

永田橋（仮称）の設計と施工について

野	上	源	次*
馬	上	信	一**
深	沢	勝	彦***
松	村		勉****
樋	口		敏†

1. はじめに

横浜公道高速2号線は、横浜市街部の交通緩和を目的として、昭和45年11月に都市計画された。本路線は、現在供用中の横浜羽田空港線（2期）の石川町I.Cと、横浜横須賀道路（日本道路公団施工）の狩場I.C間7.7kmを結ぶものである。この路線の完成により、他の既成都市高速道路と本格的な道路網を形成することができ、道路交通事情の改善により、産業、経済の発展に大きく貢献するものと思われる。

路線は、中村川沿いの商業、近隣商業地域の平地部（山下町～南太田町）と、住居地域である丘陵部（南太田町～狩場町）から構成され、（仮）永田橋は、この丘陵部のほぼ中間にあたる、主要地方道保土ヶ谷宮元線との交差点に位置する（図-1参照）。

本橋は、この一般道の路面上約15mを跨ぐために計画されたものである。またこの地点は、本線と一般道との接続のため、出入路が計画され、図-2に示すように、石川町I.C側のA₁橋台は、上部工と出入路の一体構造となっているのが特徴である。

本稿は、この（仮）永田橋の上部工と下部工の構造形式の決定経緯と、設計、施工の概要を紹介するものである。

2. 工事概要と主要工事数量

2.1 工事概要

工事名：YC233工区（その4）高速道路掘割構造新設工事（その2）、及びYC234工区（その1）高架橋下部構造新設工事（その2）、YC234工区（その1）高架橋上部構造新設工事

路線名：横浜公道高速2号線

工事場所：横浜市保土ヶ谷区岩井町及び南区永田町

工期：自昭和58年3月 至昭和63年1月

橋種：プレストレストコンクリート道路橋

橋格：一等橋（TL-20）

構造形式：PC箱桁ラーメン橋（直橋）

橋長：66.700m

支間：66.130m

幅員：2@9000m

架設工法：現場打ち張出架設工法

設計および施工：（上部構造概算および下部構造詳細設計および下部構造施工）

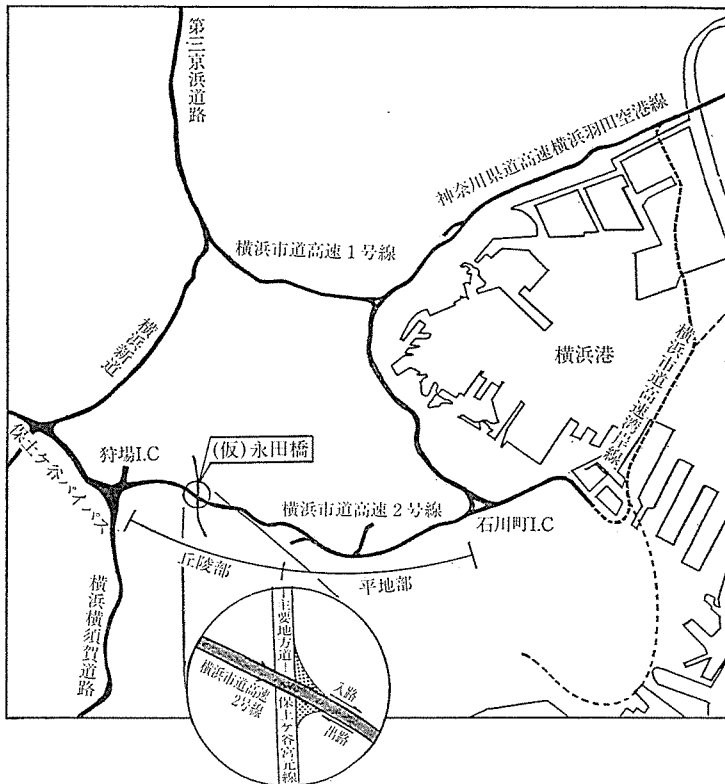


図-1 位置図

* 首都高速道路公団神奈川建設局南太田工事事務所所長
 ** 首都高速道路公団神奈川建設局南太田工事事務所班長
 *** 飛島・馬淵建設共同企業体所長
 **** 飛島建設（株）エンジニアリング事業部技術部
 † ピー・エス・コンクリート（株）東京支店技術部

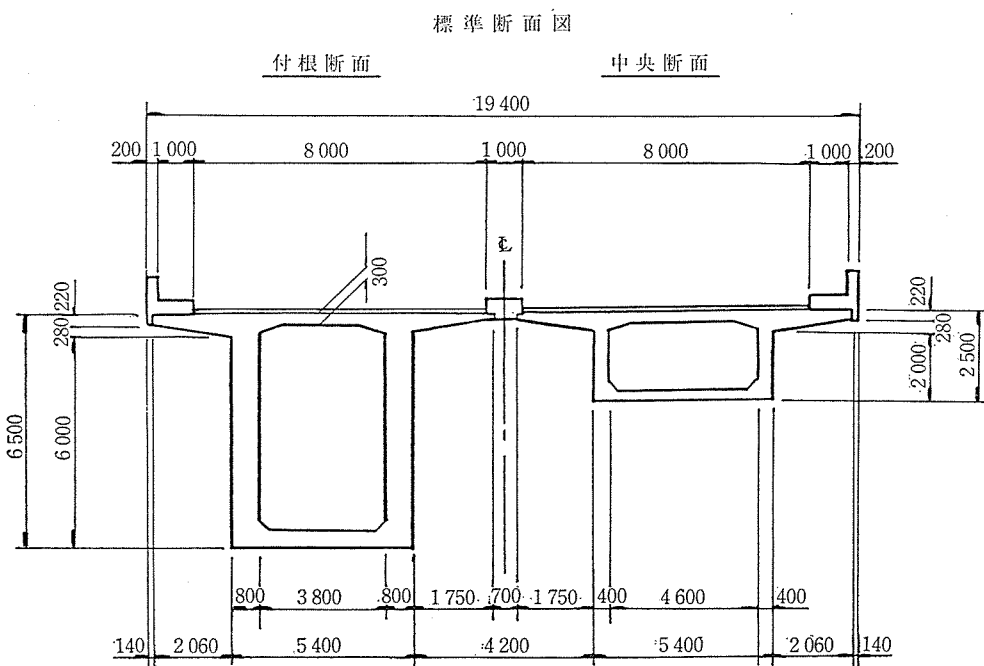
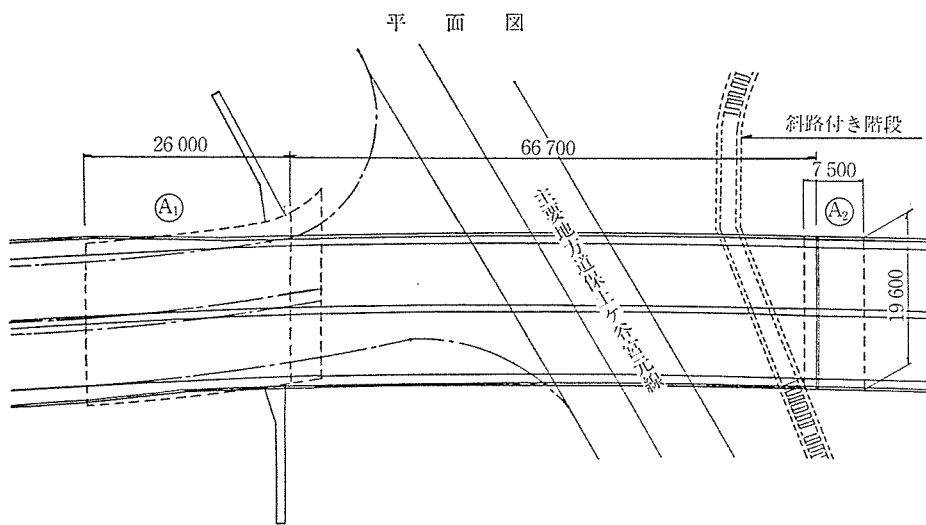
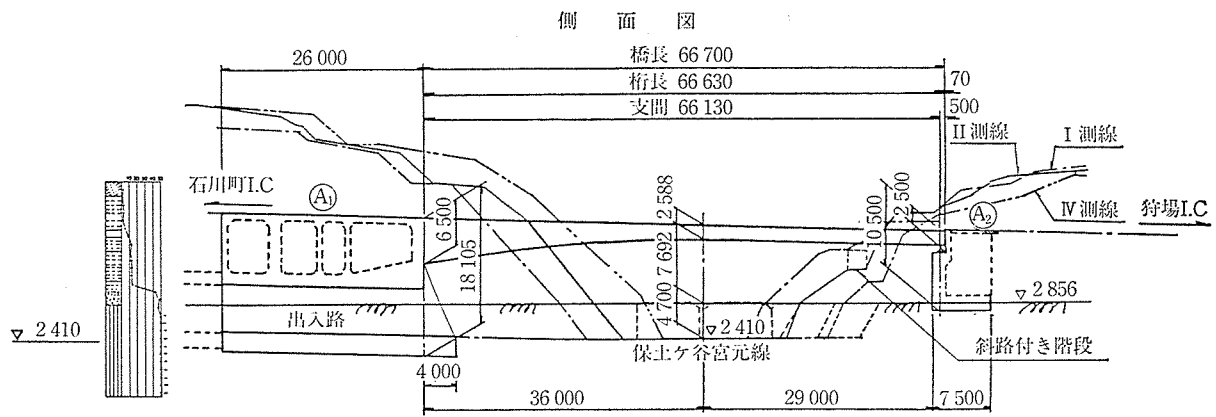
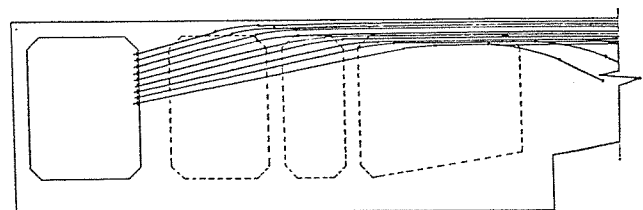
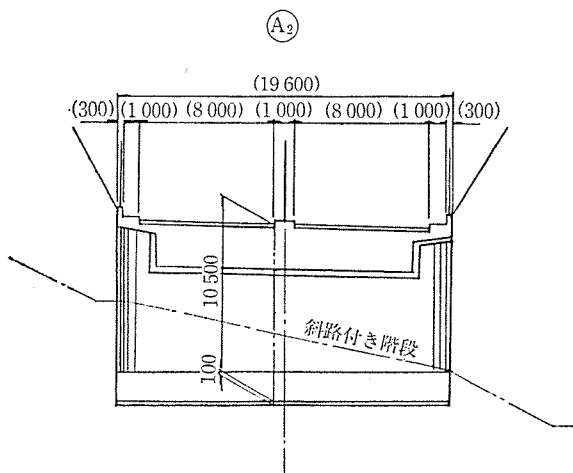
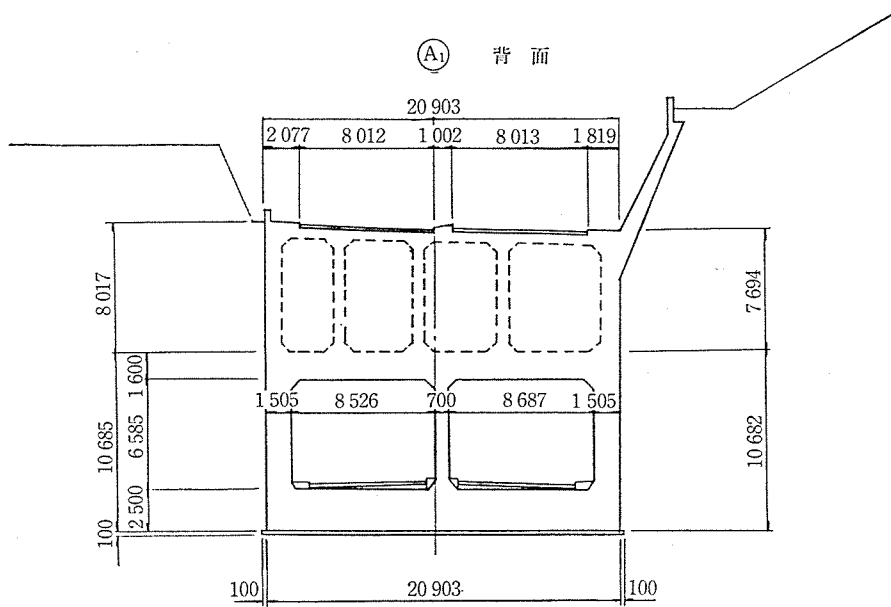
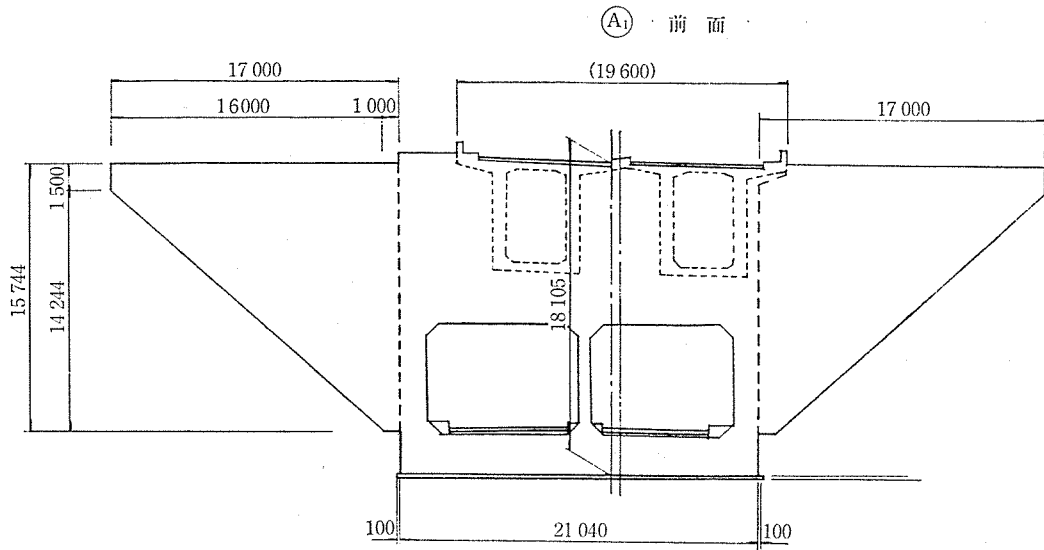


図-2 (1) 一般図



ケーブル配置図

図-2 (2) 一般図

◇工事報告◇

表-1 主要工事数量

	種 別	規 格	単 位	数 量	摘 要
下 部 工	掘 削 コンクリート 鉄 筋 型 枠	$\sigma_{ck}=240 \text{ kg/cm}^2$ SD 30	m ³	42 700.0	
			m ³	11 380.0	
			t	1 180.0	
上 部 工	コンクリート 型 枠	$\sigma_{ck}=400 \text{ kg/cm}^2$	m ³	1 191.0	主 桁 工
			m ²	3 702.0	〃
	鉄 筋	SD 30	t	158.5	〃
			t	75.0	主ケーブル
	PC 鋼 材	1 T 21.8	t	7.0	横締め床版
	SBPR 95/110, $\phi 32$	t	5.4	鉛直鋼棒	

飛島・馬淵建設共同企業体
(上部構造詳細設計および上部構造施工)
ピー・エス・コンクリート (株)

2.2 主要工事数量

主要工事数量を表-1に示す。

3. 計 画

3.1 計画概要

本架橋地点は、先に述べたように、一般道との接続のため出入路が計画されたが、①建設予定地が良好な住居地域であることから、影響範囲を最小にする必要があった。②丘陵地帯で、土工事規模が大きくなるため、掘削残土搬出量の少ない構造にする必要があった。等の理由により、A₁橋台背面側は、図-2に示すように、本線と出入路の2層構造としたボックスカルバートとなった。このためA₁橋台も出入路としての機能と、上部工の荷重を支える下部工としての機能を併せ持つ構造となった。

一方、A₂橋台側については、2号線の基本的な構造が掘削構造で、また支持層(固結シルト、いわゆる土丹層でN値50以上を有する)が、切通しの斜面中腹に現れるため、直接基礎形式の規模の小さいものを計画できる有利性があった。

このような条件下のもとで、本橋の上下部の構造が検討された。

3.2 計画条件

本橋の構造形式決定においては、次の条件を考慮した。

(1) 景観条件

本架橋地点は、一般道が坂を登りきった峠部にあたり、景観としてはいわゆる“切通し”を形成しているところである。本橋に対する視点の多くは、両側から斜面が迫っている中で、下方から空を背景に見上げる方向となる。このような場合、高架橋は運転者や歩行者に対してダイナミックな印象を与えるが、逆に圧迫感を発生させることがある。この点からも景観性は非常に重要であ

った。

(2) 施工上の制約条件

計画時点で、施工上の制約条件は次のとおりである。

- 1) A₂橋台側丘陵部には工専用道路を確保できなかったため、本橋を工専用道路として利用すべく、施工工期の短い構造形式が望まれた。
- 2) A₁橋台前面は、本線と出入路部の排水を既設下水道へ放流するため、管渠工としてのシールド発進基地が予定されていた。
- 3) 一般道は計4車線の幹線道路であり、交通量が非常に多い。このため上部工施工用の作業エリアを確保するため、車線規制や一時的に交通止めを行うことは極力避けたかった。
- 4) 出入路部を工専用道路として常時使用するため、工専用車両の通行を妨げてはならなかった。

(3) その他の条件

A₂橋台前面には付替用の歩道が計画され、上部工はこの建築限界を侵さないようにする必要があった。

3.3 構造形式の検討

前記条件下で、コンクリート橋で適用支間約70m程度の橋種として次のものを本橋の候補とした。

- 鉄筋コンクリートアーチ橋
- 有ヒンジPC箱桁ラーメン橋
- PC箱桁ラーメン橋

これらを景観性、施工性、構造的性、経済性、その他制約条件を考慮して比較検討したものが、表-2の橋種比較選定表である。

この結果、本橋として総合的に最も優れている、PC箱桁ラーメン橋を採用した。大きな理由としては、①桁中央部の桁高をスレンダーにできる。②A₁橋台をカウンターウェイトとして張出し架設ができ、桁下の制約をクリアできる。③A₂橋台の規模を小さくできる。④A₂橋台側の桁高を低くでき、歩道用の建築限界を確保できる、等である。

3.4 架設方法の検討

張出し架設工法において、一般道上での主桁の連結は、あらゆる面で望ましくないため、A₁橋台からの張出し長さを構造上許す限り長くするものとした。このため、特にA₂橋台側の主桁の施工法と構造上の問題を検討した。

表-3に架設工法比較表を示す。

この結果、一般道からの作業とA₂橋台側斜面上での作業が最も少ない、吊支保工+枠組支保工案を採用した。ただし本橋は、一般道とSkewをなしているため、下り線方(狩場I.C方面)は、吊支保工区間も十分に枠組支保工が可能であるため、これを採用した。

表-2 橋種比較表

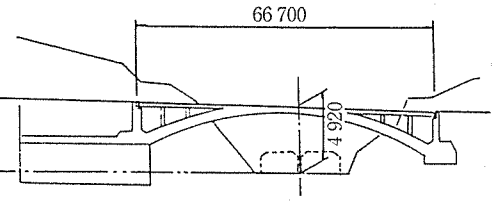
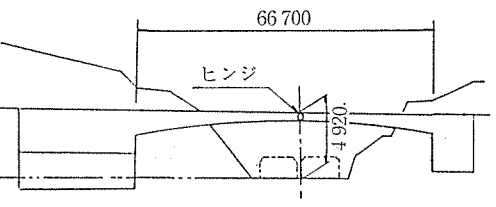
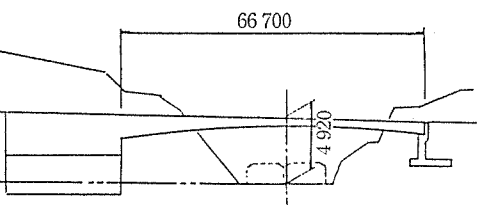

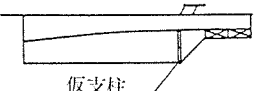
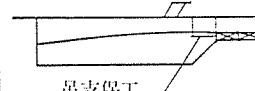
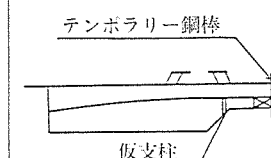
	鉄筋コンクリートアーチ橋	有ヒンジ PC ラーメン橋	一端固定 PC ラーメン橋																														
概略図																																	
景観性	<ol style="list-style-type: none"> アーチ橋はアーチ曲線のかもし出す優雅さ、安定感から景観上優れた形式であり、また部材に強弱があるので男性的に見える。 側方からの視覚は桁下の空間が広いので解放感があるが、桁下からの視覚はアーチリブが大きい断面のため圧迫感を生ずる。 	<ol style="list-style-type: none"> 桁中央は桁高を低くできるので、桁下空間が広くなり解放感がある。 スレンダーな形が優雅であり、左右対称な形は安定感を与える。 	<ol style="list-style-type: none"> 桁中央は桁高を低くできるので、桁下空間が広くなり解放感がある。 側方からの視覚は変化に富み、桁高変化に曲線を使えば柔らかな感じになる。 																														
架設方法	<ol style="list-style-type: none"> ピロン方式と支保工架設 メラン方式と支保工架設 全支保工架設（セントル） 	<ol style="list-style-type: none"> 両側より張出し架設 全支保工架設 	<ol style="list-style-type: none"> 張出し架設 全支保工架設 																														
構造特性	<ol style="list-style-type: none"> RC アーチ橋としては上路型でアーチ形式をとるのが一般的である。この形式は、剛性の点では優れているが不静定構造であるために変形が拘束され、通常的设计荷重のほかに温度変化、支点変位による影響が大となる。 アーチの特性上、架設地点の地盤は両端に発生する水平力に対し十分に抵抗できる堅固なものでなければならない。 	<ol style="list-style-type: none"> 短スパン張出しのため、中央部の桁高を低くすることでできる。 中央ヒンジ部は構造上、縦断線形の連続性、垂れ下がりに問題があり、また A₂ 橋台もカウンターウェイトとしてかなり大きくしなければならず計画上不利な構造である。 	<ol style="list-style-type: none"> 構造上変断面を用いることができ、桁高が端部では高く支間中央部では低いものを造ることができ有利である。 構造上大きな橋台を有する A₁ 橋台を固定とし、A₂ 橋台を Mov とすることにより A₂ 橋台を小さくすることができる。 																														
A ₂ の規模および前面斜路付階段の建築限界	<ol style="list-style-type: none"> 水平反力に抵抗するためには、アーチアバットの規模がかなり大きくなる。 桁端部の桁高が高くなるので A₂ 橋台前面の斜路付階段の計画に支障をきたす。 	<ol style="list-style-type: none"> 一端固定形式に比べて A₂ 橋台が大きくなり掘削土量、コンクリート量ともに多くなる。 桁端部の桁高をしぼれないために、A₂ 橋台前面の斜路付階段の建築限界の確保に工夫が必要である。 	<ol style="list-style-type: none"> A₂ 橋台前の桁高を低く抑えることができるため、A₂ 橋台前面の斜路付階段を確保するには理想的である。 A₂ 橋台の規模は最小限ですむ。 																														
特記事項	<ol style="list-style-type: none"> 構造上 A₁ 橋台が大きい構造特性を活用できず不利である。 出入路の建築限界確保のためにスプリングの位置が上がり、スパンライズ比が小さくなる。 A₂ 橋台支持層に問題が残る（特に水平力に対して）。 	<ol style="list-style-type: none"> ヒンジ部のたわみにより走向性が劣る。 中央ヒンジ部は損傷しやすい（ヒンジ沓のすりへり、ガタによる衝撃）。 A₁ 橋台が大きい構造特性を利用できるが A₂ 橋台も大きくなるので不利である。 	<ol style="list-style-type: none"> 張出し架設工法による施工にはカウンターウェイトが必要であるが、A₁ 橋台がカウンターウェイトとなるのでアーチ橋に比べて構造特性を十分活用した形式で有利である。 張出し架設工法では、A₁ 橋台前面と道路との交差部を支保工なしで施工できる。 																														
経済性	アーチ部は PC 箱桁より若干経済性で有利であるが、A ₂ 橋台は水平力に対しかなり大きなものにする必要がある。	主桁部は桁高をかなり低くできるものの、コンクリート量にそれほど差がでないうえ、A ₂ 橋台は安定上かなり大きくなる。	A ₂ 橋台が小さいので有利である。																														
評価	<table border="1"> <tr><td>景観性</td><td>△</td></tr> <tr><td>構造性</td><td>△</td></tr> <tr><td>A₂ に関して</td><td>×</td></tr> <tr><td>斜路</td><td>×</td></tr> <tr><td>工費</td><td>△</td></tr> </table>	景観性	△	構造性	△	A ₂ に関して	×	斜路	×	工費	△	<table border="1"> <tr><td>景観性</td><td>○</td></tr> <tr><td>構造性</td><td>△</td></tr> <tr><td>A₂ に関して</td><td>×</td></tr> <tr><td>斜路</td><td>×</td></tr> <tr><td>工費</td><td>△</td></tr> </table>	景観性	○	構造性	△	A ₂ に関して	×	斜路	×	工費	△	<table border="1"> <tr><td>景観性</td><td>○</td></tr> <tr><td>構造性</td><td>○</td></tr> <tr><td>A₂ に関して</td><td>○</td></tr> <tr><td>斜路</td><td>○</td></tr> <tr><td>工費</td><td>○</td></tr> </table>	景観性	○	構造性	○	A ₂ に関して	○	斜路	○	工費	○
景観性	△																																
構造性	△																																
A ₂ に関して	×																																
斜路	×																																
工費	△																																
景観性	○																																
構造性	△																																
A ₂ に関して	×																																
斜路	×																																
工費	△																																
景観性	○																																
構造性	○																																
A ₂ に関して	○																																
斜路	○																																
工費	○																																

表-3 架設工法比較表

		1 案	2 案	3 案	4 案
概略図					
施工性	斜面上での施工	・支保工の組立ておよび支保工の基礎掘削がある。	・なし	・なし	・仮支柱の施工および基礎掘削がある。
	主要地方道上からの作業	・一部斜面上の支保工組立て解体がある。	・仮支柱の施工および基礎掘削がある。	・なし	・移動作業架設車の組立て解体がある。
施工上の問題点		・上記に示すとおり	・主要地方道が Skew になっているため仮支柱の位置が限定される。 ・仮支柱から先に張出しすると移動作業架設車が斜面と交差する。	・特になし	・斜面上に仮支柱を施工しなければならない。 ・仮支柱の基礎形状が大きくなる。
構 造 性		・特になし	・架設ケーブルの本数が多くなり、施工も複雑となる	・「1案」に比べて吊支保工部の荷重分だけ架設ケーブルが増える。	・架設ケーブルの本数が多くなり、施工も複雑となる。 ・テンポラリー鋼棒が必要となる。
判 定 理 由		・「3案」に比較して斜面上の作業がある。	・仮支柱を建て込んで張り出ししても移動作業架設車が斜面と交差して施工できない。	・斜面上、道路上の作業がない。	・A ₂ 側からの張出しが短く、また A ₂ 側に支保工があるためメリットが少なく不経済である。
採 用		△	△	○	×

4. 設 計

4.1 設計条件

(1) 下部工

基礎形式：直接基礎 支持層 固結シルト

活荷重：TL-20

使用材料：コンクリート $\sigma_{ck}=240 \text{ kg/cm}^2$

鉄筋 SD-30

支持力：常時 $q_a=60 \text{ t/m}^2$

地震時 $q_a=90 \text{ t/m}^2$

(2) 上部工

構造形式：PC 箱桁ラーメン橋

活荷重：TL-20

使用材料：コンクリート $\sigma_{ck}=400 \text{ kg/cm}^2$

鉄筋 SD-30

PC 鋼材 主鋼材 12 T 12.4

横締め鋼材 1 T 21.8

鉛直鋼材 $\phi 32$ A種

4.2 基本形状

(1) 下部工

○A₁ 橋台は、出入路部を2室のボックスカルバート、中層部は上部工の架設ケーブルを定着するため、そのウェブを延長した構造、上層部は本線用の床版とする計3層のボックス構造とした。

○A₂ 橋台は、一般的な逆T式とした。

(2) 上部工

○桁断面は、矩形箱桁と逆台形箱桁とを比較し、景観性、施工性（特に橋台内の定着壁が斜めになること）から、矩形箱桁とした。

○桁高変化は、放物線、円曲線、3次曲線とを比較し、A₁ 橋台付根の力強さと、桁高変化量が大きく、スレンダーさが強調できる3次曲線とした。

○桁高は、次のようにして決定した。

(i) 支点（付根）断面

張出し長さ $L=50 \text{ m}$ として、

張出し長さとの桁高の関係がおおよそ $H/L \doteq 1/8$

$$H=50/8=6.3 \text{ m}$$

張出し長さの2倍のスパンの連続桁として $H/L \doteq 1/15$

$$H=2 \times 50/15=6.6 \text{ m}$$

から、 $H=6.5 \text{ m}$ とした。

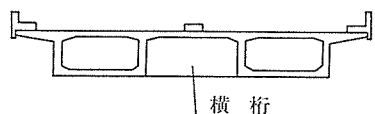
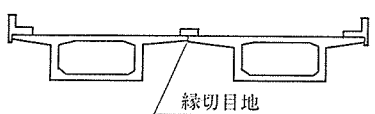
(ii) 径間中央断面

一端固定梁の正の曲げモーメントを受ける範囲 ($L \doteq 45 \text{ m}$) を単純桁として $H/L \doteq 1/20$

$$H=45/20=2.3 \text{ m} \text{ から、} H=2.5 \text{ m} \text{ とした。}$$

○高架橋の構造として、上下線一体構造と分離構造を比較し（表-4 参照）、分離構造が優れているのでこれを採用した。

表-4 桁構造比較表

	一体構造	分離構造
モデル図		
解析方法	格子構造となり複雑となる。	梁構造となり解析は容易である。
構 造 性	橋梁は死荷重の占める割合が多く、格子構造による活荷重の分配にはあまり効果がない。	道路橋であるため1室でもあまりねじりが問題にならない。
景 観 性	横桁が目立ち景観上好ましくない。	分離構造をとるため目地が入る。
施 工 性	一体施工	1. 移動作業架設車が大きくなるが施工可能である。
	分離施工	1. 移動作業架設車が大きくなるが施工可能である。 2. 目地を入れて1回で打設する。
	1. 移動作業架設車が小さくて済むが横桁の付合部の施工が困難である。 2. 床版部の付合せは特別配慮が必要となる。 RC 床版 鉄筋はラップ(圧接不可) PC 床版 横締はカブラーにて接続	1. 移動作業架設車が小さくて済む。 2. 分離部部の施工は比較的容易である。

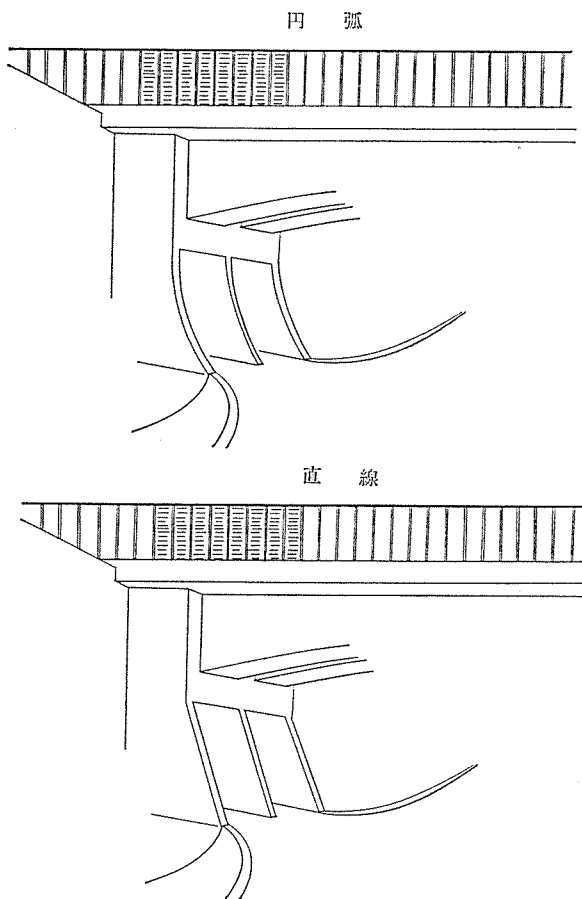


図-3 エントランス部デザイン

○平面線形が緩和曲線区間であるため、主桁の線形もこれに合わせ、張出し床版長さを一定とした。

(3) 出入路エントランス部のデザイン

○エントランス部は、一種の放流口のイメージとなるため、ドライバーの心理的圧迫感を少しでも緩和できるような種々の形状を検討した。その一例を 図-3 に示す。この結果、円弧で表現することとした。

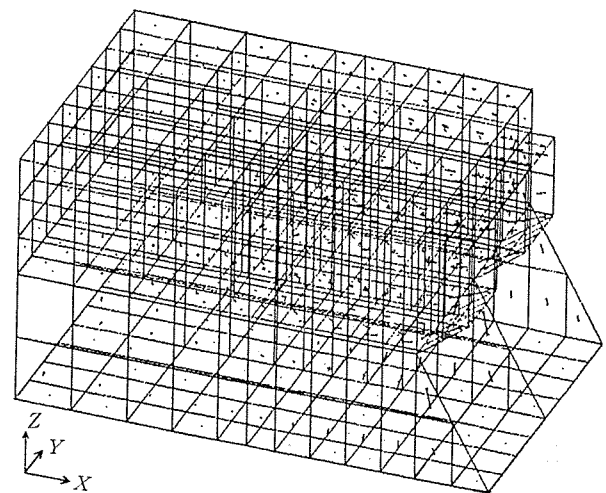


図-4 立体 FEM 図

○またウイング部には化粧型枠を使用し、石積模様を表現することにした。

4.3 下部工の設計 (A₁ 橋台)

(1) 安定検討

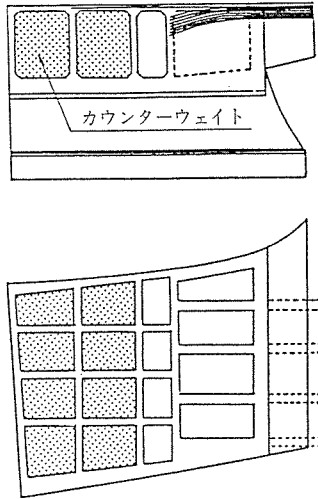
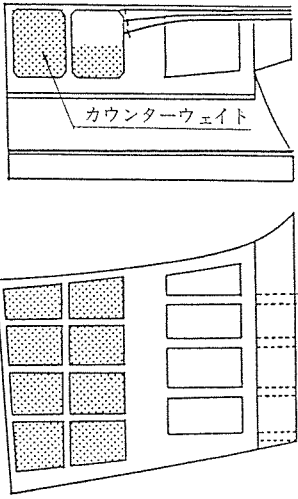
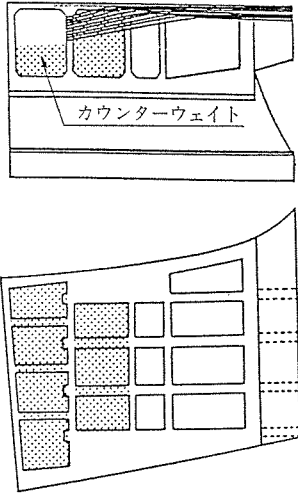
A₁ 橋台の橋軸方向の安定計算を行った結果、常時(死荷重時、設計荷重時)に安定条件を満足しなかったため、定着壁のある中層部に貧配合コンクリートによるカウンターウェイトを設けた。

(2) 部材設計

構造解析の基本は、橋軸直角方向の断面を平面骨組解析によって行った。モデルは、骨組に自重、土圧、活荷重 (A₁ 橋台内は等価等分布荷重)、上部工反力等を作用させ、地盤パネで支えるものとした。なお本線の上床版は直接輪荷重が作用するため、道示Ⅲに従ってT荷重を受ける床版としても検討した。

また、A₁ 橋台は、壁、床版構造で上部工反力を地中

表-5 定着壁形状検討表

	1 案	2 案	3 案
構造図			
定着壁 応力検討	(架設時) $-29.6\text{kg}/\text{cm}^2$ $-17.0\text{kg}/\text{cm}^2$ $20.9\text{kg}/\text{cm}^2$ $44.2\text{kg}/\text{cm}^2$	(架設時) $-28.4\text{kg}/\text{cm}^2$ $-22.9\text{kg}/\text{cm}^2$ $13.5\text{kg}/\text{cm}^2$ $49.3\text{kg}/\text{cm}^2$	(架設時) $-12.4\text{kg}/\text{cm}^2$ $-10.7\text{kg}/\text{cm}^2$ $5.9\text{kg}/\text{cm}^2$ $34.3\text{kg}/\text{cm}^2$
特徴	1. 定着壁に発生する引張応力が最も大きい。 2. カウンターウェイトは全量可。	1. 出入路部中壁上に大きな反力分布を生ずる。 2. 架設中緊張のためカウンターウェイト全量入らず。	1. 定着壁に発生する引張応力は最も少ない。また、出入路部中壁上の反力分布も小さい。 2. 架設中緊張のためカウンターウェイト全量入らず。
総合評価	△	△	○

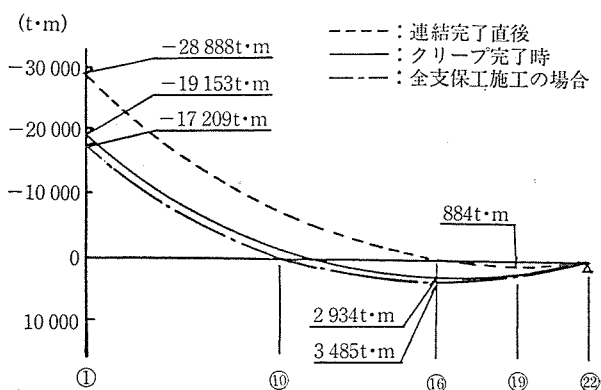


図-5 主桁自重による曲げモーメント

へ伝えること、PC 鋼材定着壁も多数の架設ケーブルを定着することから、その形式を3案考え、立体 FEM によって細部検討を行った。図-4 に立体 FEM 図を、表

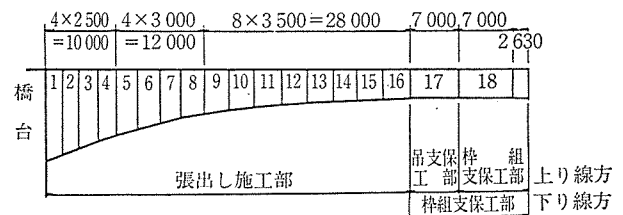


図-6 ブロック割り

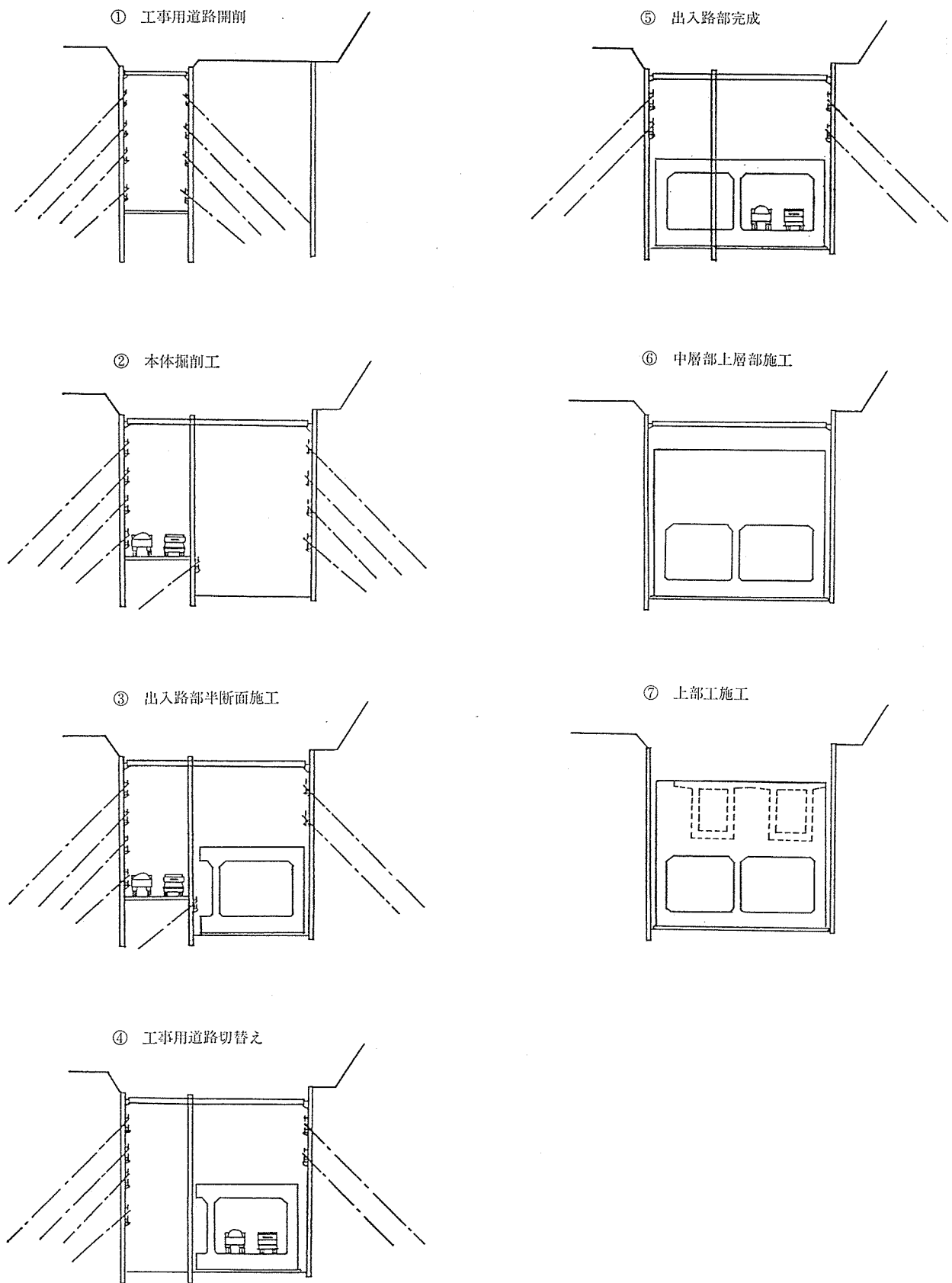
—5 に検討した定着壁の結果を示す。

この結果、定着壁の形状は、出入路部の中壁および定着壁等に最も応力集中のない、3案を採用した。

4.4 上部工の設計

(1) 主桁の設計

断面力の計算は、変位法による平面骨組解析によって行った。本橋は、全支保工架設と異なり、施工に伴って構造系が変化するので、断面力は施工順序を追って計算



图—7 施工順序图

表-6 全体工程表

	58												59												60											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
工事用道路開削	■												■												■											
本体掘削	■												■												■											
シールド工	■												■												■											
A ₁ 橋台	■												■												■											
上部工	■												■												■											

	61												62												63											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
出路部	←												→												←											
入路部	→												←												→											
中層部	■												■												■											
上層部	■												■												■											

した。なおクリープの影響については、Dichinger の式により算出した。図-5 に主桁自重による曲げモーメント図を示す。

(2) ブロック割り

本橋を施工するに当たっては、張出し長さを一般道を超える 50m とし、残り約 17m を吊支保工ならびに枠組支保工とした。張出し施工区間のブロック割りは、移動作業架設車の容量、および施工性、経済性を考慮して図-6 のようにした。

5. 施 工

5.1 施工概要

(1) 開削工事

当工区は、A₁ 橋台側出入路部および他工区の開削に伴う残土を一般道へ搬出するため、工事用道路を確保せねばならなかった。このためまず出入路部構築範囲内に工事用道路幅分を開削し、これを確保した。土留め工は、環境施設帯(幅 20m)を使用できるため、アースアンカーによる親杭横矢板方式とした。

(2) 下部工工事

工事用道路は常時確保せねばならなかったもので、まず出入路部の半断面を施工し、その後工事用道路をこれに切り替え、残り半断面を閉合した。中層部以上は同時施工した。定着壁には架設ケーブル用のシースを配置し、カウンターウェイトは、これら中層部の壁構造ができたのち施工した。上床版には、架設ケーブル緊張用の開口

部を設け、緊張作業終了後、これを閉鎖した。

(3) 上部工工事

本橋は、上下線分離構造であるため、施工上、下り線方を先行し、3ブロック遅れて上り線方を施工した。張出し施工の1サイクルは平均 10 日であった。移動作業架設車には、飛来落下物による事故を防ぐため、作業台全面に足場板を敷くとともに、側面には安全ネットおよび防火シートを張った。また、一般道上で移動作業架設車を移動させるときは、一時的に交通止めを行った。

図-7 に施工順序を示す。

5.2 全体工程

全体実施工程を表-6 に示す。

6. おわりに

本橋は、昭和 63 年 1 月に無事竣工し、現在舗装等の橋面工を施工中である。

昭和 58 年 4 月に着工以来(A₁ 橋台昭和 61 年 4 月施工開始)実に約 5 年の歳月を要したが、施工中は無事故で、住民の方からの苦情もなく、関係者の喜びもひとしおである。ここにあらためて関係された各位に対し謝辞を表する次第である。

参 考 文 献

- 1) 佐々木一哉, 鹿山 馨:「保土ヶ谷高架橋(仮称)の設計・施工」橋梁, 1988.6

【1989 年 5 月 9 日受付】