

## 関西圏都市部における中国自動車道リニューアル工事の概要

## RENEWAL PROJECT OF CHUGOKU-EXPRESSWAY IN KANSAI URBAN AREA

安里俊則\*, 佐溝純一\*\*, 大原和章\*\*, 澤村良弘\*\*\*\*, 松井隆行\*\*\*\*\*

Toshinori YASUZATO, Junichi SAMIZO, Kazuaki OHARA,

Yoshihiro SAWAMURA and Takayuki Matsui

**ABSTRACT** Due to aging and heavy traffic, bridge structures of Chugoku-Expressway in Kansai urban area are damaged seriously. Recently, we started large-scale renovation works in this area, utilizing the route parallel to deteriorated section as bypass to prevent chronic traffic congestion. This paper reports plan, design, and construction outlines about renovation of steel bridges under large-scale traffic regulation.

**KEYWORDS**：大規模更新工事，交通規制，鋼合成桁

Large-scale renovation, traffic regulation, steel composite girder

## 1. まえがき

関西圏都市部の高速道路網は名神高速道路を始め、中国自動車道、近畿自動車道、西名阪自動車道など開通から約50年が経過し、橋梁の老朽化が進行している。これらの路線は重交通区間であり、延長の長い連続高架橋が多いことから、橋梁更新工事の実施にあたっては長期間の交通規制による慢性的な渋滞が懸念される。このため、交通を迂回させる高速道路ネットワークを確保しながら、路線ごとにリニューアル工事（橋梁更新工事）を計画している。

関西圏では、これまで比較的交通量の少ない中国自動車道（福崎 IC～佐用 IC）において、主に鋼橋の RC 床版取替え工事を対面通行規制により順次実施してきた。平成 30 年の新名神高速道路（高槻 JCT～神戸 JCT 間）の開通により、図-1 に示す東西を結ぶ路線のダブルネットワークが形成されたことから、令和 2 年より並行する中国自動車道（吹田 JCT～神戸 JCT 間）の大規模リニューアル工事に着手した。

本報文では、現在工事中である吹田 JCT～宝塚 IC 間のリニューアル工事について、既設橋の構造的特徴や劣化による変状状況ならびに都市部の交通規制下における橋梁更新工事の計画・設計・施工の概要について述べる。

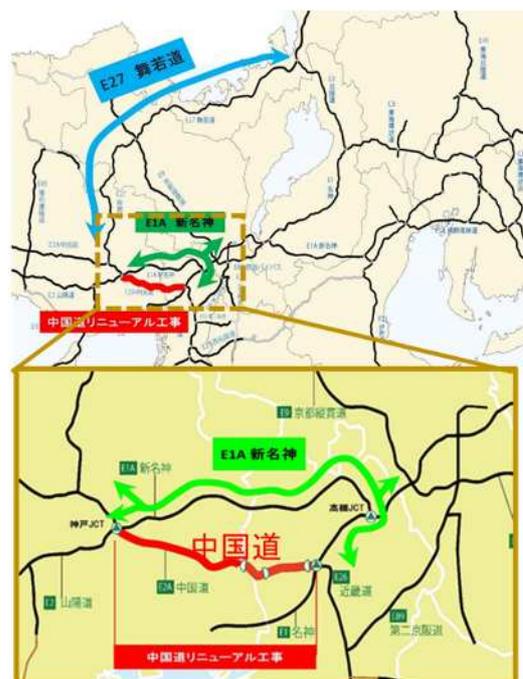


図-1 中国道リニューアル工事位置図

\* 西日本高速道路(株)関西支社保全サービス事業部調査役 (〒567-0871 大阪府茨木市岩倉町 1-13)

\*\* 西日本高速道路(株)関西支社橋梁担当部長 (〒567-0871 大阪府茨木市岩倉町 1-13)

\*\*\* 西日本高速道路(株)関西支社阪神改築事務所長 (〒666-0016 兵庫県川西市中央町 10-20)

\*\*\*\* 西日本高速道路(株)本社建設事業部建設統括課長代理 (〒530-0003 大阪府大阪市北区堂島 1-6-20)

\*\*\*\*\* 西日本高速道路(株)本社技術環境部構造技術課長代理 (〒530-0003 大阪府大阪市北区堂島 1-6-20)



### 2.3 過年度の補修・補強

鋼橋 RC 床版の劣化や補強対策として、1980～1990 年頃にかけて**写真-1** で示す縦桁補強や 1993 年以降には車両大型化対応として主に床版上面増厚などを実施しており、一部では床版上面増厚の再劣化による部分打替えも実施している。また、**写真-2** で示す支間長 40m の切断合成桁では開通後 13 年で最大 87 mm の主桁たわみが生じ、1986 年に橋脚 2 基を追加した事例もある。



写真-1 縦桁補強



1983年頃



橋脚追加後

写真-2 橋脚追加による補強事例

### 2.4 劣化による変状状況

鋼橋 RC 床版では、大型車交通の累積による疲労や凍結防止剤による塩害に起因する変状が顕在化している。床版下面は 2 方向ひびわれや貫通ひび割れからの漏水およびエフロレッセンスの滲出、鉄筋腐食やコンクリートの浮き・剥離が多数生じている。壁高欄や張出床版部では、凍結防止剤の散布や張出床版端部や防護柵支柱基部からの漏水により同様の変状が顕著である（**写真-3～5**）。

鋼桁では、伸縮装置や床版連結部の目地部からの漏水に伴う主桁、端対傾構、支承等の腐食や、垂直補剛材上端部や対傾構ガセットプレート部などの一部に疲労き裂が生じている（**写真-6～7**）。

RC 中空床版では、床版上面からボイド内部への凍結防止剤を含む水の浸入、滞水による床版下面での鉄筋腐食、コンクリートの浮き・剥離が散見されている（**写真-8**）。



写真-3 床版下面のひびわれ・漏水



写真-4 床版下面浮き・剥離



写真-5 壁高欄の浮き・剥離



写真-6 床版連結部からの漏水



写真-7 中間支点部の主桁腐食



写真-8 RC 中空床版の浮き・剥離

## 3. 吹田 JCT～宝塚 IC 間におけるリニューアル工事計画

### 3.1 対象橋梁

過年度の詳細点検や調査結果から一連単位で床版の健全度評価を行った結果、吹田 JCT～中国池田 IC 間では約 4.8km の鋼橋 RC 床版の取替え、中国池田 IC～宝塚 IC 間では約 1.6km の鋼橋 RC 床版の取

替えおよび約 2.0km の RC 中空床版橋の架替えの更新工事を実施することとした。対象橋梁を図-5 に示す。また、更新対象以外の橋梁においては、床版防水や床版上面増厚、壁高欄補修など約 8.5km の修繕工事を合わせて実施することとした。

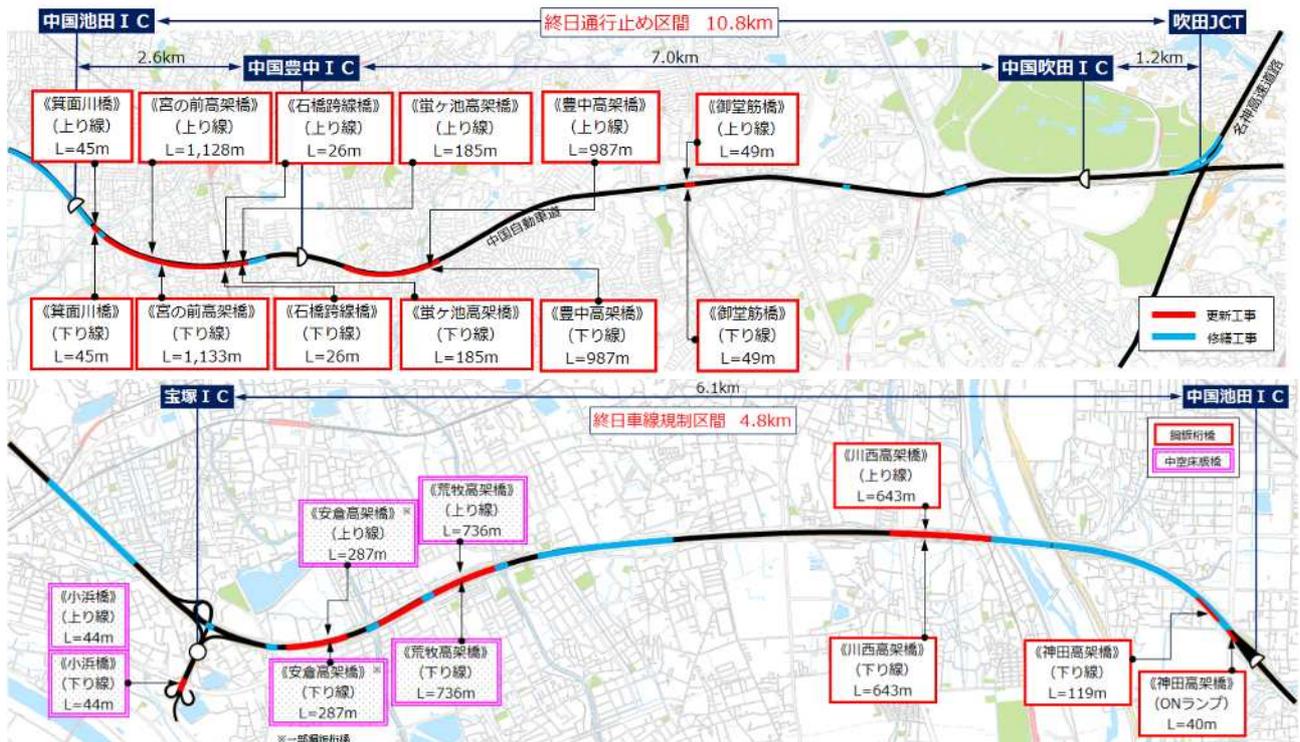


図-5 吹田 JCT～宝塚 IC 間 更新対象橋梁位置図

### 3.2 交通規制計画

吹田 JCT～中国池田 IC 間は、上下 4 車線で年平均日断面交通量約 5 万台/日、並行する府道は約 10 万台/日の重交通区間であり、かつ更新対象橋梁が約 5 km と非常に多いことから、一般的な対面通行規制による更新工事では大規模かつ慢性的な交通渋滞が長期間発生することが懸念された。一方、新名神高速道路の開通により高速道路網での十分な迂回路の確保が可能となったことから、上下線終日通行止めを実施し、多数の建設機械を配置して集中的に工事を行うことで工事期間を短縮し、社会的影響の低減を図ることとした。終日通行止め期間は詳細な工事計画を検討した結果、交通混雑期（年末年始、ゴールデンウィーク、お盆）を除き、1 回あたり約 1.5 ヶ月とし、2 年間で計 6 回実施する予定である。

中国池田 IC～宝塚 IC 間は、上下 6 車線の単一断面区間であることから、上下線終日車線規制を実施し、上下 4 車線の通行帯を確保しながら 3 段階に分けて分割施工で工事を行うこととした。終日車線規制期間は約 3 年間で予定しているが、交通混雑期には終日車線規制を一時解除し 6 車線運用とすることとした（図-6）。なお、車線規制時の仮設防護柵には迅速に移動させることが可能なロードジッパーシステム（写真-9）を採用し、交通規制の実施、解除に要する期間の短縮化を図っている。

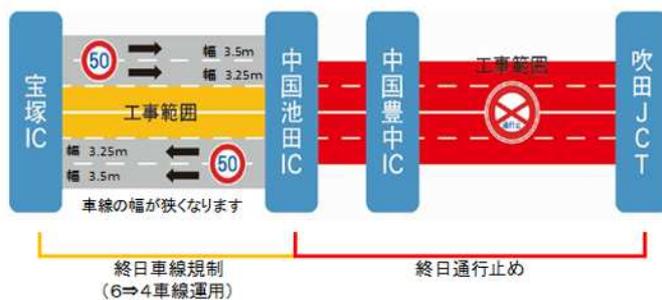


図-6 交通規制計画イメージ



写真-9 ロードジッパーシステム

### 3.3 工事発注方式

リニューアル工事の実施にあたっては、交通規制期間中、高速道路および一般道路において大規模な渋滞等が生じるなど、社会的影響が非常に大きい工事となることが想定されたことから、各社独自の高度で専門的なノウハウ・工法等を含んだ技術提案を公募し、審査の上で最適な技術提案を採用し、当該技術提案を踏まえた仕様・価格を確定の上、工事を行うことが必要であった。このため、工事発注方式は技術提案に基づき選定された優先交渉権者と設計業務の契約を締結し、設計の過程で価格等の交渉を行い、交渉が成立した場合に施工の契約を締結する「技術提案交渉方式（設計交渉・施工タイプ）」を採用することとした。

### 3.4 吹田 JCT～中国池田 IC 間における更新工事計画

#### (1) 鋼桁および RC 床版の更新

豊中高架橋や宮の前高架橋などの鋼橋 RC 床版の取替えにあたり、2.2 で示す鋼合成鉄桁の構造的特色を踏まえた上で、RC 床版取替え時の既設桁補強や既設橋の劣化状況、終日通行止め期間の短縮などの観点から更新方法の検討を行った。

検討対象として、豊中高架橋を構成する橋長 80m、最大支間長 20m の 4 径間を一連とした単純合成桁連結構造の断面構成図を図-7 に例示する。RC 床版取替え後の既設桁を照査では、現行の設計荷重 (B 活荷重) に対して支間中央部の下フランジや RC 床版撤去時における圧縮フランジなどで許容応力度を満足しない結果となった。また、既設桁の上フランジ幅が 200 mm と極端に狭く、設計上必要なスタッドジベルを配置するためには、補強による上フランジの拡幅が必要であった。

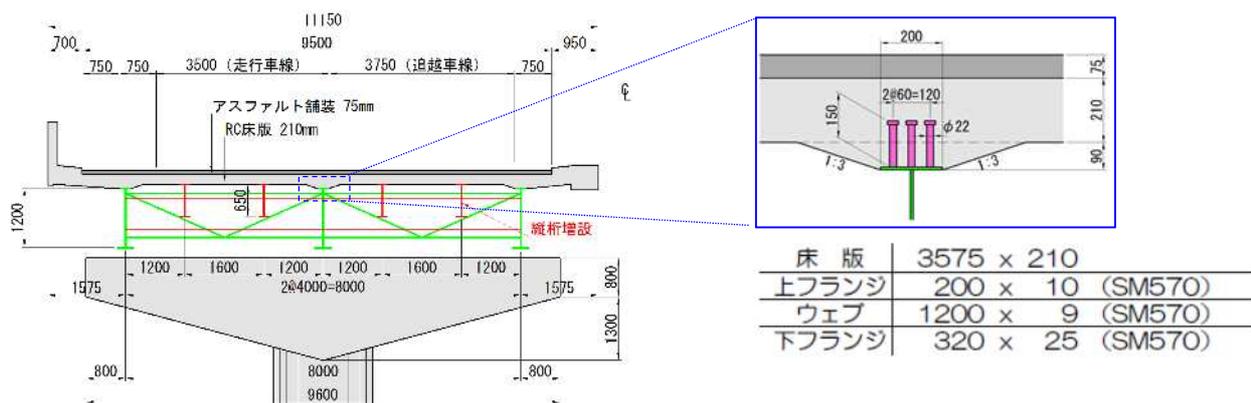


図-7 単純合成桁連結構造の断面構成図

また、鋼桁の一部の部材で疲労き裂が生じていることから、代表的な橋梁で一定せん断流パネル解析や現地ひずみ計測等を行い、変状がある部位を中心に疲労損傷度を評価した<sup>3)</sup>。その結果、2 点支承のソールプレート前面溶接部やウェブガセット溶接部で疲労耐久性が低い試算結果となった。また、単純合成桁連結構造の中間支点部では桁端部や支承の腐食が著しく、桁の連続化による支点部の改良 (1 点支承化、ウェブ・下フランジの取替) が必要な状況であった。

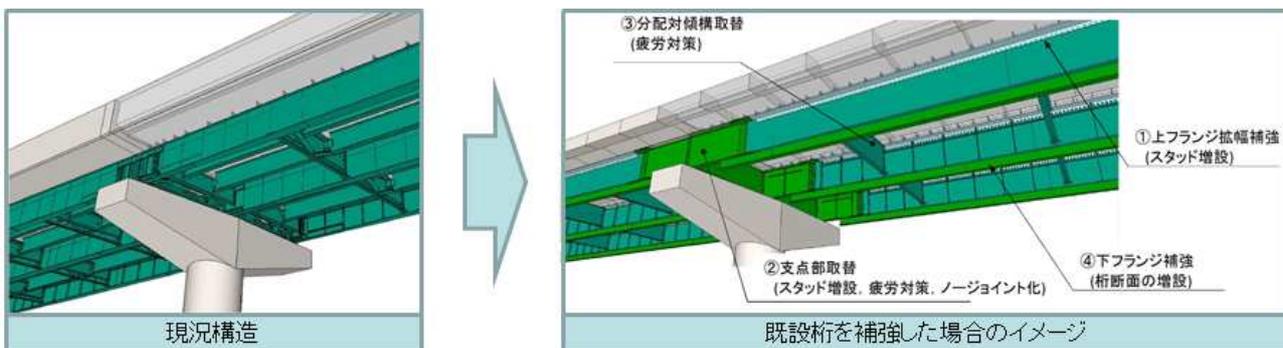


図-8 単純合成桁連結構造の補強概念図

上記を踏まえ、RC床版を取り替える場合に必要の桁補強イメージを図-8に示す。桁補強にあたっては、①スタッドジベル配置のための上フランジ拡幅補強や支点部の改良は本線供用下での施工は困難であり、RC床版撤去から架設までに長時間を要すること、②補強量が非常に多く、補強工事に多大な時間を要することが懸念された。以上の検討結果から、施工時間の短縮、経済性、更新後の維持管理のし易さを総合的に判断し、鋼合成鉄桁の更新工事ではRC床版取替え時に合わせて鋼桁の架替えを行うこととした。また、鋼非合成鉄桁でも検討を行った結果、同様の課題が懸念されたことから、本区間における更新対象橋梁はすべて鋼桁を含めた更新を行うこととした。

(2) 上部構造の検討

上部構造は、既設の単純桁連結構造や切断合成桁を新たな連続桁に更新し、支承条件を固定可動構造から免震構造にすることを基本とした。構造形式は一連ごとに後述する3.4(3)に示す架設工法や設計条件を勘案し検討した結果、以下の形式を基本とした。標準的な上部構造の断面図を図-9に示す。

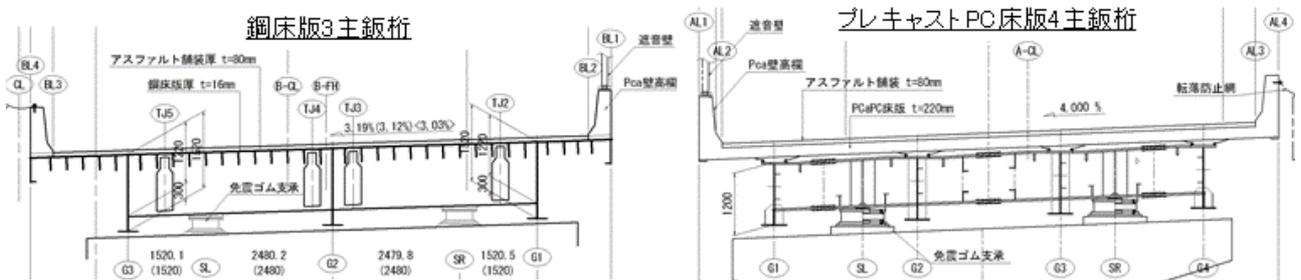


図-9 標準的な上部構造断面図

a) 鋼床版3主鉄桁

クレーンベント工法による桁架設で終日通行止め期間内に床版を短時間で設置する必要がある箇所（道路、鉄道、河川等交差箇所）や主桁断面構成上、軽量化する必要がある箇所（非常駐車帯部、上下部剛結構造等）で主に採用した。

鋼床版には、疲労耐久性を向上させるため、『取替用高性能鋼床版パネル<sup>4)</sup>』の基本構造である平リブを用いた縦リブと横リブの交差部を全周溶接する構造を採用し、局部応力の低減と維持管理性の向上を図った。また、全周溶接部の応力集中が高くなる主桁近傍では、図-10に示すように縦リブ厚と高さを約20%増加させて剛性を高めた。鋼床版のデッキ厚さは道路橋示方書に示す開断面リブでの最小厚の12mmでなく16mmとした。

鋼床版の添接部の一部には、皿型高力ボルトを試験的に採用した。通常使用されるトルシア形高力ボルトはヘッド高が14mm程度であるのに対し、本ボルトは添接板上面への突出量を2mm以下に抑制することで、ボルト頭部の舗装厚を確保した。また、本現場では、現場作業時間の短縮を目的とし、添接板に設けるドリフトピン用のパイロットホールを現地で皿孔加工できる技術の開発やざぐり部の表面処理方法の検討を行い、添接板を取り替えることなく架設を可能とした<sup>5)</sup>。皿孔加工状況を図-11に示す。



図-10 縦リブ全周溶接構造



図-11 皿ボルトおよび皿孔加工状況

b) プレキャストPC床版非合成4主鉄桁

ジャッキアップ工法による桁架設では、本線供用期間中に高架下で床版架設が可能な箇所を主に採用した。なお、比較的支間長の長い一部橋梁では2主箱桁を採用した。

PC床版厚は220mmとし、継手には施工性に優れ、薄い床版厚でもあご付き形状のプレキャストPC

床版に適用可能である MuSSL 工法を採用した。

なお、今回の更新対象橋梁約 4.8km に対し、プレキャスト PC 床版は約 2.2km、鋼床版は 2.6km の構成比率としている。

支承は、超高減衰ゴム支承 (HDR-S) を採用した。また、各支点部には箱構造の横梁を配置し、1 支承線あたり 2 箇所 of 支承を配置することを基本とした。これにより供用中に新設する支承のベースプレートを先行設置することで、施工時間の短縮を図った。

壁高欄は、コンクリート製防護柵であるプレキャストガードフェンス (PGF) を採用した。鋼床版ではデッキプレートを貫通するアンカーボルトで定着させる構造とし、実物大部分模型による静的および衝突載荷試験により定着部の耐荷性能を確認した。

鋼床版上の基層舗装は、一般的なグースアスファルト舗装ではなく、床版防水工 (グレード II 相当) + FB5 (橋梁用レベリング層用混合物) を採用した。これは、終日通行止め期間中に複数箇所の同時舗装が必要となることから、施工機械の調達が容易で、グースと同等の性能を有する材料を選定としたものである。また、表層舗装には凍結抑制機能が期待される多機能型排水性舗装 (縦溝粗面型ハイブリッド舗装) を採用した。

防錆仕様は、掛け違い部の支承および桁端部を Al・Mg 合金溶射仕様とし、耐久性の向上を図った。

### (3) 鋼桁および床版の撤去・架設方法

既設橋の撤去は、対象橋梁と反対車線の橋面上にクレーンを配置し、切断した RC 床版、壁高欄、鋼桁を順次吊り上げ、橋面上に仮置き後、トレーラーにて搬出することを基本とした。クレーン機種は工事用車両の通行帯が確保できる大きさから 100t 吊オールテレーンクレーンを選定した。

新設橋の架設は、各橋梁の交差条件に応じて以下の工法を基本とした。

#### a) クレーンベント工法

主に交差道路や河川など高架下の使用に制約がある箇所採用した。

既設橋の撤去時と同様、図-12 で示すように橋面上の 100t 吊オールテレーンクレーンにて鋼桁および RC 床版を架設することを基本とし、一部本線横に地組ヤードが確保可能な箇所では 1000t 吊クローラークレーンによる一括撤去・架設とした。また、架設用足場について、主に交差道路のある径間では一般的な吊足場ではなく、橋脚前面にブラケットを設置し、仮設梁を配置する特殊足場を採用した。これは既設桁を切断、撤去する際の作業足場としても使用する。

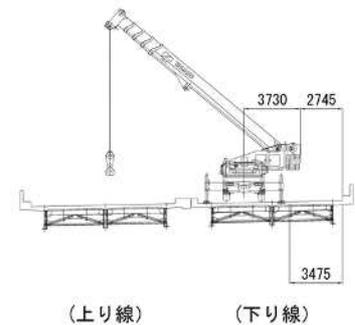


図-12 クレーンベント工法

#### b) ジャッキアップ工法

主に高架下の使用に制約がなく、地組立てヤードの確保が可能な箇所採用した。

本工法は、図-13 で示すように①本線供用期間中に高架下で新設桁を地組立し、床版および壁高欄を架設した上で、既設桁下面から 500 mm 程度の高さまで 1 次ジャッキアップ、②終日通行止め期間中に既設橋の撤去後、2 次ジャッキアップにて計画高まで架設、③支点部の新設桁、床版および壁高欄を橋面上のクレーンにて架設の手順で施工する。

高架下設備については、既設床版の中分下面付近に仮設梁とギアードトロリー式の荷揚げ設備を配置し、橋脚前面にはジャッキ反力を受けるための仮支柱を配置した。ジャッキアップは新設桁を支持

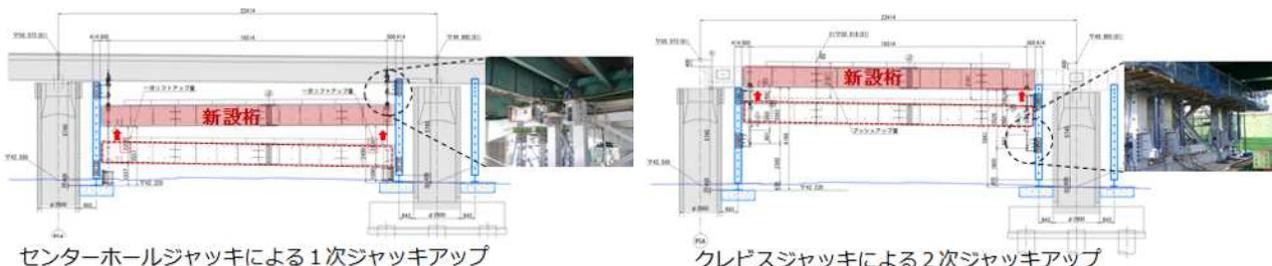


図-13 ジャッキアップ工法

する受梁を仮支柱上部のセンターホールジャッキでリフトアップした後、クレビスジャッキを受梁の下に配置しプッシュアップする方法とした。また、本工法の採用にあたっては実物大の試験体による施工試験を実施し、設備や制御システムの挙動および作業の安全性を確認した。

本工法の利点は、終日通行止め期間での架設時間の短縮が図れることに加え、1次ジャッキアップ後の新設床版面が既設桁撤去時の足場設備として活用できることが挙げられる。

### 3.5 中国池田 IC～宝塚 IC 間における更新工事

#### (1) RC 中空床版橋の更新

本区間は4車線の通行帯を確保しながら上下線の中分側、上り線路肩側、下り線路肩側の3期にわたり分割施工するとともに、交通混雑期には終日車線規制を一時解除し6車線運用とすることから、限定された車線規制期間での更新工事が必要であった。このため、荒牧高架橋や安倉高架橋のRC中空床版橋では、既設橋撤去から再構築までの工事期間短縮を図るため、鋼非合成4主桁桁橋への架替えを行うこととした。

新設する上部工の基本構造は、車線規制に伴う既設RC中空床版の撤去作業に先立って、本線供用中に桁下空間にて既設3柱式橋脚に上部工を支持するPRC構造の受梁（橋脚横梁）を先行設置し、既設橋脚間に鋼桁を速やかに架設できる構造とすることで、終日車線規制期間内での工程短縮を図ることとした。

主桁高は、維持管理での桁下空間の確保も踏まえてH=1.2mとした。支点上横桁は、既設橋脚と干渉しない桁高に押さえた箱構造の横梁とし、内部をコンクリートで充填する構造を採用した。また、施工中は中央分離帯部も車線として供用するため、分離構造である上下線間のたわみ差を抑えるために仮横桁による上下線連結を行い、完成時に撤去することとした。RC中空床版橋の架替え構造の概要を図-14に示す。

プレキャストPC床版の基本構造を図-15に示す。床版厚は260mmとし、あご付きループ継手構造を基本とした。また、3分割施工時におけるプレキャストPC床版の縦目地は主桁直上に配置されたモルタル目地構造とし、ポストテンション横締め鋼材1S28.6を使用したPRC設計とした。

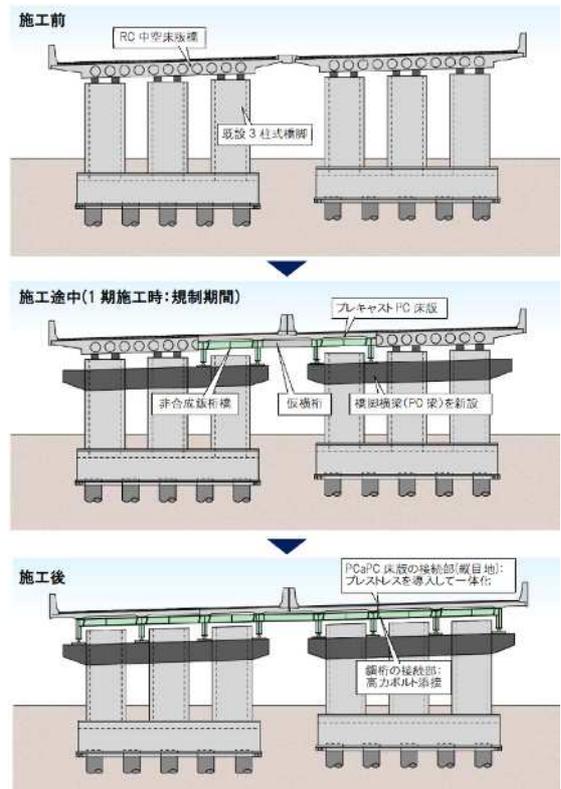


図-14 RC 中空床版橋の架替え構造概要

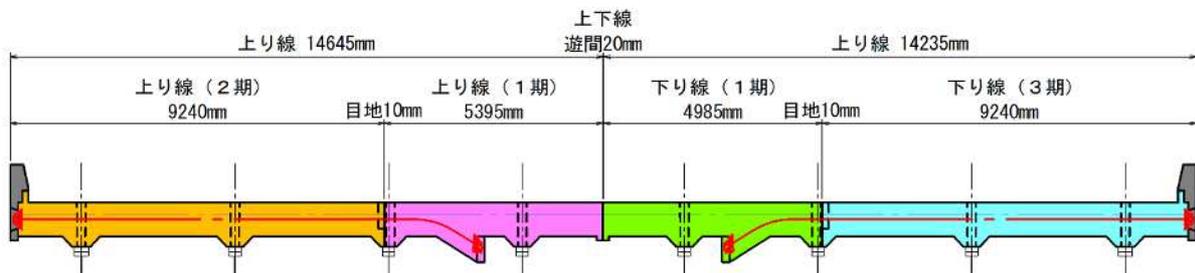


図-15 プレキャストPC床版の構造概要

#### (2) 鋼桁橋RC床版の更新

川西高架橋などの鋼橋RC床版の取替えにあたり、吹田JCT～中国池田IC間と同様、更新方法の検討を行った。既設上部工の基本構造は上下線各5主桁のロールH形鋼桁で4径間を一連とする単純合成桁連結構造である。代表的な一連の構造図を図-16に示す。

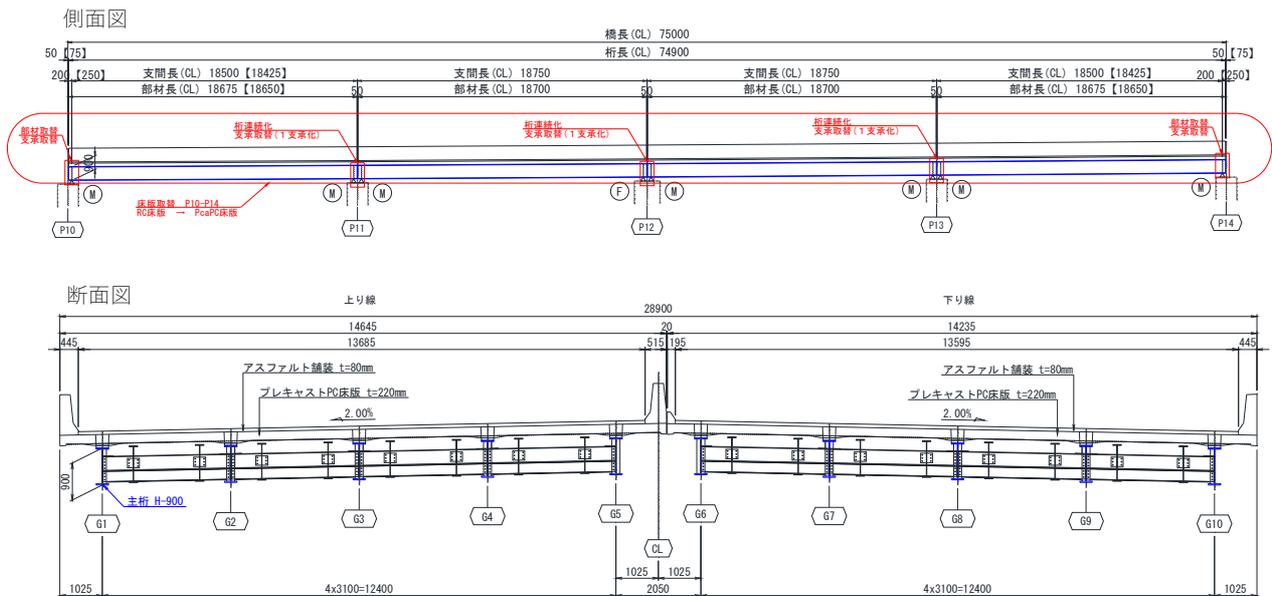


図-16 鋼橋 RC 床版の取替え橋梁の構造図

RC 床版の取替えに伴う既設桁の照査では、現行の設計荷重（B 活荷重）に対して活荷重たわみの照査および許容応力度を満足しない結果であった。桁補強にあたっては、①主桁が大型ロール H 形鋼で相対的に上フランジ幅が広く、応力にも余裕があること、②一定期間の終日車線規制による施工が可能であることから、RC 床版の取替えに合わせて、既設桁の中間支点部を連続化し、更新後の構造を連続合成桁とすることで、支間中央の活荷重たわみと曲げモーメントを低減する計画とした（図-17）。

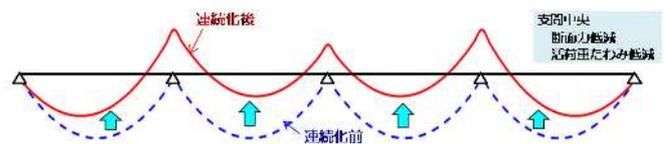


図-17 連続化による断面力の変化

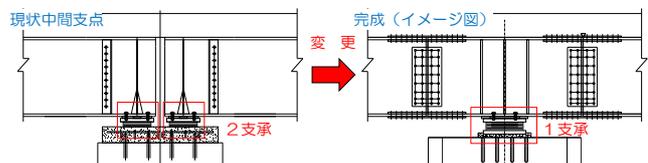


図-18 連続化イメージ図

中間支点部の連続化は、既設桁の桁端部を一部切断撤去し、新設主桁に取替え、2 支点から 1 支点化する構造とした（図-18）。既設主桁どうしを添接板により連結して連続化する工法も考えられるが、既設桁の桁端部や支承の腐食が進行していることなどから、支点上部材および支承の取替えを実施することとした。主桁を連続化することで、支間中央の曲げモーメントが低減され、活荷重たわみの照査と支間中央の主桁応力は制限値を満足する。一方で、中間支点付近では単純桁では作用しない負曲げモーメントが作用するため、主桁下フランジの一部で圧縮応力が許容応力度を超過する。負曲げモーメントが最大となる支点直上の部材は新設部材とするため、必要な断面性能を有する部材を設計し、新旧桁間の境界部付近の圧縮フランジは横支材を追加して補強することで固定点間距離を短くし、座屈耐力を確保して制限値を満足した。

プレキャスト PC 床版は RC 中空床版橋更新部の基本構造と同様であるが、床版厚 220mm～250mm のあご無しループ継手構造とした。PC 床版の縦目地は、既設主桁配置と 3 分割施工時の縦目地位置との関係から主桁直上の継手が困難なためループ継手構造とし、ポストテンション横締め鋼材 1S21.8 または 1S28.6 を使用した PRC 設計とした。連続合成桁として必要なスタッドジベルは、プレキャスト PC 床版の 3 分割施工のためのポストテンション鋼材との取り扱いなどを考慮の上、既設主桁の上フランジ幅での群スタッド配置とした。

### 3.6 工事実施状況

令和2年6月に本格的なリニューアル工事実施に向けた試験工事として、吹田 JCT～中国池田 IC 間で16日間の終日通行止めを行い、御堂筋橋（上り線）の更新工事を実施した。その後、試験工事結果を踏まえ、令和3年5月19日から6月27日の39日間で吹田 JCT～中国池田 IC 間の終日通行止めを行い、9連の更新工事を完了している。工事実施状況を写真10～12に示す。また、交通状況について、本期間中の平均日断面交通量を前週時と比較すると、中国池田 IC～宝塚 IC 間では約13千台/日減少した一方、周辺の新名神高速道路や阪神高速11号池田線では約12千台/日増加したなど、中国自動車道からの交通量の転換が見られた。また、新型コロナウイルス感染症緊急事態宣言の影響から周辺の高速道路では前週時で通常期に比べ約20%程度交通量が減少しており、その影響もあり想定を大きく上回る渋滞は発生しなかった。

交通規制による渋滞緩和対策としては、新名神高速道路への迂回を促進するために、迂回対象経路を走行した車両に対し、専用アプリによるポイント付与や通行料金割引を実施している。また、中国道リニューアル工事専用ウェブサイト<sup>6)</sup>を立ち上げ、迂回促進PRや交通規制期間の渋滞予測、リアルタイムの所要時間提供などお客様への情報提供を重点的に行っている。



写真-10 ジャッキアップ架設



写真-11 クレーン架設



写真-12 1000t 吊クレーン架設

### 3.7 おわりに

中国池田 IC～宝塚 IC 間では令和3年8月下旬から上下線終日車線規制を開始し、RC中空床版橋の上下線中分側の架替え工事に着手している。また、吹田 JCT～中国池田 IC 間では令和3年10月1日から39日間の上下線終日通行止めを行い、10連の更新工事を予定している。本区間のリニューアル工事は令和6年上半期までと長期間にわたるため、周辺住民の皆様や高速道路をご利用いただくお客様のご理解とご協力を得られるよう、関係機関と調整を図りながら安全に事業を進めていくとともに、本区間のリニューアル工事で検討した様々な技術を今後の都市部における橋梁更新事業に活用し、より安全で質の高い橋梁更新事業につなげていく所存である。

### 参考文献

- 1) 加藤信夫，荒川正一：中国縦貫道吹田～宝塚間の構造物，土木技術 25 巻 2 号，1970
- 2) 土木学会：鋼道路橋 RC 床版更新の設計・施工技術，丸善出版株式会社，pp. 189-192，2020
- 3) 加藤大樹，松井隆行：関西圏の高速道路の鋼 I 桁橋における構造ディテールの違いによる疲労特性の分析・調査，土木学会第 73 回年次学術講演会，2018
- 4) 横関耕一，横山薫，石井博典，渡邊俊輔，三木千壽，取替用高性能鋼床版パネルの開発，建設図書，橋梁と基礎，51(5)，2017
- 5) 郎宇，林巖，山口隆司，加藤大樹，足立健，熊野拓志，吉田賢二，連結板ざぐり部の表面処理の仕様が皿型高力ボルト摩擦接合継手のすべり耐力に及ぼす影響，構造工学論文集 vol. 67A，2021. 3
- 6) E2A 中国道リニューアルプロジェクト web サイト，[https://kansai-renewal.com/2021\\_chugoku/](https://kansai-renewal.com/2021_chugoku/)