

(98) 塩害を受けたPC橋の機械化補修・補強施工

—北陸自動車道手取川橋補修工事—

日本道路公団 金沢管理局 小松管理事務所

小林 敬司

〃

森山 守

川田建設(株) 富山支店 工務部

正会員

平田 敏一

〃

○ 宮田 良登

1. まえがき

北陸自動車道手取川橋は、上下線を有する橋長約547mのプレストレストコンクリート8径間連続有ヒンジラーメン橋であり、昭和47年に竣工し、供用開始後20年以上経過している。

本橋は手取川河口を跨ぐ海岸線に位置しており、北西からの季節風が運ぶ飛来塩分による損傷「塩害」が著しく、約10年前に表面被覆による補修を行った経歴がある。しかし、長年の間に相当の深さまで塩分が浸透しており、残留塩分による劣化進行はおさまらず、ひびわれ、剥離、錆汁が継続して発生していた。このため、特に塩分濃度の高い表面付近のコンクリートを全面はつり施工により除去する大規模塩害補修を行うこととした。手取川橋位置図を図-1に、海岸線からの位置図を図-2に示す。

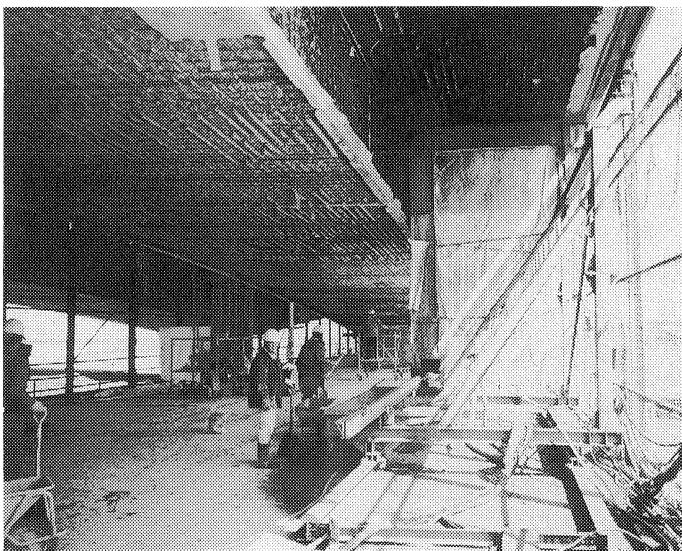


写真-1 ウォータージェット装置によるはつり状況

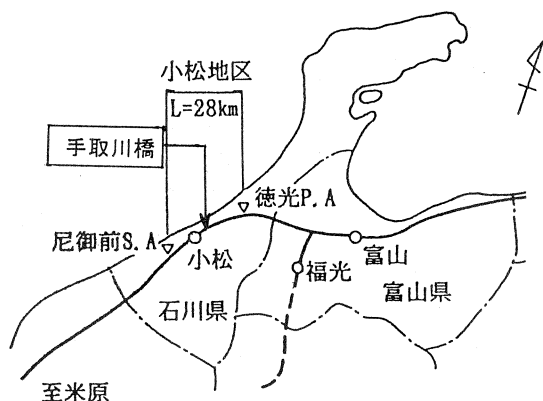


図-1 手取川橋位置図

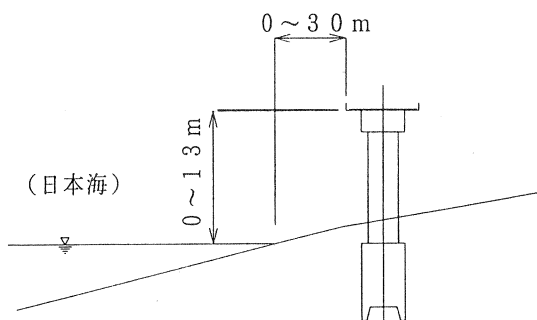


図-2 手取川橋の海岸線からの位置

表面コンクリートのはつり除去量は約4,000m²にもものぼる膨大な量であり、主要幹線道路であるところから交通解放下での施工を余儀なくされるため、出来る限りの急速施工が要求された。

しかし、施工において従来から行われている人力によるはつり作業は膨大な時間と労力を必要とし、省力化の点で著しく不利と考えられる。そこでこのような労働集約型施工の省力化および工期の短縮を図ることを目的に、ウォータージェット装置によるロボット化施工を採用実施した。

また、同時に平成5年11月の道路構造令改訂に伴う活荷重の増加「新活荷重」に対して補強検討すると共に、中央ヒンジ支承、伸縮装置の維持管理の軽減、走行性の改善、さらに橋脚部付近の活荷重モーメントの低減をねらってヒンジ支承、伸縮装置を撤去し、外ケーブルを用いた連続構造とするノージョイント化施工を行った。

本文は省力化、合理化を目的として採用した各種要素技術による塩害補修・補強工事の施工状況および効果についてその概要を報告するものである。

2. 塩害補修・補強施工

2.1 橋梁概要

手取川橋の橋梁諸元は次の通りである。

路線名：北陸自動車道(小松～美川)

工事箇所：石川県石川郡美川町南町～永代町

構造形式：PC8径間連続有ヒンジラーメン箱桁橋

橋長：546.520m

平面線形：R=8,000m

竣工年月：昭和48年8月

補修経歴：昭和60年11月(ガラスクロス入りエポキシ樹脂ライニング)

手取川橋の標準断面図を図-3に示す。

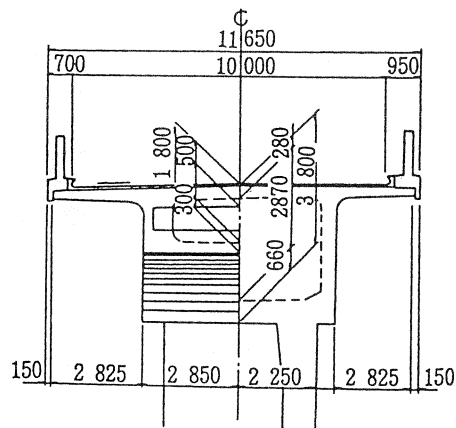


図-3 手取川橋標準断面図

2.2 ウォータージェットはつり工

橋梁補修、補強施工の手順を、図-4に示す。

補修計画に先立ち、橋体の塩分調査を実施した。橋体部位別に表面からの深さと塩分濃度を調べ、はつり深さを決定する際の基準とするものである。測定結果によれば、コンクリート中には、一般にコンクリートのアルカリ雰囲気内で鉄筋の表面に生じている不動態被膜と呼ばれる保護膜が壊されると言われている塩分濃度以上の塩分が、相当度の深さまで浸透していることから、塩分濃度および耐力上許されるはつり深さとして、橋梁箱桁の張り出し床版下面、ウェブ外側、下床版下面の鉄筋かぶり部分約5cmとした。

はつり方法としては、小規模のはつり施

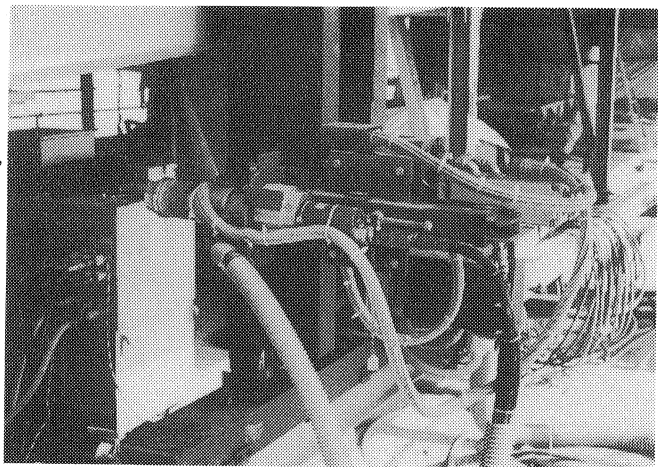


写真-2 ウォータージェットはつり装置

工の場合によく用いられる人力によるはつり工法では、はつり規模から相当の労務工数と工期を要するため、省力化、工期短縮を目的として、超高圧水をコンクリート面に吹き付けることにより、表面をはつり取る、ウォータージェット(以下WJ)はつり装置を利用して行う方法を採用した。

WJ工法は人力はつり工法に比して、以下ののような利点を有している。

- ①はつり早さが早い。
- ②上向きはつりに対する作業性がよい。
- ③高強度コンクリートへの対応が良い。
- ④健全部や鉄筋への悪影響が少ない。
- ⑤はつり後の表面付着力の向上が図れる。

WJ工法はコンクリートの局部解体やコンクリート面の目荒らしなどに利用された実績はあるが、今回のように広い範囲でコンクリート表面部分をはつり取る施工への適用は初めてと思われる。

今回用いたWJはつり装置は、吐射圧力250N/mm²の能力を有するものである。写真-2にWJはつり装置を示す。

はつり能力は、WJ装置のノズルとはつり面の間隔(スタンドオフと呼ぶ)、ノズルの回転数、移動速度、横送りピッチ等と関係する。本橋では当初、予備および室内試験に基づいて定めた値により施工を行ったが、1回のはつり施工では粗骨材の強度、粒度などの影響により、所定の精度のはつり深さが得られなかったため、これらの数値を

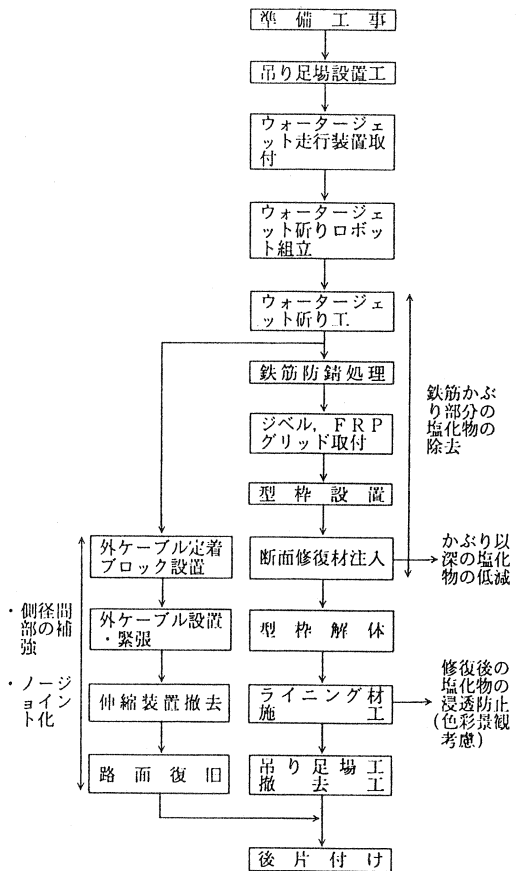


図-4 補修補強施工手順図

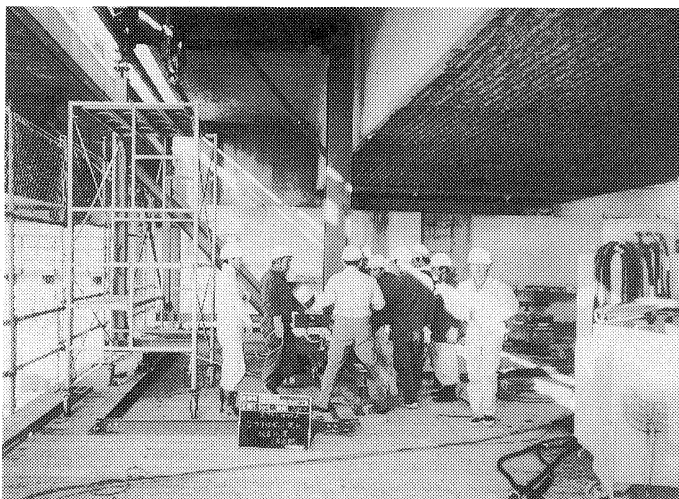


写真-3 はつりロボット組立状況

補正し(ノズル回転数40rpm, ノズルの移動速度80cm/分, ノズルの横送りピッチ115mm), はつり回数を2回に分けて施工を行った。施工能力は全はつり深さd=5cmで2m²/h台であった。

また、はつり能力を高めるために使用水にはポリマーを混入させた。これにより吐射された超高圧水の収束性が向上し、はつり能力が安定するとともに、消費水量も減少する等の効果が得られた。

このはつり装置を効率よく使用するために、本橋では以下の点に着目したはつりロボット(写真-3)を計画し、

施工を行った。

a) はつり能力に影響を与えるスタンドオフの精度を高める。

b) はつりが2方向可能である。

はつりの精度管理は以下の手順で行い、精度向上に努めた。

①はつり前にレーザーを用いてコンクリートの不陸を測定する。

②測定データをもとに基に一定のスタンドオフを確保しながらはつり施工を行う。

③はつり後にレーザーによりはつり深さを計測する。

写真-1に断面のはつり状況を示す。

2.3 断面修復工およびライニング工

はつり取った部分は、型枠設置後に無機系の断面修復材を逆打ち注入して修復を行った。注入厚が約5cmと薄く、注入範囲が広いいため、流動性、ブリージング率、乾燥収縮などの諸要求品質を満たす材料を、事前試験を実施して選定した。

また、はつり面との付着性や一体化を確認するために、一面せん断試験、曲げ試験を行い、その結果に基づいて打ち継ぎ面には0.04%のステンレス製の、あと施工アンカージベルを配置するとともに、ひびわれ分散効果や曲げ補強および万一の剥落防止を目的として、断面修復材の中間部に炭素系のFRPグリッドを配置した。図-5に断面修復工概念図を示す。

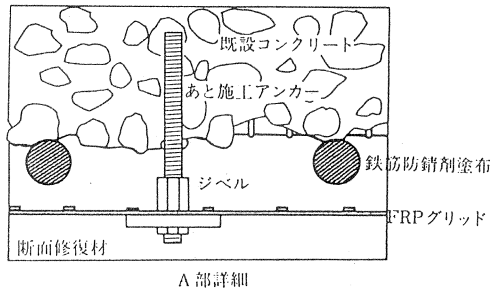
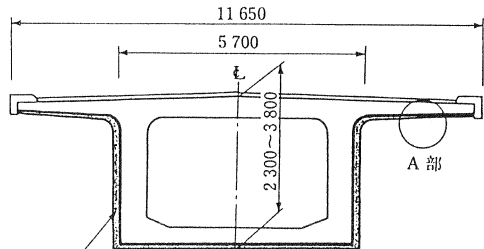


図-5 断面修復工概念図

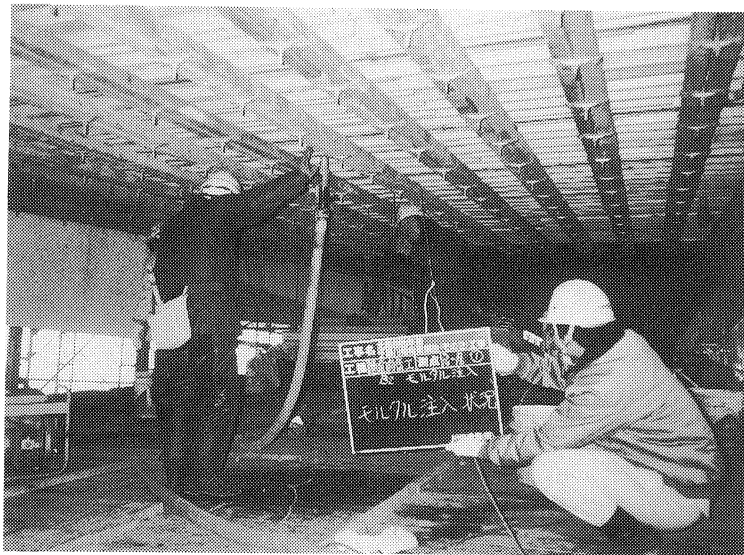


写真-4 モルタル注入状況

コンクリートをはつり取った部分より深い位置まで基準塩分量(1.2kg/m²)を超える塩化物が浸透している箇所は、亜硝酸塩を断面修復材に混入させることにより内部浸透させ、不動態被膜を形成させることとした。また、補修後のコンクリート表面からの塩化物の浸透に対しては、ライニング材で覆うことで防止することとした。

なお、これらの補修、補強は、原則として橋面の交通供用を行いながらの作業であるために実荷重を考慮したPRC設計として、施

工途中の構造安全性を確保した。写真-4にモルタル注入状況を示す。

3. ノージョイント化

本橋は多径間の連続有ヒンジラーメン橋である。

有ヒンジラーメン橋はヒンジ部に伸縮装置を有しており、利用者から、走行性の悪さに対する苦情が寄せられることが多く、このため、新設橋計画時においてはジョイントレス化が進められている。

また、既設橋においてもそのメンテナンスに多くの費用を要することから、ノージョイント化に関する研究が積極的に行われている。このような背景から、今回の工事にあっても、中央ヒンジ支承、伸縮装置の維持管理の軽減、走行性の改善、さらに橋脚部付近の活荷重モーメントの低減をねらって、ヒンジをなくし、連続構造とするノージョイント化を図った。

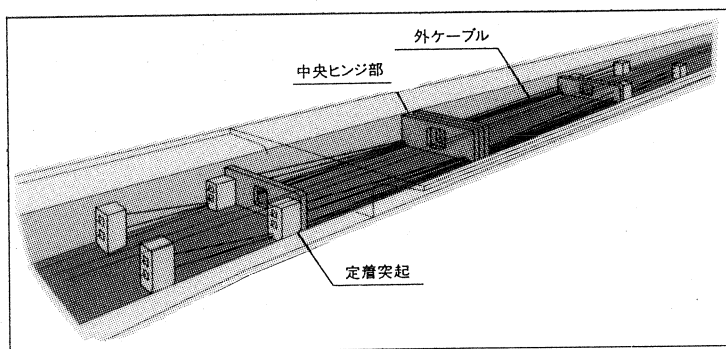


図-6 外ケーブルによる連続化概念図

次に、どの程度の径間までノージョイント化が可能か、地震時荷重作用時、温度荷重作用時について橋脚および基礎を対象にして検討を行った。その結果、本橋は橋脚高さが支間長に比べて短いため、連続化した場合橋脚および基礎に大きな曲げモーメントが発生し、現状のままでは全径間ノージョイント化は困難と判断し、ヒンジ部を一箇所だけ残して連続化を図った。

外ケーブルによる連続化概念図を図-6に、また外ケーブルの全景を写真-5に示す。

外ケーブルの定着および偏向はコンクリートブロック方式によった。ブロックは橋体

なお、有ヒンジ構造を連続構造にした事例はこれまでほとんどなく、本橋が日本国内でも初めてである。

計画に当たり、まず構造的にノージョイント化が可能かどうかの検討を行った。連続化後の支間部においては、活荷重による正の曲げモーメントが発生するが、これに対して、箱桁内スペースに設置可能な本数の外ケーブルを配置することで対処できるとの結果が得られた。

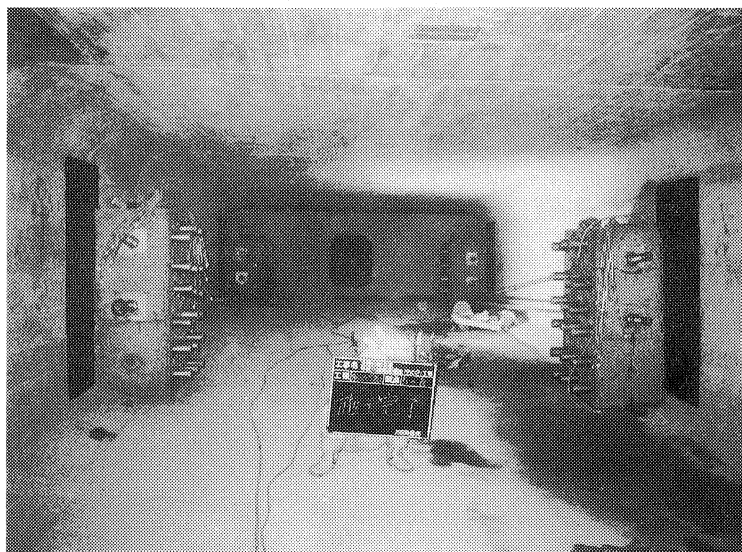


写真-5 外ケーブル全景

ウェブを削孔し、貫通させたPC鋼棒を緊張して定着した。定着ブロックの橋体側背面にはプレストレスにより引張力が発生するため、鋼板により補強している。PC鋼材は施工の省力化と工期短縮を目的に、(F130T型φ48.1)ノングラウトプレハブタイプを使用した。

ヒンジ部の間詰めおよび外ケーブルの緊張作業は、全面交通規制下のもと昼間1日で行った。伸縮装置の撤去は別途片側交通規制のもとで施工を行った。

4. あとがき

今回のような大規模な塩害補修・補強工事は、社会資本の健全性確保のために今後さらに増加する傾向にある。これまでは作業の特殊性から作業員の技能に頼らざるを得ず、省力化を進めにくい状況であった。今回、塩害補修作業の中で最も労働集約型作業の一つであるはつり工に、WJはつり工法を採用することで施工工数の低減および工期短縮に大きな効果があることが確認できた。

また、有ヒンジ構造のノージョイント化は、構造的に可能であれば、維持管理の軽減、橋脚上の曲げモーメント低減に効果があり、経済性、施工性の改善が進めば今後の適用に期待がもてると思われる。

以上のように本橋においては塩害補修、補強施工に各種要素技術を組み合わせ、施工の合理化、省力化を図り、一応の成果を得ることが出来た。しかし、前述の通り、補修、補強施工は作業や解析条件等が特殊であり、場合によっては新設橋よりも技術的に高いレベルを要求されることもある。また、使用する資機材の汎用性や使用量が少ないこともあり、経済性など解決して行かねばならない課題はまだたくさんある。

最後に、今後さらに増えるであろう同種の社会資本整備工事の一層の効率化、および省力化をめざして、他の要素技術の組み合わせ等を含めて研究を進めることが必要であると感じている。



写真-6 完成写真

参考文献

- 1) 佐々木, 森山: 最新技術を融合した塩害橋梁の大規模補修補強, 土木学会誌, P10-13, 1995年11月
- 2) 岡井, 森山, 他: 塩害を受けた橋りょう上部工の全面修復, コンクリート工学, Vol. 34, No. 2, 1996年2月