

ウォータージェットを用いた合成桁橋の RC 床版 急速撤去技術の開発

阪神高速道路(株)大阪管理局保全部保全設計課 橋爪 大輔
阪神高速道路(株)大阪管理局保全部保全設計課 鈴木 英之
阪神高速道路(株)大阪管理局保全部保全工事課 大西 和行

要 旨

阪神高速道路では、1960 年代～1970 年代にしゅん工した古い橋梁において、合成桁構造が多く採用されているため、今後の大規模更新・修繕事業において、床版取替の対象となる橋梁が合成桁構造である可能性が高い。合成桁橋の鋼桁と RC 床版の接合部には、スタッドが密に配置されているため、床版取替時においては、鋼桁と床版の分離作業に多大な時間を要することが工程上の課題となる。

このため、合成桁橋の鋼桁と RC 床版接合部コンクリートをウォータージェットによって、高速道路を供用させながら先行して除去することで、通行止め期間を短縮する技術を開発した。本稿では、この技術の概要と 15 号堺線玉出入路で実施した試験施工について報告する。

キーワード:合成桁, RC 床版取替, ウォータージェット, 大規模更新・修繕, 通行止め期間短縮

はじめに

阪神高速道路は、1964 年に環状線（土佐堀～湊町）が最初に開通してから 50 年以上経過しており、全体の約 3 割で開通から 40 年以上が経過し構造物が高齢化している。さらに、大型車交通量の増加や車両総重量の増加、凍結防止剤の使用などによって、大きなダメージを受けている。こうした中で、阪神高速道路(株)では、構造物の健全性を永続的に確保し、高速道路ネットワークの機能を将来にわたり維持していくための抜本的な対策として、大規模更新・修繕事業に着手している。

大規模更新・修繕事業には、RC 床版の更新も

含まれているが、更新の対象となり得る 1960 年代～1970 年代にしゅん工した古い橋梁において、合成桁構造が多く採用されている。このため、今後の大規模更新・修繕事業において、合成桁橋の床版取替を実施する可能性が高い。合成桁橋の鋼桁と RC 床版の接合部には、スタッドが密に配置されているため、床版取替時においては、鋼桁と床版の分離作業に多大な時間を要することが工程上の課題となる。このため、2016 年からウォータージェットを用いた RC 床版急速撤去工法（以下、本工法）の開発を行い、2018 年に 15 号堺線玉出入路において試験施工を行ったので報告する。

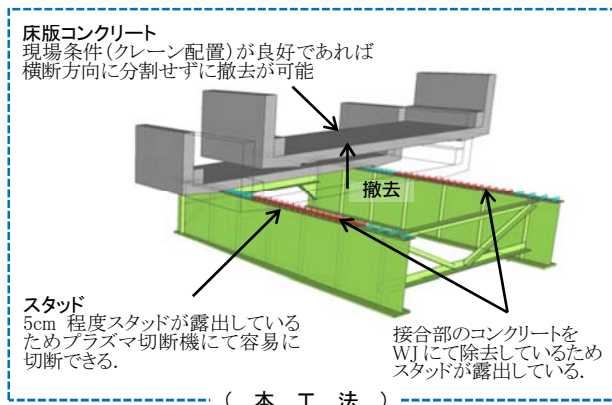
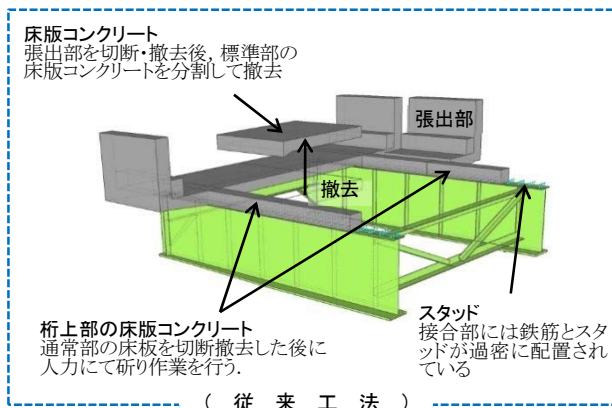


図-1 床版撤去方法の比較



写真-1 スタッドの露出状況

1. 従来工法の課題

従来の合成桁橋の床版撤去工法では、鉄筋やスタッドが密に配置されている桁上部を残して床版を切断し、細かく分割して撤去しなければならず、人力による残った桁上の床版コンクリートの除去にも時間が掛かるため、撤去工程が長くなる(図-1)。近年普及が図られている、ワイヤーソーで鋼桁と床版を分離する工法は、鉄筋やスタッドが密に配置されている接合部内部の状況を確認できないため、鋼桁を損傷させないようにワイヤーの

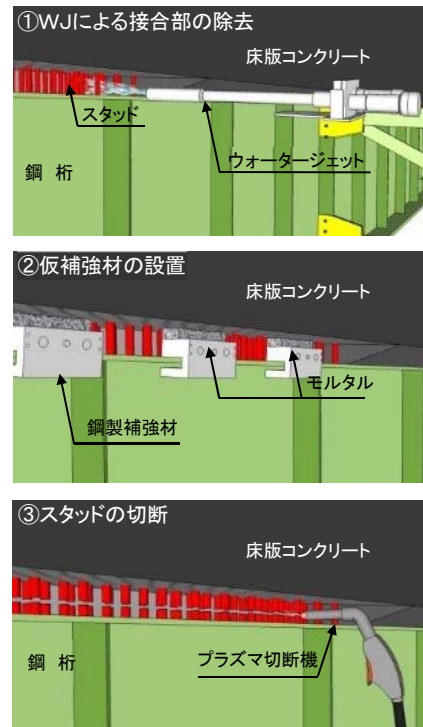


図-2 本工法の施工手順

位置を誘導する装置を設ける等、慎重な作業が必要であり大幅な工程短縮には至っていない。

上記の課題を解決するため、供用下で先行して鋼桁と RC 床版の接合部のコンクリートを撤去し、通行止め後の作業の短縮を図る本工法を開発した。

2. 本工法の概要

本工法は、床版の撤去に先立ち、供用下で鋼桁上のスタッドを全延長に渡って 5cm 程度露出させる(写真-1)ため、通行止め後はスタッドを切断するだけで速やかに床版を撤去できる。また鋼桁位置に関係なく床版を切断することができ、撤去ブロック数を少なくできる(図-1)。以上によって、通行止め後の撤去工程の大幅な短縮が可能となる。

2-1 施工手順

本工法の施工手順は以下の通りである(図-2)。

(1) 鋼桁と RC 床版接合部コンクリートの除去

210MPa 程度の超高压水によるウオータージェット(以下、WJ)削孔にて接合部のコンクリートを 5cm 程度除去する(写真-1)。WJ 装置の設置は、

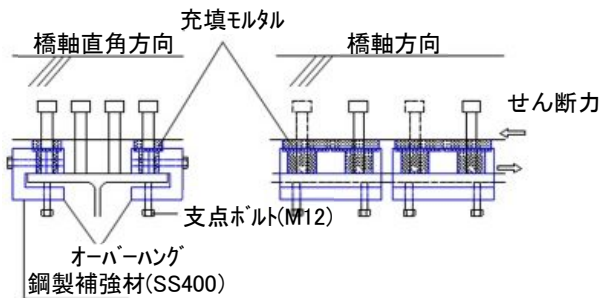


図-3 仮補強材の概要

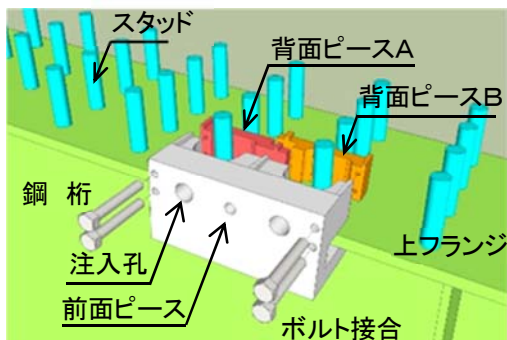


図-4 鋼製補強材の構成

床版下面と鋼桁上面の間（床版ハンチ高さ）が6cm程度確保できることが条件となっている。

(2) 仮補強材の設置

接合部コンクリート除去後、スタッドに仮補強材（図-3、図-4）を設置して合成桁橋としての機能低下を防止する。

(3) 床版・高欄の撤去

床版・高欄を切断し、仮補強材を撤去した後、スタッドを切断して床版・高欄ブロックを撤去する。

2-2 合成桁橋としての機能低下の防止

合成桁橋では、活荷重によって鋼桁と RC 床版接合部に生じるせん断力は、スタッドとコンクリートによって分担し、通常スタッドには降伏するような大きな曲げ応力は発生しない。しかしながら、供用下で鋼桁と RC 床版接合部コンクリートを除去した場合、活荷重によって桁と床版の接合部に発生するせん断力によってスタッドに大きな曲げ応力が発生し、降伏することによって、合成桁橋としての機能が低下することが懸念された。このため、仮補強材をスタッドに設置することで、合成桁橋としての機能低下を防止することとした



写真-2 玉出入口

（図-3、図-4）。仮補強材は、スタッドを囲むように前後に配置する鋼製補強材と隙間を充填する特殊モルタルからなる。鋼製補強材は前面1ピースと背面2ピースからなり、その間に注入孔から特殊モルタルを充填する。これによりスタッドと鋼製補強材、鋼製補強材と RC 床版が一体化し、合成桁橋としての機能低下を防止している。

構造的な影響は3次元弾性 FEM 解析で検討した。その結果、活荷重作用時に鋼桁と床版のずれ変形に起因するせん断力によってスタッドに降伏応力の3~4倍程度の曲げ応力が発生するが、鋼桁上フランジおよび床版の圧縮応力が若干増加するものの許容応力度は満足することを確認した。このため、スタッドを曲げ降伏させなければ鋼桁および床版の構造安全性は確保できると判断し、仮補強材はスタッドと一体となって曲げによる圧縮応力を主に仮補強材で、引張応力をスタッドで分担する構造とし、要求性能をスタッドを降伏させないこととして、要素試験および大型供試体実験により性能を確認した。¹⁾

3. 15号堺線玉出入口での試験施工

阪神高速道路 15号堺線の玉出入口（写真-2）は、橋梁部と土工部から構成される。橋梁部は6径間の単純合成桁橋であり（図-5）、1970年に供用し、現在までに約50年が経過している。供用から12年後の1982年には、疲労対策として床版下面に厚さ4.5mmの鋼板を接着する補強を実施している。それから約30年後の点検で、鋼板に広範囲の浮きが確認され、これを受けて実施した詳細調査で床版内部に水平方向のひび割れが面的に発生していることが確認された。

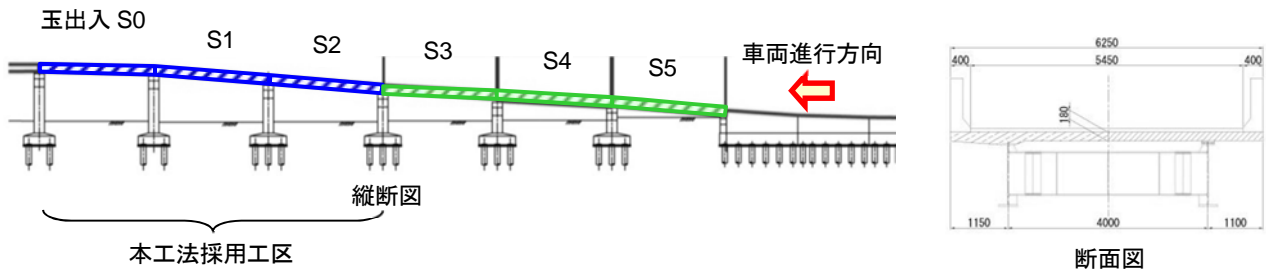


図-5 阪神高速道路 15号堺線玉出入口

このため、2018年7月上旬から11月上旬までの約4ヶ月間通行止めを行い、大規模更新・修繕事業における最初の床版取替工事を行うことになり、そのうち3径間で本工法を採用した。本章では、玉出入口で実施した本工法による床版撤去工事の施工報告を行う。

3-1 鋼桁とRC床版接合部コンクリートの撤去

鋼桁とRC床版接合部コンクリートの撤去は、供用下でWJによるコンクリートの除去と仮補強材による補強を繰り返して行った。事前に3次元FEM解析によって、補強材なしでもスタッドが降伏しない接合部コンクリートの撤去延長を算出することによって、仮補強材を設置するまでに1度に撤去できる接合部コンクリートの制限延長を2.4mと設定した。

合成構造が不完全となると合成桁の中立軸の高さが低下することから、施工中は鋼桁の上下フランジにひずみ計を設置し、ひずみ分布から合成桁の中立軸高さを算出して、橋梁構造と交通の安全監視とした。施工中、中立軸の高さが想定以上に低下することはなかった。

(1) WJによる接合部コンクリート除去

WJは水平移動とノズルの伸縮を機械制御で行い、3つのステップに分けて施工することで、使用水量と建設汚泥の抑制、施工時間の短縮、均一な出来形の確保を図った(図-6)。玉出入口では、鋼桁とRC床版接合部コンクリート126mの撤去を46日間で完了した(日平均施工量2.7m程度)。

WJ作業では大量の水(約4m³/日)を扱い、発生騒音も大きいことから、防水・防音仕様の足場が必要となる。このため、床面は19mmと12mmの合板2枚重ねにアスファルト防水シートを貼り付

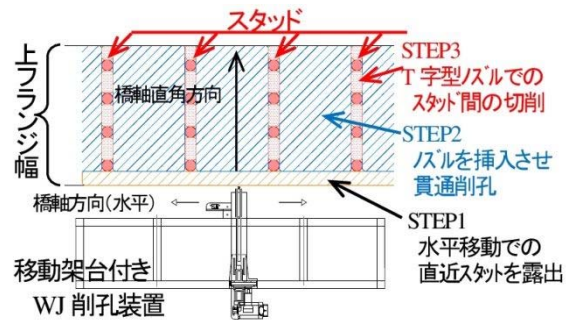


図-6 WJの3ステップ

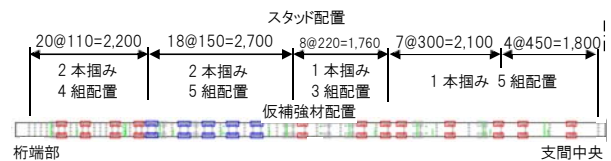


図-7 仮補強材の配置 (1/2 径間)

けて作業時排水を一時的に貯めることができる仕様とした。また、側面は防音シートと防音パネルの二重仕様とし、最近接民家(離隔8m程度)における騒音を85dB以下に抑制した。

(2) 仮補強材の設置

仮補強材はスタッド2本を掴む配置を基本とし、スタッド間隔110mmタイプ(適用範囲100~120mm)と150mmタイプ(適用範囲140~160mm)の2種類があり、スタッド間隔200mm以上の場合はスタッド1本を掴む形式で対応した。鋼製補強材は鋼桁上フランジの左右外縁の2列にのみ配置し、配置個数は構造解析にて設定し、図-7に示すとおり径間長22mの1主桁に68個配置した。

(図-7は1/2径間分を表示)

鋼製補強材に充填するモルタルは、可塑性を有するノンブリーディングタイプであり、狭隙な空隙を確実に充填できる。材令15時間後の強度は40N/mm²以上で、WJ施工後に特殊モルタルを含む



写真-3 床版の一括切断



写真-4 スタッドの切断



写真-5 隣接径間からの床版撤去
(25t クレーン使用)



写真-6 床版の横断方向一括撤去

仮補強材を施工すると、翌朝には所定の性能を発揮し、引き続き WJ の施工が可能である。

3-2 床版・高欄の撤去

玉出入口では、橋面上の施工幅が狭く大型クレーンの設置が困難であったため、高欄を含む張り出し部を先行して撤去し、吊り上げ重量を軽減した。その後、仮補強材を撤去して床版を切断（写真-3）し、スタッドを切断（写真-4）して床版を撤去した。鋼製補強材の撤去作業は 1 個あたり 10 分、スタッド周りの補強モルタルの除去は 1 個あたり 5 分程度と短く、撤去作業の支障としないことを確認した。また、スタッドの切断はプラズマ切断機を採用し（写真-4）、鋼桁への熱伝達の低減、作業時間の短縮を図った。

床版撤去は、鋼桁補強を避けるため隣接径間に 25t クレーンを据えて（写真-5）行い、高欄部分を除く横断方向を一括して撤去した（写真-6）。吊り孔削孔や高欄地覆の横断方向の切断などの先行作業が 3 径間分で 2 日程度必要となるが、その後の撤去作業は、1 径間（22m）当たり 6 日（高

欄地覆撤去 2 日、床版切断 3 日、床版撤去・搬出 1 日）の繰り返して施工できた（作業は全て昼間作業のみ）。

施工前の想定では、表-1 に示すとおり従来の工法では、1 径間あたり 18 日間の通行止めが必要であるのに対し、本工法では、約半分の 9 日間の通行止めが必要と想定しており、実際にも想定未達の 1 径間あたり 7 日程度の通行止め日数で施工することができた。

表-1 工程短縮効果の試算²⁾と実績

従来の RC 床版撤去工程		↑ 通行止め前 ↓ 通行止め後	WJ 事前処理による床版撤去工程	
工種	日数		工種	日数
床版切断	6 日程度		WJ はつり・仮補強	22 日程度
床版ブロック撤去	6 日程度		仮補強材撤去・	6 日程度
桁上破砕	4 日程度		床版切断	
スタッド撤去	2 日程度		床版ブロック撤去	3 日程度
通行止め計	18 日		桁上破砕	なし
			スタッド撤去	なし
			通行止め計	9 日

※径間長 20m、2 主桁、1 径間を想定し試算

通行止め作業日数【実績】
20 日間/3 径間

4. まとめ

本工事では、交通影響が大きい都市高速道路での施工を想定し、通行止め期間の短縮を目標とし、新たな技術を開発し、老朽化した RC 床版の撤去を行った。

その結果、供用下で事前に既設 RC 床版と鋼桁接合部コンクリートを撤去することによって、通行止め期間の短縮を実現した。また、研り作業を避けることで、騒音、粉塵等の発生を抑制することができた。加えて防音・防水吊足場を開発することによって、WJ によるコンクリート撤去の騒音をさらに低減することができた。

謝辞：最後に、本検討では飛鳥建設（株）および第一カッター興業（株）の方々をはじめとして、多数の関係者にご協力をいただいた。ここに記して謝意を表す。

参考文献

- 1) 佐藤彰紀, 橋爪大輔, 石塚健一, 佐竹康伸: 合成桁橋の RC 床版取替におけるウォータージェットを用いた急速撤去技術の開発 (その 1: 概要と構造検討), 第 73 回年次学術講演会, VI部門-328, 2018.
- 2) Yojiro Murakami, Takashi Kosaka, Akinori Sato, Seisuke Muragishi, Kimio Saito, Yasuo Kawabata: Design and Construction of UHPFRC Deck for Replacement of Deteriorated Concrete Slab, 40th IABSE Symposium, S8-17, 2018

DEVELOPMENT OF RAPID RC SLAB REMOVAL METHOD USING HYDRODEMOLITION TECHNIQUE FOR COMPOSITE GIRDER BRIDGES

Daisuke HASHIZUME, Hideyuki SUZUKI and Kazuyuki ONISHI

The Hanshin Expressway has many composite girder bridges constructed in the 1960s or 1970s. The reinforced concrete deck slabs on them will need to be replaced in a large-scale repair or renewal project in near future. A composite girder bridge has a number of stud dowels densely embedded to connect the concrete slabs to the steel girders, which makes the removal of the slabs a time-consuming critical path in the replacement process. To minimize the damage to the existing structure and shorten the construction period, Hanshin Expressway employed a hydrodemolition technique to quickly separate the concrete slabs from the steel girders in advance by applying a high-pressure water jet to beneath the slabs. The procedure is to first remove the concrete by applying a high-pressure water jet, install temporary strengthening members, and then cut the stud dowels. By removing the joint concrete in advance while the road is still in service, it becomes possible to shorten the construction period and the associated road closure period. This paper reports the results of an experimental application of the proposed technology.

橋爪 大輔



阪神高速道路株式会社
大阪管理局
保全部 保全設計課
Daisuke Hashizume

鈴木 英之



阪神高速道路株式会社
大阪管理局
保全部 保全設計課
Hideyuki Suzuki

大西 和行



阪神高速道路株式会社
大阪管理局
保全部 保全工事課
Kazuyuki Onishi