

## 既設RC桁橋の塩害対策補修設計

## — 短繊維混入吹付けコンクリートとアラミド繊維メッシュを併用した工法の事例 —

|                         |     |        |
|-------------------------|-----|--------|
| 株式会社 構研エンジニアリング 橋梁部     | 正会員 | ○木村 和之 |
| 同上                      | 正会員 | 伊藤 雄二  |
| 北海道開発局 札幌開発建設部 滝川道路事務所  |     | 野藤 昌樹  |
| 独立行政法人 北海道開発土木研究所 材料研究室 | 正会員 | 田口 史雄  |
| 同上                      | 正会員 | 栗橋 祐介  |
| 同上 構造研究室                | 正会員 | 三田村 浩  |

## 1. はじめに

北海道の日本海沿岸における鉄筋コンクリート（以下 RC と略称）構造物は、塩害により著しい損傷を受けているものが多い。このような RC 構造物の補修では、調査と原因の究明は勿論のこと、補修を行う適切なタイミングの見極め、効果的な補修工法の評価と選定がとくに重要である。

また、社会資本ストックの本格的な維持更新時代を迎えた今、メンテナンス分野におけるコスト削減は大きな課題であり、積極的な技術開発によって解決を図ることが肝要である。

本論文では、既設 RC 桁橋のせん断補強を目的として「短繊維混入吹付けコンクリートとアラミド繊維メッシュを併用した補修補強工法」を採用した事例について、塩害への耐久性向上に関する、調査、診断、設計等の概要を報告するものである。

## 2. 損傷状況と補修履歴

設計対象橋梁（図-1）は 1973 年 10 月に建設された単純 RC 桁橋である。汀線からの距離は約 50m であるが、低気圧接近時や冬季には風浪がとくに激しく、風にあおられた波しぶきが主桁に付着する様子も確認できるほどである。

建設後 19 年経過した 1992 年、主桁に発生したひび割れと錆汁の滲出に対する補修として表面塗装を行ったが、さらに 10 年後の 2002 年、成長を続けたひび割れは塗装を引き裂き、部分的に剥落を生じさせていたことから、再度補修対策に着手した（図-2）。

## 3. 塩化物イオン濃度の調査結果と損傷原因

的確な塩害対策を実施するために、コンクリート内部に浸透した塩化物イオン濃度の調査を行った。結果の一例として、主桁の海側ウェブにおける調査結果を図-3 に示す。

調査した 4 箇所とも良く似た傾向を示しており、深さ 3.75cm に曲線の盛り上がりを見せる点に特徴がある、この理由は、建設後 19 年目に施工し

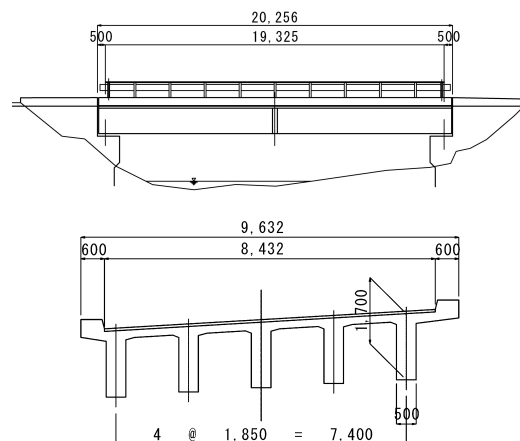


図-1 設計対象橋梁の側面図と断面図

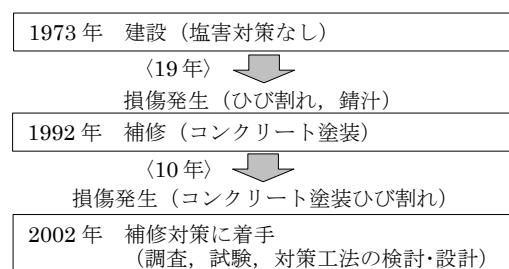


図-2 損傷と補修の履歴

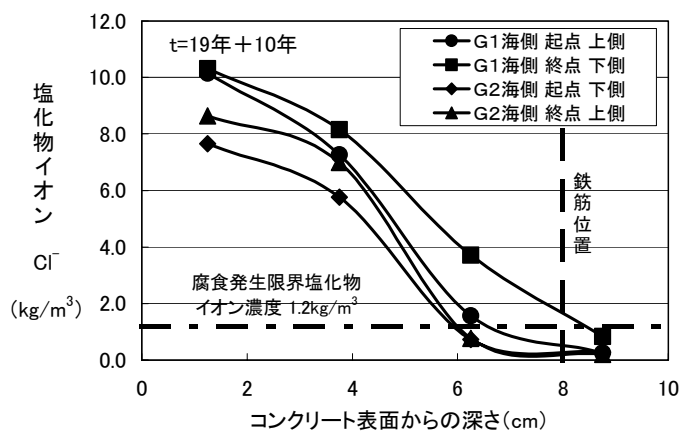


図-3 塩化物イオン濃度（主桁の海側ウェブ）

キーワード：せん断補強、塩害対策、補修設計、鉄筋コンクリート桁、塩化物イオン、劣化予測

連絡先 〒065-8510 北海道札幌市東区北18条東17丁目1番1号（株）構研エンジニアリング Tel. 011-780-2816

た塗装により、その後の塩化物イオンの供給は遮断されているが、内部に蓄積した分の再拡散が進行している可能性も考えられた。なお、鉄筋位置では発錆限界値（ $1.2\text{kg/m}^3$ ）を下回っている。

#### 4. 塩化物イオンの拡散予測手法の検討

建設後 19 年までは表面に塩化物イオンの供給を受ける Fick の拡散方程式による近似解析を、表面塗装により供給遮断した 10 年間は、差分法による再拡散を考慮した拡散近似を行った。その結果を示したのが図-4 であるが、近似曲線は実測値との一致が見られなかった。この理由は、ひび割れの影響によって表面付近のコンクリートに多くの塩化物イオンが蓄積されることが原因で、等質媒体を前提とした浸透拡散予測は適さないことによるものと考えた<sup>1)</sup>。

#### 5. 採用した補修・補強工法

せん断耐力を補う必要があるため、経済性、耐久性、工期の面で優れた、短繊維を混入した吹付けコンクリートとアラミド繊維メッシュの併用工法（図-5）<sup>2)</sup>を採用した。この工法では耐久性能を定量評価できるよう、耐久性に関わる諸条件を実験によって確認している。例えば、塩化物イオンの拡散係数は  $D=0.05\text{cm}^2/\text{year}$  と小さく、優れた性能をもっている。

具体的な適用方法は、計算で求まる除去範囲をウォータージェットではつり、当工法によって断面修復を行う。

#### 6. 除去範囲の決定

将来的に鉄筋劣化を防ぐため、浸透した塩化物イオンのうち有害な部分は除去（コンクリートをはつる）することとし、除去範囲は次のように決めた。塩化物イオンの実測値（最大値）データ（図-6）を基に、各深度まで除去した場合、その内側に残存する総塩化物イオン量を算出する（図-7 の急勾配のライン）。次に、各深度において残存コンクリートのみで平均化した場合に、発錆限界値  $1.2\text{kg/m}^3$  となるライン（ $\text{Cl}^-$  総量  $=1.2\text{kg/m}^3 \times (12\text{cm} - \text{ハツリ深さ})$ ）を求める（図-7 の緩勾配のライン）。このグラフより、2 本の線が交わる深さまで除去すれば、残存する塩化物イオン量は鉄筋の発錆限界値以下となる。たとえば、主桁ウェブ海側の場合（図-7）、腐食発生限界との交点は  $5.9\text{cm}$  であることから、100 年後の塩分浸透量（ $0.05\text{kg/m}^3$ ）を考慮して除去範囲は  $6.5\text{cm}$  とした。このときの残存量は  $5.1\text{kg/m}^3$  であり、平均化した値は  $0.9\text{kg/m}^3$  となる。これに 100 年後の浸透量  $0.05\text{kg/m}^3$  を加えても  $1.2\text{kg/m}^3$  未満であるため、所要の性能は満足していると判断した。

#### 参考文献

- 1) 伊藤, 赤代, 田口, 木村: 塩害環境における既設 RC 桁橋の LCC 最小化補修設計, 平成 15 年度 年次技術研究発表会 論文報告集 第 60 号, 土木学会北海道支部, 2004.2
- 2) 栗橋, 田口, 岸, 三上: 短繊維混入吹付けコンクリートと AFRP メッシュによる RC 梁のせん断補強法, 平成 15 年度 年次技術研究発表会 論文報告集 第 60 号, 土木学会北海道支部, 2004.2

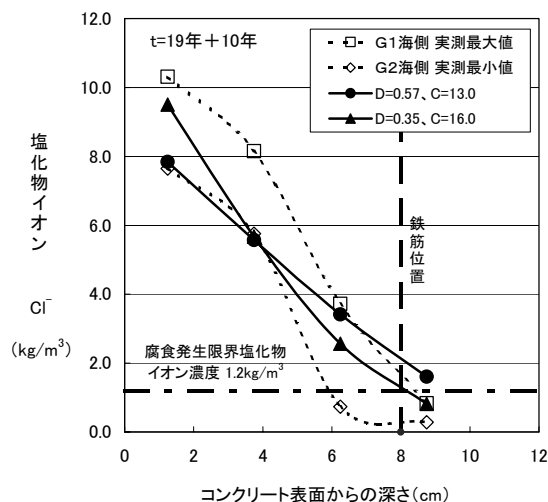


図-4 再拡散を考慮した拡散近似と実測値の比較

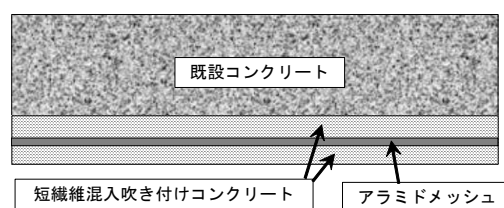


図-5 短繊維を混入した吹き付けコンクリートとアラミド繊維メッシュを併用した補修工法

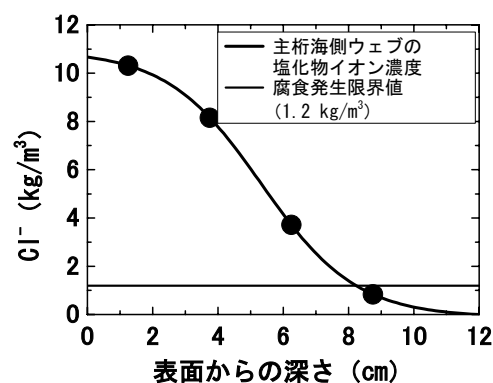


図-6 設計用塩化物イオン濃度（実測最大値）

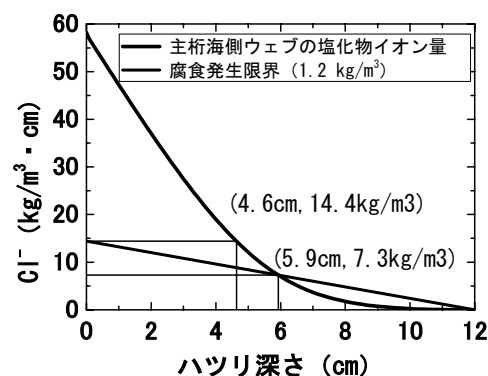


図-7 ハツリ深さの違いによる塩化物イオン量