

V-164

海洋環境下に暴露したコンクリートの
塩化物イオンの拡散係数の経時変化

金沢大学大学院 学 生 員 佐藤 健一
 金沢大学工学部 正 会 員 鳥居 和之
 同 上 フェロー 川村 満紀
 (株)国土開発センター 正 会 員 笹谷 輝彦

1. まえがき

海洋環境下におけるコンクリート構造物では、塩害対策として塩化物イオンの浸透抑制効果に優れたコンクリートを使用することが重要であり、合理的な耐久設計および維持管理の確立のために、コンクリートの塩化物イオンの拡散係数を把握する必要がある。一方、コンクリートの塩化物イオンの拡散係数は塩化物イオンの浸透状況より計算されるが、この値は暴露期間にともない変化することが知られている^{1), 2)}。

本研究は、海洋環境下で8ヵ月および7年間の暴露を実施した各種コンクリートへの塩化物イオン浸透性を比較するとともに、塩化物イオンの拡散係数の経時変化について2, 3の検討を行ったものである。

2. 実験概要

各種コンクリートの配合を表-1に示す。コンクリート供試体は24×24×21cmのブロックであり、塩分などの環境の作用を受ける1面を除く5面はアクリルゴム系塗料で塗装した。コンクリートの初期養生条件は、水中養生28日（略号:W, 温度20℃の水中に浸漬）および水中養生7日＋気中養生21日（略号:A, 温度20℃、湿度60%の屋内放置）であり、初期養生終了後、石川県松任市の徳光海岸において8ヵ月および7年間の暴露を実施した。試験項目は、全塩分量の測定（2N HNO₃にて試料を溶解、電位差滴定法）によるコンクリートへの塩化物イオンの浸透性とFickの第2法則による塩化物イオンの拡散係数（ D_{Cl} (cm²/sec)）の算定である。

表-1 コンクリートの配合

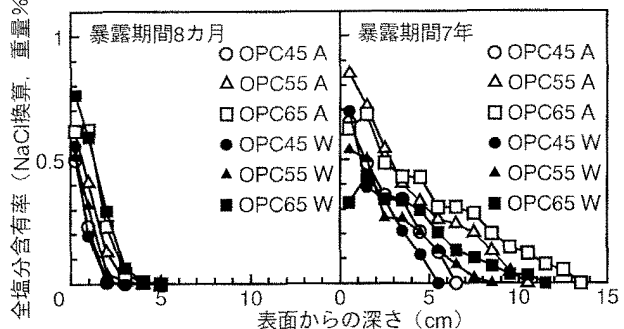
	W/C (%)	s/a (%)	単位量 (kg/m ³)			スランブ (cm)	空気量 (%)
			W	C	混和材		
OPC45	45	36	135	300		2.0	4.5
OPC55	55	38	165	300		8.5	5.5
OPC65	65	40	195	300		18.0	5.7
FA55	55	38	165	210	90	15.5	5.5
BS55	55	38	165	150	150	12.5	5.2
SF55	55	38	165	270	30	2.0	5.6

OPC: 普通ポルトランドセメント, FA: フライアッシュ, BS: 高炉スラグ微粉末, SF: シリカフェーム

3. 実験結果および考察

3.1 暴露期間にともなう塩化物イオンの浸透状況の変化

図-1および図-2に普通セメントおよび珪物質混和材を使用したコンクリートの暴露期間8ヵ月と7年における塩化物イオンの浸透状況を示す。普通セメントコンクリートでは、暴露期間が7年になると暴露初期の結果と比較して水/セメント比や初期養生による塩化物イオンの浸透状況の相違が明確になった。長期にわたる海洋環境下の暴露では、水/セメント比の増加に比例して塩化物イオンの浸透深さが増大しており、気中養生のものは水中養生のものよりも塩化物イオンの浸透深さが大きくなった。一方、珪物質混和材を使用したコンクリートでは、初期の塩化物イオンの浸透深さは普通セメントコンクリートと比較してわずかに小さい程度であったが、暴露期

図-1 普通セメントコンクリートの
塩化物イオンの浸透状況

間7年では両者の差が大きくなり、鉱物質混和材を使用したコンクリートは普通セメントコンクリートと比較して長期にわたる塩化物イオンの浸透抑制効果が優れていることが判明した。暴露期間7年の時点では、コンクリート表面部（0～1cm）の塩化物イオン量が外部への溶出および炭酸化の影響で内部よりも減少しているものもあるが、鉱物質混和材を使用したコンクリートではいずれの場合も内部への塩化物イオンの浸透が効果的に抑制されており、その効果は普通セメントコンクリート・水/セメント比45%の場合よりも優れていた。

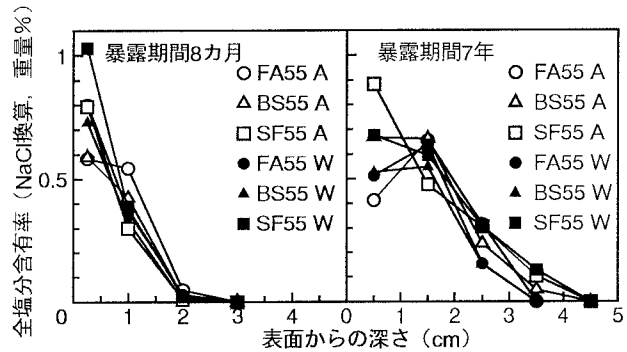


図-2 鉱物質混和材を使用したコンクリートの塩化物イオンの浸透状況

3. 2 塩化物イオンの拡散係数の経時変化

表-2に普通セメントおよび鉱物質混和材を使用したコンクリートの暴露期間8ヵ月および7年における塩化物イオンの拡散係数および表面塩化物イオン量を示す。普通セメントコンクリートでは、水/セメント比が大きなもののほど、また、初期水中養生期間が短いもののほど塩化物イオンの拡散係数が大きくなり、暴露期間が長期になると塩化物イオンの拡散係数が増大した。一方、鉱物質混和材を使用したコンクリートの塩化物イオンの拡散係数は、暴露期間8ヵ月の時点では普通セメントコンクリートと同程度もしくはやや大きな値を示しているが、暴露期間が7年になるといずれのコンクリートでも塩化物イオンの拡散係数は普通セメントコンクリートと比較して非常に小さなものとなった。鉱物質混和材を使用したコンクリートでは、図-2に示すように塩化物イオンの浸透はコンクリートの表面部に限定されるため、暴露期間の経過とともに塩化物イオンの拡散係数は減少する傾向にあった。

表-2 塩化物イオンの拡散係数および表面塩化物イオン量

供試体名	暴露期間8ヵ月		暴露期間7年	
	表面塩化物イオン量 (kg/m ³)	拡散係数 (cm ² /sec)	表面塩化物イオン量 (kg/m ³)	拡散係数 (cm ² /sec)
OPC45 A	8.5	3.06×10^{-8}	10.2	3.90×10^{-8}
OPC45 W	9.9	2.06×10^{-8}	10.9	2.14×10^{-8}
OPC55 A	10.3	5.10×10^{-8}	12.8	6.80×10^{-8}
OPC55 W	8.9	3.70×10^{-8}	8.8	4.27×10^{-8}
OPC65 A	11.0	8.65×10^{-8}	10.2	1.41×10^{-7}
OPC65 W	12.7	8.20×10^{-8}	6.6	1.07×10^{-7}
FA55 A	10.6	5.25×10^{-8}	9.3	2.06×10^{-8}
FA55 W	14.2	2.46×10^{-8}	10.5	1.46×10^{-8}
BS55 A	10.4	3.89×10^{-8}	12.9	1.40×10^{-8}
BS55 W	12.7	2.68×10^{-8}	10.4	1.30×10^{-8}
SF55 A	14.0	2.17×10^{-8}	15.3	1.10×10^{-8}
SF55 W	18.3	2.07×10^{-8}	12.3	1.71×10^{-8}

4. まとめ

普通セメントコンクリートでは、暴露期間にともない塩化物イオンの浸透領域がコンクリートの内部へと拡大し、塩化物イオンの拡散係数が増大する。一方、鉱物質混和材を使用したコンクリートでは、暴露期間が短期の場合には普通セメントコンクリートとの相違は明確ではないが、長期にわたり優れた塩化物イオンの浸透抑制効果を発揮するので、塩化物イオンの拡散係数は暴露期間とともに大きく減少する。

〔謝辞〕 本研究の実施に当たり、御協力いただいた本学大学院生の松田康孝氏に感謝の意を表します。

【参考文献】

- 1) 松島 学 ほか、土木学会論文集 No. 520 pp. 269-272, 1995
- 2) 武若耕司 ほか、土木学会第41回年次学術講演会講演概要集 pp. 569-570, 1987