

平戸高架橋の設計と施工について

木 下 博*
小 松 和 彦**

1. ま え が き

平戸高架橋（仮称）は、長崎県の西北に位置する平戸島と九州本土を結ぶために現在建設中である平戸大橋（中央スパン 465 m の吊橋）の平戸島側の取付高架橋である。

平戸島は人口約 32 000 人で、東西約 6 km、南北 40 km、面積 171 km² の細長い島である。平戸島を本土化するために架橋運動が起り、昭和 48 年 3 月より有料道路事業として平戸大橋の工事が着工された。それに伴い平戸島側の取付道路も公共事業で整備が進められ、取付高架橋もその一部として昭和 48 年より着手された。以下に平戸高架橋の設計・施工の概要を報告する。

2. 工事の概要

路線名：一般国道 383 号線

工事場所：長崎県平戸市岩の上町

構造形式：下部工

橋台 1 基	扶壁式 深礎基礎	公共事業
橋脚 4 基	T形式 直接基礎	
橋脚 3 基	アンカーレイジ上	2 基
"	フレキシブル形式	1 基
		有料事業

シムクリート工法（橋脚）

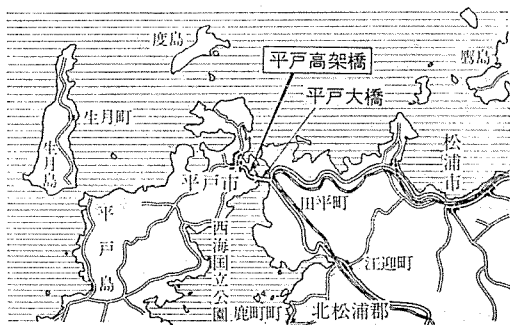


図-1 位置図

* 長崎県平戸大橋建設事務所 次長

** 長崎県長崎土木事務所 技師（前長崎県平戸大橋建設事務所 技師）

上部工

プレストレスト コンクリート単純 T 桁
橋 7 連 6 主桁 フレシネー工法

設計荷重：一等橋（TL-20）

橋 長：214.1 m = 29.8 × 5 + 26.3 + 38.5

有効幅員：歩道 1.5 m + 車道 7.5 m + 歩道 1.5 m

縦断勾配： $\begin{matrix} -4.0\% & 2.8\% \end{matrix}$

曲線半径：180 m

横断勾配： $\begin{matrix} 1.5\% & 1.5\% & 6\% & 1.5\% & 1.5\% \end{matrix}$

工 期：昭和 48 年 10 月～昭和 52 年 7 月



写真-1

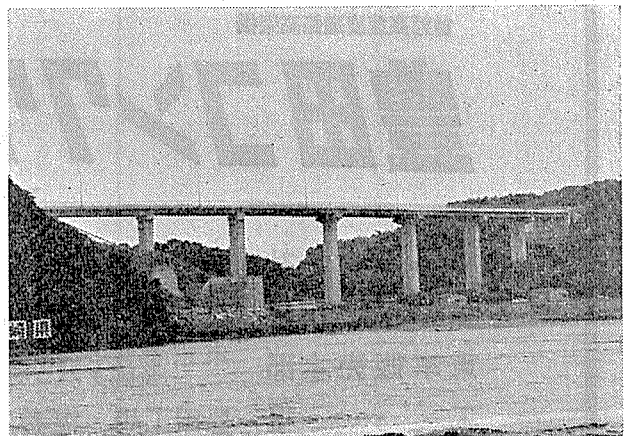


写真-2

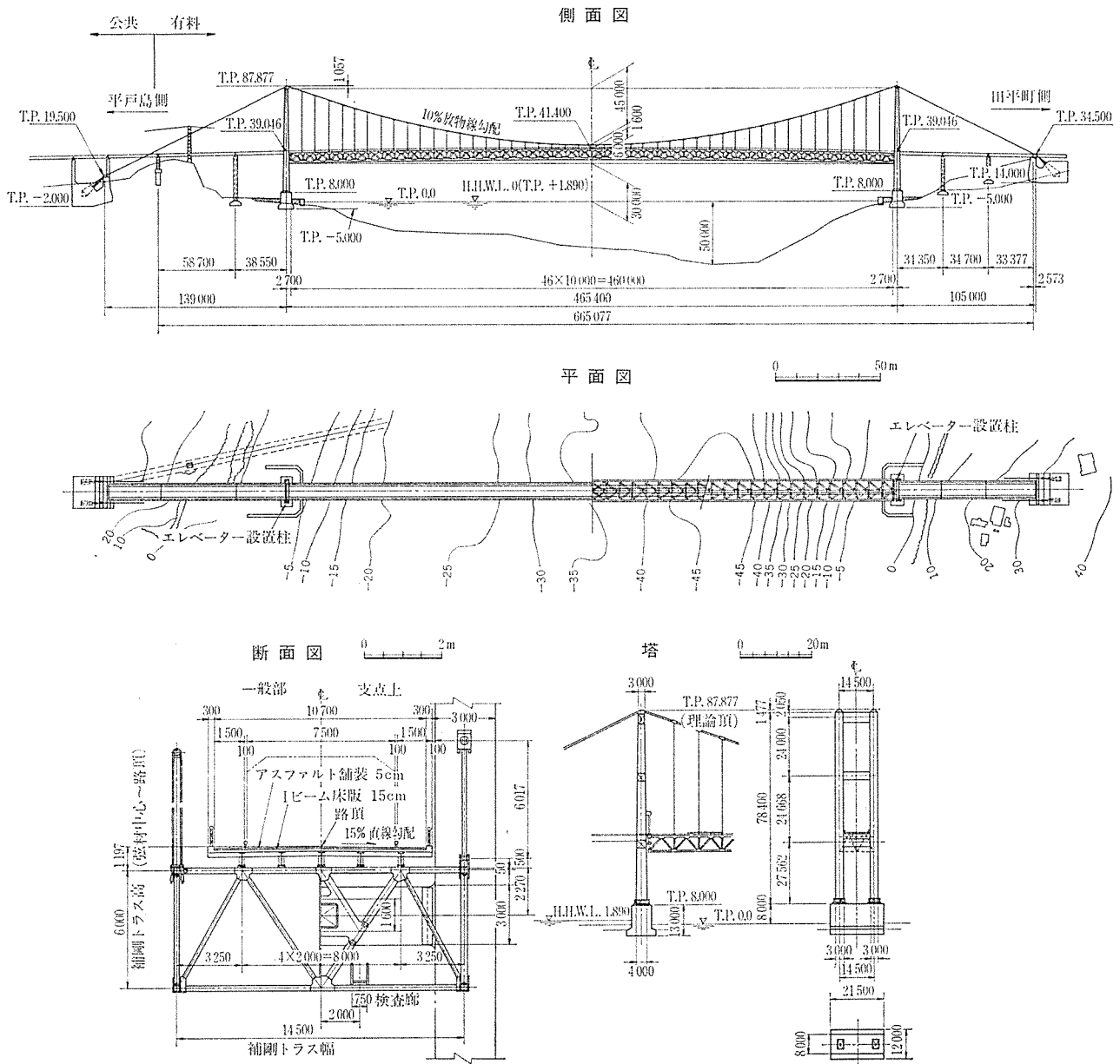


図-2 平戸大橋一般図

表-1 全体工程表

	S.47年			S.48年			S.49年			S.50年			S.51年		
	4	7	10	1	4	7	10	1	4	7	10	1	4	7	10
公共事業	地質調査	○													
	予備設計	○													
下部工	実施設計		○												
	下部工			P ₂ P ₂		A ₁ P ₁ P ₂									
有料事業				アンカーレイジ		P ₂ P ₂									
						P ₂									
				塔橋脚		塔		ケーブル							補剛トラス

表-2 上部工程表

	S.49年												S.50年						S.51年							
	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6
準備工																										
主桁製作工																										
支承工																										
架設工																										
横組工																										
地覆工																										
歩道工																										
伸縮継手工																										
排水工																										
高欄工																										
舗装工																										
照明工																										

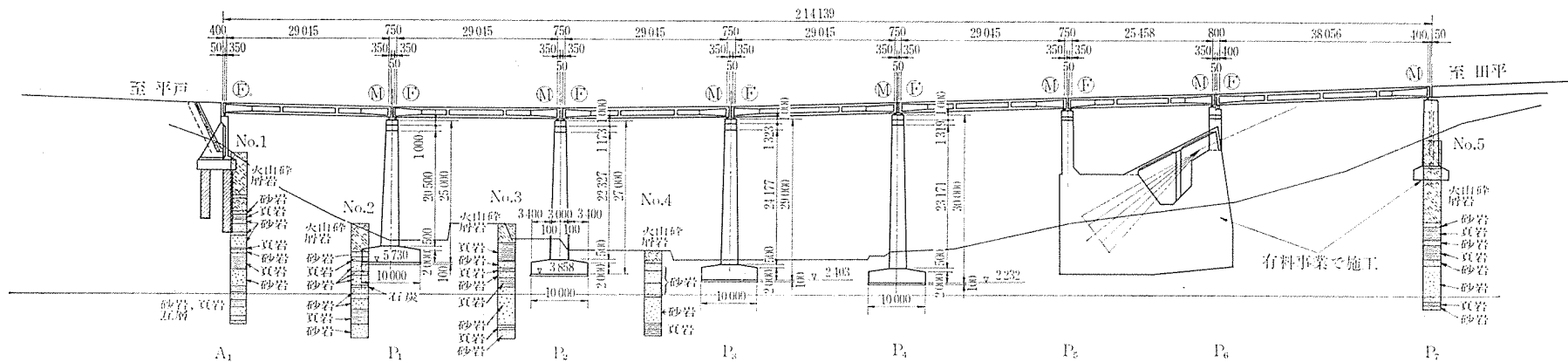
発注者：長崎県

施工者：地質調査 基礎地盤コンサルタンツ (株)
概略設計・詳細設計 (株)長大橋設計センター

下部工 (株)間組

上部工 富士ピー・エス・コンクリート (株)

側面図



平面図

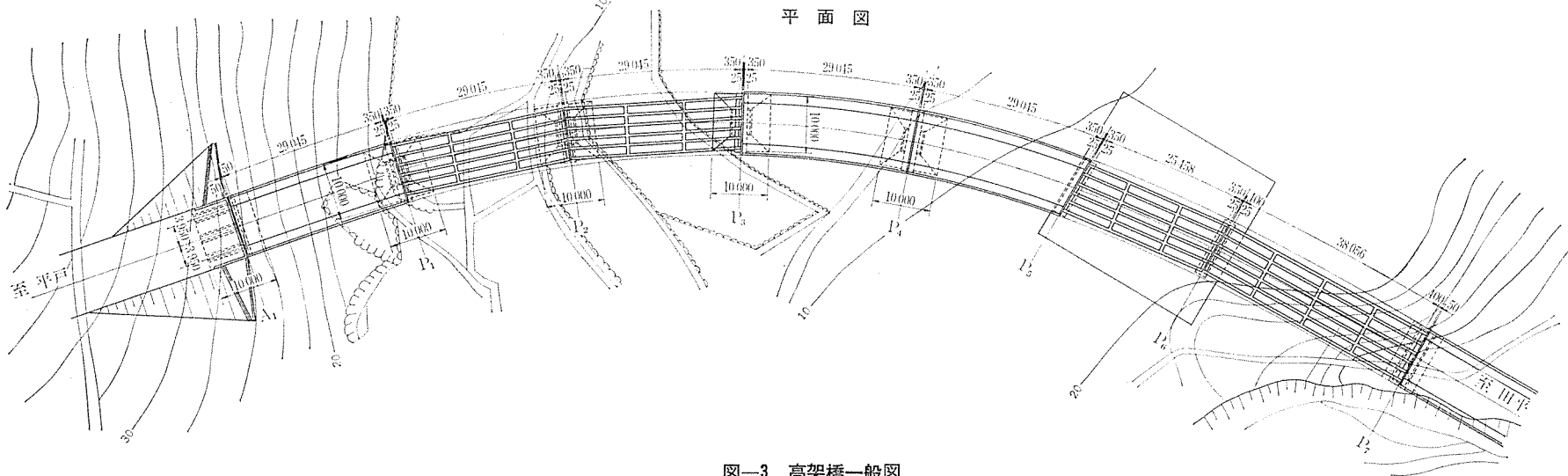


図-3 高架橋一般図

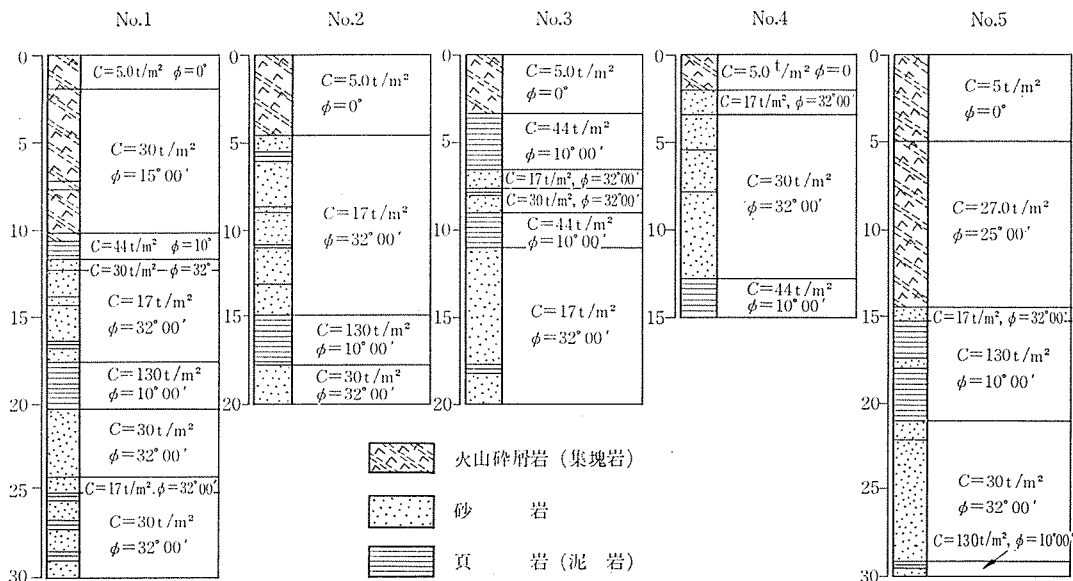


図-4 地盤定数

3. 地質調査

調査は橋台および橋脚箇所です計5か所について標準貫入試験（土質部分について）、高圧プレシオメーター試験を併用したコアボーリングを行い、地層の構成状況および地盤の工学的特性について判定を行った。

平戸市周辺は標高 100~200 m 以下の比較的なだらかな丘陵地形をなし、地質は平戸島を含め広く分布する新第三系の堆積岩類と、それを覆う火山岩類によって構成されている。

調査地域は新第三系の砂岩・泥岩類を覆って比較的凝結力の大きい火山砕屑岩（粘土化）が分布している。

地盤定数 (C, φ) の決定は平戸大橋の調査資料を参考にして、プレシオメーター試験と平戸大橋で行った平板載荷試験とテルツァーギーの公式を関連させて C, φ を決めた。その手順は平戸大橋調査資料を整理して、プレシオメーター試験の変形係数 (E_P) および流動圧 (P_f) と平板載荷試験の破壊荷重 (P_L) = 極限支持力 (Q_L) (B = 60 cm の円型基礎, D_f = 0 m として) と考えて、テルツァーギーの支持力公式 (q_d = 1.3 CN_c + 0.6 rr₁N_γ + r₂D_fN_q) を用いて B = 60 cm (円形), D_f = 0 m として各岩盤ごとの Q_L から逆に C と φ を推定した。結果を図-4 に示す。

4. 比較設計

本橋の比較設計は、アンカーレージから後の橋長約 149.0 m の高架橋部について、支間割りおよび橋梁形式について行った。

表-3 比較設計案

案	略 図	支間割	上 部 工	下 部 工
第1案		6	鋼 単純合成H桁 6連	T型橋脚 5基 扶壁式橋台 1基
第2案		4	橋 単純合成I桁1連 + 3径間連続I桁	T型橋脚 3基 扶壁式橋台 1基
第3案		5	コンクリート橋 PCボステン単純T型 5連	T型橋脚 4基 扶壁式橋台 1基
第4案		4	コンクリート橋 PCボステン単純T型1連 + 3径間連続PC箱桁	T型橋脚 2基 門型橋脚 1基 扶壁式橋台 1基
第5案		3	有鉸T型ラーメン 2基	扶壁式橋台 1基

表-4 比較設計一覧表

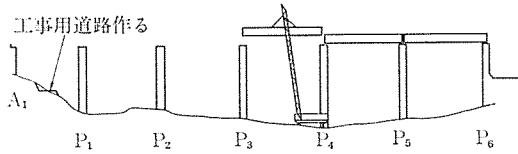
案	工費(単位百万円)			利 点	欠 点
	上部工	下部工	計		
第1案	69	66	135	工期が短い。 構造技術が簡単。	桁高が他と比べて低い。 維持費が大。
第2案	98	47	145	架設が確実に行える。 全体配列が適当。	架設費が大。 維持費が大。
第3案	62	56	118	工費が少ない。 維持費が少ない。	製作カードが必要。 曲線による床版のシフト量が大きくなる。
第4案	71	77	148	構造が線形に合致している。 維持費が少ない。	架設術、支保工の材料が多くかかる。 工期が長い。
第5案	115	15	130	構造が線形に合致している。 維持費が少ない。 美観がよい。	工期が長い。 施工技術を要する。

設計条件

等級：一等橋
橋 長：149.0 m

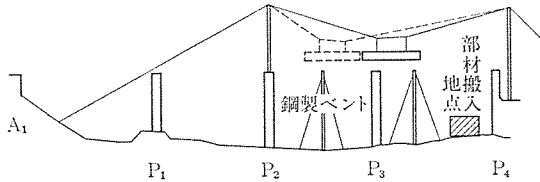
第1案

主桁1本約7.5tとする。トラッククレーンにより架設するものとする。



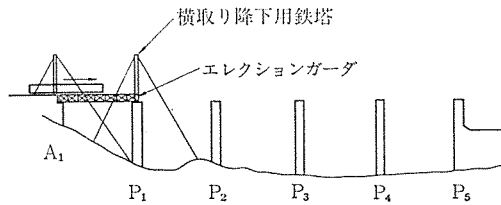
第2案

ケーブルクレーンによるベント工法と片持式工法の兼ね合せたものを考える。

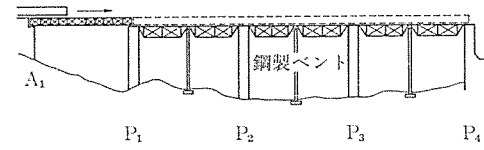


第3案

エレクションガーダを架設しその上を引出す工法を考える。



第4案



A₁-P₁ 径間はエレクションガーダによる架設とする。他の径間は支保工組立により、現場打ちとする。

第5案

ディビゲーク工法

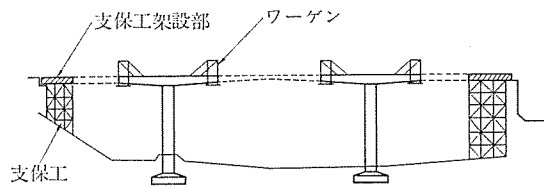


図-5 比較案の架設工法

幅員：歩 1.5 m + 車 7.5 m + 歩 1.5 m
 平面曲線：R=180 m, クロソイド=100 m
 縦断勾配：-4%~2.8% VCL=80 m
 基礎形式：直接基礎

比較対象案としては表-3 に示す5案を考え工費・施工性・維持費・工期・美観等を考慮して検討した結果第3案のPC単純T桁橋5連に決定した(表-4)。

また各案の施工方法は、図-5 を考えて工費を算出した。

5. 上部工の設計

上部工の構造形式はポストテンションT型単純桁橋(フレシネー工法)であり、主桁の構造は図-6 に示すとおりである。

ポストテンションT桁の設計において、問題となった点は次のとおりである。

1) 桁端線を道路中心線に直角に設定したことにより、両外桁の支間長がかなり異なり、そのため主桁断面力の解析には、一部の支間を除いて任意平面格子のプログラムにより断面力を求めた(中央断面における両外桁M_{d+1}の比はα≒1.2, P₂~P₃)。

2) 縦断曲線および平面曲線内に主桁を設けるため、

主桁上面による平面と橋面との関係が非常に複雑となった。主桁のキャンバーを橋面と平行にする方法もあるが、主桁長がすべて異なることもあり施工管理が困難であるので、本設計ではすべて主桁上面と橋面との差は調整モルタルで処理している。この調整モルタル厚は最大30 cmにも達する部分もあり、かなりの死荷重増となり桁高として多少高めの値を採用することになった。

6. 上部工の施工

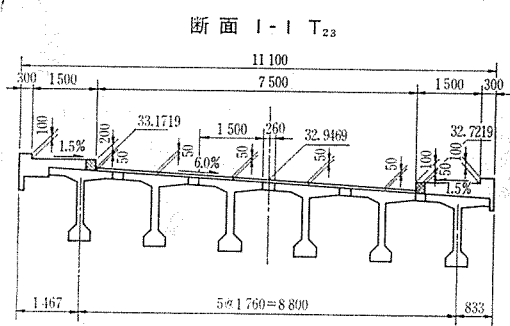
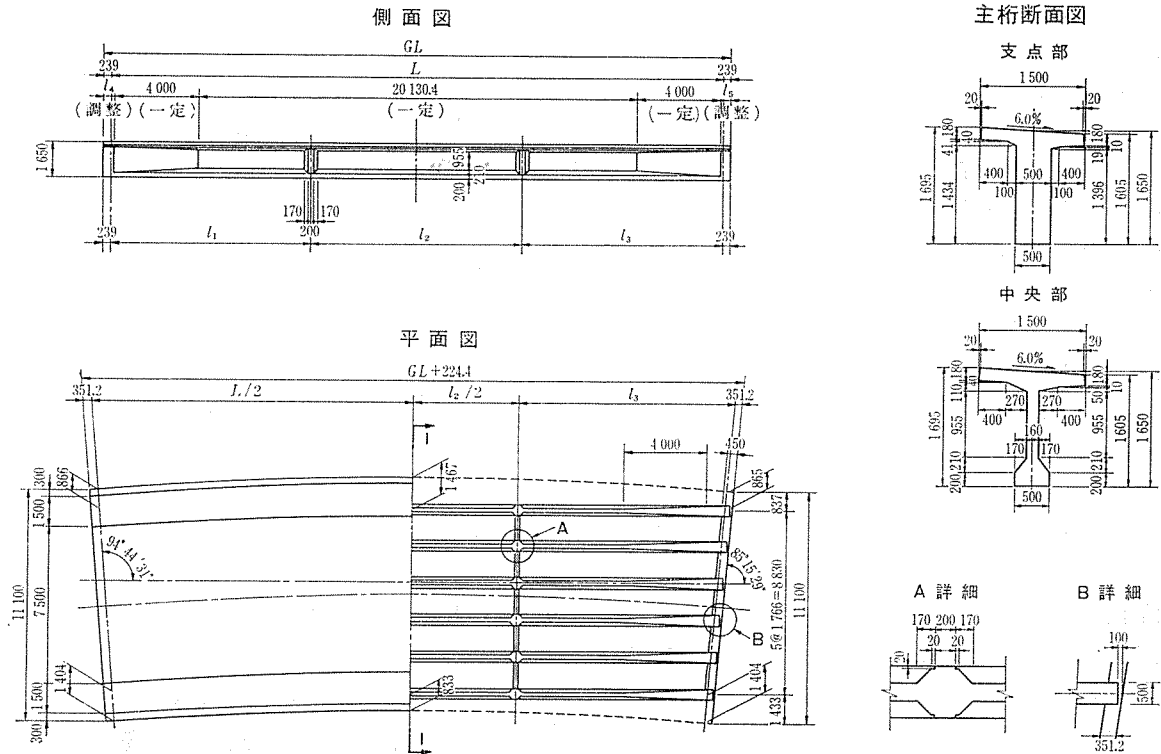
(1) 工事実施前の設計変更

本橋は、R=180 mの曲線橋で、最大片勾配が6%あり、縦断勾配が-4%から+2.8%に変化している。また橋脚高が20~30 mある、等が特徴としてあげられる。

細部の設計で考慮したことは次の諸点である。

- 1) 主桁の横断勾配の取り方は、ウェブを倒さずフランジを傾ける方法をとった。
- 2) 曲線部の主桁桁端部を円中心方向にしないで主桁方向に直角に処理し、端横桁によって端部を整理した。
- 3) 型枠転用を可能にするため、中央部の長さを一定とし桁長の調整は端部拡幅部で行った。

(2) コンクリート



各主桁寸法調整表

	L	l_1	l_2	l_3	$L/2$	GL	l_4	l_5
G_1	29 788.0	9 894	10 000	9 894	14 894	30 266	1 067.8	1 067.8
G_2	29 496.0	9 748	10 000	9 748	14 948	29 974	921.8	921.8
G_3	29 204.0	9 602	10 000	9 602	14 602	29 682	775.8	775.8
G_4	28 912.0	9 456	10 000	9 456	14 456	29 390	628.8	628.8
G_5	28 620.0	9 310	10 000	9 310	14 310	29 098	483.8	483.8
G_6	28 328.0	9 164	10 000	9 164	14 164	28 806	337.8	337.8



図-6 上部工一般図

表-5 生コン工場の対策

問題点	対策
1 試験室にコンクリートに対する知識・技術を有した者がいない。	受注者が技術指導を行う。
2 品質管理が行われていない。	同上
3 標準養生用水槽がない。	設置させる。
4 スランプ・空気量・コンクリート強度の測定があまり行われていない。	打設直前に諸測定を行う。
5 散水設備が不十分である。	設備を行う。

表-6 主桁コンクリート示方配合

粗骨材寸法の法 (mm)	スランプ (%)	空気量 (%)	水セメント比 (%)	細骨材率 (%)	単位量 (kg/m ³)				
					水	セメント	細骨材	粗骨材	混和剤 (g/m ³)
20	8±2	3±1	38	38	170	447	664	1.112	1.118

平戸島内には生コン製造工場が一つのみで、しかも JIS 工場でなく、県の調査で C ランクになっており、しかし高強度のコンクリートが要求されるため、県の調査で指摘された点を表-5 のように改善して同工場の生コンを使うことにした。

また、同工場はセメントサイロが一つしかないので早強ポルトランドセメントの使用ができず、普通ポルトランドセメントを用いた。

コンクリートの配合は表-6 のとおりである。なお施工の管理データは図-7 のようになった。

(3) 主桁製作ヤード

主桁製作ヤードは、取り付け道路の片側半分を長さ 600 m にわたって利用した。

主桁製作ベンチは、各径間別に 4 基を設け、24 本分がストックできるようにした。

取付道路は縦断勾配5%, 横断勾配6%区間にベンチを設けたのでベンチは縦断勾配を3%まで修正し横断勾配はレベルにした。

(4) コンクリート打設

主桁コンクリート打設には、取付け道の歩道に軌条を設け、その上を走行する2.8t吊走行クレーンで行った(図-8)。コンクリートの運搬はトラック ミキサーで現場まで運んだ。現場へ搬入したコンクリートは、走行クレーンのバケットに移し型枠内に投入した。

ベンチには縦断勾配があるため、低い方からコンクリートの打込みを行った。

締固めには、振動機を使用した。振動機は内部振動と外部振動を併用した。

養生は、寒中は桁をシートで覆い、型枠の周囲に練炭コンロ 20 個を配置し、水を入れた容器をコンロの上に置き、水蒸気を出して養生を行った。暑中はマット覆いをして直径 20 mm の塩化ビニールパイプを 1.0~1.5 m 間隔に孔をあけ、直接コンクリートにあたらぬように散水した。

なお全桁に自記温度計をセットし、桁内および外気の最高最低温度を記録し、管理に利用した。

また、ヤードが取付け道路を利用したこと、およびヤードの延長が 600 m と長いので、主桁を防護するため臨時の信号器を設置したり夜間の照明設備を行った。

(5) プレストレッシング

主桁コンクリートが、 $0.85 \sigma_{cs}$ (340 kg/cm^2) に達してからプレストレス作業を行った。

プレストレスの導入は $12\phi 7 \text{ mm}$ 用のフレッシュジャッキおよび電動ポンプを使用して両端より締め付けを行

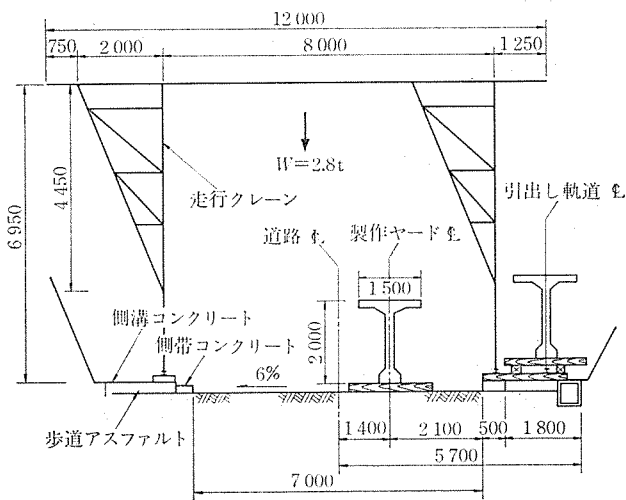


図-8 主桁製作ヤード断面図

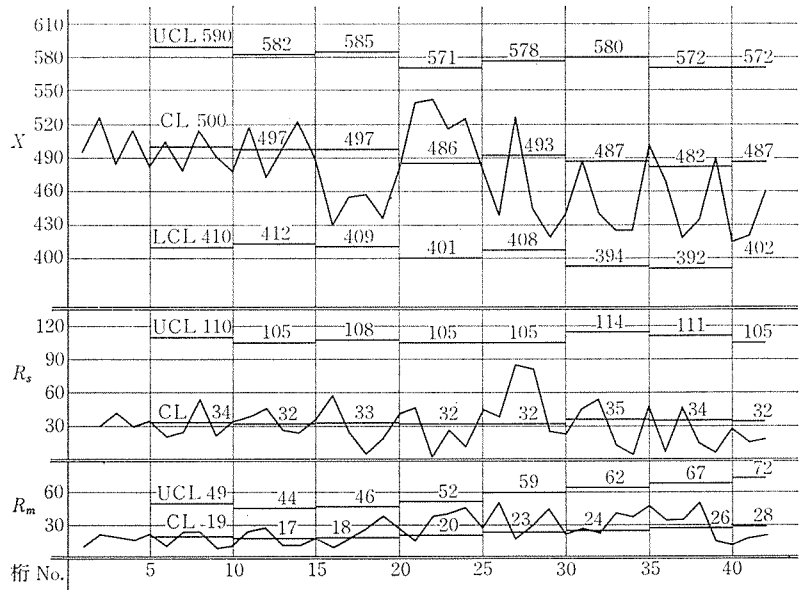


図-7 σ_{cs} , \bar{X} - R_s - R_m 管理図

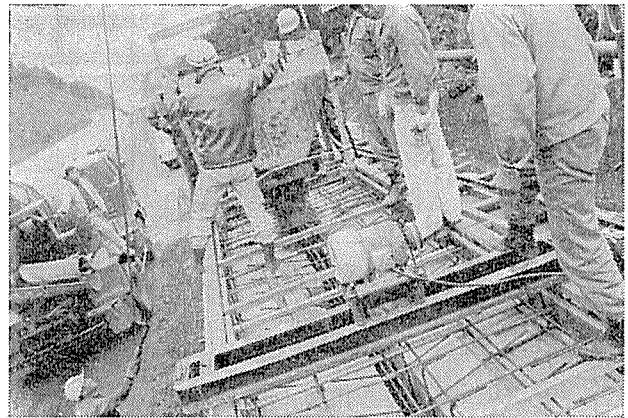


写真-3

い、締付計算の荷重・伸び量が得られたら雄コーンをジャッキで圧入して定着した。

緊張管理は1本ごとにデータを作り、荷重計の示度およびPC鋼線の伸び量をグラフにプロットして緊張力を確認した。

なお緊張作業時には桁のキャンバーを測定し安全を確認した。

(6) 作業用吊足場

架設場所が高さ 25~30 m の高架橋上であり全長 214 m もあるので普通のビティ足場で各橋脚を昇降するのは作業能率・安全性に問題があるので写真-4 のような吊足場で各橋脚を連結した。

このため測量・支承工・型枠および主桁架設用の門型トロリーの建込み等の作業は、吊足場を利用して能率的であった。

(7) 桁の横取りおよび引出し

桁の横取りは主桁に取付けたジャッキング用ブラケットをジャッキで上昇して仮支持し、コロにより引き出し

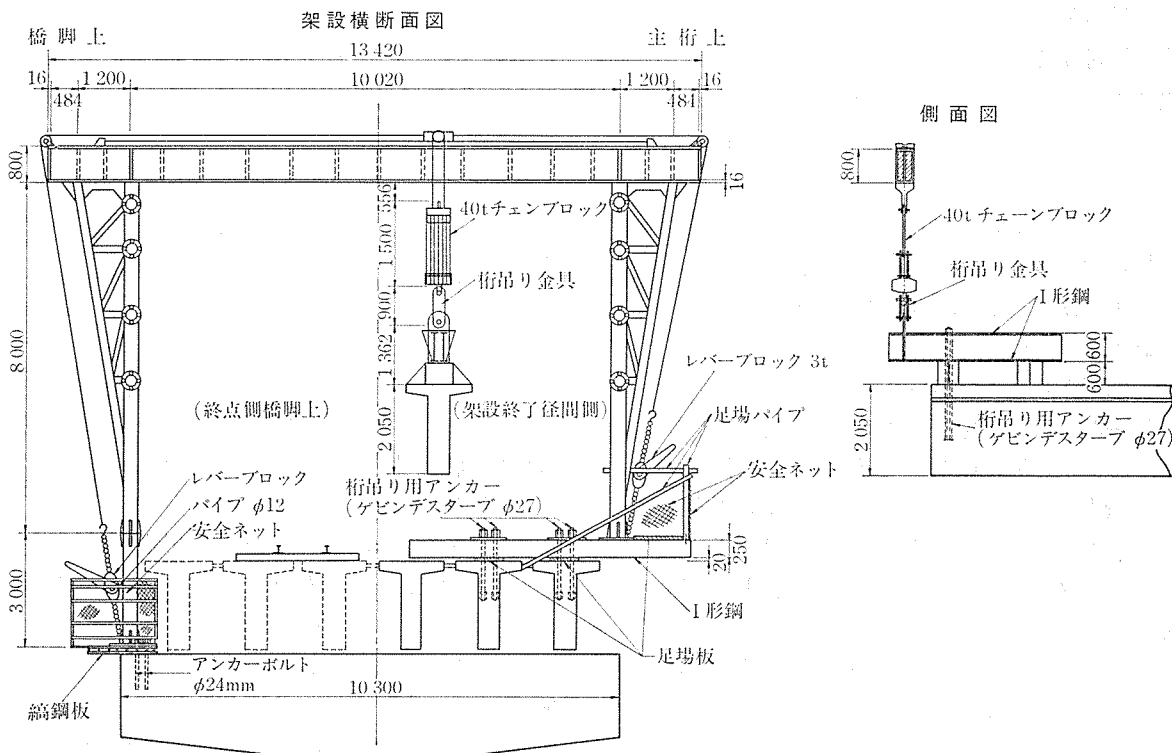


図-9 門型トロリーとゲビンデスターブ

軌道上の2台の重量トロリーに載せた。

引出しは主桁に転倒防止材を取付け、ウインチによりトロリーを走らせる方法を採用した。

(8) 主桁架設工

架設工法は手延式エレクションガーダー(上路式)門型トロリーおよびチェーンブロックで行った。

桁吊金具(ゲビンデスターブ)を取付けた主桁を架設地点まで引き出し、40t吊チェーンブロック台で主桁を吊り上げ架設を行った。

a) 架設準備

- 1) 門型トロリーおよびエレクションガーダーを取付道路で20tクレーンにより組み立てる。
- 2) エレクションガーダーをウインチで引き出す。
- 3) 門型トロリーでエレクションガーダーを吊り降す。
- 4) 二又をガーダー上の台車で運搬し、橋脚上に引き起す。
- 5) 橋脚側門型トロリーを組立てる。門型トロリーを架設台車に載せガーダー上を引き出し、橋脚上の二又により吊り上げて門型トロリーの脚を定めトラワイヤーを緊張する。
- 6) 建て込んだ門型トロリーにチェーンブロックをセットする。

以上のサイクルで順次架設段取りを行った。曲線橋であるのでエレクションガーダーの据付けには時間がかか

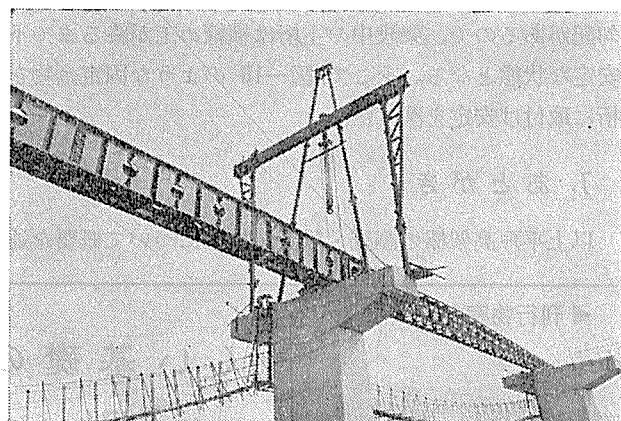


写真-4

った。

b) 主桁架設 前記の要領でエレクションガーダーを架設し、門型トロリーを建て込んだ後これらの機材を使用して主桁架設を行った。

まずエレクションガーダーを主桁のG₄の位置に本据えした。高さはガーダーレールと軌道レールを合せた。

エレクションガーダー上の運搬用軌条を引き出された主桁を、門型トロリーによってゲビンデスターブを吊り上げ横移動し本据えを行った。

架設はG₁→G₂→G₆→G₅→G₃→G₄の順で行った。

G₃桁を架設した後G₄をG₅・G₆上に仮置きし、エレクションガーダーの運搬用軌条を敷設し、G₄位置にあるガーダーを門型トロリーで運搬用軌条台車に載せた

報 告

後 G₄ を横移動し据付けた。

主桁を据付けると直ちに仮横締め（両端および中央 4 本ずつ）を行い主桁を一体化してエレクション ガーダーを P₂ 橋脚に向けて運搬した。

特にアンカーレイジ上のスパンの主桁架設が平戸大橋のケーブル工事との作業が出合い丁場になり、上下作業となるため工程調整・安全対策（防護工）には神経を使った。

また、門型トロリーの脚が橋脚幅いっぱいなので、図-9 のように先方（橋脚上）は橋脚にアンカーボルトを埋め込み縞鋼板でベースを作った。また手前の桁上の門型トロリーは、主桁幅から張出すため H 型鋼（250×250）を 2 本敷き並べて桁吊り用アンカー（ゲビンデスターブ φ27）で固定し、天秤方式で脚を支える方法を採用した。

H 型鋼のたわみによる主桁への影響を防ぐために、H 型鋼は主桁から離してゲビンデスターブに取付けた。

（9）支 承 工

スパン 30 m であり、海浜地区であることを考慮してゴム支承（ネオスライド沓）としたが、縦断勾配、横断勾配があるので、架設中の主桁は横締め工が終るまで不安定な状態となる。そこで 図-10 のような固定金物を桁に取付け安定を図った。

7. あとがき

以上平戸高架橋の調査・設計・施工について概要を述

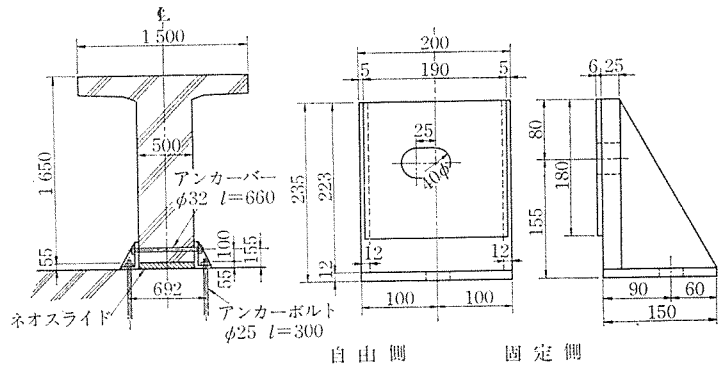


図-10 支承固定金具

べたが、特に上部工の施工はプレストレスト コンクリートに橋種を決めたことによって

1) 主桁本数が 42 本と多いので取付け道路をヤードとしての確保および取付け道路の工事との取合いの調整に労を要した。

2) 工程が長くなり、平戸大橋工事との取合いが生じた。

3) 曲線橋でありかつ高所であるためエレクション ガーダーの据付けに時間を要した。

等の問題があり、神経を使う工事であったが架橋地点は海近く今後のメンテナンスを考えれば PC 桁を採用してよかったと考えている。工事は無事一件の事故もなく竣工することができた。関係者の御尽力に対して謝意を表するものである。

1976.8.10・受付

◀ 刊行物案内 ▶

く い 基 礎 の 最 近 の 進 歩

— PC くいの正しい使い —

体 裁：A 4 判 246 ページ

定 価：2000 円（会員特別頒価 1800 円） 送料 300 円

内 容：1) PCくい、2) PCくい基礎の設計、3) PCくいの施工、4) 超高強度コンクリートくい、5) 超大径くい

お申込みは PC 技術協会へ

◀ 刊行物案内 ▶

プレストレスト コンクリート橋の設計施工上の最近の諸問題

A 4 判 116 ページ

定 価：1500 円 送 料 400 円

内 容：(1) PC橋の施工開始前の諸問題、(2) PC橋の工事ならびに施工管理について、(3) 新しい PC 設計方法について、(4) 最近の話題の橋梁

重要構造物にはマイテイ

日本は、現在コンクリートの高強度化で世界の最先端を行っています。すでに設計基準強度 $800\text{kg}/\text{cm}^2$ という超高強度マイテイコンクリートを用いたPCトラス鉄道橋が施工されているのです。

マイテイを添加するとどうして高強度コンクリートが作れるのでしょうか!?

1919年D・A・Abramsにより提唱された水セメント比説(アブラムの理論)を思い出して下さい。「清浄で強硬な骨材を用いる場合、そのコンクリートがプラスチックでワーカブルであるならば、コンクリートの強度はセメントペーストの水セメント比によって定まる」という理論です。つまり生コンクリートがプラスチックでワーカブルであるならば混練水が少なければ少ない程そのコンクリートの強度は高くなるという訳です。マイテイは、この50年も前の夢を今実現し世界の最先端をゆく超強度コンクリートを作り上げたのです。山陽新幹線岩鼻PCトラス橋のコンクリートは水セメント比=23%、スランプ=12cmという理論水和水量近傍の高強度マイテイコンクリートです。

高強度コンクリート用減水剤

マイテイ

説明書、技術資料をご請求ください。

花王石鹼株式会社 建設資材事業部

本社 東京都中央区日本橋茅場町1-1 ☎103 ☎東京(03)665-6322(代)

