

日本海沿岸に位置する鉄道構造物に対する飛来塩分の影響について

東日本旅客鉄道株式会社 新潟土木技術センター

正会員 ○堀川高好、小林真也、木原 竜、伊藤雅康、木伏正人

1. はじめに

日本海沿岸に位置する鉄道構造物は、季節風による飛来塩分の影響によって厳しい塩害環境条件にある。新潟土木技術センターでは、塩化物イオン量の把握と電気防食工法等による対策により維持管理を行ってきた¹⁾。本稿では、今後の維持管理の着目点のため、塩化物イオン濃度の実測値と拡散予測式²⁾により算出を行った理論値とを比較し、飛来塩分が与える影響について整理したものを報告する。



写真1 塩害の変状の様子

2. 調査の概要

塩化物イオン量の把握にあたって、海岸線に位置する橋りょうから5km離れたものまで全23箇所(209採取試料)で採取を行った。試料の採取は、ドリル法にて行い、コンクリート表面からの最大10cmの深さまで1cm~2cm程度のピッチで行った。なお、塩化物イオンの測定は電極電流法を用いた簡易分析方法にて実施した。

3. 調査の結果

3.1 全測定結果

全採取試料(209箇所)の測定結果を図1に示す。縦軸に測定塩化物イオン濃度、横軸にコンクリート表面からの深さを示す。同図より、橋りょうの海側面で採取した塩化物イオン濃度は、採取した位置が山側や桁下の実測値に比べると、大きいことがわかる。また、測定結果の多くで、一般に鉄筋の発錆限界とされているコンクリート中の塩化物イオン量(1.2kg/m³)を上回った。

3.2 測定結果の詳細分析

図1に示す測定結果のうち、深さ5cmの実測値(一部4cm~6cm間の平均値)と式1²⁾に示す拡散予測式により算出を行った理論値について、供用年数や水セメント比などをパラメータとして比較分析を行った。なお、理論値の算出は、深さ(定数:5cm)、経年・拡散係数(変数:採取橋梁ごと)、また表面塩化物イオン量(Co)は土木学会の参考値²⁾をもとに算出を行った。

1) 海岸からの距離

図2に海岸からの距離ごとの塩化物イオン濃度(深さ5cm)について、実測値(採取位置:海側と山側)と理論値の比較を行った結果を示す。採取位置が海側の実測値は理論値との乖離量が大きく、また海岸からの距離が小さいほど乖離量が多い。なお、海岸から150mほど離れると、採取位置にかかわらず、実測値と理論値は概ね合致した。

2) 供用年数

図3に供用期間ごとの塩化物イオン濃度(深さ5cm)について、実測値(採取位置:海側と山側)と理論値の比較を行った結果を示す。供用期間が40年を越えると実測値と理論値に乖離が生じる。

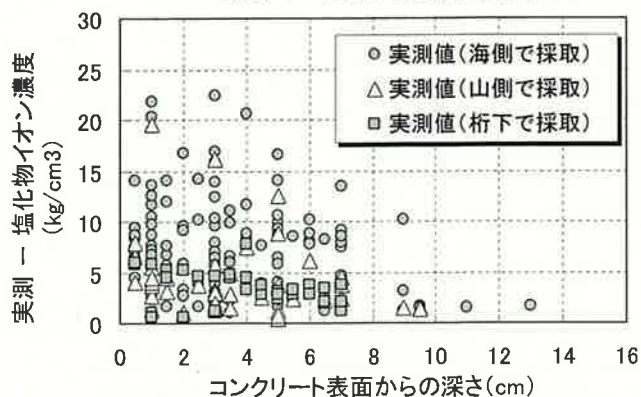


図1 採取試料の塩化物イオン量 (209箇所)

$$C(X,t) = C_0 [1 - \text{erf}\{X/2(D \cdot t)^{1/2}\}]$$

$C(X,t)$: 深さ Xcm, 経年 t の塩化物イオン量(kg/m³)

D: 水セメント比から求まる拡散係数(m²/年)

erf: 誤差関数

C₀: 環境条件による表面塩化物イオン量(kg/m³)

式1 塩化物イオン濃度の理論式 (土木学会)

キーワード コンクリート 塩化物イオン量 拡散予測式

連絡先 〒950-0086 新潟県新潟市中央区花園1-1-4 東日本旅客鉄道株式会社 新潟土木技術センター

一方で、比較的、短い供用期間（24 年）にもかかわらず、高い塩化物イオン濃度（ 16.5kg/m^3 ）が測定された箇所もあった。

3) 水セメント比

図 4 に水セメント比ごとの塩化物イオン濃度（深さ 5cm）について、実測値（採取位置：海側と山側）と理論値の比較を行った結果を示す。採取対象のコンクリートの水セメント比が大きいほど実測値と理論値との乖離量が多い。水セメント比が 40%程度以下の場合、乖離量がほとんどないことが分かる。

3.3 海岸から離れた箇所での表面塩化物イオン濃度

土木学会では、海水からの塩化物イオンの影響を大きく受ける区間を汀線付近から海岸より 1km までとしている。今回、その区間より遠い、1.2km と 4km と 5km で採取した試料を用いて分析を行った。

図 5 に、その他の箇所を加えた表面塩化物イオン濃度（ C_o ）の結果を示す。土木学会の参考値と比較すると主桁海側の表面塩化物イオン濃度は、海岸からの距離が近くなるほど、参考値との乖離量は大きい。また、土木学会の参考値の対象外となる海岸から離れた箇所でも、高い表面塩化物イオン濃度が確認された。

4. まとめ

本調査結果における塩化物イオン濃度の実測値と拡散予測式による理論値との比較分析結果を示す。

- ・ コンクリート中の塩化物イオン濃度は、海岸からの距離が 150m 程度以下、供用期間が 40 年程度以上、また水セメント比が 45%程度以上の場合、理論値に比べ実測値が大きく乖離する傾向が確認された。
- ・ 水セメント比が 40%程度以下の場合、実測値と理論値の乖離はほとんど確認されなかった。
- ・ 表面塩化物イオン濃度は、土木学会の参考値に比べ、実測値は大きい。また、海岸から遠く離れた箇所でも、高い表面塩化物イオン濃度が確認された。

5. おわりに

新潟土木技術センターでは、塩化物イオン量の把握と電気防食工法等による対策により維持管理を行ってきた。今回の検討により、飛来塩分が与える影響の傾向についてさらに整理することができた。一方で、海岸沿いから遠く離れた箇所でも高い塩分イオン濃度が確認された。今後も定量的にコンクリートの採取を行っていき、塩化物イオン量を把握することで構造物の維持管理に努めていきたい。

【参考文献】

- 1) 堀川・小林・高橋・狩野・伊藤，鉄道コンクリート橋梁における電気防食工法の耐久性評価について，第 27 回土木学会関東支部新潟会，2009. 11. 10
- 2) コンクリート標準示方書【維持管理編】土木学会，14.2.2 (P100)，2001.1

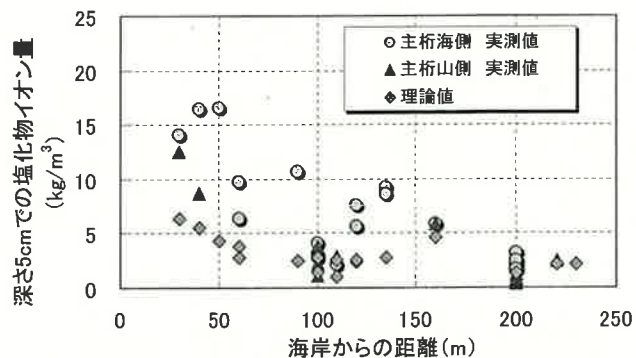


図 2 比較結果（海岸からの距離、深さ 5cm）

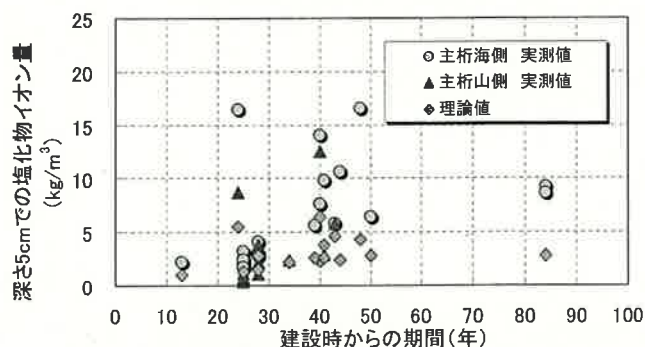


図 3 比較結果（建設時からの年数、深さ 5cm）

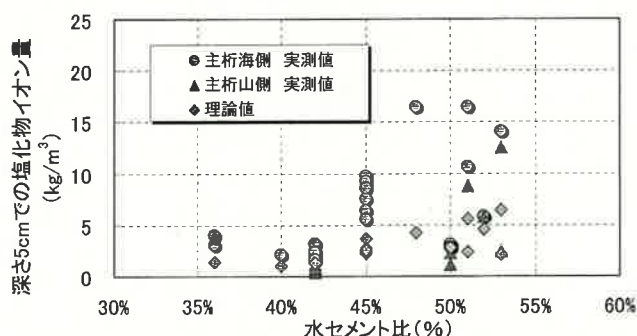


図 4 比較結果（水セメント比、深さ 5cm）

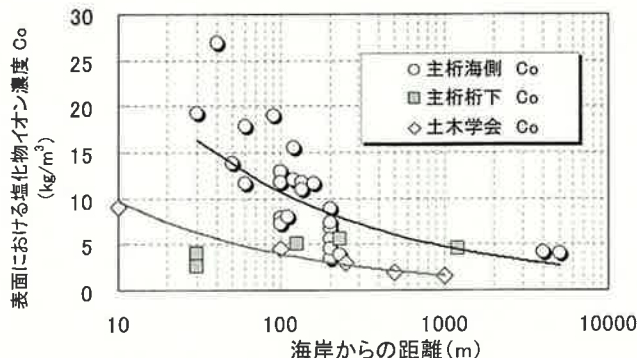


図 5 表面塩化物イオン濃度（距離、深さ 5cm）