

中国自動車道大峰橋(下り線)他2橋床版取替工事 — 鋼縦桁のある鋼橋を含む3橋同時の床版取替え工事 —

松島 保博*1・鶴田 義隆*2・中積 健一*3・中島 大樹*4

大峰橋(下り線)他2橋床版取替工事は、中国自動車道の東城ICから庄原IC間に位置する3橋の多径間連続非合成桁(東城ICより、矢居谷橋、大峰橋、青津橋)において塩害劣化したRC床版を、高耐久なプレキャストPC床版に取り替える工事である。

大峰橋は張出し床版に鋼縦桁を有する幅員変化の大きい橋梁であり、プレキャストPC床版は標準版と張出し床版に分割して架設後に一体化する構造とした。また、A2橋台では標準的な延長床版構造が適用できなかったため、セットバックジョイント構造を採用した。矢居谷橋P3橋脚では塩害劣化したRC中空床版橋との掛違い部の伸縮装置取替えを行った。本工事は3橋の床版取替え、延長床版工(大峰橋A2橋台についてはセットバックジョイント工)および矢居谷橋P3橋脚の伸縮装置取替えを1シーズンで実施した。

本稿では、特殊な構造および施工条件下で行った床版取替えの設計・施工の概要について述べる。

キーワード：床版取替え、床版2分割構造、セットバックジョイント、伸縮装置取替え

1. はじめに

大峰橋(下り線)他2橋床版取替工事は、中国自動車道の東城ICから庄原IC間に位置する供用開始から約40年経過している矢居谷橋、大峰橋、青津橋の3橋で行った床版取替え工事である。対象橋梁は、冬期の凍結防止剤散布により既設RC床版の塩分劣化が顕著となったため、高耐久なプレキャストPC床版(以下、PCaPC床版)へ取替えを行った。本工事は、3橋同時にPCaPC床版を工場製作し、対面通行規制期間中に架設する床版取替え工事である。

大峰橋は、平面曲線半径が小さく、緩和曲線区間でもあり、視距確保のため総幅員が11.1mから16.2mと拡幅している。拡幅する径間は、鋼縦桁により張出し床版を支持する構造であり、その鋼縦桁の高さは、主桁と段差のある配置であった。そこで、PCaPC床版は標準部と張出し床版部に分割し、架設後に一体化する構造とした。また、A2桁端部は標準的な延長床版構造が適用できなかったため、セットバックジョイント構造を採用して耐久性確保を図った。

矢居谷橋は床版取替えを行う3径間連続非合成桁橋であり、4径間連続RC中空床版橋と隣接しており、RC中空床版橋にも塩害劣化が生じていた。そこで、掛違いとなる伸縮装置の取替えは、RC中空床版橋の劣化状況を調査した上で、施工方法を検討した。また、ひずみ計による常時モニタリングを実施して安全を確認しながら施工を行った。

本稿では、特殊な構造である大峰橋の床版取替えに関する設計・施工、RC中空床版橋と隣接する矢居谷橋の床版取替えに伴う伸縮装置の取替え、3橋同時に行った床版取替えのクレーン計画概要について述べる。

2. 工事概要

2.1 大峰橋

大峰橋は鋼4径間連続非合成桁橋であり、橋長は182.0mである。横断勾配は-2.675%(A1)から8.000%(A2)まで大きく変化している。また、平面線形が250mと小さいため視距拡幅を行っている。P2-A2間は張出し床版が長く、主桁からのブラケットにより支持された鋼縦桁が張出し床版下側に設置されており、路肩側の鋼縦桁は、ほかの主桁に対して段差のある配置であった。鋼縦桁は、フランジ幅200mm、フランジ厚10mm、ウェブ高500mmであり、主桁と比べて剛性の小さい部材である。大峰橋の床版取替え前の断面図を図-1に示す。

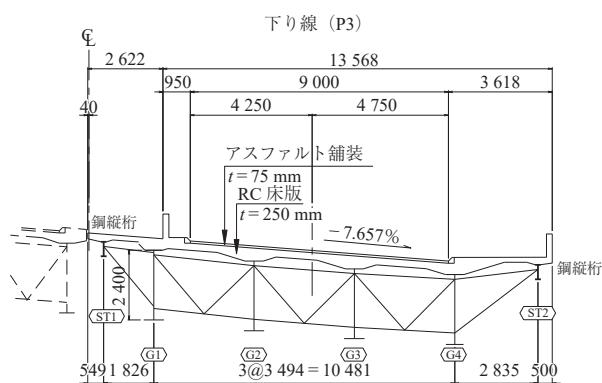


図-1 大峰橋(下り線)床版取替え前断面図

主桁間隔はA1側が3.0mに対しA2側が3.5mであり、P1-P2径間で変化しており、床版の設計より中間床版厚

*1 Yasuhiro MATSUSHIMA：西日本高速道路(株)中国支社 三次高速道路事務所 改築課長

*2 Yoshitaka TSURUTA：西日本高速道路(株)中国支社 三次高速道路事務所 主任

*3 Kenichi NAKATSUMI：三井住友建設(株)土木本部土木設計部 次長

*4 Daiki NAKAJIMA：三井住友建設(株)土木本部土木設計部 主任

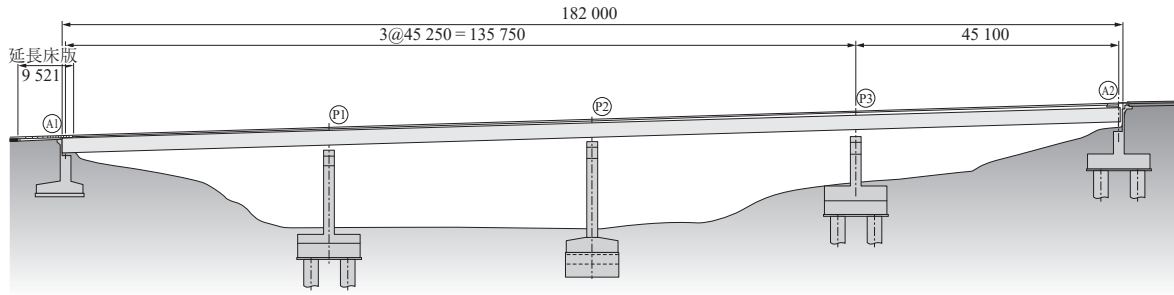


図 - 2 大峰橋（下り線）側面図

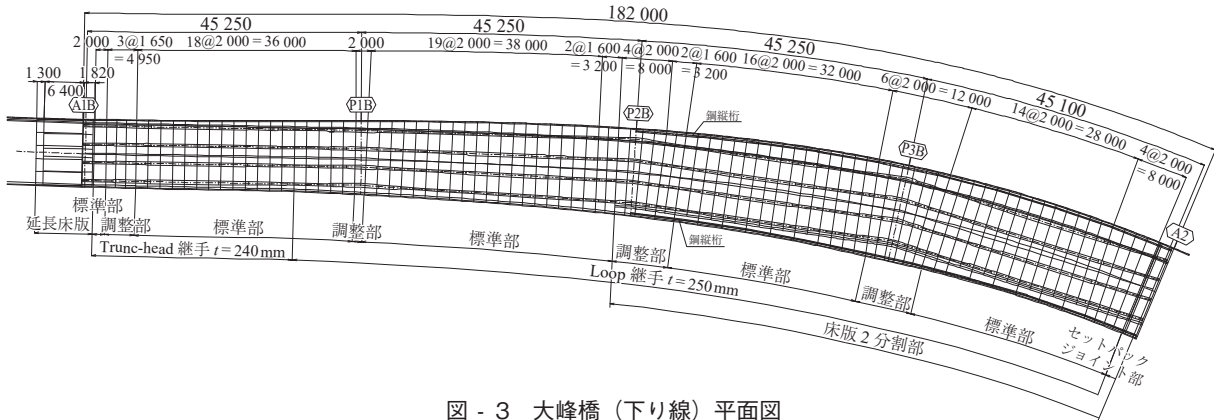


図 - 3 大峰橋（下り線）平面図

が A1～P1 で $t=240$ mm, P1～A2 で $t=250$ mm となった。側面図を図 - 2 に、平面図を図 - 3 に示す。

2.2 矢居谷橋および青津橋

矢居谷橋および青津橋は連続非合成鉄桁橋であり、橋長は矢居谷橋が 108.0m, 青津橋が 113.1m となっている。径間数は異なるが、幅員および橋長は同程度であり、PCaPC 床版枚数は矢居谷橋 54 枚, 青津橋 55 枚である。矢居谷橋の側面図を図 - 4 に、取替え後の断面図を図 - 5 に示す。

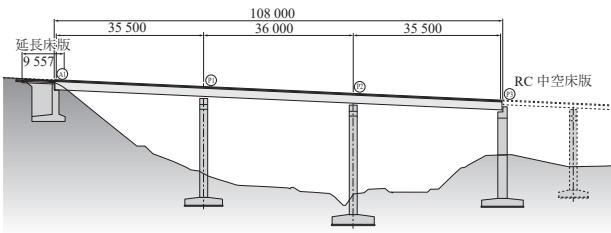


図 - 4 矢居谷橋（下り線）側面図

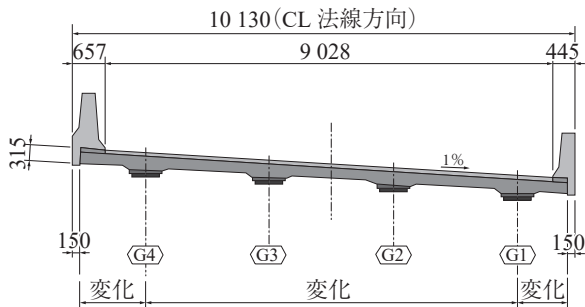


図 - 5 矢居谷橋（下り線）床版取替え後の床版断面図

桁端部の構造は、青津橋 A1, A2, 矢居谷橋 A1 は延長床版構造を採用している。矢居谷橋は P3 橋脚で RC 中空

床版橋と掛違い構造となっており、床版取替えに伴い伸縮装置の取替えを行った。

3. 大峰橋の床版取替え後の構造

3.1 床版 2 分割断面構造の採用

鋼縦桁の劣化状況を調査したところ、上フランジの一部に錆があるものの、減肉していないことから、鋼縦桁の撤去・取替えは行わない方針とした。

(1) 上り線との高さ関係について

下り線中分側には、上り線の視距を確保するスペース（地覆）が設けられており、G1 鋼桁上に壁高欄がある構造となっている。このため、衝突時には上り線から下り線へ車両が進入することから、下り線の橋面高は上り線に対して極端に高くなることを避ける必要がある。しかし、路肩側の鋼縦桁は他の主桁に対して高く設置されているため、1 枚構造の PCaPC 床版とすると、下り線の計画高は上り線に対して 330 mm 程度高くなり合理的ではない。

(2) 工程について

路肩側の鋼縦桁の高さを 4 主桁と同一線上にそろえるためには、ブラケットも含めたおおがかりな改造が必要となる。ブラケットは構造上、対傾構設置箇所には既設ブラケットが設置されているため、鋼縦桁の取替えは床版取替えと同時にすることとなる。しかし、対面通行規制期間中に床版、鋼縦桁およびブラケットの取替えを同時に行うことは工程的に困難である。

以上より、既設鋼縦桁は存置して活用することとし、取替え後の床版構造は、路肩側の鋼縦桁の高さに制約されない床版 2 分割構造を採用することとした。接合部は、耐荷力および耐久性の低下につながらないように、部材厚が大

きいG4主桁上のハンチ部に設けた。また、張出し床版部は、建設時と同様の地覆構造とした。大峰橋 P2 - A2 間の床版2分割構造を図 - 6 に示す。

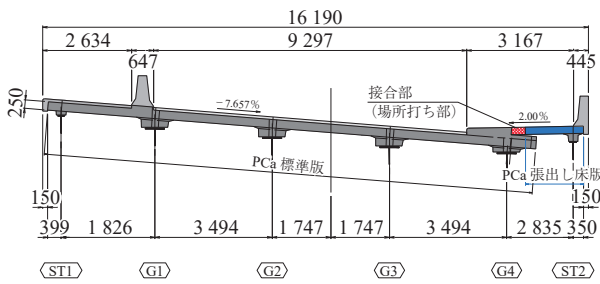


図 - 6 大峰橋(下り線)床版取替後の床版断面図(2分割構造)

3.2 床版2分割部における床版接合構造

床版2分割部の接合部および張出し床版部は、張出し床版がブラケットにより支持される構造であることから、3次元FEM解析を用いて検討を行った。張出し床版に作用する活荷重としては、地覆上に車両が乗り上げたときを想定し、T荷重を1組載荷した。検討の結果、床版2分割構造の接合部は、上面ひび割れ幅の照査において0.0035c(c:かぶり)を満足することから、工場製作時の施工性を考慮してRC構造とした。張出し床版は、G4主桁とST2鋼縦桁の床版支間が2.3mを超える区間はプレテンによるPC構造、2.3m以下の区間ではRC構造とした。接合部の配筋概要図を図 - 7 に示す。

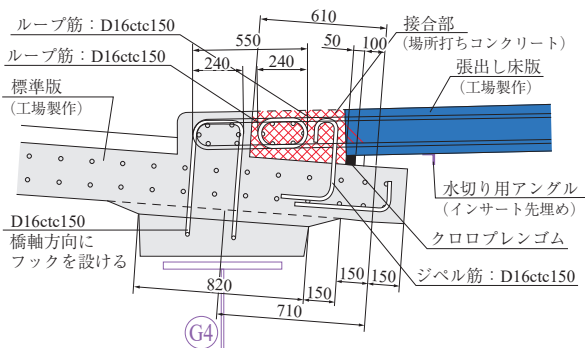


図 - 7 接合部の配筋概要図

PCa張出し床版は、橋軸直角方向には標準版とG4鋼桁上で接合し、橋軸方向もPCa張出し床版同士を接合する2方向継手構造となる。この2方向の接合部は、施工性を考慮した上で、張出し床版厚が最も小さくなるように、橋軸直角方向はループ継手、橋軸方向はTrunc-head継手¹⁾とした。PCa張出し床版の接合構造概要を図 - 8 に示す。また、現場における張出し床版の架設状況を写真 - 1 に示す。

3.3 標準版同士の接合

標準版同士の接合構造は、床版継手構造の適用床版支間と最小床版厚を踏まえ、極力上部工重量の増加量が大きくならないように、床版支間3.0mの区間と3.0m以上の区間で使い分けた。床版支間3.0mの区間はTrunc-head継手を、3.0m以上の区間はループ継手(アゴ付)を採用した。標準版の架設状況を写真 - 2 に示す。

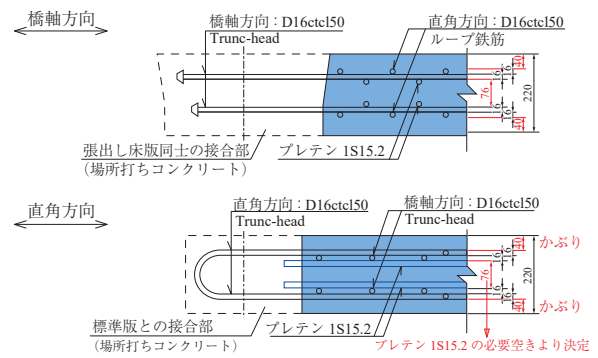


図 - 8 PCa張出し床版の接合部構造概要



写真 - 1 張出し床版架設状況



写真 - 2 PCaPC床版の架設状況

3.4 A2桁端部でのセットバックジョイント構造の採用

橋梁の耐久性向上を図るうえで、桁端部の耐久性確保は重要であり、その対策のひとつとして、桁端部および橋座面に橋面排水が流入するリスクが小さくなる延長床版構造で計画されていた。A2桁端部は、路肩側の鋼縦桁が鋼主桁に対して段差のある断面構造であるため、標準的な延長床版構造が適用できない。そこで、雨水が橋座面に流入しないセットバックジョイント構造を採用した。セットバックジョイント部の床版もプレキャスト化し、工程の短縮と高品質化を図った。本工事で採用したA2桁端部のセットバックジョイント構造概要図を図 - 9 に示す。

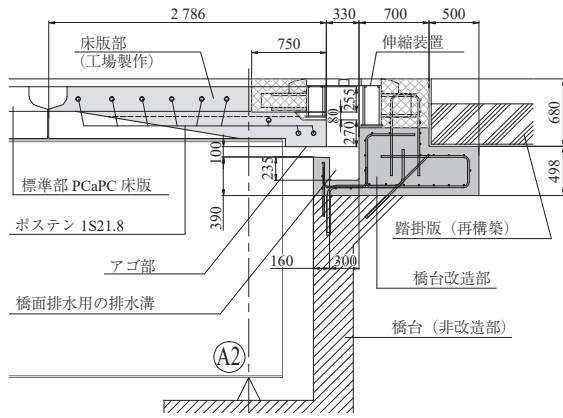


図 - 9 A2 端部のセットバックジョイント構造概要図

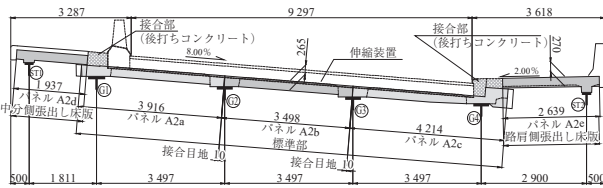


図 - 10 A2 端部床版断面図 (PCa 割付図)

端部床版は運搬を考慮して5分割とし、接合目地は輪荷重に対する耐久性および施工性を考慮して主桁上に設けた。車道部の伸縮装置は3パネルに跨いで設置され、床版端部には伸縮装置を設置するための張出しを設けた。A2 端部床版断面図 (PCa 割付図) を図 - 10 に示す。

標準部は橋軸直角方向に配置したポストテン鋼材 1S21.8 によりパネル同士を一体化し、後打ちコンクリート部以外の接合目地はフルプレストレスとした。また、床版に効率よくプレストレスを導入するため、床版と主桁スタッドを高さ調整モルタルにて接合する前に緊張する手順としている。必要鋼材量は、対象部位が桁端部であることから、3次元 FEM 解析により発生応力を算出し、決定した。

橋台は、橋座面に橋面排水が流入しないよう、既設橋台のバラベットの改変し排水溝を設けた。排水勾配は床版の横断勾配と同じ中分側から路肩側へ 8.0% とした。耐久性確保のため、排水溝も含めた橋台改変部には防水工を施した。A2 端部版の架設状況を写真 - 3、セットバックジョイント排水溝を写真 - 4 に示す。なお、鋼縦桁がなく段差構造でない A1 桁端部は延長床版構造を採用した。

3.5 鋼縦桁の既設張出し床版引き剥がし

本橋の鋼縦桁は、G1～G4 主桁に対して剛性が小さく、床版引き剥がしによる上向きの荷重をブラケットが負担するが、その耐力も小さいことが懸念された。

そこで、既設の床版のずれ止め筋および床版配筋を再現した実物大試験を行うことで、既設床版の引き剥がし方法および必要な引き剥がし力を検討した。試験の結果、ずれ止め筋を撤去しない場合、引き剥がし時にブラケットに作用する上向きの荷重によりブラケット上弦材の圧縮力が保有耐力以上となることが分かった。そのため、鋼縦桁のず

れ止め筋は、既設床版のコア削孔により、あらかじめ撤去した後に床版の引き剥がしを行うこととした。張出し床版部の撤去状況を写真 - 5 に示す。



写真 - 3 A2 端部版の架設状況



写真 - 4 セットバックジョイント排水溝



写真 - 5 張出し床版撤去状況

4. 矢居谷橋 P3 橋脚掛違い部の伸縮装置取替え

4.1 概要

矢居谷橋は床版取替えを行う3径間連続非合成钣桁橋 (A1～P3) が4径間連続 RC 中空床版橋 (P3～A2) と隣

接しており、P3 橋脚において掛違い構造となっている。本工事では、P3 橋脚掛違い部の伸縮装置（鋼製フィンガージョイント）の取替えを行った。隣接する中空床版は、桁高 1.050 m、主版幅 7.75 m、端支点横桁の橋軸方向幅は約 1.5 m で 2 点支承である。伸縮装置取替え前後の側面図を図 - 11 に示す。

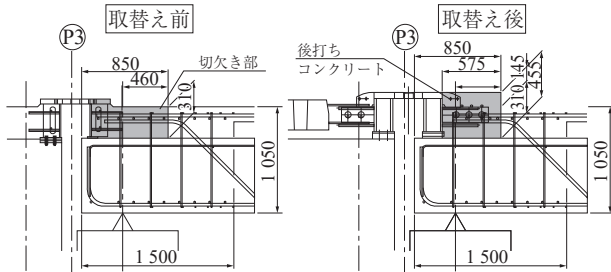


図 - 11 伸縮装置取替え前後側面図

4.2 施工手順と問題点

伸縮装置取替えの手順は、① 既設伸縮装置周りのコンクリート撤去（既設床版の鉄筋はウォータージェットにより、はつり出して再利用）、② 既設伸縮装置撤去、③ 新設伸縮装置設置、④ 後打ちコンクリート部の鉄筋組立て、⑤ 後打ちコンクリート打設、となる。

既設伸縮装置撤去から伸縮装置取替えまでは、伸縮装置撤去範囲のコンクリートを切り欠く必要があるため、端支点横桁としての抵抗断面が減少し、施工時の安全性の確保が課題となった。また、切欠き部のコンクリート内に配置していた床版の橋軸直角方向鉄筋を撤去するため、後打ちコンクリート打設前の死荷重時や設計荷重時における橋軸直角方向曲げモーメントに対して、鉄筋量が不足し、許容値を満足しなくなることが懸念された。これら 2 つの問題点の対策として、端支点横桁部を橋座面よりジャッキアップし、さらに、仮支点を設けることとした。

ジャッキアップは、切欠き時の端支点横桁上縁の橋軸直角方向の引張力を低減するように行った。具体的には、支承上側に橋軸直角方向の圧縮力が作用するよう、支承ライン上の支承外側でジャッキアップすることとした。また、支承間にはジャッキアップによる横桁下縁の引張力を低減するよう仮支点を設けた。ジャッキアップを行っている期間は、横桁部の既設床版橋軸直角方向鉄筋の死荷重負担量が小さくなるように、切欠きコンクリートの撤去前から後打ちコンクリート打設後までとした。

ジャッキアップ量は、切欠き部コンクリート撤去後のクレーン載荷時、伸縮装置取替え完了後の死荷重時および設計荷重時に各部材が許容応力度を満足する値とした。ジャッキは、主桁下縁と橋座面との遊間が小さいことから、フラットジャッキを使用した。ジャッキアップ位置およびジャッキアップ時の横桁の曲げモーメントを図 - 12 に示す。

なお、後打ちコンクリート部の耐久性向上を図るため、既設床版の鉄筋には防錆処理を行い、既設コンクリートと後打ちコンクリートの界面はマクロセル腐食防止工を施工した。また、伸縮装置周りの新設鉄筋はエポキシ樹脂鉄筋

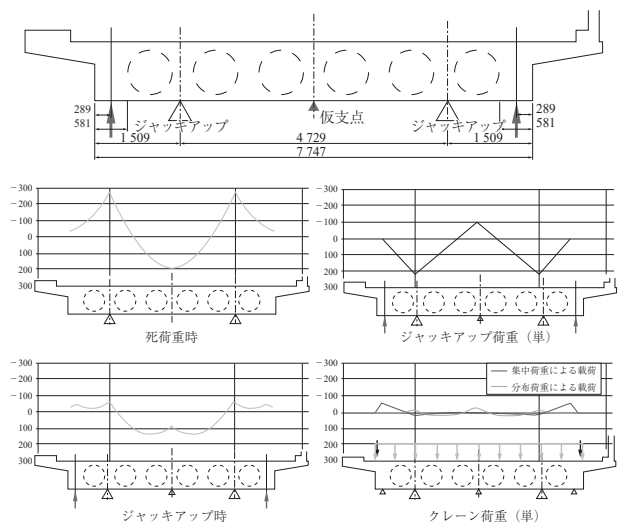


図 - 12 ジャッキアップ位置と曲げモーメント図

を用いた。

4.3 中空床版橋の劣化状況と施工手順への反映

中空床版橋の主桁下縁には塩害劣化が見られた。橋面排水が伸縮装置部より主桁端部に流入し、縦断勾配の低い中空床版橋にその水がたまったと考えられ、横断勾配の低い路肩側は、かぶりコンクリートが剥落し、スターラップおよび主筋が露出している状態であった（写真 - 6）。劣化状況を正確に把握するため詳細調査を行なった。



写真 - 6 RC 中空床版橋の劣化状況

調査の結果、主桁下縁のコンクリートは最大で 100 mm、平均して 65 mm の深さまで変状がみられた。円筒型枠位置は最大で 50 mm 程度の誤差はあったが、おおむね建設時の図面位置であった。測定位置での中性化深さはすべて最小かぶり深さに到達していなかった。調査結果を踏まえ、劣化部の部材厚を控除した抵抗断面にて検討し、施工時の安全性を確認した。

4.4 施工時の安全対策

伸縮装置取替え時に RC 中空床版が万が一落橋した際のフェールセーフとして、橋脚にコンクリート製ブラケットを設置して施工時の安全性を確保した。ブラケット上にはコンパクトロックジャッキを設置して主桁とタッチさせてから施工を行った。このコンクリート製ブラケットは、縁端幅としても利用できる寸法とし、施工後も存置した。

また、中空床版橋の挙動を把握しながら安全に施工を行

えるよう、以下の3種類の常時モニタリングを実施しながら伸縮装置の取替えを行った。①コンパクトロックジャッキ上の鋼材の鉛直方向ひずみ（ひずみ計）②主桁の橋座面でのたわみ（変位計）③端支点横桁上縁の橋軸直角方向応力状態の把握（コンクリートひずみ計）。橋座全面での主桁のたわみ計測では、管理基準値を10mmとし、計測値が超えた場合に担当者へ警報メールが送付されるシステムとした（図-13）。管理基準値は、切欠き部およびジャッキアップをモデル化した3次元FEM解析の結果を参考に決定した。なお、伸縮装置取替え時に基準値以上の値は計測されなかった。

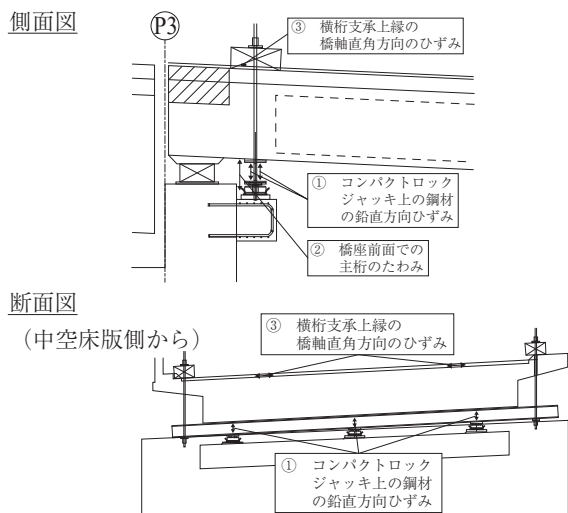


図-13 フェールセーフおよびモニタリング

5. 3橋同時施工の概要

本工事では、床版取替えを行う橋梁が3橋に対して、交通規制工を2区間で行った。昼夜連続対面通行規制期間は平成29年6月上旬より平成29年11月中旬であり、その期間内に3橋の床版取替え工、延長床版工（大峰橋A2橋台はセットバックジョイント工）、矢居谷橋P3橋脚上の伸縮装置の取替え、床版防水工、舗装工（別工事）を行った。

3橋の床版取替え工事を同時に進めるうえで、3橋全体の施工量を考慮して資機材の運用を計画した。本章では、床版取替えに使用する大型の油圧式クレーンの使用概要について述べる。

5.1 大峰橋

大峰橋のPCaPC床版枚数はほかの2橋の約2倍であること、A2橋台セットバックジョイントのPCa端部床版は運搬の制約で5枚に分割したことから施工手順が多くなり、3橋のなかでも大峰橋の施工工程を短縮することが重要であった。したがって、大峰橋床版取替えで使用するクレーンは2台として、セットバックジョイントの施工量を考慮し、A2側の床版取替え枚数が少なくなるよう計画し、

実施した。

5.2 矢居谷橋

矢居谷橋は交通規制区間が1橋を対象としたものであったため、床版取替えの工程短縮が、交通規制工自体の工程短縮につながることから、クレーンを2台使用して床版取替えを行うことが望ましかった。しかし、P3橋台側のクレーンを中空床版橋上に設置することとなり、クレーン荷重による中空床版橋の損傷が懸念された。そこで、矢居谷橋の使用クレーンは1台とし、中空床版橋にクレーンを設置しないように、P3からA1側に施工を行った。

5.3 青津橋

青津橋は、大峰橋と同じ交通規制区間であり、大峰橋が工程上クリティカルパスとなっていたため、床版取替え用クレーンは1台とした。また、A2側の延長床版工を行う際に、大峰橋A1の床版取替え用クレーンが規制区間内で移動できることから、そのクレーンの転用時期を考慮して、施工方向はA2からA1側とした。

5.4 延長床版工で使用するクレーン

延長床版工において、底版パネル、延長床版パネルの設置に油圧式クレーンが必要となる。これらのパネルを設置する前に土工事があるため、床版取替えから約1カ月のクレーン未使用期間が生じる。延長床版パネルの揚重に必要なクレーンの能力は、床版取替えより小さい100t吊りクレーンであったため、床版取替えで使用したクレーンは返却し、延長床版施工時に新たにクレーンを搬入した。延長床版で使用したクレーンは青津橋A2を除く、矢居谷橋A1、青津橋A1、大峰橋A1でクレーンの転用を行った。

6. おわりに

本工事は、主桁と高さの異なる鋼縦桁を有する大峰橋に対して、プレキャスト床版を2分割して支点上で接合する構造を採用し、既設鋼縦桁を活用した床版取替えを行った。また、標準的な延長床版構造が適用できなかった大峰橋A2桁端部に床版取替え工事では初めてセットバックジョイント構造を採用した。

矢居谷橋では、塩害劣化の顕著なRC中空床版橋との掛違い部の伸縮装置取替えを実施した。本工事は、平成30年5月に竣工を迎えた。本報告が、同種工事の参考となれば幸いである。

参考文献

- 1) 三加ら：端部拡張鉄筋を用いたプレキャストPC床版継手の開発，第26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2017.10，pp.199-204
- 2) 鈴鹿ら：高耐久化を目指した床版取替え（中国自動車道 大峰橋（下り線）），第27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2018.11，pp.45-48

【2019年3月12日受付】