

V - 221

海洋環境に暴露したコンクリート供試体中への塩化物の浸透

—暴露2年の調査—

鹿島技術研究所 正会員 岡田 浩司
東京電力技術研究所 正会員 堤 知明
鹿島技術研究所 正会員 ミス・スティーヴ
同 上 正会員 本橋 賢一

1. はじめに

コンクリート中への塩化物イオンの浸透現象を拡散理論でモデル化し、鋼材の腐食開始までの期間推定に役立てるためには、拡散方程式の定数であるコンクリートの表面塩化物イオン濃度 C_s 及び塩化物イオン拡散係数 D がコンクリートの材料・配合、施工条件及び環境条件によってどのように変化するかを定量的に把握することが重要である。この目的に沿って、筆者らは急速塩素イオン透過性試験を中心とした室内実験とともに^{1) 2)}、実海洋環境下でのコンクリート供試体の暴露実験を行っている³⁾。ここでは、暴露2年の調査結果の一部について報告する。

2. 実験概要

実験計画は文献3)に詳述してあり、実験概要を以下に示す。暴露場所は、太平洋沿岸に位置する火力発電所中央防波堤先端部である。供試体の形状寸法を図-1に示す。実験要因の組み合わせは表-1に示すとおり多岐に渡るが、ここでは暴露2年の調査結果のうち、干満帯、海水に接する材齢5日、鉄筋の配置は鉛直方向、スランブ8cmの条件に限定し、結合材の種類と水結合材比の影響を検討した結果について述べる。

コンクリート中の塩化物イオン量の分析は、図-1に示すように供試体から $\phi 50\text{mm}$ のコアを抜き取り、そのコアから厚さ10mmのスライス a 、 b 両側から4枚切り出し、JCI-SC4に準拠して実施した。

3. 実験結果及び考察

a 、 b 両側の各スライスについて測定した塩化物イオン量の平均値を表-2に示す。 C_s 及び D は深さ方向の塩化物イオンの分布形状からFickの拡散則に当てはめて、文献4)を参考にして逆算した。その試算結果を表-3に示す。

C_s は、水結合材比55%では結合材の種類にかかわらず、 $13\sim 15\text{kg/m}^3$ とほぼ同等であり、同40%では $14\sim 19\text{kg/m}^3$ で結合材の種類によって若干差が認められた。この値はコンクリート重量比に換算すると、約0.6~0.8%に相当する。武若の報告⁵⁾によると、 C_s はばらつきは大きいものの、コンクリートの品質にかかわらず、コンクリート重量比1%程度と考えて差しつかえないとしている。今回の値は暴露2年の結果であり、 C_s は2年以

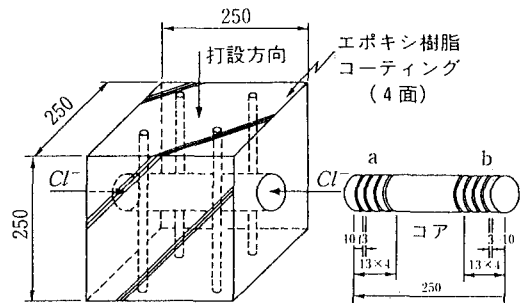


図-1 供試体の形状寸法

表-1 実験要因

要 因	水 準
暴露場所	干満帯、（水中）
海水に接する材齢	5日、（28日）
鉄筋の配置	鉛直、（水平）
スランブ	8cm、（18cm）
水結合材比	40%、55%
結合材の種類	OPC；普通ポルトランドセメント OS45；高炉スラグ微粉末 置換率45% OF20；フライアッシュ置換率20% SF10；シリカフューム置換率10%

降漸増し、収敛していくものと推測される。

Dの試算結果を図-2に示す。同図から、Dは通常言われているように水結合材比に影響されるが、それ以上に結合材の種類に大きく影響されることが分かる。Dは大きい順に、OPC>OF20>OS45>SF10で、OPCの水結合材比40%がOS45及びSF10の水結合材比55%にほぼ相当し、塩化物浸透抵抗性の観点から高炉スラグ微粉末またはシリカフュームの混和が極めて有効であることが確認された。なお、武若は結合材の種類、水結合材比及び材齢をパラメータとしたDの推定式を提案しており⁵⁾、これを用いて今回の実験条件でのDを推算すると、水結合材比40%の場合、OPCで $2.91 \times 10^{-8} \text{ cm}^2/\text{sec}$ 、OS45で $0.87 \times 10^{-8} \text{ cm}^2/\text{sec}$ となり、今回の結果と比較的良く一致する。

最後に、水結合材比55%の場合について、塩化物イオンの深さ方向分布の実測値と逆算した計算値とを併記して図-3に示す。なお、 C_s は結合材の種類にかかわらず、 14 kg/m^3 一定とした。同図から、計算値は実測値をほぼトレースしていることが分かる。

4. おわりに

今後、暴露実験を継続し、調査データを蓄積するとともに、別途進めている室内実験の結果を総合して検討し、表面塩化物イオン濃度 C_s 、塩化物イオン拡散係数D、限界塩化物イオン濃度 C_{lr} の合理的決定方法をまとめていく所存である。

【参考文献】

- 1) 本橋ら; 鹿島技術研究所年報, vol. 40, pp. 1~8, 1992. 10
- 2) 堤ら; 6th. DBMC, pp. 963~972, 1993. 10
- 3) 本橋ら; 鹿島技術研究所年報, vol. 41, pp. 1~6, 1993. 10
- 4) 永野ら; '86-INTERNATIONAL CONFERENCE ON CONCRETE IN THE MARINE ENVIRONMENT, pp. 211~222, 1986. 9
- 5) 武若; 土木学会第43回年次学術講演会講演概要集第5部, pp. 36~37, 1988. 10

表-2 塩化物イオン量測定結果

結合材の種類	浸透深さ	塩化物イオン量* (kg/m^3)			
		第1層 0-10mm	第2層 13-23mm	第3層 26-36mm	第4層 39-49mm
OPC		(11.33) (11.66)	(5.58) (5.82)	(2.79) (1.52)	(0.87) (0.32)
OS45		(11.49) (12.68)	(1.29) (1.69)	(0.50) (0.67)	(0.24) (0.18)
OF20		(10.72) (13.86)	(5.85) (3.82)	(1.99) (2.29)	(0.79) (0.27)
SF10		(11.37) (11.37)	(1.35) (1.35)	(0.47) (0.35)	(0.29) (0.25)

*水結合材比55% (40%)

表-3 C_s , Dの試算結果

結合材の種類	試算結果 表面塩化物イオン濃度 C_s (kg/m^3)	塩化物イオン拡散係数D* ($\times 10^{-8} \text{ cm}^2/\text{sec}$)
OPC	(13.9) (14.2)	(2.37) (1.86)
OS45	(14.8) (16.7)	(2.20) (1.21)
OF20	(13.9) (13.9)	(2.11) (2.11)
SF10	(14.5) (16.5)	(2.11) (1.11)

*水結合材比55% (40%)

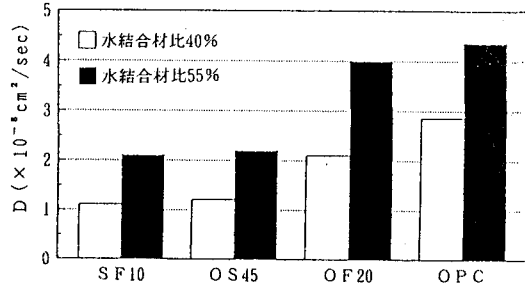


図-2 Dの試算結果の比較

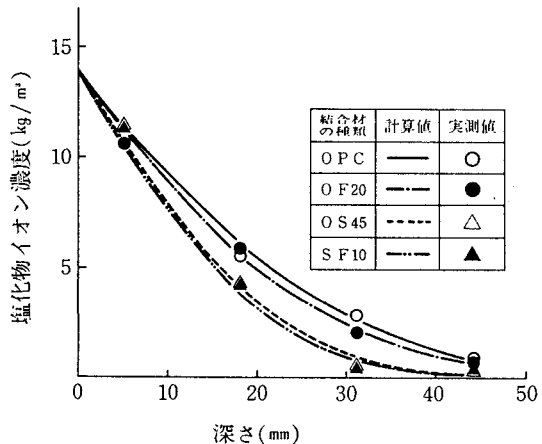


図-3 実測値と計算値の比較