

複合劣化を受けた海洋構造物の塩化物イオン量と細孔径分布との関係

法政大学 大学院 ○学生会員 長谷川 佑
 法政大学 大学院 正会員 高德 類
 法政大学 大学院 正会員 野嶋 潤一郎
 法政大学 正会員 溝渕 利明

1. 背景・目的

近年、コンクリートには様々な劣化要因が問題として挙げられ、構造物の長寿命化のためにその対策が重要な課題とされている。劣化要因の1つである塩害は、中性化と複合劣化した場合、フリーデル氏塩が分解され、遊離した塩化物イオンが鉄筋付近まで浸透し、鉄筋腐食を一層促進させてしまう恐れが指摘されている。一方、塩分拡散と細孔径分布の関係についての報告は少なく、コンクリートの細孔径分布と塩分浸透の関係について明確にされていない。

本研究では海洋構造物から採取したコア供試体を用いて、塩化物イオン量及び細孔径分布の測定を行い、複合劣化による細孔径分布と塩分拡散の関連性を把握することを目的とした。

2. 実験概要

本実験では、塩化物イオン量の分布及び、細孔径分布を把握するため、コア供試体(φ 75mm)を1 cm 間隔に切断し、分析を行った。コア供試体は護岸、物揚場側面及び物揚場天端の3箇所から採取を行った。各構造物の供用年数と水セメント比は表-1に示す。

塩化物イオン濃度の測定は、電位差滴定法を用いて行った。また、Fickの拡散方程式より、見かけの拡散係数及び表面塩化物イオン濃度の算出を行った。

$$C(x,t) = C_{os} \left\{ 1 - \operatorname{erf} \left(\frac{x}{2\sqrt{D_{aps} \cdot t}} \right) \right\}$$

ここで、 $C(x,t)$: 深さ $x(\text{mm})$ 、時間 $t(\text{年})$ における塩化物イオン濃度(kg/m^3)、 C_{os} : 表面における塩化物イ

オン濃度(kg/m^3)、 D_{aps} : 見掛けの拡散係数($\text{cm}^2/\text{年}$)、 erf : 誤差関数 である。

細孔径分布の測定は、コアを乳鉢、突き棒を使用して2.5~5.0mmまで粉碎し、約1週間の凍結乾燥を施した試料を用いて、水銀圧入法を用いて行った。

表-1 海洋構造物の特徴

構造物		供用年数	使用セメント	W/C
コア番号	採取箇所			
A-1	護岸	51年	-	-
B-1	物揚場 側面	32年	フライアッシュ A種	53%
B-2	物揚場 天端			

3. 実験結果

実験より得られた各供試体の塩分拡散係数、中性化深さ及び塩分浸透状況について、それぞれ表-2及び図-1に示した。図-1における破線部はA-1供試体の中性化深さを示す。図-1から、A-1供試体における塩化物イオン量は、中性化が発生した地点ではほとんど見られないが、中性化深さ25mm以深で濃縮されている様子が確認できる。またB-1及びB-2供試体において中性化は確認されなかったものの、図-1からB-2供試体の表層付近の塩化物イオン量はB-1供試体と比較して少なく、1.5 cm地点で最大となる現象が確認できた。これはB-2供試体採取位置が海側に面しており波浪や日照による風化により、表層付近の

表-2 海洋構造物の性質

構造物		拡散係数	中性化深さ	かぶり
コア番号	採取箇所			
A-1	護岸	0.58 $\text{cm}^2/\text{年}$	2.5mm	-
B-1	物揚場 側面	0.28 $\text{cm}^2/\text{年}$	0mm	13.4cm
B-2	物揚場 天端	0.125 $\text{cm}^2/\text{年}$	0mm	13.4cm

キーワード：塩化物イオン、中性化深さ、細孔径分布

連絡先 〒184-8584 東京都小金井市梶野町 3-7-2 法政大学大学院デザイン工学研究室 TEL042-387-6286

可溶性成分が溶脱したことに起因するものと考えられる。

次にコア供試体毎の細孔径分布を図-2～図-4に示した。A-1 供試体では 0.5 cm, 1.5 cm, 2.5 cm における $0.01 \sim 0.1 \mu\text{m}$, $0.1 \sim 1.0 \mu\text{m}$ の細孔容積が、他の深さに比べて卓越していた。また B-2 供試体は、B-1 供試体と比べて、表層付近の 0.5 cm, 1.5 cm, 3.5 cm の細孔径分布がばらついていて、これは、溶脱が発生したと思われる領域付近での細孔構造が変化したものと推測される。

なお、図-2～図-4 より中性化または溶脱の発生に関係なく、A-1 供試体では $1.0 \sim 10 \mu\text{m}$, B-1, B-2 供試体では $0.1 \sim 1.0 \mu\text{m}$ 直径の空隙において、1 cm 毎に細孔径分布が異なることが確認された。これは表-1 より、セメント種や配合の違いが、細孔構造に影響を及ぼしたものと考えられる。

4. まとめ

本研究で得られた結果を以下に示す。

- 1) 中性化が進行していた A-1 供試体では、中性化深さで塩分濃縮が確認され、 $0.01 \sim 0.1 \mu\text{m}$, $0.1 \sim 1 \mu\text{m}$ の大きさの細孔径が粗になる現象が確認された。
- 2) B-2 供試体の表層付近において溶脱が確認されており、同種配合の B-1 供試体と比べて、表層付近の細孔径分布にばらつきが確認された。
- 3) 中性化や溶脱によってコンクリート内部の細孔構造が変化し、それによって塩化物イオン量の浸透状況が変化する可能性が考えられる。塩化物イオン量の浸透状況を推定する場合は、飛来塩分の大小やセメント種以外にも、中性化や溶脱の影響による細孔構造の変化にも着目する必要があると考える。

参考文献

- 1) 竹田宣典, 十河茂幸: 中性化したコンクリートの細孔径分布と塩分浸透性, 土木学会第 59 回年次学術講演会, pp445-446, 2004,9
- 2) (社)土木学会: コンクリート標準示方書[規準編]土木学会規準および関連規準, p332,2010

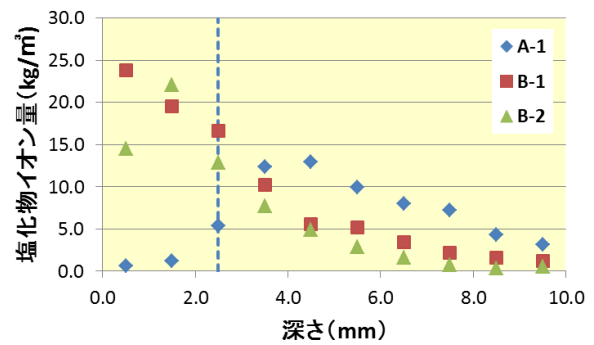


図-1 各供試体の塩分浸透状況

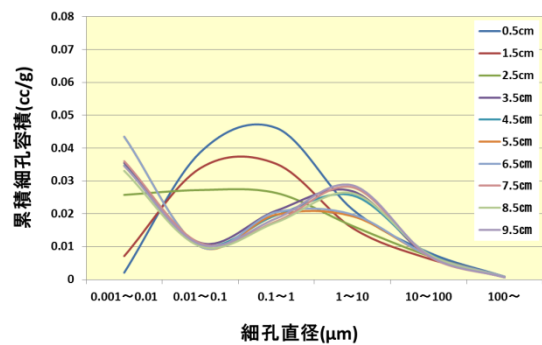


図-2 細孔径分布(A-1)

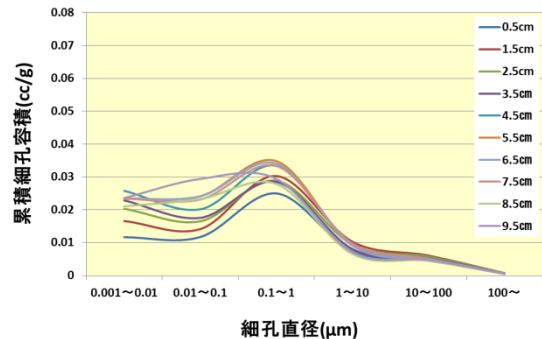


図-3 細孔径分布(B-1)

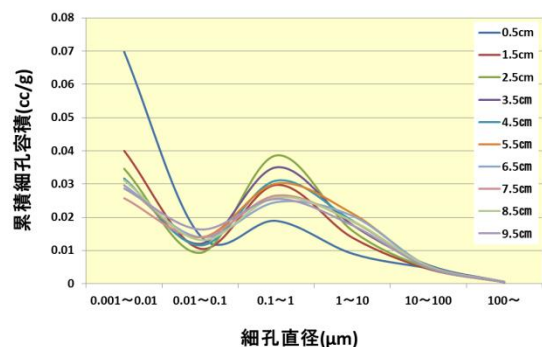


図-4 細孔径分布(B-2)