

コンクリート中の塩化物イオンの拡散に関する検討

法政大学大学院 学生会員 ○村田 和哉
 法政大学大学院 学生会員 池田 大樹
 法政大学 正会員 溝渕 利明

1. はじめに

塩害は、塩化物イオンによってコンクリート中の鉄筋が腐食し、腐食生成物の体積膨張によりコンクリートにひび割れや剥離、鋼材断面の減少などを生じさせ、構造物の性能が低下し所定の機能を満たすことができなくなる現象である。実環境下におけるコンクリート構造物の塩害による劣化予測を行うためには、劣化因子である塩化物イオンの浸透、拡散の予測が重要である。塩化物イオンの拡散は、Fick の拡散方程式によってある程度推測することができ、拡散係数 D はたとえばコンクリート標準示方書において、水セメント比との関係として表される¹⁾。しかしながら、塩化物イオンの拡散は実構造物の水セメント比以外にも各種要因が関係しているといわれている^{2), 3)}。

本報は、塩害に対する耐久性の調査手法の確立に向けた検討の一環として、塩化物イオンの拡散が水セメント比以外に影響を受ける因子について検討を行うために、様々な条件下のコンクリート供試体における塩化物イオン分布および拡散係数を調査した結果についてとりまとめたものである。

2. 試験方法

本検討では、2005 年度に作製したコンクリート供試体に対して、乾湿繰り返しによる促進養生下における塩水浸漬を行い、採取した試料を JCI-SC8, JIS A 1154 に従い電位差滴定法によって塩分量の測定を行い、塩化物イオンの分布および拡散係数の算出を行った。

本試験の要因と水準を表-1 に、それぞれの配合を表-2 に示す。本試験で使用したコンクリート供試体は、図-1 に示すように 300mm×200mm×400mm として、供試体上面以外をアルリル板で覆うことで上面に浸漬塩水を溜められるようにするとともに、上面以外からの塩分の侵入を遮断した。乾湿繰り返しによる促進養生の概要を図-2 に示す。促進養生は、塩水浸漬 1 日、乾燥 2 日の 1 サイクル 3 日間の繰り返しで行った。

なお、それぞれの供試体につき表面からの深さ 10cm までを測定範囲とし、1cm ごとに塩化物イオン濃度の測定を行った。

3. 試験結果

水セメント比 45%, 65%における塩化物イオン拡散の比較を図-3 に示す。図-3 より、水セメント比が小さいほど拡散係数が小さくなる傾向を示した。これは水セメント比が小さい場合、コンクリート内部の構造が緻密になり、塩化物イオンが浸透しにくくなったため拡散係数が小さくなったと考えられる。

浸漬塩水濃度別の 250 サイクル時の塩化物イオン分布を比較して図-4 に示す。図-4 から、浸漬塩水濃度が異なると塩化物イオン濃度に大

表-1 要因と水準

要因	水準
水セメント比	45%, 55%, 65%
浸漬塩水濃度	0%, 3%, 10%
材齢	2, 3, 4, 5, 6 年

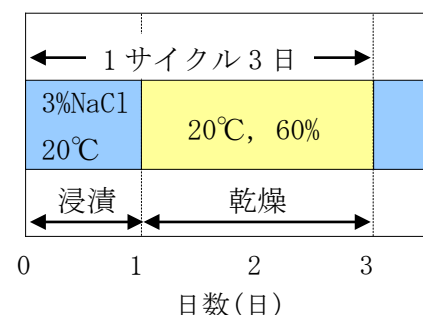
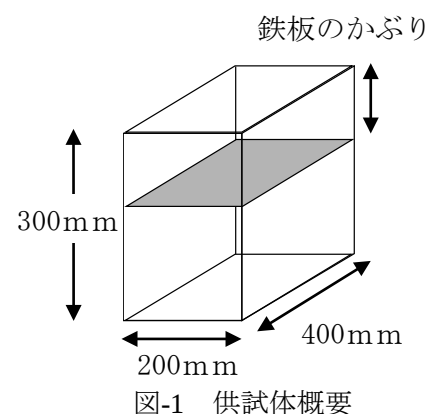


図-2 促進養生概要

キーワード 塩害, 拡散方程式, 拡散係数

連絡先 〒184-8584 東京都小金井市梶野町 3-7-2 法政大学工学部都市環境デザイン工学科 TEL 042-387-6286

表-2 コンクリート配合表

水セメント比 (%)	スランプ (cm)	空気量 (%)	細骨材率 (%)	単位量 (kg/m ³)					
				水 W	セメント C	細骨材 S	粗骨材 G	AE 剤 (g/m ³)	AE 減水剤 (g/m ³)
45	12	4.5	44.5	180	400	752	935	40	1400
55	12	4.5	46.5	180	327	815	935	33	1145
65	12	4.5	44.5	180	277	870	922	28	970

きな差が出るものの、拡散係数はほぼ同等の値を示した。このことより、浸漬塩水濃度が異なっても浸漬サイクルや配合が同一であれば、拡散係数はほぼ同様になるものと考えられる。

水セメント比 45%, 浸漬塩水濃度 3%の供試体の結果を例とした浸漬サイクルと拡散係数の関係を図-3 に示す。図-3 より、浸漬サイクルの増加に伴い拡散係数が減少する結果となった。これは、材齢の経過に伴いコンクリート内部が緻密化していることが一因ではないかと思われる。この結果より、コンクリート内の拡散係数には時間依存性があると考えられる。室内試験における拡散係数と水セメント比および浸漬回数の関係を式(1)に示す。

$$D = a \times c^b \quad \cdots(1)$$

ここで、 $a = 2.03 \times 10^4 \times (W/C) - 826$, $b = -1.20 \times (W/C)^{0.302}$

D : 拡散係数 (cm²/cycle) , W/C : 水セメント比 (%) , c : 浸漬回数 (cycle) である。式(1)を用いて推定した拡散係数の実測値と推定値を比較した結果を図-6 に示す。図-6 から、拡散係数の実測値と推定値との間に高い相関関係が確認できた。

4. まとめ

今回の検討で得られた結果を以下に示す。

- 1) 室内試験より、水セメント比のほかに浸漬サイクルが拡散係数に影響を与えることが確認された。また、浸漬塩水濃度は本件等の範囲では、拡散係数に影響を与えない結果となった。
- 2) 浸漬サイクルと拡散係数の関係を把握することで、拡散係数に時間依存性がある可能性を見出すことができた。

なお、今回拡散係数を求める際に用いた表面塩化物量は電位差滴定によるグラフから算出した推定値であることから、表面塩化物量を正確に測定する方法に関して、今後検討していく必要があると考えられる。

参考文献

- 1) (社)土木学会：コンクリート標準示方書設計編，p.55，pp.119-122，2007 年
- 2) 湯浅 昇，笠井 芳夫：セメント種類の違いがコンクリートの塩化物イオン浸透性に及ぼす影響，日本建築学会全国大会学術講演梗概集，A-1，材料施工 2009，pp.189-190，2009 年
- 3) 加藤 絵万，横田 弘：海洋環境化のコンクリート部材における塩化物イオンの浸透，生産研究，Vol.60，No.3，pp.212-215，2008 年

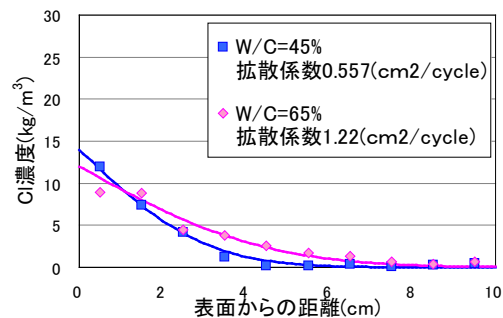


図-3 W/C 別拡散分布の比較

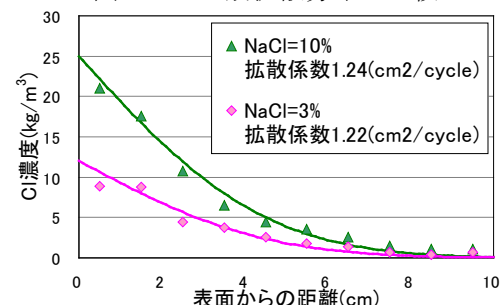


図-4 浸漬塩水濃度別拡散比較

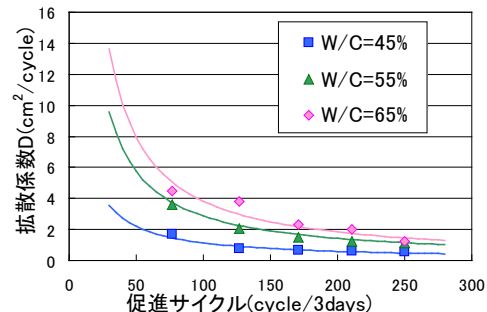


図-5 浸漬サイクルによる比較

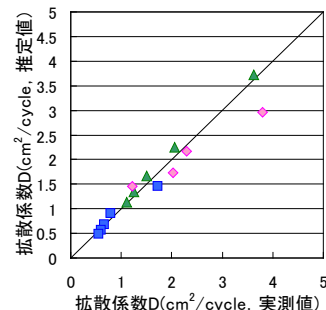


図-6 実測値と推定値の比較