

海水中に含まれる共存イオンがコンクリートの塩化物イオン浸透性に及ぼす影響

東京理科大学 学生会員 ○宇野 孝英

東京理科大学 正会員 三田 勝也

東京理科大学 正会員 加藤 佳孝

1. はじめに

コンクリート構造物の劣化原因の一つである塩害は、塩化物イオンの浸透が主因である。現在、コンクリート中への塩化物イオンの浸透は、塩化物イオンのみを対象にモデル化されているが、実際の沿岸付近の構造物は海水にさらされている。海水には塩化物イオンの他にも様々なイオンが含まれていることから、塩水と海水の塩化物イオンの浸透性状が異なることが考えられる。本研究では、海水中に含まれるイオンがコンクリート中への塩化物イオンの浸透に及ぼす影響を実験的に検討する。

2. 実験概要

本研究では、実験Ⅰとして塩水および海水による塩化物イオンの浸透性状の相違について検討し、実験Ⅱとして海水中に含まれる各種イオンが塩化物イオンの浸透に及ぼす影響を検討するものとした。図-1に実験Ⅰおよび実験Ⅱのフロー図を示す。

(1) 試験体概要

コンクリートの示方配合を表-1に示す。試験体は、 $\phi 10\text{cm} \times 20\text{cm}$ の円柱供試体とした。

(2) 実験条件

実験Ⅰでは、塩水および人工海水を用いて検討した。また、塩化物イオンの浸透方法として、連続浸漬および乾湿繰返しを行った。連続浸漬ではそれぞれ質量パーセント濃度で10%とし、浸漬期間は3, 7, 28および56日とした。乾湿繰返しでは、海水濃度を参考とし、質量パーセント濃度3.5%の溶液を使用した。試験では試験体を1日浸漬させたのち、40℃の環境下で2日間の乾燥を行う工程を1サイクルとし、3, 5, 8および10サイクルで試験を行った。

実験Ⅱでは、混合溶液を用いた。混合溶液は海水組成を参考にして、 K_2SO_4 、 MgSO_4 、 CaSO_4 および MgSO_4 の4種の硫酸塩を使用し、それぞれ質量パーセント濃度で1, 3, 5および10%の水溶液を作製す

る。それらの溶液を質量パーセント濃度10%のNaCl水溶液と混合させて実験に用いた。

(3) 硝酸銀噴霧試験¹⁾

塩化物イオン浸透深さの測定は硝酸銀噴霧試験で行った。試験体を高さ方向に割裂した後、割裂面に硝酸銀水溶液(0.1mol/l)を噴霧し、噴霧後白く呈色した部分を塩化物イオン浸透深さとした。硝酸銀噴霧試験では可溶性塩化物イオンが対象となる。

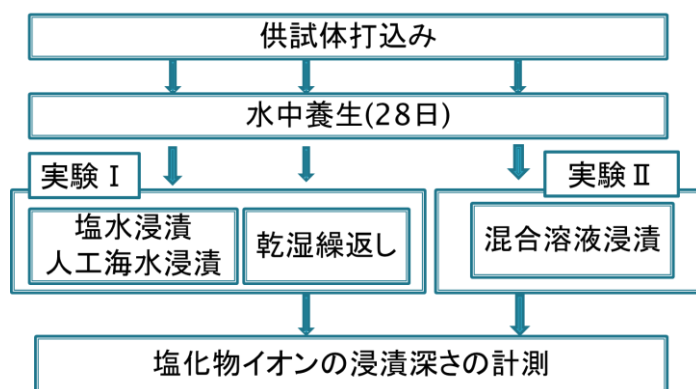


図-1 試験手順

3. 実験結果及び考察

(1) 実験Ⅰに関する結果および考察

図-2は、連続浸漬の期間28日および56日における塩化物イオン浸透深さの結果である。図より、塩水浸漬と海水浸漬を比較すると、海水浸漬の方が塩水浸漬よりも塩化物イオンが浸透しにくい結果となった。連続浸漬では0.26～0.75倍程度、図は割愛するが乾湿繰返しでは0.22～0.66倍程度となった。

塩化物イオン浸透状況を観察すると、水セメント比が大きいほど局部的浸透が多く見られる傾向にあり、局所的な観察が確認された試験体では、表面に空隙あるいは表層部分に粗骨材が存在していた。局部的浸透は、空隙や骨材界面の影響によるものだと考えられる。

キーワード：硝酸銀噴霧試験 塩水 海水

連絡先 〒278-8510 千葉県野田市山崎 2641 東京理科大学 TEL：04-7124-1501 E-mail：k_mita@rs.noda.tus.ac.jp

表-1 コンクリートの示方配合

	W/C (%)	s/a (%)	単位量(kg/m ³)					スランプ (cm)	Air (%)
			W	C	S	G	Ad		
実験Ⅰ	45	46	175	389	795	965	1.56	12.0	3.4
	55	45	175	318	804	1016	1.27	11.0	3.5
	65	46	175	269	841	1021	1.08	12.0	4.0
実験Ⅱ	55	45	175	318	804	1016	1.27	13.0	3.8

乾湿繰返し試験を行った供試体側面を観察した結果、塩水と海水で違いが見られた。塩水浸漬を行った試験体ではエフロレッセンスが発生しているのに対し、海水浸漬を行った試験体では発生していなかった。エフロレッセンスは、セメント硬化体中の $\text{Ca}(\text{OH})_2$ などの物質が、練混ぜ水や外部から侵入した水に溶けた水溶液として硬化体内部から表面に移動することが原因となっている。海水浸漬では、海水中に含まれるイオンにより $\text{Ca}(\text{OH})_2$ が表面に移動し難くなり、エフロレッセンスが発生しなかったものだと考えられる。

(2) 実験Ⅱに関する結果および考察

図-3 は浸漬期間 28 日時点の塩化物イオン浸透深さの結果である。図を見ると、混合溶液濃度による明確な傾向は見られなかった。しかし、全般的に CaSO_4 に浸漬した場合、塩化物イオンは浸透しにくく、 Na_2SO_4 と MgSO_4 に浸漬した場合は塩化物イオンが浸透しやすい傾向が見られた。

図-4 は浸漬期間 28 日時点の塩化物イオン浸透深さの結果である。なお、図には実験Ⅰの結果も併記している。図より、塩水浸漬の場合が一番浸透しやすく、海水よりも混合溶液に浸漬した場合の方が、塩化物イオンが浸透しやすいことがわかる。海水に含まれるイオンの相互作用により、塩化物イオンが浸透しにくくなっていると考えられる。

4. まとめ

本研究で得られた結果を以下にまとめる。

- 1) 海水浸漬の方が塩水浸漬よりも塩化物イオンが浸透しにくい。
- 2) 表層部に粗骨材がある場合、骨材界面の影響により、局部的浸透が多く見られる傾向にある。
- 3) 塩水の乾湿繰返しで観察されたエフロレッセンスは、海水では見られなかった。
- 4) Na_2SO_4 と MgSO_4 に浸漬した場合は、塩化物イオンが浸透しやすい傾向が見られた。

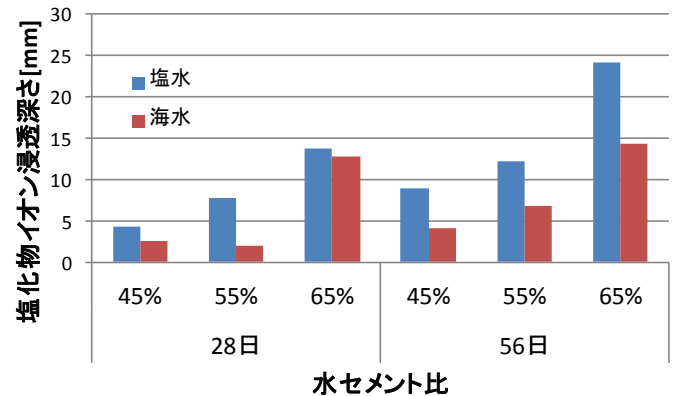


図-2 塩化物イオン浸透深さ[実験Ⅰ]

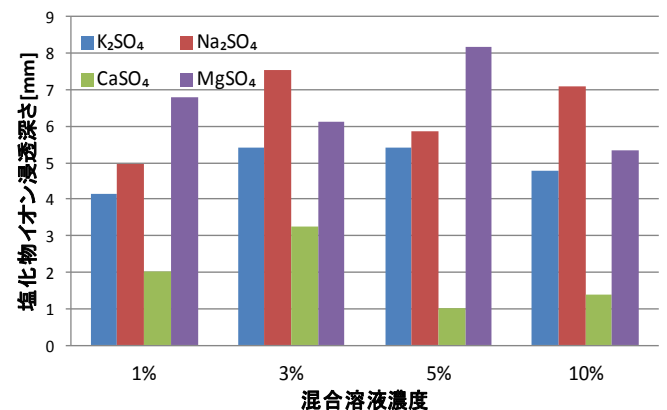


図-3 塩化物イオン浸透深さ[実験Ⅱ]

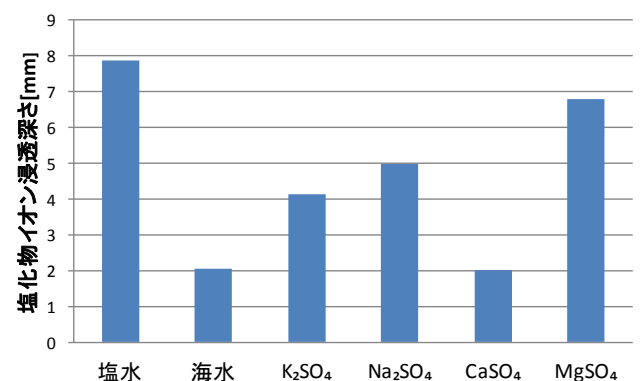


図-4 塩化物イオン浸透深さ

参考文献

- 1) 大即信明: 硝酸銀噴霧法によるセメント硬化体の塩化物イオン量の意味, 東工大 土木工学科研究報告, No.42, 1990.12