

## コンクリート橋梁における塩害対策の取組み

飯野克宏・川村雅一

### 1. はじめに

国民生活に欠かせないインフラとして道路がある。河川、鉄道等と道路が交差する部分などには、多くの場合橋梁が架かっている。しかしながら、日本は島国であり、その国土は当然ながら四方を海に囲まれており、海沿いの橋梁は海水に含まれる塩分の影響を否応なく受けることとなる。

北陸地方整備局においては、建設省時代から国道8号を中心としたコンクリート構造物の塩分による影響（以下「塩害」という。）対策に取り組んできた。特に平成12年度には高田工事事務所（現、北陸地方整備局高田河川国道事務所）において、「高田工事事務所橋梁塩害対策検討委員会」を設立し、塩害対策に関する一定の知見を得た。さらに平成16年度には、そこで得られた北陸地域での先駆的な知見をもとに、各地方整備局などからの参加を得て、対象を全国の橋梁に拡大し橋梁塩害対策検討委員会（事務局：北陸地方整備局等、以下「委員会」という。）を設立し、今日に至っている。

本稿は、塩害対策を求められている全国のコンクリート橋梁の一助とすべく、これまでの取組みについてまとめたものである。



写真-1 波浪状況

### 2. 塩害のメカニズム

一般的にコンクリート橋梁の塩害とは、コンクリートの中に塩化物イオンが浸入することにより、鉄筋が腐食、すなわち断面欠損することから、耐荷力が著しく低減し、その寿命を縮めることを指している。しかしながら、個々の橋梁における塩害の進行や発生状況については、大きなばらつきがあるのが現状である。その理由としては、地域性、時間的経過、塩分の浸透、損傷形態、交通量などが複合して発生状況が一様でないことに起因しているのではないかと考えられるが、十分に解明されていない。

### 3. これまでの取組み

#### 3.1 塩害橋梁維持管理マニュアル(案)の作成

既設橋梁の3大損傷（塩害、アルカリ骨材反応、疲労）のうち、塩害については豊富な知見を持っている北陸地方整備局において、維持補修策の取組み状況の取りまとめ及び全国への発信を担当することとなった。各地方整備局等に塩害対策方針についてアンケート調査を行うとともに高田河川国道事務所管内の橋梁において、電気防食工法の有効性の検証・評価や脱塩工法の実証実験を行っている。

委員会では実験において得られた知見や全国の塩害事例をもとに平成20年度に「塩害橋梁維持管理マニュアル(案)」を作成した。他機関においても、塩害橋梁に関する維持管理や点検についてのマニュアル等が検討、作成されている。他のマニュアル等と異なる点として本マニュアル(案)の主な特徴は、対象を塩害環境下であり、塩害により劣化が生じているコンクリート橋梁の上部工に絞っていることである。さらに、①塩害補修した後の橋梁の点検・調査方法、②損傷が進んでいる橋の具体的な処置・対策、③継続調査に基づく検証とこれによるマニュアル更新について記述している。なお、凍結防止剤については、未解明な部分も多いことから、原則、適用外としている。

また、主な構成は、①詳細調査（外観目視、はつり、塩化物イオン含有量、中性化深さ調査を含む）②健全度（劣化予測含む）の評価③必要に応じて耐荷性能の評価④対策⑤記録⑥マニュアルの更新である。他のマニュアル等には未だ記述されていないもので、実務上は必要と考えられる事項であり、橋梁定期点検要領を補足し、塩害固有の特徴を踏まえた考え方に基づいた詳細調査や補修、補強対策を提案している。

### 3.2 塩害発生メカニズムの究明

塩害発生環境を定量的に把握し、環境条件（地域・地形・部材位置等）による劣化外力の違いを反映した耐久設計、維持管理を行うことを目的として、北海道、北陸、沖縄の橋において、各調査を実施している。調査項目は、

#### ①飛来塩分シミュレーション

温度、降水量、風向、風速、日照、湿度、飛来塩分量等のデータにより、周辺地形、部材位置別の塩害環境を把握するもの。

#### ②薄板モルタル暴露試験

薄板状のモルタル供試体に付着または浸透する全塩化物イオン量の測定、飛来塩分量の収集・測定、地域・周辺地形・部材位置別の塩化物イオンのコンクリート表面における流束（断面通過量）を把握するもの。

#### ③裸鋼材暴露試験

裸鋼材の腐食試験を実施し、地域の塩害環境特性を把握するもの。

#### ④含水率測定用供試体暴露試験

コンクリート中の含水率分布の把握のために、コンクリートの含水率を電気抵抗法あるいは湿度計によって測定するもの。

などであり、継続的に調査を行っている。

### 3.3 能生大橋の耐久性調査

平成25年3月に完成した能生大橋近傍において、暴露供試体により各種調査を実施している。能生大橋は、厳しい塩害環境下の橋梁として、北陸地整で初めてエポキシ樹脂塗装鉄筋を標準採用し、ステンレス鉄筋を高耐久性鉄筋として部分採用している。その耐久性を確認するため、実橋近傍に実橋と同じ材料で供試体を作製し、暴露試験により高耐久鋼材を使用した補修・補強に関わる基本データを回収・蓄積し、これらの適用拡大を図ることを目的としている。また、塩害環境調査と暴

露供試体の塩分浸透状況を把握することにより、実橋の塩分浸透状況を補完する。塩害環境調査として、コンクリート表面への付着塩分の測定のため、薄板小型モルタルを設置している。

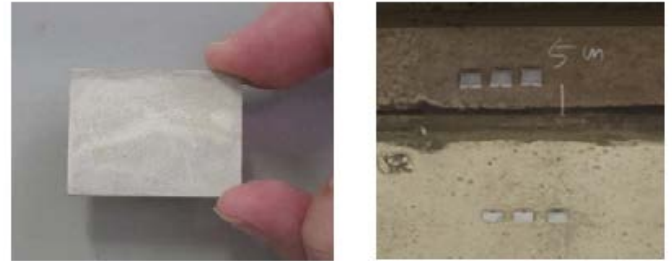


写真-2 薄板小型モルタル供試体

短期暴露供試体（3年，10年）では、鉄筋かぶりを低減した（10mm）塩害促進条件下での試験、長期暴露供試体（5年，10年，20年，30年）では実橋と同じ鉄筋かぶり（70mm）が条件となっている。

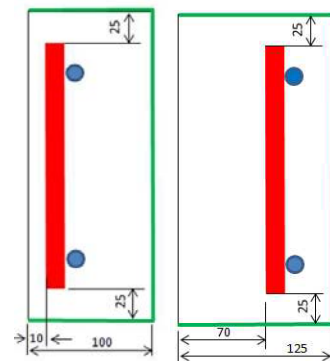


図-1 短期(左)及び長期(右)暴露供試体構造

### 3.4 電気防食工法による効果測定

#### (1)電気防食工法の仕組み

鉄筋の錆びるメカニズムは以下のとおりである。鉄筋は、その長手方向の表面において電位のアンバランスが生じ、そのアンバランスを解消しようとして、鉄筋表面に溶け出す陽イオン（ $Fe^{2+}$ ）が酸素と結合することにより腐食し、赤錆になる。一方、塩化物イオンは、鉄筋周辺の電気伝導度を高め、局所的な電子（ $e^-$ ）の活動を活性化する。

電気防食工法は、鉄筋表面に大量の電子（ $e^-$ ）を供給して長手方向の表面において生じる電位のアンバランスを解消して陽イオン（ $Fe^{2+}$ ）が溶け出すことを防ぐ仕組みである。

(2)電気防食工法追跡調査

高田河川国道事務所管内において日本海に沿って走る国道8号の新名立大橋及び、弁天大橋において電気防食工法(図-5)を経年的に調査している。



図-2 調査位置

電気防食による通電を停止することにより、通電前の電位に戻ろうとする変化量(以下「復極量」という。)をモニタリングし過年度からの復極量の推移により正常に所定の電流が流れているか確認している。復極量の防食基準としては、100mV以上を満足しているかで評価・判定の目安としている。

1)新名立大橋(2001年架設時より工法適用)

新名立大橋のチタン溶射方式ch.2の復極量が通年で100mVを下回った(図-3)。平成22年度の復極量変動原因究明調査により照合電極の劣化

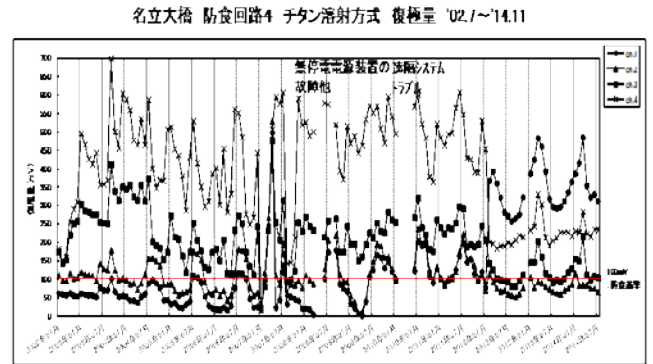


図-3 復極量の推移(チタン溶射方式)

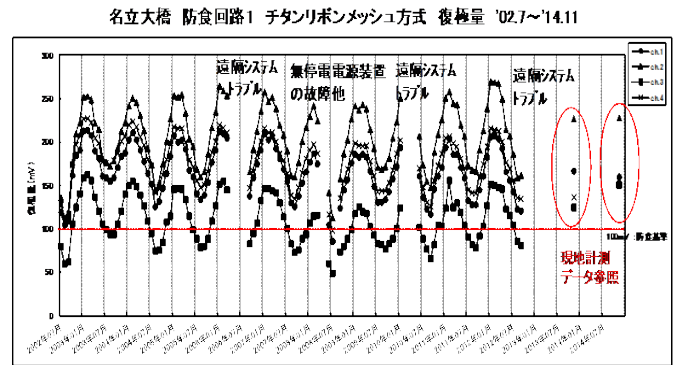


図-4 データ欠損状況

が確認されたことからch.2を交換しているが、今回、復極量が低くなった要因として、目視調査において確認されている皮膜の劣化が原因と考えられる。また、平成25年度の調査において、チタンリボンメッシュ方式(図-4)とチタングリッド方式が、高田河川国道事務所に設置されているモニタリングデータで回収できていない状況であることが確認されたため、詳細調査を実施した。その結果、落雷が原因であることが判明した。

2)弁天大橋(1972年架設、1996年より工法適用)

チタングリッド方式の復極量は、昨年度から大幅に減少し防食基準100mVを下回った。

	チタンリボンメッシュ方式	チタンロッド方式	チタングリッド方式	チタン溶射方式
概念図				
陽極材	<ul style="list-style-type: none"> <li>■チタンリボンメッシュ陽極(幅13mm、厚さ0.7mmの網状)を保護および取付兼用治具であるチタンリボンモールドに収納した陽極</li> <li>■陽極は、配力筋に30cm間隔に設置し、主桁軸方向に設置したディストリビュータと接続</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ロッド型チタン陽極(直径3mm、長さ150mm)</li> <li>■陽極は、PC桁フランジ側面内部に40cm間隔で設置し、チタンワイヤーで接続</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■チタングリッド陽極(幅20mm、厚さ0.5mmの網状)をセメントモルタルで被覆したハイブリッド陽極</li> <li>■陽極は、主桁軸方向に3本設置</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■高純度チタンをアーク溶射によりコンクリート表面に吹き付け、溶射皮膜面に電極活性化剤を散布したチタン溶射皮膜陽極</li> <li>■チタン溶射皮膜は、PC桁下面全面に施工</li> </ul>

図-5 電気防食工法

モニタリングデータから確認したところ、電流値がマイナスを示すなどエラー表示が出ていたため、防食電流がうまく流れていない可能性があり詳細調査を実施した結果、切替スイッチの接点不良及び基板に問題があることが判明した。

(3)電気防食装置について

1)新名立大橋

これまでも遠隔監視装置はトラブルが頻繁に発生しているが、トラブルの発見が調査時点で判明する事が多いため、トラブル発生時の対応策の検討・実施をしていく必要がある。

2)弁天大橋

チタングリッド方式については、接点不良の改善及び基盤の交換を行ったことにより、図-6に示すように、復極量は180~400mV まで増加し、防食基準100mV を満足する値となった。

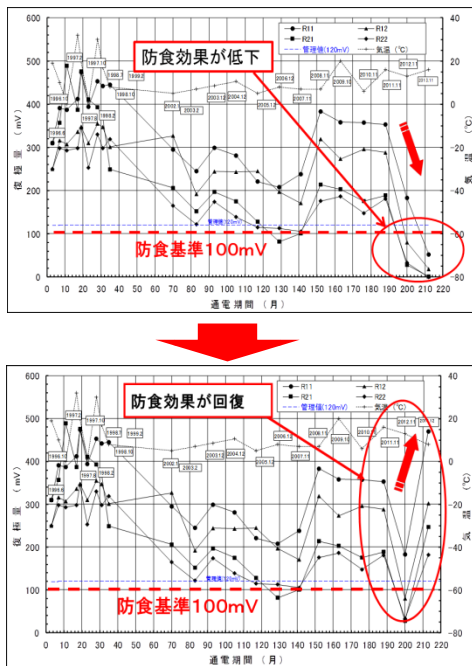


図-6 復極状況

(4) 電気防食周辺機器・装置の維持管理マニュアル(案)の作成

電気防食工法適用後、周辺機器・装置に不具合が発生し、その事例や対処結果を蓄積している。電気防食工法を持続的、効果的に発揮するためには、これら機器の維持管理が重要であることを認識したことから、平成26年度には、「電気防食周辺機器・装置の維持管理マニュアル(案)」を作成した。

4. 今後の予定

平成 27 年度は塩害メカニズム究明のための継続調査を実施しつつ、各地方整備局のコンクリート橋の塩害状況及び電気防食工法を把握し、「電気防食周辺機器・装置の維持管理マニュアル(案)」を全国で適用すべく関係者に照会し成案としたいと考えている。さらに、今後、弁天大橋及び歌高架橋では撤去・解体の予定があり、供用中の橋梁ではできない調査・試験が可能となる。適用した塩害対策の効果を確認・評価した上で、塩害橋梁維持管理マニュアル(案)をフォローアップし全国で適用できるようにすることなどを考えている。

5. おわりに

本調査は、前述したとおり塩害環境下にある橋梁について課題の検討等を行い、計画的な維持管理の推進を図ることを目的に、専門家で構成する委員会の意見・助言を得て、各種調査を実施しているところである。

北陸地方整備局では、今後も塩害対策について研鑽を重ね、引き続き多様な取り組みを実施し、その知見を全国展開していきたいと考えている。

最後に、委員会及びその関係者を始め、塩害の他、維持管理を含めたデータの提供等にご尽力頂いた方々に謝意を表すものである。

参考文献

- 1) 土木学会：コンクリート構造物における自然電位測定方法(案)、2002.12
- 2) 日本エルガード協会：最新コンクリート構造物の電気防食Q&A、新建新聞社、2008

飯野克宏



国土交通省北陸地方整備局  
道路部道路構造保全官  
Katyuhiko IINO

川村雅一



国土交通省北陸地方整備局  
道路部道路保全企画官  
Masakazu KAWAMURA