

宮内高架橋の設計と施工について

齋藤喜代志*
 宮沢一允**
 平田敏一***
 松山哲也****

1. まえがき

宮内高架橋は広島県佐伯郡廿日市町宮内に建設されている山陽自動車道の本線橋である。

本橋上部工の全体規模は3径間連続合成桁1連および2径間連続合成桁2連のそれぞれ上下ラインで構成されている。特色としては、平面的にランプ部（上下ラインとも）となっているため、幅員が変化する。したがってプレキャスト桁をバチに配置し、さらに桁本数を変化させて対処した点である。以下、設計および施工について一般的な連続合成桁としての考え方も織り混ぜながら、本橋の概要について述べる。

2. 設計

2.1 設計条件

表-1 設計条件

項目	Aライン	Bライン
橋種 構造形式	プレストレストコンクリート道路橋 ポストテンション方式PC連続合成桁（3径間および2径間）	
橋長(m)	260.000	270.000
桁長(m)	116.700+77.500+65.320	116.700+77.500+75.320
支間(m)		
A ₁ ~P ₃	38.350+39.200+38.350	同 左
P ₃ ~P ₅	2@38.350	同 左
P ₅ ~A ₂	2@32.600	2@37.260
有効幅員(m)		
A ₁ ~P ₃	14.690~14.500	20.690~13.860
P ₃ ~P ₅	14.500~10.250	13.860~10.520
P ₅ ~A ₂	10.250	10.520~10.250
斜角 (度・分・秒)	87°59'58"~90°00'00"	
横断勾配	2.000% →片勾配	
縦断勾配	2.500% → ←0.50307%	
平面線形	R=4100(上に凸)	
活荷重	TL-20, TT-43	
衝撃係数	$i = \frac{20}{50+l}$ (T荷重), $i = \frac{10}{25+l}$ (L荷重)	

* 興和コンクリート(株)

** 興和コンクリート・川田建設共同企業体宮内作業所所長

*** 興和コンクリート・川田建設共同企業体工事主任

**** 興和コンクリート・川田建設共同企業体設計主任

表-2 材料強度, その他

a) コンクリート (単位: kg/cm ²)			
	主桁	横桁および一次床版	二次床版
設計基準強度	400	350	240
プレストレス導入時強度	325	290	—
b) PC鋼材			
	主桁	床版および主桁連結	横桁
JIS規格記号	SWPR 7A	SWPR 1	SWPR 1
鋼材の構成	12-φ12.4mm	12-φ7mm	12-φ5mm
引張荷重(t)	195.6	71.4	34.2
引張強度(kg/mm ²)	(175)	(155)	(165)
降伏点荷重(t)	166.8	62.4	39.0
降伏点応力度(kg/mm ²)	(150)	(135)	(145)
定着工法	フレシネー		
名称	12T12.4	12φ7	12φ5
定着具名	フレシネーコーン 12T13 M220	フレシネーコーン 12φ7	フレシネーコーン 12φ5

設計に際しての条件および材料強度はそれぞれ表-1, 表-2 に示すとおりである。

2.2 一般構造

図-1 および 図-2 に本橋の一般図を示す。主桁の断面形状は 図-3 に示すとおりである。

(1) 主桁(プレキャスト桁)の配置

外桁と中桁の断面力および反力のバランスが良くなるような配置ということを考慮して、外桁における橋軸直角方向の張出し長さを、壁高欄側 1.600m, 中央分離帯側 2.300m という値とした(各支点において一定値とした)。そして、外桁と外桁の間に中桁を等間隔になるように配置した。P₃~P₄ 径間を例にしたものを 図-4 に示す。

(2) 床版厚さ

バチ部(Aライン P₃~P₅, Bライン A₁~P₃, P₃~P₅)においては主桁間隔が変化するため、床版としての支間も当然変化する。したがって床版厚さとしては、床版支間が最大のところでの必要厚さを確保して、その他のところもすべて一定厚さとした。ただし床版支間が短くなる径間(Aライン P₄~P₅, Bライン P₂~P₃, P₄~P₅)については、鉄筋間隔は変えずに鉄筋径を細く(D

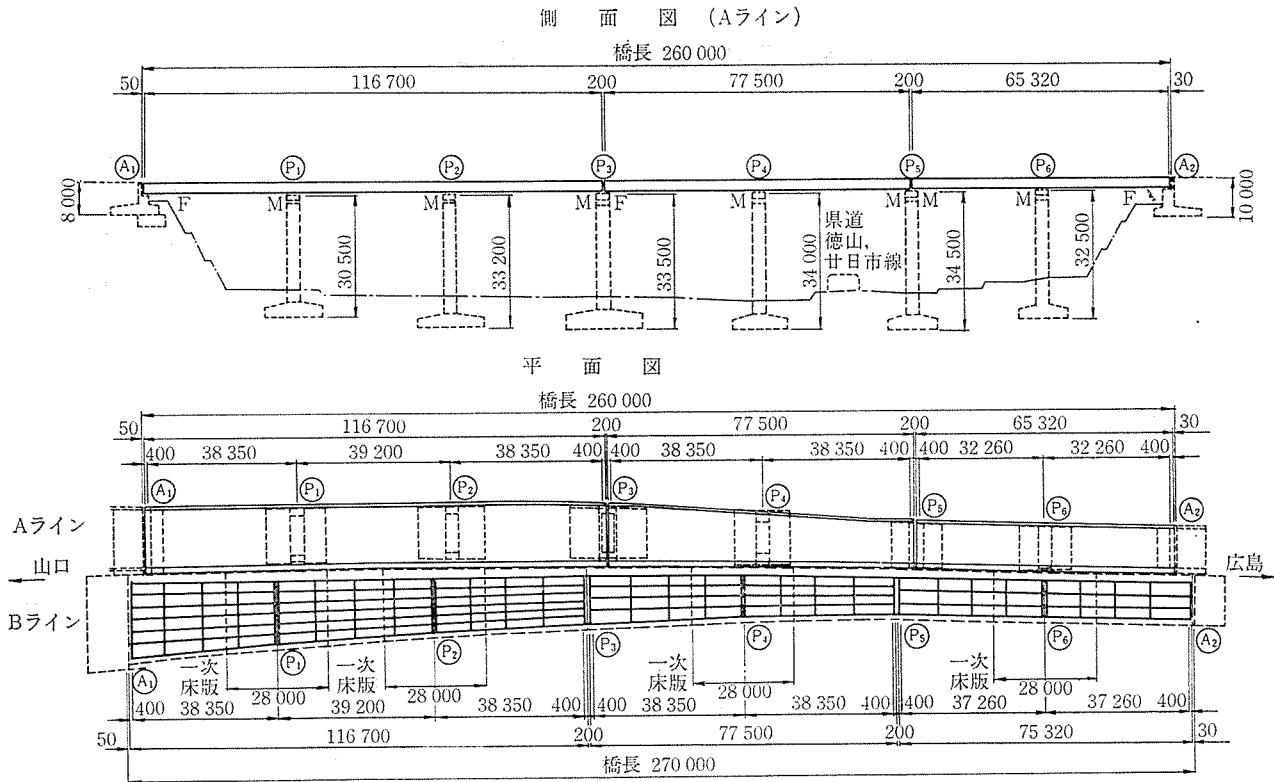


図-1 全体一般図

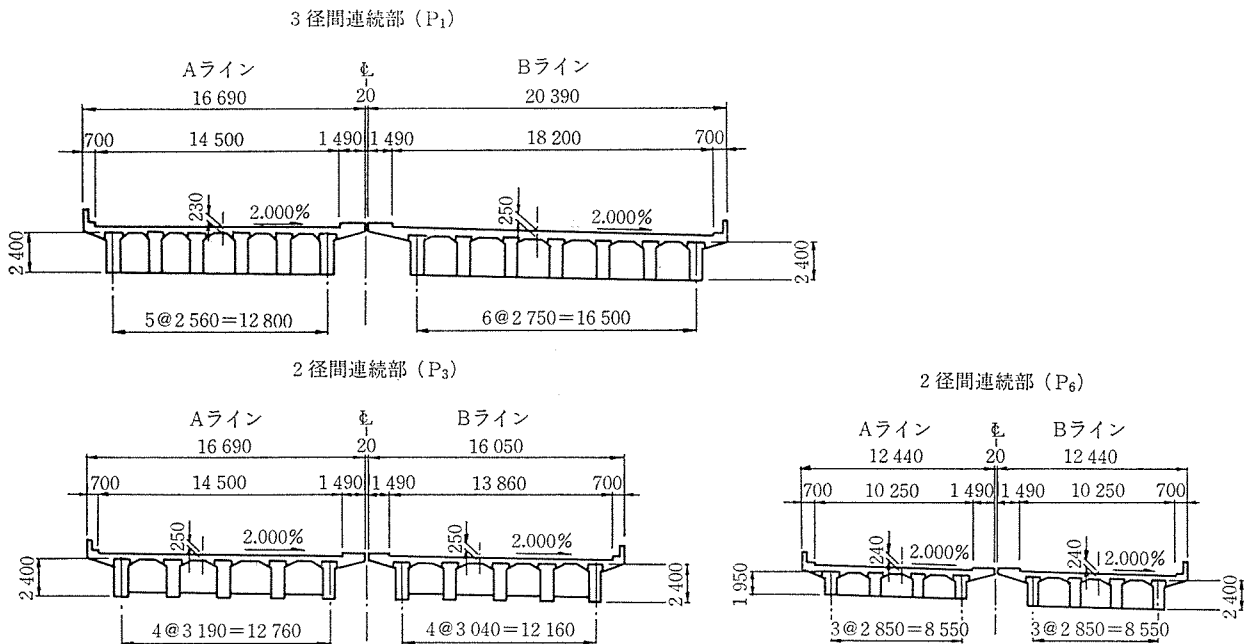


図-2 上部工断面図

19 → D 16) することを行った。

2.3 構造解析モデル

各荷重に対する断面力の算出方法は表-3のとおりである。ここでは特に橋面荷重および活荷重に対する断面力の算出にあたっての構造解析モデルについて述べる。

連続合成桁橋を格子構造理論により断面力を算出する場合、問題となる点は、モデル化に際しての横方向部材

の剛度の評価である。各荷重は支点横桁および中間横桁を介して主桁に分配されるが、床版についても荷重の分配に対してある程度の効果が期待できると考えられる。したがって、各横桁のほかに床版部による横方向部材(仮想横桁)を加えて骨組みを形成させた(図-5 参照)。しかしながら、仮想横桁を含めた横方向部材についてもその剛度の評価については、明確でない部分も多い。

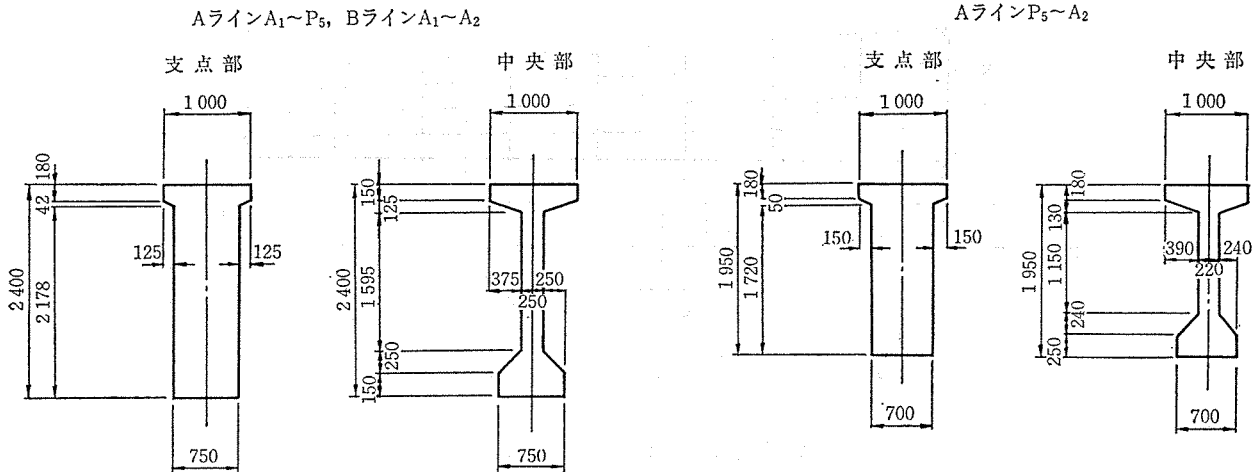


図-3 主桁断面図

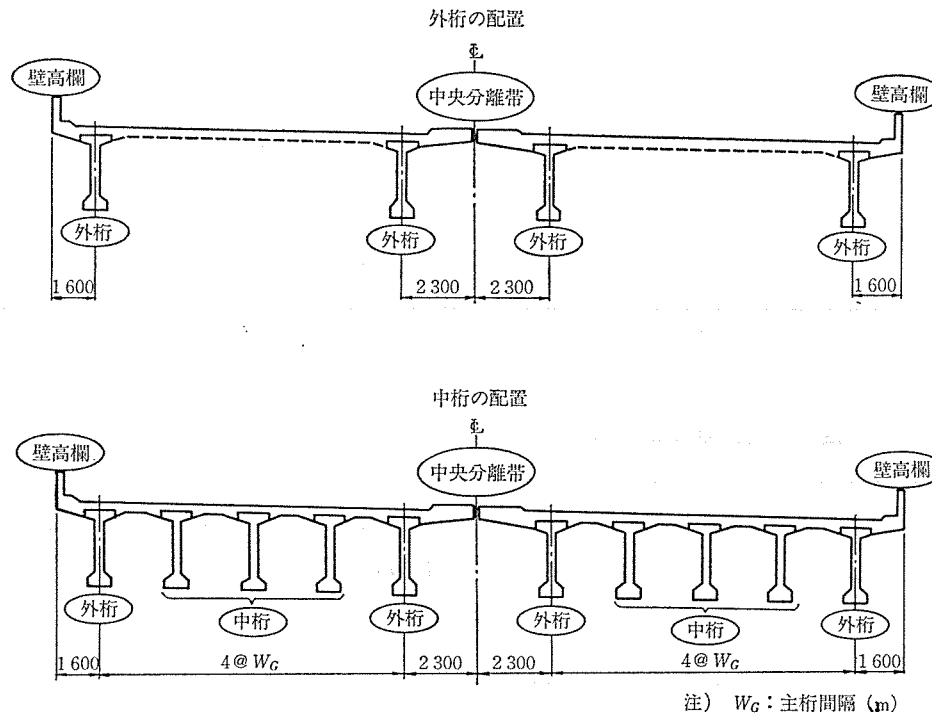


図-4 主桁の配置 (例: P₃~P₅)

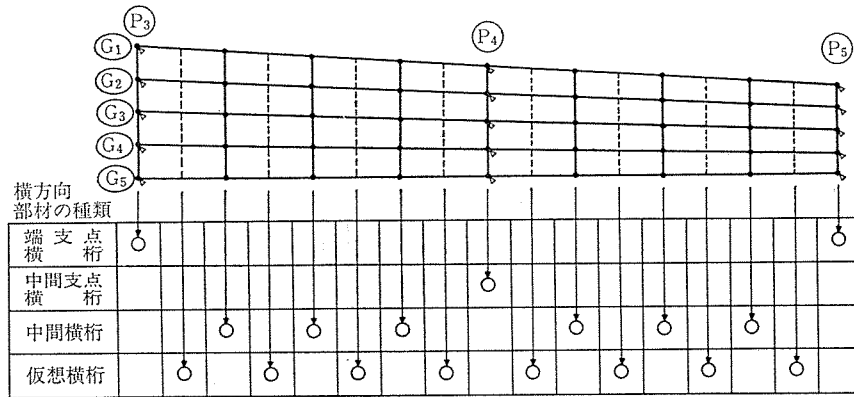
表-3 各荷重に対する断面力の算出方法

荷重の種類	荷重に対し抵抗する部材の種類	断面力の算出方法
主桁自重	主桁	単純梁として梁理論
横桁自重	主桁	同上
一次床版荷重	主桁+横桁	格子構造理論
二次床版荷重	主桁+横桁+一次床版	同上
橋面荷重	主桁+横桁+一次床版+二次床版	同上
活荷重	同上	同上

以上のことを考え合わせて、本稿では主方向および横方向部材の剛度の評価を変えたものを、AラインのP₃~P₅の2径間部について、4ケースの計算を行い、評価を決定した。

各ケースに対する部材剛度の評価内容は表-4に示すとおりである。

各ケースにおける主桁の最大および最小曲げモーメント結果は表-5に示すとおりである。この結果によれば仮想横桁を加えた場合(ケース3,4)の方がわずかに分配が良くなっているが、ほとんど差はみられなかった。したがって主桁の曲げモーメントに対しては部材剛度の評価の影響はあまりないようである。せん断力についても同様である。ねじりモーメントについてはケース3,4の方が細かく算出されるため、仮想横桁の効果があらわれた。以上のことからケース3もしくはケース4が適当であろうと考えられたが、今回はケース4の方法で計算



注) ○ は支点を示す。

図—5 骨組み図および横方向部材の種類

表—4 部材の剛度の評価

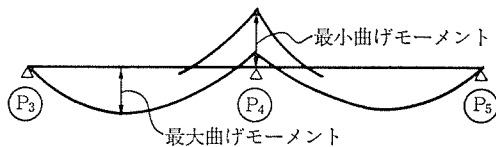
	主 方 向		横 方 向			
	主 桁		横 桁		仮 想 横 桁	
	曲げ剛性	ねじり剛性	曲げ剛性	ねじり剛性	曲げ剛性	ねじり剛性
ケース 1	全断面	全断面	全断面	全断面	—	—
ケース 2	圧縮フランジの有効幅考慮	フランジの有効幅考慮	圧縮フランジの有効幅考慮	フランジの有効幅考慮	—	—
ケース 3	同上	同上	同上	支点横桁 フランジの有効幅考慮	中間横桁 —	床版（横桁に含まれない部分）
ケース 4	同上	同上	同上	フランジの有効幅考慮	同上	床版（横桁に含まれない部分）

注) 剛度の算出にあたり下記の点については共通に行った。
 ・鋼材は無視した。
 ・コンクリートのヤング係数が異なる部材は係数比により換算した。

表—5 橋面荷重および活荷重による曲げモーメント (単位：t・m)

	最大曲げモーメント		最小曲げモーメント	
	外桁	中桁	外桁	中桁
ケース 1	428	330	-503	-387
ケース 2	426	333	-516	-395
ケース 3	423	337	-504	-389
ケース 4	423	337	-504	-389

注) 最大および最小曲げモーメントは下図の位置の値である。



を行った。

2.4 床版ケーブルの配置

連続合成桁において配置するものに、床版ケーブルがある。これは中間支点付近に発生する負の曲げモーメントに対して、これを打ち消すためにプレストレスを導入する目的で配置される。支間が長くなるに従って負の曲げモーメントが増大する。これに伴い床版ケーブルの本数も増え、特に2径間の場合は負の曲げモーメントが正

の曲げモーメントと同じくらいの値となる。したがってケーブルの配置も考慮をする場合が多い。

本橋においても、特に A, B ラインの P₃~P₅ の2径間部分については、床版ケーブルの配置にあたり、下記の点に留意して配置を決定した。

- 1) プレストレスが桁に均等に導入できるようにする。
- 2) コンクリート打設の際にバイブレータの挿入が可能なあきを確保する (100 mm 程度)。
- 3) シースを水平方向に2列まで重ねて (接触させて) 配置する。

必要ケーブル本数が桁間 (中間床版部) で 18 本という数字になったため、これを等間隔に配置した (図—6 参照) のでは、コンクリートの締固め等について十分な施工が困難である。したがってこれを図—7 のような配置とした。

3. 施 工

3.1 施工概要

本現場は、本線上の盛土区間、 $l=316.000$ m、 $b=$

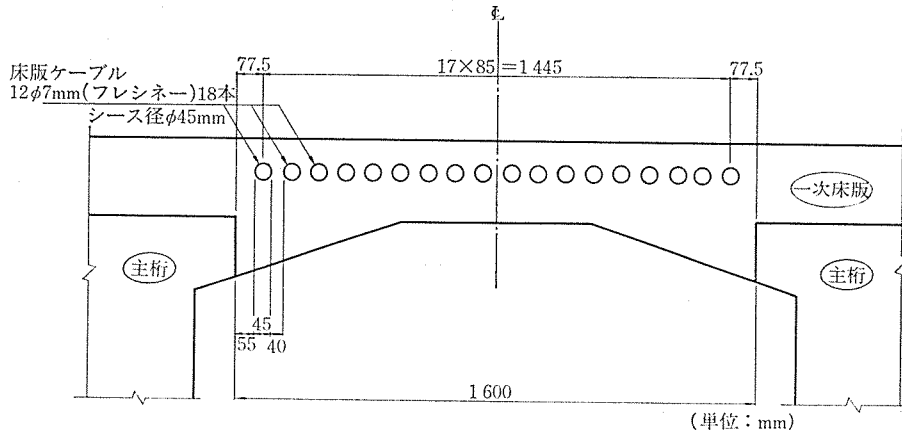


図-6 床版ケーブルの配置 (シースを等間隔にした場合)

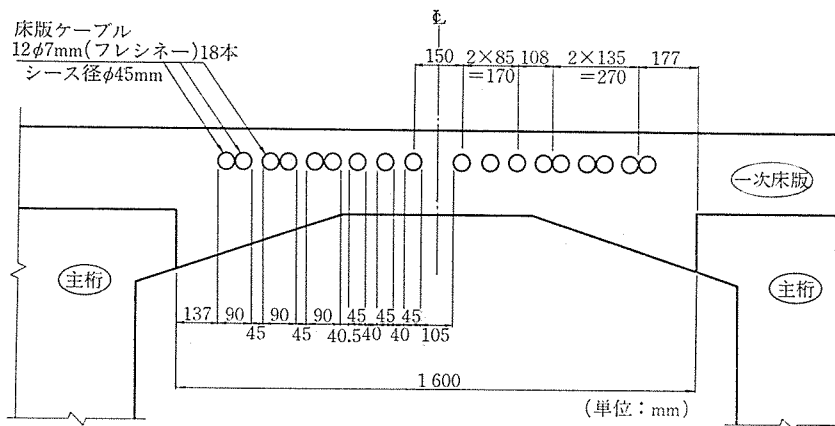


図-7 床版ケーブルの配置 (シースを束ねた場合)

表-6 山陽自動車道宮内高架橋 (PC 上部工) 工事工程表

工事区分	60/3	5	6	7	8	9	10	11	12	61/1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
準備工	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
詳細設計	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
主桁製作工(A・Bライン)				■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
主桁架設工(A・Bライン)					■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
横組・床版工 Bライン																				
P ₅ ~A ₂																				
A ₁ ~P ₃																				
P ₃ ~P ₅																				
横組・床版工 Aライン																				
A ₁ ~P ₃																				
P ₃ ~P ₅																				
P ₅ ~A ₂																				
橋面工 Bライン																				
" Aライン																				
橋梁付属物工																				
Bライン																				
Aライン																				
跡片付け工																				

12.000 m に鉄筋加工組立ヤード、主桁製作ヤード（製作台5基）、エレクションガーダー組立ヤード等を配置する計画に基づいて施工した。主桁の製作にあたり、鋼製型枠2基を準備した（桁高 $H=2.400$ m, $H=1.950$ m）。桁製作ヤードには、吊荷重 2.8 t の門型クレーン3基と桁横取り用の吊荷重 65 t の横取り機2基を準備し

た。架設機械は、2連式エレクションガーダー一式を用意して、A₁側 Bラインより順次架設を行い、Bライン架設完了後エレクションガーダーを引き戻し、Aラインの施工を行った。施工状況の特徴について各工種に分けて以下に述べる。

3.2 主桁（プレキャスト桁）製作工

◇工事報告◇

主桁製作は、 $47.5\text{ m}^3/\text{本} \times 67\text{ 本}$ 、 $32.4\text{ m}^3/\text{本} \times 8\text{ 本}$ のプレキャスト桁を製作するにあたり、5基の製作台を設置し、2種類の鋼製型枠を用意した。コンクリート打設は、門型クレーンとバケットを利用して行った ($\sigma_{ck} = 400\text{ kg/cm}^2$)。

主桁は、S60年8月よりS61年4月までの期間において製作した。主桁の養生方法について、夏期養生はコンクリート打設後養生マットとシートで覆い、日中は散水養生を行った。冬期においては気温の下がる夜間ジェットヒーター4台にて保温養生を行った。

プレストレス導入は、コンクリート強度が $\sigma_c = 325$

kg/cm^2 発生したのち緊張作業を実施したが、コンクリート打設後夏期4日、冬期4日間の養生期間を要した。グラウトは $W/C = 42 \sim 45\%$ の範囲内で外気温により試験練りで決定し、常にグラウト施工が完全になる配合を選定した。PC桁の端面処理は、主桁と同一コンクリートにより施工した。桁製作は月間12本の工程で計画して、ほぼ予定どおりの工期で主桁の製作を完了した。

3.3 主桁架設工

本橋の架設計画は、図-1 全体一般図に示すとおり、橋梁幅員は、Bライン $A_1 \sim P_3$ 、 $P_3 \sim P_5$ は桁本数と配置間隔が変化しており、エレクションガーダーを横移動し

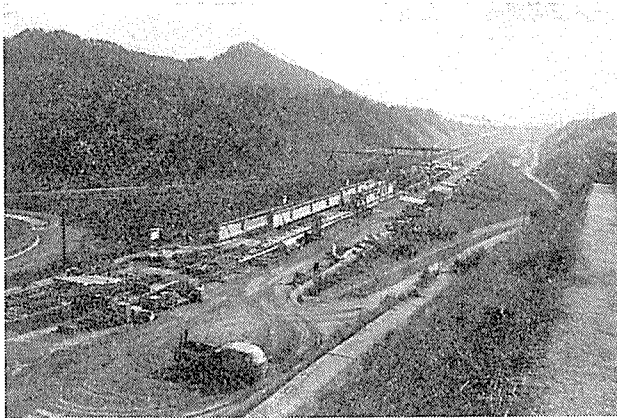


写真-1 主桁製作ヤード全景

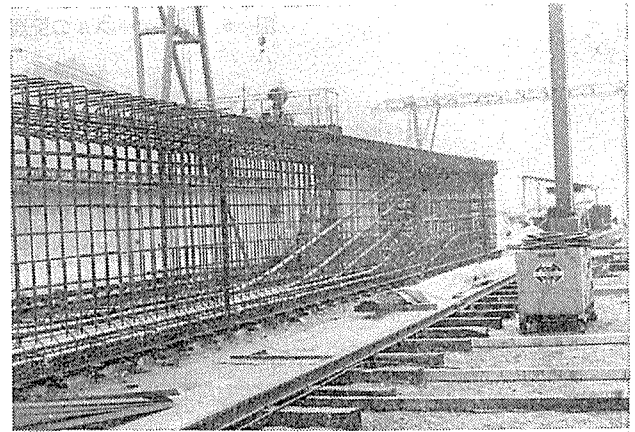


写真-2 鉄筋組立およびケーブル配置

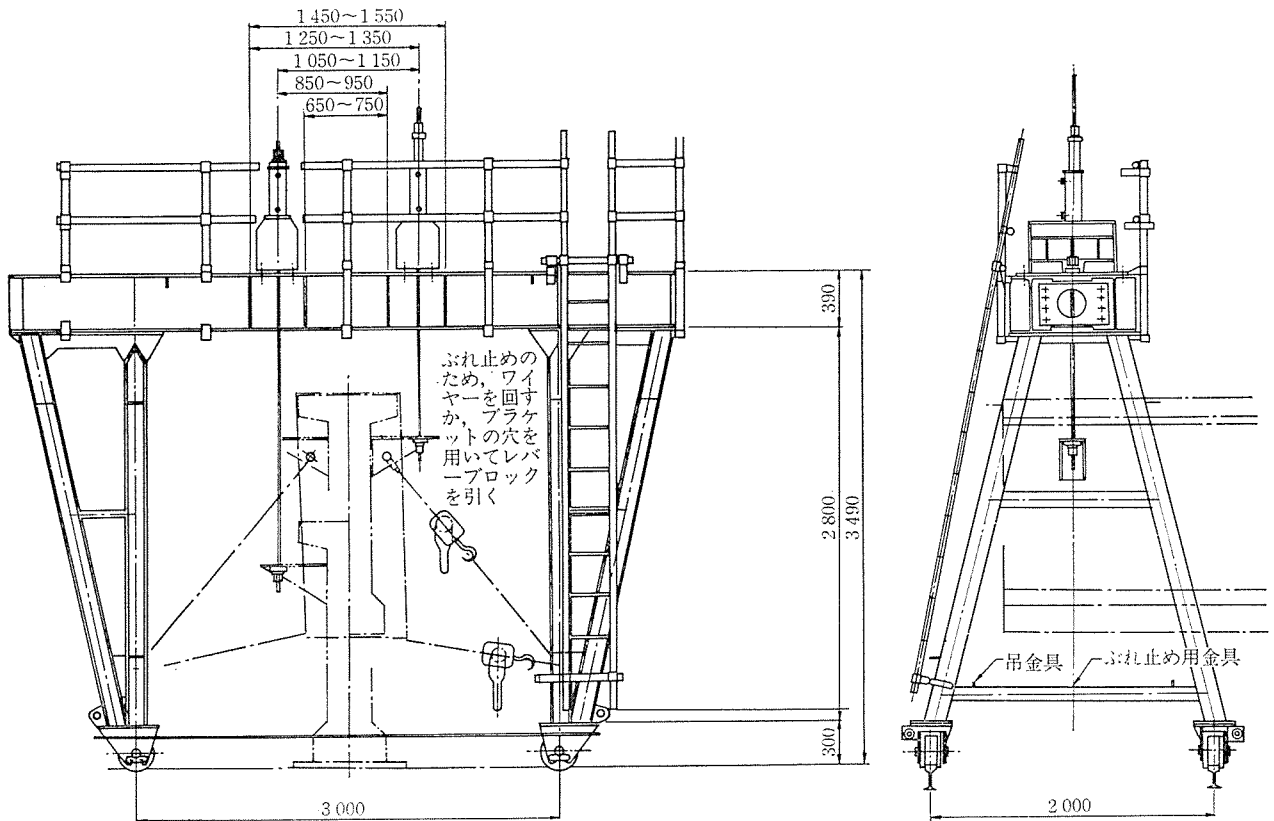


図-8 桁製作ヤードの横取り機



写真-3 主桁架設全景

て架設する方法は不可能であった。AラインにおいてもP₃~P₅区間の桁配置が同様に变化しており、架設計画が機械装置を有効に利用できない橋梁であった。

桁架設時のPC桁の安全度の検討は、横方向座屈の検討の結果、 $F=13.3 > 4$ であり、横方向座屈に対しては安全な桁である。また、桁架設時の横倒れ座屈の安全率は桁の傾斜角 $\theta=3^\circ$ で計算した結果、 $F=41.1 > 2$ であった。

架設時の用心鉄筋の検討も、傾斜角 3° で検討した結果、必要鉄筋量 $A_R=2.6 \text{ cm}^2$ 、実際桁に使用した鉄筋は、D 16-4本で $A_s=7.94 \text{ cm}^2$ と充分安全であることを確認した。

したがって、主桁の架設時は、桁の取扱い時に補強することはせず、各作業が安全施工できる機械設備を用意した。桁製作ヤードから桁運搬用台車に移動する方法は、図-8に示すような桁横取り機を準備して行った。この桁は重心位置が高いこと、ジャッキアップ作業が盛土上の製作ヤードのため安全作業を確保する必要からである。桁運搬は、軌間 $G=2100 \text{ m/m}$ の100t台車で架設位置まで移動した。

桁架設準備作業は、安全に架設するため、A、Bラインともワイヤーブリッジを張り、安全ネットで架設位置全面を防護してから2連式エレクションガーダーを架設した。

架設順序は、BラインA₁からA₂に向かって架設した後、エレクションガーダーを引き戻しAラインに横移動して順次PC桁の架設を行った。

本橋は前述したように幅員が変化するバチ部が各ラインに含まれているため、桁架設位置までエレクションガーダーの横移動が不可能である。そこで、図-9に示すような横取り装置を考案した。橋脚の横断勾配をレベルにするため、H鋼の高さを変化させた横梁の上面にステンレス版を張ったものと、桁横移動用の舟型装置を準備した。舟型装置の下面にはテフロン板を貼って摩擦を小さくした。エレクションガーダーより降ろされた主桁を横取り装置の上に置き、転倒防止装置を取り付けた後、

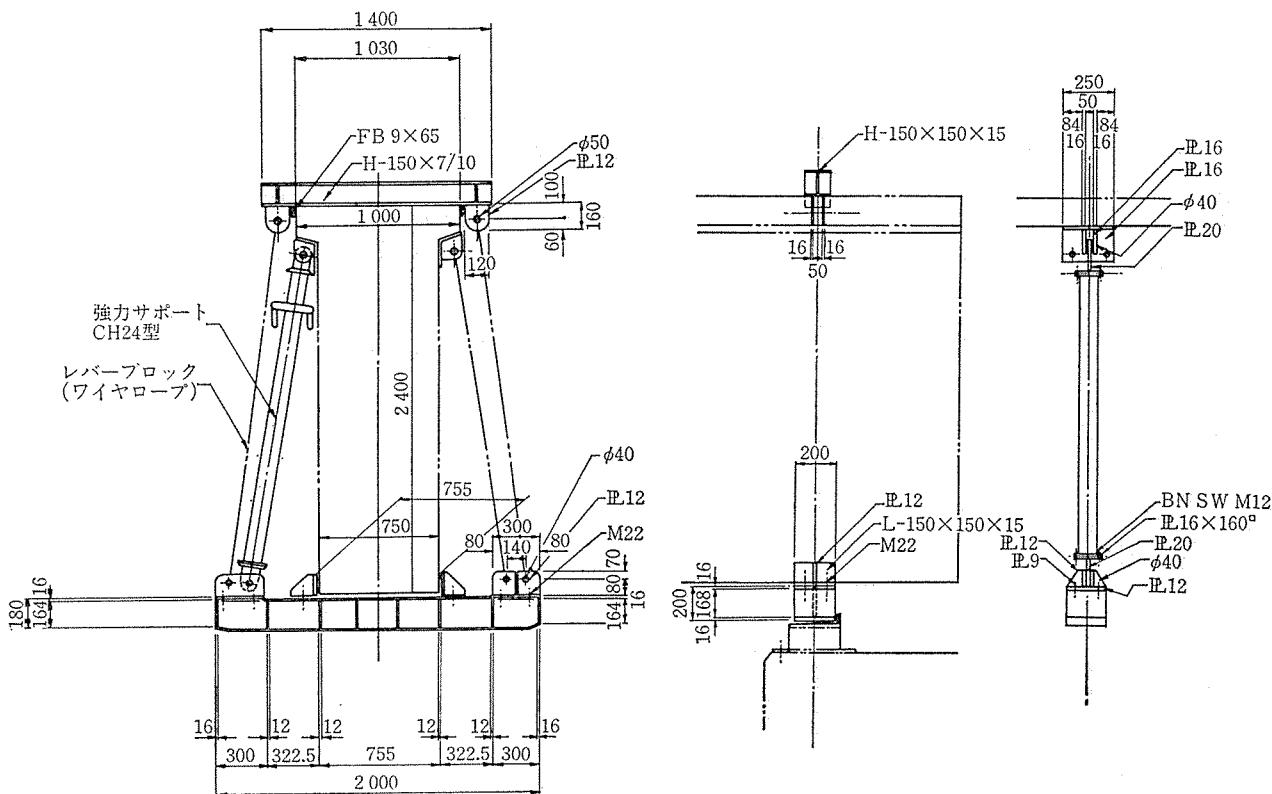


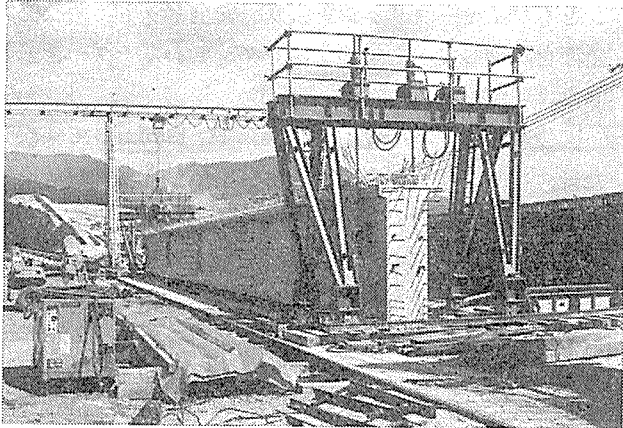
図-9 橋梁上横取り装置

◇工事報告◇

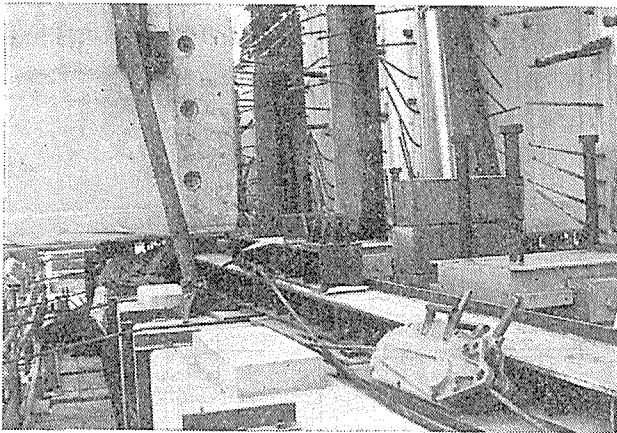
架設位置まで 30t センター ホールジャッキ (ストローク 500mm) とストランド 19.3mm を用いて移動を行った。

支承は連続桁のため架設前に本沓のセットが完了しており、架設時は仮沓上に高さ調整を行いながら計画位置へジャッキダウンした。

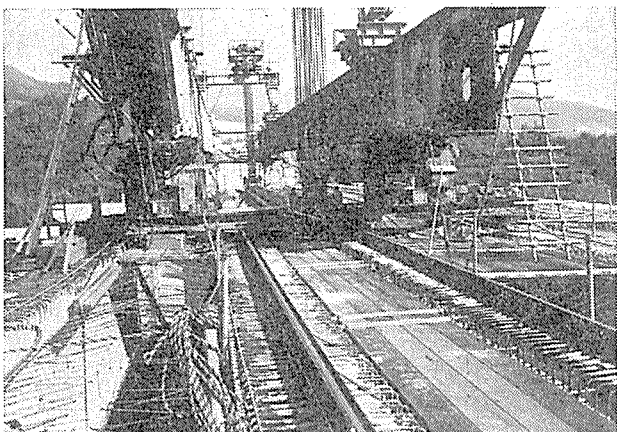
架設工程は、Bラインを S60年9月～S60年12月、Aラインを S61年1月～4月中旬で計画工程どおり完了した。桁架設完了した時点で、横組工にかかる準備作



写真—4 主桁横取り機



写真—5 橋脚上の主桁横取り装置



写真—6 エレクションガーダーにて架設時

業のため吊足場作業を実施した。桁高が高いため2段足場も同時に行い、安全管理面についても留意した。

3.4 横組床版工

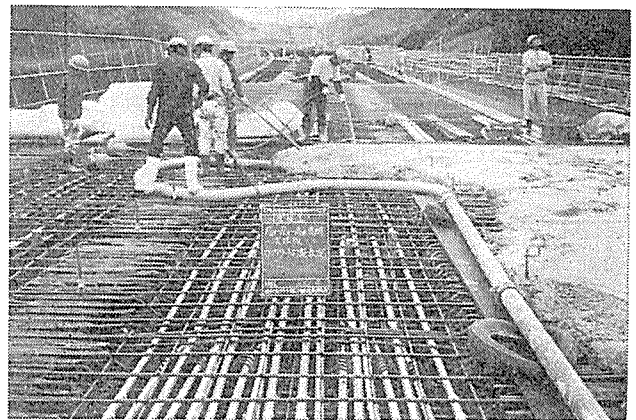
本橋は、PC 連続合成桁のため桁架設完了後、次の順序で施工した (ここでは3径間連続の場合について)。

(1) 横桁および連続支承部の施工

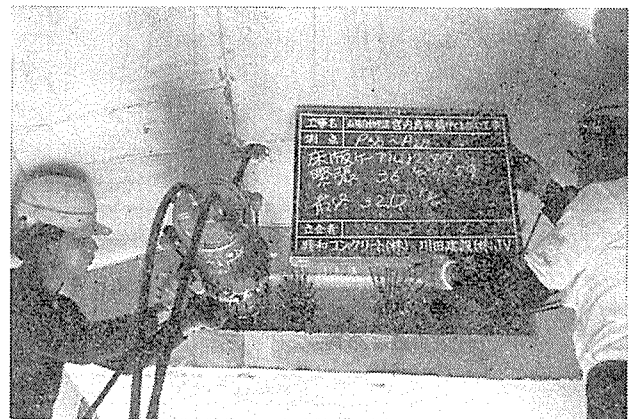
中間2支点の本沓の高さ、伸縮量の調整を行い、主桁連結ケーブルの配置、横桁鉄筋ケーブル組立を行いコンクリート打設した。緊張作業は、コンクリート強度 $\sigma_c=290 \text{ kg/cm}^2$ の確認の後、主桁連結ケーブルの緊張を行い、次に中間支点横桁、端支点横桁、中間横桁の順序で緊張グラウト作業を実施した。格子構造が完成した時点で中間支点の仮沓の撤去作業を行った。

(2) 一次床版の施工

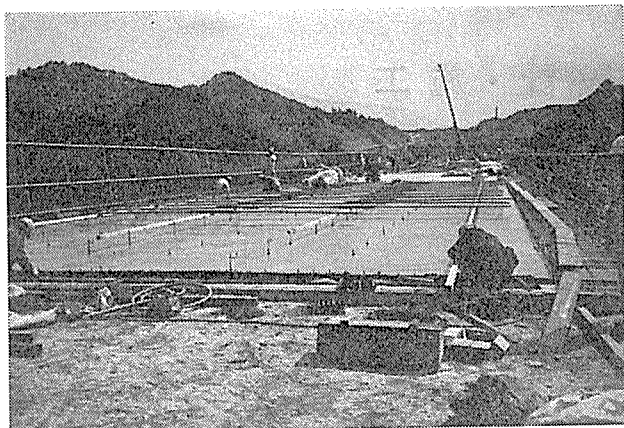
3径間連続格子構造の中間支点上の床版が一次床版である。床版施工長さは支点より両側に、 $l=14.000 \text{ m} \times$ 幅員の部分である。床版型枠および鉄筋組立、PC ケーブル配置は、全区間分同時施工を行い、横桁部と一次床版部の使用コンクリートは、 $\sigma_{ck}=350 \text{ kg/cm}^2$ の配合である。コンクリート強度 $\sigma_c=290 \text{ kg/cm}^2$ の確認の後、緊張グラウト作業を行った。特に注意すべき事項は、PC ケーブルと鉄筋配置が複雑な部分 (中間支点上およ



写真—7 一次床版コンクリート打設



写真—8 一次床版緊張作業



写真—9 二次床版コンクリート打設

び定着部付近)のコンクリート打設であり、特に入念に施工を行った。

(3) 二次床版の施工

一次床版と二次床版の打継目の部分は、型枠を撤去した部分の清掃を念入りに行った後、コンクリート強度 $\sigma_{ck}=240 \text{ kg/cm}^2$ のコンクリートを打設した。

一次床版と二次床版のコンクリート強度の違いと材令差による収縮が発生するため、打設後の床版養生は、散

水を含めて十分な養生を行った。

4. あとがき

本橋は本年11月末に完成の予定であり、現在は施工中のため、主桁の品質管理および床版の施工出来形のポイントについてはまだ未整理であり、施工方法と結果についての詳細を報告できないのが残念である。また、本橋のような高い橋脚を有する橋梁では、完成後の美観については当然考慮されるべきことであるが、施工中における美観および周囲の環境との調和についても、今後さらに検討する必要がある。

現在、連続合成桁橋の自動設計プログラムも一般にはできてきており、入力データさえ準備すれば誰にでも設計が可能になってきている。そのような状況の中でもう一度連続合成桁橋について見直しをする意味で報告を行った。

本橋の設計、施工に際し御指導をたまわった関係各位に心から感謝いたします。

【昭和61年5月22日受付】

転勤（または転居）ご通知のお願い

勤務場所（会誌発送、その他通信宛先）の変更のご通知をお願いいたします。

会誌発送その他の場合、連絡先が変更になっていて、お知らせがないため郵便物の差し支えをうけることがたびたびあります。不着の場合お互いに迷惑になるばかりでなく、当協会としても二重の手数と郵送料とを要することになりますので、変更の場合はハガキに新旧の宛先を記入のうえ、ただちにご一報くださるようお願いいたします（ご送金の際、振替用紙裏面の通信欄に記入されても差し支えありません）。

ご転勤前後勤務先に送ったものがそのまま転送されないでご入手できない場合、当方として責任を負いかねますのでご了承ください。