

北海道地区の海岸付近に位置する鉄道コンクリート構造物の塩分量調査

JR 北海道 正会員 ○長谷川雅志* 鉄道総研 正会員 谷村 幸裕**
 鉄道総研 正会員 曾我部正道** 鉄道総研 正会員 鳥取 誠一**

1. はじめに

海岸付近に位置するコンクリート構造物は、建設後の飛来塩分の影響により、内部の鉄筋に腐食が生じ、構造物の耐久性を損なうこととなる。この現象は「塩害」として広く知られるところであるが、構造物の海岸からの離隔と表面塩分量との関係、海域の違いによる塩分量の差異、コンクリートの品質と構造物内部に浸透する塩分量との関係については、必ずしも明らかにされていない。また、塩害環境下に新設するコンクリート構造物の設計に用いる設計用値の設定についても研究途上にあるといえる。

そこで、北海道地区における海岸付近に位置する鉄道コンクリート構造物の塩分量調査を行い、これらについて分析を行った。

2. 調査方法

調査対象構造物は、海岸付近に位置する鉄筋コンクリート造あるいは無筋コンクリート造の鉄道橋梁 15 構造物とした。内訳は、河川橋梁の下部工 12 構造物（橋台 5、橋脚 7）、架道橋 3 構造物（橋台 1、ボックスカルバート 2）である。調査時点での経年は、18～70 年であり、平均 40.9 年であった。

塩分量調査は、構造物より採取したコア（ $\phi 55\text{mm} \times \text{L}200\text{mm}$ 程度）より図 1 に示すとおり 6 試料を切り出し、深さ方向の全塩化物イオン量を JCI 法¹⁾により測定した。コア採取位置は、地表から約 1.5m の海側面とし、ひび割れ等の表面変状の無い箇所を選定した。いずれも雨がかりのある箇所であった。

また、中性化調査として、コア採取位置近傍においてドリル法²⁾により、中性化深さを測定した。

3. 調査結果

調査結果の集計にあたり、今回調査を実施した 15 構造物に加え、JR 北海道で保有する 12 構造物のデータを加えた。これらのデータは、ドリル削孔により深さごとに採取した試料を塩分計 SALMATE-100 により分析し、可溶性塩化ナトリウム量の分布を測定したものである。今回、可溶性塩分量は全塩分量の 6 割であるとして、可溶性塩化ナトリウム量から全塩化物イオン量を推定し、今回調査を実施した“調査データ”と区別し、“参考データ”として集計した。なお、これらの構造物については、中性化調査はなされていない。また、これらの構造物の経年は、11～60 年であり、平均 33.9 年であった。

(1) 中性化調査結果について 中性化深さは、平均 4.2mm（最小 1.7mm，最大 15.8mm）であった。中性化深さが塩分分析のスライス幅と比較しそれほど大きくなかったため、深さ方向の塩分分布に明らかに中性化に伴う塩分濃縮の傾向が認められる構造物はなかった。一方、中性化深さが 2.1mm，3.8mm，15.8mm となった 3 構造物については、最も表面に近い位置の全塩化物イオン量の測定値が内部の測定値よりも小さな値となった。これは、表面塩分の洗い出しによるものと考えられるが原因は定かではない。以降の分析にあたり、これら 3 構造物のうち、2 構造物については、全体の塩分分布を見たうえで表面に近い測定値を無視した。

(2) 塩分量調査結果について 全塩化物イオン量の深さ方向分布より、表面塩化物イオン量 $C_0(\text{kg/m}^3)$ および見かけの拡散係数 $D(\text{cm}^2/\text{s})$ を算出した。見かけの拡散係数 D は、表面塩化物イオン量が $\sqrt{t}$ (t : 経年) に比例して増加するとして解いた拡散方程式の解³⁾を深さ方向の全塩化物イオン量の分布との誤差の二乗和が最小となるように当てはめることにより求めた。また、表面塩化物イオン量 C_0 は、前記手順の後、経年 100 年における深さ方向の塩分分布を算定し、さらに表面塩化物イオン量が一定であるとして解いた拡散方程式の解を当て

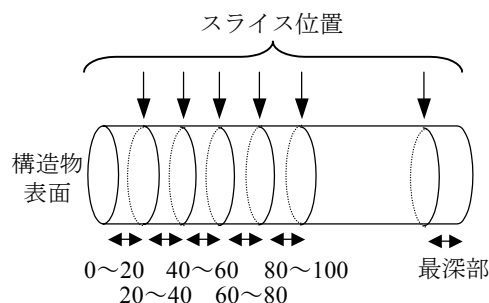


図 1 塩分分析位置

キーワード 塩化物イオン，耐久設計，塩害

連絡先 * 〒060-8644 札幌市中央区北 11 条西 15 丁目 1-1 TEL 011-700-5794 FAX 011-700-5795

** 〒185-8540 国分寺市光町 2-8-38 TEL 042-573-7281 FAX 042-573-7282

はめることにより求めた。

図2に海岸からの離隔と表面塩化物イオン量 C_0 との関係を海域ごとに示した。各グラフの中で、コンクリート標準示方書[施工編]⁴⁾に示される距離ごとの表面塩化物イオン量 C_0 も併せて示した。これによると、日本海側の飛沫帯におけるデータを除き、文献4)に示される値よりも小さな値となっている。また、日本海側の海岸からの距離 10,000m のものは、表面塩化物イオン量 C_0 が 1.23kg/m^3 となっているが、この構造物はとくに冬期に海岸方向からの強い季節風を直接受ける箇所に位置している。このような環境条件においては、海岸からの離隔が大きくても塩害に関する検討が必要となる場合があることを示唆しているものと考えられる。また、太平洋側の中でも噴火湾内は噴火湾外と比較し穏やかな環境にあると考えられるが、湾内のデータである(b)と湾外のデータである(c)を比較すると、湾の内外での差異はないと考えられる。

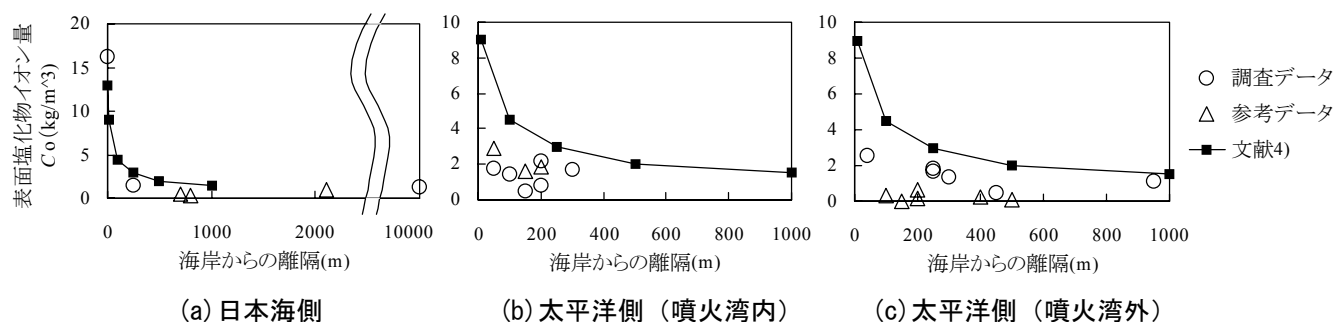


図2 海岸からの離隔と表面塩化物イオン量との関係

図3に、設計図書により、設計水セメント比の分かっている19構造物（調査データ7、参考データ12）について、設計水セメント比と見かけの拡散係数 D との関係を示した。なお、図中には、文献4)に示される普通ポルトランドセメントの場合の回帰式（式(1)）、および、これら19構造物のデータから、設計水セメント比30%のときに見かけの拡散係数 D が $1.0 \times 10^{-9} \text{cm}^2/\text{s}$ をとる回帰式（式(2)）を示した。これによると、見かけの拡散係数 D は、既往の回帰式（式(1)）よりも小さな値をとる結果となっている。これは、最深部の塩分量から初期混入塩分量を推定したうえで見かけの拡散係数 D を評価したことが一因となっているものと考えられる。

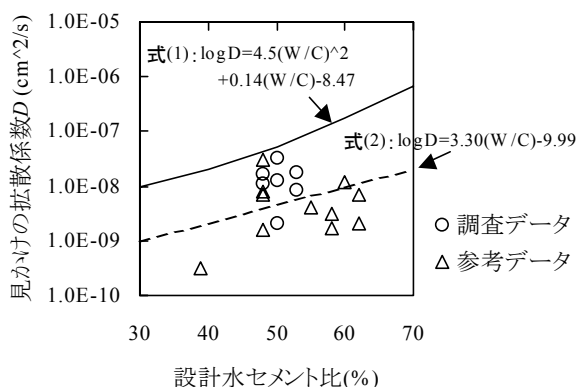


図3 設計水セメント比と見かけの拡散係数との関係

4. まとめ

今回、構造物の海岸からの離隔と表面塩化物イオン量との関係とそれらの海域の違いによる差異、および、コンクリートの設計水セメント比と見かけの拡散係数との関係について検討を行い、前述のとおりの結果を得た。本調査は、限られた範囲での調査および分析であったため、設計用値の検討にあたっては、今後広範囲でより多くのデータを取得し検討を行う必要があると考える。

謝辞

本調査にあたり、ご指導いただいた鹿児島大学武若耕司助教授に感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 日本コンクリート工学協会：コンクリート構造物の腐食・防食に関する試験方法ならびに規準(案), JCI-SC4 硬化コンクリート中に含まれる塩分の分析方法, 1987.4
- 2) 日本非破壊検査協会：NDIS 3419(1999), ドリル削孔粉を用いたコンクリート構造物の中性化深さ試験方法, 1999.8
- 3) 武若耕司：海洋環境下のコンクリートの含有塩分量に関する既往調査結果の整理と分析, 土木学会第43回年次学術講演会概要集, 1988.10
- 4) 土木学会：平成11年版コンクリート標準示方書[施工編]—耐久性照査型—, 2000.1