

沢崎橋の設計と施工

長	坂	英	毅*
新	部	正	道**
小	宮	正	久†
中	山	浩	道††

1. まえがき

沢崎橋は、新潟県佐渡島の南玄関口、小木町沢崎に架橋された、橋長 77 m の PC 3 径間連続ラーメン箱桁橋である。ここは外周道路の 1 つ「一般県道小木、隆起岩線」の終点部に当り、この道路は、枕状溶岩など学術的にも価値が高く、南仙峡とも呼ばれる「天然記念物・名勝、佐渡小木海岸」を縦断する観光道路として、改良工事が進められている。

佐渡島は、新潟県の最も貴重な観光資源である。日本海の苛酷な自然が永い年月に造り上げた国土は、佐渡弥彦米山国定公園となり、そこに住む人々が育んだ歴史と風土は、現在ここを訪れる観光客の心を魅了し、その数は、年間百万人とも言われている。この先、日本全国の高速度道路網の整備が進み、島への連絡船が増強されれば、さらに多くの人と車がこの島を訪れることになる。反面、島内道路、外周一周道路の整備は立ち遅れ、その改良率は 60% 程度である。特に沢崎から深浦までの間（約 1.2 km）は既存道路がなく、歩行による通行にも支障を来す状況であるため、地元住民の生活道路としても早急な改良工事实施が熱望されている。

本橋架設位置は、小木半島最西端、沢崎鼻の隆起岩蝕台が南向きに大きく切れ込んだ、沢崎湾（沢崎漁港）の入口に決定した。海面上約 14 m ほどのところを高架する海上橋となったため、塩害を考慮し桁断面は箱桁とした。また、ここは文化財保護法の規制地区に属するため、隆起海蝕崖の優れた海岸美を損なわないよう、景観を重視した橋梁形式が選定、採用された。架橋付近の情景を写真-1 に示す。

図-1 に、本橋の位置図を示す。

2. 工事概要

2.1 橋梁諸元

工事名：架第 39 号 ⊖ 小木隆起岩線橋梁架換

* 新潟県土木部道路建設課橋梁係長

** 新潟県相川土木事務所工務第一課技師

† (株) 日本構造橋梁研究所設計部設計第七課課長

†† ビーシー橋梁(株) 沢崎橋現場代理人

(沢崎橋) 工事

工事場所：新潟県佐渡郡小木町大字沢崎地内

工 期：昭和 61 年 7 月～昭和 62 年 10 月

構造形式：PC 3 径間連続ラーメン箱桁橋



写真-1 架橋付近の情景

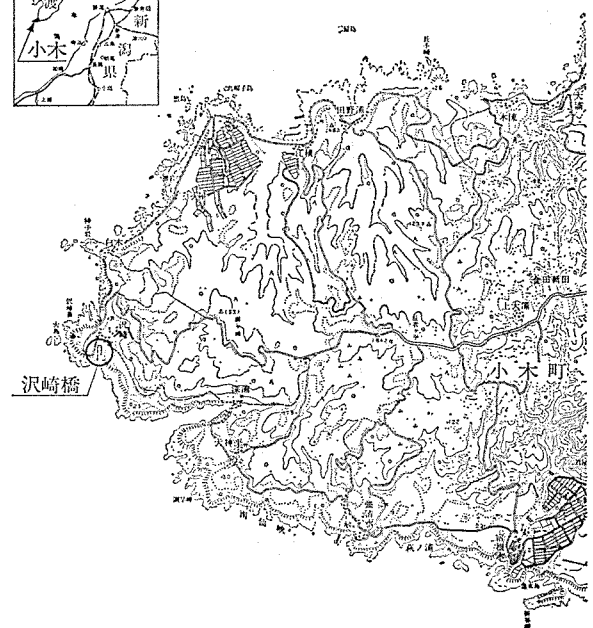
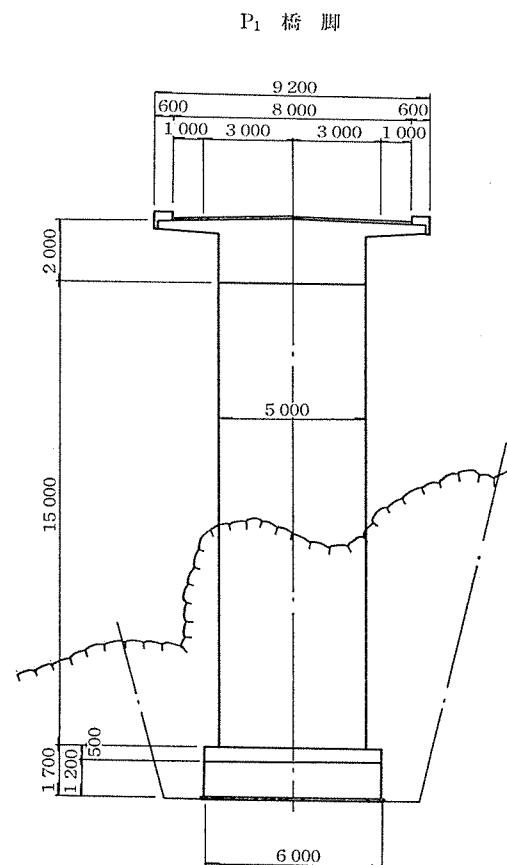
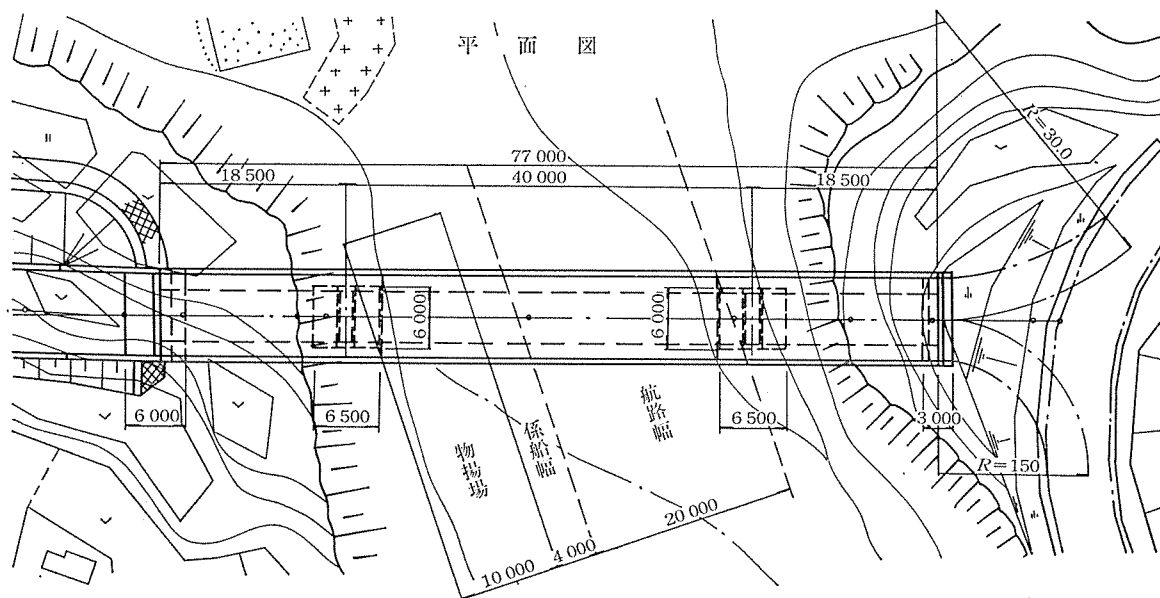
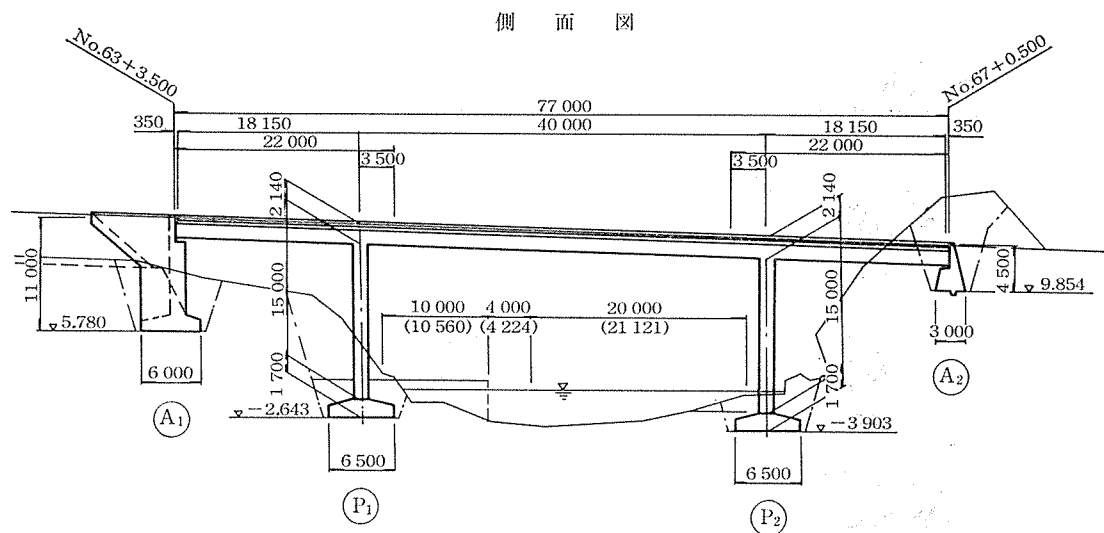


図-1 位置図



図—2 一般構造図

架設工法：(側径間) 支柱式支保工架
設
(中央径間) 架設桁による
ブロック工法

施 主：新潟県相川土木事務所
設 計：株式会社日本構造橋梁研究
所

施 工：ピーシー橋梁株式会社
本工事の一般構造図を図-2に示す。

2.2 構造概要

橋 格：一 等 橋

道路規格：3種3級

橋 長：77.000 m

有効幅員：8.000 m

縦断勾配：3.15%

横断勾配：2.0%↙2.0%↘

斜 角：90°

衝撃係数： $i=10/(25+l)$

地震係数： $K_h=0.16$

温度変化： $\pm 10^\circ\text{C}$

温 度 差： 5°C

雪 荷 重： 100 kg/m^2

2.3 主要材料の特性

1) コンクリート

設計基準強度 $\sigma_{ck}=400\text{ kg/cm}^2$

プレ導入時圧縮強度 $\sigma_{ci}=340\text{ kg/cm}^2$

2) P C 鋼 材

縦方向 PC 鋼材 (SWPR 7 A 12 V 12.4)

引張強度 $\sigma_{pu}=175\text{ kg/mm}^2$

降伏点応力度 $\sigma_{py}=150\text{ kg/mm}^2$

横方向 PC 鋼材 (SWPR 19 1 T 21.8)

引張強度 $\sigma_{pu}=185\text{ kg/mm}^2$

降伏点応力度 $\sigma_{py}=160\text{ kg/mm}^2$

3) 鉄 筋 (SD 30)

降伏点応力度 $\sigma_{sa}=3000\text{ kg/cm}^2$

許容引張応力度 $\sigma_{sa}=1800\text{ kg/cm}^2$

4) 支 承 材

合成ゴム沓

3. 設 計

3.1 構造寸法の決定

(1) 橋長、支間、桁高

本橋梁の橋長、支間を決定する外的要因として航路限界、護岸との取合い、道路縦断等を考慮した。この中で特に大きな要因は航路限界で、これは図-2に示すように航路幅 20 m、係船幅 4 m、物揚場幅 10 m である。

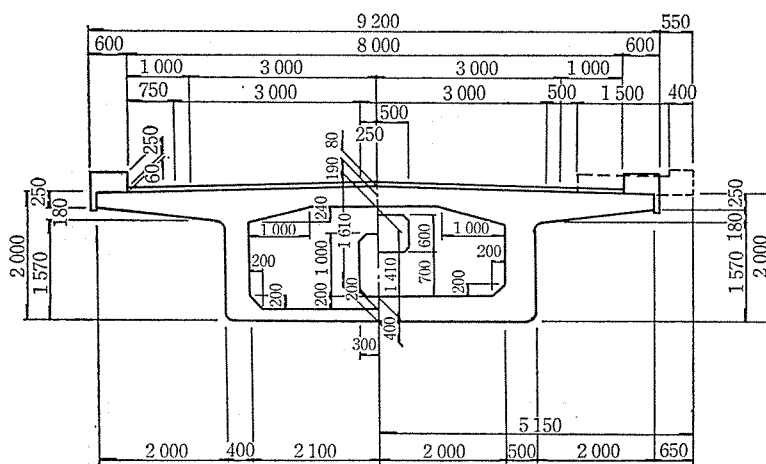


図-3 標準断面図

支間割りには、この航路限界外側に橋脚を配置しなければならないことより3径間となり、橋長、支間長もこれにより決定した。桁高は全径間一定で $H=2.0\text{ m}$ とした。

桁高/スパン= $1/20$ ($l=40\text{ m}$)

(2) 主桁断面形状

床版の支間長は、張出し床版と中間床版の支点上曲げモーメントがほぼ同じになるように、張出し部の長さは 2.0 m とした。腹部厚は、架設時 PC 鋼材の定着、鉄筋、シースの配置およびかぶりを考慮して 40 cm とし、同様に上床版厚 27 cm、下床版厚 20 cm とした。

図-3 に、標準断面図を示す。

(3) ブロック分割および打継目の構造

① ブロック分割重量は、60 t/個以下とし、各ブロックの重量をほぼ等しくさせてブロックの運搬、架設に使われる機材の能率をよくした。

② PC 鋼材の継目位置での定着、途中定着される鋼材のための突起コンクリートの形状、シースの配置等、支障のない位置を考慮した。

③ 打継目の構造は、鉄筋を連続して配置し、場所打ちコンクリート目地を採用した。

以上の点を考慮し、当橋梁では1ブロックの長さ 4.5 m (58.5 t/個)、鉄筋のラップ長、作業性、施工実績より目地幅は 50 cm とした。

3.2 設計上の特色

(1) 主桁断面力の計算

本橋は側径間を支柱式支保工で、中央径間をブロック工法で施工するため、架設中と完成後の断面力が異なる。したがって、施工順序に応じて各断面力を求める必要がある。図-4 に施工順序図を、図-5 に構造解析モデルを示す。荷重の種類は次のとおりである。

a) 架設中の断面力

① 架設順序に従った自重による断面力

◇工事報告◇

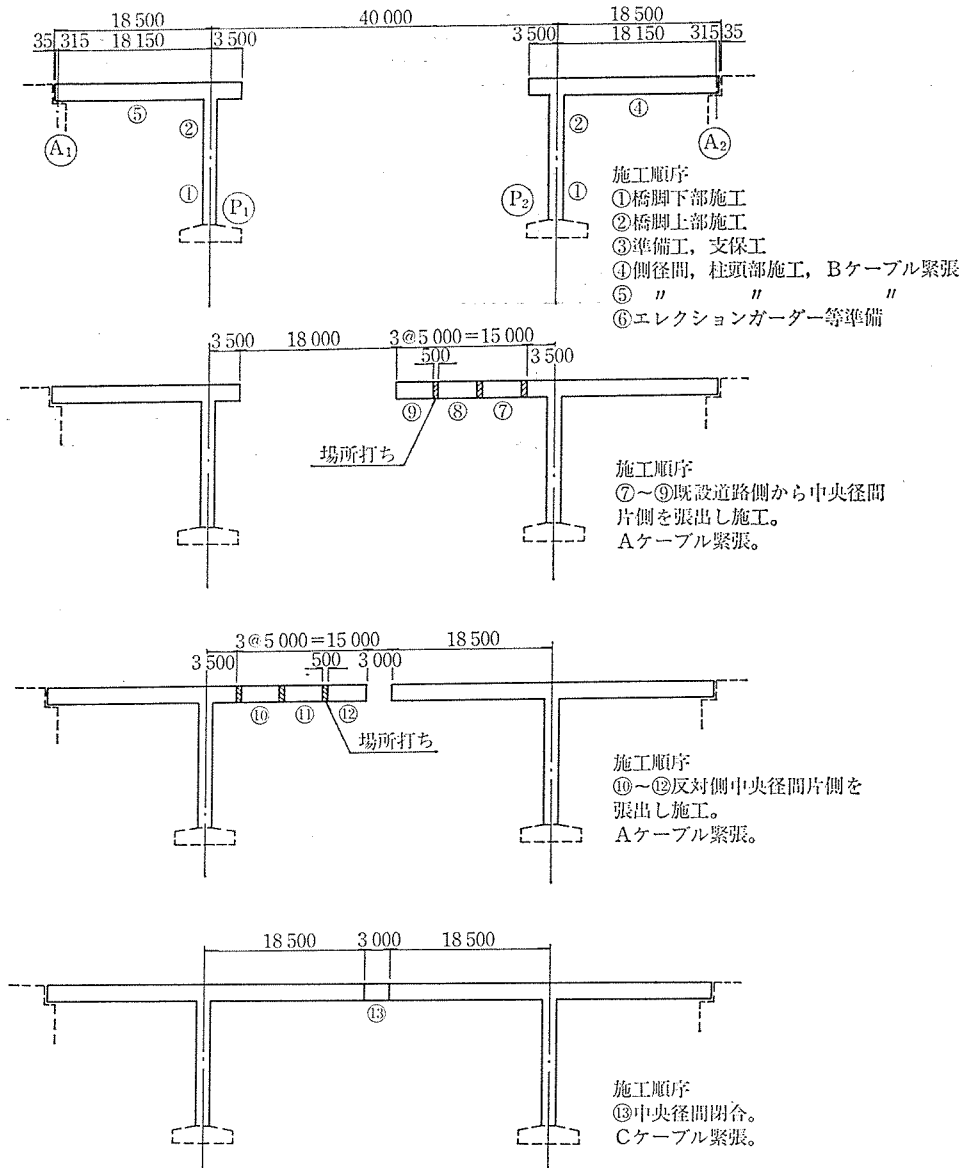


図-4 施工順序図

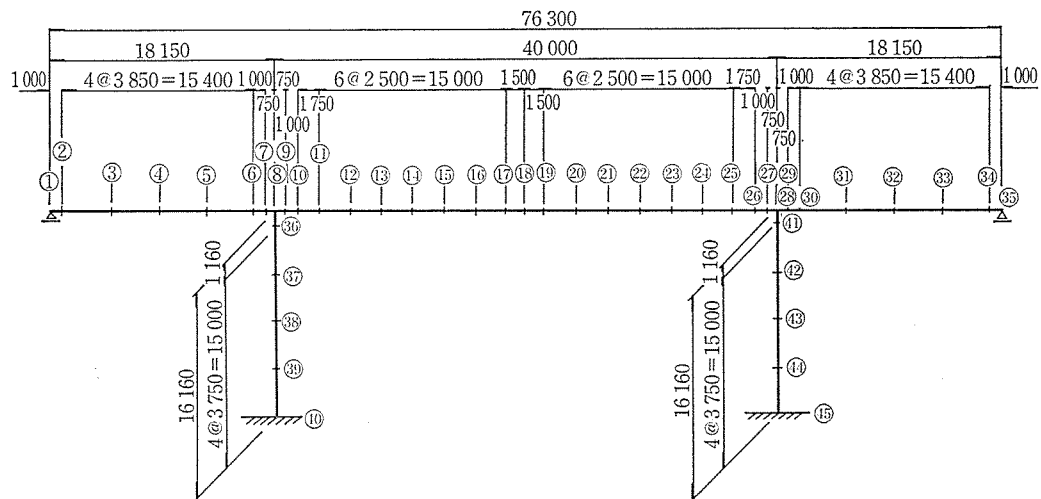


図-5 構造解析モデル

曲げモーメント (全死荷重+活荷重+温度+雪荷重)

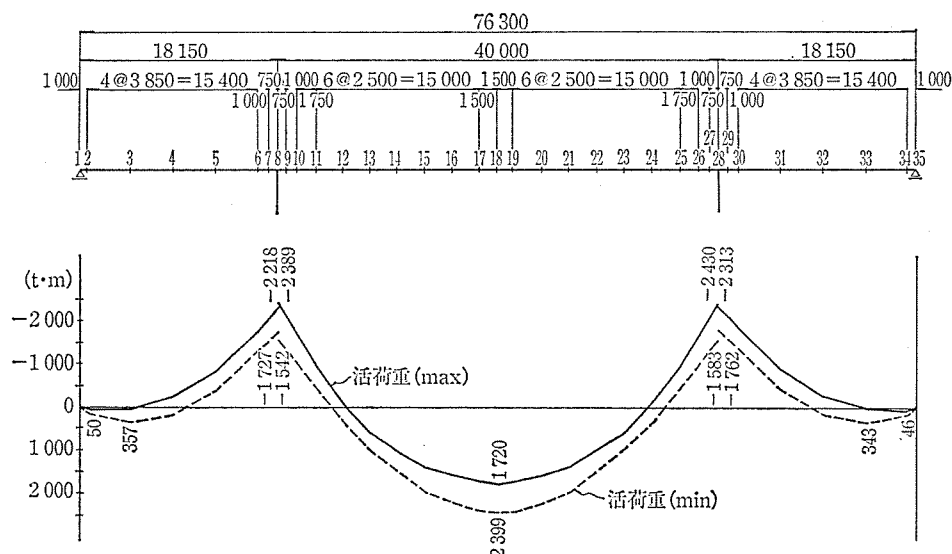


図-6 曲げモーメント図

- ② プレストレスによる2次力
- ③ 温度 (上床版のみ 5°C 上昇)
- ④ 架設時地震 (設計水平震度は完成系の 1/2)
- ⑤ レラクセーション (最終を 5%)

b) 完成後の断面力

- ① 橋面荷重および雪荷重
- ② 温度 (全体 10°C, 床版のみ 5°C 上昇)
- ③ クリープおよび乾燥収縮による2次力
- ④ 地震
- ⑤ 活荷重

応力度の計算は、以上の施工順序、荷重の種類について行った。また、ブロック製作が架橋付近に確保できなかったことからブロック製作は、A₂ 側径間床版上で行ったため、製作、運搬時の既設桁への影響を合わせて検討した。図-6 に曲げモーメント図を、図-7 に合成応力度分布図を示す。

(2) ブロック目地の設計

ここでは、軸方向鉄筋をブロック接合継目部で連結し、その後コンクリートを打ち継いだ接合目地について述べる。

a) 設計荷重時

設計荷重時には、フルプレストレスの状態になるように設計を行った。

b) 過載荷重時

合成応力度 (全死荷重+活荷重+温度+雪荷重)

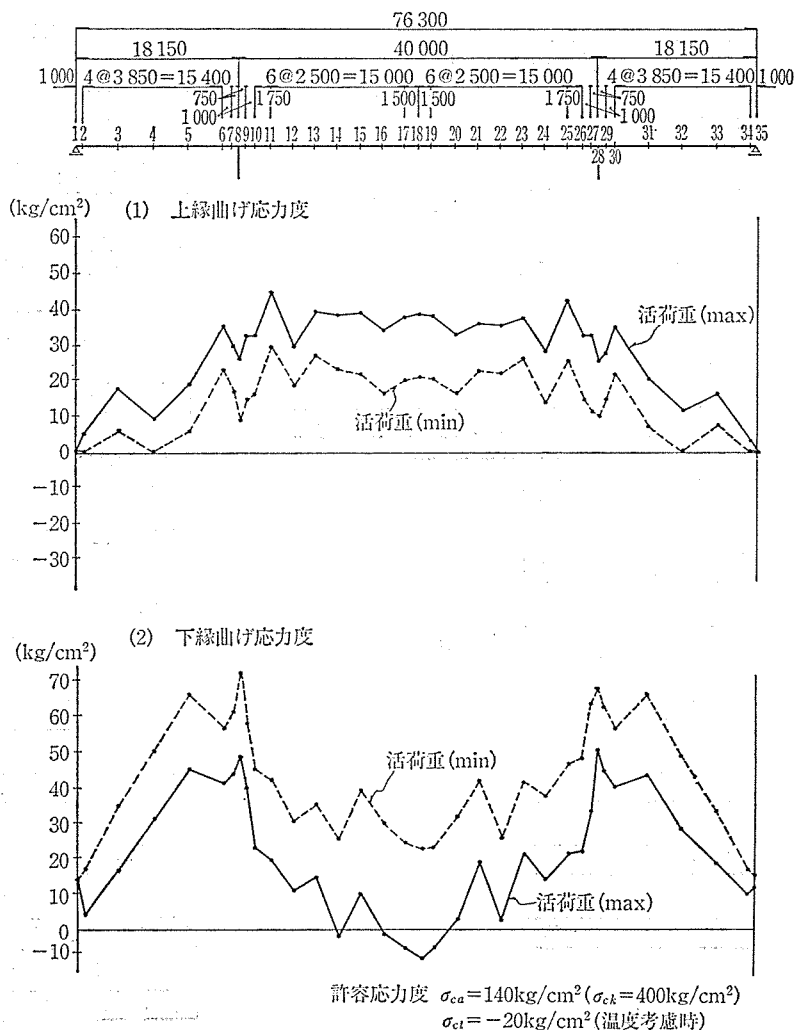


図-7 合成応力度分布図

◇工事報告◇

道路橋示方書を参考にして、次のような組合せ荷重による曲げモーメントが作用する場合について検討した。

○桁の場合—— $\sigma_0 + 1.7 \sigma_l$

○床版の場合—— $\sigma_0 + 1.7 \sigma_{ls} + 0.5 \sigma_{lg}$

ここに、

σ_0 ：活荷重および衝撃以外の主荷重によるコンクリ

ートの曲げ引張応力度 (kg/cm^2)

σ_l ：活荷重および衝撃によるコンクリートの曲げ引張応力度 (kg/cm^2)

σ_{ls} ：活荷重および衝撃による床版としてのコンクリートの曲げ引張応力度 (kg/cm^2)

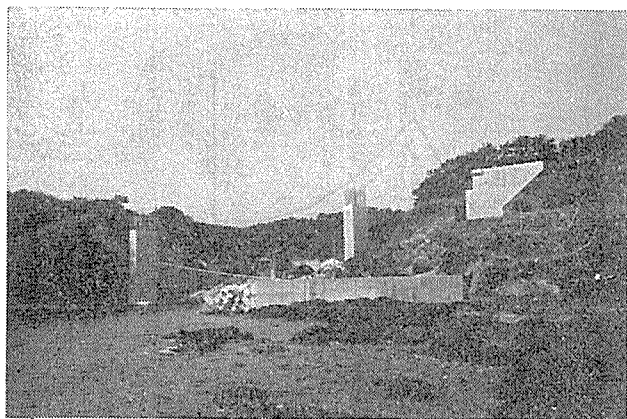
σ_{lg} ：活荷重および衝撃による桁としてのコンクリートの曲げ引張応力度 (kg/cm^2)

計算の結果、設計荷重時では引張力は生じてなく、過載荷重時では、桁の場合— 13.7 kg/cm^2 、床版の場合— 19.9 kg/cm^2 であり、いずれも許容引張応力度— 25 kg/cm^2 以下であった。

4. 施 工

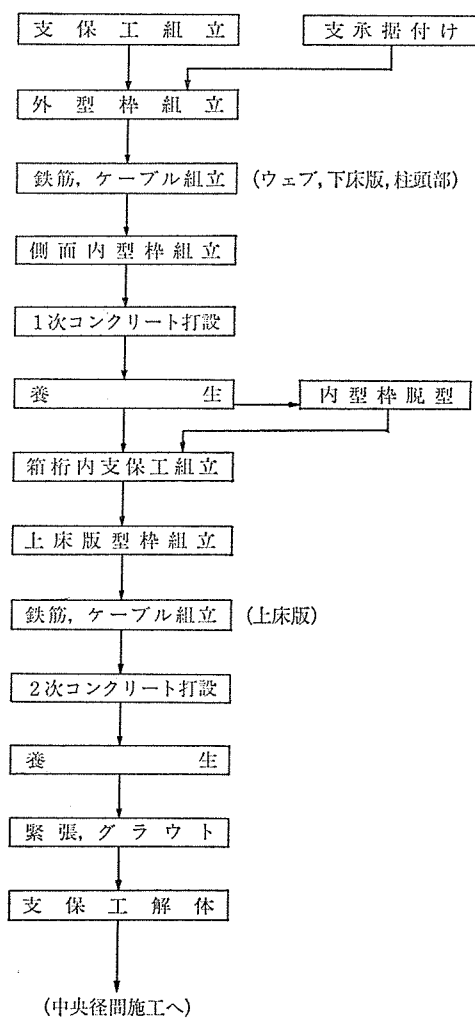
4.1 施工概要

本橋は、 $A_1 \sim P_1$ 、 $P_2 \sim A_2$ 側径間を支柱式支保工、 $P_1 \sim P_2$ 中央径間をプレキャストブロック工法および吊式支保工により施工を行った。架設現場は、海上で漁港内であり（写真—2）近接道路は狭く、中央径間施工時の架

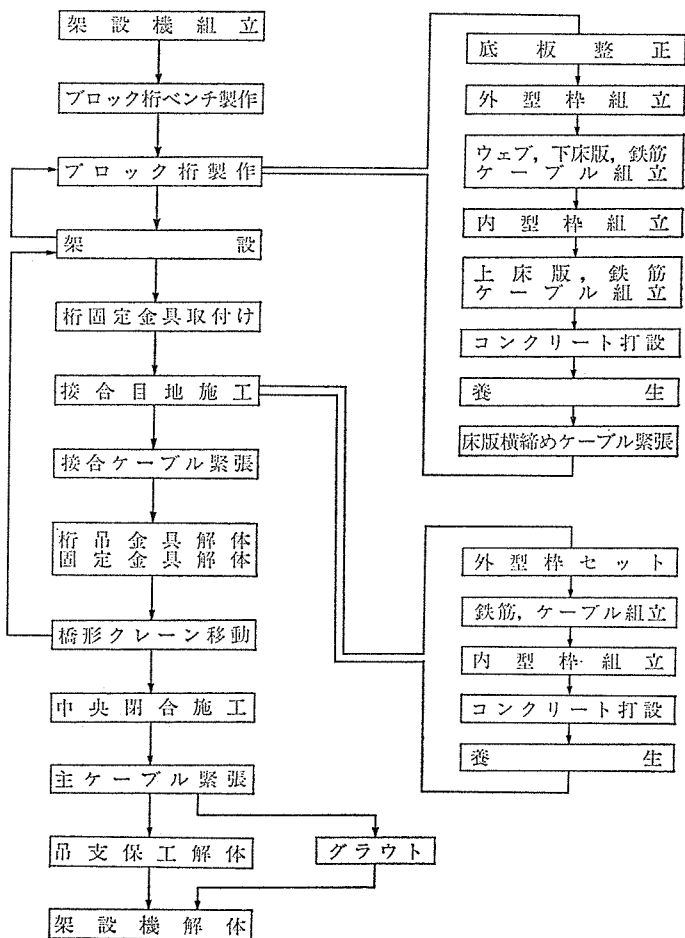


写真—2 上部工施工前

側 径 間 施 工



中央径間施工



図—8 施工手順のフローチャート

設機組立ヤードおよび桁製作ヤード等の確保が施工上の問題点であった。しかし、側径間施工後の橋面をそれらのヤードとして使用することにより解決した。したがって、側径間施工を先行し、中央径間施工を側径間完了後行った。図—8 に施工手順のフローチャートを示す。

4.2 側径間施工

立地条件として、P₁ 部は漁港の荷揚場として使用されており、常時空けておく必要がある。また、P₂ 部は海中に没しており、幅 1m の足場用コンクリート基礎台があるのみである。以上の条件等を考慮し、比較的地形の影響を受けない支柱式支保工による場所打ち施工とした。支柱には四角支柱、梁には H 形鋼 (588 H) を使用した。集中荷重を受ける支柱基礎は、地盤を突き固めた後、コンクリートを打設し、H 形鋼 (300 H) を敷設した。梁のスパンは、約 17m で現場搬入路の関係上、長尺物としての搬入が非常に困難であるため、分割して搬入し、現場接合して用いた。支保工全景を写真—3 に、写真—4 に側径間施工完了を示す。

4.3 中央径間施工

(1) ブロック桁製作工

① 桁製作ヤード

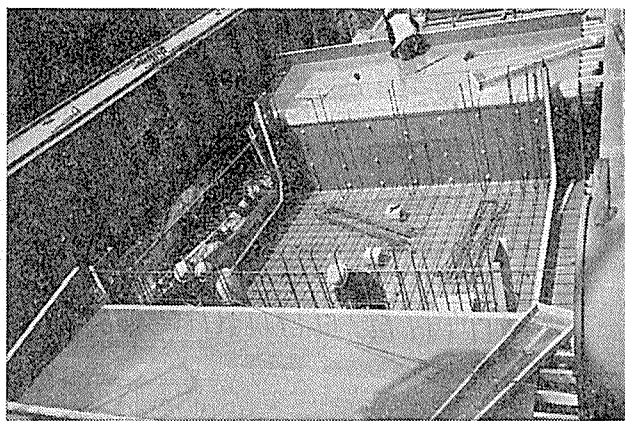
ブロック箱桁であるため、横取り移動等の運搬作業が



写真—3 側径間支保工全景



写真—4 側径間施工完了



写真—5 ブロック配筋状況

困難である。また、架設桁 (エレクションガーダー) の長さの関係からも、架設時の移動距離が少なく、比較的平坦である P₂~A₂ 橋面上で、桁製作を行うこととした (写真—5)。エレクションガーダー据付け時の、安定性および作業の安全性を優先し、エレクションガーダーを P₂~A₂ 橋面内にセットするため、桁製作ヤード幅の確保が困難となった。しかし、桁製作ヤードを橋軸直角方向に配置し、架設時に、ブロック桁を 90 度回転させることで解決し施工を行った。P₂~A₂ 側径間には、橋面勾配が縦断 3.15%、横断 2.0% あり、ブロック桁吊上げ時の製作台底板への偏荷重の発生を避けるため、製作台を水平にし施工を行った。図—9 に桁製作図を、表—1 に標準工程を示す。

② ケーブル組立工

コンクリート打設前に、ケーブル内に PC 鋼線を挿入しないため、シースは通常のものより肉厚の厚いものを使用した。また、塩害対策地域であることから、亜鉛メッキを施したシースを用いた。接合目地部間隔は、50 cm と狭く、ケーブルに多少のズレが生じてても、接続は容易でないため、接合面のケーブル組立を慎重に行った。

③ コンクリート工

A₂ 背面よりポンプ車を使用し、ブーム打設を行った (写真—6)。打設は、ウェブ、下床版、上床版の順に行い、上床版の仕上りが直接、橋面の出来になるため、慎重に施工した。また、架設用の埋込み PC 鋼棒、箱抜き等があり、位置の変動のないよう注意し打設した。

使用した生コンクリートの諸元は次のとおりである。

設計基準強度: $\sigma_{ck} = 400 \text{ kg/cm}^2$

スランプ: $8 \pm 2.5 \text{ cm}$

粗骨材の最大寸法: 25 mm

空気量: $4 \pm 1.0\%$

水セメント比: 37.0%

養生は、養生マットを敷き散水養生を行った。

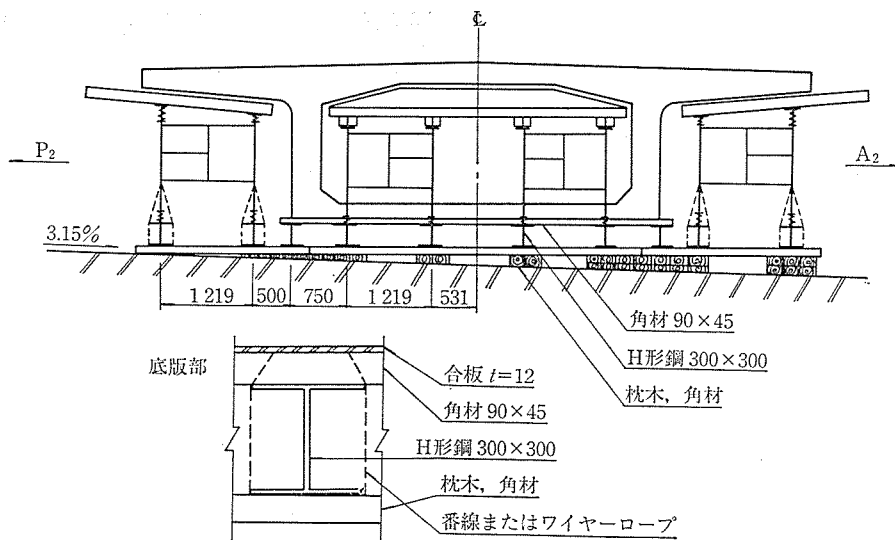


図-9 桁製作図

表-1 ブロック標準工程

(日)	5	10	15	20
底版および側枠組立	■			
鉄筋・シース組立内枠	■			
コンクリート打設	■			
養生、型枠脱型		■		
床版・横締めケーブル緊張		■		
運搬、架設		■		
接合部の型枠配筋		■		
コンクリート打設・養生			■	
架設ケーブル緊張				■

1ブロック4.500m, 場所打ち部0.500m

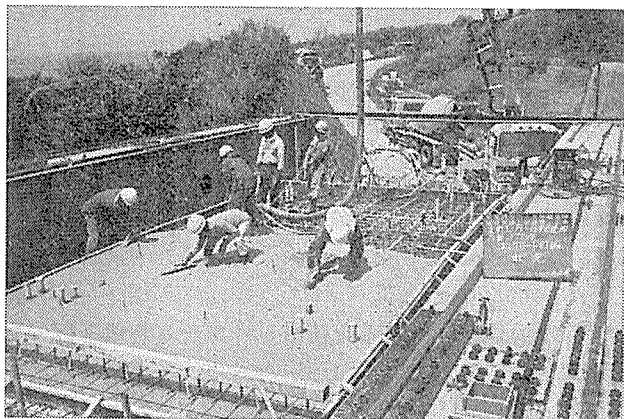


写真-6 ブロックコンクリート打設状況

④ 緊張

緊張は、コンクリートの圧縮強度が 340 kg/cm^2 以上に達したのを確認のうえ行った。ブロック桁架設時において、上床版部に架設金具等の不慮の荷重載荷を予想しなければならない。また、架設中ブロック桁を既設桁との固定のため、上床版部には6か所の桁固定金具が装着され、非常に重要な役割を果たしている。以上のことから、架設前に床版横締めケーブル (1 T 21.8 シングル

トランド) をブロック桁両端2本を除き緊張し、上床版部材の安定を図った。主ケーブル (12 V 12.4) は、接合目地部コンクリート打設後に緊張を行った。

(2) 架設工

架設方法は、エレクションガーダー上に、橋形クレーンを1基据え付け、特殊金具によりブロック桁を吊り架設する工法とした。ブロック桁 58.5 t, 特殊吊金具 6 t, 計 64.5 t あり、衝撃を考慮し、吊装置を 80 t 吊りの橋形クレーンとした。また、橋形クレーン本体重量 20 t, エレクションガーダー設置スパン 40 m であることから、W 150 t ガーダーとした (図-10, 写真-7)。

① エレクションガーダー設置

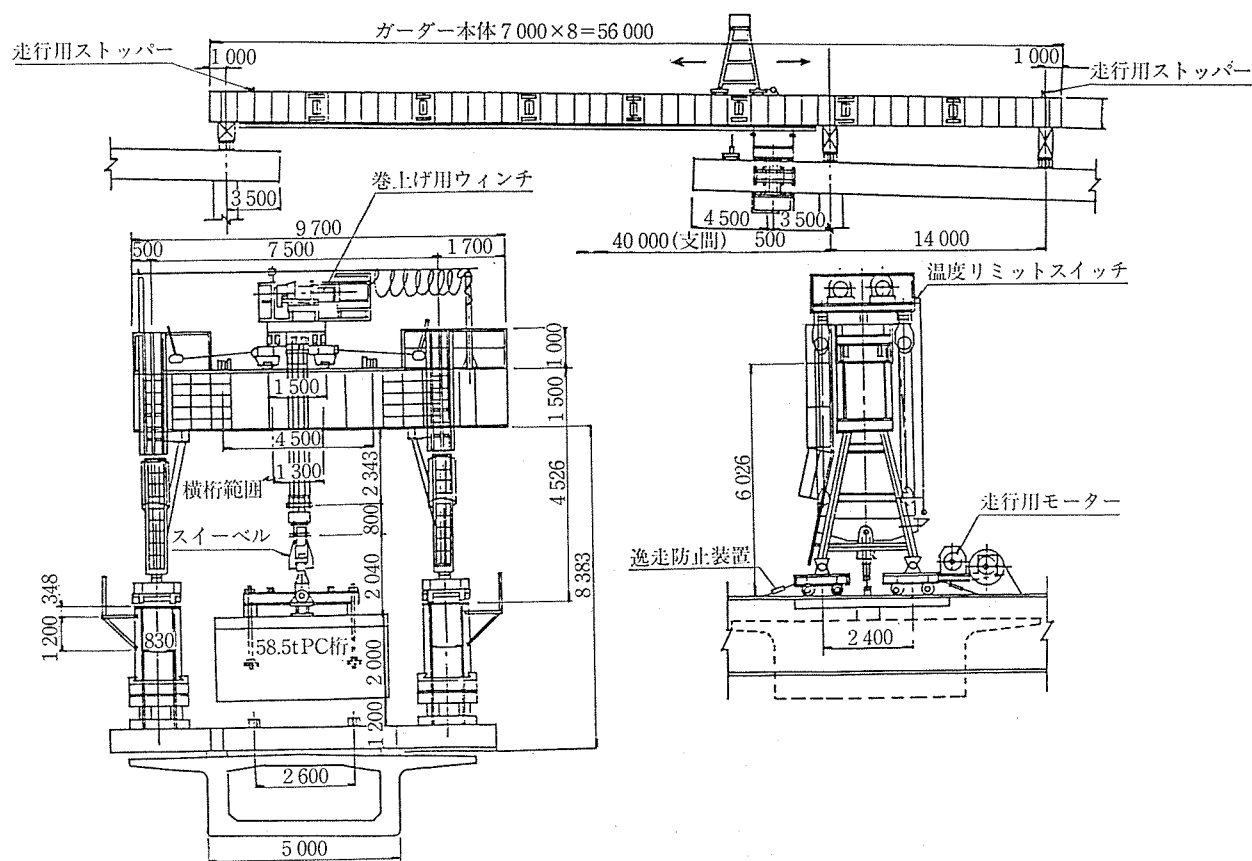
P_1 , P_2 , A_2 上にベント基礎のH形鋼 (588 H) を固定後、まず $P_2 \sim A_2$ 間に手延べガーダーブロック No. 1~4 を組み立てた。No. 5~12 の本体ガーダーブロックは、組立ヤード長が不足しているため、1ガーダーブロックごとに連結と引出しを繰り返し、架設した。最終引出し完了後、 P_1 側にて手延べブロックの解体を行った。架設したガーダーは、全体をジャッキアップし、 P_1 , P_2 , A_2 ベント上に載せ横取りした。横取りは、予めベント基礎H形鋼上に塗布されたグリスと、ベント下面に装着したステンレス板とで、摩擦を軽減し押ジャッキによりスライドさせて行った。図-11 にガーダー架設要領図を示す。

② 橋形クレーン

左右のエレクションガーダーを固定後、台車4基をガーダー上にセットし、地組した橋形本体をトラッククレーンにより吊り上げ、台車と接続した。次に、走行装置巻上げウインチ等を組み立て、さらにスィーベル等の桁吊金具を取り付け、組立完了した。

③ 移動作業足場

エレクションガーダー架設時に No. 5~10 の本体ガ



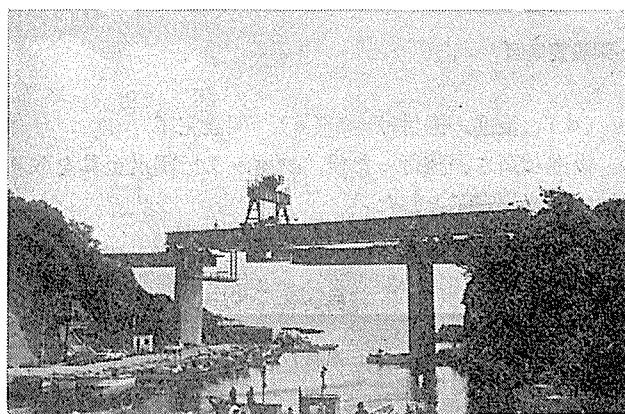
図—10 ガーダー，橋形クレーン架設図



写真—7 エレクションガーダー架設完了



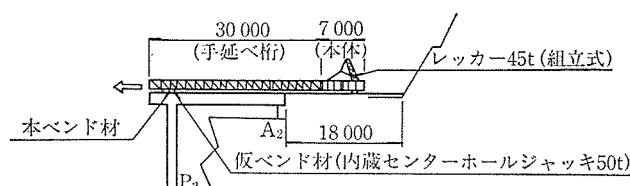
写真—9 中央閉合直前



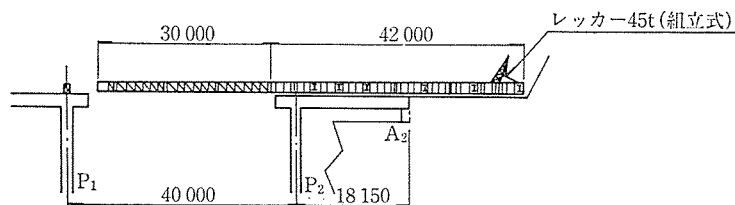
写真—8 ブロック桁の架設



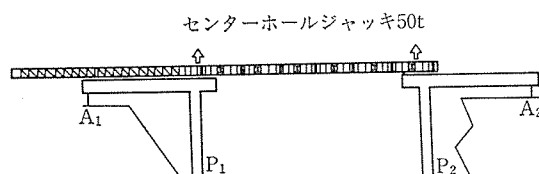
写真—10 接合目地の施工



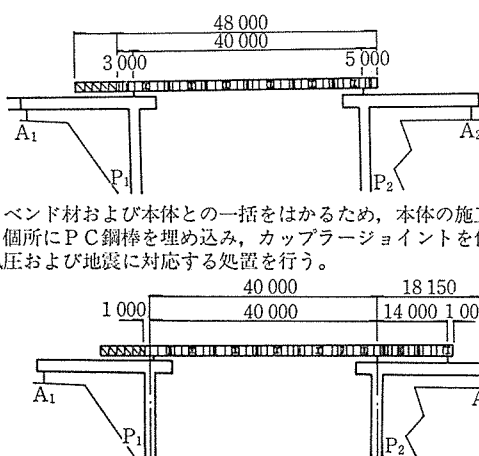
- ①P₁, P₂橋脚上に下部ベンドおよび仮ベンドを据え付ける。
- ②A₂橋台裏側でエレクションガーダーを手延べ〜本体の順にトラッククレーン45tを使用して組み立て、ウィンチにて引出しを行う。



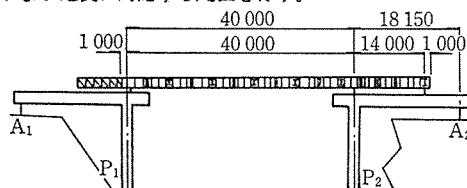
- ③A₂〜P₂〜A₁方向へと縦断勾配なりに②と同様に引出しを行う。
- ④P₂橋脚上より、手延べ部が引き出されたならば、1ブロックずつ手延べ部を解体し撤去する（トラッククレーン45tを使用）。



- ⑤エレクションガーダー引出し完了後、センターホールジャッキ50tおよびゲビンの併用にて上昇させ、所定の高さをセットする。
- ⑥所定の高さにセットされたエレクションガーダーに上部ベンドを固定し仮ベンドを撤去する。
- ⑦上部ベンドを固定したまま、下部ベンド上を所定の位置まで横取りする。



- ⑧エレクションガーダーとベンド材および本体との一括をはかるため、本体の施工上にあたってベンドが据え付けられる個所にP C鋼棒を埋め込み、カップラジョイントを使用して本体とガーダーを締め付け、風圧および地震に対応する処置を行う。



- ⑨エレクションガーダー固定

図—11 ガーダー架設要領図

ーダー下面に走行レールを取り付けた。走行レールをガーダー下面に取り付けたことにより、橋形クレーンの位置に左右されず、自在に移動することが可能となり、施工サイクルの大幅短縮につながった。移動作業足場は、接合目地部の施工 および 主 ケーブル の緊張等々に使用した。

④ ブロック桁の架設

ブロック桁の架設順序を次に示す（写真—8, 9）。

(a) 吊上げ, 前進 (b) 吊下げ (c) 回転

(d) 後進, 据付け (e) 架設完了

後進し高さ調整を行った後、ブロック桁固定金具を取り付け、架設完了とした。

(3) 接合目地工

この接合目地は、架設ブロック桁と既設桁とを一体化させる重要な部位であり、橋体そのものでもある。ブロック桁は、既設桁と固定金具により十分に接続して固定させ速やかに施工を行うことを心がけた。施工状況を写真—10 に示す。

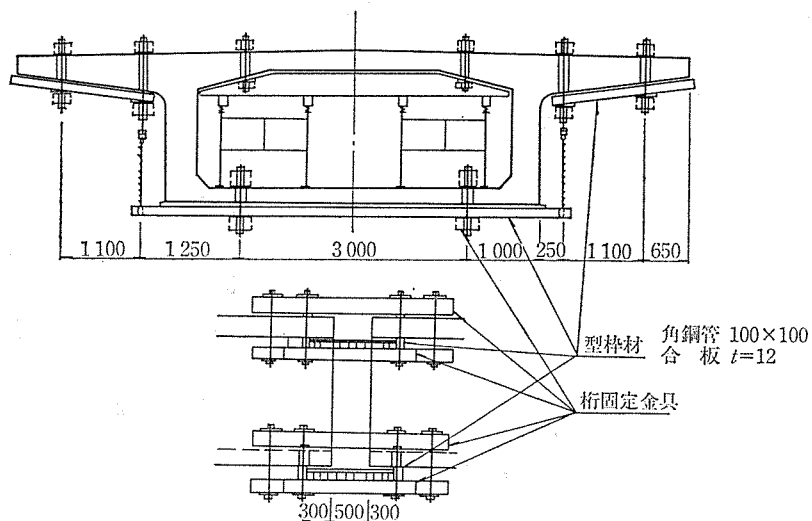


図-12 型枠セット図

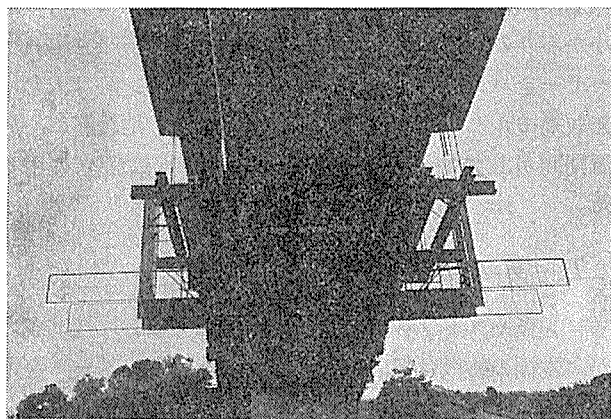


写真-11 中央閉合

型枠は、桁固定金具を装着後、金具と桁コンクリート面との間に、キャンバー等により挟み込んでセットした。コンクリート打設は、トラッククレーンによるバケット打設を行った。生コンクリートの諸元は、ブロック桁製作時使用のものと同じとした。図-12に型枠セット図を示す。

(4) 中央閉合工

最終ブロック桁施工完了後の中央部間隔は、3.0 m で架設時に回転させる関係上、ブロック桁としての架設が不可能である。したがって、吊式支保工により場所打ち施工とした。双方の張出し架設桁先端に、箱抜きを施し、吊材に異形 PC 鋼棒、梁に H 形鋼 (300 H) を使用し施工を行った。施工状況を写真-11 に示し、吊式支保工を図-13 に示す。

(5) 接合ケーブル、主ケーブルの緊張

ブロック桁による片張出し施工中は、側径間側を固定側とする片引き緊張を行い、中央閉合部打設後は、両引き緊張を行った。箱桁断面に均等な応力が導入されるよう、フレシネージャッキ (S6-V 型) 2 台を使用し、左右ケーブル同時に緊張を行った。

5. たわみ管理

本橋の施工は、側径間を支柱式支保工で、中央径間は

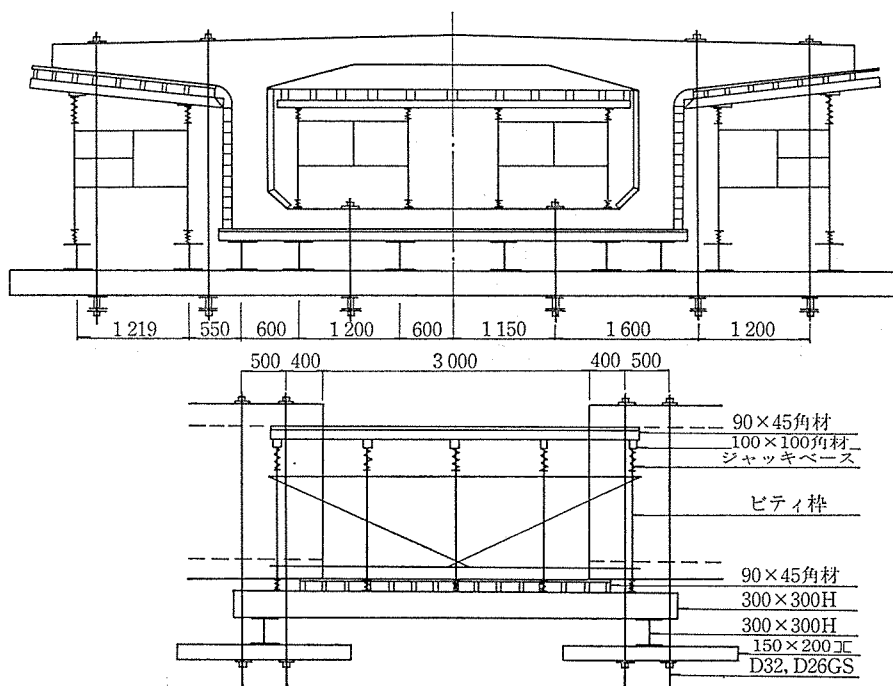


図-13 吊支保工および型枠組立図

◇工事報告◇

ブロック工法による張出し架設を行って連続桁とするため、一括施工の場合とは、たわみ量が異なる。上げ越し量の決定は、施工段階を次のように3段階に分けて行った。

- ① 張出し架設中に、各ブロックの先端に生ずるたわみに対する上げ越し量。
- ② 張出し架設終了時から、施工完了時 ($t=0$) まで

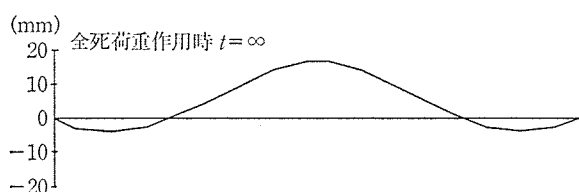
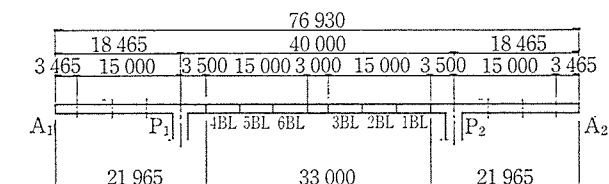


図-14 上げ越し図

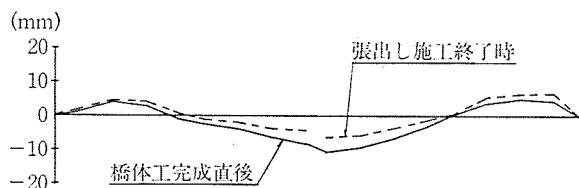


図-15 たわみ実測値

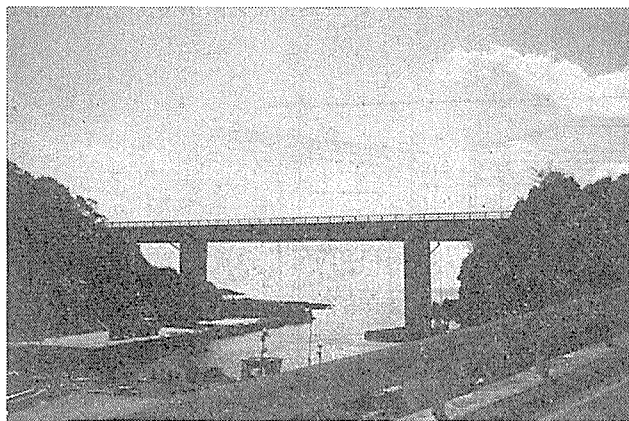


写真-12 完成写真

に生ずるたわみに対する上げ越し量。

- ③ 施工完了時 ($t=0$) 以降クリープ、乾燥収縮終了時 ($t=\infty$) までに生ずるたわみに対する上げ越し量。

実施工では、架設段階毎に測定を行い、たわみ実測値と上げ越し量を比較検討した。図-14 は全死荷重作用時 ($t=\infty$) に所定の計画高が確保できるように考慮した上げ越し量を示す。また、図-15 は、たわみ実測値による計画高との差を表わしているが、最終的には残留クリープ、橋面荷重等の影響によりほぼ計画高に近いものが得られた。上部工の完成状況を、写真-12 に示す。

6. 塩害対策

架橋位置は、道路橋の塩害対策指針（案）によると地域区分 B、対策区分 I に該当する。指針では、いくつかの基本的対策が示されているが、本橋では主に鋼材の最小かぶりの規定に従った。施工面では、鉄筋組立用スパーサーをコンクリート製にし、型枠の木コン跡は入念に無収縮モルタルで穴埋めを行った。また、地覆筋は、放置期間が比較的長くなるため、一部塗装鉄筋を使用した。

7. あとがき

プレキャストブロック工法は、施工実績も比較的多いが、本橋の特徴は架設桁（エレクションガーダー）を用いて施工を行った点である。したがって、施工に先立ち、架設期間中これらの機材が橋体に影響を及ぼすため、十分に検討を行った。一方、施工面では、立地条件から架設機組立ヤード、桁製作ヤードが極端に制限されること、海上架設のため風に対するガーダーの安定、コンクリートの品質管理等、検討を加える事項が多々あったが、いくつか工夫をこらした結果、比較的良好なものが得られたと思われる。

最後に、本橋梁は 62 年 10 月に無事完成したことは、関係各位の御指導、御尽力の賜物と厚く感謝いたします。

【昭和 62 年 11 月 25 日受付】