

高速道路におけるコンクリート高架橋の リニューアル工事について

～北44工区コンクリート橋改築工事その3～

Renewal Construction of a Concrete Expressway Viaduct

山岸 俊一

Toshikazu YAMAGISHI

川田建設(株)土木・保全事業部工事事務
技術課課長

黒木 武

Takeshi KUROKI

川田建設(株)九州支店工事事務
工事課

田中 孝幸

Takayuki TANAKA

川田建設(株)九州支店工事事務
技術課課長

篠崎 英二

Eiji SHINOZAKI

川田建設(株)工事総括部技術開発部
技術課主任

当工事は、北九州都市高速道路におけるリニューアル工事の一環として、コンクリート橋に対する補修・補強工事を全般的な工種について行ったものである。当工事の特徴として、供用下での高速道路における施工であること、都市部特有の騒音対策が必要であること、桁高が低い中空床版橋であるため狭隘部での作業が必要であることが挙げられる。それらの特徴に対応するため、試験施工や特殊施工を各工種において実施した。

試験施工および特殊施工として、壁高欄のひび割れ抑制材料の比較、吹き付けモルタル材料の選定、要求性能を満たす新材料（モルタル）の開発、壁高欄撤去方法、伸縮装置撤去の工法比較、および中空床版橋での支承取替え工がある。これらについて紹介する。

キーワード：コンクリート橋補修、支承交換、壁高欄撤去、ひび割れ抑制、床版連結、伸縮装置撤去

1. はじめに

当工事は、福岡北九州高速道路公社の北九州都市高速道路において行われている大規模なリニューアル工事の1工区であり、平成16年度から順次発注されている工事の17年度発注工事である。

リニューアル工事の目的は、高速道路全体として荷重増大や劣化などにより損傷箇所等が多く見受けられてきたことに対して、また予防保全として補修・補強することにより、高速道路全体の耐久性を向上させ、今後50年を目標に供用することを主旨とするものである。

このため補修工事の内容は多工種にわたり、コンクリートに対する補修・補強をほぼ全般に行うこととなっている。

2. 工事概要

工事名：北44工区コンクリート橋改築工事その3

工事場所：北九州高速4号線 福岡県北九州市
小倉北区黄金1丁目～白銀1丁目

施工延長：L=567 m（35径間）

橋梁形式：RC中空床版32径間+PC中空床版3径間



図1 施工位置図

供用開始からの経年数：35年（昭和47年竣工）

施工工種および内容

- ① 上部工補強工：炭素繊維補強
- ② 上部工補修工：ひび割れ注入工・断面修復工・床版端部補修工・コンクリート剥落防止工（ガラスクロス貼付）
- ③ 上部工耐震工：落橋防止装置工（RC縁端拡幅）・床版連結工

④ 下部工補修工：橋脚の補修として②上部工補修工と同工種

⑤ 壁高欄工：壁高欄および遮音壁の撤去・新設

以上の工種について工期700日にて、供用中の高速道路を橋面上片側1車線規制（固定規制）および橋梁下面を全面吊り足場にて昼間の施工を行っている。



写真1 橋面全景

写真2 足場設置全景

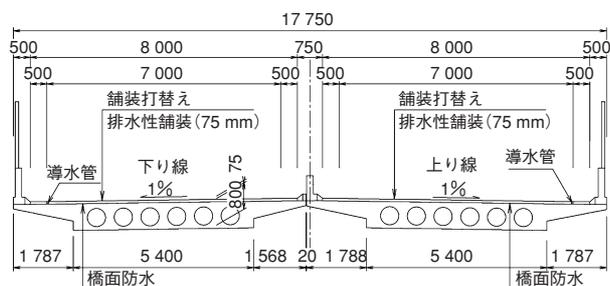


図2 標準断面図

3. 損傷状況について

当工事の施工に先立ち現況の調査を行い、その径間ごとに損傷度判定を行い補修・補強方法を決定した。調査項目を下記事項に記す。

- ① ひび割れ密度・ひび割れ位置の調査
- ② 剥落・断面欠損箇所の調査
- ③ コンクリートの浮き・空洞箇所の調査
- ④ 橋脚コンクリート中骨材のアルカリ反応性試験
- ⑤ コンクリート中の塩分含有量試験
- ⑥ コンクリートの中性化深さの確認

以上について施工範囲全般の調査を行った。上部工は主版下面のひび割れ密度を主眼において、損傷度を3段階でランク分けし補修・補強方法を決定した。

レベルⅠ：損傷は少ないが予防保全としてコンクリート剥落防止（ガラスクロス貼付）を行う。

レベルⅡ：ひび割れが発生しているため床版下面に補強としての炭素繊維を橋軸方向および直角方向に貼り付ける。

レベルⅢ：ひび割れが多く軸力導入として橋軸方向に外ケーブルを設置してプレストレスを導入し、床版全面には剥落防止を行う（今回工事は無し）。

今回調査した結果としては、荷重増によるものと見られる橋軸直角方向のひび割れが支間中央付近に多く確認された。ひび割れ幅が0.2 mm未満のものも多数あったが、

0.2 mm以上を補修対象とした（図3）。

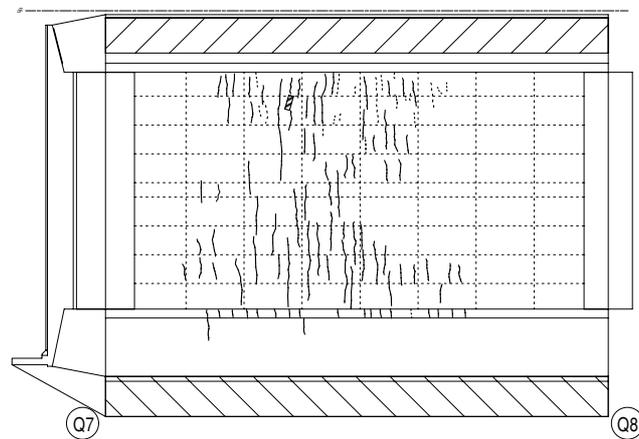


図3 床版下面のひび割れ状況

コンクリートの浮きやジャンカ等の断面欠損は、全体に確認されたが、施工時期や径間によって損傷の多い箇所と剥落等も含めて少ない箇所に分かれていた。

コンクリートの中性化としては、中性化深さが20 mm程度で中性化による鉄筋の腐食には至っていない状況であった（写真3）。しかし、塩分量は漏水箇所に集中して多く確認され、要因として冬季における路面への塩化カルシウムの散布が推定された。



写真3 中性化試験（フェノールフタレイン溶液噴霧）

桁端部は劣化の程度が大きく、鉄筋腐食によりコンクリート面が剥離している状況が全ての箇所を確認された（写真4）。



写真4 桁端部劣化状況（鉄筋腐食による剥落）

また、橋面上は舗装を剥がして床版上面を点検した結果、鉄筋のかぶり厚不足による鉄筋腐食・コンクリート剥離が確認された（写真5）。



写真5 橋面上鉄筋露出

これは、いままでに行われてきた舗装打替え工事でアスファルト舗装を切削する際に、コンクリート面も切削され鉄筋のかぶり厚が減少したものと推定される。

壁高欄の損傷状況としては、壁全面にひび割れが無数に確認され、鉄筋腐食によるコンクリートの剥離・剥落箇所もあった（写真6）。



写真6 壁高欄鉄筋腐食によるひび割れ

壁高欄撤去時に地覆部と床版の打継ぎ部を確認したが、打継面に水の浸入があったものと思われ、鉄筋断面が減少している状態の腐食が確認された。

橋脚の損傷は、主に桁端部からの漏水が多い箇所に集中しており、コンクリートの剥離や剥落が確認された。要因として梁上面付近のひび割れから雨水が浸透し、梁軸方向の鉄筋を伝わって腐食が進み、大きな断面としての割れと剥離が発生したと考えられる（写真7）。



写真7 下部工天端付近の鉄筋腐食による剥離

4. 補修・補強方法について

当工事の補修は下記の対処とした。

- ① ひび割れ：ひび割れの動きに追従できるよう伸び率100%のエポキシ樹脂を注入
- ② 断面修復：浮き部分は電動ピックによるはつり後、鉄筋防錆剤を塗布し亜硝酸リチウム混入の繊維入りポリマー系モルタルにて断面修復
- ③ 表面被覆工：ひび割れの少ない径間は表面被覆を兼ねて剥落防止（ガラスクロス貼付）を行い、ひび割れの多い箇所は炭素繊維貼付による補強、橋脚上の狭隘部や剥落の危険のない箇所は保護塗装を行い、コンクリート表面を全て被覆
- ④ 床版端部断面修復：ウォータージェットによるはつり後、床版下面はモルタル吹付け+端面は無収縮モルタルを打設
- ⑤ 床版連結工：活荷重に対応できるよう床版上面に鉄筋を配置し床版を連結、伸縮装置を設置しない連続構造に改良、支承を弾性体として考え既設の鋼製支承からゴム支承に取替え

5. 特殊工種の紹介

今回④、⑤が特殊施工となるためここで紹介する。

(1) ウォータージェットはつり工

上部工形式が桁高の低い中空床版橋（ $h=800\text{ mm}$ ）であったため、床版端部（桁遊間部）および橋脚上の床版下面は作業空間が無く、劣化部分のはつりを行う場合ウォータージェットによるはつり方法を採用した。



写真8 ウォータージェットによるはつり面

はつり完了後の断面修復作業は、通常の左官仕上げでは困難であるため、モルタル吹付けに行った。この際に材料によって1回当たりの吹付け量（厚さ）が異なり作業性が変わるため、材料選定時に3種類の材料を使用して試験施工を行った。材料はポリマー系のモルタルで1回当たりの吹付け可能厚さ（目安）が30 mm、60 mm、100 mmの3種類の材料を使用して行い、施工後のコア抜

きと目視で密度や施工時に生じる打継面を確認した。表1に試験成績値の比較を記す。

表1 吹付け材比較表

吹付け厚	30 mm	60 mm	100 mm	規格
固化時間	3時間	5時間	—	1時間以上
硬化収縮性	0.04 %	0.043 %	—	0.05 %以下
付着強度 N/mm ²	1.9	1.8	2.7	1.5以上
圧縮強度 N/mm ²	56.9	36.5	64.4	既設コンクリートの設計基準強度以上
評価	○	◎	△	—

結果としては、吹付け厚さが厚くなるに従って気泡量が若干増える傾向であった。また100 mm厚の様な超厚付けは急結材を混入することから、可使時間に制約が出るため表面の仕上げが困難となることが確認できた。今回は施工にかかる層数の低減と狭い空間での作業時間を考慮し、中間的な一層厚さ60 mmの材料を採用した。しかしどの材料も要求する品質は満たされており、今後は条件によってどの材料を使用するか選定する必要がある。



写真9 吹付け試験



写真10 吹付け状況

(2) 床版連結工

床版連結工は、現在の構造系で2径間または5径間連結の中空床版を活荷重+温度による応力に対して抵抗できる補強を行って連続構造に変更し、伸縮装置を無くし走行性の向上やメンテナンスの縮減を目的として試験的に行った。設計検討は、中間脚構造がメナーゼヒンジとなっている箇所があることや、構造系を変更する際に下部工への影響が変化することを考慮して下部工耐力の照査を含めて検討した。施工内容としては、図4のように配

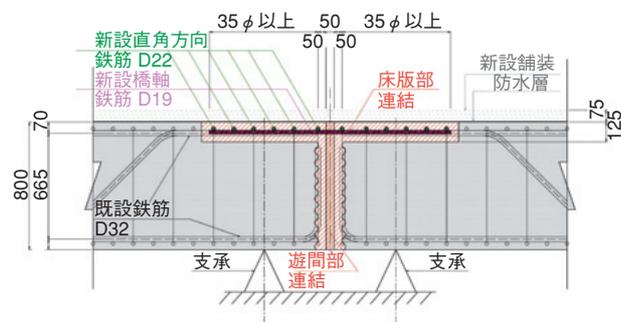


図4 床版連結配筋図

置鉄筋範囲および床版端面をウォータージェットにてはつり、鉄筋配置後に無収縮モルタルを打設した。

断面の充填を無収縮モルタルとした理由は、配置鉄筋を含め既設の鉄筋が密に配置されており、粗骨材が鉄筋間に入らないことからである。

床版連結を行う際の検討条件として、連結部の支承を弾性体と考え設計した。これにより支承を鋼製支承からゴム支承に取り替えた。この時、通常の施工方法は橋座面をはつり支承撤去を行うが、床版橋であるため桁下空間が狭い (h=140 mm~180 mm) ことからブレーカー等にはつることができないため、ワイヤーソーによる沓座の撤去を行った (写真11)。

支承構造としては、アンカーを設置する空間がないためタイプA支承 (写真12) として考え、変位制限装置 (鋼製ブラケット) を別途設置している。



写真11 沓座コンクリート撤去 (ワイヤーソー切断)



写真12 床版連結部支承取替完了



写真13 床版連結完了

6. 試験施工工種の紹介

今回の工事では、発注者の意欲的な取組みにより色々な工種で試験的な施工をさせて頂いた。

これについて工種および施工条件の背景を説明し紹介する。

(1) 壁高欄撤去・新設

橋面工において壁高欄・中央分離帯（以下壁高欄）の撤去と新設を行った。この工種ではまず壁高欄を撤去する方法が問題となるが、撤去方法について3種類の施工を行ったので表2にて特徴を紹介する。

表2 壁高欄切断方法比較表

施工方法	施工方法	特徴	評価
ワイヤーソー十人力はつり	ワイヤーソーにて鉛直および水平に壁部分のみを切断し、地覆部を人力にてはつる。	壁部分のみ切断するためウォールソーにかかる費用が安くできる。はつりによる騒音が大きい。施工速度は遅い。	△
ワイヤーソーのみ	ワイヤーソーにて鉛直および水平に地覆部も含めて切断し、はつり量を減らす。	地覆部の人力によるはつりがなく工程を短縮できる。騒音は小さい。施工速度は中程度。	○
ウォールソー十レベルソー	ウォールソーにて鉛直に地覆部を含めて切断し、レベルソーにて水平に切断する。	床版との境目までレベルソーにて切断できるため、はつり量は最小。騒音も最小。施工速度は表中最速。	◎

都市部工事において騒音問題は、施工時間を制約されるなど工事全体に及ぼす影響が大きい。そこで今回は騒音に重点を置いて、騒音がほとんどなく施工速度の速い方法としてウォールソー、水平切断をレベルソーによる工法として施工した（写真15、16）。



写真14 コア削孔



写真15 ウォールソー



写真16 レベルソー機械全景

壁高欄の新設については、地覆部と壁部分を一体型枠にて一度に打設することにより、地覆・壁部と分けて打設を行うよりも養生期間分施工日数を短縮することができた。

供用下での壁高欄施工で懸念される事項として、交通振動によるひび割れがある。1期施工として行った外側の壁高欄施工時に試験施工として、片側を繊維入り（PP）のコンクリートとし、もう片側を膨張材入りのコンクリートとした。全く同条件での施工で比較を行った結果、どちらも抑制の効果はあるが、膨張材を入れたコンクリートの方がひび割れは少ないことが確認でき、2期目の中央分離帯施工時には、ひび割れ抑制に効果の高い膨張材を採用することとした。

(2) 新材料の開発

通常、床版下面などの左官仕上げによる断面修復材は、剥落防止に対応するためポリマー系のモルタルを使用する。床版端部などの狭隘部で左官仕上げができない箇所には、流込みタイプの無収縮モルタルを断面修復材として使用する。しかし床版端部は常時振動しているため、ひび割れや浮きが発生する恐れがあるが、無収縮モルタルで剥落防止やひび割れ抑制効果のあるものは無かった。そこで(株)宇部三菱セメント研究所へ要求性能を申し入れて、強い付着力・流込み充填性・無収縮・繊維入りという条件に合う断面修復材を開発して頂いた。表3に材料特性値を記す。

表3 材料特性値比較表

項目	今回開発品 (繊維入り)	無収縮モルタル (既製品)	試験方法
J14ロート 流下時間(秒)	10	9	JHS312
モルタルの 流動性(mm)	310	290	社内法
付着強度 (N/mm ²) 材令28日	2.2 (下地破壊)	—	JHS416(モ)
	2.5 (界面破壊)	—	社内法(コ)
圧縮強度 (N/mm ²) 材令28日	63.1	74.1	JHS416
曲げ強度 (N/mm ²) 材令28日	9.6	—	JHS R 5201
数値目標 ① J14ロート流下時間:8±2秒 ② 付着強度:1.5 N/mm ² 以上			

供試体による施工試験を行い、モルタルのひび割れ・浮きも無く充填できることを確認し、床版端部補修にて採用した。その後、同モルタルが商品化され、次期の施工にて流込みの断面修復材として使用することができた。

(3) 鋼製伸縮装置撤去

鋼製の伸縮装置（フィンガージョイント）の撤去についても試験的な施工を数種類行ったので紹介する。

① ブレーカーはつりによる通常の撤去方法

一般的に行われている、ブレーカーによりコンクリートをはつり、ガス切断にて鋼製部品（アンカーボルトやフェイスプレート等）を切断する方法では、ガス切断するため鋼板の裏側に隙間を作らなければならない、作業に時間がかかるとともに騒音の発生が問題となる。このため騒音発生の時間を区切る必要があり連続した作業ができないことも含めて、効率が非常に悪い方法となった。



写真17 ブレーカーによる伸縮装置撤去状況

② 冷凍破壊+水平カッター

（株）橋梁メンテナンスのSANADA工法を試験施工として行った。同工法は、傷となるような浅い切込みを入れ、フェイスプレートを液体窒素により約 -80°C 程度まで冷却してハンマーで叩くことにより脆性破壊をおこし、破断させる方法である。この後フィンガーの無くなった遊間部に水平カッター（JST(株)他の特許工法）を設置し、鋼製部品とコンクリートを同時に切断し撤去した。



写真18 冷凍破壊およびフィンガー撤去完了



写真19 水平カッター切断状況

③ レベルソー+コンクリートカッター+ランス切断

壁高欄撤去の切断にも使用したレベルソー（ナガタ工業(株)の特許工法）によりフェイスプレートを水平に切断し、コンクリートカッターにて残ったプレートをコンクリートから剥がすように切断した。この後ガス切断にてプレートを切断したが、規制帯の都合から端部までカッターを入れることができずガス切断のできない（ガスの吹き抜ける空間が確保できないため）箇所があり、シャープランス（酸素アーク工業(株)）により高温で溶断する方法としてコンクリートと付着しているプレートを撤去した。



写真20 シャープランス切断とランス棒断面

鋼製フィンガージョイントは撤去に時間がかかり、通常行われている夜間規制時間内での撤去・設置は困難であるが、これらの方法の組み合わせや機械の改良により、短時間での施工方法が今後提案できるのではないかとと思われる（今回施工での作業時間ではまだ1日の規制時間内ではできなかった）。

伸縮装置撤去については、通常、ブレーカーによるはつり作業の騒音問題があるが、今回採用したブレーカー以外の方法は、騒音測定も行って確認したところ、作業箇所での音源はあるものの振動がないことから低騒音の工法といえる。

7. おわりに

今回紹介した工事は、試験施工を含め特殊工法等を供用中の高架橋で施工できたため、実験では得られない施工条件の制約を経験することができ、今後の工事にも役立つ大変意義のある工事となった。

これはひとえに福岡北九州高速道路公社の関係各位のご理解、ご協力とご指導、またこの施工に参加・指導して頂いた方々の協力があったことであり、皆様に感謝しこの報告のおわりとさせていただきます。