

PC連続合成桁橋のプレキャスト施工 — 中国横断自動車道 大村橋他2橋工事 —

和崎 宏一*1・中尾 学*2・坂口 宏二郎*3・五十嵐 三郎*4・瀬間 優*5

1. はじめに

本工事は、中国横断自動車道賀陽IC～有漢IC間の岡山県上房郡賀陽町大字上竹に架かる橋長505mの大村橋と橋長108mの猿目橋のプレストレストコンクリート橋上部工工事である。大村橋は、PC3径間連続ラーメン箱桁橋、PC2径間連続合成桁橋およびPC5径間連続合成桁橋からなり、猿目橋はPC3径間連結合成桁橋である(図-1、写真-1)。本橋では、現場施工の合理化、安全性の向上を目的として、プレキャストセグメント工法およびPC合成床版工法を採用した。

プレキャストセグメント工法は、省力化が期待できる工法として以前より注目を集めてはいたものの、規模の小さい単発工事では工場設備費用が割高となり、施工立地条件や工程等からやむを得ない場合に限り採用されてきた経緯があった。しかしながら、近年において生産技術の合理化による材料コストの削減を進める一方で、労務費の高騰に加え熟練労働者不足などの社会・経済の変化により、現地労務工数がミニマムとなる設計概念が求められるようになり、今後、採用気運は高まりつつある。

本稿では、合成桁部に採用したプレキャストセグメント工法とPC合成床版工法の設計および施工について報

告するものである。

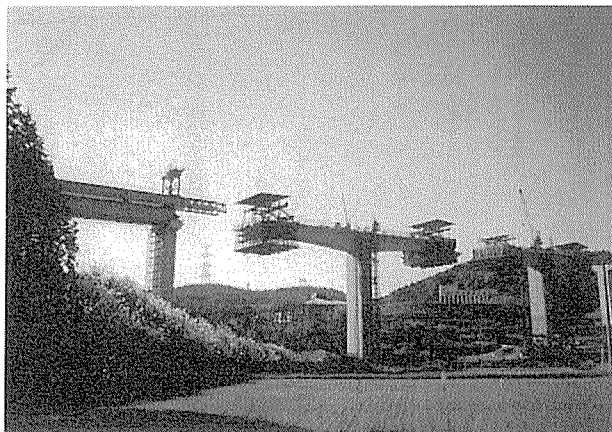


写真-1 大村橋施工状況

2. 工事概要

大村橋および猿目橋の橋梁諸元を表-1に、構造一般図を図-2に示す。

表-1 橋梁諸元

路線名	中国横断自動車道岡山米子線
道路規格	第1種第3級B規格
架橋位置	岡山県上房郡賀陽町大字上竹～納地
構造形式および (橋長;支間割り)	大村橋 PC2径間連続合成桁 (80m;2@39.50m) PC3径間連続ラーメン箱桁 (215m;53.78m+98.00m+61.78m) PC5径間連続合成桁 (210m;41.50m+3@42.00m+41.50m)
	猿目橋 PC3径間連結合成桁 (108m;35.86m+35.80m+35.86m)
荷重	B活荷重
工法	合成桁橋部;プレキャストセグメント工法 +PC合成床版工法 箱桁部;場所打ちカンチレバー工法
工期	平成6年6月30日～平成8年7月18日

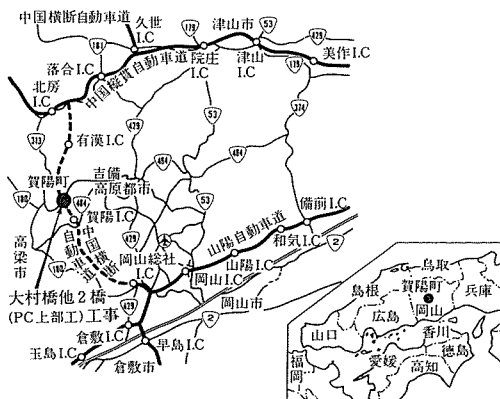


図-1 橋梁位置図

*1 Kouichi WASAKI: JH 中国支社 構造技術課
*2 Manabu NAKAO: JH 中国支社 岡山管理事務所
*3 Koujirou SAKAGUCHI: JH 中国支社 高梁工事事務所
*4 Saburo IGARASHI: 住友建設(株)・極東工業(株)共同企業体
*5 Masaru SEMA: 住友建設(株) 土木設計部

◇工事報告◇

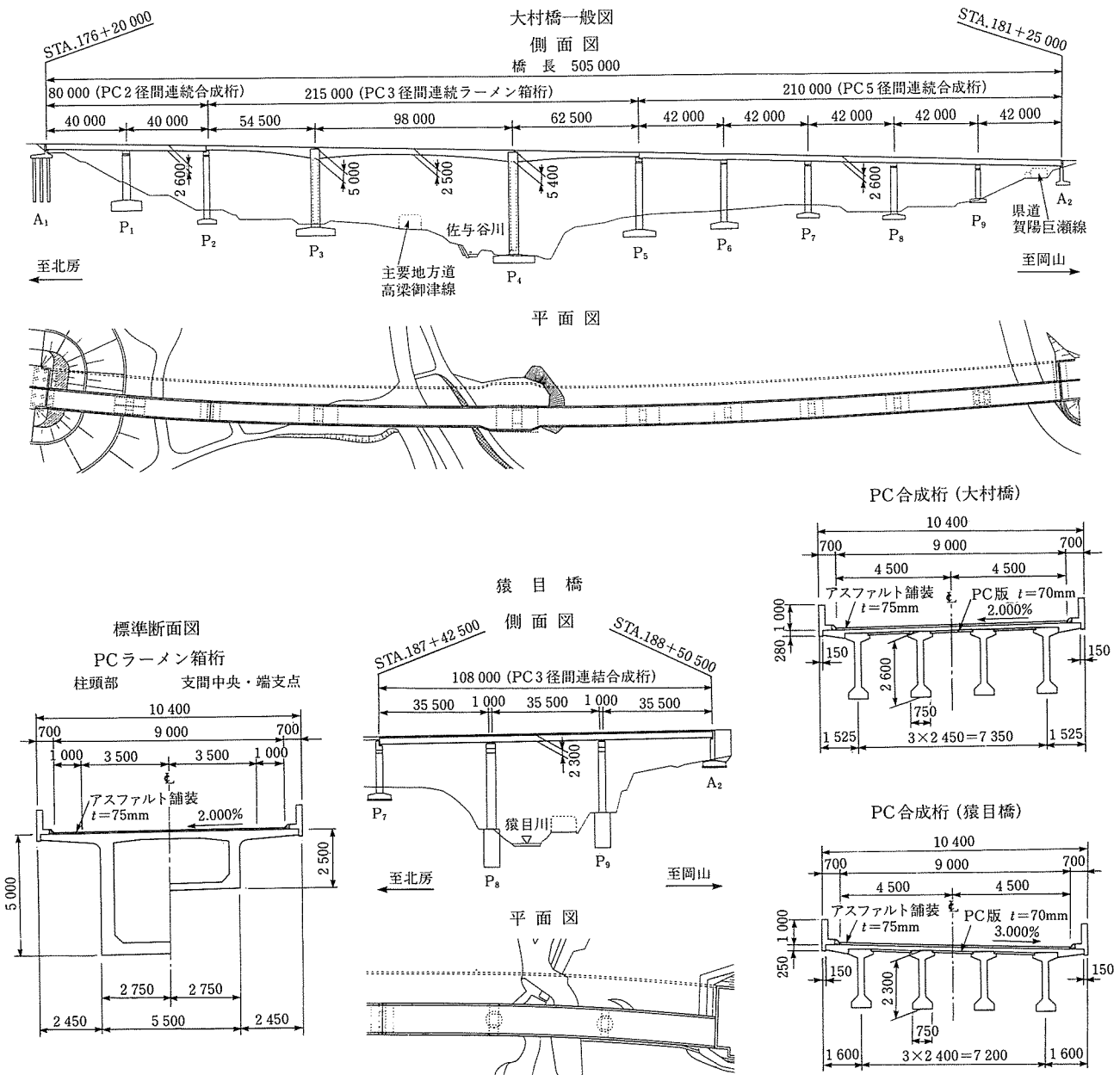


図-2 構造一般図

表-2 に工事工程を、表-3 に主要数量を示す。

表-2 工事工程表

工種	年月	H6												H7												H8							備考
		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						
詳細設計・準備工		[Shaded]																															
猿目橋																														橋面工・付属物工含む			
大村橋	2径間連続合成桁																																
	3径間連続ラーメン箱桁																																
	5径間連続合成桁																																
	橋面工・付属物工																																
猿目跨高速道路橋																													橋面工・付帯工含む				

表-3 主要数量

名称	規格	単位	数量	備考
コンクリート	$\sigma_{ck}=400\text{kgf/cm}^2$	m ³	3 735	P2-2
〃	$\sigma_{ck}=350\text{kgf/cm}^2$	m ³	683	P3-2
〃	$\sigma_{ck}=240\text{kgf/cm}^2$	m ³	1 046	B1-1
型 枠		m ²	10 845	
P C 板	t=70mm	m ²	1 937	1 152枚
鉄 筋 材	SD345	t f	790.5	
P C 鋼 材	12S12.4	t f	169.3	アンダーソン工法
〃	12φ5, 12φ7	t f	27.5	フレシネー工法
〃	3S15.2	t f	19.2	VSL工法
〃	φ26	t f	2.8	ディビダーク工法

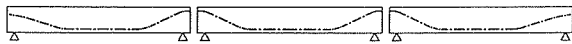
3. 合成桁部の設計

3.1 主桁（プレキャストセグメント）の設計

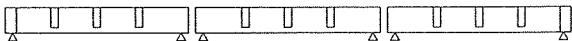
(1) 断面力の算出

本橋は、各施工段階に応じて構造系が異なるため、図-3に示すような施工順序を考慮して断面力を算出した。各荷重による断面力の算出は表-4の算出表に基づき行った。

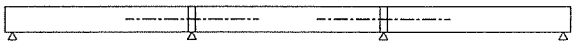
- 1) 主桁（プレキャスト桁）コンクリート打設、プレストレス導入
- 2) 単純桁として橋脚上の仮支承上に架設



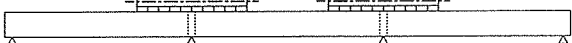
- 3) 中間横桁コンクリート打設、緊張



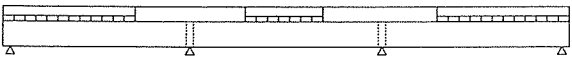
- 4) 支点上横桁コンクリート打設、主桁連結ケーブル緊張、支点上本支承据付け



- 5) 1次床版区間PC板敷設、1次床版打設、床版ケーブル緊張



- 6) 2次床版区間PC板敷設、2次床版打設



- 7) 橋面工の施工

- 8) 活荷重載荷

図-3 施工順序

PC板は主桁の支間直角方向には継目があり、支間方向には不連続であるため、断面諸数値はPC板を無視して算出し、荷重項としてPC板を考慮した。なお、次の不静定力については、安全側をとりPC板を考慮した断面諸値を使用して断面力を算出した。

表-4 断面力算出表

荷重	構造系	解析方法	M	S	T
主桁自重	単純桁	単純梁	○	○	
横桁荷重	〃	〃	○	○	
1次荷重	連続桁	連続格子	○	○	○
2次荷重	〃	〃	○	○	○
橋面荷重	〃	〃	○	○	○
括荷重	〃	〃	○	○	○
グループによる 2次断面力	主桁	連続梁	○	○	
	横桁	〃	○	○	
	プレストレス 乾燥収縮	〃	○	○	
床版プレストレス2次	〃	〃	○	○	
温度差による2次	〃	〃	○	○	

- ① コンクリートの材令差による不静定力
- ② 乾燥収縮差による不静定力
- ③ 主桁と床版による温度差

また、材令差および構造系変化による断面力の算出については、コンクリートの材令と構造系および有効部材厚を考慮し、乾燥収縮度・クリープ係数を算出した。

(2) セグメント桁の設計

セグメント桁の設計は、通常の主桁の検討の他に、セグメント接合部を設計断面として追加し、所要の耐力を有していることを確認した。また、運搬時および吊り上げ時に生じる曲げ応力に対してはRC部材として検討した。

セグメント接合位置は、曲げモーメントが最大位置となる支間中央を避け、主桁を奇数セグメントに分割することとした。本橋では、運搬車両の制限を考慮してセグメント桁の最大長を10m、最大重量を28tとして表-5に示す5セグメントに分割した。

表-5 セグメント桁の長さ重量

大村橋		
	ブロック長(m)	ブロック重量(t)
1BL	6.50	27.82
2BL	9.03	27.79
3BL	10.00	26.82
4BL	9.03	27.79
5BL	6.50	27.82
計	41.06	138.04
猿目橋		
	ブロック長(m)	ブロック重量(t)
1BL	5.90	21.94
2BL	8.00	19.86
3BL	8.00	19.75
4BL	8.00	19.86
5BL	5.90	22.11
計	35.80	103.52

セグメント接合部は、曲げに対して導入直後、設計荷重時ともにフルプレストレスとし、 $\sigma_0 + 1.7 \cdot \sigma_L$ で算出される引張応力度は -25kgf/cm^2 以内とした。

ここに、 σ_0 : 活荷重以外の主荷重による曲げ応力度
 σ_L : 活荷重および衝撃による曲げ応力度

せん断力に対しては、架設時および終局荷重作用時に
おいて所要の強度を有する鋼製接合キーを配置し、接合
キーの埋込み部コンクリートに作用する支圧応力度の照
査を行った。検討の結果、鋼製接合キーは径φ28mmお
よびφ50mmを使用し、主桁1断面あたり3～5本を断
面中心に対称に配置した。

3.2 PC 合成床版の設計

(1) 設計概要

張出し床版部は従来どおりの現場打ちRC構造とし、中
間床版部はプレキャストPC板を使用した合成床版とし
て設計した。

PC板は、床版施工時に型枠支保工として、また、施工
後は現場打ちコンクリートと一体となって合成床版とし
て機能するため、次の2ケースについて検討した。

case1. 施工時荷重に対する検討

case2. 合成床版として設計荷重に対する検討

なお、PC板の設計は「道路橋PC合成床版工法設計施
工便覧」(PC合成床版協会)の基準に準拠して行った。

(2) 1次床版部の設計

基本設計では、従来どおり床版に定着突起を設け、1
次床版コンクリートを一度に打設し、PC鋼材を床版の
下側から緊張する施工方法であった。しかし、本橋では
施工性の向上を図るため、床版上面からの施工が行える
ように床版に緊張用の開口部を設け、特殊チェアを使用
する緊張方法とし、定着突起を省略した(図-4)。

床版厚は、1次床版ケーブルにVSL工法3S15.2ケー

ブルを使用している関係から、VSL工法施工基準(土
木学会)に規定されている定着部の構造細目により決定
され、現場打ち床版コンクリート厚は200mm、PC板70
mmとし合計270mmとした。

本工法で問題となる1次床版定着部付近・PC板継
目部および途中定着開口部補強については、それぞれ
FEM解析の結果をもとに補強筋を配置した。また、開口
部については打ち継目となるため、床版の鉄筋を機械式
継手とし、コンクリート打設後防水工を行う設計とした。

1次床版ケーブルのプレストレスの算出においては、
特殊チェアを使用した場合の摩擦ロス確認試験を行い、
試験値よりチェアによる摩擦ロスは10%として有効プ
レストレスを算出した。

(3) 1次床版開口部のFEM解析

1次床版開口部については、2次元FEM解析を行い
開口部周辺の局部応力を把握し、その応力に対して補強
筋を配置した。

1) 解析モデル

解析領域は、開口部形状および載荷条件が橋軸方向に対
して対称であることから以下に示す領域とし、解析要素は開
口部の大きさ、床版厚を考慮して5cm程度に細分化した。
また、主桁と床版の橋軸方向の境界条件は完全固定とした。

- ・ 解析領域 開口部寸法 550mm×700mm
- X軸(橋軸)方向 3.50m
- Y軸(直角)方向 1.35m

プレストレスは、導入緊張力50tを節点に集中荷重と

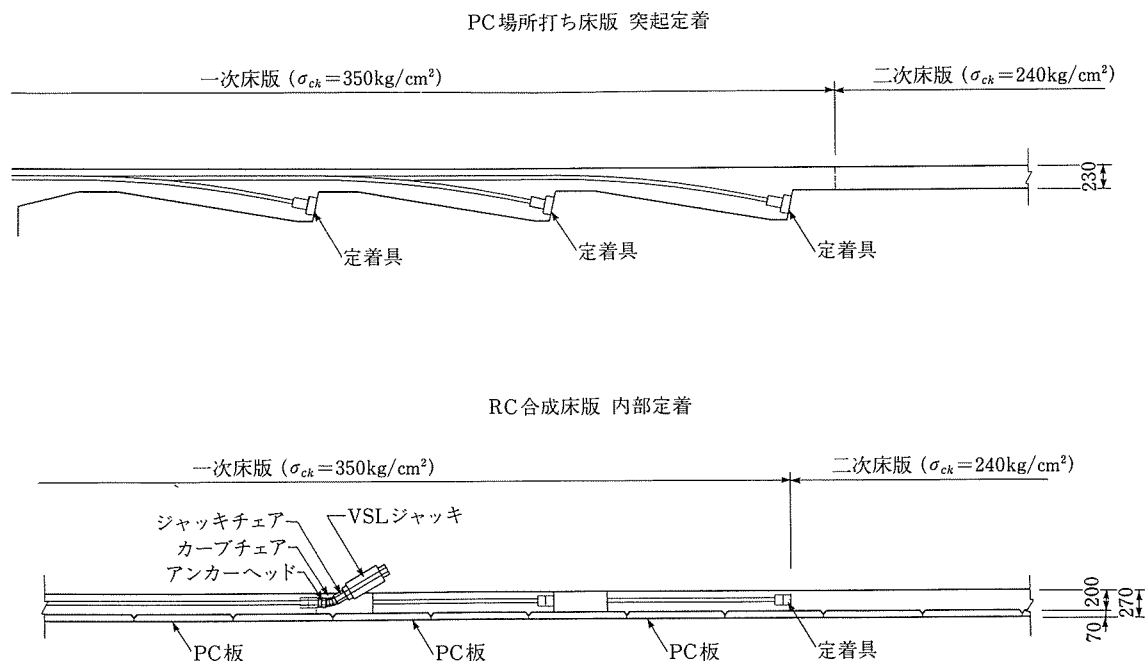


図-4 1次床版の施工法

して作用させた（図-5）。

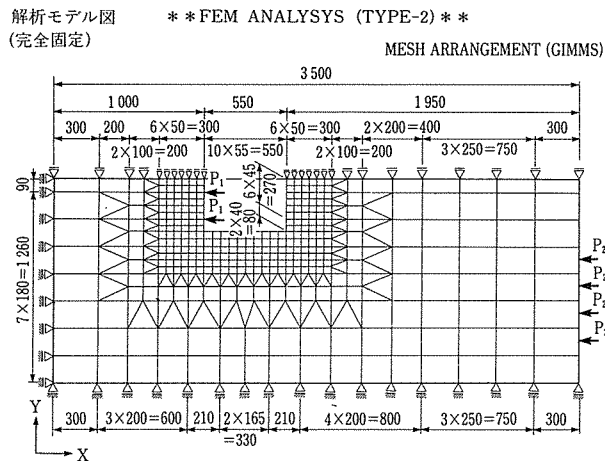


図-5 解析モデル図

2) 解析結果

解析の結果、隅角部の部材には最大で 45.6kgf/cm²の引張応力度が発生する（図-6）。要素応力を断面図心

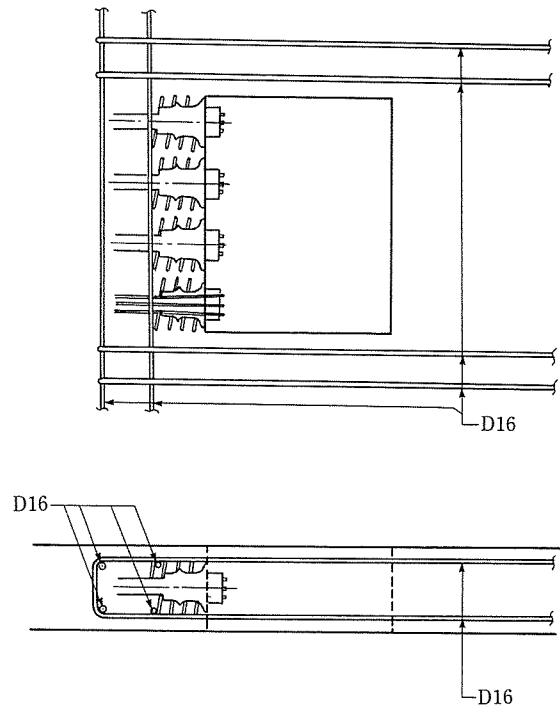


図-7 補強筋配置図

応力矢線図（荷重ケース①+②）
LOAD CASE NO.3 ** P1+P2 **

** FEM ANALYSIS (TYPE-2) **

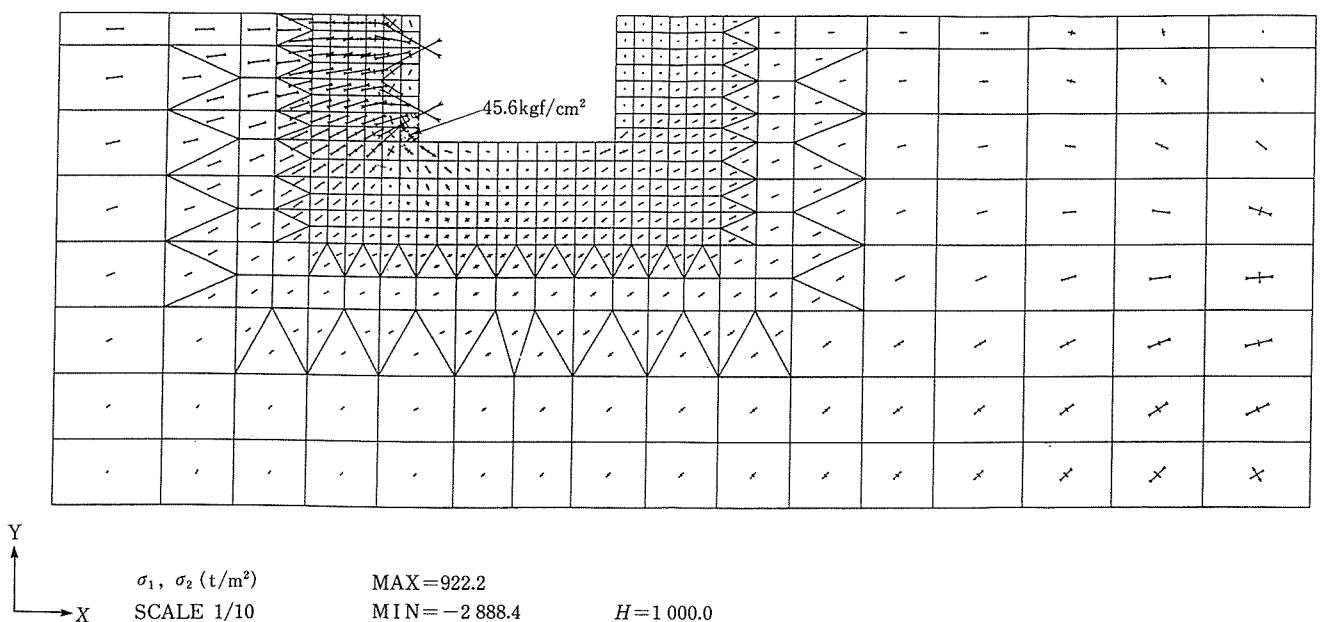


図-6 応力矢線図

軸周りに積分し断面力に置き換え、シャイベ理論により必要鉄筋量を算出すると、1部材当たり $A_s = 3.37 \text{ cm}^2$ となり、補強筋として D16 を 2 本配置した（図-7）。

4. 合成桁部の施工

4.1 施工概要

本工事は、平成6年11月に猿目跨高速道路橋の施工

に着手、猿目橋、大村橋と順次施工し、平成8年4月に橋体工を完了した。

架設は、大村橋3径間連続ラーメン部はワーゲンによる片持ち張出し工法、合成桁部はガーダー架設工法により猿目橋3径間連続合成桁、大村橋5径間連続合成桁、2径間連続合成桁の順で施工した。

本橋施工の大きな特徴は、合成桁部において主桁を工

◇工事報告◇

場製作のセグメント工法、床版はPC板を使用したPC合成床版工法を採用し、現場作業の省力化・省人化および作業環境の改善が図られていることである。

また大村橋では、試験的に支点上の壁高欄に幅300mmの開口部を設け、従来のように壁高欄を乗り越えることなく安全に検査路に降りられる構造とした。

以下に、主に合成桁部の施工について報告する。

4.2 工程管理

合成桁部の施工は、準備工・仮設工を含め1径間約2カ月の工程を目安とした。セグメント搬入から桁据付けに至るサイクルは主桁1本あたり2日、1径間(4主桁)あたり約8日を要した。

図-8に大村橋5径間連続合成桁を例に主桁を工場製作(セグメント桁)とした場合と現場製作した場合(1本桁:想定)の工程比較を示す。図からわかるように、主桁を工場製作とした場合、主桁製作台工および主桁製作工にかかる日数が大幅に減少し、現場における作業は約2カ月の短縮となった。

また、合成桁部のPC合成床版工法では桁上での作業がほとんどとなるため、施工時の安全性が高まり作業効率が向上した。その結果、1次床版の施工日数が1カ所あたり18日程度となり、従来の場所打ち突起定着工法が約30日を要したことに比較して、かなりの工期短縮であった。

大村橋(PC5径間連続合成桁)工程比較

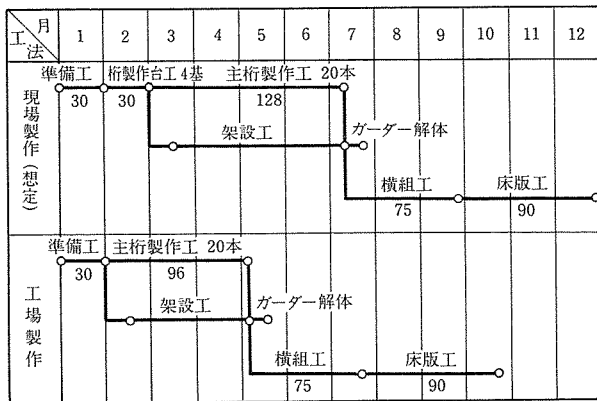


図-8工程比較

4.3 主桁の施工(プレキャストセグメント工法)

(1) セグメント桁の製作

セグメント桁は島根県のPC工場にて製作した(写真-2)。製作数は主桁40本、200セグメントである。工場では本橋のセグメント桁製作にあたり、鉄筋組立方法や型枠固定方法など新しい施工方法を考案・採用し、製作精度の向上、作業の効率化を図った。また、本橋の主桁は比較的桁長が長くスレンダーなため、横ぞりの発生が懸念された。そこで、図-9に示すような棚筋を製作

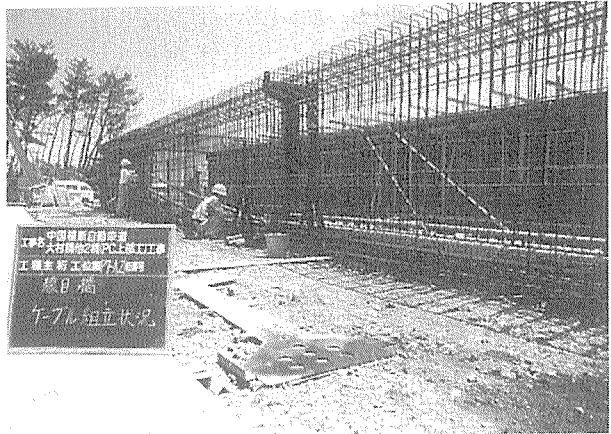


写真-2 セグメント桁製作状況(工場)

し、施工によるPC鋼材の横方向のずれを最小限に抑え、桁図心に対し左右均等にプレストレスが導入されるよう配慮した結果、ほとんど横ぞりは発生しなかった。

(2) セグメント桁の運搬、配置

セグメント桁の運搬は、桁高が2.6mと高く重量も約3.0t/mと大規模なため、運搬車両に35t積み中低床トレーラーを選定した。

現場への搬入は、国道から現場に至る県道がカーブの多い上り坂となるため交通の妨げとならないよう早朝に行った。

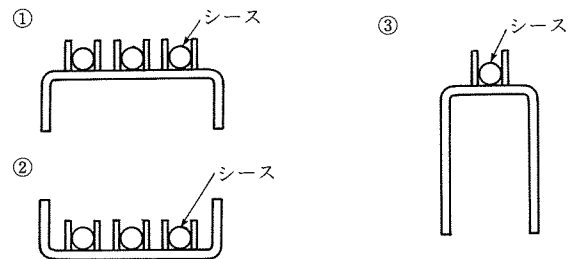


図-9 棚筋形状

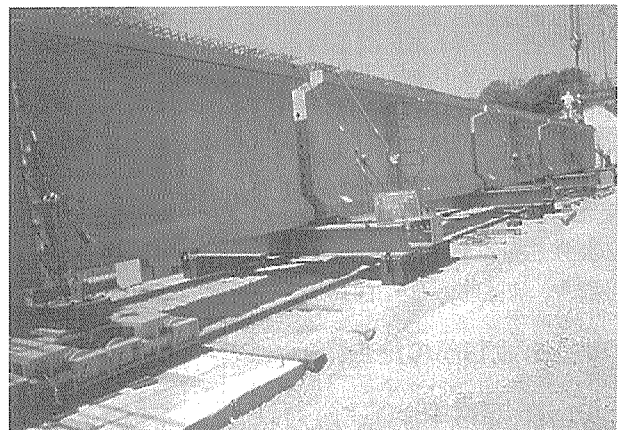


写真-3 主桁組立台

搬入されたセグメント桁は写真-3に示すような主桁組立台に荷下しし、転倒防止措置を施した。

(3) セグメント桁の接合

主桁組立台にセグメント桁を並べた後、端面に接着剤の塗布、ブロック桁の引寄せ、PC鋼材の挿入、緊張を経て1本の桁となる。

本橋では、接着剤にエポキシ樹脂系接着剤（可使用時間：2～4時間）を使用した（写真-4）。

主ケーブルはマルチストランド12S12.4を使用し、定着はアンダーソン工法である。主ケーブルの緊張にあたっては、1本のケーブル緊張ごとに鉛直方向、横方向のそり状態や接合面の状況を観察し、異常がないことを確認しながら行った。

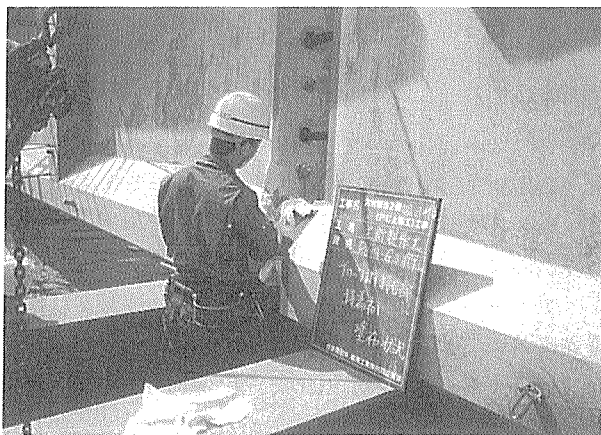


写真-4 接着剤塗布状況

(4) 架 設

主桁重量は約130tあり、抱込み式エレクションガーダー（150t吊り）にて架設した（写真-5）。

猿目橋は、架設地点の上空約20mの位置に中国電力(株)の50万ボルト送電線があり、ガーダーの組立・解体等、クレーン作業は作業半径がかなり制限され困難を極めた。



写真-5 主桁架設状況

大村橋においては、直下に県道および町道があり、また現地が溪谷部にあり季節風や突風が時折発生するため安全管理には特に注意し、架設作業を行った。

4.4 PC合成床版の施工

(1) PC板の製作

PC板は佐賀県のPC工場にて製作した。PC板は厚さ70mm、長さ1840mm（猿目橋1540mm）、幅998mmの標準タイプの他に、調整用1タイプ、支点横桁部で使用する差し筋のある2タイプの4種類とし、合計1152枚を使用した。なお、PC板1枚の重量は約300kgである。

(2) 施工順序

PC合成床版の施工順序を図-10に示す。

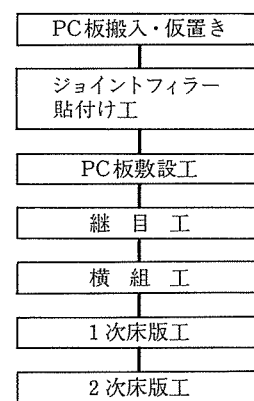


図-10 施工順序

(3) PC板の据付け

主桁架設終了後、桁上に軌条設備を設置し、ジョイントフィラー（15×10mm）を取り付けてPC板の据付けを行う。据付けは、自走台車に牽引された2台の重量台車の上にH型鋼で架台を設置しその上にクローラークレーン（4.9t吊り）を固定して行った（写真-6）。

(4) 床版部の施工

PC板を据え付けた後、PC板とPC板の隙間に無収縮

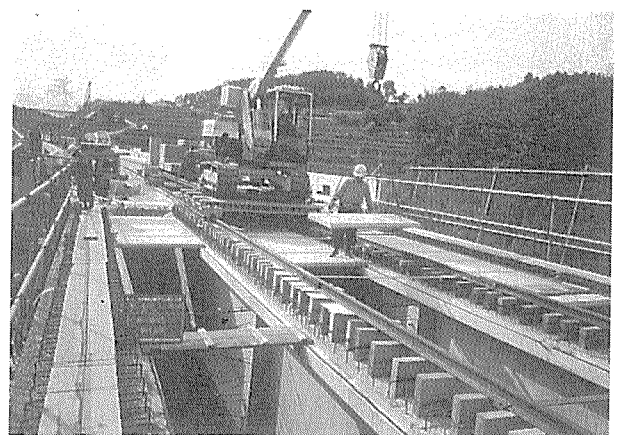


写真-6 PC板据付け状況

◇工事報告◇

モルタルを充填し、型枠、鉄筋、PC ケーブルの組立を行う（写真-7）。

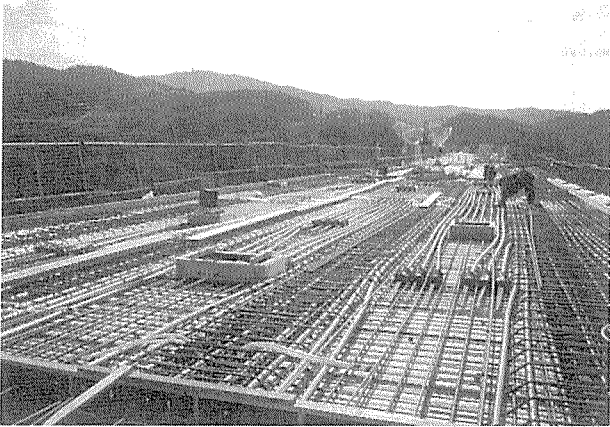


写真-7 鉄筋・PCケーブル組立状況

張出し床版の型枠は主桁側面に埋め込んだインサートにブラケットを固定支持する構造とした。張出し床版の型枠組立は、まず1次床版部を先行し、鉄筋・シースの組立時には2次床版部へ移動するため、労務のロスが少なく工程の管理も容易であった。

本橋では、1次床版内に配置される床版ケーブルはすべて面内定着とし、1次床版を一括施工することで打継ぎ目を最小限に抑える施工とした。また床版中間で定着されるケーブルは床版に切欠き部を設け、特殊チェアを用いて緊張した（写真-8）。



写真-8 床版ケーブル緊張状況

PC合成床版工法は、従来の場所打ち床版工法（突起定着）に比較し、以下の特徴が挙げられる。①作業はほとんど床版上ででき、施工性が良い②床版ケーブルを面内定着とすることで煩雑な定着突起が不要、型枠・鉄筋の組立が容易である③ひびわれ耐力が大きく破壊に対する安全性が高い④施工工程を短縮できる⑤ケーブルの定着工法が限定され、緊張に特殊チェアを使用し

た場合、緊張力のロスが大きい。

5. おわりに

本橋で採用したセグメント工法、PC合成床版工法に関してまとめると、以下ようになる。

(1) 主桁製作および架設において、現場作業期間は現場打ち桁製作の場合の約6割になり、現場における労務工数も大幅に減少した。

(2) 床版工において、1次床版の施工は1カ所あたり現場打ち突起定着工法の約3分の2の工期にて施工可能となった。

(3) セグメント桁、PC板は工場製作のため管理が行き届き、製品の均一化、品質の向上につながる。

(4) PC板の使用により、危険作業が減り施工時の安全性が高まる。

(5) 現場作業において発生する騒音、振動、粉塵、産業廃棄物が減少する。

(6) コスト面については、セグメント桁の運搬費の発生、工場の設備投資等、本橋における環境条件のもとでは現場製作より若干割高となった。

以上のように、プレキャストセグメント工法とPC合成床版工法の併用は、施工の省力化、安全性および作業環境において有意性が認められた。

プレキャスト工法は、近年急速に増加しており、将来もその活躍が期待される工法である。本報告が、プレキャスト工法の発展の一助となれば幸いである。

最後に、本橋の設計・施工にあたりご指導、ご尽力頂いた関係各位に厚く御礼申し上げます。

参 考 文 献

- 1) プレキャスト連結げたの設計法に関する共同研究報告書、建設省土木研究所、1992.2
- 2) プレキャストブロック橋の設計法に関する共同研究報告書(I)、建設省土木研究所、1992.3
- 3) プレキャストブロック橋の設計法に関する共同研究報告書(II)、建設省土木研究所、1993.3
- 4) プレキャストブロック橋の設計法に関する共同研究報告書(III)、建設省土木研究所、1996.3
- 5) プレキャストブロック工法によるプレストレストコンクリートT1げた道路橋設計施工指針、(社)日本道路協会、1992.10
- 6) コンクリート道路橋設計便覧、(社)日本道路協会、1994.2
- 7) 道路橋PC合成床版工法 設計施工便覧、PC合成床版協会、1994.8
- 8) プレストレストコンクリート 特集:PCプレキャスト橋、(社)プレストレストコンクリート技術協会、1996. Vol. 38. No.2
- 9) PC合成床版工法のPC連続合成桁橋への適用、江本、吉岡、白木、堤、プレストレストコンクリート技術協会 第2回シンポジウム論文集、1991.11
- 10) PC合成床版工法を用いたPC連続合成桁橋の設計・施工、吉岡、和田、白木、末岡、プレストレストコンクリート技術協会 第3回シンポジウム論文集、1992.11

【1997年1月20日受付】