

反応型けい酸塩系表面含浸材の物質透過性に及ぼす添加剤と補助剤の影響

金沢工業大学大学院 学生会員 ○増田 旬之介
金沢工業大学 正会員 宮里 心一
(株)エバープロテクト 正会員 高島 達行

1. はじめに

コンクリート構造物に対する予防保全工法のひとつとして、劣化要因物質の侵入を低減し、無色透明で目視観察が可能なけい酸塩系およびシラン系表面含浸材が注目されている。ここで、前者の含浸材には、主成分であるけい酸塩に加えて、添加剤の混入や補助剤が使用される場合がある。これは、主成分の安定性や物理的性状の改善を目的としている。しかしながら、添加剤を混入したけい酸塩系表面含浸材を塗布および補助剤を塗布したコンクリートの物質透過性について評価した研究は少なく¹⁾、その効果は未解明な点が多い。

以上の背景を踏まえ本研究では、主成分であるけい酸ナトリウム・けい酸カリウムに、新たな添加剤・補助剤を加えたけい酸塩系表面含浸材をモルタルに塗布し、主成分のみのけい酸塩系表面含浸材を塗布した場合と、物質透過性を比較した。

2. 実験手順

2.1 供試体

モルタル供試体の W/C は 55%で、その寸法は 100×100×100mm とした。含浸材の塗布面は、型枠に接していた 1 側面とし、塗布面およびその裏面を除く 4 側面をエポキシ樹脂により被覆した。その後、添加剤を混入したけい酸塩系表面含浸材を 1 側面に塗布および含浸材塗布後に補助剤を塗布した。なお、含浸材塗布時の施工および養生は、JSCE-K572 に準拠した。

2.2 実験ケース

表 1 に実験ケースを示す。評価基準として、無塗布 (A)と主成分のみ (B)を、比較対象として設定した。また C・D および E では、負電荷を有する塩化物イオンに対して、負電荷を有するフッ化ナトリウムおよびドデシル硫酸ナトリウムを混合し、静電的反発による塩化物イオン浸透の抑制を図った。さらに F・G では、C-S-H ゲルの形成を助長させるため、水酸化カルシウムを混合し、中性化進行の抑制を図った。

表 1 実験ケース

ケース	含浸材種類 ※	添加剤補助剤	塗布量 (kg/m ²)	暴露条件
A	無塗布	—	—	塩害 中性化
B	NaK		0.24	
C	NaK・NaF		フッ化ナトリウム 水溶液	塩害
D	NaK+NaF			
E	NaK+ ドデシル	ドデシル硫酸 ナトリウム水溶液	0.24+0.40	塩害
F	NaK・Ca	水酸化カルシウム 水溶液	0.24	
G	NaK+Ca		0.24+0.40	中性化

※(・)は NaK と添加剤の混合、(+)は NaK 塗布後に補助剤を塗布

2.3 測定項目

(1)ビッカース硬さ

ビッカース硬さにより含浸深さを確認した²⁾。表面含浸材の塗布面に対して垂直に切断した供試体の、切断面を塗布面から 1mm 毎に深さ 10mm まで測定した。

(2)塩化物イオン浸透深さ

28 日間および 63 日間に亘り、温度 20℃で濃度 3.0% の NaCl 水溶液に浸漬した。その後、供試体を割裂し、0.1mol/l の硝酸銀水溶液を噴霧し、変色した領域を塩化物イオン浸透深さとして測定した。

(3)可溶性塩化物イオン濃度

63 日間に亘り、温度 20℃で濃度 3.0%の NaCl 水溶液に浸漬した後、ドリル削孔により試料を採取し、深さ 20mm までは 5mm 毎、20-50mm では 10mm 毎の可溶性塩化物イオン濃度を測定した³⁾。

(4)中性化深さ

28 日間および 56 日間に亘り、温度 20℃、RH60%、CO₂ 濃度 5.0%の環境下で中性化促進暴露を行った。その後、供試体を割裂し、JIS A 1152 に準拠して中性化深さを測定した。

3. 実験結果

図 1 にビッカース硬さの分布を示す。これによると、けい酸塩系表面含浸材を塗布した B~G では、無塗布の A と比較して、表層部におけるビッカース硬さが高い。一方、C~G では、4mm 以深のビッカース硬さが、A と

キーワード けい酸塩系表面含浸材、添加剤、補助剤、塩化物イオン浸透、中性化進行

連絡先 〒924-0838 石川県白山市八束穂 3 丁目 1 番地 地域防災環境科学研究所 TEL 076-274-7733

同等になる。したがって、C~G の含浸深さは 3mm 程度である。また、B の含浸深さは 4mm 程度である。

図 2 に塩化物イオン浸透深さを示す。これによると、無塗布の A と比較して、B・C および E では 40%に、D では 30%に、塩化物イオン浸透が浅くなる。これは、けい酸塩系表面含浸材を塗布することにより、表層部が改質され、緻密化したためと考えられる。また、けい酸塩系表面含浸材を塗布したケースの中では、主成分のみの B と比較して、C および E では同等で、D では深いことを確認できる。これは、ビッカース硬さが高いほど、塩化物イオンの浸透の抑制効果は高くなるため⁴⁾と考えられる。

図 3 に可溶性塩化物イオン濃度分布を示す。これによると、表面から 5mm 以内では、けい酸塩系表面含浸材を塗布した B~E において、A より 50%~70%に低下している。また、図 1 にて改質が確認された先端より深部においても、低下することを確認できる。

図 4 に中性化深さを示す。これによると、無塗布の A と比較して、B では 40%に、F および G では 50%に、中性化進行は浅い。また、けい酸塩系表面含浸材を塗布したケースの中では、主成分のみの B と比較して、F および G では、中性化進行が浅いことを確認できる。これは、水酸化カルシウムを塗布したことにより C-S-H ゲルの形成を助長させ、中性化の進行を遅延したためと考えられる。

4. まとめ

- (1)無塗布と比較すると、けい酸塩系表面含浸材を塗布すれば、塩化物イオン浸透抑制・中性化進行抑制の効果があつた。
- (2)本実験で使用した負電荷を有する添加剤および補助剤の静電的反発による塩化物イオンの浸透抑制効果は認められなかった。
- (3)水酸化カルシウムを添加剤や補助剤として使用した場合、主成分のみよりも中性化進行を抑制できた。

参考文献

- 1)黒岩大地ほか：けい酸塩系表面含浸材の添加剤の種類がコンクリートの耐塩害性に及ぼす影響，土木学会中部支部研究発表会講演概要集，pp.411-412，2012
- 2)大嶋俊一ほか：けい酸塩系表面含浸材を塗布したモルタルの耐酸性に関する化学的基礎検討，土木学会第 66 回年次学術講演会講演概要集，Vol.66，pp.537-538，2011

3)後藤年芳ほか：硬化コンクリートの全塩化物イオン濃度迅速測定法の開発，コンクリート工学年次論文集，Vol.32，No.1，pp.785-790，2010

4)宮島英樹ほか：13 年暴露したけい酸塩系表面含浸材の性能に関する一考察，コンクリート構造物の補修，補強，アップグレード論文報告集，第 15 巻，pp7-12，2015

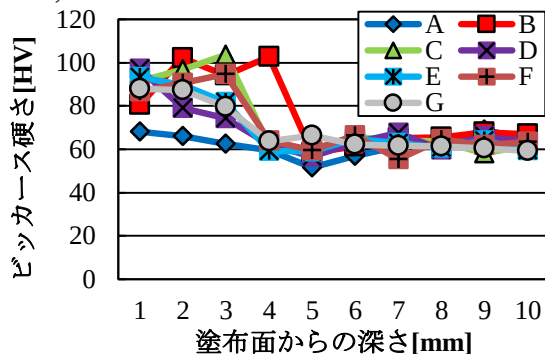


図 1 ビッカース硬さの分布

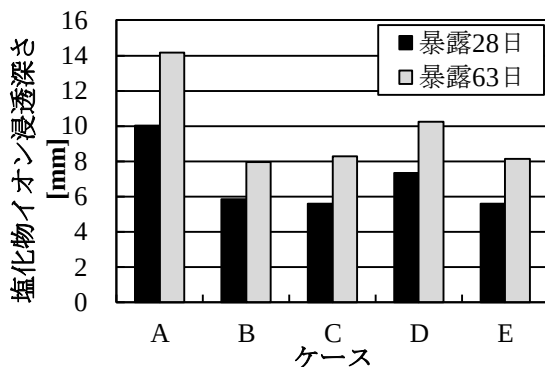


図 2 塩化物イオン浸透深さ

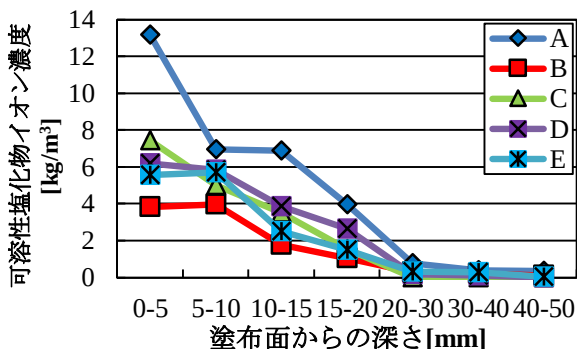


図 3 可溶性塩化物イオン濃度分布

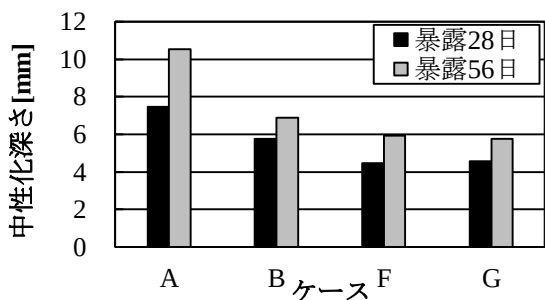


図 4 中性化深さ