

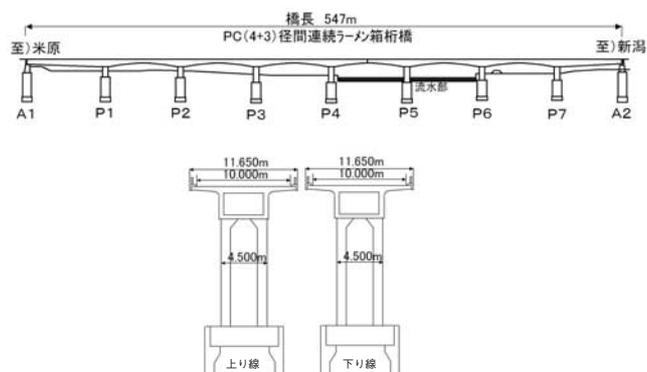
損傷した橋梁についての補修事例の報告

松田 健治・津野 康則

北陸自動車道手取川橋は、建設後 34 年を経過し、飛来塩分の浸透、橋脚基礎の洗掘、橋脚・基礎天端の磨耗損傷が進行している。今回、橋脚耐震補強に併せてこれら劣化損傷部の橋脚の補修・補強工事を実施するにあたり、施工箇所が河口部という特異なことから「損傷対策工」の検討、「施工時期」「仮締切等仮設備工」「周辺自然環境対策」の検討が必要となった。本報告は、この検討内容と施工結果を報告する。
キーワード：橋梁、塩害、洗掘、耐震補強、コンクリートはつり、鉄筋腐食、RC 巻立て、野鳥、コアジサシ

1. はじめに

手取川橋は、昭和 47 年 10 月に北陸自動車道で最初に開通した小松 IC～金沢西 IC 間に位置し、橋長は 547 m である（図—1）。



図—1 手取川橋 橋梁一般図

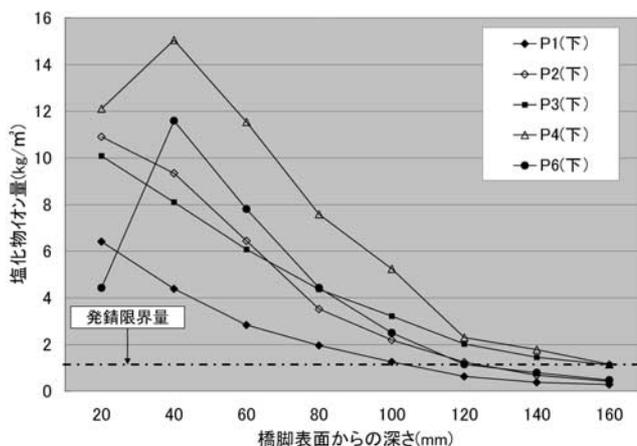
橋梁形式は、上部工が PC (4 + 3) 径間連続ラーメン箱桁で、橋脚は円形単柱式、基礎はケーソンである。本橋は、一級河川手取川の河口部に位置し海岸にも面していることから、「冬季波浪による飛来塩分の浸透」「海岸浸食による橋脚基礎の洗掘」「橋脚及び基礎部の磨耗損傷」等の劣化損傷が進行している。

2. 橋脚の劣化損傷

(1) 塩分の付着・浸透

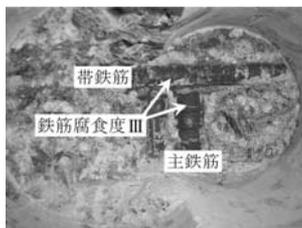
橋脚内の塩化物イオン量の分布は、図—2 に示すように既設鉄筋付近まで、鋼材腐食発錆限界塩化物イ

オン濃度（以下「発錆限界量」）の 1.2 kg/m^3 を超えている。



図—2 橋脚内の塩化物イオン量の分布

併せて実施した鉄筋腐食度目視判定（土木学会「鉄筋腐食・防食および補修に関する研究の現状と今後の動向」平成 9 年 12 月）結果は、写真—1 に示すように腐食度 I（黒皮状態）～腐食度 III（薄い浮き錆）と腐食程度は、軽微である。



写真—1 鉄筋腐食状況



写真—2 基礎洗掘状況

(2) 橋脚基礎の洗掘

基礎天端が浅い P1, P2 橋脚では、写真—2 に示すように基礎周辺の土砂が浸食・流出し、最大 1.7 m 基礎が洗掘・露出している。

(3) 橋脚及び基礎部の磨耗損傷

冬季、橋脚に波浪が当たると、波浪と共に砂礫が移動しコンクリートを繰り返してこする現象（ブラスト）が発生し、写真—3 に示すように、橋脚等のコンクリートが磨耗する。平成 5 年に、P1, P2, P3 橋脚に鋼板（厚さ 6 mm）とクロロプレーンゴム（厚さ 6 mm）で被覆防護したが平成 14 年にはその一部が磨耗消滅した。写真—4 に鋼板の消失状況及び橋脚の磨耗状況を示す。



写真—3 橋脚磨耗状況



写真—4 鋼板の磨耗消失状況

P1, P2 橋脚の基礎天端でも、写真—5 に示すような磨耗が発生している。



写真—5 基礎天端鉄筋露出

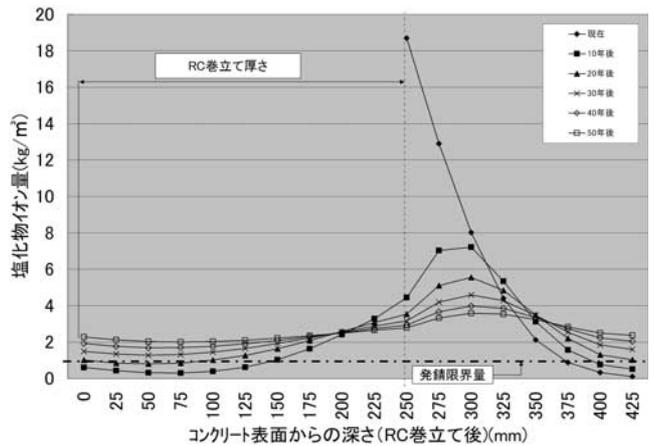
3. 対策工の設計・検討

(1) 橋脚耐震補強

下部工補強の主目的である橋脚耐震補強は、鉄筋コンクリート巻立て（以下「RC 巻立て」）厚さ 250 mm とした。河積阻害率の増加抑制のため、鋼板巻立て工法や炭素繊維巻立て工法も比較し、耐摩耗性や塩害の耐久性を含めて検討した。

(2) 塩害対策

2. (1) で述べたように、コンクリートかぶり内に高い濃度の塩化物イオンが浸透している。この塩化物イオンを除去せずに RC 巻立てすると、塩化物イオンの拡散予測値は、図—3 に示すように『将来、塩化物イオンが再拡散して、既設鉄筋、補強鉄筋ともに発錆限界量以上の環境になること』が予想される。



図—3 塩化物イオンの拡散予測

このため、先ず根本的な塩害対策として、橋脚表面で塩化物イオン量の多い部分のコンクリートを約 125 mm 除去し、その面より RC 巻立てを実施することとした。この結果、塩化物イオンの拡散が殆ど発生せず、鉄筋が発錆する恐れが無くなる。また、同時に河積阻害率の増加を抑制することも可能となる。

更に、道路橋示方書Ⅳ下部構造編 6 章「塩害に対する検討」で“海岸部”に求められる、最小かぶり 70 mm にコンクリート塗装を併用する対策を実施した。

(3) 洗掘対策

本橋の洗掘は、河川中流部での洗掘と発生原因が異なり、河口部での海岸浸食に起因することから、河川、海岸工学等の学識経験者等による「河口部に位置する橋梁の補強に関する検討会」（委員長：金沢大学大学院 玉井信行教授）を設け各種検討を実施した。その結果、わが国では施工事例が極めて少ないが、河川の流水阻害の恐れが低く、経済的で周辺環境に調和するよう、標高 + 0.5 m の高さに自然の土砂や石を河口部砂州に投入（土砂投入）し、自然に近い砂州を再生させる対策を実施することとした（写真—6）。また、特に防護を必要とする橋脚基礎周辺には、投入した土砂の安定を図る目的で 6 ton 級のコンクリートブロック（以下「平ブロック」）を配置する。



写真一六 土砂投入状況



写真一八 冬季の波浪状況

(4) 磨耗対策

橋脚の磨耗対策は、超高強度繊維補強モルタル製の埋設型枠（以下「埋設型枠」）を厚さ 50 mm で橋脚周面を覆うこととした。埋設型枠の設置高さは、平成 5 年及び現況の磨耗範囲に約 0.5 m の余裕代を確保して、標高 - 1.5 m ~ + 2.4 m の範囲とした。埋設型枠の取付け方法は、既設躯体にアンカーを打ち込み、アンカーに帯バンドを設置し、帯バンドに埋設型枠を取り付ける構造とした（写真一七）。このアンカーと帯バンドは円形単柱式橋脚に合わせた専用の取付け金具として設計した。



写真一七 埋設型枠取付け状況

4. 施工・仮設計画の検討と結果

(1) 施工時期

河川内の工事は、非出水期（10月～翌年6月）に施工することが一般的である。しかし、日本海では冬季（特に12月～2月頃）に波高6～8mの波浪が発生し、手取川橋では写真一八に示すように橋脚が直接波浪を受けることから、この時期の施工は危険である。

また、今回の橋脚工事は「仮締切工」「基礎等損傷部の補修」「中空橋脚内の洗浄」「コンクリートのはつり」を実施した後に「足場工」「鉄筋工」「型枠工」「コンクリート工」「コンクリート塗装」「足場解体」「仮締切工撤去」までが一連の作業であり、約7ヶ月間の作業期間を要する。特に、本工事の特徴として、工事初期の段階に塩害対策として、塩化物イオン量の多い部分のコンクリートをはつり出し、既設鉄筋をほぼ露出させることから、施工途中に一時休止して冬季波浪を受けることは、塩害対策から避けなければならない。このことから、本工事の施工期間は春4月～秋11月頃とした。

(2) 仮締切等仮設計画

日本海側では、冬季を除く平穏期（4～9月）でも、作業基面（または仮設防波堤）は、標高約 + 2.5 m の高さを確保し、更に消波ブロック設置等の波浪対策を実施し、作業箇所が波浪を受けない仮設計画が一般的である。しかし、今回は河川内であることから流水阻害となるこれらの仮設計画は困難である。また、前項で述べたように、施工時期が出水期にあたることから、仮締切を始めとする仮設備は河川流水への影響がほとんど発生しない高さ・構造とすることが求められる。このため、仮締切工の高さは、「準二次元不等流計算」（「建設省 河川砂防技術基準（案）同解説・調査編（平成9年10月）」）による水位計算を行い、施工前（仮締切無し）と施工中（仮締切有り）の水位の差で検討した。その結果は、仮締切高さ（施工基面高さ）が標高 + 1.5 m であれば、河川への影響がほとんど発生しない計算結果を得た。この仮締切工の構造は、ライナープレートと大型土のうによる土堰堤とし、土砂は砂州内の土砂により構築する構造とした。これも出水時に土砂がフラッシュして流されることにより流水阻害を低減することを目的としている。

更に仮締切工への波浪対策として、3. (3) 洗掘対策で述べた土砂投入の前浜勾配（海側に形成する盛り土のり面の勾配）を1:10とし、海岸工学の緩傾斜堤の機能（波の浅水変形による波の減衰）を持たせた。その上、橋脚基礎の洗掘対策に使用する平ブロックを工事開始と同時に製作し、投入した土砂の波浪や出水による流出防止として平ブロックを波打ち際に仮置きした。

(3) コンクリートはつり工

橋脚の表面約125mmを除去することは、“円形形状の健全・強固なコンクリートを、均一にはつり取る”ことであり施工実績が殆どない。

一般的に既設コンクリート構造物をはつり取る工法は、既設躯体にマイクロクラック等の影響を発生させないウォータージェット工法（以下「WJ工法」）を採用することが多い。本工事でWJ工法を採用した場合、はつり体積が多く、工期を要し、コストも多大となる。

そこで市場に出回っている工法で、既設躯体に影響が少ないと思われる機械はつり工法の適用性を試験した。このはつり機械は、写真—9に示すようにコンクリート表面を、圧搾空気で押出されたハンマーが繰り返し打撃して、コンクリートを細かく粉砕するものである。



写真—9 機械はつりによる施工状況

試験の結果、粉塵の付着、表面数mmの深さにマイクロクラックの発生、一部の粗骨材にひび割れの発生、新旧コンクリートの付着力低下が確認されたことから、機械はつり工法単独での適用には、課題が多いことが明らかとなった。従って、機械はつり工法とWJ工法を組み合わせることで、これらの課題が解決でき、適用することができると判断した。

橋脚コンクリートは、強固なコンクリートであるこ

とから、コンクリートはつり工に、想定以上に多くの時間と労力を要した。

コンクリートはつり工では、深はつりを防止するため密な間隔・頻度で深さ管理を行い、はつり面の平坦性も確保した。機械はつり並びにWJ工法によるはつり表面の平坦性を写真—10に示す。新旧コンクリートの付着力も十分確保された。この組合せた工法の採用により、工期の短縮と、コストの低減を図ることができた。



写真—10 コンクリートはつり面の状況（WJ工法後）

5. 周辺環境対策

(1) 野鳥

手取川河口部の砂州内には、環境省のレッドデータブックに指定されている希少鳥類「コアジサシ」の営巣地がある。本工事では、この営巣地脇を工事用道路および作業ヤードとして利用する必要があり、1箇所の大いなる砂州を工事現場と希少鳥類の営巣地で分け合う形となる。県内では、自然営巣地がこの手取川河口部1箇所だけであり、野鳥の会、地元自然愛好グループ等が頻繁に観察している。また、国内においては、工事現場にコアジサシが営巣したことにより事業が遅れた事例が幾例も発生している。そのため、「コアジサシ」が現場内へ侵入しないと同時に、例年並みに同じ砂州内で営巣することが求められた。

(2) 対策

本工事での対策は、日頃から現地をよく観察している、関係機関、専門家から多くの提案・助言を受け、コアジサシが飛来する前に現場に乗り込むことや、営巣地への人の立入禁止措置、営巣地内の整備及び現場内巡回等を行なった（表—1）。

この結果、例年通り、コアジサシは飛来し、人間との共存もでき、例年以上の飛来・営巣が確認された。

表一1 コアジサシ対策

目的	対策工	実施場所
野鳥保護	飛来期前の現場着手	現場内全域
	立入禁止用フェンスの設置	営巣地外周
	営巣地内の整備（誘導用）	営巣地内
	現場内巡回（侵入防止）	現場内全域

このことは地元新聞にも記事として掲載され（図一4）、十分な結果が得られた。



図一4 新聞記事（2006年5月17日 北陸中日新聞）

6. おわりに

河口部での施工は、非常に特異な検討が必要となり、補修・補強のコンクリート工学以外に河川工学、海岸工学、周辺での施工実績、自然観察者の意見・情報等を広く収集し、当初の目的に応じた対策工および施工法を検討し、周辺環境に配慮しながら本工事を行った。「機械はつり工+WJ工法」、「土砂投入」、「平ブロックの仮置き・移設」、「埋設型枠」は、いずれも検討の中で工夫した新しい試みであり、これまでのところ期待した効果を発揮できた。

塩害対策で採用した機械はつり工は、WJ工法や人

力はつり工よりも安全で効率的で均一な仕上がりととなった。

洗掘対策で施工した土砂投入（緩傾斜堤の効果）による施工現場への波浪低減、仮置き平ブロックによる投入土砂の流出抑制等、一定の効果が見られた。また、施工中に新たに必要となった追加波浪対策については、海洋土木の専門家による経済的で効果的な対策工の提案があり、その対策工を取り入れて工事を進めることが可能となった。

磨耗対策では、埋設型枠パネルの組み付けや目地詰めに苦勞したが、堅牢な構造とすることができた。

工事着手時から、水面部での汚濁防止膜使用、工事用道路の仮舗装、水洗いした栗石・自然石の使用、コアジサシ営巣地の整備・囲い・現場内巡回等を着実に実施し、この結果、鮭・鮎は例年通り遡上し、コアジサシとも共存できた。

これらの検討・施工は、「河口部に位置する橋梁の補強に関する検討会」の玉井委員長を始めとする先生方や国土交通省を始めとする関係機関のご指導、地元のご協力、施工業者の方々のご努力によるものである。この紙面をお借りして厚くお礼を述べたい。引続き、洗掘対策・磨耗対策の効果が維持すると共に本工事で工夫した新しい技術・工法が普及することを願っている。

JICMA

【筆者紹介】



松田 健治（まつだ けんじ）
中日本高速道路(株) 金沢支社
金沢保全・サービスセンター
改良担当課長



津野 康則（つの やすのり）
中日本高速道路(株) 金沢支社
金沢保全・サービスセンター