

細孔構造から検証したアルミノシリケートの塩化物の浸透抑制効果に関する一考察と 速硬モルタルへの適用における実験的検討

太平洋マテリアル（株） 正会員 ○山中 俊幸
太平洋マテリアル（株） 正会員 中島 裕

1. はじめに

近年、沿岸地域での塩害対策によるコンクリート構造物の長寿命化の手法として、ポリマー、防錆剤、撥水剤、塩化物固定化技術¹⁾など様々な手法が検討されている。筆者らは、塩化物浸透抑制対策としてアルミノシリケート系材料に着目し、その塩化物の浸透抑制効果を既に報告しているが²⁾、その作用機構については十分な検証がなされていない。そこで本研究ではアルミノシリケートの塩化物浸透抑制効果について、その作用機構を明らかにすべく試験を行うこととした。また、塩害地域においても施工時間の制約などにより速硬性を有する材料が使用されることがある。そこで、速硬モルタルへのアルミノシリケートの適用を併せて検討することとした。

2. 試験概要

表-1にモルタル配合を示す。普通セメントおよびセメント強さ試験用標準砂を使用した W/C=50%かつ S/C=3 のモルタルである PL をベースとし、アルミノシリケート系材料(以下 AS)を結合材の内割でそれぞれ 5%と 10%を混和した。一方、PL をベースに特殊カルシウムアルミネートと特殊硫酸塩を主成分とする速硬性混和材(表中 F)を結合材の内割で 30%混和した水準を FM とし、FM に AS を 5%混和した。前述の 5 水準について、試験体(φ50×100 mm)を 20℃-70%RH 環境で作製し、材齢 1 日で脱型後材齢 28 日まで 20℃環境にて水中養生を施した。その後、試験体を塩分濃度 10%水溶液に 13 週間浸漬した。

表-1 モルタル配合

水準名	W/B※	S/B※	AS 混和量 (vs.B※)	F 混和量 (vs.B※)
PL	50 %	3	—	—
AS 5 %			5 %	—
AS 10 %			10 %	—
FM			—	30 %
FM+AS			5 %	30 %

※結合材(B) = セメント(C) + AS + F

浸漬後の試験体の評価方法として、表-2に示すように塩化物浸透深さは試験体を縦方向に半分に切断し試験体側面の表面から中心までの 25 mm を部分的に切り出したものを測定面として EPMA 面分析を行った。また、細孔容積については試験体の中心部から 5mm 角の試料を切り出しアセトンで残存水分の置換を行った後、真空乾燥および D-dry 処理を施して測定に用いた。

表-2 試験方法

試験項目	試験方法概要
塩化物浸透深さ	JSCE-G574「EPMA 法によるコンクリート中の元素の面分析方法」
細孔容積	水銀圧入法

3. 結果と考察

(1) AS の混和による緻密化の影響

図-1に PL, AS5%, AS10%の水準について EPMA 法により分析した塩分浸透深さの結果を示す。塩化物の浸透深さを比較すると、PL, AS5%, AS10%の順に減少している。また、試験体表層から 5mm までの範囲を比較すると PL, AS5%, AS10%の順に塩化物量の最大ピークが表層側にシフトしており、最大値は AS10%で最も大きいことから、AS の混和により表層付近で塩化物を固定化したことが考えられる。

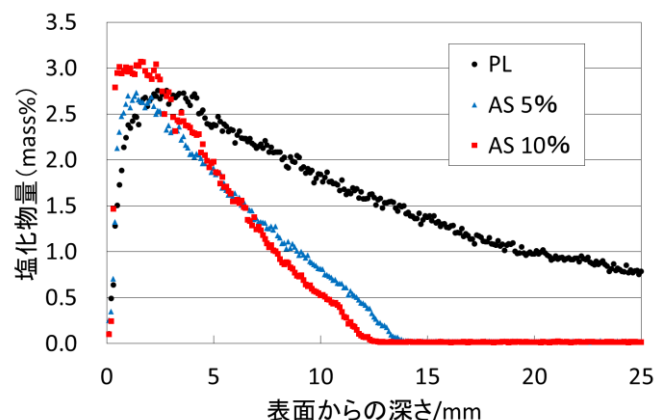


図-1 EPMA 分析による塩化物浸透深さ

キーワード：塩害、アルミノシリケート、細孔構造、緻密化、浸透抑制

連絡先：〒285-0802 千葉県佐倉市大作 2-4-2 太平洋マテリアル株式会社 開発研究所 TEL.043(498)3921

図-2にPL, AS5%, AS10%の水準について水銀圧入法による累積細孔容積の測定結果を示す。累積細孔容積はPL, AS5%, AS10%の水準で変わらないが、細孔径 100nm の前後で比較すると PL に比べて AS5%, AS10%は 100nm 以下の微細な毛細管空隙が増加し、100nm 以上の比較的粗大な毛細管空隙が減少する傾向にある。さらにこの傾向は混和量に依存している。このことから AS はセメント硬化体を緻密化させる効果を有しており、塩化物の固定化の効果だけでなく、緻密化の効果が塩化物の浸透抑制の一助となっている可能性が考えられる。

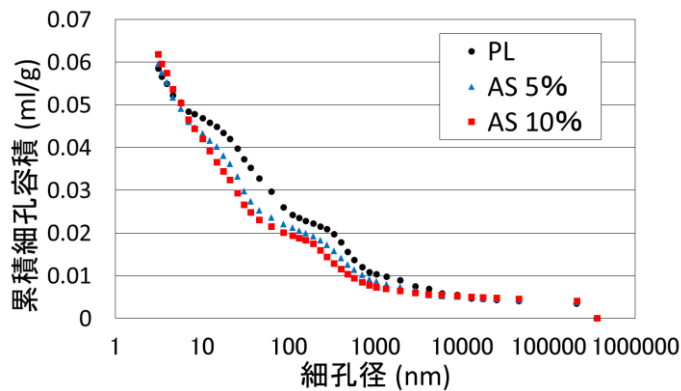


図-2 累積細孔径容積

(2) 速硬モルタルへの適用

図-3に速硬モルタルである FM, FM+AS の水準について塩化物浸透深さの結果を示す。塩化物の浸透深さについて比較すると、FM に比べて FM+AS は大幅に減少していることがわかる。FM は PL と比較して浸透深さが減少しているにも関わらず AS の混和によりさらに浸透深さが減少している。これにより速硬モルタルにおいても AS による塩化物の浸透抑制効果が発揮されているものと考えられる。

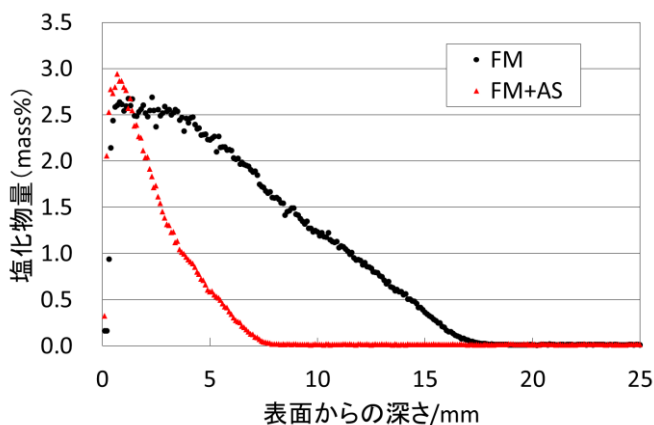


図-3 EPMA 分析による塩化物浸透深さ

図-4に速硬モルタルである FM, FM+AS の水準について水銀圧入法による累積細孔容積の測定結果を示す。図-2の傾向と同様に AS を混和することで FM に比べて FM+AS は 100nm 以下の毛細管空隙が減少し、100nm 以上の比較的粗大な毛細管空隙が減少する傾向にあることがわかる。また、AS を混和した場合 100nm 以下の毛細管空隙の増加により FM と比較して累積細孔容積が増加しているが、図-3において浸透深さが大幅に低減することから 100nm 以上の毛細管空隙の減少の方がより塩化物の浸透に影響している可能性が考えられる。

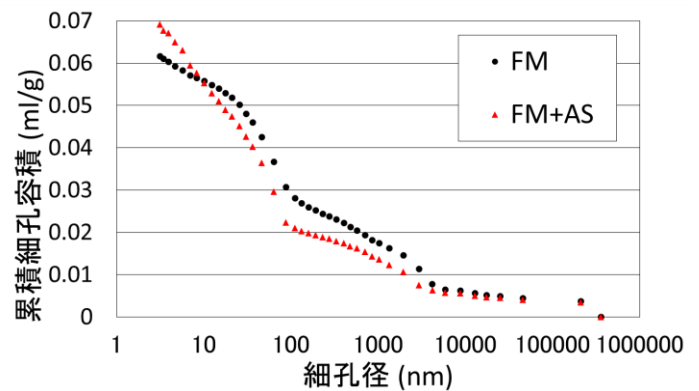


図-4 累積細孔径容積

4. まとめ

本研究では、塩化物浸透抑制対策を目的としてアルミノシリケートに着目した検討を行うことで、以下の2点の知見が得られた。

(1) アルミノシリケートを混和した場合のセメント硬化体の細孔構造を検証することで、塩化物の固定化の効果だけでなくセメント硬化体内部の緻密化による効果が塩化物の浸透抑制の一助となっている可能性が考えられる。

(2) 速硬モルタルへのアルミノシリケートの適用を検討した結果、速硬モルタルにおいてアルミノシリケートを混和することで塩化物の浸透抑制効果を発揮することが確認された。

参考文献

- 1) 田原和人ほか：CaO・2Al₂O₃ を混和したセメント硬化体の塩化物固定化能力，セメント・コンクリート論文集，No. 64，pp.428-434(2010)
- 2) 山中俊幸，高橋洋朗，中島裕：アルミノシリケートを活用した塩化物の浸透抑制効果に関する実験的検討，土木学会第72回年次学術講演会講演概要集，V-418(2017)