

合成桁橋 RC 床版取替工事へのウォータージェットによる床版撤去技術の適用 (その2) 解析検討にもとづく施工手順の計画

飛島建設株式会社	正会員	○北	倫彦
阪神高速道路株式会社	正会員	越野	まやか
飛島建設株式会社	正会員	佐竹	康伸
株式会社オリエンタルコンサルタンツ	正会員	上野	淳人

1. はじめに

ウォータージェット（以下、WJ）で鋼合成桁橋 RC 床版と鋼桁が接する部分のコンクリート（以下、接合部コンクリート）を除去し仮補強材を設置する工法¹⁾で、最小限の通行止めで床版撤去を行う工事²⁾に関し、安全性を FEM 解析で確認し接合部コンクリート除去手順を計画した。以下に検討内容について記載する。

2. 床版撤去方法と作業日数

交通規制前、WJ で接合部コンクリートを除去しスタッド下端を 30～40mm 露出させ、仮補強材を設置する。交通規制（全面通行止め）後、中央分離帯と高欄を直下の床版含め撤去、続いて床版を上下線ともに橋軸方向に 1.4m 以下の間隔で揚重可能なブロックに切断した後、仮補強材を取外し、スタッドを切断して床版と鋼桁を分離、専用機械でブロックを撤去する。床版は 4 日（昼夜施工）の短い期間で撤去したが、これを可能としたのは交通規制前に接合部コンクリート除去することで、交通規制後にスタッド周りのコンクリートを人力ではつる作業を無くしたことが大きい。しかし、接合部コンクリート除去は 3 カ月の期間を要し、工事全体工程に占める割合が大きいと、経済性の面からも効率的な施工手順が求められた。

3. コンクリート除去手順の検討内容（図-1）

接合部コンクリートを除去した桁に活荷重が作用し、鋼桁と床版の間に発生する水平せん断力を全て露出スタッドが負担すると、スタッドが曲げ降伏して水平せん断力に抵抗できない。そこで、仮補強材（鋼製補強材と特殊モルタルで構成）を設置してスタッドの曲げ降伏を防止し、構造安全性を確保する。スタッドの補強効果は、鋼製補強材とスタッドの間に注入した特殊モルタルが硬化した後に発揮される。接合部コンクリートの除去作業は、1 日毎に WJ 除去、鋼製補強材設置、モルタル注入を繰り返すが、モルタルが硬化（40N/mm²到達）する材齢 15 時間までは補強効果が得られないものとして、安全性に影響のない除去範囲（桁支間方向長さ）を設定する。除去範囲が短ければ安全性が向上する一方、工程や経済性にはマイナスの影響が生じ、機材運用面も加味しバランスの取れた施工手順とする必要がある。これに対し、同一の桁の離れた位置、または異なる桁で同時に WJ 除去作業ができれば、工程短縮が実現する。そこで、1 回に除去可能な長さ、同時に撤去可能な位置の組合せを解析的に検討し、施工計画に反映した。

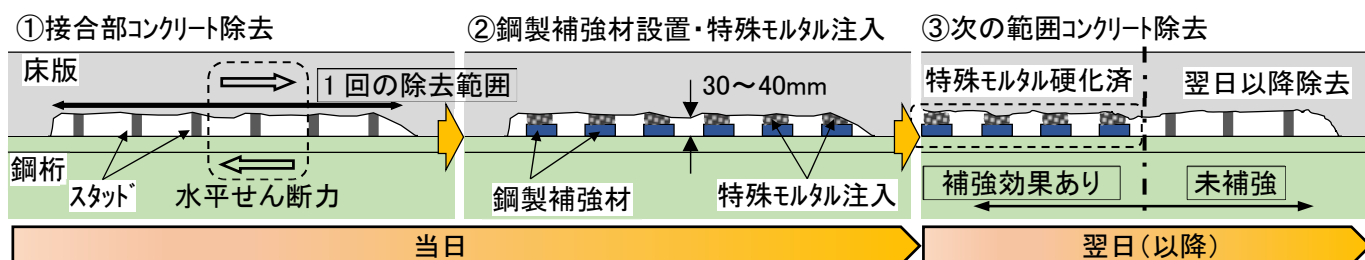


図-1 接合部コンクリート除去作業手順とスタッド補強

4. コンクリート除去作業の安全性を確認する FEM 解析の概要と結果

コンクリート除去範囲の露出スタッドの応力度を推定できるよう、構造条件をできるだけ忠実にモデル化した（表-1、図-2）。接合部コンクリート除去は該当部分のソリッド要素を消去し、スタッド要素を露出させ表

キーワード 床版更新、鋼桁と RC 床版の接合部の分離、ウォータージェット、仮補強、FEM 解析

連絡先 〒108-0075 東京都港区港南 1-8-15 Wビル 4 階 飛島建設(株)土木事業本部 TEL 03-6455-8324

現した（図-2）．先行して行った解析結果より，水平せん断力は桁端部支間 1/6 の範囲で大きいことを把握しており，桁端部と中間部でそれぞれ除去長さを設定（表-2，図-3），除去範囲の組合せ（表-3）を検討した．

表-1 解析モデル要領

部材	使用要素	備考
鋼桁	シェル	SM490
床版	ソリッド	$\sigma_{ck}=240\text{kg/cm}^2$
スタッド	ビーム	$\phi 22\text{mm}$
横桁	ビーム	
対傾構	トラス	
支承	ばね境界	ゴム支承

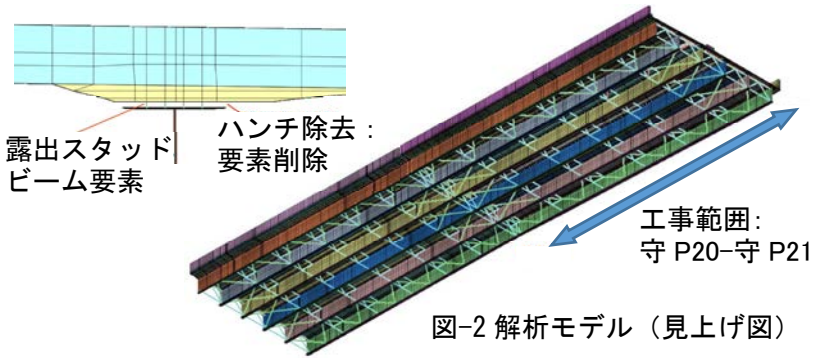
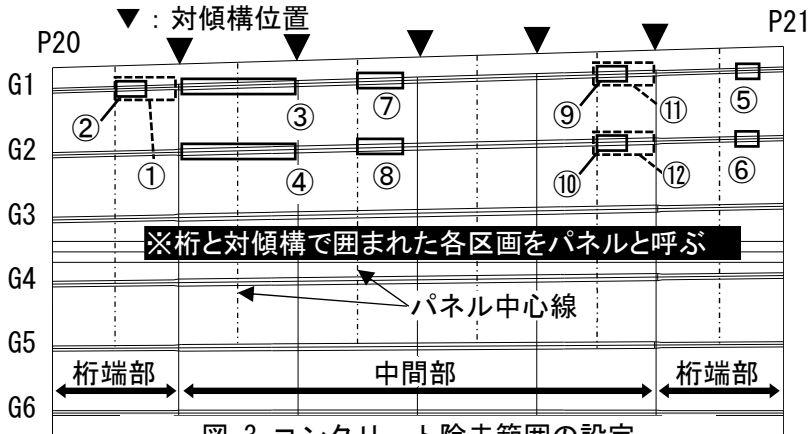


表-2 撤去範囲検討ケース

ケース	桁	位置	長さ:m
①	G1	P20 側桁端部	2.85
②		パネル中心より中央側	1.00
③		中間部 P20 側	5.70
④	G2	端部パネル	
⑤	G1	P21 側桁端部	1.00
⑥	G2	桁端より 1.2~2.2m	
⑦	G1	中間部 P20 側中央パネル	2.0
⑧	G2	パネル中心より中央側	
⑨	G1	中間部 P21 側端部パネル	1.0
⑩	G2		
⑪	G1		2.0
⑫	G2		



解析結果よりコンクリート除去範囲ではスタッド曲げ降伏発生が先行することが確認されたため，表-3 の組合せケースのスタッド応力度一覧をもとに，桁の各位置で降伏しない除去長さを設定した．また，桁端部と中間部の任意の範囲を同時撤去しても，双方のスタッド応力度にほとんど影響がなく，同時撤去は可能と判断された．以上の判断を踏まえ，具体的に以下の方針で WJ 作業手順を計画した．

- A. 桁端部は除去長を 1.0m 以下とする（解析ケース①と②より）
- B. G1, G6 桁の P21 側桁端部は交通規制前に除去しない（解析ケース⑤と⑥より）
- C. 中間部は 5.7m を上限とし隣り合う桁で同時撤去はしない（解析ケース③と③+④より）
- D. 中間部と桁端部は単独除去時に安全な場合は組み合わせで同時撤去可能とする（組合せケースより）

表-3 撤去範囲組合せとスタッド曲げ応力度一覧(スタッド応力度単位：N/mm² 降伏応力度：235N/mm²)

ケース組合せ	スタッド最大直応力度	判定	ケース組合せ	スタッド最大直応力度	判定	ケース組合せ	スタッド最大直応力度	判定	ケース組合せ	スタッド最大直応力度	判定
①	294	NG	⑤	245	NG	⑤+⑨	⑤245⑨102	⑤NG	⑥+⑪	⑥216⑪162	OK
②	219	OK	⑥	216	OK	⑤+⑪	⑤245⑪162	⑤NG	⑥+⑫	⑥216⑫160	OK
③	233	OK	⑤+⑦	⑤245⑦46	⑤NG	⑥+⑦	⑥216⑦46	OK	②+⑦	②222⑦46	OK
③+④	235	NG	⑤+⑧	⑤245⑧60	⑤NG	⑥+⑧	⑥216⑧60	OK	②+⑧	②222⑧60	OK

5. まとめ

実施工では計測²⁾により桁の挙動を確認しながら作業を進め，交通規制前の 3 カ月間に無事完了した．解析結果より接合部コンクリート除去手順を計画することは作業の効率化に有用であったが，多主桁での解析は労力も多大となった．今後は 4．に記載した A～D のようなノウハウの蓄積による検討作業の軽減も必要と考える．

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による床版急速撤去技術の開発（その 1），平成 30 年度土木学会年次講演会

2) 西田信，鈴木英之，佐竹康伸，吉田啓助：合成桁橋 RC 床版取替工事へのウォータージェットによる床版撤去技術の適用（その 1）供用下での施工による鋼桁の健全性の検証，令和 3 年度土木学会年次講演会(投稿中)