

専用床版架設機による平板型 UFC 床版の架設 ー阪神高速道路 15 号堺線玉出入路橋床版取替え工事ー

鹿島建設（株）	正会員	○齋藤	公生
鹿島建設（株）	正会員	村岸	聖介
阪神高速道路（株）		大西	和行
阪神高速道路（株）		西原	知彦

1. はじめに

高度成長期に整備された多くの社会資本は、建設から 40 年以上が経過している。同時期に建設された道路橋の床版で劣化が進行し、鉄筋コンクリート床版（以下、RC 床版）では、取替えが必要となってきた。筆者らは、コンクリート床版の更新を目的に、高耐久かつ薄肉・軽量の平板型 UFC 床版を開発し、阪神高速道路 15 号堺線玉出入路の合成鈹桁橋における床版取替えに適用した。また、平板型 UFC 床版の軽さを活かした軽量の専用の床版架設機を開発・適用した。

本文では、まず都市高速道路における床版取替えでの課題および玉出入路橋の床版取替えに適用した平板型 UFC 床版について概説する。つぎに、平板型 UFC 床版の架設に適用した専用床版架設機の特徴を述べたうえで、平板型 UFC 床版の架設手順および架設実績を報告し、今後の展望に触れる。

2. 都市高速道路における床版取替えの課題

1970 年代前半までの高度成長期には多くの社会資本が整備され、都市高速道路の高架橋も同時期に数多く建設された。これら高架橋は建設から 40 年以上が経過して老朽化が進行しているうえ、交通量の増加ならびに車両の大型化により供用環境が建設当時より悪化している（写真-1）。一方で、高度成長期には疲労劣化に関する知見が乏しく、同時期に建設された道路橋床版は、今日より耐疲労性が低い。RC 床版では、今日より床版厚が薄いうえに床版支間が長く、補強鉄筋量が少ない。これら床版に対しては、これまでも様々な劣化対策が施されてきたが、供用年数、過酷な供用環境および低い耐疲労性を考慮すれば、近い将来には大規模な床版取替えが必要になると考えられる。床版取替えに当たっては、更新用の床版に高い耐疲労性が求められる。同時に、取替えに伴う道路線形（路面高）の変更が不要な薄さや鋼桁や下部構造への負担を増加させない軽さが求められるが、一般的なプレストレストコンクリート床版では解決が困難な課題である。

ここで、床版取替え工事では道路の通行止めが必要となる。一方で、交通量の多い都市高速道路では通行止めに伴う社会的影響が他の道路に比べて大きい。したがって、床版取替えには、最大限の工期短縮が求められる。さらに、交通量が極めて多い路線では、2 車線道路のうち 1 車線を交通開放した状態で、他の 1 車線の床版取替えが求められることも予想される。



写真-1 都市高速道路の現況



写真-2 側道に挟まれた都市高速道路

キーワード：都市高速道路，平板型 UFC 床版，軽量化，専用床版架設機，荷降し設備，鋼桁補強

連絡先 〒107-8502 東京都港区赤坂 6-5-30 鹿島建設(株)土木設計本部 TEL 03-6229-6690

また、都市高速道路の高架橋は、側道や住宅、オフィスビルなどに近接して立地している場合が多い（写真-2）。したがって、床版取替えには、側道の通行規制や騒音・振動などの、周辺環境への影響の低減が求められる。他方、都市高速道路の高架橋は都市内の中小河川や水路上を通る場合もあり、地上からのアプローチなしに橋面上の作業のみで床版取替えが求められることも予想される（写真-3）。

3. 平板型 UFC 床版

阪神高速道路（株）と鹿島建設（株）は、2011 年より共同で 2 種類の超高強度繊維補強コンクリート製のプレキャスト道路橋床版（以下、UFC 床版）を開発してきた。一方は、鋼床版と同程度まで軽量化が可能で、主に新設の道路橋への適用を目的としたワッフル型 UFC 床版である。他方は、高度成長期に建設されたコンクリート床版より軽量・薄肉で、主に床版取替えへの適用を目的とした平板型 UFC 床版である。両方の UFC 床版に対して輪荷重走行試験を実施し、優れた耐疲労性を確認している^{1), 2)}。

平板型 UFC 床版にはハンチや凹凸を設けず、厚さ一定のプレキャスト版として、型枠設備と製作作業を簡素化している。平板型 UFC 床版には、橋軸直角方向にはプレテンション方式で、橋軸方向にはポストテンション方式でプレストレスを導入する（図-1）。橋軸直角方向のみをプレテンション方式とすることで、既存のプレストレストコンクリート製品工場における設備での製作を可能としている。

4. 玉出入路橋における平板型 UFC 床版の適用

阪神高速道路 15 号堺線玉出入路橋は、1970 年に完成し供用が開始された 6 連の単純合成鈑桁橋である。1964 年発行の鋼道路橋設計方書に従って設計され、RC 床版の厚さが 180mm、支間が 4.0m である（図-2）。前述のように今日の RC 床版より薄く、支間が長い。1982 年には、床版の疲労に対する補強として、厚さ 4.5mm の鋼板が下面に接着されている。2015 年の点検で補強鋼板の広範囲に亘る浮きが確認され、その後の詳細調査で床版下側鉄筋に沿って面的に広がる水平ひび割れが確認されたため、阪神高速道路の大規模更新事業として初の床版取替えが決定された。この時点で、輪荷重走行試験を始めとする種々の実験や検討を経て実用レベルに達していた平板型 UFC 床版が、6 連の単純合成鈑桁橋のうち 3 連に、更新用床版として国内で初めて採用された。

玉出入路橋に適用する平板型 UFC 床版の厚さを、既設の RC 床版より 30mm 薄い 150mm とした。この結果、床版取替えに伴う道路線形の変更が不要となった。同時に、床版重量が既設 RC 床版より 21.3%軽量化され、設計活荷重の見直しに伴う鋼桁の補強が不要となった³⁾。

5. 玉出入路橋における平板型 UFC 床版の架設

道路橋の床版取替え工事では、更新用の床版架設に移動式クレーンを使用するのが一般的だが、玉出入路橋の床版取替えでは、平板型 UFC 床版の軽さを活かした軽量の専用の架設機を開発・適用した。以下では、玉出入路橋での施工条件と移動式クレーンによって平板型 UFC 床版を架設する場合の課題を述べる。つぎに、



写真-3 水路上を通る都市高速道路

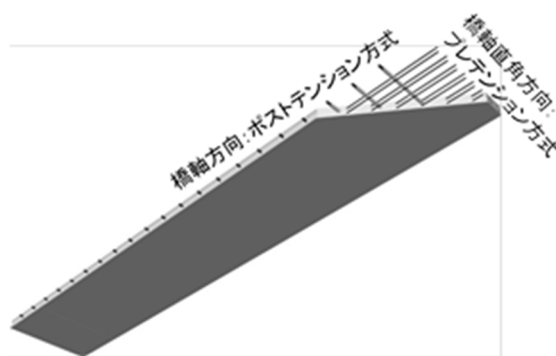


図-1 平板型 UFC 床版

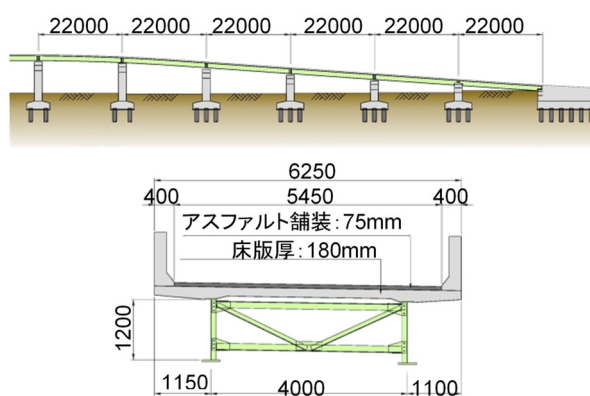


図-2 玉出入路橋一般図

新たに開発した専用の架設機の特徴を説明し、専用架設機による平板型 UFC 床版の架設手順とその実績について述べる。

(1) 玉出入路橋での施工条件とクレーン架設での課題

移動式クレーンを使用する場合、地上に据えた大型クレーンでの架設が考えられる。玉出入路橋は、阪神高速道路 15 号堺線の本線橋と幅員の狭い側道に挟まれており、大型クレーンを据える場合は側道を利用することとなる（写真-4）。大型クレーンの使用には側道の通行止めが必要となり、周辺環境へ大きな影響を与える。したがって、玉出入路橋においては、地上に据えた大型クレーンでの架設は極めて困難と言える。また、都市高速道路における今後の床版取替え工事でも、類似の状況が予想される。

次に、橋上に据えたクレーンでの架設が考えられる。このとき、平板型 UFC 床版の重量は 40kN/枚以下であり、25t ラフタークレーンの使用が一般的である。玉出入路橋は前述の通り合成鈑桁橋であり、鋼桁と床版が一体の桁として活荷重を支持する。一方、床版を取り替える過程では、鋼桁と床版が一体の桁として機能しないため、更新用の床版や架設機械の荷重を鋼桁のみで支持する。25t ラフタークレーンを用いた床版架設では、同クレーンを取替え対象支間内に据えることとなり、クレーンの荷重によって、床版と合成されていない鋼桁の上フランジに過大な圧縮応力が発生するため、鋼桁に大掛かりな補強が必要となる（写真-5）。大掛かりな鋼桁補強は工事費に影響するうえ、工事期間の延長にも繋がる恐れがあり、通行止めによる社会的影響が大きい都市高速道路では好ましくない。ここで、既設床版撤去前に、交通開放の状態で鋼桁を補強してから床版を取り替えることで、工事期間への影響を避ける方法が考えられる。しかしながら、交通量の増加ならびに車両の大型化の影響を考慮すれば、交通開放下の鋼桁には既に大きな応力が発生していると予想される。補強のための削孔によって鋼桁の抵抗断面が減少すれば、鋼桁には更に大きな応力が発生し供用中の橋の安全性が低下するため、同方法採用には詳細かつ慎重な検討が求められる。

続いて、玉出入路橋の幾何構造に着目すると、縦断勾配が 7.0%，有効幅員が 5.45m である。橋上に 25t ラフタークレーンを据える場合、前後のアウトリガーの高低差が 600mm 以上となるうえ、中間張出しでの使用となり、架設作業の安全性が課題となる。さらに、平板型 UFC 床版を吊った状態での旋回時には側道の一時通行止めが必要となり、周辺環境への影響も避けられない。同様に、今後交通量が極めて多い路線で、2 車線道路のうち 1 車線を交通開放した状態で、他の 1 車線の床版取替えが求められた場合にも、橋上に据えたクレーンによる架設には課題が残る。すなわち、作業帯内ではクレーンが中間張出しとなり架設作業の安全性が課題となるうえ、クレーン旋回時には交通開放した車線が影響を受ける可能性が高い。

(2) 専用床版架設機の特徴

以上に述べた移動式クレーンによる架設での課題を踏まえ、これまでプレキャスト製ボックスカルバートなどの運搬・据付けに多数の使用実績がある機械をベースに、平板型 UFC 床版を把持した状態で架設済みの平板型 UFC 床版上を走行し、所定の位置に設置可能な専用の床版架設機を開発・適用した^{4) 5)}。以下では、専用の架設機の特徴を述べる（図-3）。



写真-4 玉出入路橋の周辺環境



写真-5 クレーン架設時の鋼桁補強例

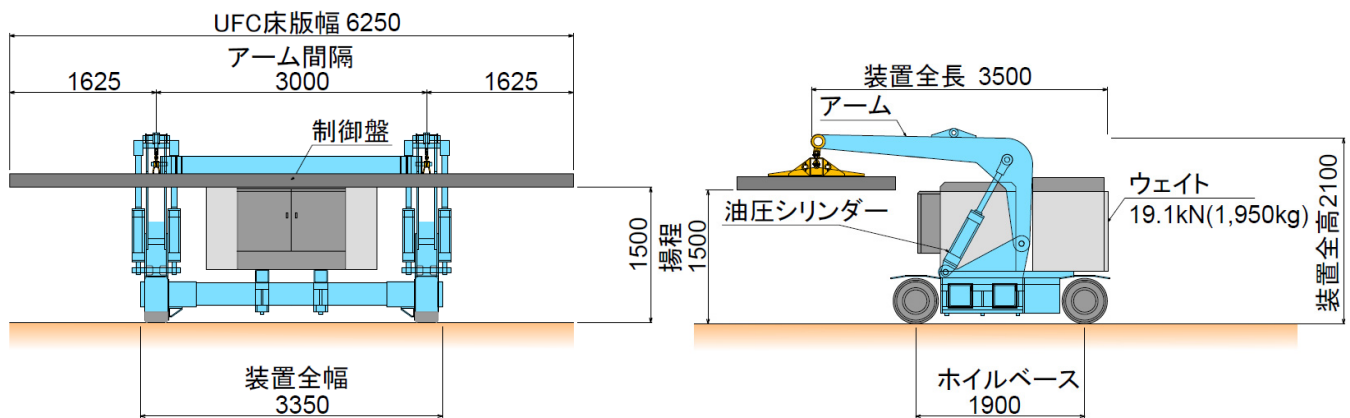


図-3 専用架設機

a) 軽量な機体

軽量の平板型 UFC 床版の設置への適用を前提に、最大吊上げ能力を 80kN とし、カウンターウェイトを含めた機体重量を 25t ラフタークレーンの 1/3 以下となる 84.3kN とした。この結果、平板型 UFC 床版と専用床版架設機の荷重を鋼桁のみで支持した場合でも、床版と合成されていない鋼桁の上フランジに発生する圧縮応力が許容値を超過する範囲は限定的で、軽微な鋼桁補強のみ(1 スパン当り 3.7kN)が必要となった(写真-6)。

b) コンパクトな機体

ホイールベースを 1900mm として、10t トラックに積載しての搬入・搬出を可能とした(写真-7)。この結果、現地での組立て・解体作業量が削減された。全高を 2100mm として、将来の工事では門型標識などの撤去なしに床版取替えを可能とした。

c) 独立したフレーム

アーム、アームジャッキ、車輪などで構成される左右のフレームを独立した構造とし、角形鋼管で左右のフレームを連結した。したがって、床版を取り替える橋の幅員や鋼桁の位置に合わせて、工事ごとにフレーム間距離を調整出来る。さらに、フレームを追加すれば幅の広い床版の架設にも対応可能である。

d) 小さな旋回半径

左右の車輪が独立して駆動する機構とし、トレッド幅 3000mm に対して旋回半径を 2700mm とした。この結果、2 車線の作業帯が確保できる工事では、架設機が道路に対して 90 度旋回して、トラックに積載して搬入された平板型 UFC 床版を荷台の側面から把持し、トラック退出後に再び道路方向へ 90 度旋回して、設置位置へ走行する架設方法が可能となっている。

(3) 専用架設機による平板型 UFC 床版の設置

前述の通り玉出入路橋の有効幅員が 5.45m であり、同幅員内ではトラックに積載された平板型 UFC 床版を専用架設機で直



写真-6 専用架設機使用時の鋼桁補強



写真-7 専用架設機の搬入



写真-8 荷降し設備での UFC 床版吊上げ

接荷降し出来ない．そこで、主に山留材で構成した門形のフレームに 10t 電動チェーンブロックを取り付けた荷降し設備を製作・使用することで、幅員内での架設を実現した（写真-8）．荷降し設備を、平板型 UFC 床版を搬入するトラックと同床版を把持して走行・設置する専用架設機の中継点として使用した．玉出入路橋での専用架設機を使用した平板型 UFC 床版の設置手順を以下に示す（図-4）．

- STEP 1 平板型 UFC 床版を積載した 10t トラックが、後退で荷降し設備内に進入する．
- STEP 2 10t トラックに積載された平板型 UFC 床版を、荷降し設備の 10t チェーンブロックで吊り上げる（写真-8）．
- STEP 3 10t トラックが前進で荷降し設備内から退出する．
- STEP 4 吊られた状態の平板型 UFC 床版を 90 度回転する．
- STEP 5 専用床版架設機が吊られた状態の平板型 UFC 床版の下を後退で通過する．
- STEP 6 吊られた状態の平板型 UFC 床版を、荷降し設備に付帯する仮置きフレーム上に降ろす．
- STEP 7 専用床版架設機が前進し、仮置きフレーム上に降ろされた平板型 UFC 床版を把持する．
- STEP 8 専用床版架設機が、平板型 UFC 床版を把持した状態で、架設済みの床版上を設置位置まで前進する（写真-9）．
- STEP 9 専用床版架設機が、平板型 UFC 床版を所定の位置に設置する（写真-10）．
- STEP 10 平板型 UFC 床版の設置を終えた専用床版架設機が、荷降し設備の手前まで後退する．

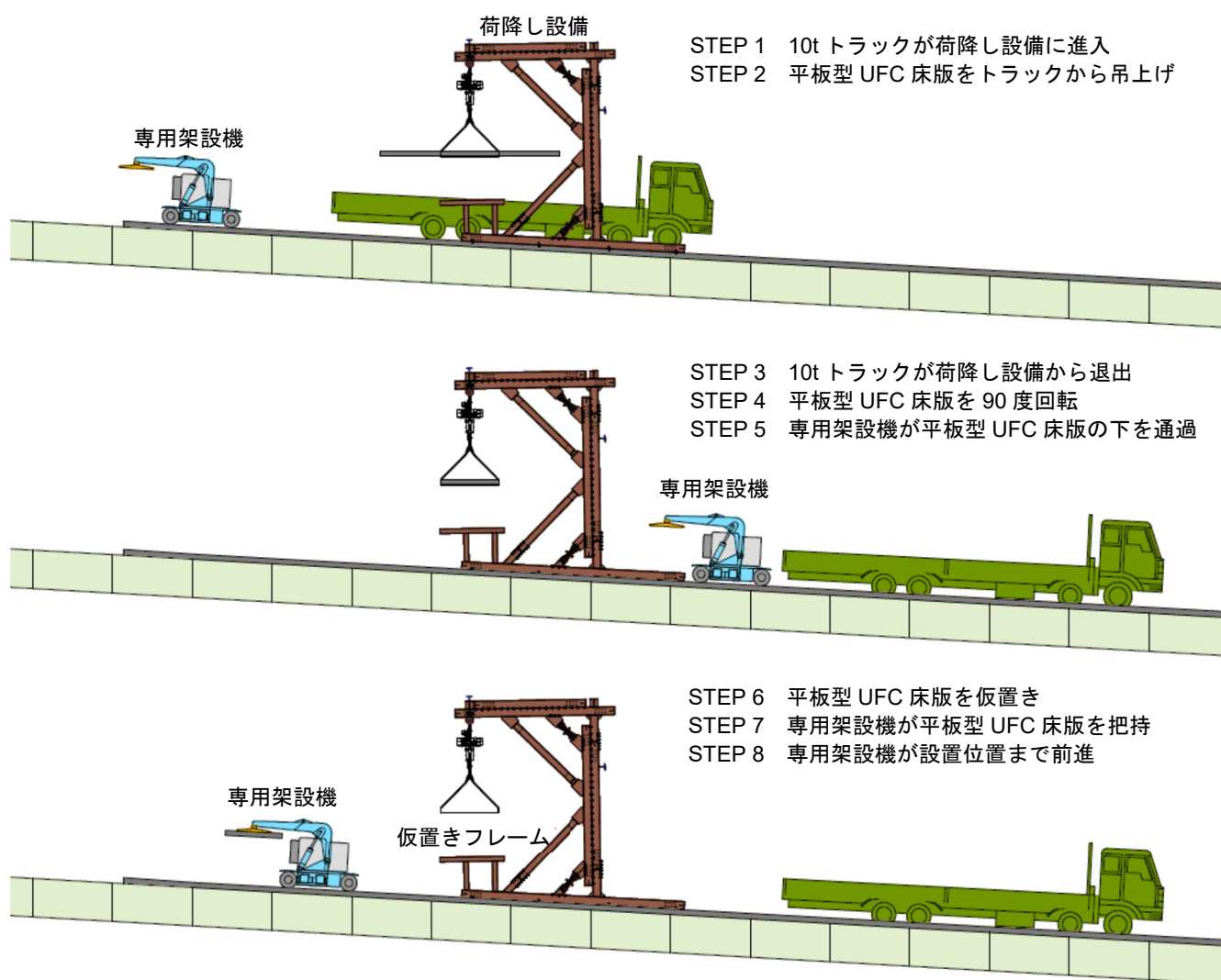


図-4 専用床版架設機による平板型 UFC 床版の設置手順

玉出入路橋では、以上の手順により 13 枚×3 径間＝39 枚の平板型 UFC 床版を、昼間作業 6 日で設置した。平均設置時間は、31.4min/枚であった（表-1）。

表-1 作業日ごとの設置枚数と平均設置時間

作業日	8 月 17 日	8 月 18 日	8 月 20 日	8 月 21 日	8 月 22 日	8 月 23 日	合計
設置枚数（枚）	6	6	7	7	6	7	39
平均設置時間（min/枚）	37.5	30.0	19.3	35.6	33.5	29.6	31.4

(4) 今後の展望

玉出入路橋での平板型 UFC 床版の架設に専用の架設機を適用した結果から、以下が展望できる。

a) 鋼桁補強を最小化した橋上での床版取替え

軽量の平板型 UFC 床版と軽量の専用架設機の組合せにより、合成桁橋の橋上での床版取替えにおいて架設時の鋼桁補強を最小化出来ることが分かった。都市高速道路では、地上に据えた大型の移動式クレーンでのプレキャスト床版の架設が困難な場合が多く、鋼桁補強の最小化に伴う工事費の削減ならびに工事期間の短縮が期待できる平板型 UFC 床版と専用床版架設機の組合せは、今後の都市高速道路での床版取替えへの適用が見込まれる。

b) 車線毎の床版取替え

玉出入路橋での床版取替えでは、専用架設機と荷降し設備の組合せにより、有効幅員 5.45m 内で平板型 UFC 床版を架設出来ることが実証された。今後、2 車線道路のうち 1 車線を交通開放した状態で、他の 1 車線の床版取替えが求められた場合には、玉出入路橋における平板型 UFC 床版の架設方法を応用出来ると考えられる。

c) 床版撤去への応用

実用に向けては更なる検討が必要となるものの、玉出入路で平板型 UFC 床版の設置にのみ使用した専用の床版架設機を、既設床版の撤去作業へ応用することが容易に想像される。合成桁橋の床版取替えにおいて、橋上に据えた移動式クレーンを使用して既設床版を撤去する場合、橋上に据えた移動式クレーンを使用して平板型 UFC 床版を架設する場合と同様に、大掛かりな鋼桁の補強が必要となり、工事費の増大ならびに工事期間の延長につながる。そこで、既設床版の撤去と平板型 UFC 床版の設置の両方に、軽量の専用の撤去・架設機を使用する統合的な床版取替えシステムを構築することで、工事費の削減を図りつつ高耐久な平板型 UFC 床版への更新が期待される。

6. おわりに

高度成長期に建設された道路橋床版は今日より耐疲労性が低いうえ、都市高速道路では供用期間中の交通量の増加や車両の大型化によって床版の劣化が促進されるため、今後大規模な取替えが必要となると考えられる。更新用の床版には、高い耐疲労性と同時に、鋼桁や下部構造への負荷を軽減する軽量化や床版取替えに伴う道路線形の見直しを不要とする薄肉化が求められる。また、都市高速道路における床版取替え工事には、通行止めに伴う社会的影響の最小化のための工期短縮や通行止めを回避する車線ごとの取替えが求められる。

筆者らは優れた耐疲労性を有すると同時に軽量で薄肉な平板型 UFC 床版を開発し、阪神高速道路 15 号堺線



写真-9 設置済みの UFC 床版上を走行する専用架設機



写真-10 平板型 UFC 床版の設置

玉出入路橋での床版取替えに初めて適用した。玉出入路橋での平板型 UFC 床版の架設には、平板型 UFC 床版の軽さを活かした軽量の専用の床版架設機を開発・適用した。その結果、床版架設に伴う鋼桁の補強が最小化され、工事費の削減と工事期間の短縮を実現した。また、荷降し設備との組合せにより、幅員内での架設を実現した。

玉出入路橋での架設実績から、平板型 UFC 床版の設置のみならず既設 RC 床版の撤去にも専用の架設機を応用し、荷降し設備とも組み合わせれば、2 車線道路のうち 1 車線を交通開放した状態での、他 1 車線の床版取替えの実現が期待できる。

7. 参考文献

- 1) 一宮利通，金治英貞，小坂崇，齋藤公生：鋼床版と同等かつ耐久性の高い UFC 道路橋床版の開発，プレストレストコンクリート，Vol. 56, No. 1, pp37-42, 2013 年 1 月
- 2) 小坂崇，金治英貞，一宮利通，藤代勝：床版取替えに対応した UFC 床版の疲労耐久性に関する検討，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，pp569-574, 2017 年 10 月
- 3) 橋爪大輔，大西和行，齋藤公生，村岸聖介：平板型 UFC 床版による道路橋床版の更新－阪神高速道路 15 号堺線 玉出入路橋－，土木施工，VOL. 60, No. 7, pp114-117, 2019 年 7 月
- 4) 越塚雄太，天野栄二，犬童眞二，大嶋潤：武蔵水路改築における 2 分割ボックスカルバートの施工実績，土木学会第 71 回年次学術講演会，VI-132, pp263-264, 2016 年 9 月
- 5) 菅野雄彦，大西和行，村岸聖介：超高強度繊維補強コンクリート床版を用いた高速道路入路における施工実績，建設機械施工，Vol. 71, No. 6, pp43-47, 2019 年 6 月