

Hydro-jet RD 工法による床版撤去工事の施工例 —阪神高速道路 守 S20—

A Case Study of Deck Removal For Hydro-jet Method (Hanshin Express Way Moriguchi Line S20)

下村 裕二^{*1}
Yuji Shimomura

笠井 克祥^{*1}
Katsuyoshi Kasai

【要旨】

本工事は、阪神高速道路株式会社との共同研究で始まった鋼桁と RC 床版のズレ止め切断に関する研究に伴う実橋による試験施工で、今回で3橋目の取組み案件である。1橋目は阿倍野管理用道路、2橋目は玉出入口路で試験施工として実施され、今回は本線工事として13号守口線本線の床版更新工事を施工した。

撤去準備として、防水吊足場設置工で3か月、Hydro-jet RD 工法による接合部コンクリートの除去に3か月、通行止準備等に1か月という予定工程を遅滞なく施工し、通行止後の床版撤去期間は約4日間であった。

ここでは、玉出入口路からの Hydro-jet RD 工法の変更点と施工計画立案において留意した点について報告する。

【キーワード】 防水式吊足場 ウォータジェットはつり 補強鋼材 無収縮モルタル 床版撤去

1. はじめに

阪神高速道路の実橋を対象とした Hydro-jet RD 工法による接合部コンクリートの除去は、これまで1車線片方向の橋梁に対して実証実験を行ってきた。今回は上下線一体構造（片側2車線の双方向）を対象とした床版撤去工事であったため、これまでの実績を踏まえ、改良改善、新規開発した技術を数多く採用した。

2. 防水式吊足場

吊足場として玉出入口路床版更新工事で採用したクイックデッキ（日綜産業）を採用した。

【採用理由】

ウォータジェットはつり作業や床版撤去作業で使用する水の路下への漏水を防ぐため、足場はこれまでと同様に防水足場とした。

その際に、漏水リスクの高い吊りチェーンの数量が少ないこと、防音パネルが既存の遮音壁と同等の高さである7m程度必要なことから、朝顔と連結し、かつ所用の構造的耐力が得られる梁構造の基本部材を使用するクイックデッキを採用した。

【施工計画上の留意点】

- ・仮設ヤードが狭く、路下には大阪市の2車線の市道があるため、夜間1車線を規制して設置を行った。
- ・側面からの資材の搬入搬出が困難であったという玉出入口路での施工の反省から、防水に配慮したうえで床面の一部に開口部を設置し、資材の搬入搬出を行った。
- ・防音パネルの高さが7m延長で20mを越えることから、軽量型のパネル採用を検討し、強風時の風荷重対策として足場内から風抜き対策が可能なクイックパネル（日綜産業）を採用した。



写真-1 防水型吊り足場（チェーン間隔5m）



写真-2 クイックパネル（軽量防音パネル）

1. 大阪支店 橋湾煙突基礎作業所

【課題】

- ・玉出入路同様，橋脚上部に落ちた水が橋脚周囲を伝わり，一部で漏水が生じたため，防水足場以外の橋脚部などの防水，集水できる方法を検討する。

3. ウォータジェット及び改良型補強材

本工事では，接合部内にあるハンチ筋に対応するために，ウォータジェットによるはつり高さを玉出入路までの50mm (±5mm) から30mm (±5mm) に変更した。変更するにあたり細径のウォータジェットノズルと切削幅30mm に対応する薄型の鋼製補強材を開発した。また今後の本線での床版撤去工事を見据え，汎用性と補強材のコストダウンを目指した。

【開発理由】

これまでの試験施工では，接合部の高さが一定（約70mm）で接合部にハンチ筋が存在しない形式を対象としていた。本工事は上下線一体構造であり，中央分離帯を頂点とした両勾配の横断勾配があることから，6主桁の内，G2からG5までの桁については接合部のハンチの高さが変化し，内部にハンチ筋が存在した。これによる構造の違いを表-1に示す。

表-1 玉出入口と守S20橋との違い

項目	玉出入口	守S20(本線構造)
種類	入路	本線
車線数	1車線	上下4車線一体構造
主桁数	2主桁	6主桁
横断勾配	片勾配	両勾配
ハンチ高	70mm	76~168mm
ハンチ筋の有無	無	外桁：無，中桁：有
支間長	21.4m	34.3m
上フランジ縁端から外側スタッドの距離	35mm	37~82.5mm

桁の上フランジとハンチ筋との隙間（被り）は，40mm程度しかなく，玉出入口で使用した鋼製補強材（h=45mm）が設置できないことから WJ 装置の改良を行い，はつり高さ30mm(±5mm)を可能とした（写真-3）。また，この切削幅に対応できる薄型の補強材（h=25mm）を新規に開発した（図-1新旧比較図参照）。

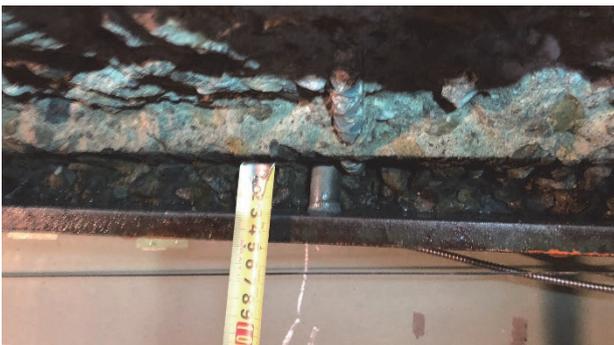


写真-3 ウォータジェットによる切削高さ

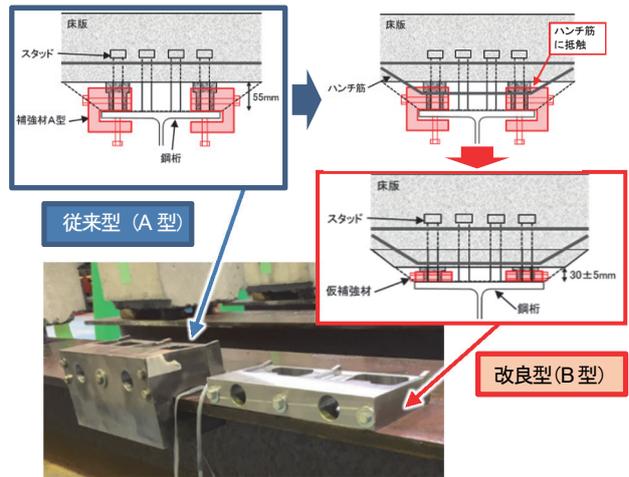


図-1 従来型・改良型補強材比較

【施工計画上の留意点】

①ウォータジェット

- ・当初契約では，作業日数をウォータジェットの施工延長と標準歩掛（切削高が50mm (±5mm) としての実績値）から算出し，実働100日と想定した。
- ・事前の解析の結果，切削高の縮小は，スタッドの露出長の短縮となり，スタッドへの負荷が減ることが判明した。このことから設計上の除去可能延長は支間中央では，これまでの2m程度から4m程度に大幅に向上できた。
- ・しかし，桁端部は，除去可能延長はそれほど長くすることができなかった。主桁本数が多い本線構造では，除去可能延長の短い桁端部の施工量が多く，想定内の日数では収まらない可能性が高まった。
- ・そのため，桁端部と支間中央を同日内で除去可能な組み合わせを解析で導き出し，ウォータジェットの移動ロスを少なく，効率的に施工できるように工程を見直し，結果として81日間で施工が完了できた。

②鋼製補強材（改良型）の配置

- ・鋼製補強材の設置個数は，各施工ステージにおける条件をFEMで解析し，必要最低限数量を決定した。さらに設計・施工マニュアルに従い，補強材を設置する際の向き，補強鋼材同士の間隔が50cmを超えないように配置した（写真-4）。



写真-4 補強材設置状況

- ・実際に接合部を除去すると、橋梁建設時の治具や段取り筋等が残っており、所定位置に設置するには非常に厳しいものがあつた。常に本社設計と情報を共有、協議しながら設置箇所を調整した。
- ・可塑性無収縮モルタルの充填に際しては、品質の安定のため、練り混ぜ温度25度を上限とし、風袋はクーラーのある所で保管し、練り混ぜ水も直前まで冷蔵庫で冷やした。練り混ぜ後の品質確認としてテーブルフロー試験を実施した。硬化後の品質確認のため、打設後15時間後に40N/mm²以上を確保していることを確認した。
- ・圧縮強度試験は、打設ごとに3本の供試体(φ50×100)を採取し、打設後15時間後(翌朝8:00)に簡易試験機で確認した(写真-5)。



写真-5 現場圧縮強度試験

- ・供用時施工の安全性をモニタリングするため、桁に光ファイバーによるひずみゲージを取付け、走行車両を荷重とした桁のひずみを常時測定することにより、桁の中立軸の位置を測定し、中立軸の施工前の測定値との変化を監視した。

4. 床版撤去

床版撤去においては発注者との協議で以下の3条件が提示された。

①撤去順序

- STEP1: 中央分離帯 上部工撤去
- STEP2: 高欄, 中央分離帯部 ワイヤソー切断
- STEP3: 高欄, 中央分離帯部 撤去
- STEP4: 床版コンクリート カッター切断
- STEP5: 床版ブロック 撤去

発注者から、撤去時間を極力短縮するよう要求され、検討協議した結果、4日間が撤去工程目標となった。

②環境上の制約

時間工程表を作成するにあたり、以下の環境条件への配慮が求められた。

昼作業 (8:00~20:00)

発生音: 85dB までOK

夜作業 (20:00~8:00)

基準値以下でも苦情が来れば作業停止になるため、極力、騒音低減に努める

③床版に対する荷重条件

仮設作業を目的とした桁補強は行わないという条件から、揚重機は25tクレーン相当以下とする。

以上の条件から、高欄はクレーンでの揚重、床版は床版架設機(アームローラ)をメインとした併用計画とした。

【採用理由】

- ・玉出入路では、床版撤去に25tクレーンのみを使用した。作業半径により撤去する床版の大きさ(重量)は定格荷重により変化した。そのため、床版のサイズが小さくなるほど、床版を切断する延長が長くなり、騒音規制の関係で昼作業に限定される床版切断作業が工程上のクリティカルとなった。
- ・このことから、本工事では夜間でも作業が可能なワイヤーソー併用による床版切断と、作業半径に影響を受けず、同等の大きさで床版を搬出ができるアームローラを工程比較し、短縮効果がより見込めるアームローラをメインの揚重機として採用した。

【施工計画上の留意点】

・資機材計画

施工数量に合わせた機械台数の割り出し、特に特定建設作業にあたるロードカッターによる切断作業は、昼間限定作業となるため、機械台数を確保しつつ、同時に稼働した場合の騒音が基準値を越えないように配慮した。



写真-6 床版切断状況

・工程計画及び安全衛生計画

4昼夜の連続作業となる事から、施工管理、監督職員、作業員ともに交代で作業を進めていく事から、昼方夜方の区別なく、全員が工程とマイルストーンを意識して作業を進める必要があつた。そのため、すべての工程を事前に可視化し、必要台数の選定、入場退場のタイミングなどを検討し、作業に関わる全員が同じ認識を持つためにBIM/CIMを使って事

前に発注者、架設業者、管理部署（本支店土木部）、協力会社公開した。この事前配布資料は、施工が開始される前に各協力会社において、作業手順周知会に使用されるとともに、現地に設置された WEB カメラを通して現場状況と見比べることにより、進捗具合が明確にわかったため、各方面からの進捗状況の問い合わせ数を大きく削減できた。図-3に床版切断、図-4に床版搬出の BIM/CIM モデルを示す。

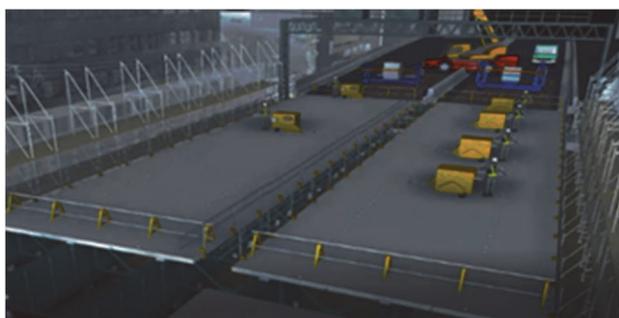


図-3 BIM/CIM モデル(床版切断)



図-4 BIM/CIM モデル(床版撤去)

・揚重計画（高欄）

高欄のブロック搬出は 25t クレーンを使用し、事前に吊り荷重及び回転時のアウトリガー直下の床版及び桁への影響を検討した。高欄撤去状況を写真-7に示す。



写真-7 高欄撤去状況

・揚重計画（床版）

床版については、アームローラの吊り上げ能力及び、吊り上げ時、及び走行時の桁への影響を検討した。特に、床版を橋軸直角方向に切断した後、その上を走行することによる桁への影響、また損傷した床版の耐久

性は未知の部分があった。そのため、施工前に床版架設業者及びアームローラ開発業者と共同で試験施工を行い、吊治具による吊り上げ、旋回した状態の機械の安定度などを確認した（写真-8）。また、床版を吊上げた時の輪荷重を測定し、そのデータをもとに解析を行い、床版への影響を検証した。



写真-8 アームローラ試験施工



写真-9 現地における床版撤去作業状況

・騒音防止対策の計画

隣接のホテルを来客と作業員の休憩用に借り切った。また、桁の側面に吸音板を貼り付け、補強材のモルタルはつり時の騒音の低減を行った。

・搬出車両の交通管理計画

高速道路を通行止めにしたことで、一般道の渋滞が想定されたため、標準的なサイクルの搬出車両台数に対して 50%の予備車両を準備し、工程遅延リスクに対応した。

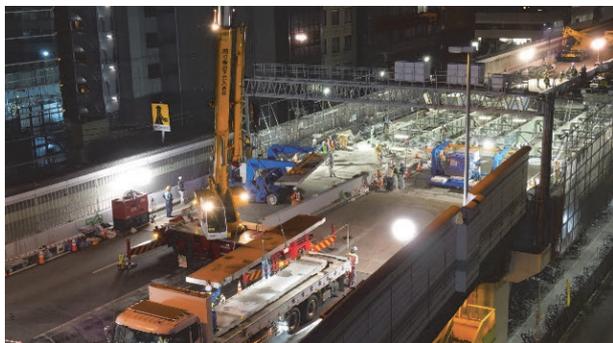
【床版撤去における工程結果】

施工期間中、苦情もなく、94 時間（4 日間）ですべての工程を完了させることができた。また、工法の特徴を活かし、架設業者に部分的に順次引き渡しを行った結果、予定していた通行止め期間を全体で約 1 日程度短縮できたため、発注者から高い評価を得られた。

【今回の施工における課題】

今回、騒音対策の制約により夜間に作業が行えず、実施工程表上では空白の時間帯があり、工程を短縮できる時間があった。今後、今回の施工で得たデータか

ら歩掛を更新し、施工順序及び班体制から最適工程を検討する。また、今回は6主桁構造であったため、上下線を3主桁構造に切り分け、同時施工できたため急速施工が可能であったが、一部の路線で主流となっている5主桁構造の撤去方法に対する検討が必要となる。



写真－10 床版撤去搬出作業状況

5. まとめ

今回、本線を短期間で床版撤去ができたことで、これから更新が必要な他の床版に対して、当社の技術が有効であることを証明できた。また、一般車を走行させながら行ったウォータージェットを含む準備期間や昼夜連続作業を行った通行止め期間において無事故で竣工できたことから阪神高速道路株式会社より安全表彰の社長賞を受賞できた。今後も経験を積み重ねることで改良改善を行い、唯一無二の技術として展開して行きたい。

謝辞：本工事の施工にあたり、阪神高速道路株式会社様をはじめ、関係者の皆様には多大なご指導、ご支援をいただきました。紙面を借りて深く感謝の意を表します。

Summary This construction project is a joint trial undertaken with Hanshin Expressway Company Limited with real bridges as part of a research project on cutting steel girders and RC deck slabs to prevent slippage. This paper discusses the third such bridge. The first bridge was a test work project on the Abeno maintenance road; the second involved the Tama entrance and exit road. The work discussed in this paper consisted of deck slab renewal on the main route of the No. 13 Moriguchi line.

Work to install waterproof suspension scaffolding (three months), followed by work to remove joint concrete by the Hydro-jet RD method (three months), followed by road closure preparations (one month) were performed as part of preparations for slab removal work. Following the road closure, deck slab removal was carried out in about four days.

This paper discusses differences brought about by use of the modified Hydro-jet RD method we adopted after the Tama entrance and exit road work as well as special considerations on the work planning.

Key Words : *Waterproof Suspension Scaffolding, Water Jet Chipping Steel Reinforcements, Non-Shrink Mortar, Deck Slab Removal*

