

論文・報告

紀北西道路和歌山 JCT D ランプ橋の施工

～高橋脚曲線橋の張出し施工～

Construction of Wakayama JCT D Ramp

黒崎 一人 *1

Kazuto KUROSAKI

小林 正樹 *2

Masaki KOBAYASHI

中村 賢治 *3

Kenji NAKAMURA

寶金 孝弘 *4

Takahiro HOUKIN

藤原 敏晃 *5

Toshiaki FUJIWARA

福原 恵子 *6

Keiko FUKUHARA

和歌山 JCT D ランプ橋は、京奈和自動車道の最西端に位置する、京奈和自動車道と阪和自動車道がアクセスするランプ橋である。形式は、PC6径間連続ラーメン箱桁橋であり、円柱中空断面構造の高さ約60mの高橋脚を有する。本橋梁の上下部工事を川田建設・佐藤工業異工種JVとして施工を行った。

和歌山 JCT の完成により、高規格幹線道路ネットワークが形成され、地域間的高速移動、交通渋滞の緩和、さらに関西国際空港との距離関係から観光・物流・産業の活性化も期待されている。その中で本橋は、阪和自動車道の大阪方面から京奈和自動車道の和歌山、奈良、京都へ導く接続橋梁になる。

本稿では、「本工事の品質確保・向上への取り組み」と「CIMの活用」について報告する。

キーワード：張出し架設、高橋脚、曲線橋、EMセンサー、パイプクーリング、CIM

1. はじめに

紀北西道路和歌山 JCT は、京奈和自動車道の最西端に位置する。京奈和自動車道と阪和自動車道がアクセスする要所になり、高規格幹線道路ネットワークが形成され地域間的高速移動、交通渋滞の緩和、さらに関西国際空港との距離関係から観光・物流・産業の活性化も期待されている。



図1 紀北西道路和歌山 JCT 概要図

その中で D ランプ橋は、阪和自動車道の大阪方面から京奈和自動車道の和歌山、奈良、京都へ導く接続橋梁になる。

2. 工事概要

工事名：紀北西道路和歌山 JCT D ランプ橋上下部工事
施工場所：自) 和歌山県岩出市山地先

至) 和歌山県和歌山市湯屋谷地先

事業主：国交省近畿地方整備局和歌山河川国道事務所

工事内容：PC6径間連続ラーメン箱桁橋

下部工－橋台1基、張出し式橋脚3基(円柱充実断面)

上部工－橋長480.4m (CL)、幅員7.65m～8.08m

PD1～PD3：片持ち架設、

PD3～AD2：固定支保工

本工事の特徴を以下に記す。

- ① 阪和自動車道(下り線)から京奈和自動車道(上り線)に接続する最小曲線半径 $R=150\text{m}$ を有するランプ橋である。
- ② 起伏の大きな地形内の橋梁のため、各橋脚の高さの差が大きく、荷役設備計画などが重要である(図2)。
- ③ JR 阪和線、県道64号線など多くの交差条件を有する重要構造物であり第三者災害の防止策が重要である。
- ④ 工事箇所へのアクセス方法は仮栈橋と構台(写真1)の利用に限定される。

*1 川田建設(株)西日本統括支店事業推進部工事課 総括工事長

*2 川田建設(株)西日本統括支店事業推進部工事課 工事長

*3 川田建設(株)西日本統括支店事業推進部工事課 工事長

*4 川田建設(株)西日本統括支店事業推進部工事課 係長

*5 川田建設(株)西日本統括支店事業推進部技術課 係長

*6 川田建設(株)西日本統括支店事業推進部工事課 係長

- ⑤ CIM の実施による施工時情報の入力と「見える化」をする。

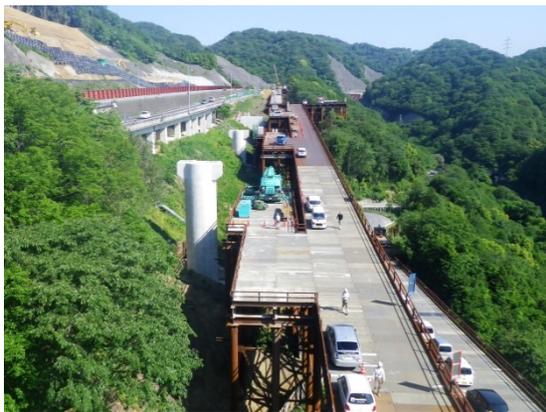


写真1 施工範囲全域に伸びる仮栈橋

3. 高橋脚・曲線橋に対する品質確保

(1) 高強度材料を用いた高橋脚の品質確保への取組み

本橋は、最小曲線半径 R=150 m の曲線橋であるため、耐震設計時における全方向の剛性が一定となる円形断面を採用している。また、高さ 30 m 以上となる PD1・PD2 橋脚は、自重による慣性力を減らすため中空断面を採用し、従来の材料 ($\sigma_{ck}=24 \text{ N/mm}^2$, SD345) では橋脚断面が大きくなるため、高強度材料 ($\sigma_{ck}=30 \text{ N/mm}^2$, SD490) を用いることで断面寸法の縮小と重量の軽減を行っている。

この 2 橋脚で用いる高強度コンクリートの高所圧送では、鉛直配管長さが 50 m を越えて圧送負荷が大きくなることが想定された。このため、圧送時の材料分離抵抗性が向上する SEC コンクリート工法 (NETIS KT-100097-VE) を採用した。なお、コンクリートの配

合は実機練りで行い性能を確認し決定した。

その結果、橋脚へのポンプ圧送時の材料分離による閉塞などの不具合は無かった。また、円形断面に設置したループ配管により打込み断面に対し均等に安定したコンクリート打設を行う事で、品質を確保した施工を行った (写真 2)。

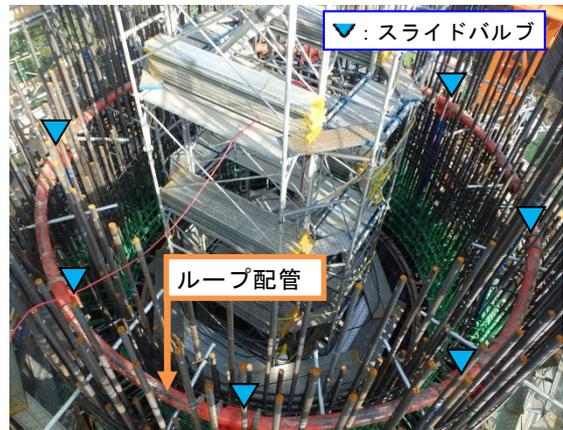


写真2 円形断面に設置したループ配管

(2) 曲線半径の小さい PC 箱桁橋の緊張力の確保

曲線橋では、直線橋に比べ緊張力の摩擦損失が大きいため PC ケーブルに緊張力を確実に確保することが重要であった。緊張力を確実に確保する工夫として、通常の「伸びと摩擦力の管理」に加えて EM センサー (写真 3) を使用した。EM センサーは、緊張力を直接測定することができるパルス式磁歪測定器である (図 3)。

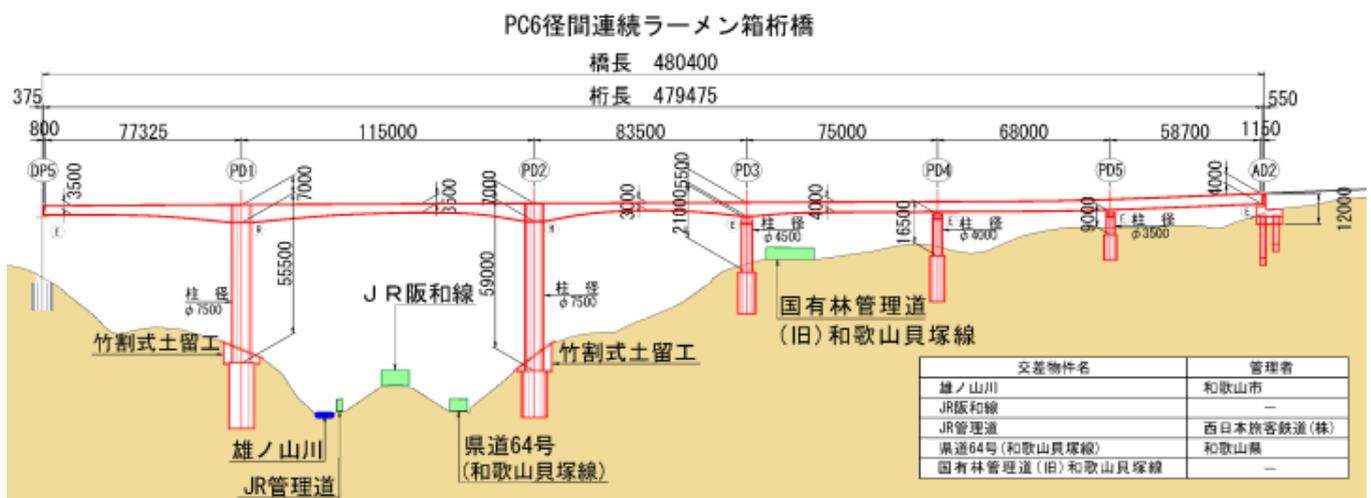


図2 紀北西道路和歌山 JCT D ランプ橋との交差条件

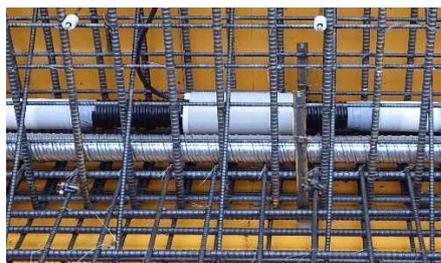


写真3 EMセンサー配置状況

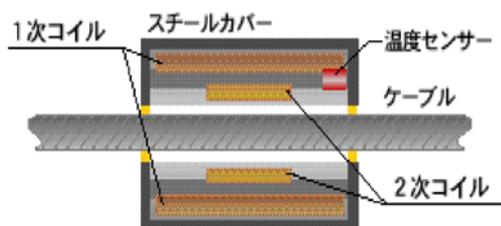


図3 EMセンサーの構造と測定機器

径間中央閉合後、最初に緊張する縦締め内ケーブルの最大正曲げ位置付近(1径間1箇所 計6箇所)に「EMセンサー」を取り付け、導入緊張力を直接測定することで緊張管理において計画した緊張力と比較して緊張力が不足する事が無いように、緊張管理の妥当性を確認した(写真4)。

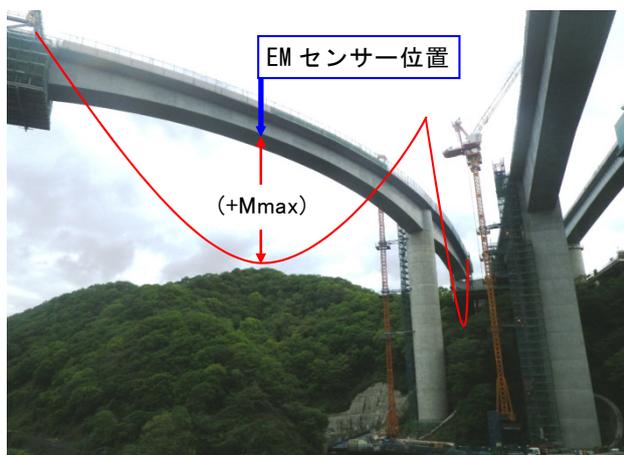


写真4 EMセンサー配置位置

各径間で取り付けたEMセンサーの測定値は、「伸びと摩擦力の管理」で行った、緊張管理の緊張力と比較して妥当であり、本橋(曲線橋)に対する緊張力が確実に

導入されていることが確認できた。

PC緊張力を確実に導入することで、PC連続ラーメン箱桁橋の品質と耐久性を確保できる。

4. 上・下部工の品質確保・向上への取組み

本橋は、多くの交差条件を有している重要構造物である。特に、PC箱桁橋の健全性を長期的に維持し、長寿命化を図るため、上・下部工の品質の確保・向上への取組みを実施した(表1)。

表1 品質確保・向上への取組み

実施工種	予想される品質不具合	品質確保・向上への取組み
上・下部工	・ひび割れ(主桁、躯体)	温度応力解析
	・緻密性の低下	養生方法(内外温度差管理)+養生期間の延長

(1) 温度応力解析

特にマスコンクリートによる温度ひび割れの発生が懸念される橋脚・橋台、主桁中間支点横桁に対し3次元FEM温度応力解析を行った。

解析結果に基づくクーリング対策により硬化時のコンクリート温度差を低減し、温度応力ひび割れ指数の低減に取り組んだ。クーリング対策を行った結果、内部温度上昇の抑制、ひび割れ指数1.0以下の領域面積が低減している。なお、ひび割れ指数1.0以下の領域には補強筋を追加配置することにより品質を確保した(図4)。

下部工(橋脚・橋台)モデル

最小ひび割れ指数分布図

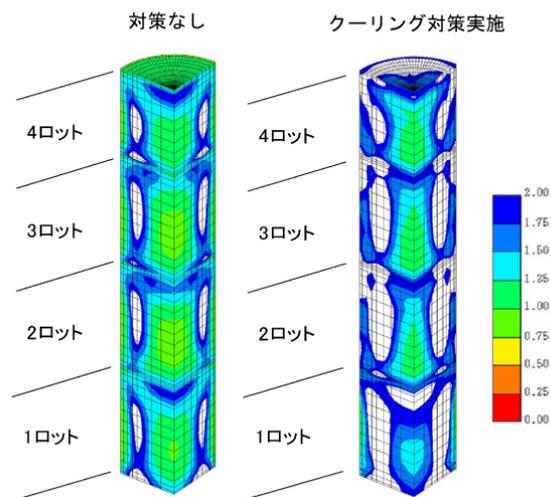


図4 FEM温度応力解析の結果例1

(2) パイプクーリングの実施

パイプクーリングは、構造物に対する施工条件により冷却方法の選定を行った。下部工では、水を循環させるパイプクーリングを選定した（写真5）。

解析結果に基づいて躯体内に直径 60 mm のシース管を鉛直方向に埋設し、コンクリートの硬化開始に合わせてシース管内に直径 4 mm のビニール管を設置して冷却水を循環させる「パイプクーリング」を実施した。冷却水の循環は、埋設した温度計（熱電対）とデータロガーにより外気温度とコンクリート温度を測定し、内外温度差が 20 °C 以下になるまで継続した。

パイプクーリング完了後は、シース管内の余剰水の排除及び圧縮空気による清掃を行い、本体コンクリート強度と同等以上の無収縮モルタルで充填を行った。

硬化時の到達温度及び内外温度差を低減することで有害な温度応力ひび割れを抑制することができ、構造物の健全性を長期に維持できる効果が期待できる。



写真5 PD2橋脚のパイプクーリング状況と装置

上部工の主桁中間支点部横桁（柱頭部：PD1、PD2、PD3・中間支点部：PD4、PD5）では、強制送風によるエアパイプクーリングを選定した。

柱頭部に鉛直管（直径 300 mm）を配置し（図5）、送風機にエアダクトを繋ぎ、風速 7.5 m/s で送風する。

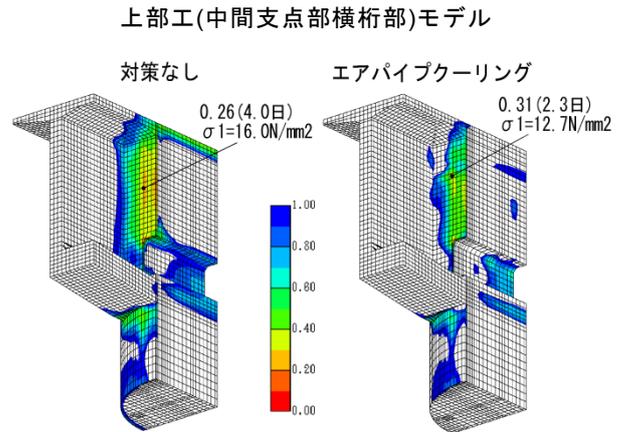


図5 FEM温度応力解析の結果例2

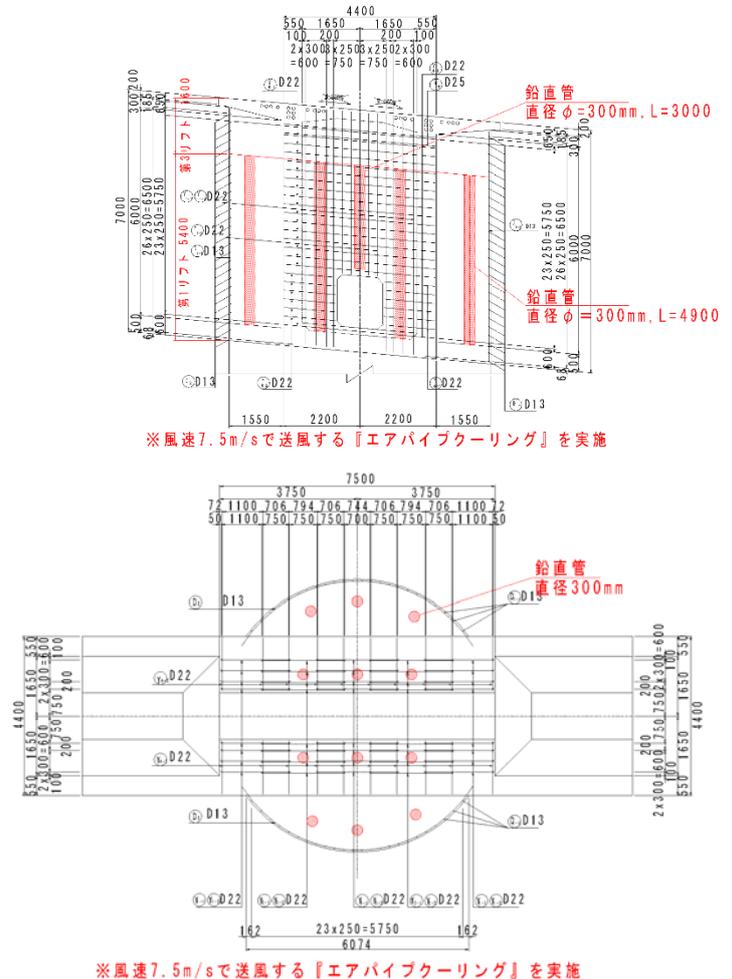


図6 鉛直管配置図（PD2）

横桁内部温度及び表面温度は、埋設した温度計（熱電対）と経時変化をリアルタイムで図化できる、コンクリート養生管理システム（サーモモニター）を用いて測定した。送風は、外気温度と横桁コンクリート温度を測定し、内外温度差 20 °C 以下になるまで連続的に継続して行った（写真6）。

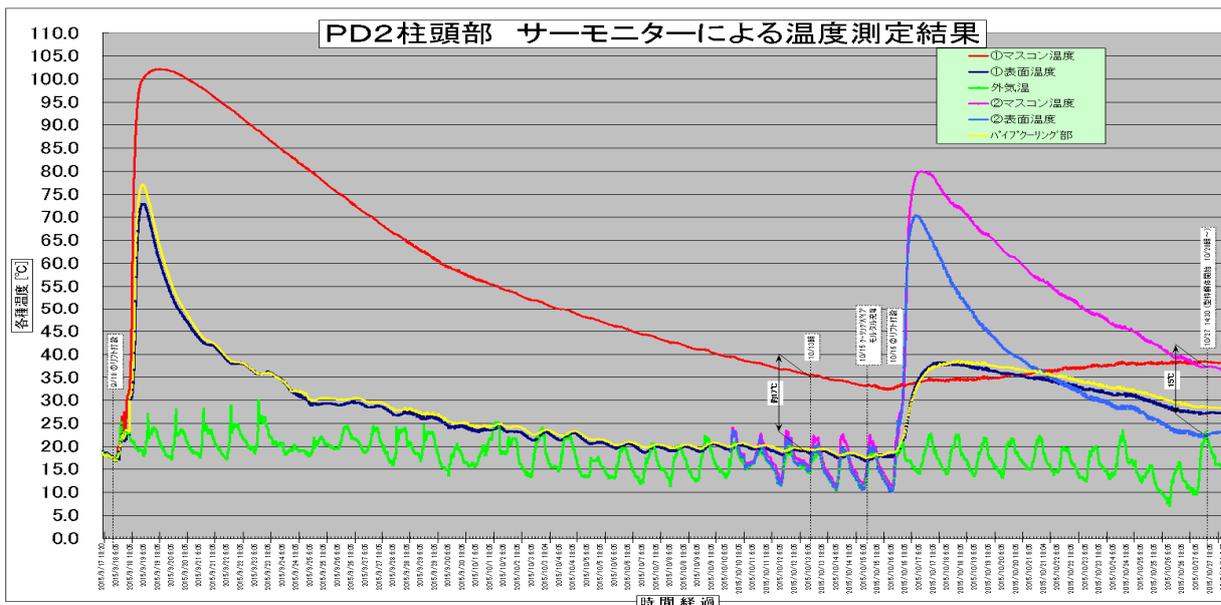


図 7 PD2 柱頭部のサーモモニターによる温度測定結果

さらに、型枠の脱型は、横桁内部と表面の温度差が 15℃以下（マスコンクリートのひび割れ制御指針 2008 p.85）となったことを、PD2 柱頭部のサーモモニターによる温度測定結果（図 7）にて確認してから実施した。なお、エアパイプクーリングに使用した鉛直管は、下部工と同様の無収縮モルタルで充填した。

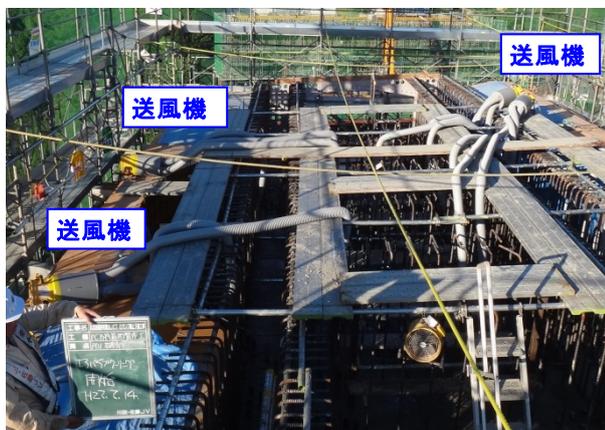


写真 6 PD2 柱頭部のエアパイプクーリング

(3) 緻密性の向上を目的とした養生方法

主桁および下部工（橋脚・橋台）コンクリートは、脱型後のコンクリートの温度低下と初期乾燥収縮ひび割れの発生を抑制するため、通常の湿潤養生（3日間）の後に「気泡養生シート（エアパックシート）＋ブルーシート」にて、水分の蒸発を防止する封かん養生を水平面（上床版上面（写真 7）・下床版上面（写真 8））について、コンクリートの材齢 28 日まで延長して行った。



写真 7 上床版上面 封かん養生状況



写真 8 下床版上面 封かん養生状況

また、箱桁の脱型直後の側枠面・底枠面（写真 9）上床版下面（写真 10）に「コンクリート保水養生テープ」を貼り付け、コンクリートの材齢 28 日まで封かん養生を延長して行った。コンクリート保水養生テープは、非透水性で水分の蒸発を防止でき、製造元の実験結果によると材齢 28 日の比重変化率（＝水分減少率）が -1.85% から -0.21% に改善する。



写真 9 側枠面・底枠面 保水養生テープ



写真 10 上床版下面 保水養生テープ

封かん養生の効果により、水分の逸散に起因する初期乾燥ひび割れを抑制することで、コンクリートの緻密性を向上させ、PC ラーメン箱桁橋の品質・耐久性を向上に有効であったと考察する。

5. CIM の活用による「見える化」への取組み

本工事は、CIM 試行工事に位置付けられたため「維持管理に引継ぐデータベースの構築」を試行工事の成果とした。

データベースの構築は、地形、構造物の形状、交差条件を 3 次元モデルに作成後、D ランプ橋上・下部工に関する品質、施工管理記録、新設構造物に対する初期点検記録等を CIM に取り込んで構築している（図 8）。橋梁下部の赤色の着色部には各管理記録がリンクされ、さらに、

埋設物や存置した仮設物（本工事では支保工基礎杭が該当）の位置や数量を取り込むことで情報の引継ぎが視覚的に行える。

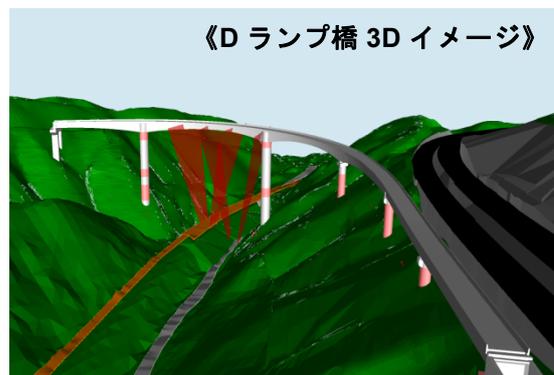


図 8 D ランプ高架橋の 3 次元モデル

また、3 次元モデル上に施工時の情報を格納、またはリンクさせるなどのデータベースの構築により維持管理情報「見える化」の有効性が確認できた。

今後の展望としては、維持管理業務において、タブレット型端末などを利用し完成時の記録と現況比較が現場で行え、点検業務の効率化が期待される。

今回の経験を基に CIM 導入とデータベースの活用により施工管理の効率化、生産性の向上につなげる現場のツールの一つとしたい。

6. おわりに

本工事は、上下部異工種 JV での施工で、施工期間が長期に及び、円柱橋脚の曲線橋であり、また大型ワーゲンでの張出施工や交差条件などの制約も多く、非常に難易度の高い橋梁であったが、2016 年 8 月に無事に竣工を迎えることができた。また、本稿が同種橋梁施工の参考になれば幸いである。

最後に、工事の完成にあたり、ご協力頂いた関係各所の方々にお礼を申し上げ結びとする

参考文献

- 1) 黒崎一人：魅せる！現場 高橋脚曲線橋の張出し施工、土木施工、VOL.57, No.11, 2016.11.