

## 論文・報告

## 門真ジャンクションの設計と施工

## ～曲線細幅箱桁ランプ橋と複合橋脚の工事報告～

The Design and Construction of KADOMA Junction Viaduct

松井 信武 \*1  
Nobutake MATSUI田中 大策 \*2  
Daisaku TANAKA塩田 恵市 \*3  
Keiichi SHIOTA野崎 充史 \*4  
Mitsuhumi NOZAKI工藤 裕 \*5  
Yutaka KUDOU滝谷 茂生 \*6  
Shigeo TAKITANI

近畿自動車道門真ジャンクションは、近畿自動車道と第二京阪道路を結び、近畿自動車道と大阪府中央環状線を跨ぐランプ橋である。市街地施工による現場施工時の制約が厳しいため、物流倉庫上については、大ブロック回転橋取り架設を行い、A・Bランプ橋の近畿自動車道上の架設については、3夜間の近畿自動車道の通行止めにより、2橋同時に大ブロック架設を行った。近畿自動車道門真ジャンクション（鋼上部工）工事の施工範囲は、A・B・C・Dランプの4橋の合成床版を有する鋼連続非合成細幅箱桁と鋼製橋脚2基と、鋼・コンクリート複合脚4基である。本橋は、平面線形の曲率が大きく、幅員の狭いランプ橋であったため、負反力対策を施した。また、複合橋脚は、結合部のひび割れを最小にするために、温度応力解析によるひび割れ照査やコンクリートの打設手順を検討した。本稿では、これらの設計および施工について報告する。

キーワード：曲線細幅箱桁、負反力対策、鋼・コンクリート複合橋脚、温度応力解析、市街地工事

## はじめに

門真ジャンクション（以降、門真 JCT と略す）は、図 1 に示すように近畿自動車道と第二京阪道路を結ぶ JCT である。大阪都市圏・京都都市圏間を相互に連絡し、周辺道路の交通混雑を緩和するとともに、名神高速・京滋バイパス・国道 1 号と一体となって近畿地方における幹線



図 1 門真 JCT の位置図

道路網を形成するための重要な役割を果たす計画である。本工事の施工範囲は、図 2 に示す門真 JCT を構成する A～D ランプの 4 橋、鋼製橋脚 2 基、鋼・コンクリート複合脚 4 基である。

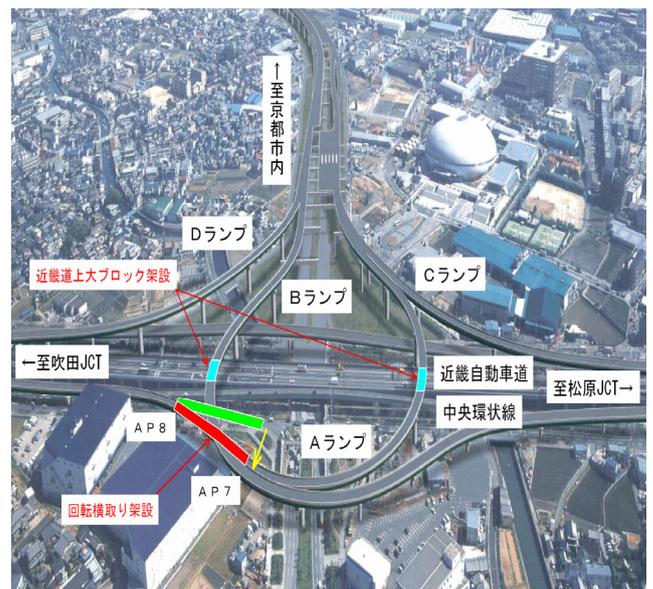


図 2 門真 JCT の完成予想図

\*1 川田工業㈱ 橋梁事業部技術部大阪技術部設計二課 係長  
\*2 川田工業㈱ 橋梁事業部技術部大阪技術部設計二課  
\*3 川田工業㈱ 橋梁事業部工事部大阪工事部工務課

\*4 川田工業㈱ 橋梁事業部工事部大阪工事部工務課  
\*5 川田工業㈱ 生産本部四国工場橋梁技術課 係長  
\*6 川田工業㈱ 生産本部富山工場生産技術二課 係長

## 1. 工事概要

工事名：近畿自動車道 門真 JCT (鋼上部工) 工事  
 施工場所：大阪府門真市稗島～大阪市鶴見区茨田大宮  
 工期：2006年11月3日～2009年11月16日  
 主桁形式：鋼連続非合成細幅箱桁橋  
 床版形式：鋼・コンクリート合成床版 (SCデッキ)  
 橋長：Aランプ 622.1 m Bランプ 799.2 m  
       Cランプ 264.2 m Dランプ 331.4 m  
 桁高：2.6 m～2.85 m  
 総幅員：7.74 m～12.07 m  
 最大支間：AP7 支点～AP8 支点間 101.0m  
 平面線形：R=100.0 m～∞  
 脚形式：鋼・コンクリート複合橋脚 4基  
           鋼製橋脚 2基

## 2. 上部工の設計

### (1) 上部工の構造

上部工の構造形式は、図3に示すように、2主桁の細幅箱桁橋である。細幅箱桁は、腹板間隔を狭くすることにより、縦リブ本数の低減や横リブを省略できる橋梁形式である。さらに、合成床版を用いることにより床版支間が拡大し、縦桁やブラケットなどの床組み構造を省略することができ、材片数の大幅な削減が可能な形式である。

本橋は、平面線形の曲率(最小R=100m)が大きく、主桁にねじりが発生しやすいため、床版へのねじりに対する負荷が懸念されることから、非合成桁として設計した。

鋼桁の製作においては、ねじりによる回轉變位も考慮した製作そりを設定した。また、A・Bランプには、主桁の橋軸方向の誤差調整を行うため、調整ブロックを数箇所設置した。

支承は、図3に示すように、鉛直方向を支持する分散支承と水平ダンパー支承で構成される機能分離支承を採用することで、支承形状を最適化しコスト削減を図った。

### (2) 負反力対策

本橋は、幅員が狭いランプ橋のため、橋軸直角方向の支点間隔が短い。また、架設地点が市街地であり、既設構造物との取り合いにより脚位置が限定されるため、不等径間割りとなる。さらに、支間長が長く主桁高が高いため重心位置が高く、また、平面線形の曲率が大きいことから、常時・風時・地震時に負反力が発生する。このような、大変厳しい立地条件や構造条件から、各種の負反力対策が必要となった。

#### a) 1点支持

AランプのAP8橋脚近傍は、平面線形がS字となっており、両主桁位置に支点を設置すると、隣接する径間の活荷重載荷状態により、常時荷重載荷時に負反力が発生することになる。このため、図3に示すように、鉛直方向を中間支間横桁の中央で支持することにより、負反力の発生を回避した。

#### b) カウンターウェイト

AランプのAP9中間支点付近は、常時および風時に負反力が発生した。負反力を相殺するため、図3に示すように、AP9近傍のG2主桁内に、高さ900mmのコンクリートをカウンターウェイトとして約40t打設した。

#### c) 転倒防止装置

Aランプは、前述の対策を施しても、大規模地震時にAP1・AP2・AP3・AP7・AP9・AP10において、負反力が発生した。このため、図3に示すような、鉛直方向に上部工と下部工をPCケーブルでつなぐ、転倒防止装置を設置した。CランプとDランプについても同様に、転倒防止装置を設置した。

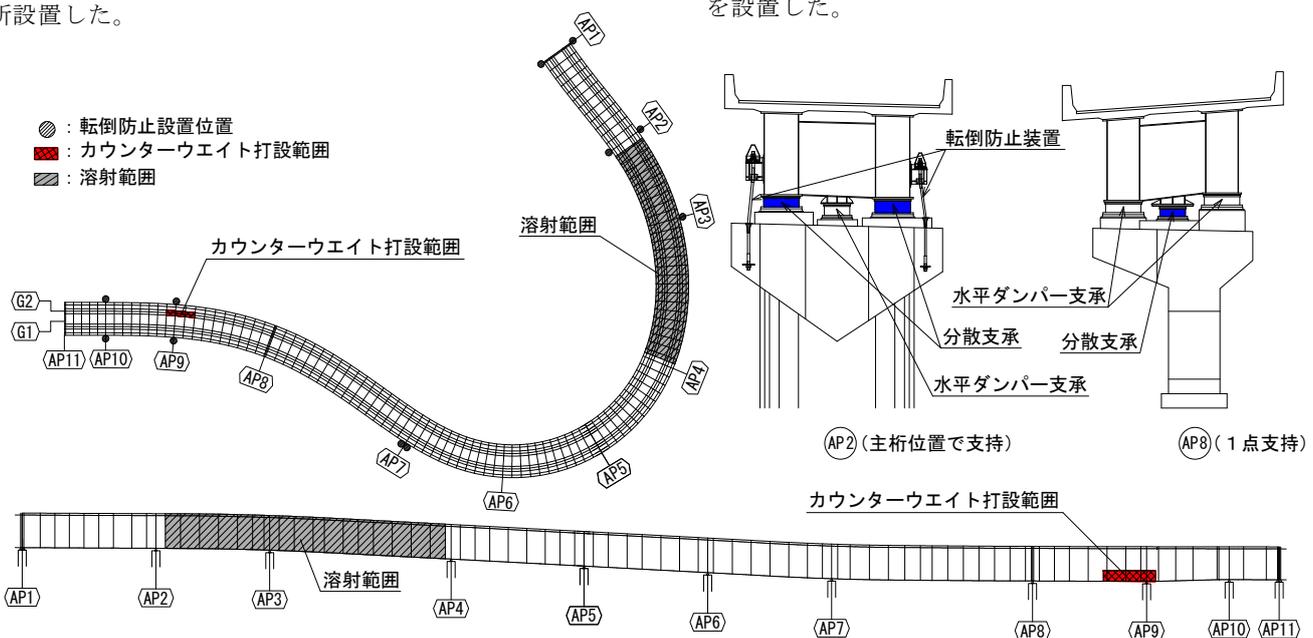


図3 Aランプ橋の一般図

転倒防止装置は、大規模地震時に発生する負反力により、鉛直方向の引張力を受けてゴム支承が破断した場合に、上部工の転倒を防止することを目的としている。しかし、支承便覧によれば、支承の分散設計においてゴム支承は大規模地震時においても破断してはならないと規定されている。このため、負反力が比較的小さい場合は、ゴムの引張応力が許容引張応力の  $2\text{N}/\text{mm}^2$  以下となるように設計するものとし、負反力が大きくゴムの引張応力が  $2\text{N}/\text{mm}^2$  に収まらない場合は、250%のせん断ひずみをあたえた場合のゴムの破断強度<sup>3)</sup>より、許容引張応力を  $5\text{N}/\text{mm}^2$  と設定し、それ以下となるように支承形状を決定した。また、転倒防止装置は、大規模地震時の変位のうち橋軸方向ないし橋軸直角方向のうち、大きい方の変位が発生した時に作動するものとし、支承による分散機能を確保した。転倒防止装置の設計フローおよび概要図を図4に示す。

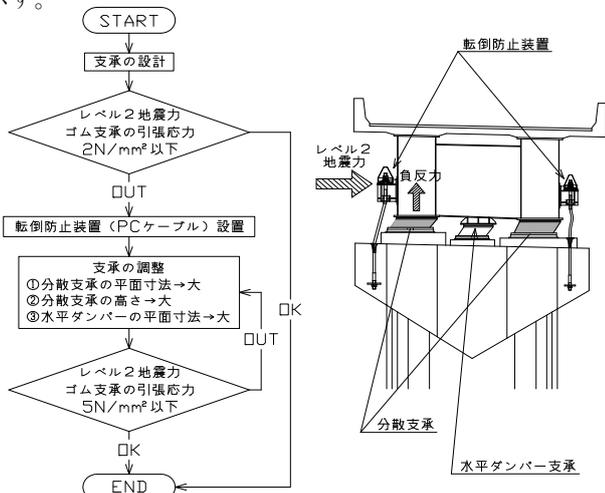


図4 転倒防止装置設計フローおよび概要図

(3) 防錆処理

本橋の鋼桁の防錆処理は C-5 塗装系を採用した。さらに、図3に示すように、将来的に塗り替えが困難な近畿自動車道上、大阪府中央環状線上、BランプがAランプを跨ぐ区間の鋼桁と合成床版については、塗り替え施工時の規制による社会的損失を考慮したライフサイクルコスト最小化のため、写真1に示すように、アルミニウム・マグネシウム合金によるプラズマ溶射とし、その範囲の連結には、写真2に示す溶射ボルトを採用した。



写真1 溶射範囲の鋼桁と合成床版

写真2 溶射ボルト

3. 鋼・コンクリート複合橋脚の設計

本項では、4基の鋼・コンクリート複合橋脚のうち当社が製作した複合橋脚であるBP3橋脚およびBP4橋脚について詳述する。

(1) 接合部の設計

a) 接合部の構造

BP3橋脚は図5に示すように単柱RC橋脚と鋼製梁を接合した鋼・コンクリート複合橋脚である。接合形式は鋼製梁の支柱部をRC橋脚に埋め込む形式を採用している。この形式は支柱部に設置したずれ止めを介して周りのコンクリートに応力を伝達する構造である。ずれ止めには、曲げモーメント、軸力、せん断力の伝達を受け持つ孔明け鋼板ジベル(以下、PBLと略す)とねじりモーメントの伝達を受け持つ頭付きスタッドを併用している。

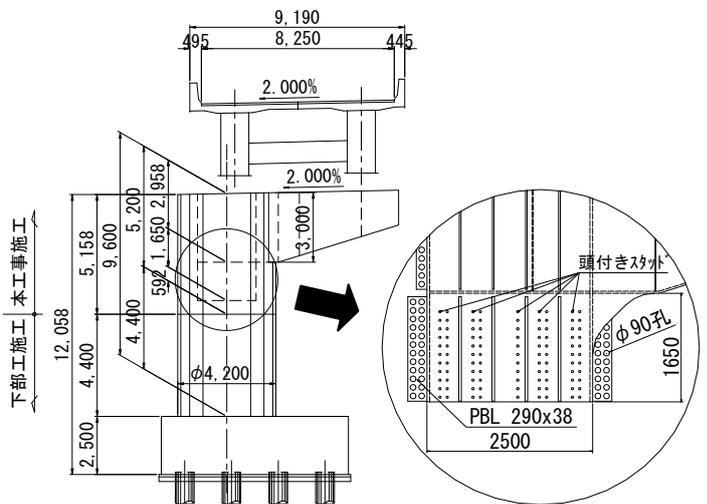


図5 BP3橋脚一般図および接合部構造

b) FEM解析による埋め込み長の検証

本橋脚のような接合形式を有する橋脚では、鋼製柱の埋め込み長を定める設計方法は未だ確立されていないことから、設計において下記の条件により埋め込み長を決定した。

- ① 設計上必要な孔数を有するPBLを設置できること。
- ② 施工済みのRC柱上に鋼製梁を設置するため、鋼製梁下端に設置する架台のスペースを確保できること。

これらの条件により本橋脚の埋め込み長は1650mmとした。この埋め込み長で鋼製梁から伝達される応力がコンクリートに確実に伝達し、安全性が確保されているかを確認するためにFEM解析を実施した。

解析モデルは鋼製梁、RC柱、充填コンクリート、PBLをモデル化した。モデルの構成要素は、鋼部材をシェル要素、コンクリート部材をソリッド要素、PBLを線形バネ要素とした。ただし、RC柱部材の下部施工範囲については梁要素を用いて簡略化したモデルとした。解析において、鋼部材とコンクリート部材はバネ要素で結合し、

それ以外の箇所は両者間に接触要素を設けた。荷重は骨組み構造を用いた設計結果により、接合部の断面力が最大となる荷重を抽出し載荷した。

c) 解析結果

ここでは、着目したコンクリートの応力状態の結果のみについて述べる。

コンクリートの引張応力の最大値は図6に示すように鋼製梁背面部で最大となる。コンクリートの引張応力度から主鉄筋の引張応力度を換算し、鉄筋の応力照査およびひび割れ幅の照査を行った。照査結果を表1に示す。鉄筋の引張応力およびひび割れ照査ともに許容値を満足しており、本橋脚の埋め込み長において安全性を確保していることが確認できた。

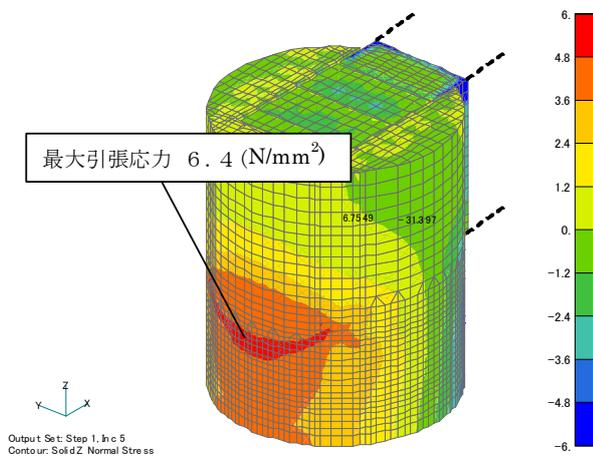


図6 応力分布図

表1 照査結果

応力照査		ひび割れ照査	
引張応力度	129 (N/mm <sup>2</sup> )	ひび割れ幅	0.36 (mm)
許容値	180 (N/mm <sup>2</sup> )	許容値	0.40 (mm)
判定	OK	判定	OK

(2) 温度応力解析による施工方法の検討

a) 温度応力解析の目的

BP3 橋脚において施工するコンクリートは直径 4m、高さ 5m を超える構造寸法を有し、マスコンクリートとしての対策が必要である。そのため、水和熱によるコンクリート内部の温度差が大きくなり、コンクリート表面の応力増加を招く。さらに、高流動コンクリートを採用しているため、普通コンクリートと比較してセメント量が多く、水和反応による発熱量は大きくなり、温度ひび割れを誘発する可能性が高くなる。そこで、柱頭部コンクリートの温度変化と応力状況を把握し、適切なコンクリートの施工方法を検討するために温度応力解析を実施した。

b) 解析方法および条件

温度応力解析にはコンクリートの非線形温度応力解析

プログラム「ASTEAMACS」を使用した。モデル化の範囲は図7に示すように、下部工施工部の既設 RC 橋脚、柱頭部コンクリート、鋼製梁をモデル化した。表2に温度応力解析に用いた解析条件を示す。

コンクリートの打設順序をパラメータとして全3ケースの解析を行い、温度ひび割れの発生傾向について比較検討を行った。

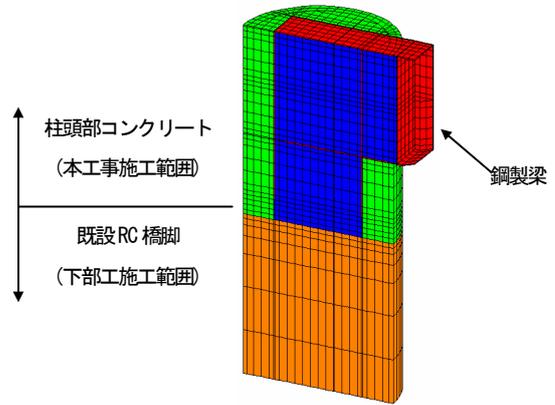


図7 解析モデル図

表2 解析条件

		解析条件	摘要
外気温 (8月にコンクリート打設と仮定)		27.3°C	気象庁 (枚方市の平均気温)
打込み温度 (8月にコンクリート打設と仮定)		31.2°C 過去5年分の平均 (打設間隔)	メーカー調べ (コンクリート出荷時温度)
リフト分割と打込み日		リフト高さ、打込み日 (打設間隔)	Caseによって変更
養生(熱伝達率)		部位別の養生方法、 養生期間 側面:木製型枠(8w/m <sup>2</sup> °C) 上面:木製型枠(8w/m <sup>2</sup> °C) 養生期間:7日	コン示[施工編]より
新設 コンクリート	設計基準強度	36(N/mm <sup>2</sup> )	配合報告書より
	セメント種別	普通	配合報告書より
	単位セメント量	345(kg/m <sup>3</sup> ) (=325+20)	配合報告書より
	密度	2316(kg/m <sup>3</sup> )	配合報告書より
	熱伝達率	2.7	コン示[施工編]より
	比熱	1.15	コン示[施工編]より
	断熱温度上昇特性	算定式	コン示[施工編]より
	ヤング率	算定式	コン示[施工編]より
	圧縮強度特性	算定式	コン示[施工編]より
	引張強度特性	算定式	コン示[施工編]より
ポアソン比	0.2	コン示[構造性能照査編]より	
線膨張係数	10×10 <sup>-6</sup>	コン示[構造性能照査編]より	
既設 コンクリート	設計基準強度	30(N/mm <sup>2</sup> )	—
	密度	2350(kg/m <sup>3</sup> )	道示より
	熱伝達率	83.5(W/m・K)	—
鋼板	密度	7850(kg/m <sup>3</sup> )	道示より
	比熱	0.435(J/g・K)	—
	ヤング率	2.0×10 <sup>5</sup> (N/mm <sup>2</sup> )	道示より
	ポアソン比	0.3	道示より
	線膨張係数	12×10 <sup>-6</sup>	道示より

\*新設コンクリートにのみ乾燥収縮および自己収縮を考慮する。

\*既設コンクリートの熱伝達率、比熱等の条件は新設コンクリート同様とする。

c) 解析結果の比較検討

解析結果を表3に示す。表中のひび割れ指数とはコンクリートに発生する引張応力に対する引張強度の比であり、その値が大きいほどひび割れが発生しにくい。

Case1~3はコンクリートの打設順序を各々変更したもので、Case1は柱頭部コンクリートを上下方向、Case2、3は鋼製柱の内外で分割し、Case2は内側→外側、Case3は外側→内側の順序でコンクリート打設を行う。



## 4. 現場架設

### (1) 大ブロック回転横取り架設

Aランプ橋のAP7～AP8間は、写真3に示すように物流倉庫上空を架設する計画であるが、物流倉庫に頻繁に出入りするトラックの規制を極力減らすため、鋼桁の架設においてはベントを設置しないことが条件であった。

一方、大阪府中央環状線の車道の一部と歩道については、鋼桁の地組立ヤードとしての占有が可能であったことから、この場所においてAP7～AP8間の鋼桁と合成床版の下鋼板の地組立てを行い、この大ブロックを、AP8を回転中心として約30°回転させながら、所定の位置まで50m程度横取りする回転横取り工法を採用した。

### (2) 近畿道上の2橋同時の大ブロック架設

本橋のAP3～AP4間とBP10～BP11間は、写真4および図10に示すように、近畿自動車道の通行止めの日数を減らすため、550t吊りの大型の油圧クレーンを使用して、2橋同時に大ブロック架設を行った。主桁のセットバックをともなう落とし込み架設・横桁と検査路の取り付け・横桁の溶射ボルトの締め付け・合成床版の設置までを3夜間の通行止めをともなう規制時間内に行った。また、Aランプ橋の架設においては、古川上に栈橋を設置し、Bランプ橋では、物流倉庫と中央環状線の規制をなくすため、大規模な架設桁を設置した。

### (3) 市街地工事での架設工事

本橋は、夜間でも車両の通行が途絶えることのない近畿自動車道・大阪府中央環状線・花博道路といった主要幹線道路を跨ぐため、架設期間中は各路線を規制しての夜間作業の連続となった。近畿自動車道上の架設は、前述のように3夜間にて架設を行った。中央環状線上については、本線と副道の合計4車線の内、最低2車線を確保することが与条件であり、交差道路と架設位置および重機の据付位置など、架設ステップの進捗にしたがって刻々と変化する条件の組合せを考慮しつつ、40種類を超える難度の高い道路規制を計画・実施する必要があった。

A・B・C・Dランプの4橋のベント設置から、主桁の架設・ベントの解体・合成床版の架設まで、最盛期には5班もの架設作業班を編成し、連日の夜間架設にあたった。規制日数は、延べ約200日となり、本工事に従事した述べ人数は、職員7,000人、作業員24,500人、保安要員2,000人を超える大規模な市街地工事となった。

### (4) 合成床版の施工

本橋は、平面線形の曲率が大きく、日々の日照や温度変化により、主桁上に設置した底鋼板が伸縮し、橋軸直角方向にずれるため、写真5に示す橋直ストッパーを設置して変位を拘束した。また、床版コンクリートの打設時期が夏季であるため、写真6に示すシートでコンクリート打設直前まで底鋼板の養生を行い、温度上昇を抑制した。



写真3 回転横取り架設

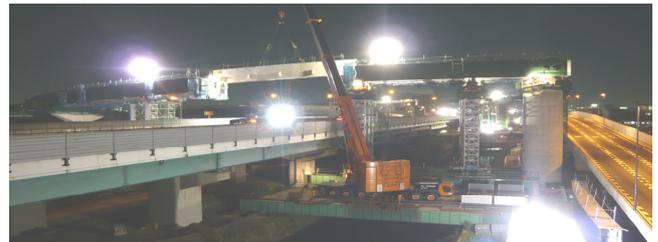


写真4 Aランプ近畿自動車道上の架設

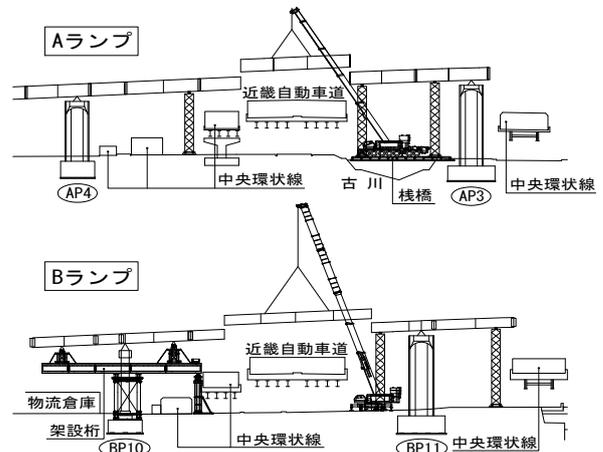


図10 近畿自動車道上の架設



写真5 橋直ストッパー



写真6 底鋼板シート養生

## おわりに

2010年3月の供用開始を目指して、安全と品質の確保に留意し施工に努めました。最後に、この工事を進めるにあたって、NEXCO 西日本関西支社および枚方工事事務所の方々にご指導を賜り、JV構成員である(株)宮地鐵工所の方々、協力会社の方々に協力を頂きました。ここに深く感謝致します。

### 参考文献

- 1) コンクリート標準示方書【構造型能照査編】、【施工編】、土木学会、平成14年3月
- 2) 設計要領第二集、西日本高速道路株式会社、平成20年8月
- 3) 道路橋支承便覧、日本道路協会、pp.369-374、平成16年4月