

R C 床版の取替え事例

新日本技研株式会社 ○ 呉 正林

新日本技研株式会社 和泉 潔

国土交通省 中国地方整備局 岡山国道事務所管理第二課長 黒川 英知

論文要旨

昭和 41 年に建設された一般国道 53 号の檜大橋は、竣工後 27 年を経過した平成 5 年、RC 床版の劣化損傷対策として、IS パネル工法（別名：アンダーデッキパネル工法）¹⁾ による床版補強が行われた。しかし、その後 14 年余りの間に RC 床版の劣化が進行し、コンクリートの瓦礫化や鉄筋腐食などによって床版の連続性が失われ、床版の剛性低下及び耐荷力不足を引き起こした。そのため、床版補修工事を繰返し行う事態となり、橋梁の維持管理及び現道交通に対して大きな支障となっていた。

本文では、IS パネル工法により補強された RC 床版の再劣化原因を究明するとともに、B 活荷重に対する主桁補強も兼ね、現道交通を確保しながら既設床版を鋼床版に取替えた対策事例を報告するものである。

キーワード：補修・補強設計、B 活荷重、RC 床版、鋼床版、施工計画

1. まえがき

近年、経済発展に伴う交通量の増大及び車両の大型化により、輪荷重を直接支える既設橋梁の床版は過酷な条件下にさらされている。過積載車両の走行及び荷重の繰返しによる疲労の影響は、床版の劣化損傷を加速し、床版のひびわれ、鉄筋腐食、漏水、床版コンクリートの陥没・落下などを生じさせる。これにより、車両通行に支障をきたし、利用者及び第三者に被害をもたらす危険性を抱えている。

床版の損傷が比較的軽微な場合、ひび割れ注入、炭素繊維シート、鋼板の接着、部分打ち換えなどの対策が有効であるが、激しい損傷を受けている床版に対しては、長期的な効果が期待できない場合がある。この場合は、既設床版の取替えなどの対策が求められる。しかし、現行の設計基

準を満足する床版取替えを行うためには、床版の増厚に伴う死荷重の増加、主桁の補強、施工時の交通規制、迂回路の確保など多くの課題があり、多大な費用を要する。本橋では、これらの問題の解決を念頭に置き、B 活荷重への対応も考慮して既設 RC 床版を鋼床版に取替えた。

2. 橋梁概要

檜大橋は、岡山県津山市において二級河川加茂川を渡河する橋長 125.0m の道路橋である。建設当初は鋼 3 径間連続非合成鉸桁橋（既設部）部分のみであったが、その後、終点側に PC 単純プレテン T 桁（L=12.5m）が建設され、下流側には歩道橋、上流側に拡幅橋が別橋として追加された。その概要を図-1～2 に示す。

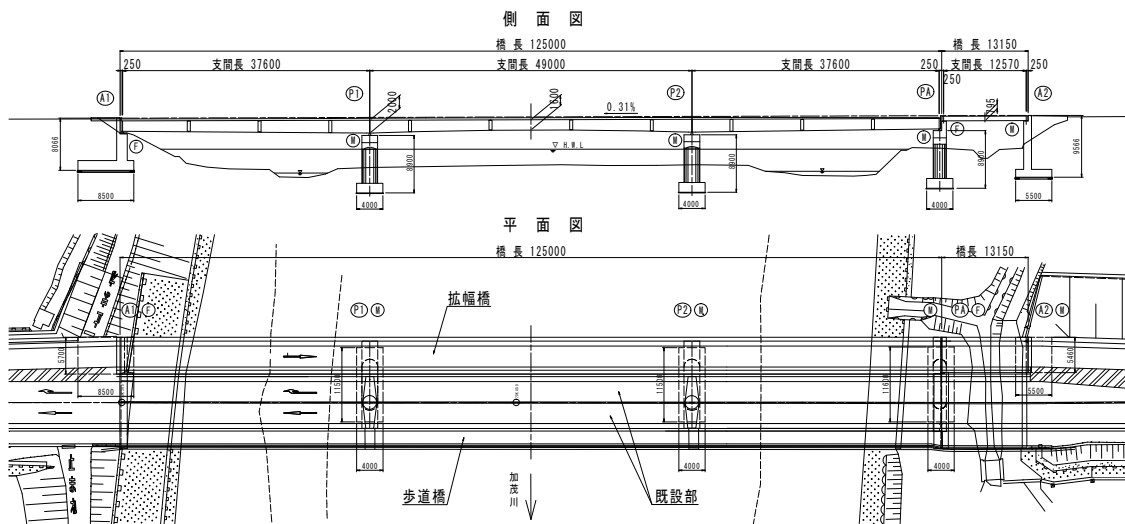


図-1 橋梁一般図

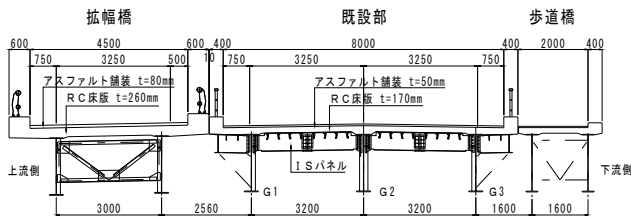


図-2 橋梁横断面図

既設部は、昭和 39 年鋼道路橋設計示方書に基づいて設計されており、設計活荷重は“TL-20”である。

また、平成 5 年には、既設部に対して I S パネル工法による RC 床版の補強が施工された。

3. RC 床版の健全度評価

(1) 損傷状況

檜大橋の RC 床版の劣化損傷状況を把握するため、過去の点検結果及び補修記録を確認し、近接目視調査を行った。調査結果をまとめると、以下のようである。

RC 床版の劣化損傷に伴い、写真-1, 2 に示すようにアスファルト舗装のひび割れ、ポットホールが多数見られ、一部の路面に白色のセメント成分が滲出していた。過去の補修履歴をみると、このような損傷は頻繁に発生しており、繰り返し補修工事が行われていた。

床版下面には、漏水、遊離石灰、鉄筋腐食による錆汁などが見られる。また、漏水による I S パネル及び主桁上フランジの鋼材腐食も多く発生している。

近年、本橋に対して行なわれた補修工事におけるアスファルト舗装撤去後の RC 床版の状況を写真-3, 4 に示す。床版コンクリートの上面 7~8cm は瓦礫化し、I S パネル上に滞水しており、腐食による鉄筋断面の減少が見られる。これにより、コンクリートと鉄筋との付着力は失われ、床版構造の連続性が失われている。このような激しい損傷を受けている床版においては、床版の剛性低下、変形の増大、振動の発生により、耐荷力不足に至っていると推測され、床版の安全性能及び使用性能は大きく低下していると判断される。

(2) 損傷要因

本橋 RC 床版の損傷要因として以下の点が挙げられる。

①本橋 RC 床版は“昭和 42 年の道路局長通達”²⁾ 以前の設計であり、床版厚は薄く、主鉄筋に比べて配力鉄筋が極めて少ない。このため、交通量の増大と通行車両の大型化により損傷を生じやすい構造である。

②路面の縦断勾配は 0.3% 程度と小さく、また床版下面に鋼板が接着されていることから、床版コンクリートのひび割れ中に浸透した水分は接着鋼板上面に滞留しやすい状況にある。コンクリート中に水分が滞留した状態で輪荷



写真-1 舗装路面の変状



写真-2 舗装路面のポットホール



写真-3 舗装撤去後の状況



写真-4 床版内の滞水状況

重の繰返し作用を受けると、コンクリートひび割れ面の磨耗が促進されると共に、ひび割れ内部の滞留水は高压状態になり、コンクリート内のセメント分が白色液状物として滲出する。これにより、RC 床版は瓦礫化して連続性を失い、更に I S パネルとの合成効果もなくなり、疲労耐荷力

が著しく低下することになる。

③ I S パネルによる補強の施工に際して、当時既に発生していた R C 床版のひび割れに対する補修対策及び確実な防水措置がなされていなかったため、補強後 14 年にわたって床版の劣化は更に進行したものと考えられる。

④ I S パネル（リブ付き鋼板）は、構造上橋軸方向の曲げ剛性に比べて橋軸直角方向の曲げ剛性が小さい部分がある。R C 床版においては、その逆に橋軸直角方向の配筋量が多く、支間が短い橋軸直角方向の剛性が高い。したがって、活荷重によるたわみ性状が異なることから、十分な補強効果が得られなかったと推測される。

以上の原因で、本橋の R C 床版は、I S パネル工法による補強が行われているにもかかわらず、その後 14 年を経過する間に、床版の劣化が更に進行したものとする。

（3）健全度評価

本橋の R C 床版の劣化に関して、「コンクリート標準示方書 維持管理編」に記載されている鉄筋コンクリート床版の“劣化過程の定義”及び“外観上のグレードと標準的な性能低下の定義”³⁾に従うと、安全性能に対してはひび割れの貫通、雨水の浸透、鋼材腐食、使用性能に対しては路面の亀裂・陥没などが引き起こされているため、R C 床版の劣化過程としては“状態Ⅳ（劣化期）”に至っていると評価した。

劣化期の床版への対応策として補修、供用制限、取替えなどがあるが、本橋の床版においては、既に版としての連続性が失われた状態であり、部分的な補修（部分的なコンクリート打替え）を行ったとしても、新旧コンクリート部分が版として一体に働くような状態は期待できない。したがって、再度同様な損傷が発生する可能性が高い。この点は近年頻繁に行われている補修状況からも明らかである。

また、本橋床版の損傷範囲が大きく、床版の強度・剛性、安全性能、使用性能が大きく低下しており、床版の損傷による漏水は主構造鋼材の腐食にも影響を及ぼしている。

そのため、本橋のような劣化損傷の著しい床版に対して、部分的な補修を行っても、床版の安全性能、使用性能、耐久性および維持管理性の回復が期待できないと判断し、全面的に取替えることとした。

4. 床版取替え工法検討

既設橋の設計荷重は“TL-20”であるが、以下の理由により B 活荷重を考慮することとした。

① 上流側の拡幅橋は“B 活荷重”で設計されており、これと同じ供用状態となるため、耐力レベルは合わせるべきであると考えた。

② 床版を全面的に更新するため、設計基準としては最新の基準を適用するのが適切であると考えた。

本橋床版の取替え工法選定においては、下記に配慮し、経済性のみならず施工性、工期、今後の維持管理などについて比較検討を行った。

- ・ 既設上下部構造への影響（補強の必要性の有無）
- ・ 路面高への影響（路面の高上げ量）
- ・ 施工時の現道交通及び河川への影響

比較工法としては、信頼性及び既往の実績を考慮して下記の 4 案を抽出した。

① 鋼床版への取替え案

既設 R C 床版及び I S パネルを撤去し、既設鋼主桁上に鋼床版を取付ける案である。鋼床版は取替え用床版として採用された実績もあり、支持桁への取付けなどにおける現場溶接の扱いに注意を要する他は、設計・施工上の問題は比較的少ない。鋼床版は軽量で主桁の補強も兼ねるため、B 活荷重に対して既設桁の補強は不要となる。（死荷重は 10% 程度軽減される）。

② I 形鋼格子床版（グレーチング床版）への取替え案

既設 R C 床版及び I S パネルを撤去し、既設鋼主桁上に I 形鋼格子床版を取付ける案である。新設橋の床版としてよく用いられているが、急速施工の利点を利用し、取替え用床版としての実績もある。

既設主桁との合成桁構造とすれば、既設主桁の補強が小規模で済むが、連続桁では中間支点上の R C 床版に大きな引張力が発生するため、床版の耐久性が懸念される。（死荷重は 10% 程度増加する）。

③ R C 床版打ち替え案

I S パネルは型枠として利用し、R C 床版を打替え、打替え床版は I S パネルと一体となって、荷重を負担させる案である。既設と同様な構造であり、現場施工における問題は少ないが、最小床版厚を満足する必要があるため、死荷重の増加が大きく、既設主桁の補強が大規模になる。（死荷重は 20% 程度増加する）。

④ プレキャスト合成床版への取替え案

既設 R C 床版及び I S パネルを撤去し、既設鋼主桁上に工場製作したプレキャスト床版パネルを設置する案である。近年、急速施工床版として取替え用に採用された事例が増えている。

既設主桁との合成桁構造とすれば、既設主桁の補強が小規模で済むが、連続桁であることや、パネル間の継手部が弱点となることにより、耐久性が懸念される。（死荷重は 10% 程度増加する）。

その他、現行設計基準に定められている床版厚を満足する R C 床版への打替え検討も行った。しかし、他案と比較して死荷重の増加が最も大きく、既設主桁の補強が大規模となり、支承の取替えも避けられないため、不採用とした。

以上の 4 案について、構造的（荷重増加による既設主桁

への影響を含む)、経済性、施工性、工期などの観点から検討を行った結果、“鋼床版への取替え案”を採用した。

5. 構造設計

本橋のRC床版を鋼床版に取替えるにあたり、以下の条件を満足する必要がある。

- ・3本の既設鋼主桁をそのまま活用すること
- ・路面の嵩上げはプレテンT桁部も対応可能なこと
- ・施工中、取替え部も常時1車線の交通を確保すること

(1) 新設鋼床版の構造形式

既設RC床版は撤去するが、既設主桁をそのまま利用して新規に鋼床版を取付ける。鋼床版と既設主桁との結合構造として、下記の2案を検討した。

- ①既設主桁上フランジ上に鋼床版横リブを載せる構造
- ②鋼床版横リブの一部を切欠き、既設主桁腹板に現場溶接した仕口と連結する構造(図-3)

第①案の特徴は、路面高の嵩上げ量が大きくなるが、鋼床版の製作、取付けの施工性がよい。

第②案の特徴は、路面の嵩上げは構造上必要な最小量ですむが、鋼床版の製作、取付けの施工性は第①案より劣る。

橋梁前後は道路改修済みであり、路面の嵩上げによるプレテンT桁部への影響などを配慮した結果、道路縦断線形の変化量が小さい第②案を採用した。これに伴い、鋼床版を取替えた後の路面高は、現況より222mm嵩上げすることとなった。

(2) 構造詳細

新設鋼床版各部の構造詳細及び特徴を記す。

1) デッキプレート

現行道路橋示方書に示される式で照査した結果、車道部分としての最小板厚(12mm)を採用した⁴⁾。

2) 縦リブ

以下の理由により閉リブ(U-リブ)形式を採用した。

- ・鋼床版に取替えることにより、既設主桁の補強を不要とする(B活荷重対応)ことを考えると、大きい剛性を持つ構造が望ましい。
- ・開リブより縦リブ支間長が大きくとれるため、横リブ本数を少なくできる。これにより、現場での施工性が向上する。

・板厚が薄いため、デッキプレートへの取り付けはすみ肉溶接となり、開リブと比較して溶接量が半減する。

3) 横リブ

横リブ間隔は、縦リブ断面により2.3m程度を最大間隔とし、既設主桁の垂直補剛材及び現場継手位置との干渉を避けるように配置した。

4) 縦桁

既設主桁と鋼床版を結合する部材として既設主桁の直

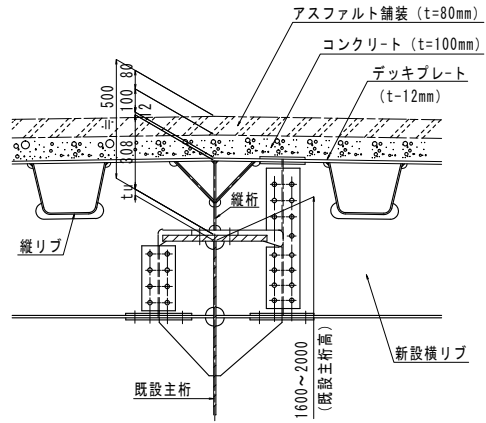


図-3 鋼床版構造図

上に縦桁を設けた。路面の嵩上げ量を抑えるため、取付け構造上必要な最小桁高として外桁上250mmとし、中桁上は路面の横断勾配を考慮して298mmとした。

5) ブロック割

常時1車線の通行を確保するため、分割施工とする。そのため、横断方向の分割位置は、中桁近傍位置に1箇所設ける必要がある。残りのブロック幅は、高床式セミトレーラ輸送を想定して2.5m以下となるように4ブロック分割とした(図-4)。ブロック長は輸送長、架設時ブロック質量を考慮して最大13.37mとした。

6) 鋼床版上のコンクリート層

鋼床版に取替えるに際して、以下の理由により鋼床版上面にコンクリート層を設置することとした。

- ・近年、鋼床版の疲労損傷が顕在化しており、その主な損傷要因であるデッキプレートの剛性不足を補い、応力集中を緩和する。
 - ・冬季の路面凍結、夏季のアスファルト舗装の流動化の問題に対して有効である。
 - ・デッキプレートの現場継手に高力ボルトを用いても、舗装に悪影響を及ぼさない。高力ボルト接合は現場溶接接合より工期短縮が図れる。
 - ・RC床版と同様のアスファルト舗装が適用できる。
- 通常、死荷重の増加を極力抑えるため、鋼床版の疲労対策として耐摩耗性の高い鋼繊維コンクリートを用いてアスファルト舗装を省略しているが、本橋では、以下の理由により、鋼床版上面に打設するコンクリートは普通コンクリートを用いた。
- ・大型車の交通量は少なく、縦横断勾配は緩やかであり、特に耐摩耗性を配慮する必要はない。
 - ・入手が容易で安価な材料、一般的な施工法を使用することが望ましい。

・鋼床版に取替えることで軽量化が図れ、既設主桁断面は鋼床版によって補強されるため、コンクリート層設置に伴う死荷重の増加は応力上の問題とならない。

・普通コンクリートを使用しても要求性能は満足され、耐久性に問題はない。昭和 63 年に施工された国道 9 号田儀跨線橋の実例によっても確認されている。

鋼床版上に設置するコンクリート層は耐荷力を期待する構造部材ではないため、鋼床版とコンクリート層との場合には、細径のスタッドジベルを配置し、非合成鉄桁におけるスラブアンカー程度の拘束とした。よって、最小寸法のスタッドジベル（φ13mm×70mm）を使用し、RC床版としての最小かぶりが確保できるコンクリート層厚（100mm）とした。また、コンクリート表面にはひび割れ防止対策として網鉄筋を配置することとした。

本橋の鋼床版構造概略を図-4に示す。

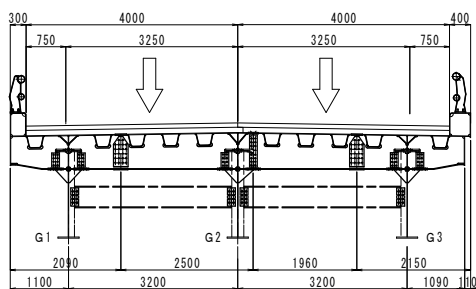


図-4 新設鋼床版構造概略図

(3) 鋼床版構造の設計

既設主桁上フランジ上に取付けた縦桁と、これに直交する横リブで支持される鋼床版の設計は、床組み作用及び床組みと主桁との合成作用を考慮した。

鋼床版への取替えは、交通の切り回しを伴う段階施工となるため、各施工段階において構造系（主桁の剛性）が異なり、各桁の荷重分担も変化する。したがって、既設主桁の最終的な応力度の算定は、各施工段階における断面力と応力度の変動を算定し、現況の応力度から順次変動分の応力度を加算して行った。

各施工段階毎の荷重変動分及び構造系は、表-1のように整理される。各施工段階図を図-5に示す。

一連の解析、照査を行った結果、鋼床版への取替えが完了すれば、B活荷重を載荷した状態においても既設主桁に生じる応力度は許容応力度以下に納まり、既設主桁の補強及び支承の取替えは必要ない。

6. 現道交通を確保した取替え施工計画

(1) 基本施工計画

本橋の床版取替え時の施工条件として、工事期間中において常時2車線の通行を確保する必要があった。

現況の供用状態は、上流側の拡幅橋を下り線（1車線）とし、既設部を上り線（1車線）及び右折レーンとして利用されている。（図-1平面図を参照）

施工時において、上流側の拡幅橋で常に1車線は確保で

表-1 各施工段階毎の荷重と構造系

施工段階	死荷重	活荷重	構造系
現状	アスファルト舗装t=50mm	TL-20	既設桁のみ (格子モデル-1)
	RC床版t=170mm		
	既設鋼重(横桁、対傾構を除く)		
	ISパネル鋼重		
Step-1	仮設横桁の設置 下流側地覆・防護柵撤去	TL-20 (下流側のみ)	既設桁 + 上流側鋼床版 (格子モデル-2)
Step-2	中央部 仮設防護柵設置 上流側防護柵撤去		
	上流側舗装、床版、ISパネル撤去		
Step-3	上流側(G1~G2間)鋼床版取付け 上流側鋼床版上コンクリート打設(t=100mm)		
	上流側アスファルト舗装(t=80mm)		
Step-4	中央部 仮設防護柵移設 下流側舗装、床版、ISパネル撤去	B活荷重 (上流側のみ)	既設桁 + 鋼床版 (格子モデル-3)
	下流側(G2~G3間)鋼床版取付け 下流側鋼床版上コンクリート打設(t=100mm)		
Step-5	下流側アスファルト舗装(t=80mm)、防護柵設置 中央部 仮設防護柵撤去		
	STEP-6	区画線工	B活荷重

きる。もう1車線の確保においては、仮架橋を設置するか、既設部RC床版の撤去と鋼床版の設置を分割施工とし、交通を切回しながら施工するかのいずれかとなる。

しかし、河川内に仮架橋を設置した場合、起点側の交差点との関係から広範囲な借地が必要となり、前後道路の摺付けも困難となる。また、河川内の施工期間が非出水期に限定されるため、工事工程も2渇水期にわたって施工することとなる。そのため、分割施工案に比べて工期が長く、工費も高くなる。したがって、床版の撤去・更新は2分割で段階施工する計画を採用した。

(2) 施工手順

概略の施工手順を以下に示す。

<ステップ-1>

- ・準備、上流側拡幅部と下流側歩道部の平面出来形を
実測し、鋼床版の製作寸法を確認
- ・吊足場を設置し、仮設横桁の取付け
- ・既設主桁に鋼床版取付け用ピースを現場溶接にて取
付け

<ステップ-2>

- ・既設部上流側（右折レーン）の交通規制
- ・上流側RC床版、ISパネルの撤去

<ステップ-3>

- ・上流側（G1、G2桁上）に工場製作した鋼床版を
取付け
- ・上流側鋼床版上にコンクリート打設、アスファルト
舗装敷設

<ステップ-4>

- ・下流側車線を上流側に切回し、下流側を交通規制
- ・下流側RC床版、ISパネルの撤去

<ステップ-5>

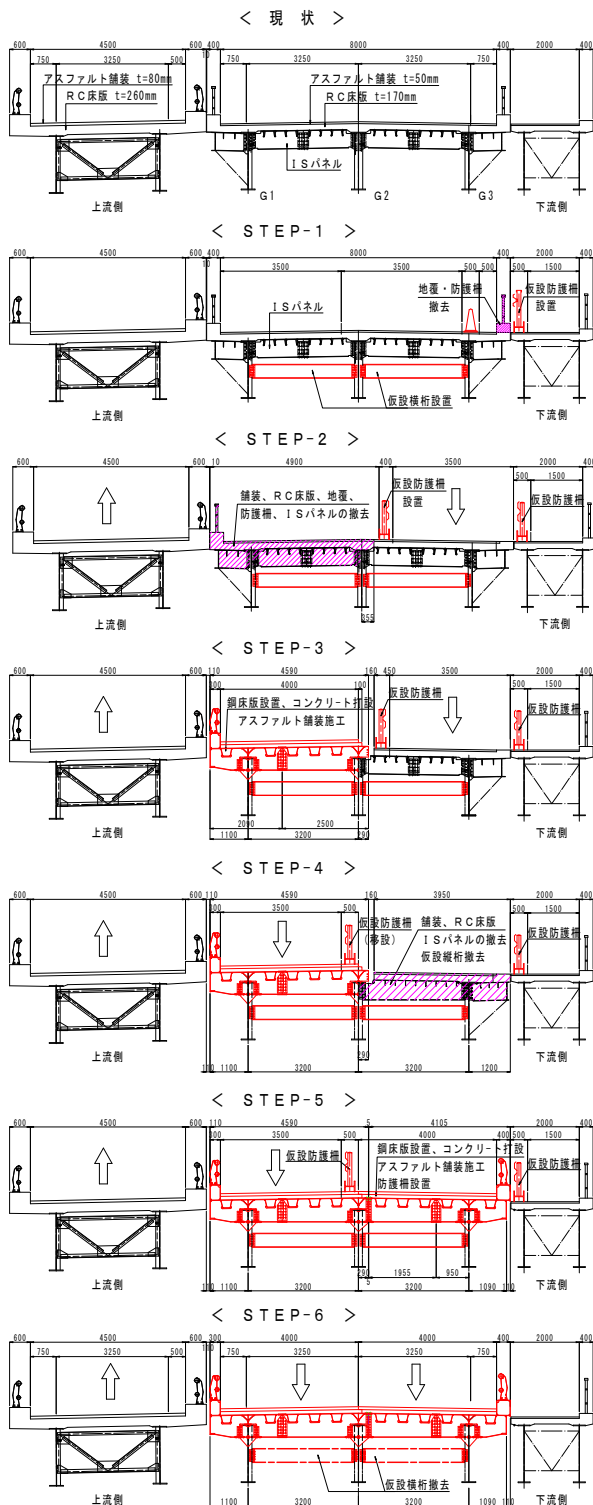


図-5 施工段階図

- ・下流側（G2～G3桁上）に工場製作した鋼床版を取付け
 - ・下流側鋼床版上にコンクリート打設，アスファルト舗装敷設。
- <ステップ-6>
- ・仮設横桁の撤去
 - ・既設鋼桁の塗装塗替え
 - ・吊足場撤去，後片付け

(3) 施工時の留意事項

本橋床版の取替え施工に際しては，上下流両側に拡幅橋及び歩道橋が近接しているため，鋼床版製作前に，現橋寸法，据付スペースの確認が必要である。

既設部材との接合は，できる限り高力ボルト接合を用いているが，止むを得ない部分（新設横リブの仕口部）に現場溶接を採用している。片側車線を供用しながらの施工であり，溶接作業時には一時通行止めを行うなど，振動を生じさせない状態での施工が必要である。

一体となる構造を分割施工するため，二期施工時に先行架設された部材との接合部にたわみ差が生じることが予想され，後施工部材に強制キャンバーを与えるなどの調整が必要である。

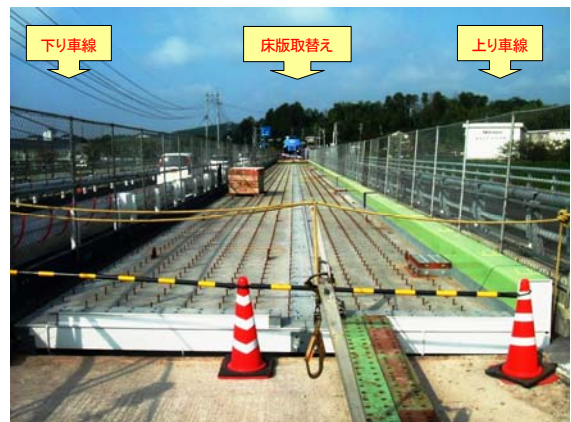


写真-5 分割施工

7. あとがき

本橋の鋼床版への取替え工事は，平成21年に約1年の期間で行われた。既設RC床版の撤去及び新設鋼床版の架設，施工は前述のように2分割で行い，仮橋を設置しなくても現道交通の確保ができ，工期短縮及び総合的なコスト縮減などの社会便益を図ることができた。

実際の分割取替え施工及び交通切回しの様子を写真-5に示す。

本事例では，既設床版の取替えに伴うB活荷重への対応，分割施工による現道交通の切回し計画などを報告した。今後の床版取替え計画に参考となれば幸いである。

参考文献

- 1) アンダーデッキパネルによるRC床版の補強（檜大橋），橋梁と基礎 94-8，pp.111～112
- 2) 「鋼道路橋一方方向鉄筋コンクリート床版の配力鉄筋設計要領」，昭和42年9月，道理局長通達。
- 3) 2007年制定「コンクリート標準示方書 維持管理編」，土木学会，pp.177～190
- 4) 「道路橋示方書・同解説 II 鋼橋編」，平成14年3月，日本道路協会，pp.271～272