

塩害地域における新設橋梁 (名立橋) の塩害対策および維持管理計画

(株)富士ピー・エス 正会員 ○川上 毅  
 新潟県糸魚川土木事務所 水沢 登  
 (株)富士ピー・エス 正会員 佐藤 浩康  
 (株)富士ピー・エス 正会員 徳光 卓

1. はじめに

名立橋は、新潟県西頸城郡名立町日本海沿岸近傍に架橋されていた橋梁で、塩害と老朽化により新たに架け替えを計画されたパイプ方式2径間連続プレキャストセグメント桁橋である。

本橋は平成8年版道路橋示方書に基づき詳細設計を終え、平成13年度に発注されたが、旧橋と同様な劣化が作用すると考えられることから、新橋について耐久性評価を行うこととした。評価に先立ち、塩害による激しい劣化がみられた旧名立橋主桁を調査したところ、平成14年版道路橋示方書でI地域と区分される架橋位置ではあったが、S地域相当の対策を行う必要性が確認された。しかし道路橋示方書の、みなし規定に準拠するには構造形式を大幅に変更する必要があるため、材料変更と維持管理計画の中で耐久性を確保するものとした。

本稿では、橋梁施工前に行った塩害に対する耐久性照査とそれに基づいた塩害対策方法、および施工後の維持管理計画策定について報告する。

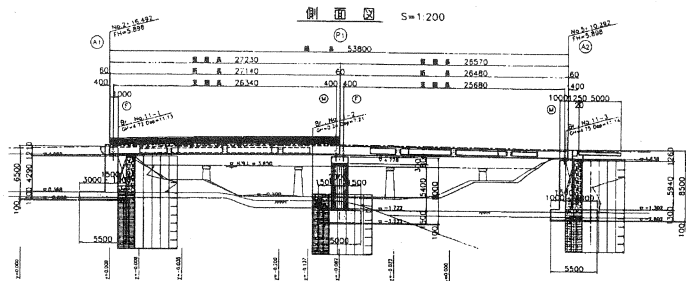
2. 橋梁概要

2.1 橋梁諸元

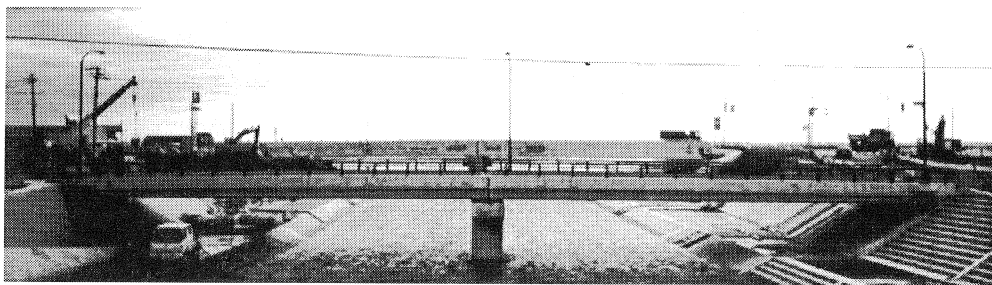
以下に名立橋の橋梁諸元および構造一般図を示す。

表一1. 橋梁諸元

構造形式	パイプ方式2径間連続桁橋	
橋長	53.800m	
有効幅員	8.000m	
活荷重	B活荷重	
使用材料	主桁コンクリート	50N/mm <sup>2</sup>
	間詰コンクリート	30N/mm <sup>2</sup>
	主鋼材	12S12.7
	横締鋼材	1S21.8
	鉄筋	SD295A



図一1. 構造一般図



写真一1. 名立橋橋梁全景

2-2. 設計の概要

本橋は平成8年版道路橋示方書に基づいて設計されており、塩害対策として日本道路協会「道路橋の塩害対策指針(案)・同解説」<sup>1)</sup>よりかぶり50mmがとられている。

また架橋位置が海岸より140mの地点であり、平成14年版道路橋示方書の規定に照らし合わせてもI地域であることから、かぶりは50mmで満足する。図-2に設計断面を示す。

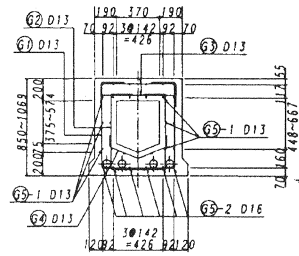


図-2. 主桁断面

3. 名立橋の塩害環境調査

旧名立橋については独立行政法人土木研究所技術推進本部マネジメントチームによって塩素イオン濃度分布の調査が行われた。右に調査結果を示す。

調査結果から推定されるコンクリート表面の塩化物イオン濃度は13 kg/m<sup>3</sup>程度で、これは土木学会コンクリート標準示方書【施工編】-耐久性照査型一、および国土交通省塩害対策マニュアル骨子案<sup>2)</sup>に示される飛沫帯の塩化物イオン濃度に相当するものである。この結果は、平成14年版道路橋示方書に規定する地域外であっても、環境によっては塩害による影響を受ける場合があることを示している。

本橋はこの結果に基づき、新橋の耐久性評価を行うものとした。

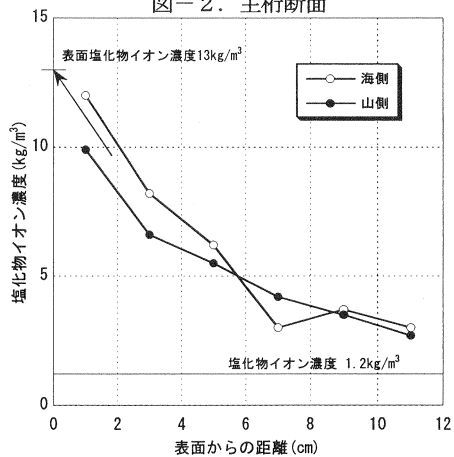


図-3. 名立橋旧橋の塩化物イオン濃度

4. 当初の設計断面における塩害に対する耐久性照査

4.1 塩害耐久性照査の算定方法

塩害に対する照査は最初に、発注時の主桁断面でどの程度の耐久性を持つかという確認から行った。塩害に対する耐久性の照査は以下の資料に基づいている。

- (1) 土木学会「コンクリート標準示方書【施工編】-耐久性照査型一」
- (2) 国土交通省塩害対策マニュアル骨子案

4.2 耐久性照査の条件

耐久性の照査は鋼材表面の塩化物イオン濃度が、鋼材が腐食を開始する可能性を表す値である、鋼材腐食限界塩分量1.2 kg/m<sup>3</sup>に達するまでの時間を表-2の条件で算出しおこなった。

表-2. 照査条件

初期イオン濃度	0 kg/m <sup>3</sup>
W/C	36 %
鋼材かぶり	50 mm
表面イオン濃度	13 kg/m <sup>3</sup>

4.3 照査結果と評価

- (1) 土木学会「コンクリート標準示方書【施工編】-耐久性照査型一」による照査

示方書 P24 に示される回帰式より拡散係数  $D = 1.46 \times 10^{-8} \text{ cm}^2 / \text{s}$

拡散方程式を解くことで  $t = 8.29$  年と算出され、鋼材は約8年後に腐食を開始する可能性がある。

- (2) 「国土交通省塩害対策マニュアル骨子案」による照査

マニュアル P46 に示される回帰式より拡散係数  $D = 5.872 \times 10^{-9} \text{ cm}^2 / \text{s}$

拡散方程式を解くことで  $t = 20.6$  年と算出され、鋼材は約20年後に腐食を開始する可能性がある。

いずれの照査式においても耐用年数100年を満足せず、塩害対策が必要であると評価した。

## 5. 名立橋の塩害対策

### 5. 1 塩害対策の検討

本橋の塩害環境条件は前述のとおりS地域に相当することから、平成14年版道路橋示方書のみならず規定に従うならば、かぶりを大きくすると共に塗装鉄筋や保護塗装を行う必要がある。しかしかぶりの増加は、すでに下部工の施工を終了しており、反力の増加や線形が変化するため実施不可能であり、塗装鉄筋の使用については、工程の遅延と工費の大幅な増加を伴うためコストアップが大きい。

そこで本橋の塩害対策は「飛来塩分の浸透を防止する」「浸透した塩分の拡散速度を遅くする」という対策を主眼として以下の検討を行った。

#### (1) 保護塗装の施工

保護塗装は飛来塩分のコンクリート中への浸透を防止する目的で実施する。塗装は次の2種類の方法が考えられる。

##### ① 保護塗装

施工実績も多く、「塩害を受けた土木構造物の補修指針(案)」に品質規格も示されているが、現場塗装の場合、全面足場をかける必要があるためコストアップが大きいこと、工場塗装の場合セグメント継目の問題を生じること、運搬・接合・架設時に傷つきやすい問題がある。

##### ② 浸透性吸水防止材

コンクリートの表層付近に含浸させた樹脂により表層付近の拡散係数を低下させ、塩分等の浸入を抑制するものであり材料がコンクリート中に含浸されるため、施工に伴う傷に強いというメリットがある。しかし、本工法は含浸深さが計測できないというデメリットがあり、また比較的历史が浅く塗装に比べ施工実績は少ない。

#### (2) 高流動コンクリート(材料名3H-crete)の使用

3H-creteは弊社に実績のあるPC製品用の高流動コンクリートで、特に遮塩性に優れており高強度で、かつ施工性と耐久性も優れている。また、価格は従来のコンクリートと変わらないというメリットがある。

### 5. 2 提案工法による塩害抑制効果

高流動コンクリートは6ヶ月間の促進塩分浸透試験により、同一水結合材比のセメントのみを使用したコンクリートに比べて、塩化物イオン浸透深さを半分程度に抑えることが可能であるということを確認しているが、拡散係数は不明である。そこで同一W/Cの早強セメントコンクリートの拡散係数を、コンクリート標準示方書および塩害対策マニュアル骨子案に基づいて仮定し、促進実験の塩分浸透深さから、高流動コンクリートの拡散係数を仮定し鋼材腐食開始時期の予測を行った。以上より、塩害に対する抑制効果を算出すると、

① コンクリート標準示方書を基にした算定における鋼材腐食開始時期は、浸透性吸水防止材使用では約13年後、高流動コンクリート使用の場合は約34年後と算定される。

② 塩害対策マニュアル骨子案における鋼材腐食開始時期は、高流動コンクリート使用の場合約94年後と算定される。

いずれの算出方法においても、高流動コンクリート(3H-crete)使用の場合は、設計断面に対し4倍以上の塩害に対する抑制効果を期待できることが推定された。

以上、施工・工程・コストを含めて検討及び協議をおこない、塩害対策としてより長期の抑制効果を期待できる高流動コンクリート(3H-crete)の使用にて対処を行うこととした。しかし、性能照査結果は多くの仮定に基づくものであり、高流動コンクリートの使用により耐久性確保は保証できない。そこで維持管理計画の中で定期的な照査を行いながら耐久性を確保するものとした。

## 6. 維持管理計画

### 6. 1 維持管理計画の概要

コンクリート標準示方書【維持管理編】には、構造物の建設時には維持管理計画を策定し管理しなければならない旨が記されている。本橋の維持管理における塩害耐久性確保の考え方は以下の通りである。

- (1) 定期的にコンクリートの塩分浸透深さを測定し、実橋環境における拡散係数を算定して、適宜、塩害耐久性照査結果の見なおしを行う。
- (2) 耐久性照査の結果、設計年数の間に鋼材位置の塩化物イオン濃度が発錆限界を超えることが予想された場合、予防保全のための補修工法を検討する。
- (3) 鋼材位置の塩化物イオン濃度が発錆限界の半分程度となった時点で、塗装などの保全処置を行う。

コンクリートの塩化物含有量測定のための試料は、コンクリートからの切り取ったコアやドリル切削などを用いるが、橋梁本体からの採取は手間がかかる上に、試料採取時に橋梁本体を傷つける可能性もある。そこで本橋では別途暴露供試体を作成し、採取した試料を元に、照査の見なおしと、保全工法の選定を行うものとした。

### 6. 2 維持管理用暴露供試体

維持管理用暴露供試体の形状を図-4に示す。暴露供試体はかぶり50mm位置にD10の鉄筋を配置したもので、橋梁と同じ環境に設置した。

暴露供試体の種類を表-3に示す。暴露供試体はコンクリートの種類と表面処理の方法を替えた6種類各1体とした。コンクリートの種類は高流動コンクリートと通常のPC桁用コンクリートとした。これは実橋の塩分浸透評価に用いると共に、配合変更による効果の定量評価を目的としている。表面処理は無処理、浸透性吸水防止剤、樹脂系保護塗装の3種類とした。これは表面処理効果の定量的な把握と共に、保全工法選定時の資料とすることを目的としている。

今後、供試体は定期的な目視点検を行い、内部鉄筋の発錆による劣化（錆汁、ひびわれなど）を調査すると共に、表面処理材の異常の有無について確認を予定している。また定期的にコアを採取し、塩分浸透状況を把握して維持管理に役立てる計画である。

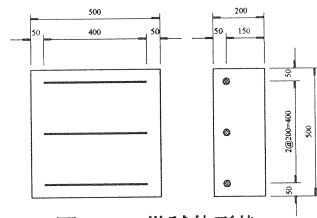


図-4. 供試体形状

表-3. 供試体の種類

	従来コンクリート	高流動コンクリート
無塗装	1	1
浸透性吸水防止材	1	1
樹脂系保護塗装	1	1

## 7. あとがき

名立橋では維持管理計画の中で塩害耐久性を確保する「性能評価手法を用いた耐久性確保」の方法を適用した。平成14年度版道路橋示方書は昭和59年版の道路橋の塩害対策指針(案)に比べて格段に進歩した規格ではあるが、各橋梁の塩害環境は海岸線からの距離だけで一律に表せるものではなく、みなし規定を適用するだけで十分とは言えない。今後の橋梁建設においては耐久性確保とコスト縮減の両立が求められるが、本稿で紹介した耐久性確保の考え方は、その達成に向けた有力な手段となりうる。本稿が今後の橋梁建設と維持管理の一助となれば幸いである。

最後に、本橋の検討を行うにあたり、独立行政法人土木研究所構造物マネジメントチーム田中良樹氏、渡辺博志氏には旧橋の塩分量データ提供や、数々のご助言いただきましたことをここに深謝いたします。

(参考文献)

- 1) 日本道路協会：道路橋の塩害対策指針(案)・同解説、1984
- 2) 国土交通省土木研究所：共同研究報告書270号「ミニマムメンテナンスPC橋の開発に関する共同研究報告書(Ⅲ)－PC橋の塩害対策に関する検討－」に示される塩害対策骨子案、2002.3
- 3) 福田・徳光・添田・大和：高炉スラグを用いた早強性高流動コンクリートの耐久性に関する研究  
プレストレストコンクリートの発展に関するシンポジウム論文集、2001.1