海洋曝露したコンクリート製品の耐塩害性

丸栄コンクリート工業株式会社　正会員　○須藤　栄治
丸栄コンクリート工業株式会社　井上　幸一
東洋大学　フェロー会員　福手　勤
住友大阪セメント株式会社　正会員　福岡　紀枝

1. はじめに

現在，港湾には数多くの鋼矢板を用いた構造物が設置されている．干満帯や飛沫帯に位置する鋼矢板を用いた構造物は，海水の乾湿繰返しによる塩化物イオンの濃縮現象が生じるので，長期的な耐塩害性が求められている．これらの要求に対して，防食と景観向上，施工性に優れる工法として，プレキャストコンクリート（以下，PCa）の埋設型枠と充填コンクリートにより鋼矢板を覆う「プレキャストモールド工法」が開発されている．ここでは，プレキャストモールド工法により作製した実物大供試体を用いて，5 年間の海洋暴露実験を行い，塩化物イオンの浸透性について評価を行った．

2. 実験概要

2.1 コンクリートの配合および供試体概要

表-1 に，本実験に用いた PCa および充填コンクリートの配合を示す．埋設型枠となる PCa においては，製造工程の都合上，充填コンクリートの水セメント比よりも小さい値とした．暴露実験は，神奈川県横須賀市（独）港湾空港技術研究所の循環水槽内で行い，潮の干満による潮位の変動は 650mm である．また，**図-1** に示すように供試体側面の片側をエポキシ樹脂にて覆った．

2.2 測定項目

今回実施した暴露実験において，想定される塩化物イオンの浸透経路は，**図-1** に示すように，鋼矢板と充填コンクリートの境界面（以下，経路 1），海水に接する PCa 表面からコンクリート内部への塩化物イオンの浸透（以下，経路 2）である．試料は，鋼矢板とコンクリートを分離し，採取した．

測定項目は，硝酸銀発色法による塩化物イオン浸透深さ，全塩化物イオン量および EPMA 面分析とした．硝酸銀発色法による塩化物イオン浸透深さおよび全塩化物イオン量（JCI-SC5）は，供試体下部から切り出したブロックから測定した． EPMA 面分析（JSCE-G574）は，供試体からφ100mm のコアを採取し，PCa と充填コンクリートの打継目における塩素の浸透を確認した．

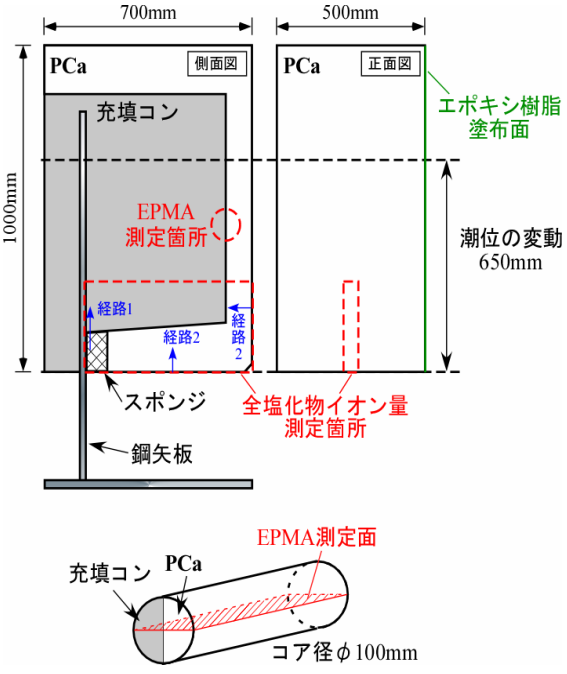

図-1　曝露状況

表-1　コンクリートの配合

	W/C (%)	s/a (%)	単位量 (kg/m^3)					
			W	C	S_1	S_2	G	SP
PCa	43	40.6	150	349	490	277	1114	1.92
充填コンクリート	60	44.0	172	287	779	—	1005	1.62

C：普通ポルトランドセメント(密度 3.16g/cm^3)，S_1：長良川水系砂(表乾密度 2.58g/cm^3)，S_2：高炉スラグ細骨材(表乾密度 2.72g/cm^3)，G：長良川水系砂利(表乾密度 2.61g/cm^3)，SP：ポリカルボン酸エーテル系 AE 高性能減水剤

キーワード　塩化物イオン，プレキャストコンクリート，長期曝露
連絡先　〒501-6293　岐阜県羽島市福寿町間島 1518　丸栄コンクリート工業株式会社　TEL 058-393-0215

3. 分析結果

3.1 塩化物イオン浸透性

塩化物イオンの浸透深さは，硝酸銀発色法において，経路 1 は約 10mm，経路 2 は PCa の表面から約 20～25mm であった．

各測定箇所の全塩化物イオン量を**表-2** に示す．経路 1 の No.1 における全塩化物イオン量が 6.07kg/m^3 となり，港湾構造物の鉄筋腐食限界濃度[1)]の 2.0kg/m^3 より大きい値を示したが，No.2 においては 1.18kg/m^3 となり，塩化物イオンの供給源から遠ざかると全塩化物イオン量も減少する結果となった．経路 2 においては，No.3，4 および No.7，8 の全塩化物イオン量が 2.0kg/m^3 より高い値を示した．しかし，コンクリート内部になるにつれ，全塩化物イオン量は減少し，コンクリート表面から 40mm 程度である No.6 および No.10 においては，全塩化物イオン量が 0.33kg/m^3，0.07kg/m^3 となり，港湾構造物の鉄筋腐食限界濃度よりはるかに低い値となった．5 年間の海洋暴露実験結果から，鉄筋のかぶり位置における港湾構造物の鉄筋腐食限界濃度を越えていないため，鉄筋の腐食の可能性は少ないと考えられる．

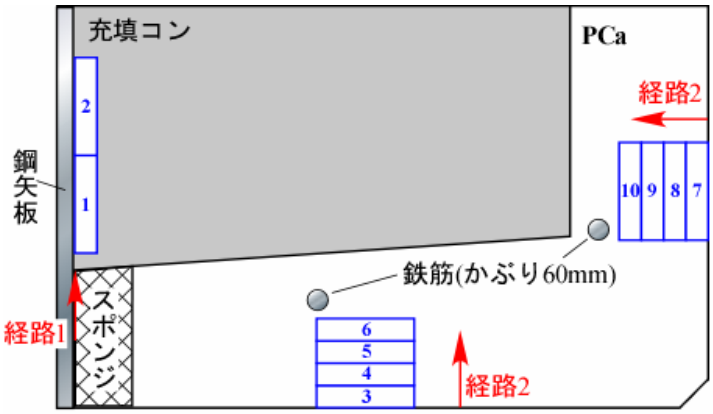

図-2 塩化物イオン量分析箇所

表-2 材齢 5 年における全塩化物イオン量

No.		全塩化物ｲｵﾝ量 (kg/m^3)	表面からの距離 (mm)
1	充填 ｺﾝｸﾘｰﾄ	6.07	0～10
2		1.18	
3	PCa	13.7	0～10
4		6.14	10～20
5		0.90	20～30
6		0.07	30～40
7		14.0	0～10
8		4.97	10～20
9		0.45	20～30
10		0.33	30～40

3.2 EPMA 面分析

PCa と充填コンクリートの打継目の EPMA による塩素の面分析結果を**図-3** に示す．充填コンクリートのほうが PCa よりも塩素が浸透しているが，これは PCa と充填コンクリートの水セメント比が異なるためであると考えられる．

PCa と充填コンクリートの境界面に沿って，塩分濃度が高いという傾向を示していないため，PCa と充填コンクリートの境界面から塩化物イオンの浸透は生じていないと推察される．

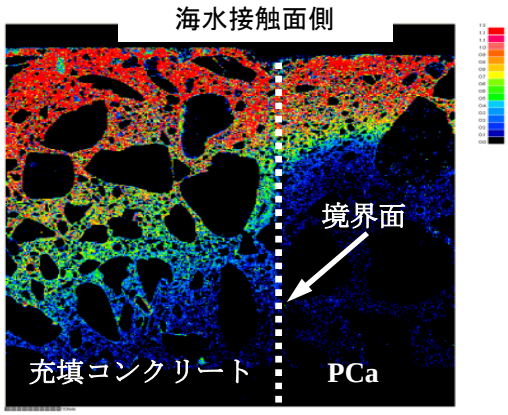

図-3 EPMA による塩素の面分析結果

4. まとめ

プレキャストモールド工法を用いて作製した実物大供試体を，5 年間海洋暴露し，塩化物イオンの浸透性について評価を行った．

本実験の範囲では，鉄筋近傍の全塩化物イオン量が，港湾構造物の鉄筋腐食限界濃度を越えていないため，塩化物イオン浸透による内部鉄筋の腐食の可能性は低いことが確認された．

謝辞

本研究を実施するにあたり，供試体を設置する場所をご提供いただいた独立行政法人港湾空港技術研究所に感謝の意を表します．

参考文献 1）社団法人日本港湾協会：港湾施設の技術上の基準・同解説（下巻），pp.489-490，2007