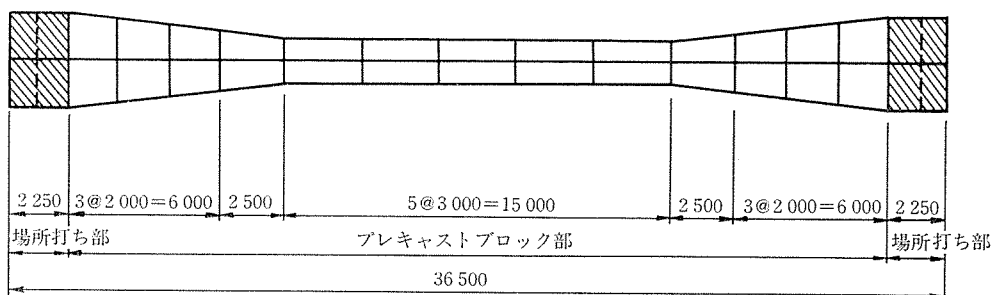


図-2 ブロック割り図

◇報告(投稿)◇

(最大 3.4t) よりなり、各版間には 8 cm の目地コンクリート、また支台部では 2.25 m 長の場所打ちコンクリートを打設した(図-2 参照)。吊部の PC 鋼材を緊張する前に、橋台のアンカー鋼棒を  $P=18.8\text{t}\sim 23.8\text{t}$ /本で緊張して、橋台を固定したのち吊部鋼材を両橋台および中間橋脚から片引きして、(床版自重+プレストレス)で定着し、シーズ内にグラウトした。この施工方法によると床版自重による曲げモーメント、せん断力を床版自体の設計には考慮する必要がなくなり、床版断面と吊部鋼材の節減に役立つ。以下、施工の要点を述べる。

## 4.2 下部工

### (1) 橋台とアンカー工

地盤条件から両橋台とも、直接基礎の無筋コンクリート・ブロック(幅 5.0 m × 奥行 6.0 m × 最大高 5.0 m)とし、これを PC 鋼棒で基岩にアンカーし、吊床版部からの水平力をとらせるようにした。このアンカー工は、健全な岩体内部分が 7 m になることを目指し、孔径 115 mm のボーリングを水平に対して  $25^\circ$  と  $33^\circ$  の2つの斜角で、1 橋台当りそれぞれ 3 本ずつ施工した。その長さは 22 m ~ 25 m で、 $\phi 32\text{mm}$  のゲビンデスターブ PC 鋼棒を挿入し、セメント・ミルクで碇着した。このアンカー 1 本当りの耐力を調べるために、右岸橋台の No. 2 アンカーで実施した引張テスト(写真-2)から得られた荷重(引張)  $P$ -変位量  $S$  曲線を図-3 に示す。これは設計荷重載荷時の水平張力  $H=214.8\text{t}$ (表-2 参照)に対して、橋台の自重抵抗などを無視して、このアンカー工のみで十分安全なことを示している。各アンカーには約 20 t のプレストレスを入れ、吊床版部の緊張時に、橋台前面の地盤に、過大な応力が発生しないように配慮した(実際に生じた前進変位は両橋台とも 0.05 mm だった)。

### (2) 橋脚

中間橋脚は、逆 T 形 RC 構造で、直接基礎とし、そのフーチング寸法は、地震時 ( $K_h=0.14$ ) 状態よりもきび



写真-2 ロックアンカー工の確認試験

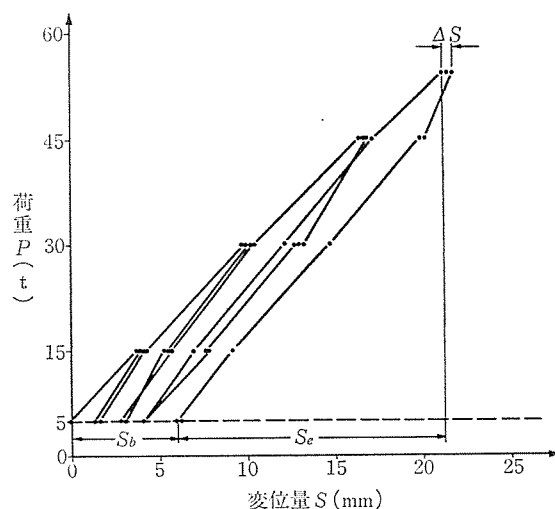


図-3 (a) 荷重-変位曲線

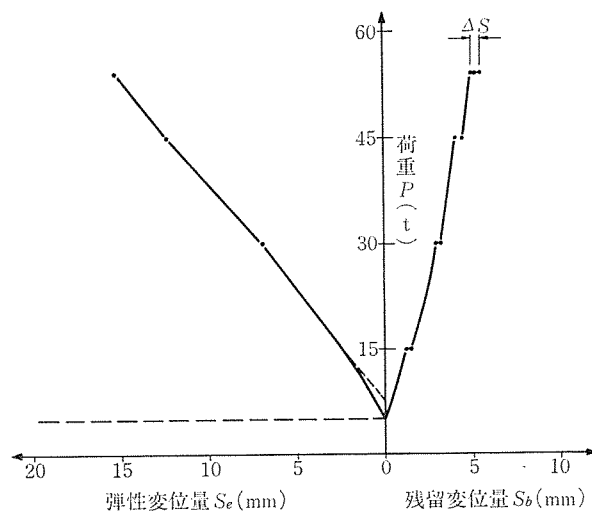


図-3 (b) 弾性変位と残留変位の分離

しい、活荷重片側スパン載荷時条件で決定された。

### (3) 橋座部

吊床版の端部を支持する橋座部分は、上に凸の正確な円曲面に仕上げねばならない。このため、橋台上部には図-4 に示すような、 $\square$  状の RC プレキャスト・ブロックを工場(久留米)で製作し、その上表面に厚さ 2 mm のステンレス板をはったものを現地に輸送し、橋台上部の正確な位置にセットした。中間橋脚上の枕梁部にも橋台部のものと同一の橋座部分をセットした。

## 4.3 上部工

### (1) 床版分離部分

上述の橋座部分に対応する吊床版部分が、温度変化を含む上載荷重の変動で上下できるようにするため、ここには「鳥のくちばし状」の分離区間を設けねばならない。このため橋座部のステンレス板に対応する位置に、やはり 2 mm 厚のステンレス板を敷き、両者の隙間が、1.2 m の区間で、0 ~ 2 mm に変化するようにした。こ

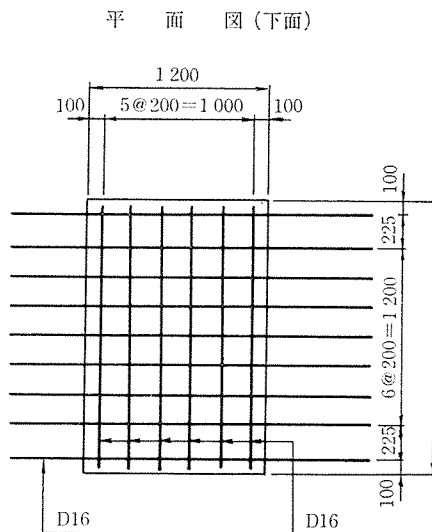
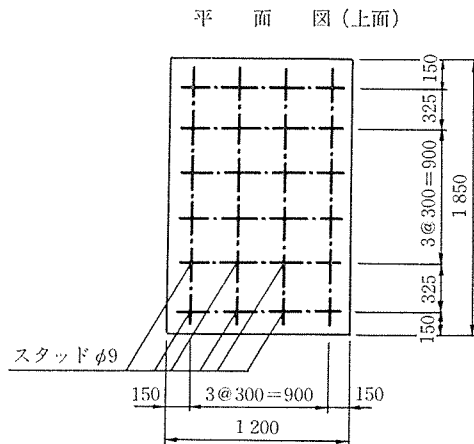
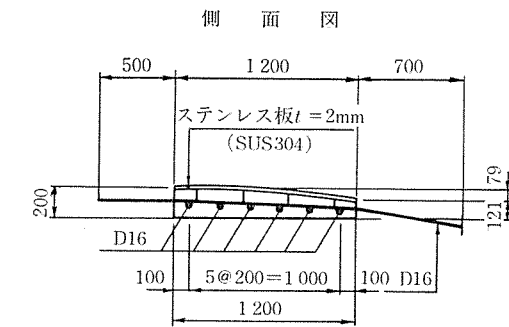


図-4 橋脊部(プレキャスト製品)

の隙間を形成する目的と、完成後塵芥等がはさまり、支持点移動をさまたげることのないようにするために、高性能の弾性接着剤を塗布した。

この間の床版部分 2.25 m の鉄筋コンクリートは、現場造成した。

### (2) プレキャスト床版の配列

前述のように、工場で製作した全部で 26 枚のプレキャスト床版(写真-3)を、自重によるサグ形状にあわせて正確に組まれた支保工上に、目地間隔 8 cm で並べ(写真-4,5), SWPR 19-1 T 21.8 mm の主ケーブルを径

35 mm のシース中に通した。全部で 10 本の主ケーブルの相互位置は、スパン中央部で狭まり、両端に向けて広がっている本橋独自の配列がとられた。

主ケーブルのシース通しが完了したあと、前述の端部 2.25 m 区間には早強セメント、8 cm の目地部には、無収縮セメントによる場所打ちコンクリートを施工した(写真-6)。

### (3) 主ケーブルの緊張

前述の現場コンクリート打設後 7 日目に、主ケーブル

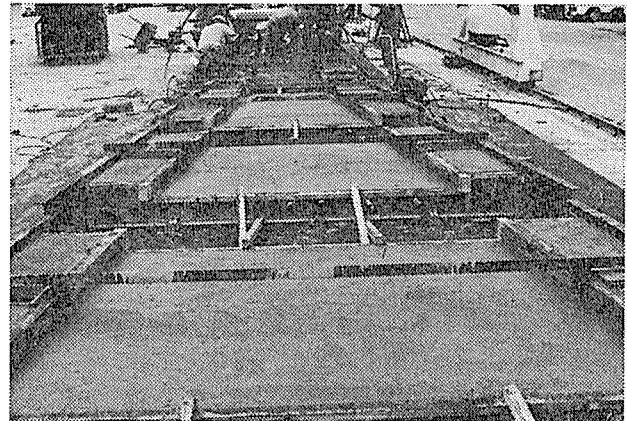


写真-3 プレキャスト床版の製作状況

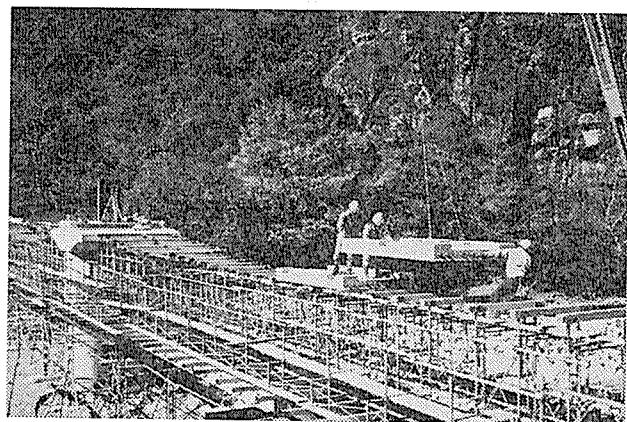


写真-4 プレキャスト床版の架設状況

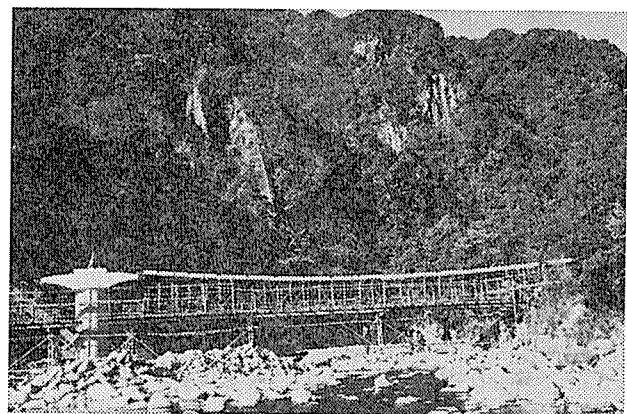
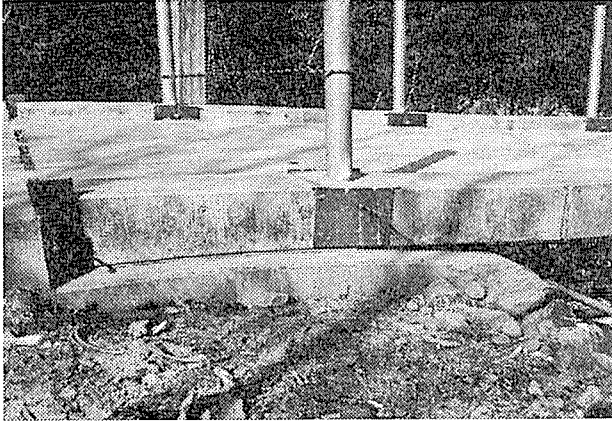


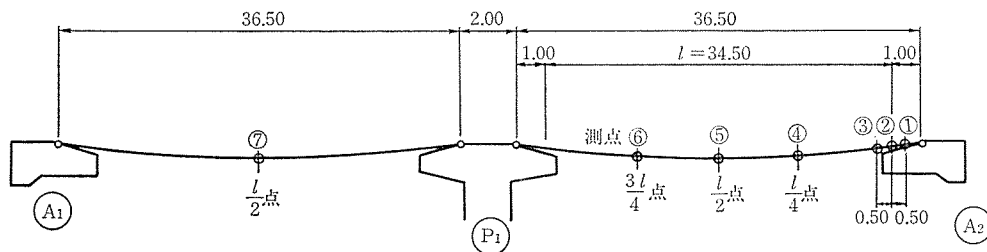
写真-5 プレキャスト床版の架設後全景



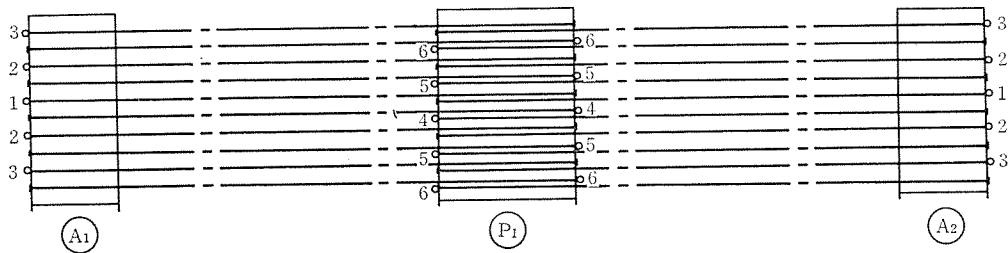
写真—6 端部場所打ち部



写真—7 吊 PC ケーブルの緊張

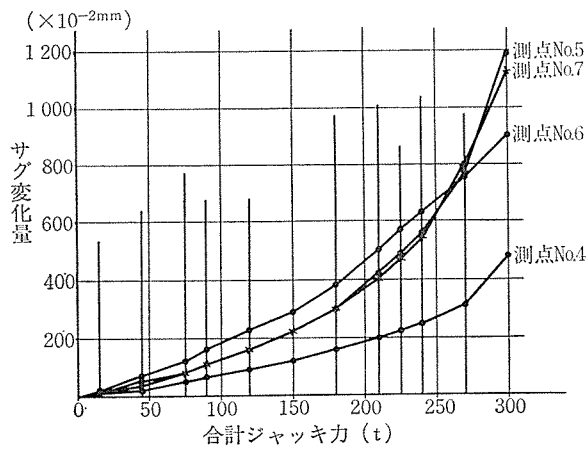


図—5 サグ変位置量測定点



番号：緊張順序  
 ○—：緊張端(ジャッキ位置)  
 —：固定端

図—6 緊張順序とジャッキ位置



図—7 合計ジャッキ力とサグ変化量との関係

表—3 PC ケーブルの張力変化 (t)

| 測定日         | 時刻    | ケーブル No. 5 |      | ケーブル No. 10 |      |
|-------------|-------|------------|------|-------------|------|
|             |       | 緊張端        | 固定端  | 緊張端         | 固定端  |
| 昭 59年12月15日 | 17:00 | 21.0       | 16.5 | 21.2        | 24.5 |
| 12月16日      | 9:45  | 20.9       | 16.4 | 21.1        | 14.6 |
| 12月17日      | 8:45  | 20.8       | 16.2 | 21.0        | 14.6 |
| 12月18日      | 8:45  | 20.9       | 16.1 | 21.0        | 14.6 |
| 〃           | 13:45 | 20.9       | 16.2 | 21.0        | 14.6 |
| 12月20日      | 9:00  | 20.8       | 16.1 | 21.0        | 14.7 |
| 〃           | 13:00 | 20.8       | 16.1 | 21.0        | 14.7 |
| 12月21日      | 9:00  | 20.8       | 16.1 | 20.9        | 14.6 |
| 12月23日      | 13:00 | 20.7       | 16.0 | 20.9        | 14.6 |

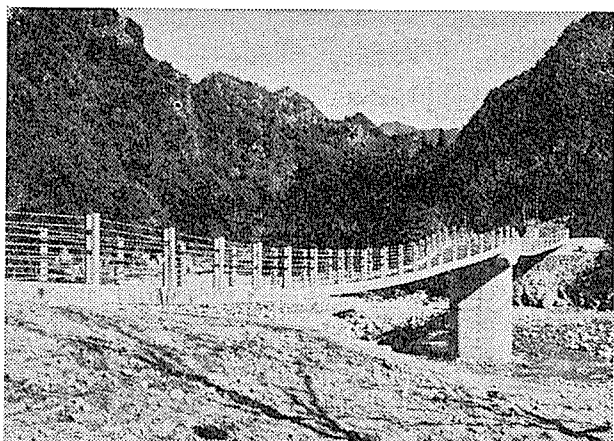


写真-8 ガードケーブル高欄

を緊張し、床版全体を支保工から浮上させた(写真-7)。緊張順序とジャッキの配置を図-6に、サグ変化量と合計ジャッキ力の関係を図-7に示す。

本橋の特長として、主ケーブルの形状は立体曲線になっており、シーす内での摩擦抵抗が大きいいため、片引きした緊張力は、緊張端と固定端で約22%~30%の差が

生じた。表-3はNo.5,10の主ケーブルに取り付けたロードセルでの、実測値の経時変化を示すものである。

各ケーブルを定着したのち、シーす内にスパン中央および両端の3か所から、セメント・ミルクをグラウトした。

#### (4) 舗装・高欄

床版上に接着剤ショーボンドF202を塗布し、その上にレジンファルト舗装を施し、クラックが生じた場合の防水処置とした。

高欄には、吊床版のサグの変動に、追従可能なガードケーブル高欄(写真-8)を使用した。φ18のワイヤーを13cm~16cm間隔に7本張り、キャンプ施設利用者、特に年少者の安全をはかった。

本橋の工事は昭和59年12月末に概ね完了した(写真-8)。要した工費は5350万円である。(つづく)

#### 参 考 文 献

- 1) 村上良丸ほか：「歩行者用吊り床版橋の模型実験(上)、(下)」橋梁と基礎、1982年12月号および83年1月号  
【昭和60年3月14日受付】

## ◀刊行物案内▶

### プレストレストコンクリート技術の現況

本書は全国七都市で行った第10回PC技術講習会のテキストとして編集したもので、PC技術の現況と題し、下記に示すとおり内容も豊富なものとなりました。地区によってはテキストの不足を生じた会場もあり、大変な盛況でした。その内容は大きく4項目からなっており、すなわちPCの設計に関する各国の規定、PC鋼材について、建築に関するPC部材の接合法、さらに今度の編纂に最も力点を置いたPC橋の架設工法総覧であります。

特に最後の項は、PC橋梁関係者にとっては、最近の新しい工法も採りいれられていることにより、大変よくまとまった格好の資料になることと思います。掲載資料を欲ばり、頁数が多くなり過ぎた嫌いがありましたが、ご自身の勉強のためもさることながら社員教育用にも最適かと存じます。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(電03-261-9151)宛お申し込みください。

体 裁：A4判 216頁

定 価：5,000円 送 料：800円

内 容：(A)プレストレストコンクリートの設計に関する各国の規定(主としてひびわれ発生許容プレストレストコンクリートについて)。(B)PC鋼材について。(C)PC部材の接合法(その力学的基本特性)。(D)プレストレストコンクリート橋の架設工法総覧、1)概説、2)PC桁の移動架設工法、3)場所打ち工法(支保工)、4)プレキャストブロック工法、5)カンチレバー工法、6)移動支保工、7)押し出し工法、8)PC鉄道橋の架設。