

新名神高速道路 川下川橋の設計・施工

— 橋脚高 95 m を有する PRC 連続ラーメン箱桁橋 —

下條 和寿*1・尾鍋 卓巳*2・波田 匡司*3・田中 康仁*4

新名神高速道路に建設された川下川橋は、神戸市と宝塚市を跨ぐ急峻な谷間にかかる PRC 3 径間連続ラーメン箱桁橋であり、橋脚高 95 m、最大張出し架設長 110 m を有する国内最大規模のコンクリート橋である。

本橋は、高強度鉄筋と高強度コンクリートを使用した中空断面の高橋脚、および桁高 12 m のコンクリートウェブを有する広幅員かつ長支間の主桁など、特徴的な構造を有する。本稿では、川下川橋の構造の特徴を述べるとともに、高橋脚からの張出し架設を中心に施工報告を行う。

キーワード：張出し架設長、高橋脚、セルフクラッキングフォーム

1. はじめに

川下川橋は、当該地域の新名神高速道路事業のなかで、掘削土の高速運搬用の工事用道路としての役割を期待され、新名神兵庫事務所管内で最初の本線工事として発注された。

本工事は、設計・施工一括の発注方式の試行工事として、上下部一体で発注され、経済性や維持管理性の観点から PRC 3 径間連続ラーメン箱桁橋が採用された。本橋（写真 - 1）は、橋脚高 95 m、最大張出し架設長 110 m を有する国内最大規模のコンクリート橋であり、高橋脚には高強度材料（コンクリート設計基準強度 50 N/mm²、鉄筋降伏強度 685 N/mm²）が採用され、橋脚断面が大幅に縮小されている。



写真 - 1 完成写真

2. 工事概要

図 - 1 に橋梁一般図を示す。川下川橋は、川下川ダムの下流側に位置し、非常に急峻な谷間を渡る橋梁である。工事概要を以下に示す。

発注者：西日本高速道路(株) 関西支社
 設計・施工者：鹿島建設(株)・(株)ピーエス三菱共同企業体
 工事場所：自) 兵庫県宝塚市玉瀬
 至) 兵庫県神戸市北区道場町生野
 工期：平成 20 年 12 月 25 日～平成 25 年 11 月 28 日
 上部構造：PRC 3 径間連続ラーメン箱桁橋（橋長 300 m）
 支間割り：120 + 143 + 37 m
 幅員：全幅員 24.140 m
 上下線一体の暫定 4 車線
 下部構造：RC 橋脚 2 基（橋脚高 95.0 m、25.5 m）
 RC 逆 T 式橋台 2 基
 基礎構造：大口径深礎
 P 2 小判形 φ 9.0 m × 12.5 m × 1 本、
 P 1 φ 5.0 m × 2 本
 深礎杭 A1, A2 φ 3.0 m × 8 本
 工事用道路：約 1.7 km



*1 Kazutoshi GEJYOU

鹿島建設(株)
四国支店



*2 Takumi ONABE

鹿島建設(株)
関西支店



*3 Masashi HADA

鹿島建設(株)
土木設計本部



*4 Yasuhito TANAKA

(株)ピーエス三菱
九州支店

3. 設計および構造詳細

3.1 下部構造（高強度材料を用いた RC 構造）

高強度材料を用いた構造は、普通強度材料を用いた構造と比較して、耐震性に優れ、また経済性の点においても基礎構造を縮小できるなど、合理化を図ることができる。

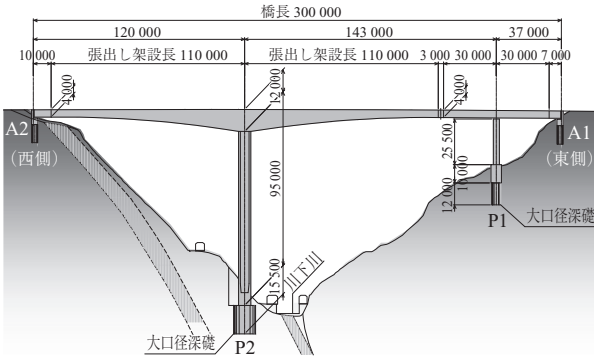


図 - 1 橋梁一般図

高さ 95m の P2 橋脚には、高強度コンクリート（設計基準強度 50 N/mm²）と高強度鉄筋 USD685B を、P1 橋脚には、高強度コンクリート（設計基準強度 40 N/mm²）と高強度鉄筋 SD490 を採用した。高強度鉄筋と高強度コンクリートを組み合わせた構造は、高橋脚でその効果が十分に発揮される。P2 橋脚では、一般に使用される普通強度の鉄筋（SD345）とコンクリート（設計基準強度 30 N/mm²）を組み合わせた場合に比べ、大幅な断面の縮小と鉄筋量の削減が可能となった（図 - 2）。さらに、橋脚断面のコンパクト化により、基礎断面も大幅に縮小することができた。

高強度材料の使用により橋脚断面をコンパクト化することで、橋を長周期化させ（一次固有周期：橋軸方向約 3.5 秒、直角方向約 2.7 秒）、地震時の応答加速度を低減し、橋梁全体系の耐震性を向上させた。地震時の水平力を P2 橋脚以外の P1 橋脚に多く負担させることで、レベル 2 地震時には P1 橋脚基部のみに塑性ヒンジを形成させ、P2 橋脚頂部と基部には塑性ヒンジを形成させない構造とした。

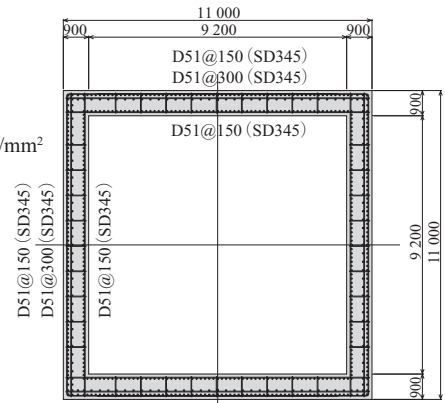
3.2 上部構造

上下線一体で全幅員が 24.14 m となる上部構造には、2 室箱桁断面（図 - 3）を採用した。P2 橋脚からの張出し架設部には変断面を採用し、橋脚頂部での桁高を 12 m とし、張出し先端に向かって 4 m まで変化させた。張出し架設長が国内でも最大規模となるため、高強度コンクリート（設計基準強度 50 N/mm²）を適用して、軽量化を図った。

本工事は、暫定 4 車線（2 車線×上下線）の施工であり、将来的に 6 車線へ拡幅できるように構造面の配慮が必要であった。将来の車線拡幅の際には、ストラットに支持された張出し床版を施工する計画とした。本橋では、ストラットを設置することを考慮して、箱桁のウェブ下端に橋軸方向に連続した突起を設けた。将来の拡幅工事には専用の移動作業車を使用し、交通を確保しながら拡幅を行う計画である。このため、拡幅後に必要となる部材厚を今回の工事で確保し、外ケーブルの追加設置のみで対応することとした。

【一般的な材料】

コンクリート：30N/mm²
鉄筋：SD345



【高強度材料】

コンクリート：50N/mm²
鉄筋：USD685B

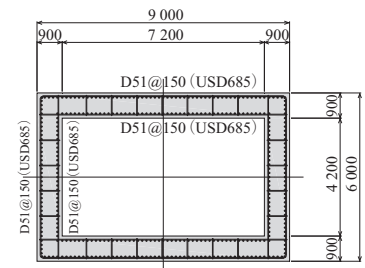


図 - 2 橋脚断面の比較

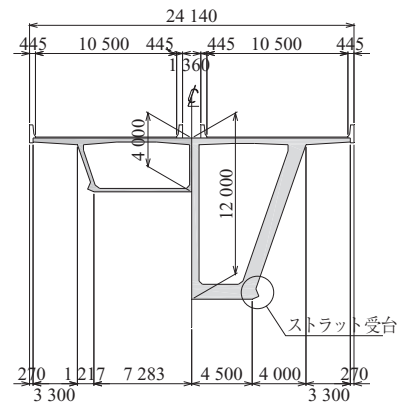


図 - 3 主桁断面

4. 施工

4.1 下部構造

P2 橋脚の施工（1 リフトの高さ 5 m）には、安全性確保・工程短縮を目的に、セルフライミングフォーム（写真 - 2）」を採用した。



写真 - 2 セルフライミングフォーム

セルフライミングフォームは、9階層（全高20m）で構成され、各ステージで次リフトの鉄筋組立てから、型枠組立て、コンクリート打設、養生の一連の作業を行う。昇降装置は油圧ジャッキ（600kN）とチェーンおよび滑車を組み合わせた構造で、昇降装置2基（油圧ジャッキ2台/基）を用いて4面同時に昇降する機構とした。また、1リフトあたりの昇降高を5.0mとし、「滑車の原理」により1.7mのジャッキストロークで3倍の5.1mまで昇降できるため、途中でアンカーの盛替えを不要とした。図-4に、昇降装置の詳細を示す。

橋脚1リフト（高さ5m）あたりの施工サイクルを7日間に設定し、施工サイクル確保のためクライミング作業は夜間に実施した。1回のクライミング作業には、約6時間を要した。

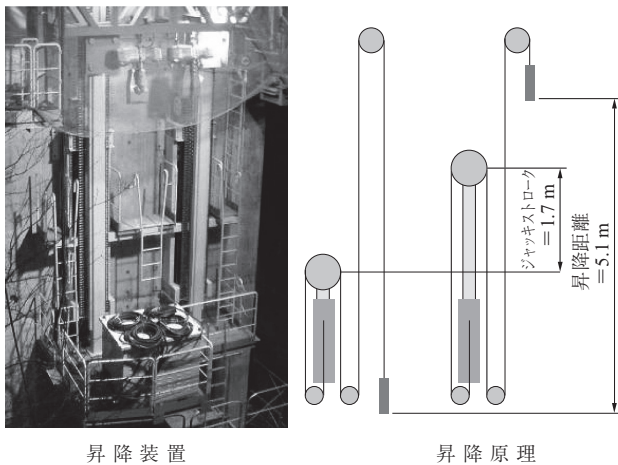


図-4 昇降装置詳細

4.2 上部構造

(1) 柱頭部

桁高12mとなるP2柱頭部は、一日のコンクリート打設可能数量から5分割による施工とした。温度応力に起因するひび割れを抑制するため、上床版以外の部材厚が厚い範囲（4リフト分）は、低熱ポルトランドセメントを、上床版（第5リフト）には、早強ポルトランドセメント（膨張材入り）を使用した。

主桁斜めウェブの型枠には、工場で製作した櫛形型枠を使用し（写真-3）、現場での型枠組立て作業量を削減することで、工程短縮が可能となった。

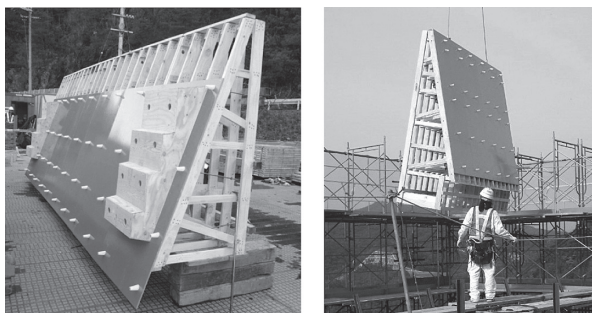


写真-3 櫛形型枠

柱頭部に設置される連続外ケーブルの偏向管は、あらかじめ栈橋上にて架台と一体化し、一括架設（写真-4）することで、偏向管設置精度の向上と工程短縮を図った。

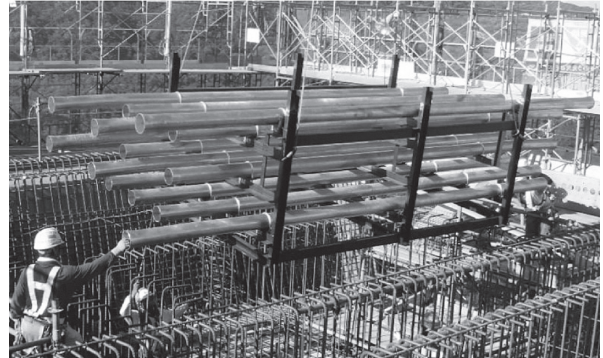


写真-4 偏向管一括架設

(2) 張出し架設部

P2橋脚柱頭部の施工後、移動作業車（大型3主桁）による張出し施工を行った。片側張出し長110mを全33ブロックに分割し、桁高12~4mの変化に合わせてブロック長を2~4.5mとした。移動作業車の組立ては、橋脚高さ95m+柱頭部高さ12mと非常に高い位置での作業となるため、あらかじめ仮設栈橋にて部材の地組を行い、メインフレームをタワークレーンで、下段作業台を電動チェーンブロックにて一括架設（写真-5）した。高所作業の低減により安全性を確保するとともに、工程短縮を図った。



写真-5 下段作業台の一括架設

(3) 上げ越し管理

本橋の上げ越し管理は、以下の理由から非常に難易度が高く、橋面高さを許容値（-45~+5mm）以内にするのが課題であった。

- ① 張出し架設長が110mと長く、主桁のたわみが大きい。
- ② 高橋脚でかつスレンダーなため橋脚のしなりが大きい。
- ③ 張出し架設期間が長く、クリープ、乾燥収縮による影響が大きい。
- ④ 桁橋のため、吊形式の構造と比べ、橋面高さの修正が難しい。

最大張出し時（33ブロック）のコンクリート打設による予測変形量を、図 - 5 に示す。33ブロック片側のコンクリート打設により、P2柱頭部は水平方向に250mm、33ブロック先端は鉛直方向に500mmと非常に大きな挙動を示す。

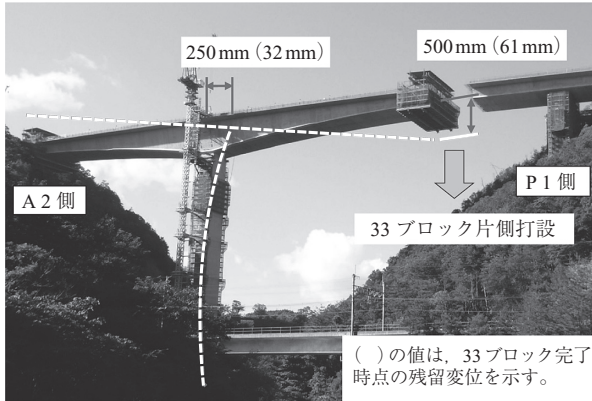


図 - 5 最大張出し時の予測変形量

33ブロック中、20ブロックの張出し架設を完了した時点で、P2橋脚の傾斜誤差が著しくなり、桁完成時の橋面高さが許容値から外れることが予想された。

橋面高さの修正方法について、表 - 1 に示す比較検討を行った。第1案のカウンターウェイトで橋面高さを調整する場合、ウェイトによる主桁の変形が新たに生じるため、施工済ブロックで橋面高さが許容値から外れるおそれがあった。これに対し、第2案の主桁を水平方向に牽引する方法であれば、橋脚の傾斜のみの修正が可能であり、橋面高さを許容値以内にできることを確認した。また、橋脚の傾斜修正は、張出し架設完了後に実施しても問題ないことを事前に確認したうえで、主桁の連続性や平坦性を確保するため、施工途中での主桁のキャンパー変更は行わず、張出し架設を進めた。33ブロック完了時点の残留変位は、P2柱頭部の水平変位が32mm、33ブロック先端の橋面計画高さとの差が61mmであった（図 - 5）。

表 - 1 橋面高さの調整方法比較

第1案 カウンターウェイト設置	第2案 主桁を水平方向に牽引
<p>・新たな主桁の変形が発生 ・施工済み部分が許容値から外れる</p>	<p>・主桁の変形なし ・橋面出来形OK</p>
評価△	凡例 - - - 修正前 ——— 修正後 許容値 ← 修正外力 評価◎

橋脚、パラベットおよび主桁に対して、構造的に問題ないことを確認したうえで、図 - 6 に示すように、A2橋台

を反力として仮設PC鋼棒により主桁を水平方向に牽引し、橋脚の傾斜を戻すことで橋面高さを修正した。具体的には、橋台パラベット背面に緊張ジャッキをセットし、32ブロックの外ケーブル偏向部横桁を固定端として、仮設PC鋼棒に44tの緊張力を作用させることで、橋面高さを許容値以内とすることができた。

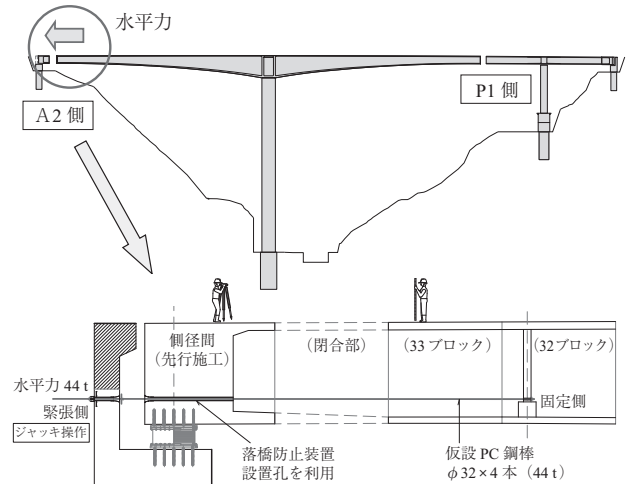


図 - 6 橋面高さの修正方法

5. おわりに

川下川橋の上部工施工では、スリムな高橋脚の非常にしなりやすいという特性を利用して、橋面高さを修正する方法を採用し、難易度の高い上げ越し管理の課題を克服することができた。

本橋は、上り車線を本線工事用道路として運用するために仮舗装が行われ、しゅん功後ただちに神戸市域から発生する約150万m³にもものぼる発生土の運搬ルートとして、重要な役割を担った。

今回報告した設計・施工に関する内容は、非常に急峻な谷間を渡る橋梁に関するものであり、新名神高速道路（大津JCT（仮称）～城陽JCT・ICおよび八幡京田辺JCT・IC～高槻JCT・IC）をはじめとするほかの山岳道路でも十分に適用できる技術である。

最後に、本工事を行うにあたり、ご尽力をいただいた関係各位に感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 波田匡司, 大城壮司, 秋山隆之, 齋藤公生: 新名神高速道路川下川橋の計画・設計, 第19回プレストレストコンクリートの発展に関するシンポジウム論文集, pp.409-412, 2010.10
- 2) 岩島 保, 波田匡司, 坂本 真, 柳井修司: 新名神高速道路「川下川橋」の施工 - 部位に応じたコンクリートの検討とその施工実績 -, コンクリート工学, pp.641-647, 2013.8
- 3) 高橋 章, 橋 豊, 松木 聡, 下條和寿: 小判形大口径深礎杭の設計と施工 - 新名神高速道路川下川橋 -, 基礎工, pp.65-68, 2013.10

【2017年12月26日受付】