

土山橋の施工

—外ケーブル併用PC7径間連続ラーメン箱桁橋—

宮澤 敏孝*1・松井 欣嗣*2・宮本 克*3・中安 義顕*4

1. はじめに

第二名神高速道路土山橋は、滋賀県と三重県との県境をなす鈴鹿山脈から約5km西方の滋賀県甲賀郡土山町に位置し、第二名神高速道路亀山ジャンクション(仮称)と甲賀土山インターチェンジ(仮称)のほぼ中間に架橋され、国道、河川および町道を跨ぐ橋長510mのPC7径間連続ラーメン箱桁橋である。

架橋地点の地形は図-1に示すように、A1～P2、P6～A2区間は急峻な地形であり、P5～P6区間には地表より高さ約20mの小山が突出している。また本橋梁はP4～P5区間で幅約20mの国道1号を交角約30度にて跨ぎ、P3～P4区間では町道の上空を、P2～P3区間では一級河川山中川を越えている。

主桁は図-2に示すような傾斜ウェブを採用し、サークルハンチを施すことにより周辺の山々との調和を図り、軽量

感に富んだスレンダーな形状としている。

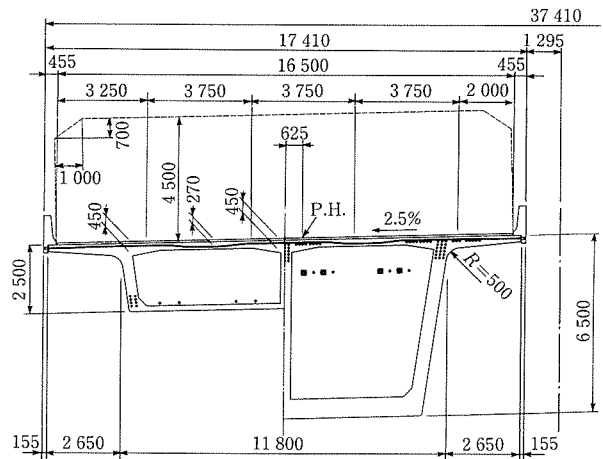


図-2 標準断面図

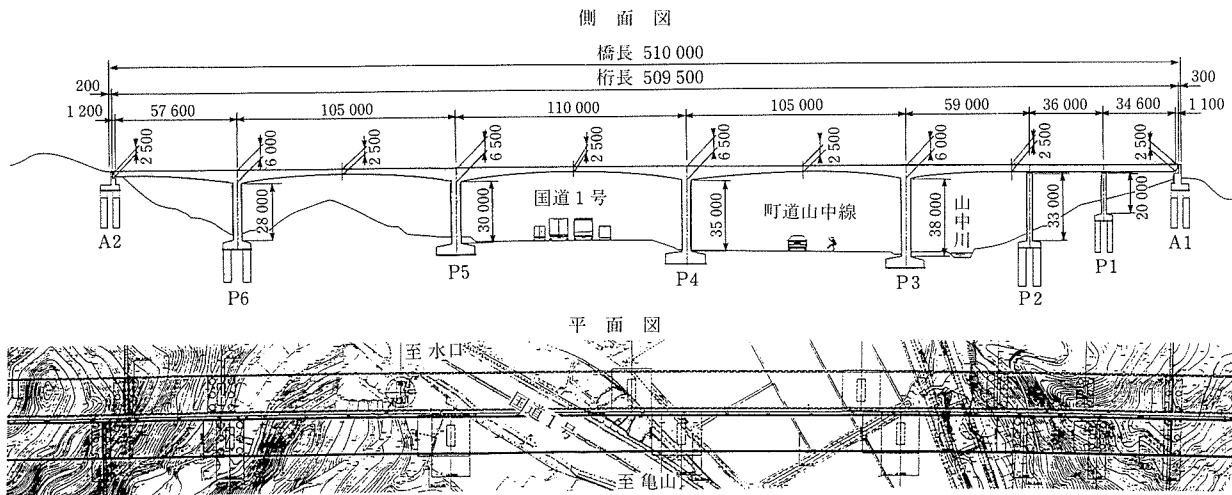


図-1 全体一般図



*1 Toshitaka MIYAZAWA

日本道路公団 大阪建設局
大津工事事務所 土山工事区



*2 Yoshitsugu MATSUI

日本道路公団 大阪建設局
大津工事事務所 土山工事区



*3 Katsu MIYAMOTO

オリエンタル建設(株)・(株)日本
ピーエス共同企業体



*4 Yoshiaki NAKAYASU

オリエンタル建設(株)・(株)日本
ピーエス共同企業体

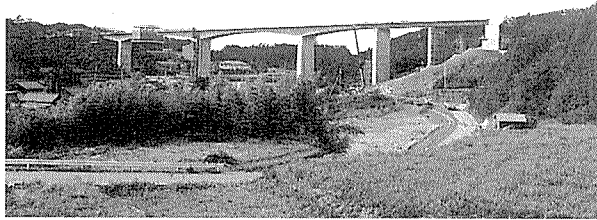


写真-1 全 景

また、本橋ではPC箱桁橋の施工性および経済性向上や維持管理の容易さなどを考慮して、主方向は内・外ケーブル併用方式を採用し、横方向にはグラウト作業が不要なプレグラウトPC鋼材を採用している。

本稿はこのような条件のもとで、現在施工中の第二名神高速道路土山橋についての設計・施工の概要を報告するものである。

2. 工事概要

第二名神高速道路土山橋の工事概要を以下に示す。また主要数量を表-1に示す。

工 事 名：第二名神高速道路土山橋（PC上部工）工事
 路 線 名：高速自動車国道近畿自動車道名古屋神戸線
 工事場所：滋賀県甲賀郡土山町山中
 工 期：平成9年3月22日～平成11年2月9日
 橋 種：プレストレストコンクリート道路橋
 構造形式：7径間連続ラーメン箱桁橋
 橋 長：510m（下り線）
 支 間：34.6m+36.0m+59.0m+105.0m+110.0m+105.0m+57.6m
 幅 員：全幅 17.41m，有効 16.50m
 平面線形：R=14 991～R=8 000
 勾 配：縦断 2.0%，横断 2.5%

表-1 主要数量

種 別	仕 様	単 位	数 量	摘 要
コンクリート	$\sigma_{ck}=400\text{kgf/cm}^2$	m ³	7 483	橋 体
	$\sigma_{ck}=300\text{kgf/cm}^2$	m ³	465	地覆・壁高欄
鉄 筋	SD345	t	1 024	
P C 鋼 材	SWPR19 1S28.6	kg	56 548	横締め
	SWPR7B 12S12.7	kg	256 140	縦締め内ケーブル
	SWPR7B 12S15.2	kg	35 114	縦締め外ケーブル

施工方法としては、小山、国道、町道、河川を跨ぐ区間については、地形や環境条件に左右されない片持ち張出し架設工法を用い、急斜面の地形形状であるA1～P2径間については、支柱式支保工架設工法を用いた。施工順序については、各橋脚から張出し施工を行った後、連続（閉合）内ケーブルを緊張することにより各径間の中央閉合を行い、側径間を支保工にて施工することにより橋体を連続化させ、最後に外

ケーブルを一括緊張して完成させる計画である（図-3）。

3. 設計概要

3.1 横方向（床版）の設計

本橋の主桁断面は2室箱桁形状であり、床版支間は約5mである。横方向の設計においては、十分な耐久性を期待して床版はPC構造とし、ボックスラーメン構造により解析を行った。上床版寸法および使用PC鋼材は、橋軸方向鉄筋、コンクリート体積を考慮したうえで、最も経済的で断面性能に優れた寸法構成およびPC鋼材（プレグラウトタイプ1S28.6、配置間隔667mm）を選定した（写真-2）。ただし、プレグラウトタイプPC鋼材採用に際して、充填樹脂が温度履歴硬化特性を有しているため施工において厳密な温度管理が必要である箇所（柱頭部、支点横桁等）は、従来どおりグラウトタイプの1S28.6を採用した。

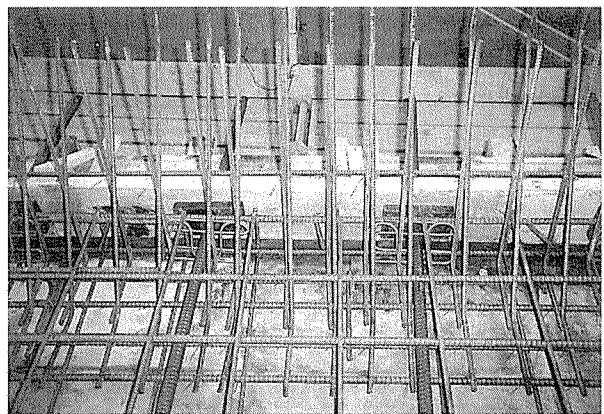


写真-2 プレグラウトPC鋼材

3.2 主方向の設計（曲げに対する検討）

本橋は内・外ケーブル併用方式を採用しているが、道路橋示方書¹⁾では、外ケーブルを用いた部材は、

- ① 付着のないPC鋼材を用いる場合と同様に、外ケーブルとコンクリートの平面保持の仮定が成立しない
- ② 部材の変形に伴い外ケーブルの偏心が変化することが記されているが、一般には外ケーブルの偏心量が変化することが小さいことから、これを無視し外ケーブル構造の特性を考慮せず外ケーブルを内ケーブルと見なして設計荷重時の応力照査を行った。

一方、終局時における曲げ破壊安全度の照査については、上記の特性を考慮する必要があるため破壊抵抗モーメントの算定にあたって、

- ① 外ケーブルを付着のないPC鋼材と見なして同示方書 2.2.4(3)の規定に従い、鋼材に付着があるとして算出した値の70%とする方法
- ② 終局時部材変形に伴う外ケーブルの応力増分を見込まない方法

の2ケースを考慮して照査を行った。

4. 外ケーブル構造

4.1 外ケーブルの仕様

本橋では、現在までの外ケーブル構造の施工実績を踏ま

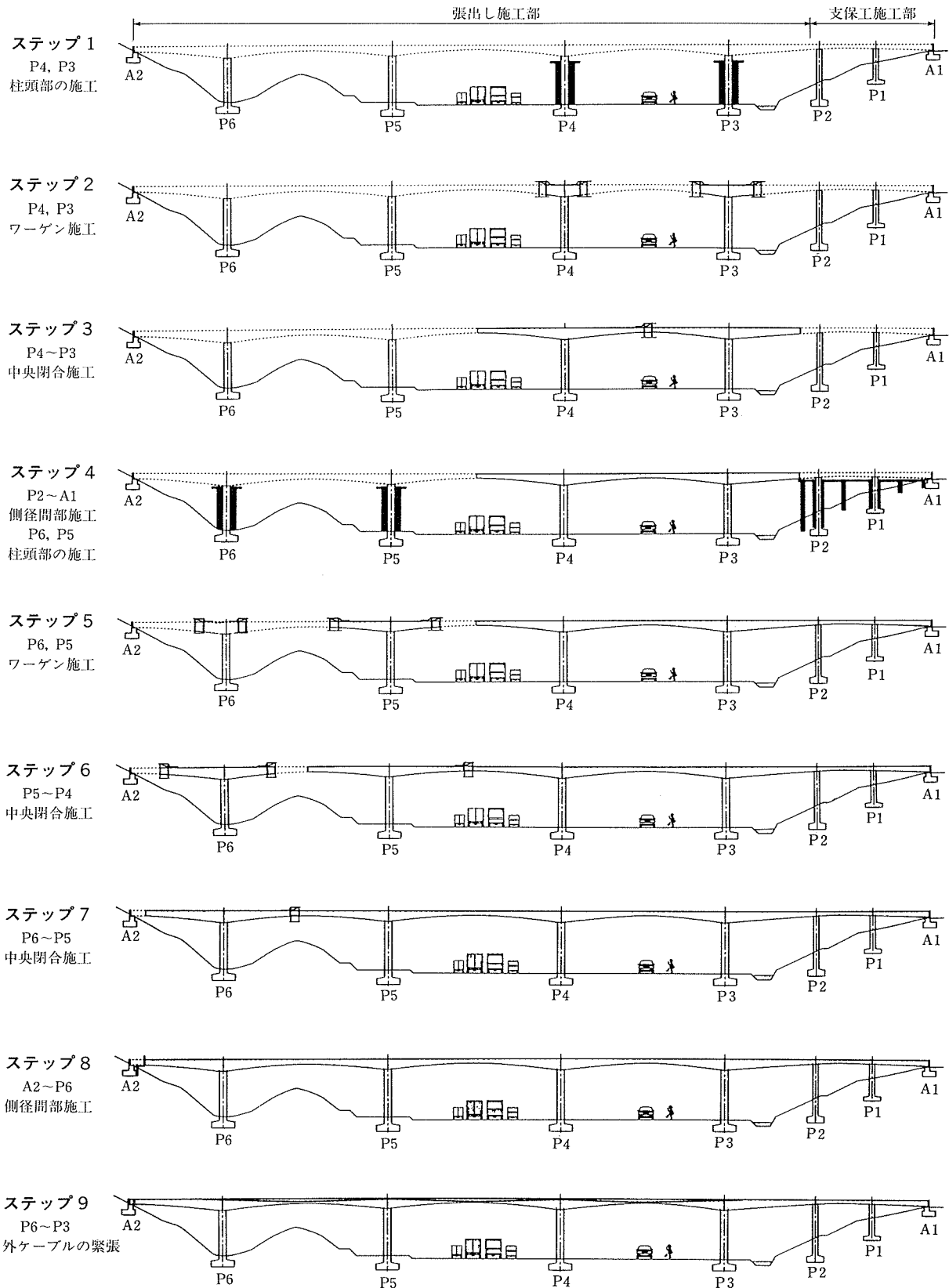


図-3 施工順序図

え、かつ現場での省力化・品質向上およびコスト縮減を目指して、以下に示す構造を採用した。

(1) P C 鋼材

ロングラウトタイプのプレファブケーブルとして開発さ

れたアンボンドマルチケーブル 12S15.2B を採用した。設計に用いた摩擦係数はPE/SETRAの基準²⁾を参考にし、 $\mu = 0.05$ 、 $\lambda = 0.001$ を見込んだ。工場でアンボンド加工されたケーブルをコイル状に巻き取ったものを現場に搬入し、橋

面上のターンテーブルから1tウインチでボックス内に引き込み仮配置を行った(写真-3, 4)。

(2) 定着具

柱頭部横桁を定着体とし、適切な補強鉄筋を配置することにより従来どおりの12S15.2B用アンダーソン・チャック式定着工法(AL320T)を採用した(写真-6)。

(3) 偏向部および定着部保護管

偏向部は、1径間あたり2カ所とし、厚さ65cmの中間隔壁をもってこれを兼用した。堅固に緊張材を保持し、また緊張材の引張力が主桁に十分に伝達されるように補強鉄筋を配置したため、保護管には通常の曲げ加工した防錆鋼管(SGP 100A $t=4.5$)を直接隔壁に埋め込む方式を採用した

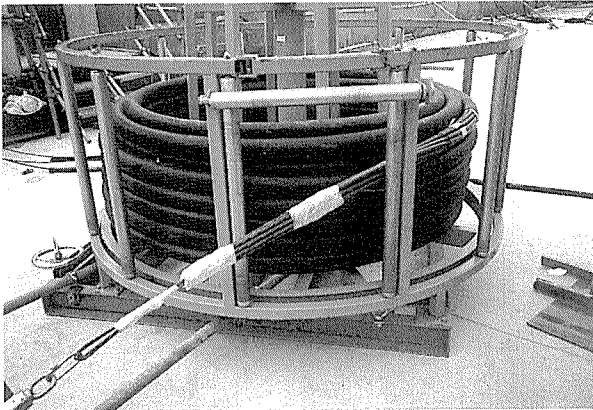


写真-3 外ケーブルの挿入

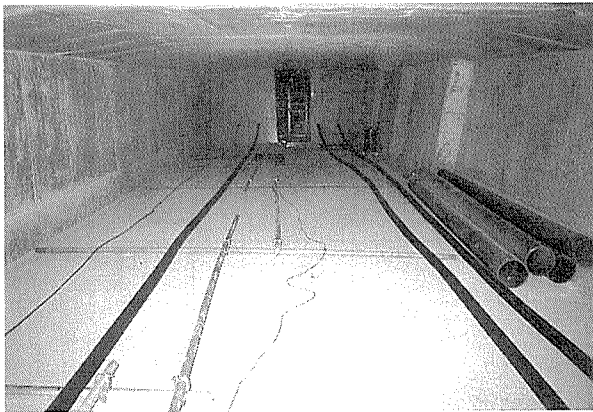


写真-4 外ケーブル仮配置



写真-5 外ケーブル偏向部

(写真-5)。定着部保護管も同様に、厚さ4mの柱頭部横桁内の所定の位置に防錆鋼管を配置し堅固に固定した(写真-6)。定着具保護管内の防錆材については、ケーブル交換を考慮しないためノンブリーディング・粘性型のグラウトを充填する予定である。

4.2 内・外ケーブルの比率および配置区間

本橋梁は、移動作業車(以下、ワーゲンと呼ぶ)を用いた片持ち張出し工法で施工されるため、橋体完成までの荷重については内ケーブルで負担するものとした。橋体完成以降の荷重については、当初設計ではすべて外ケーブルで負担させる計画であったが、クリープ・乾燥収縮や温度・地震の影響による曲げモーメントの分布形状は、死荷重・活荷重の形状と大きく異なるため、配置形状に制約を受ける外ケーブルで負担させるより内ケーブルの方が経済的であると判断した(表-2)。

外ケーブルの配置区間については、当初設計において全径間にわたり外ケーブルを配置する計画であった。しかし、外ケーブルは主桁との付着がないため、破壊抵抗曲げモーメントが低減する。このためA1~P3径間とP6~A2径間は、すべて内ケーブルで負担させた方が経済的であると判断した(図-4)。

以上の変更により、当初設計と比較して、内ケーブルは6%増加したが、外ケーブルは60%減少させることができ、

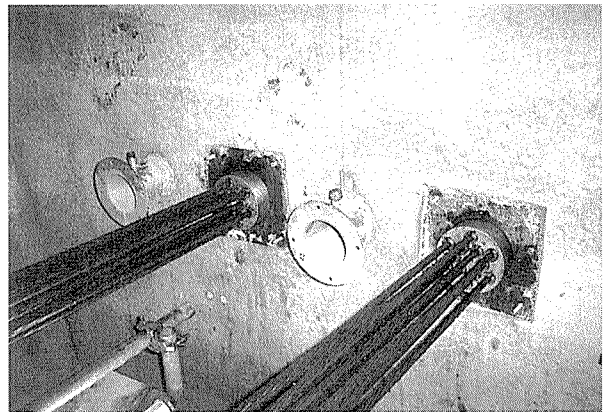


写真-6 外ケーブル定着部

表-2 内・外ケーブルの分担

荷重種別	当初設計	変更設計
主桁自重	内	内
橋面荷重	外	内
クリープ・乾燥収縮	外	内
温度・地震の影響	外	内
活荷重	外	外

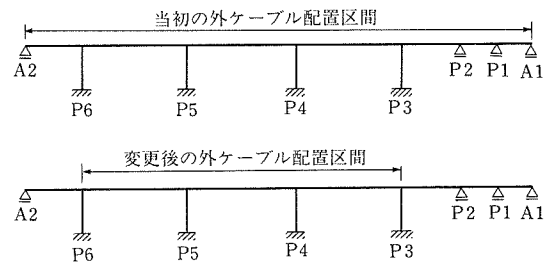


図-4 外ケーブル配置区間

表-3 縦締めPC鋼材の数量増減 (単位:kg)

種別	仕様	当初設計	変更設計	摘要
内ケーブル	SWPR7B 12S12.7	241 641	256 140	
外ケーブル	SWPR7A 12S15.2	88 854	—	グラウトタイプ
	SWPR7B 12S15.2	—	35 114	アンボンドタイプ

総額として約7%のコスト縮減に成功した(表-3)。

5. 施工概要

5.1 柱頭部の施工

柱頭部の施工は、当初、橋脚高さが30m～40mのためH鋼ブラケットによる施工を計画していたが、熟練技能者の不足、工期短縮、省力化および第三者への安全性を考慮し安全で簡単な定地式支保工を計画し実施した。支保工はユニット化された折り畳み式で、昇降タラップ、作業床、手摺りがあらかじめ組み込まれており、組立てが簡単で開くと同時に使用できるマルチベントを使用した(写真-7)。支柱1本あたりの許容荷重は60tである。ユニットは4本の支柱と、2.1m、2.7mの水平材で構成され、高さが1.8m～3.8mであり、組み上がったユニットを所定箇所および所定高さに積み上げて6タワー組み上げ、その上にH鋼と足場板を敷設してステージを作り、さらにパイプ式支保工を組み、型枠の支持と外周足場として使用した。支保工の設置前には、平板載荷試験により地盤支持力の確認を行い、支持力不足の箇所は地盤改良を行い、再度平板載荷試験を行って所定の支持力を確保した。

国道に近接しているP4、P5橋脚のステージ上にはシート防水を施し、外周足場に朝顔を設け国道側に施工水、雨水、資機材の飛散防止を図った。コンクリートの打設は、ポンプ車で行った(写真-8)。

5.2 片持ち張出し施工

本橋は主桁断面が2室箱桁であるため、3主トラスの標準ワーゲンをを用いて、施工ブロック長さを2.5m～4m程度として施工した。各橋脚からの張出し架設ブロック数は片側12ブロック～13ブロックとなる。張出し施工を行うのがP3～P6の4橋脚であることと、工期が690日であることを考慮すると、2橋脚分のワーゲンを用意して、残りの2橋脚分は転用することにより、厳しい工程であるものの施工は可能である(写真-9)。

5.3 ワーゲンの組立て・解体

ワーゲントラスと上部横梁の組立ては、墜落・落下防止設備を施して柱頭部上で行い、下部作業台の組立ては橋下の地上で、外周足場、底型枠、側型枠を組み込み、上部横梁に吊した4台の20t電動チェーンブロックで一括吊上げ方式によりリフトアップを行った(写真-10)。一括吊上げ方式を採用することにより、高所作業を極力避けるようにした。吊上げ全重量は約60tである。解体時も同様に20t電動チェーンブロック4台にて一括吊下げ方式にてリフトダウンし、地上で下部作業台等の撤去を行った。

国道上ワーゲン作業床は、柱頭部施工のステージ上と同様に敷設された足場板上にシート防水を施した(写真-11)。施工中に発生する施工水および雨水等のワーゲン内の水処



写真-7 マルチベントの組立て

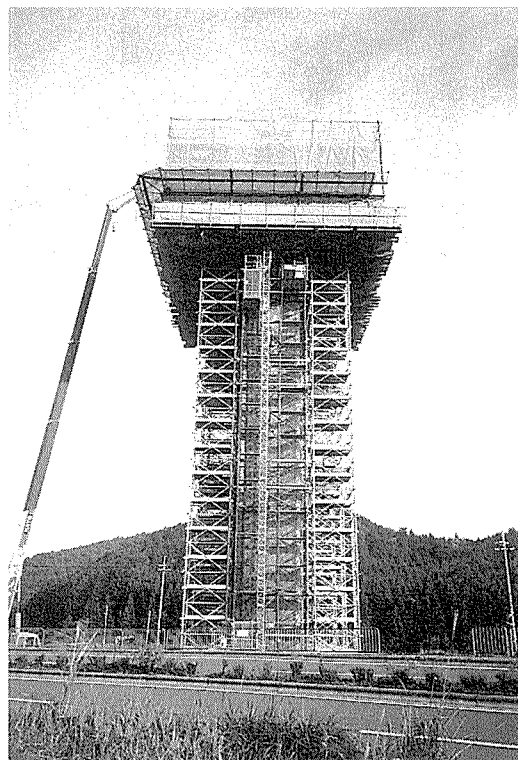


写真-8 柱頭部支保工

理については、作業床の1ヵ所に集水ますを設置し、既設主桁ボックス内にポンプアップして、仮排水装置により橋脚下の排水溝へ流出させた。また外周足場側面は、メッシュシートで全面を覆い、落下物防止用朝顔を設置した。

5.4 国道1号への対応

P4、P5橋脚の張出し施工に伴う国道1号への対応は、隣接する作業(柱頭部の施工に伴う支保工組立て・解体、ワーゲンの組立て・解体)時については、路肩側1車線を一時的に規制することにより安全を確保し、上空を占有する作業(ワーゲン施工、壁高欄施工)時については、通常の本作業時は落下物影響線の範囲を朝顔にて全周防護するため交通規制は行わず、架設機材移動はより一層の安全を確保するため13時～15時の間に約1分間の通行止めを数回行うことにより、車両あるいは人の通行がないことを確認のうえ、実施することとした(写真-12)。



写真-9 片持ち張出し施工



写真-10 作業床リフティング



写真-12 国道上のワーゲン移動



写真-11 防水シート敷設

内で第二名神高速道路として最初に発注された橋梁であり、模範的な存在とするためにコスト縮減・技術開発・耐久性向上などの諸問題に対して、斬新な試みを取り入れながら、設計・施工において極力単純化することで、省力化・品質向上およびコスト縮減に力を注いだ。平成11年2月に無事竣工を目指し、今後もより一層の努力を惜しまない所存である。

最後に、本報告が第二東名・名神高速道路のPC橋はもちろんのこと今後の同種橋梁の参考の一助になれば幸いであり、また本稿の執筆にあたり多大なるご協力のご助言を賜った関係者各位に深く感謝の意を表する次第である。

参 考 文 献

- 1) 日本道路協会：道路橋示方書・同解説，Ⅲコンクリート橋編，1996.12
- 2) 高速道路調査会：PC橋の新しい構造事例に関する研究報告書(外ケーブルの有用性と適用に関する調査検討)，1993.3

【1998年11月12日受付】

6. おわりに

第二名神高速道路土山橋は、日本道路公団大阪建設局管