

阪神高速道路における鋼床版 I 桁の連続化工事 短期集中工事期間内に高速道路を 1 支承線化し連結

葉 玉 博 文・天 羽 一 貴・川 村 誠 司

阪神高速 13 号東大阪線のうち、1977 年度末に供用された法円坂～森ノ宮区間は、歴史的に重要な文化財である難波宮史跡上に立地している。このため、史跡保全の観点から橋梁全体の重量軽減のため、上部工には支間長の短い単純鋼床版 I 桁を多数並べた特殊な構造が採用されていた。当該区間ではこれまで鋼製主桁や支承周りの溶接部に複数のき裂損傷が確認されていた。そこで損傷発生リスクを大幅に低減することなどを目的として、1 支承線化による部材取替連続化工法という抜本的な構造改良を、8 日間という短期の昼夜連続完全通行止め期間内に実施することとし、2012 年 11 月末～12 月初めに大規模集中工事を行った。

キーワード：鋼床版 I 桁, 桁連続化, 1 支承線化, 集中工事, 疲労

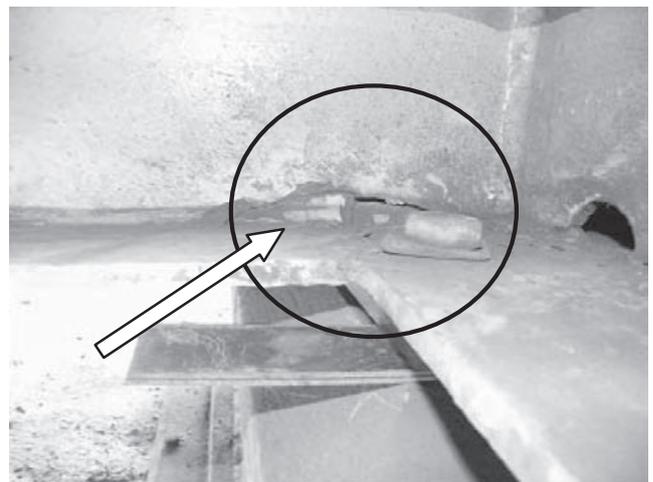
1. はじめに

大阪都市圏を東西に結ぶ阪神高速 13 号東大阪線のうち、1978 年 3 月に供用された法円坂～森ノ宮区間は、写真一 1 に示すように大阪城に隣接しており、直下には歴史的に重要な文化財である難波宮史跡が存在する。高速道路の建設にあたっては、遺跡の保全や隣接する大阪城からの景観面の配慮に加えて、直下に地下鉄シールドトンネルが建設されていたことなどが

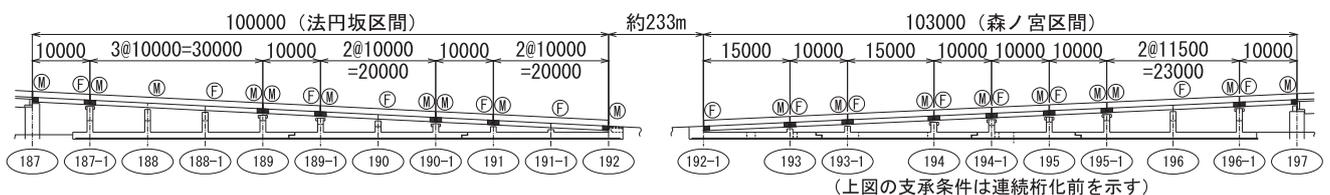
ら、基礎は偏平な直接基礎上で一体化した連続フーチングで、その上に平面壁式橋脚、単純鋼床版 I 桁を多数配した高架構造と平面構造が採用されている（図一 1 参照）。高架構造部分においては、この特殊な構造が一因と推測される重大なき裂が幾度となく確認されていた（写真一 2 参照）。これまでは大阪都市圏の大



写真一 1 上空写真



写真一 2 損傷状況



図一 1 対象橋梁側面図

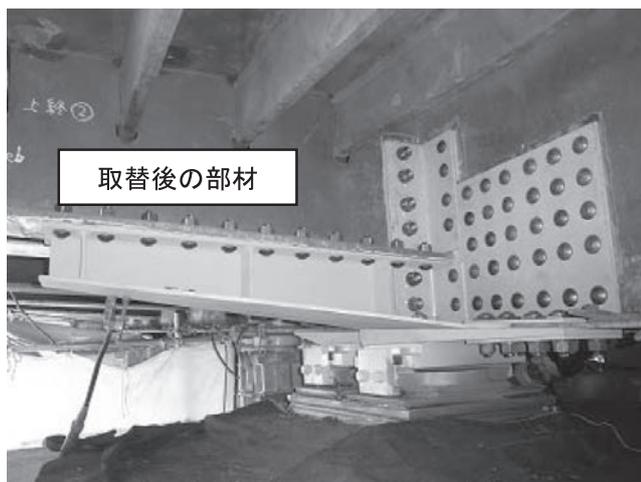


写真-3 応急補修状況

動脈である東大阪線への影響を最小限とするため、応急的な補修で対応している状況であった(写真-3参照)。しかし、将来における維持管理の軽減および損傷発生リスクの大幅な低減をすることが必要となったとの判断により、原因究明および対応方針を十分に検討した結果、わが国初となる1支承線化による部材取替連続化工法(図-2参照)による抜本的構造改良を、8日間という短期の昼夜連続完全通行止めによる「フレッシュアップ工事」期間内に実施することとした。具体的には、単純鋼床版I桁の連続化(主桁・鋼床版)によるノージョイント化、1橋脚上に2支承線であったものを1支承線化することによる1支承当たりの死荷重増加、疲労耐久性の向上を図った支承周りの構造改良を行った。

本稿ではこれらの抜本的な構造改良の内容を説明するとともに、供用中の高速道路を短期集中工事期間内に連続化する工事の施工状況とその実施結果の報告を行う。

2. 対象橋梁の特徴

当該区間は難波宮史跡の保護、ならびに隣接する大阪城への景観配慮を目的に、一部区間が平面構造になっている。その両隣に配置されている高架構造部(西

側工区:10径間・東側工区:9径間)は、鋼床版I桁を直接基礎上で一体化した連続フーチング基礎で支持する構造が採用されている。写真-4に当該橋梁の外観写真を示す。さらにこの区間の上部工は、地盤反力と直接基礎の間に発生する不等たわみの影響が最少となるよう、支間長(10m~15m)が、全幅員(16m)よりも短い特殊な構造となっており、その多くは単純桁となっている。



写真-4 対象橋梁外観(法円坂区間)

3. 設計基本方針

(1) これまでの補修・補強方法

同区間では、支承部ソールプレート溶接部に疲労損傷が発見され、その一部は主桁フランジ面やウェブまでき裂が進展していた。これまで実施された補修・補強方法は、き裂部を溶接によって埋め戻す方法、もしくは母材部に損傷が進展していた場合は、当て板で補強を行っていた。

(2) 損傷の原因推定

繰り返し発生する損傷の原因は下記のように推定された。

- ①支間長が幅員より短いことから、死荷重反力に比べ活荷重反力が大きいため支承反力の変動に大きな影

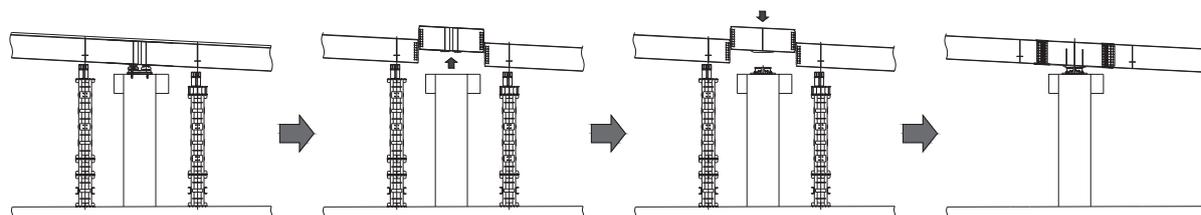


図-2 1支承線化による連続化工法

響を及ぼしている。

- ②伸縮装置部と路面の段差によって発生する振動により、ダメージを受けている。
- ③せん断力と曲げモーメントによる応力集中が発生しやすい、疲労強度の低い構造が採用されている。

(3) 構造改良方針

推定された損傷原因を踏まえ、今回の抜本的構造改良である「1 支承線化による連続化工法」の設計方針を下記とした。

- ①本橋は単純及び連続形式の鋼床版 I 桁が混在するが、断面形状が全橋通して一定であり連続化が可能である。そこで、法円坂区間（6 連・10 径間）と森之宮区間（8 連・9 径間）を、それぞれ全支間連続桁化する。
- ②連続構造化は、疲労ダメージが蓄積して損傷が多発している、掛け違い部の左右 2 連の桁端部（左右各 1 m の鋼床版・主桁・端横桁を含む全断面）を撤去して、既設中間支点相当の新設部材（1 枚の端横桁と連続主桁）に取替え、健全化した上で 1 支承線化する（図-3 参照）。
- ③取替部材は疲労耐久性に優れた構造に改善する。
- ④ 2 支承線を 1 支承線化することで、1 支承当たりの死荷重反力を増加させる。これにより、損傷の一因と推定される、大型車両の通行時に生じる支承の負反力を防止する。
- ⑤連続化により伸縮装置がなくなり（ノージョイント

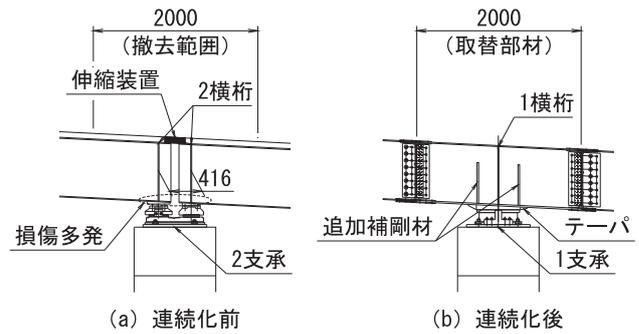


図-3 1 支承線化による連続化概要

化)、車両の走行による衝撃を低減し、併せて漏水による腐食損傷を防止する。また、耐用年数の短い伸縮装置および支承を減らすことにより、将来の補修工事を減ずる。

- ⑥全中間支点の支承を反力分散ゴム支承に取替え、連続桁化した上部工に作用する地震時の水平力を中間橋脚全体に分散させる。
- ⑦桁連続化後の端支点も横桁取替による部材の健全化を行うが、端支点は桁連続化後も支承線数は変わらないので、死荷重反力を増して桁端の負反力発生を防止するために、カウンターウエイトを設置する。なお、各支点の改良内容概要を表-1 に示す。

4. 構造検討および部材製作

(1) 疲労対策のための構造検討

取替部材の製作時に考慮した疲労対策について下記

表-1 各支点の改良内容概要

脚番号	187	187-1	188	188-1	189	189-1	190	190-1	191	191-1	192
既設構造の支点種類	端 支点	端 支点	中間 支点	中間 支点	端 支点	端 支点	中間 支点	端 支点	端 支点	中間 支点	端 支点
桁連結		○			○	○		○	○		
横桁取替え	○	○			○	○		○	○		○
新設支承条件	M	E	E	E	E	E	E	E	E	E	M
ディテール改良	●	●	○	○	●	●	○	●	●	○	●
カウンターウエイト設置	○										○

脚番号	192-1	193	193-1	194	194-1	195	195-1	196	196-1	197
既設構造の支点種類	端 支点	端 支点	中間 支点	中間 支点	端 支点	端 支点	中間 支点	端 支点	端 支点	中間 支点
桁連結		○	○	○	○	○	○		○	
横桁取替え	○	○	○	○	○	○	○		○	○
新設支承条件	M	E	E	E	E	E	E	E	E	M
ディテール改良	●	●	●	●	●	●	●	○	●	●
カウンターウエイト設置	○									○

支承条件の凡例は、M：可動、E：弾性。

ディテール改良の凡例は、●：横桁取替えによる大幅改良、○：既設部材の部分改良。

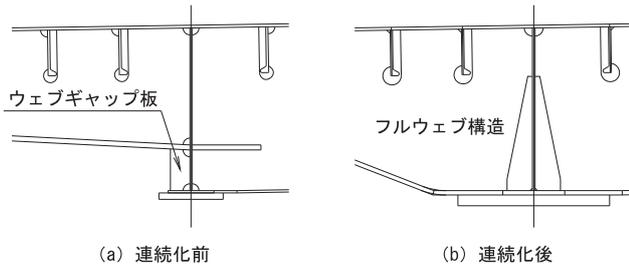


図-4 横桁高の増加（フルウェブ化）

に示す。

- ①桁連続化部の横桁高を主桁高に合わせた（図-4）。
- ②支承が配置される G1, G4, G7 桁については、ソールプレートとの剛性の急変による疲労損傷防止を図るため、新設する主桁下フランジの最少板厚は 19 mm と厚くした。
- ③鋼床版の縦リブ（バルブプレート）と横リブの交差部形状は、既設形状から変更し、上縁スカラップを無くし、すみ肉溶接寸法を大きくした（図-4）。
- ④ソールプレートは前後にテーパをつけるとともに、下フランジとの接合は高力ボルト接合とし、すみ肉溶接を廃止した。また、支点周りに作用する鉛直応力を低減するため、ソールプレート前後端の主桁ウェブに補剛材を追加した（図-5）。
- ⑤主桁と支点上横桁との交差部の十字形下フランジは、1枚板からの切り抜き材とし、板継ぎ溶接を廃止した（図-6）。

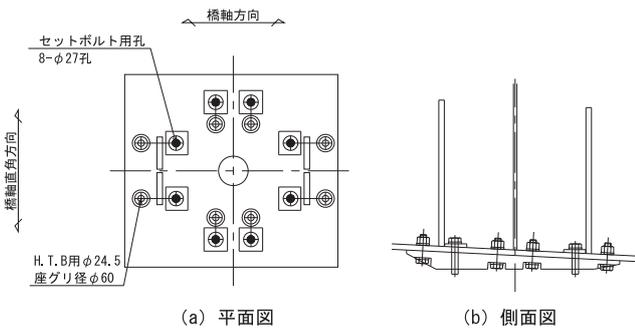


図-5 ソールプレート

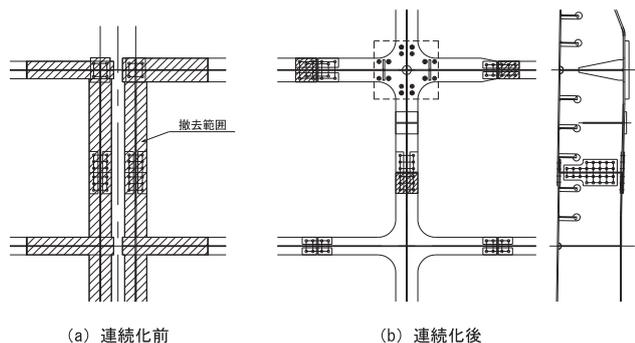


図-6 下フランジ形状の変更

(2) 部材製作

集中工事期間内に精度良く且つ確実に連続化を完了させるため、連続化部材の製作については、以下のような点を考慮した。

- ①桁取替部の形状を立体的に把握するため、既設桁の座標を三次元計測した。主桁間隔・主桁高等の主要寸法のほか、バルブプレートの間隔と傾きも製作に反映した。
- ②既設橋図面に記載のない補強部材についても、現地確認し製作に反映した。
- ③施工精度と工程の両面から検討し、ボルト孔の種類（工場孔か現場孔）を区分した（図-7）。

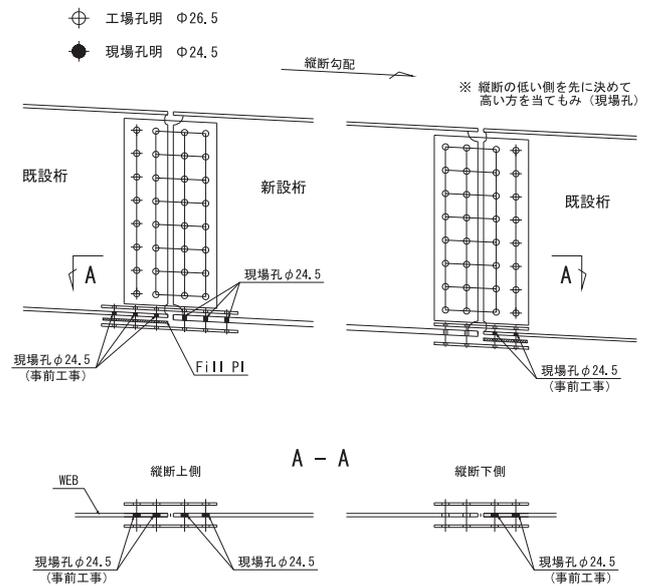


図-7 ボルト孔明け要領

- ④7本の主桁ラインを確実に合わせるため、1主桁/1ブロックの部材となるよう、縦継手を設けた。
- ⑤現地で桁取替部との相対位置を詳細に測定し部材製作寸法に反映した。特に、支承のベースプレート上面の傾きについて、支承の製作に反映させた。
- ⑥支承設置時の高さ調整代確保のため、取替支承のボス高さを 20 mm と大きく設定した。

5. 現場施工

当該現地付近は、大阪市内の中心部であり官庁施設が集積している地域であることから、工事に伴う交通への重大な影響が懸念された。このため工事実施にあたっては、周辺道路の交通への影響を最小限に抑える必要があった。そこで本工事は、以下の4つのステップにより進めている。

- 1) 準備工事（事前調査）
- 2) 事前工事（支承取替工，鋼I桁事前切断工 等）
- 3) フレッシュアップ工事（桁連続化）
- 4) 事後工事（支承反力調整）

(1) 準備工事

連続化のために用いる新設桁は、現地の既設桁の出来形形状に極力合わせて製作する必要がある。そのため既設橋梁全体の形状を正確に把握する手法として、複数の角度から写真撮影を行い、高精度な三次元座標を作成した。このことにより、主桁ウェブは勿論のこと、すべてのバルブプレートのピッチ及び傾きに至るまで計測を実施し、現地の既設桁に対応した新設桁を製作することが可能となった。

(2) 事前工事

大規模補修を効率よく施工するため、通行止めの必要が無い、桁下および本線上の作業については事前工事を行った。

① 支承改良工

まず始めに支承の撤去を行った。今回の連続化では、2支承線を1支承線に変更した。1支承線あたり3個の支承より構成されているため、1橋脚あたり6個の支承を撤去し、3個の支承を設置する作業であった。

支承の撤去に先立ち、桁切断位置から支間中央側の第一横桁直下にベント材にて仮受点を設置し、橋脚天端で桁のジャッキアップを行い、支点上の反力を仮受点に移行させた。その際、ジャッキアップは供用下での作業となるためデジタル反力計測器とジャッキからなる連動システムを用いて、路面段差量が3mm以下となるように慎重に管理し施工を行った（写真—5参照）。なお、支承をガウジングにて撤去したところ、一部にソールプレートの取付け溶接部から下フランジ内に伝播する疲労亀裂が発見されたため、当て板による補強を行った。



写真—5 ジャッキアップ状況

② 鋼I桁事前切断工

次に鋼I桁の切断作業を行った。本線上は供用下であるため鋼床版の切断は不可能であるが、主桁ウェブや下フランジ、縦リブ（バルブプレート）は桁下からの事前作業が可能であった。桁の切断方法は、本線上を走行する車両の活荷重を考慮し、主桁腹板部を3段階に分割し、ガス切断・添接板設置を3回に分けて施工した（写真—6参照）。

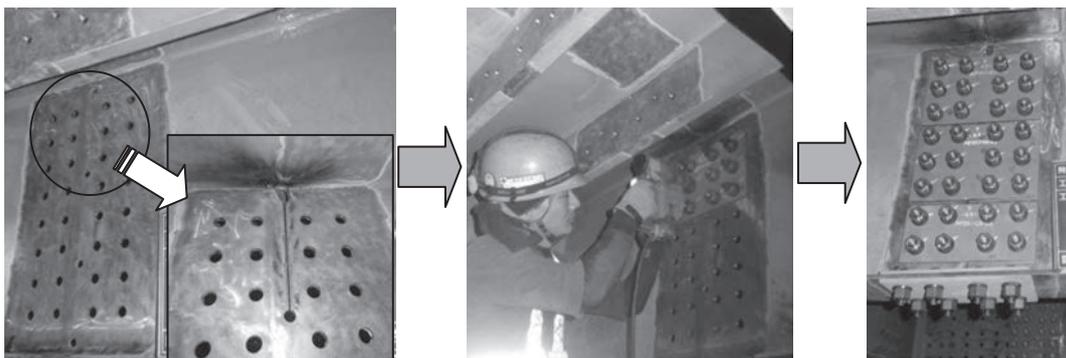
③ 中央分離帯部地覆撤去工

本線上では、夜間一時規制を行い中央分離帯のコンクリート地覆の撤去を行った。撤去方法は、市街地での夜間作業のため騒音を考慮し、低騒音のコンクリートカッターで鉛直方向および水平方向を切断することで、既設部との縁切りを行い、防音設備の中、電動チップパーにて斫り、撤去を行った（写真—7参照）。

(3) フレッシュアップ工事

① フレッシュアップ工事概要

8日間昼夜連続完全通行止めで実施されたフレッシュアップ工事は、舗装業者などの複数の工事が輻輳するために、それぞれの工程管理が重要となった。当該区間では初日に舗装の撤去を行い、2日目から桁切断作業を開始する厳しいスケジュールであった。また



写真—6 主桁ウェブ切断状況



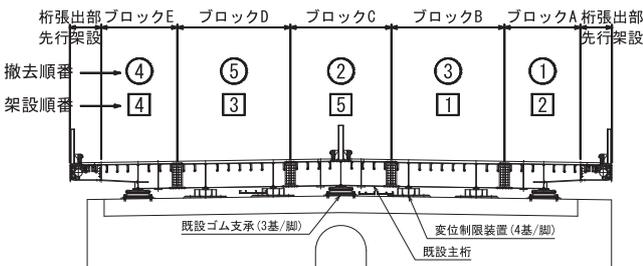
写真一七 中央分離帯地覆撤去状況

連結化自体も2日間で終了させなければ、後に続く舗装や伸縮継手の補修のすべてが完了しない厳しい工程が組まれていた。その中で16箇所64レーンにわたる部材取替を時間内に精度良く且つ確実に連続化するため、入念なタイムスケジュールのもとに作業を行った。

撤去・設置の手順を図一八に、25tラフタークレーンの配置状況を図一九に示す。

②既設鋼桁の切断及び撤去

撤去方法は、鋼床版桁および伸縮装置の切断後、



施工手順



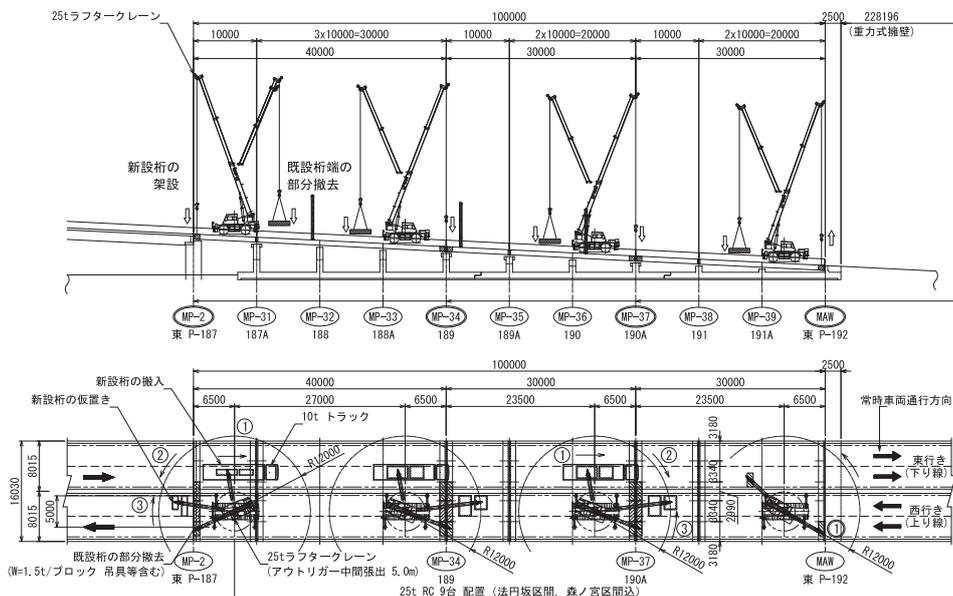
図一八 撤去設置の手順

25tラフタークレーンにて撤去した。特に切断は新設桁との接続精度を高めるために注意を払った。鋼桁の切断作業は切断面の品質確保のため、自動ガス切断機で切断を行ない、グラインダーで平滑に仕上げた。また、既存の伸縮装置部については、総板厚が90mmと厚く、中間にステンレス板が挟み込まれた異鋼種のサンドイッチ構造であったことからシャープランスを使用し切断した(写真一八参照)。まず切断前に鋼製伸縮装置のフェースプレートの爪を切断した後、ジョイント遊間の止水材を完全除去した。その後十分な延焼対策を行った後、ランスでの切断を開始した。

鋼桁の撤去は隣り合う撤去位置が近く、作業ヤードが狭隘なため、25tラフタークレーンを9台使用(写真一九)して撤去を実施した。既設鋼桁の撤去は横断方向に5分割にブロック割りした後吊り上げを行っ



写真一八 伸縮装置切断状況(シャープランス)



図一九 クレーン配置状況



写真一〇 クレーン配置状況



写真一一 撤去状況

た。その際の切断は正確な作業が要求された。隙間が確保できず、スムーズに吊上げられない時は、小さなジャッキでジョイント遊間を狭めるなどして隙間を確保する工夫をした。既設鋼桁の撤去状況を写真一〇に示す。

③新設桁の架設

新設桁は、現地での確実な施工のために1主桁を1ブロックとし、横断方向に7ブロック割り（7本主桁）とした。新設桁と既設桁との隙間はわずか15mmであることから、慎重なクレーン操作が要求された。ボルトの締め付けに関しても、締める順番を決めており、それぞれ長さも違うことから慎重な作業が要求された。また橋面上の作業員と桁下の作業員の連携が要求される作業ということもあり、非常に時間を要した作業となったが、無事に全箇所連結化を予定期間内に成功した（図一〇）。

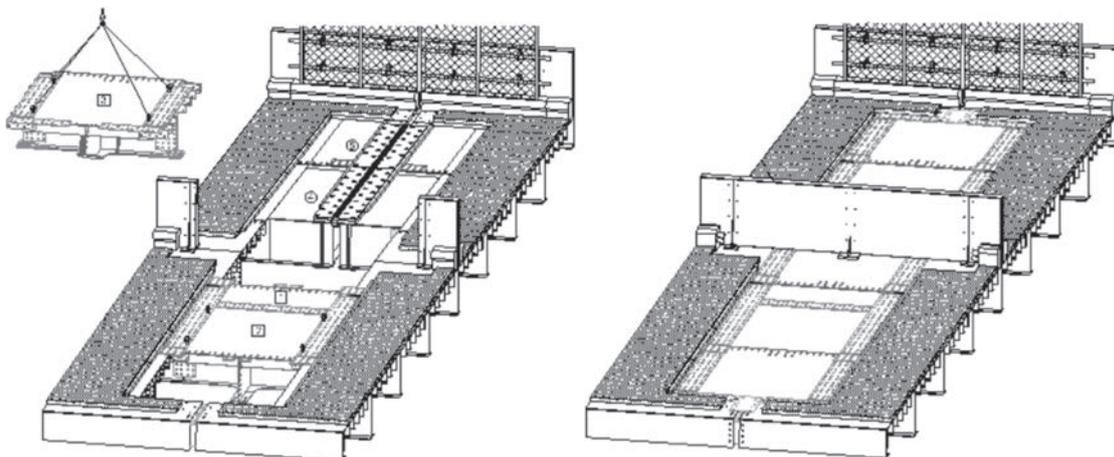
(4) 事後工事

当該橋梁の構造特性から、連続化前より支承反力の



写真一二 調整プレート挿入状況

ばらつきが確認されており、連続化後に死荷重反力が計画通りの数値となるかどうか懸念された。そこで、連続化後に全支点の反力を計測し確認を行った。また、カウンターウエイトを橋梁端部に設置し、その重量を考慮した解析モデルを用いて全支点の影響値を



図一〇 架設図

算出し、その結果をもとに、支承設置高さを調整することにより、反力の調整を行った。高さ調整は、支承とソールプレートの間に調整プレートを挿入により行った（写真-11）。

6. おわりに

阪神高速13号東大阪線の鋼床版I桁橋の連続化によるノージョイント化、2支承線から1支承線化することによる1支承線あたりの死荷重の増加、疲労耐久性の向上を図った支承周り溶接部の構造の改良を含む、抜本的な構造改良の内容を説明するとともに、工事の施工状況とその実施結果をとりまとめた。本報告での工法は、狭隘部における点検困難部位や、支承や伸縮装置の機能低下に伴う損傷が多い等、維持管理上の多くの課題を抱えた部位への健全化を図ることができる工法である。鋼橋においては、現在同様の課題を抱えているケースは少なくなく、長寿命化に対して有効な手段と考えられる。今後の参考事例となれば幸いである。

JICMA

《参考文献》

- 1) 足立, 徳増, 青木, 諸角, 岩崎, 平嶋: 阪神高速道路で発生した鋼床版I桁き裂損傷の補修・補強対策(上)—損傷の概要補修履歴と構造改良方針—, 橋梁と基礎, Vol.46, No.11, pp11-pp16, 2012.11
- 2) 肥田, 足立: 供用中路線の鋼桁き裂損傷に対する抜本的構造改良 [阪神高速13号東大阪線 桁・床版連結化工事事例]
- 3) 徳益, 高井, 葉玉: 阪神高速で発生した鋼床版I桁き裂損傷の補修・補強対策, 高速道路と自動車, Vol.56, pp41-45, 2013.3

【筆者紹介】



葉玉 博文 (はだま ひろふみ)
阪神高速道路(株)
大阪管理部 保全工事課
課長代理



天羽 一貴 (あもう かずき)
三菱重工鉄構エンジニアリング(株)
橋梁事業本部 技術統括部
主事



川村 誠司 (かわむら せいじ)
三菱重工鉄構エンジニアリング(株)
橋梁事業本部 建設統括部 保全部
主事