

既存の高炉セメントコンクリート港湾構造物における塩化物イオンの浸透性状

東京工業大学大学院 学生会員 ○福永 隆之
 東京工業大学大学院 正会員 齋藤 豪
 東京工業大学大学院 フェロー 大即 信明
 東京工業大学 非会員 三浦 大洋

1. はじめに

港湾構造物において早期劣化の主な原因は塩害であり、ライフサイクルコストを抑えた維持管理のためには、塩害劣化の正確な予測と的確な処置が欠かせない。塩害照査に用いる塩化物イオンの浸透予測は一般にフィックの第二法則¹⁾に基づいて行われている。しかし、高炉セメントを使用したコンクリート構造物にはフィックの第二法則を適用した事例は少ない。そこで本研究では、実際に実海洋環境下にある高炉セメントコンクリート構造物にフィックの第二法則を適用し、海水面の高さや構造物内の位置ごとの表面塩化物イオン量 C_0 と拡散係数 D_{ap} を求めた。加えて、過去に採取した普通ポルトランドセメントを用いた実港湾コンクリート構造物のデータと比較検討を行った。

2. 実験概要

本研究では高炉セメントコンクリートを使用しているA護岸とB護岸の二カ所の実港湾コンクリート構造物からコアを採取した。いずれのコンクリート構造物も高炉セメントB種を使用しており、水セメント比はそれぞれ0.49, 0.48である。採取したコア供試体は深さ方向にカットし、JISA1154「硬化コンクリート中に含まれる塩化物イオンの試験方法」に準拠して全塩化物イオンの浸透性状を求めた。得られた塩化物イオン量を縦軸に、表面からの深さを横軸にして散布図を作成し、フィックの第二法則を用いた曲線近似により表面塩化物イオン量 C_0 と拡散係数 D_{ap} を算出した。また、これらのデータと過去に得られた普通ポルトランドセメントを用いた実港湾コンクリート構造物のデータと比較検討を行った。比較には、普通ポルトランドセメントを用いた複数の栈橋での調査結果を比較材料にした。比較対象にした4つの栈橋は、調査時点で約30年間供用さ

れており、水セメント比は0.5である。加えて2年間海洋環境に曝露した高炉セメントコンクリート製供試体のデータを用いた。高炉セメントB種を用いており、水セメント比は0.56である。

3. 実験結果

(1)BFC 構造物における塩化物イオンの浸透性状

図-1に塩化物イオンの浸透性状を示す。表面から0.5cm~2cm付近には、塩化物イオンの分布が拡散方程式では表現乱れが存在した。このような乱れは中性化や硫化物イオンの影響と考えられている²⁾。表面塩化物イオン量、拡散係数の算出の際は、過去の実港湾構造物での調査³⁾と同様に、乱れ領域内のデータは使用しなかった。表面付近において、満潮時海水面からの高さが高いものほど塩化物イオン量は小さい値になった。この傾向は表面から約3cmの領域で見られた。また、図中の実線は供用期間20年のA護岸を、点線、破線は供用期間15年のB護岸の値を表している。B護岸では深さ2.5cm~6.5cmにかけて塩化物イオン量が緩やかに減少したのに対し、A護岸では深さ2.5~5cmで急激に減少し、5cm以降は出荷護岸よりも小さい値となった。

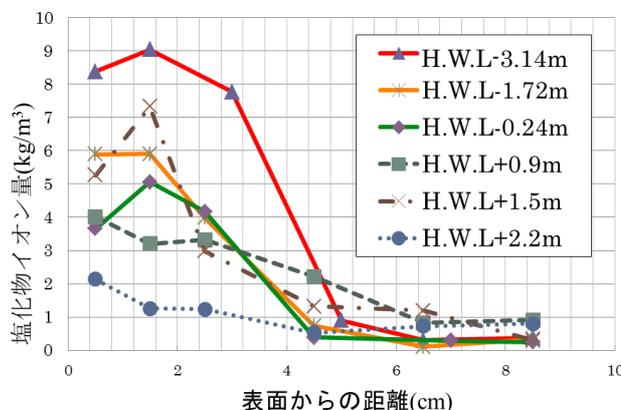


図-1 塩化物イオンの浸透性状

キーワード：実港湾コンクリート構造物、高炉セメント、表面塩化物イオン量、拡散係数、劣化予測
 連絡先：〒152-8552 東京都目黒区大岡山2-12-1 S6-11 TEL030-5724-2594 FAX030-5724-2585

図-2 に表面塩化物イオン量と拡散係数を示す。図-2 より表面塩化物イオン量が大きくなるほど拡散係数が小さくなるという強い相関が見られた。図-1 に見られるように、表面からの深さが約5cm より深い領域では塩化物イオン量は一様に小さかった。そのため、表面側の塩化物イオン量が大きい場合、近似曲線の曲率が大きくなり算出される拡散係数の値が小さくなったと考えられる。反対に、表面側の塩化物イオン量が小さい場合は算出される拡散係数の値が大きくなるため、表面塩化物イオン量と拡散係数に相関が出たと考えられる。

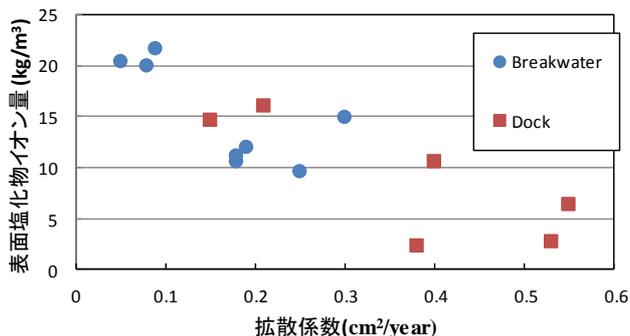


図-2 表面塩化物イオン量と拡散係数の関係

(2) OPC 製構造物における浸透性状との比較

図-3 に海水面からの高ささと表面塩化物イオン量との関係を示す。普通ポルトランドセメントを使用した実港湾コンクリート構造物、高炉セメントコンクリート製供試体、高炉セメントコンクリート構造物のいずれにおいても、満潮時海水面から約1m より高い領域において、海水面からの高さが高くなるにつれて表面塩化物イオン量が減少する傾向が見られた。

図-4 に海水面からの高ささと拡散係数の関係を示す。高炉セメントコンクリートの拡散係数は、海水面からの高さに関係なくほぼ一定の値をとった。また、普通ポルトランドセメントの拡散係数に比べ小さい値を取ることが分かった。普通ポルトランドセメントの拡散係数の平均が $0.64\text{cm}^2/\text{year}$ だったのに対し、高炉セメントコンクリートの拡散係数は $0.24\text{cm}^2/\text{year}$ と、約3分の1の値となった。

4. 結論

(1) 高炉セメントコンクリート製の実海洋港湾構造物において、海面からの高さが高くなるにつれて、表面塩化物イオン量は減少した。

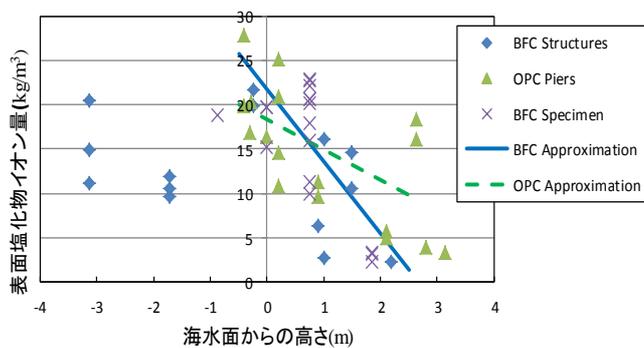


図-3 海水面の高さと表面塩化物イオン量との関係

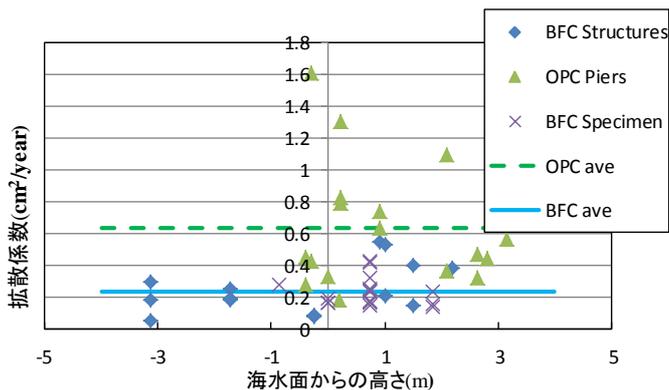


図-4 海面からの高ささと拡散係数の関係

- (2) 高炉セメントコンクリートの拡散係数は、海面からの高さに関係なくほぼ一定の値をとり、普通ポルトランドセメントコンクリートの拡散係数より約3分の1小さい値になった。
- (3) 高炉セメントコンクリートの表面塩化物イオン量は普通ポルトランドセメントコンクリートと比較し、満潮時海水面付近では大きい値に、海面からの高さが高い場所では低い値になった。

参考資料

- 1) 土木学会：2007年度制定 コンクリート標準示方書 設計編，
- 2) 混和材料を使用したコンクリートの物性変化と性能評価研究小委員会 (333委員会) 報告書ならびにシンポジウム講演概要，コンクリート技術シリーズ74
- 3) 網野貴彦：塩害劣化を受けた実橋の劣化推移と各種要因の不確実性を考慮した劣化予測と検討，日本材料学会，コンクリートの補修，補強，アップグレード論文集，第5巻，pp.253-258，2005.10