

大淀大橋 (老松橋) の施工について

黒木重久* 吉田 強**
川口 洋** 木内武夫**

1. ま え が き

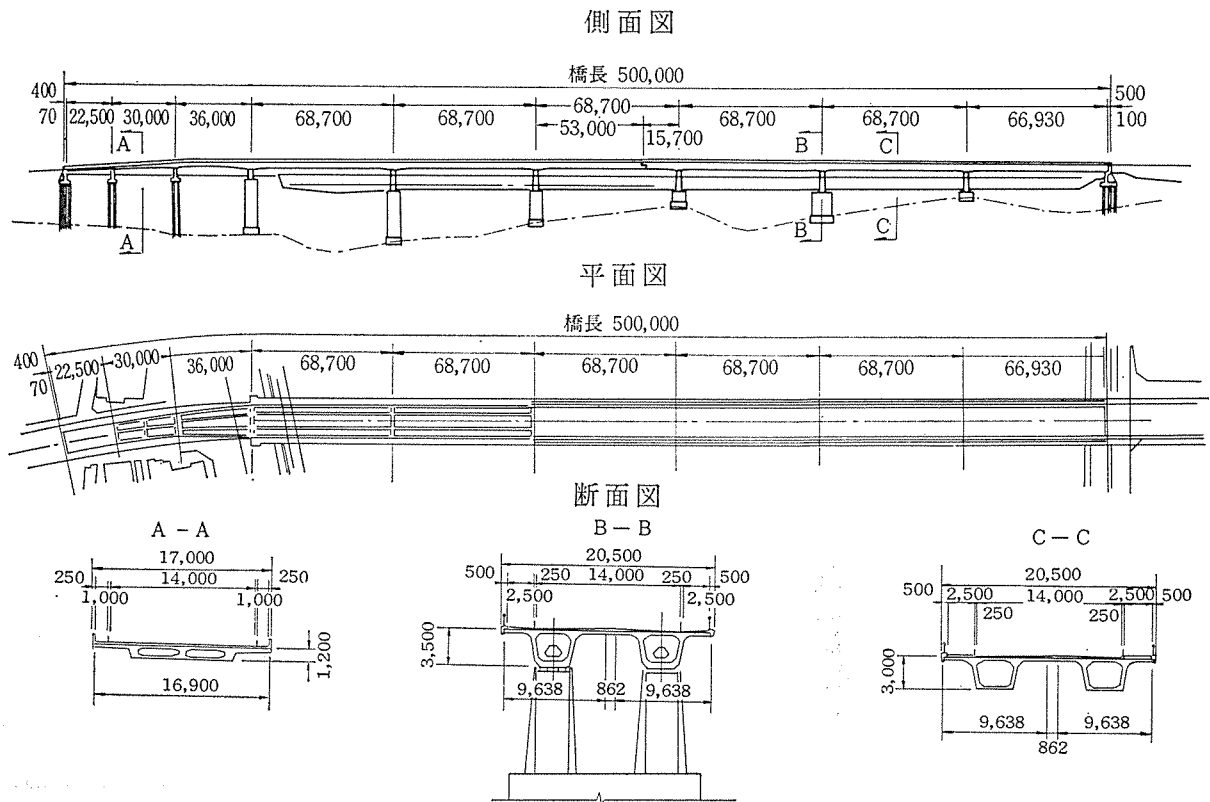
本橋は観光都市宮崎市の中心部を流れる大淀川に架設された長大橋である。本橋の計画にあたって特に留意した点は、大淀河畔のリバーサイドパーク内に架設されるため、環境に適した構造と施工法が要求されることである。その他一般条件等も加味して種々検討した結果、上部工は7径間連続PC箱桁橋とし、架設工法はケーブル方式による現場打片持ばり工法を採用した。さらに連続桁として地震時の水平反力分散と温度変化などによる伸縮を考え、中間にヒンジを1か所設けた。桁は等高桁としてスレンダーな感じをもたせ、また、横桁は死荷重の軽減を考慮し、支点上のみ設けた。ヒンジの位置は中

央径間の1/4点(右岸側)に設けた。その理由は、クリープ、乾燥収縮等によるたわみを極力少なくすること、連続桁に近い機能をもたせることに留意したからである。ヒンジ部および2主箱桁構造の荷重分配法はまだ研究段階であるが、ここに本橋が昭和46年3月に竣工したので工事概要を報告する。

2. 設 計 条 件

形 式：プレストレスト コンクリート連続桁
河川部；7径間有ヒンジ連続箱桁橋（2主箱桁構造）
取付部；2径間連続箱桁橋
橋 長：500.00 m

図-1 一 般 図



* 宮崎県西都土木事務所長

** ビー・エス・コンクリート株式会社福岡支店

支 間：河川部；66.93+5 @ 68.70+36.00 m
 取付部；30.00+22.50 m
 幅 員：河川部；車 道 13.00 m
 自転車道 2 @ 1.00 m
 歩 道 2 @ 1.50 m
 取付部；車 道 13.00 m
 自転車道 2 @ 1.00 m
 荷 重：TL-20
 衝撃係数：主桁 $i=10/(25+l)$
 床版 $i=20/(50+l)$
 縦断勾配：河川部； $i=0.487\%$ 放物線勾配（左岸側）
 $i=1.568\%$ " （右岸側）
 取付部； $i=6.2\%$ （左岸側）
 $i=4.246\%$ （右岸側）
 横断勾配：河川部；1.5% 両勾配
 取付部；1.5% 片勾配

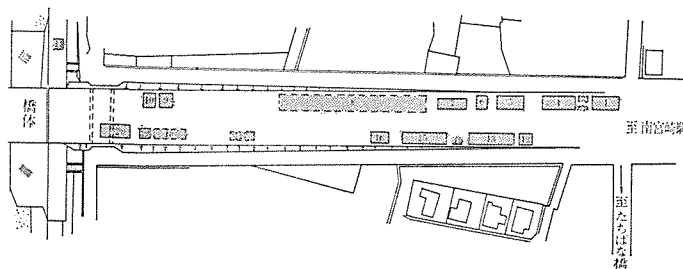
3. 主要材料強度

コンクリート 設計基準強度 $\sigma_{ck}=400 \text{ kg/cm}^2$
 プレストレス導入時 $\sigma_{cut}=320 \text{ kg/cm}^2$
 PC鋼線（12- $\phi 8$ ）引張強度 $P_u=93.5 \text{ t}$
 PC鋼より線（7-T 10.8） $P_u=86.8 \text{ t}$
 PC鋼棒 $\phi 33$ （3種） $P_u=86.8 \text{ t}$
 $\phi 27$ （3種） $P_u=57.1 \text{ t}$
 鉄 筋 SD 30 $\sigma_{sa}=1800 \text{ kg/cm}^2$

4. 主要材料

河川部：コンクリート（ $\sigma_{ck}=400 \text{ kg/cm}^2$ ）5400 m³
 鉄 筋 576 t
 P C 鋼材 12- $\phi 8$ 261 t

図-3 仮設建物平面図



1	職員宿舎，食 堂	3K×5K×2F=30坪	11	ケーブル運転室	—
2	便 所	—	12	下 請 詰 所	2.5×3=7.5 坪
3	洗面所，シャワー室	—	13	労 務 者 宿 舎	3×8=24 坪
4	現場事務所	3×6=18 坪	14	便 所，風 呂	—
5	機 材 倉 庫	3×5=15 坪	15	労務者宿舎，食 堂	3×8=24 坪
6	監 督 員 詰 所	3×2=6 坪	16	労 務 者 休 憩 所	2.5×6=15 坪
7	労 務 者 休 憩 所	2.5×5=12.5 坪	17	鉄 筋 加 工 場	5m×60m=300m ²
8	材料倉庫・型わく小屋	5m×80m=400m ²	18	骨 材 置 場	12m×17m=204m ²
9	労 務 者 休 憩 所	2.5×6=15 坪	19	パッチャープラント	—
10	試 験 室	3×2=6 坪	20	セメント倉庫	3×5=15 坪

表-1 仮設建物

コンクリート関係設備	
ミキサー（呉イバーク 0.75 m ³ 練，強制攪拌式）	
パッチャープラント	
骨 材 置 場	
ケーブルクレーン設備	
形 式	エンドレスタイラー式（両端固定）
ス パ ン	441.50 m
設 計 荷 重	2.9 t
最 大 サ ゲ	22.0 m
支 柱 高	45.0 m
巻 上 速 度	45 m/min
横 行 速 度	250 m/min
動力設備	
給 水 設 備	上水道使用
人 道 棧 橋	
仮 建 物	
職員宿舎 食堂（2階建）	3.0k×5.0k
現場事務所	3.0 × 8.0
機 材 倉 庫	3.0 × 5.0
”	3.0 × 2.5
監督員詰所	3.0 × 2.5
労 務 宿 舎	3.0 × 8.0
労 務 者 食 堂	3.0 × 8.0
” 休 憩 所	2.5 × 5.0
” ”	2.0 × 5.0 （丸太組）
試 験 室	2.0 × 3.0
セメント倉庫	3.0 × 5.0
型わく下小屋	3.0 × 9.0 （丸太組）
鉄筋加工場	20 m × 20 m （ ” ）
骨 材 上 屋	10 m × 20 m
ケーブル運転室	

7-T 10.8	77 t
$\phi 33, \phi 27$	91 t
取付部：コンクリート（ $\sigma_{ck}=400 \text{ kg/cm}^2$ ）	492 m ³
鉄 筋	34 t
P C 鋼材 12- $\phi 8$	18 t
7-T 10.8	6 t

5. 現場仮設備

現場仮設備は表-1に示すようなものであり，その配置は図-3に示す。

6. 主要機材

主要機材および使用台数は表-2に示す。

表-2 主要機材

項 目	台 数
パッチャープラントミキサー	1
グラウンドホッパー	2
パケ ッ ト	2
ケーブルクレーン	1
コンプレッサー	2
フォールパワーゲン	6
フオークリフト	1
ウイ ン チ	3
グラウンドミキサーポンプ	1

7. 施工順序

本橋の施工方法は、河川部は架設車による片持ばり工法とし、右岸側径間の半分、 P_2-P_3 間および取付部は総足場工法で、作業は右岸側より行なった。また、2つの箱桁の同時併列施工が好ましいことから架設車の台数は当初4台であったが、工期の関係で途中から2台追加した(図-2)。本橋は2主桁構造であり、2つの箱桁は、幅 86.2 cm の縦目地の施工により一体となる。そのため、架設車による施工段階では2つの箱桁を別々に施工

し、たわみの変動、桁の伸縮がある程度おさまった時点で縦目地コンクリートを打設し、横締ケーブル(SEEESTRANDケーブル)を緊張して一体とした。

橋脚上 11.0 m 区間(計画長は 9.0 m であったが、架設車設置のため 11.0 m とした)をステージングにて施工し、その上で架設車を組立てた(写真-1)。その後両側同時に架設車を移動しながら1ブロック 3.2 m のものを片側9ブロック、平均1ブロックあたり6日の工程により施工した。

1ブロックの工程を表-3に示す。

施工順序は架設車が6台なので次のように行なった。

写真-1 架設車組立作業

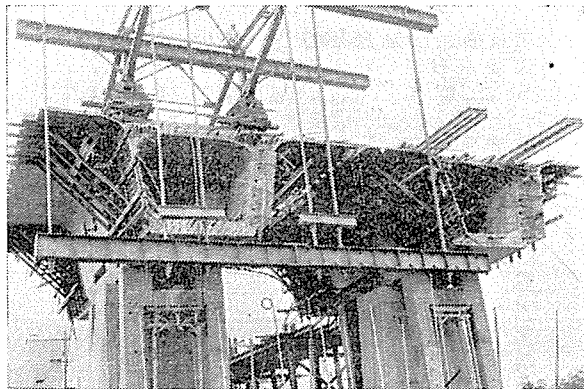
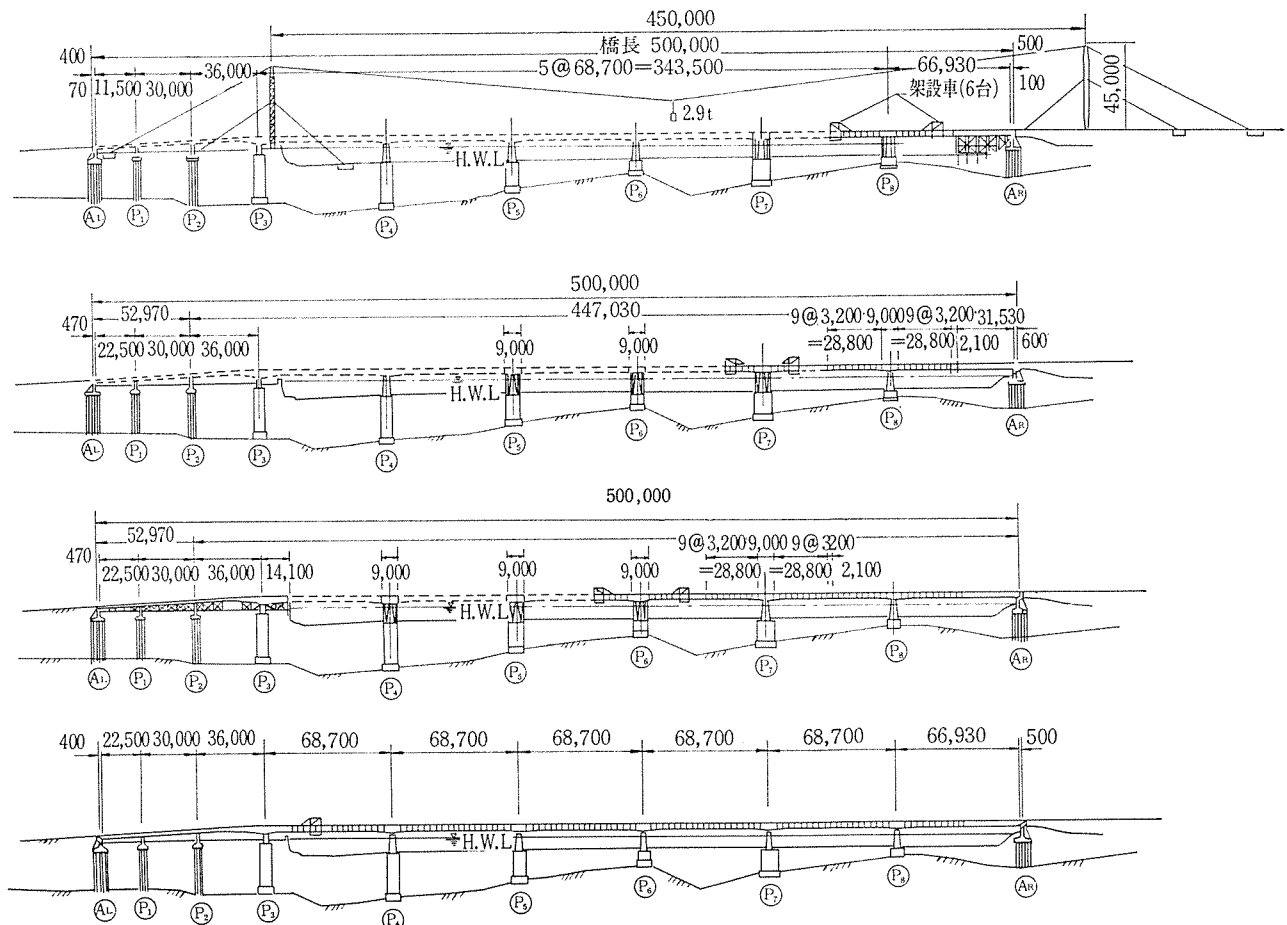


表-3 1ブロック工程

工種	日数	1	2	3	4	5	6
鉄筋・PC鋼線組立		■					
型わく組立			■				
コンクリート打設				■			
養生					■		
PC鋼線組立						■	
緊張(主ケーブル)							■
横締							■
架設車移動							■
型わく設置							■

図-2 大淀大橋架設要領図



まず、 P_6 を架設車4台で上下流同時に、 P_7 は2台で下流側を先行して施工した。続いて上流側に架設車2台を移動して上流側を、 P_6 の4台を P_6 に移動し上下流同時施工した。続いて P_4, P_3 も上下流同時施工、 P_7 が終了したのち2台を P_6 に移動し、下流側を先行し、のちに上流側を施工した。

また、1ブロックの施工順序は次のように行なった。

まず、架設車の移動据付け終了後外型わくを組立て、上げ越し計算よりの所定の高さにセットする。その後鉄筋、シース等の組立てを行ない、内型わくを組み、上床版の鉄筋、シースを組立てる。コンクリートの打設ができるところまで約3日間を要した。コンクリートは、右岸側に設けられたバッチャープラントより、ケーブルクレーン(2.9t吊り)にて運搬し、バケットよりグラウンドホッパーにいったん仮受けし、ねこ車にて打設ブロックのところまで運搬打設した。養生は、サランラテックスを散布し被膜養生を行ない、また、冬期にはシートにて直接風があたるのを避けた。

また、主ケーブル(12- $\phi 8$)のシースとして、 $\phi 60$ を使用した。また、主ケーブルの本数が多く、横締めケー

図-4 型わく断面図

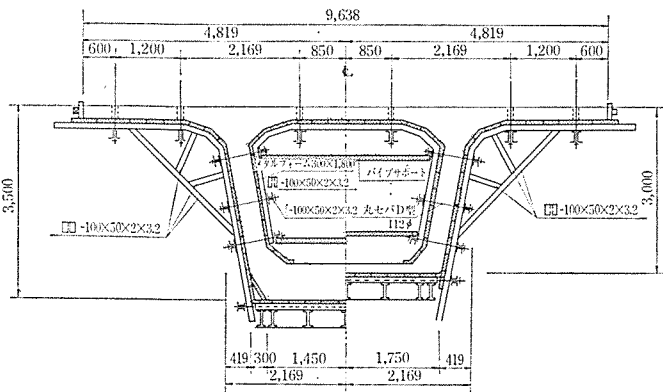


図-5 コンクリート支柱図

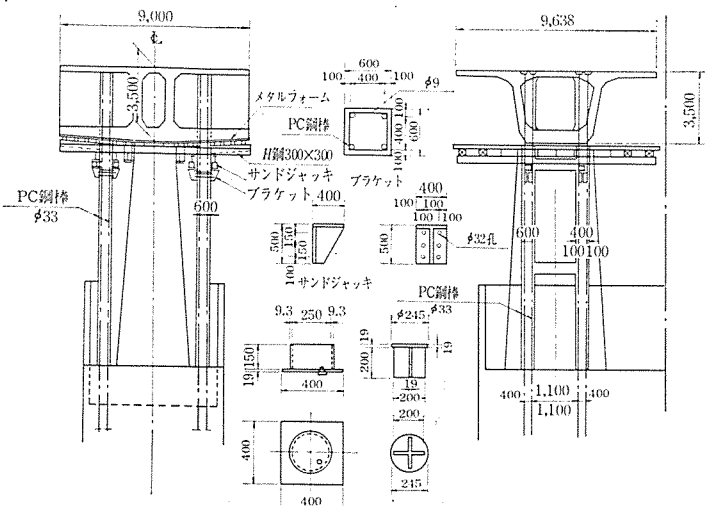
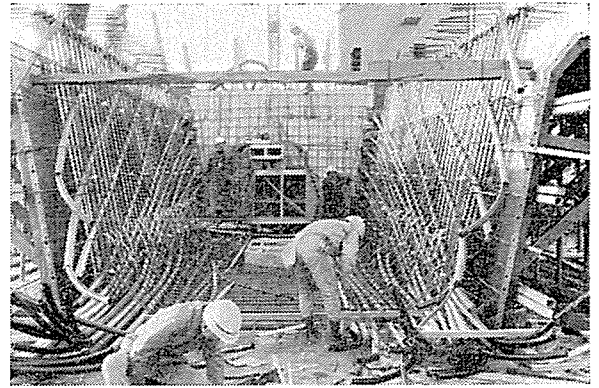


写真-2 シース組立て



ブル、せん断用PC鋼棒・鉄筋など複雑に入っていることと、コンクリート打設時におけるシースの移動、破損を防ぐため、シース内にポリエステルパイプをそう入した(写真-2)。

SEEE スtrandケーブルの横締めシースは、曲線部のみガスパイプを使用して、そう入の便をはかった。

8. 吊足場部の施工

本橋は最終的には連続桁構造となるため、片持施工終了後、中央部の2.1m区間は吊り足場上にて施工しなければならない。そのため、連続ケーブル(12- $\phi 8$)をそう入しなけをなければならないが、各ブロックのシース継目の施工が悪いとケーブルそう入が困難となるので、シースジョイントには特に注意を要した。

9. 型わく

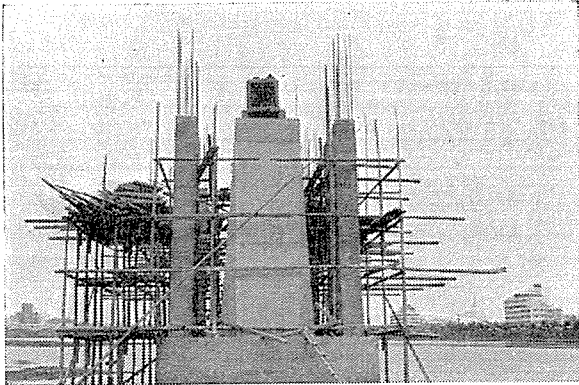
型わくは図-4に示すようにメタルフォームを使用した。一部(柱頭部と左岸取付部)を除き等断面であるので施工は容易であった。

10. 柱頭部支保工について

柱頭部は支保工による現場打ちで施工を行なったが、その支保工は図-5に示すように井筒より立上ったコンクリートラーメン構造の仮支柱とした(写真-3)。このコンクリート仮支柱は、のちに主桁が張出したときのアンバランスモーメントを受け持たせるようにしている。そのため、あらかじめ井筒項版に埋め込んだPC鋼棒($\phi 33$ mm)を仮支柱内に通して主桁上面にて緊張定着した。PC鋼棒本数は次のようにして決めた。

張出し先端部に最も不利な状態での片載荷(ワーゲン解体時あるいは、最終ブロックを片側のみ打設した状態等)を考え、ここでは40tの集中荷重が先端に載荷されたものを仮定した。

写真-3 柱頭部仮支柱



アンバランスモーメント

$$M = 33.3 \times 40 = 1332 \text{ t}\cdot\text{m}$$

$$p = \frac{M}{l_1} = \frac{1332}{4.6} = 289.5 \text{ t}$$

PC鋼棒(第3種) $\phi 33 \text{ mm}$ を4本 $\times 2=8$ 本使用すれば1本あたりの引張力は36.2t/本であり、許容引張力に対して、

$$P_a = 0.6 P_y = 0.6 \times 86.82 = 52.1 \text{ t} > 36.2 \text{ t}$$

となる。

型わく、H鋼の受金具は仮支柱に取りつけられた鋼製のブラケットの上にサンドジャッキを取りつけ、H鋼、底わくがスムーズに解体できるように考慮した。

また、右岸側径間の半分は支保工上で施工したが、その支保工図を図-7に示す。

11. ヒンジ部の施工

本橋の特記すべき事項としてヒンジ部の施工があげられる。構造系としては7径間連続橋であるが、地震の影響、温度変化およびコンクリートのクリープ、乾燥収縮などを考慮して、 P_5-P_6 間($l/4$ 点付近)にゲルバーヒンジを設け、地震時の水平力、伸縮量を分散させた。このヒンジ部が片持ばりの途中にあるため、片持施工時はPC鋼棒でヒンジを剛結としてアウトケーブルにより片持ばりを施工し、連続構造となったのちPC鋼棒、アウトケーブルを解放して、最終的にゲルバーヒンジ構造とした。

図-8 ヒンジ部架設図

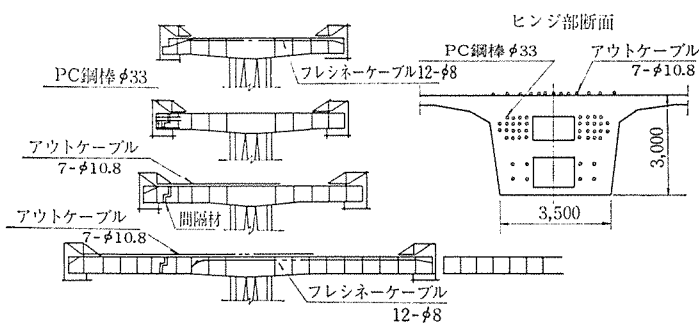


図-6

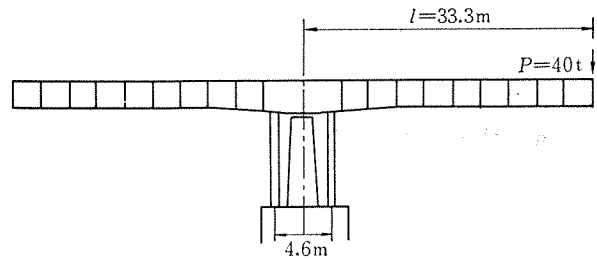
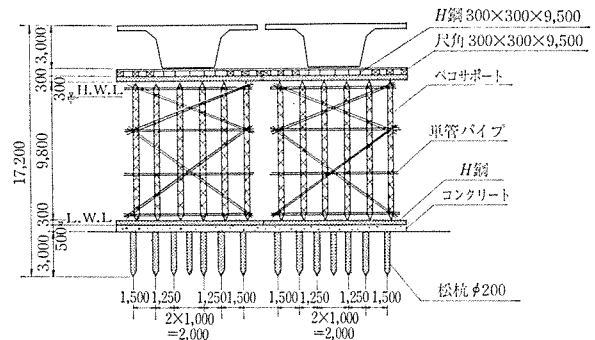


図-7 右岸側支保工断面図



した。施工順序を次に示す(図-8)。

① P_6 柱頭部を P_7, P_8 と同様に支保工上で施工し、第3ブロックまで左右対称に張出し架設した。

② 次にヒンジ下側ブロックを架設し、フレシネーケーブルで緊張した。

③ ヒンジ目地部に間隔材を入れてヒンジ上側ブロックの架設を行なった。間隔材は、ヒンジ解放時の撤去方法を考慮に入れて、プレキャストのコンクリート板2枚の間に鉄板をはさんだものとした。ヒンジ部の目地間隔は、最終的な設計値として15 cmであるが、ヒンジ解放後のクリープ乾燥収縮、温度変化などを考慮して12 cmの厚さとした。

④ 2つのブロックをPC鋼棒($\phi 33 \text{ mm}$ 第3種44本)により、主桁ボックス内で緊張し剛結とした。

⑤ ヒンジ部分はPCケーブルが通過できないので、ヒンジより先の5ブロックはアウトケーブル(SEE ストランドケーブル F13)にてストレスの導入を行なった(写真-4, 5)。

⑥ P_5-P_6, P_4-P_5 間を連続構造としたのち、ヒンジ部のPC鋼棒を抜き取り、アウトケーブルを解放しながら間隔材を撤去して、ヒンジ構造とした。

以上のように、ヒンジ部をわが国でも例を見ない方法により施工を行なったが、その施工については種々の問題点や今後の研究課題が含まれている。たとえば、ヒンジ解放時の間隔材の撤去方法について、施工前には解放時のヒンジ部のたわみ関係や回転角等を計算し、相当の困難が予想され

写真-4 アウトケーブル

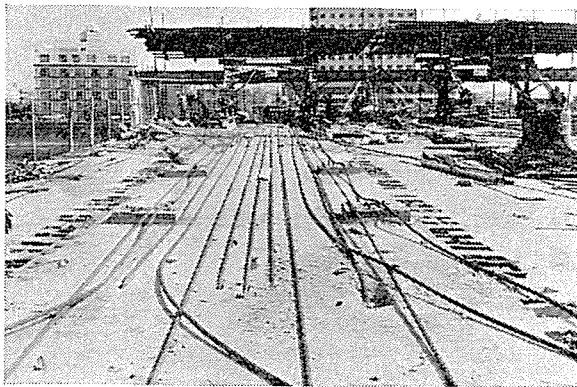
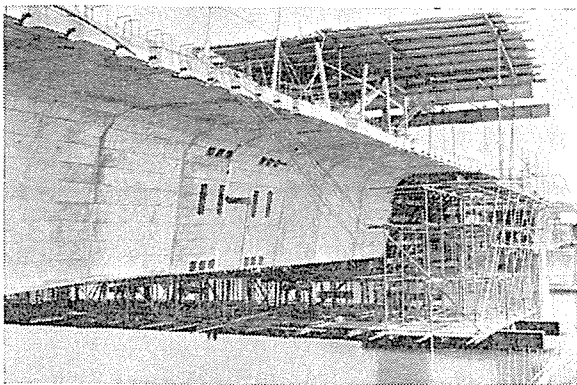


写真-5 ヒンジ部



だが、実施工では P_5-P_6 、 P_4-P_5 の連続ケーブル緊張による弾性変形量が（ヒンジ解放により）ヒンジ部に集中したので容易に板がとれた。また、アウトケーブルの温度変化による伸縮や、剛結された構造が、たわみに及ぼす影響など不明な点もあった。

12. 上げ越し管理

本橋は施工段階でその構造系が次々に変化し、それにしたがって主桁のたわみが変化してゆく。そのため、たわみ計算は構造系が変化するたびにこなった。その計算項目を表-4に示す。

計算項目のなかで、連続ケーブル緊張によるその径間、および張出し部先端のたわみや、桁自重、片持ケーブルによるもの等のたわみが大きい。しかし、たとえば P_5-P_6 連続による側径間の影響、応力減少によるたわみ等は個々の値は小さく実質上無視してもさしつかえないが、それらの項目が非常に多く、集計の結果は無視できないたわみ量となるので、それらの値を考慮に入れて上げ

表-4

片持施工時	弾性たわみ	桁自重によるたわみ 片持ちケーブルによるたわみ 架設車によるたわみ 連続ケーブルによる張出部先端のたわみ ヒンジ解放による桁自重に関する先端部のたわみ
	クリープたわみ	桁自重によるクリープたわみ 片持ちケーブルによるクリープたわみ
連続後	弾性たわみ	第1 施工段階 (A_R-P_8 連続) 第2 " (P_8-P_7 ") 第3 " (P_7-P_6 ") 第4 " (P_6-P_5 ") 第5 " (P_5-P_4 ") 第5' " (ヒンジ解放) 第6 " (P_4-P_3 ") 桁自重に関するヒンジ解放 中間床版ケーブル 橋面工 中間床版
	クリープたわみ	桁自重によるクリープたわみ 片持ちケーブル " " 連続ケーブル " " 片持ちケーブルの応力減少によるクリープたわみ 連続ケーブル " " 中間床版および橋面工によるクリープたわみ

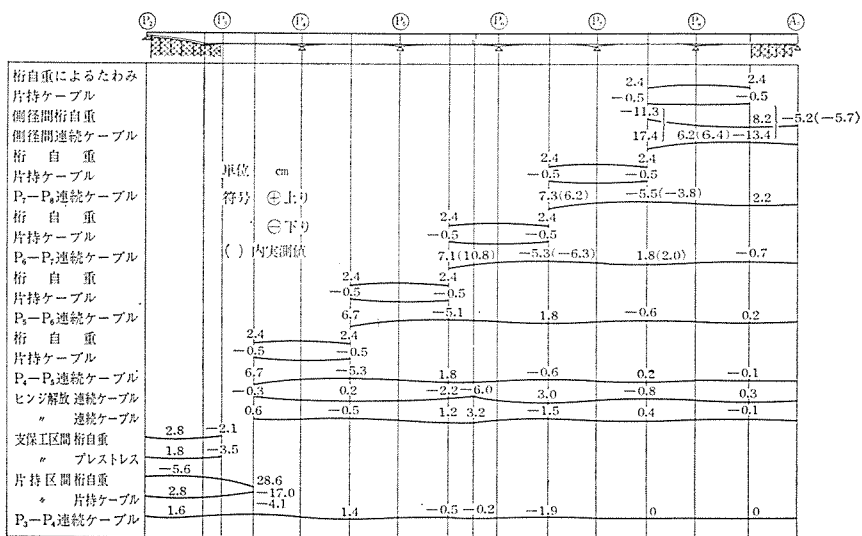
越し高を決定した。

いま、それらの項目のなかで、弾性たわみのうち、桁自重、片持ケーブル、および各施工段階によるたわみを取り出し、各段階におけるたわみの性状図を示すと図-9 のようになる。

図-9 で各数値は片持ばり先端（スパン中央）のたわみの計算値を示す。（ ）内は実測値である。

片持施工時は各ブロックのコンクリート打設、緊張、ワーゲン移動の各時点で測量し、上げ越し管理を行なったが、片持施工時のたわみは値も小さく計算値に近い。片持施工終了後連続するまで平均約1か月間片持状態で放置され、この間にクリープが進行する。計算では片持

図-9 弾性変形によるたわみ



時のクリープ係数 $\phi=0.5$ としているが、実測値では1か月間のクリープたわみは、ほとんど実測されなかった。その原因は仮支柱の影響と思われる。そのあとで連続部のコンクリート打設を行ない連続ケーブルを緊張するのであるが、緊張前にコンクリート仮支柱を撤去するとバランスがくずれ、スパン中央の場所打部にクラックが入る危険性があり、また、仮支柱がそのままの状態ではストレスが入りにくくなる。したがって、連続ケーブルを数本緊張した後仮支柱の撤去を始めた。

図-9 に示すように、 P_8-A_R 間連続ケーブル緊張が終了時点で側径間桁自重により側径間中央で 8.2 cm 下がり、張出し部先端で 11.3 cm 上がる。また、連続ケーブルのたわみがスパン中央で 13.4 cm 上がり、先端部で 17.4 cm 下がる。したがって、側径間緊張によるたわみはスパン中央で 5.2 cm 上がり、先端部で 6.2 cm 下がる。実測値では -5.7 cm と 6.4 cm であった。作業工程の関係で仮支柱撤去前に緊張した所もあったが、その場合は仮支柱撤去後に弾性たわみが出てきた。

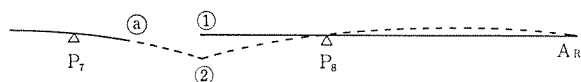
本橋の上げ越し管理の上で特に注意を払った点は、張出し途中において、相対する桁の先端が大きく変位するので、それに高さを合わせねばならないことであった。

図-10 で P_7 片持施工が ㉔ 点まで来た時点で P_8-A_R 間の連続ケーブルが緊張されたとすると、その先端部は ① から ② にたわみ ② はさらにクリープの影響によりたわむ。したがって、 P_7 片持ばり施工は ② 点の高さを予測して上げ越し高を決定しなければならない。

以上のような上げ越し管理を行なったが、施工中は、スパン中央の連続部でたわみの食い違いが出る等の誤差を生じた。誤差の原因としては次のようなものが考えられる。

- 1) コンクリート仮支柱の影響が大きかった。
- 2) 連続ケーブル緊張時、張出し先端部のたわみが大きく、したがって、コンクリートのヤング係数、およびクリープ係数の取り方の違いにより、たわみの誤差が生じた。
- 3) 主桁コンクリートのヤング係数、乾燥収縮度、およびクリープ係数について供試体により測定をしていたが、その結果を上げ越し管理に組み込むことが十分にできなかった。
- 4) ヒンジ部分では、アウトケーブルの温度変化によるたわみ等の不明の条件があった。
- 5) 橋軸方向のたわみと同時に2主桁間のたわみも同

図-10



時に管理しなければならない困難さがあった。

13. シューの配置および移動

本橋は P_3 と P_7 のみが固定であとは可動シューである。可動シューは、シューの移動量を計算して設置した(写真-6)。ここに一例として A_R の計算を示す。

1) 連続ケーブルによる弾性収縮量

第1施工段階 (P_8-A_R 連続)

$$P_8-A_R \text{ 間断面平均応力度 } \sigma_c = 115 \text{ kg/cm}^2$$

$$\Delta l_1 = \frac{115}{350000} \times 6693 = -2.2 \text{ cm}$$

符号 P_8 側に移動するときを (-) とする。

第2施工段階 (P_7-P_8 連続)

$$\sigma_c = 95.5 \text{ kg/cm}^2$$

$$\Delta l_2 = \frac{95.5}{350000} \times 6870 = -1.9 \text{ cm}$$

2) 温度変化による伸縮

コンクリート膨張係数 1.0×10^{-5}

温度変化 最高 35°C 最低 -5°C

P_8-A_R 間連続時期(10月下旬) その時の温度 20°C

P_7-P_8 間連続時期(12月下旬) その時の温度 10°C

第1段階 (P_8-A_R 連続)

$$\begin{cases} -\Delta l_2 = 6693 \times 1.0 \times 10^{-5} \times 25^\circ = -1.7 \text{ cm} \\ \Delta l_2 = 6693 \times 1.0 \times 10^{-5} \times 10^\circ = +1.0 \text{ cm} \end{cases}$$

第2段階 (P_7-P_8 連続)

$$\begin{cases} -\Delta l_2 = 6870 \times 1.0 \times 10^{-5} \times 15^\circ = -1.0 \text{ cm} \\ \Delta l_2 = 6870 \times 1.0 \times 10^{-5} \times 25^\circ = +1.7 \text{ cm} \end{cases}$$

3) 乾燥収縮によるもの

第1段階

$$-\Delta l_3 = 6693 \times 1.0 \times 10^{-5} \times 20^\circ \times 0.2 = -0.3 \text{ cm}$$

第2段階

図-11

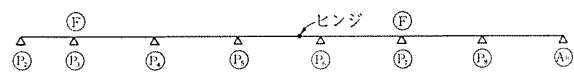
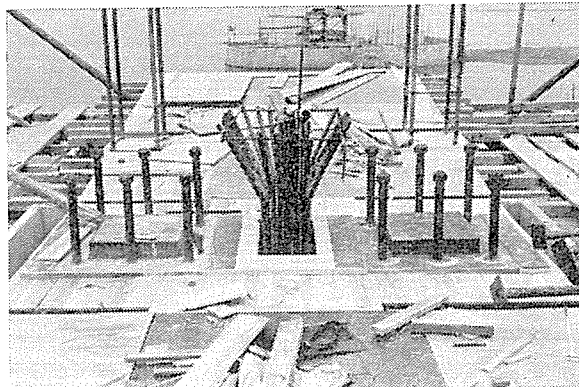


写真-6 シューおよびストッパー据付け



$$- \Delta l_3 = 6870 \times 1.0 \times 10^{-5} \times 20^\circ \times 0.5 \\ + 6693 \times 1.0 \times 10^{-5} \times 20^\circ \times 0.3 = -1.1 \text{ cm}$$

4) クリープによるもの

第1段階

$$- \Delta l_4 = 6693 \times \frac{60}{350000} \times 2.0 \times 0.2 = -0.5 \text{ cm}$$

第2段階

$$- \Delta l_4 = 6870 \times \frac{60}{350000} \times 2.0 \times 0.5 \\ + 6693 \times \frac{60}{350000} \times 2.0 \times 0.3 = -1.9 \text{ cm}$$

5) 合計移動量

① 弾性変形 $A_R = -2.2 - 1.9 = -4.1 \text{ cm}$

② 温度変化 $A_R = -1.7 - 1.0 = -2.7 \text{ cm}$

$A_R = +1.0 + 1.7 = +2.7 \text{ cm}$

③ 乾燥収縮 $A_R = -0.3 - 1.1 = -1.4 \text{ cm}$

④ クリープ $A_R = -0.5 - 1.9 = -2.4 \text{ cm}$

6) A_R 移動量合計

温度上昇時 $-4.1 - 2.7 - 1.4 - 2.4 = -10.6 \text{ cm}$

温度下降時 $-4.1 + 2.7 - 1.4 - 2.4 = -5.2 \text{ cm}$

以上のような計算結果だが、 A_R 可動シューの移動量が 12 cm であることを考え、3.0 cm 中心をずらして配置した。

おわりに

以上施工上のおもな点を記してみたが、完成してみると設計および施工管理上さらに改良すべき点が多々あるように考えられた。ケーブル方式の現場打片持ばり工法による連続構造物の設計および施工が、今後ますます行なわれるようになると思うが、そのとき多少でも参考になれば幸いと思う。

最後に、本橋の設計・施工に際し、宮崎県都市計画課の皆様をはじめ貴重なる御意見を下さった方々に対し、誌上をかりて厚くお礼申し上げます。

1971.8.27・受付

講演概要集頒布について

協会で毎年行なっております講演会の概要集の残部がありますのでご入用の方は代金を添えて、協会へお申し込み下さい。

○ 5 回, 6 回, 7 回, 8 回, 9 回 (各 250 円 ㊦ 50 円)

御寄稿のお願い

この雑誌は、プレストレストコンクリートのわが国でただ一つの総合技術雑誌です。会員諸兄の技術向上にいささかでも役立つよう日夜苦心して編集に当たっておりますが、多くの問題を広くとりあげるのはこれでなかなか大変なことです。一方的になっても困りますし、とにかく皆様の卒直な声をお聞かせ願えませんでしょうか。自由に気楽に意見を述べて頂く会員欄、疑問点を相談していただきたい質疑応答欄、工事の状況、施工の苦心点を、現場から速報してほしい工事ニュース欄、口絵写真欄、その他報告、質問など、お気軽にどしどし原稿をお寄せ下さい。また、新設してほしい欄とか、もっと充実してほしい欄、雑誌に対する建設的な御意見なども募ります。少しでも多く皆様の声を反映した親しみやすい雑誌に育て上げたいと念じておりますので御協力願います。以上の原稿、御意見などはすべて下記へお送り下さい。

東京都中央区銀座2の12の4 銀鹿ビル3階 PC 技術協会編集委員会 電話 (541) 3595