

乾湿繰り返し環境下での塩化物イオン浸透に関する実験的検討

東京理科大学

学生会員

○大野 浩嗣

東京理科大学大学院

学生会員

池田 伊輝

東京理科大学

正会員

加藤 佳孝

1. はじめに

海岸付近のコンクリート構造物では、海からの塩化物イオンの供給により塩害が生じる。海洋環境は、海中部、飛沫部、干満部に大別でき、各場所で塩化物イオン浸透量が異なることが知られている。山路らの検討¹⁾によると、干満部は乾湿繰り返し環境であるため、塩化物イオンの浸透量が多くなることが報告されている。しかし、干満部に代表される乾湿繰り返し環境下での塩化物イオン浸透の検討例が少ないのが現状である。本研究では、干満部を想定した乾湿繰り返し環境下のモルタルを対象として、塩化物イオンの浸透性状および飽和度分布を実験的に検討した。

2. 試験概要

2.1 供試体概要

本試験では普通ポルトランドセメントを用いた。供試体は、4×4×16cmの角柱のモルタル供試体を作製、打設後1日で脱型し、試験中の水和反応の影響を排除するため、91日間水中養生させた。

2.2 乾湿繰り返し試験

供試体を絶乾状態に調整し、吸水面以外の5面にエポキシ樹脂を塗布した。試験は、吸水面を3%NaCl溶液へ5mm程度浸せきさせる吸水試験と、乾燥環境下へ静置させる乾燥試験を繰り返すことで乾湿繰り返し試験とした。乾湿繰り返し試験のサイクル条件を表-1に示す。吸水試験は各条件20℃一定下で吸水させた。乾燥試験は条件①、③は20℃環境下で、条件②は乾燥の影響を大きくするため40℃乾燥した。また条件①、②は20サイクル、条件③は40サイクルまで実施する。本試験では、合計吸水時間で比較するため、条件③の4, 12, 20, 40サイクルは条件①、②の1, 3, 5, 10サイクルと対応している。所定サイクル経過した供試体を乾式切断機で1cmごとに切断し、得られた供試体片の飽和

表-1 乾湿繰り返し条件

条件	1サイクルの条件		
	1日吸水 →1日乾燥	塩水吸水 乾燥 20℃	1日 1日
①	1日吸水 →3日乾燥	塩水吸水 炉乾燥 40℃	1日 3日
②	6時間吸水 →6時間乾燥	塩水吸水 乾燥 20℃	6時間 6時間
③			

度および全塩化物イオン濃度を測定した。飽和度は質量差法、全塩化物イオン濃度はJIS A 1154に準拠し、塩化物イオン電極を用いた電位差滴定法を用いた。

3. 実験結果および考察

図-1, 2, 3に、供試体深さ方向の飽和分布の結果を示す。ここで、図-2では、供試体の個体差により、20サイクルの供試体には水分が浸透しなかったため、20サイクルではなく、20回目の吸水試験をする前の段階である19.5サイクルの結果を記載する。飽和度の結果より、全ての条件でサイクル数の増加に伴い水分は奥まで浸透していた。条件①、②で10と19.5, 20サイクルでは飽和度にあまり変化が見られず、条件③でもサイクル数の増加に伴う飽和度の上昇が抑えられている。このことから、水分がある程度浸透した後は、水分の移動速度は低下することが推測されるが、今後より詳細な検討が必要である。

図-4, 5, 6に、全塩化物イオン濃度の測定結果を示す。実線は実測値、点線は、得られた飽和度から移動した水分がすべて3%NaCl溶液であると仮定した推定値である。なお、飽和度分布の経時変化から乾湿繰り返しの影響が大きいと考えられる1~3層目に関しては、飽和度の実測値から乾湿繰り返しに伴う、水分量の累積増分を算出し、累積塩化物イオン濃度を求め、補正している。例えば、吸水後の飽和度が100%であったとして、

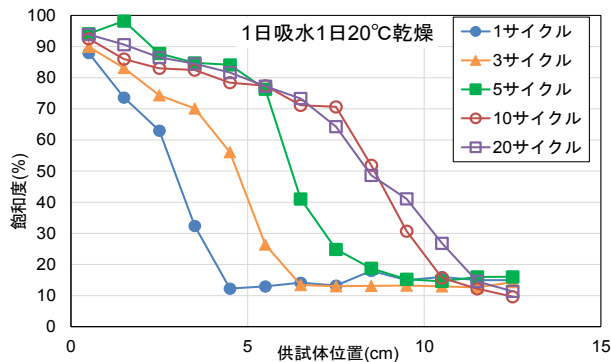


図-1 飽和度分布 (条件①)

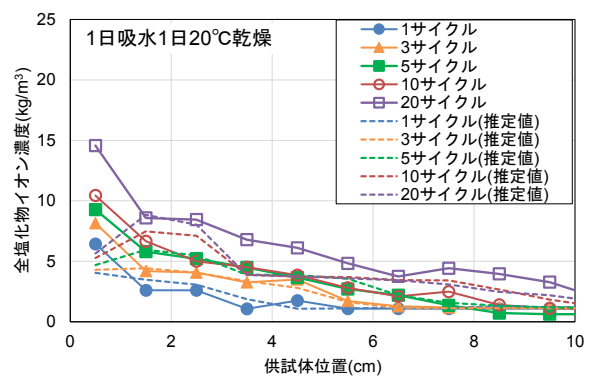


図-4 塩化物イオン濃度分布 (条件①)

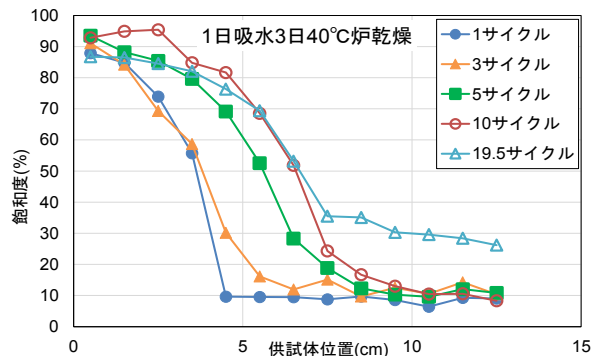


図-2 飽和度分布 (条件②)

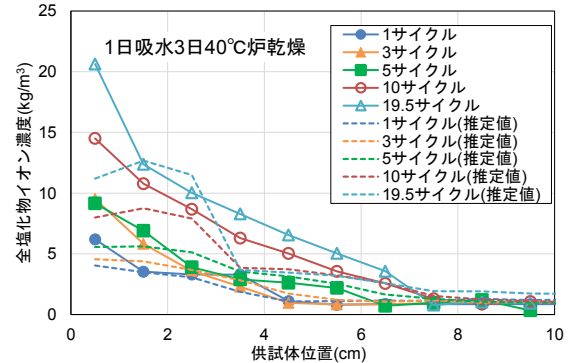


図-5 塩化物イオン濃度分布 (条件②)

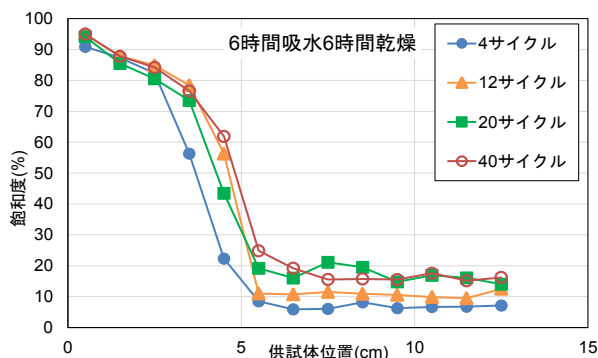


図-3 飽和度分布 (条件③)

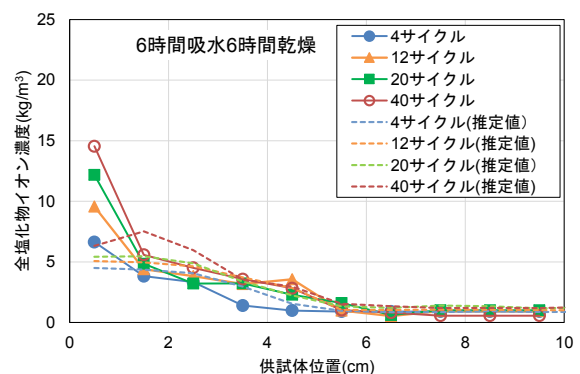


図-6 塩化物イオン濃度分布 (条件③)

乾燥により 90%になり、再度の吸水で 100%となれば、10%の水分が供給されたこととなる。その 10%分の塩化物イオン量を求め、補正している。結果より、実測値と推定値は 1 層目を除き、大凡一致する傾向となった。乾湿繰り返し環境での液状水の移動は表面を除き、移流の影響が支配的となることが考えられる。推定値のみに着目すると、全条件で 1 層目の推定値が 2, 3 層目よりも低く算出されている。本手法では試験時の飽和度の増減の程度に伴い、塩化物イオン濃度が高く算出される。実測値から、乾湿繰り返しに伴う 1 層目の飽和度の増減程度よりも、2 および 3 層目の増減程度が高かったことが原因であると考えられる。その要因として、乾燥吸水サイクルを通して、1 層目を必ず通過して水分が移動すると考えられるため、1 層目の飽和度の増減程度が見かけ上、低下することで 1 層目<2, 3 層目となっ

たと推測される。

4. まとめ

本研究で得られた知見は次のとおりである。

- 1) 飽和度分布の結果から、乾湿繰り返しによって水分がある程度浸透した後は、水分の移動速度は低下することが推測されるが、今後検討が必要である。
- 2) 全塩化物イオン濃度の結果から、乾湿繰り返し条件の違いが及ぼす影響は、表層付近で顕著になった。
- 3) 水分量の累積増分から算出した推定値と実測値が同程度となっており、塩化物イオンの移動は、主として移流を駆動力としていることが示唆された。

参考文献

- 1) 山路徹, 濱田秀則, 審良善和: 異なる海洋環境下および暴露期間における塩化物イオン拡散性状, コンクリート工学年次論文集, Vol.31, No.1, 2009