

シラン系表面含浸材により改質されたコンクリート表層部の 塩化物イオン拡散係数の推定

金沢工業大学 学生会員 ○吉谷 拓磨 金沢工業大学 正会員 宮里 心一
東亜建設工業 正会員 花岡 大伸 東亜建設工業 正会員 網野 貴彦

1. はじめに

塩害に対する鉄筋コンクリートの表面保護工法のひとつに、シラン系表面含浸工法がある。著者らは、表面含浸材塗布により改質された含浸部コンクリートの塩化物イオンの拡散係数を、拡散セル法¹⁾により推定する方法を提案し、モルタル供試体での妥当性を検証してきた²⁾。そこで本稿では、上記の方法のコンクリートへの適用性および電気泳動試験による拡散係数の推定について実験を行った結果を示す。

2. 実験方法

供試体は普通ポルトランドセメントおよび陸砂・陸砂利を使用し、 $W/C=55\%$ のコンクリートを $\phi 100 \times H200\text{mm}$ の型枠に打設した。28 日間の水中養生後、実構造物の型枠面を想定して、供試体の底面に刷毛を用いてシラン系表面含浸材を塗布（標準量： 200g/m^2 ）した。また、図-1 に示すように、コンクリート表層部の試験片（含浸部+非含浸部の複合体：厚さ 50mm）と深部の試験片（非含浸部のみ：厚さ 50mm）を採取した。

上記 2 種類の試験片について、JSCE G 571 に準拠して電気泳動試験を行った。図-2 に電気泳動試験の概要を示す。また、電気泳動試験の開始から 35 日後に試験片をセル容器から取り外し、割裂後に JSCE K 571 に準拠して含浸深さを測定した。

3. 実験結果

図-3 に陽極側の塩化物イオン濃度の経時変化を示す。図-3 に示す陽極側の塩化物イオン濃度の傾きから、JSCE G 571 に基づきそれぞれの実効拡散係数を算出した。また、2012 年制定土木学会コンクリート標準示方書設計編³⁾に基づき、実効拡散係数を見かけの拡散係数に換算した。なお、表面含浸材が塗布された含浸部コンクリートの $k_1 \cdot k_2$ に関する知見が無いため、本研究では未含浸部コンクリートと同じ係数を用いた。

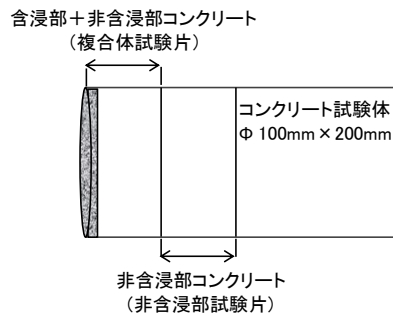


図-1 試験体の概要

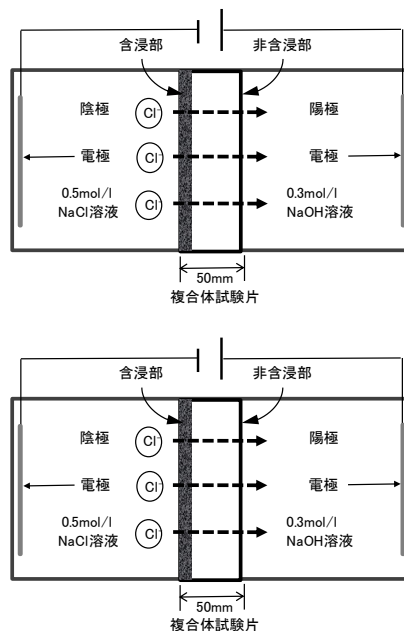


図-2 電気泳動試験の概要

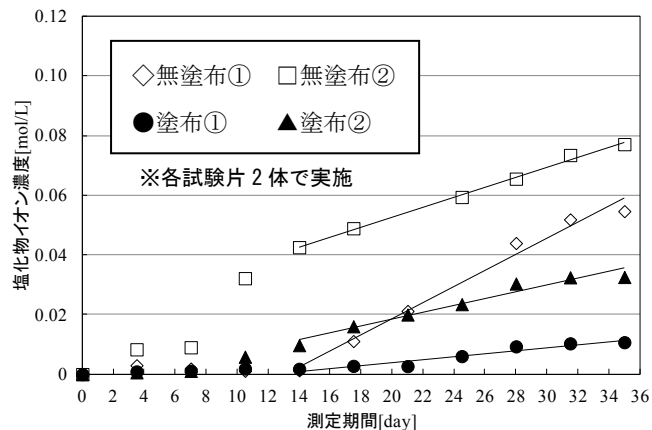


図-3 陽極側塩化物イオン濃度の経時変化

キーワード シラン系表面含浸材、電気泳動試験、拡散係数、等価かぶり、腐食発生時期

連絡先 〒924-0838 石川県白山市八東穂 3-1 地域防災環境科学研究所 TEL 076-274-7009

電気泳動試験による複合試験片および非含浸部試験片の結果を表-1 に整理する。また、式 (1) ²⁾による含浸部コンクリートの拡散係数 (D_s) の推定結果を表-2 に示す。なお、含浸深さは3mmであった。

$$\frac{C'}{\sqrt{D'}} = \frac{C_C}{\sqrt{D_C}} + \frac{C_S}{\sqrt{D_S}} \quad (1)$$

ここで、 C' ：複合体試験片の厚さ (cm)、 D' ：複合体試験片の拡散係数 ($\text{cm}^2/\text{年}$)、 C_C ：非含浸部試験片の厚さ (cm)、 D_C ：非含浸部試験片の拡散係数 ($\text{cm}^2/\text{年}$)、 D_S ：含浸部コンクリートの拡散係数 ($\text{cm}^2/\text{年}$)、 C_S ：含浸深さ (mm) を示す。さらに、等価かぶりの考え方にに基づき、含浸材による遮塩効果をかぶりの増加とみなした等価かぶりの厚さ (S) を式 (2) より求めた。

$$S = C' \left(\frac{\sqrt{D_C}}{\sqrt{D'}} - 1 \right) = C_S \left(\frac{\sqrt{D_C}}{\sqrt{D_S}} - 1 \right) \quad (2)$$

表-2 によると、含浸部コンクリートの拡散係数は $1.00 \times 10^{-3} \text{cm}^2/\text{年}$ と推定され、非含浸部コンクリートの約 1/100 であった。また、等価かぶりの厚さは 40mm と推定された。

なお、文献 2) では、モルタル ($W/C=0.50$) を使用し、かつ拡散セル法 ¹⁾ により試験片の拡散係数を求めているが、本実験はシラン系表面含浸材と同じものを用いている。そのときに推定された含浸部モルタルの拡散係数も非含浸部モルタルの約 1/100 と推定されている。このことから、含浸部コンクリートの拡散係数の推定には、電気泳動法または拡散セル法のいずれも適用できると考えられる。

4. 腐食発生時期の予測例

前章までの結果を用い、シラン系表面含浸材を塗布した鉄筋コンクリート構造物の腐食発生時期の予測を試みた例を図-3 に示す。ここでは、黒岩らの文献 ⁴⁾ を参考にして予測を行い、かぶり 50mm、表面塩化物イオン濃度 13.0kg/m^3 、腐食発生限界塩化物イオン濃度 1.2kg/m^3 を条件とした。また、含浸部および非含浸部コンクリートの見かけの拡散係数は表-2 の値を用いた。

これによれば、表面含浸材を塗布しないケースの腐食発生時期は 42 年となり、一方、含浸材を塗布したケースでは 100 年経過後も腐食しない結果となった。ただし、この結果には表面含浸材の性能低下を考慮していないことに留意が必要である。今後、提案方法 ²⁾ により含浸部コンクリートの拡散係数の経時変化等を確

認していく必要があると考えている。

5. まとめ

シラン系表面含浸材を塗布したコンクリートの含浸部における塩化物イオン拡散係数を電気泳動試験により推定する方法を提案し、耐久設計の一例を試みた。

表-1 電気泳動試験の結果

試験片 項目	複合体試験片 (含浸部+非含浸部)			非含浸部試験片		
	①	②	平均	①	②	平均
実効拡散係数 ($\text{cm}^2/\text{年}$)	0.04	0.09	0.07	0.23	0.15	0.19
見かけの拡散 係数 ($\text{cm}^2/\text{年}$)	0.02	0.05	0.04	0.13	0.08	0.11

表-2 拡散係数および等価かぶりの算出結果

項目	含浸の有無	含浸部コンクリート (0~3mm)	非含浸部コンクリート (3mm~)
見かけの拡散係数 ($\text{cm}^2/\text{年}$)		1.00×10^{-3}	1.10×10^{-1}
等価かぶりの厚さ (mm)		40	—

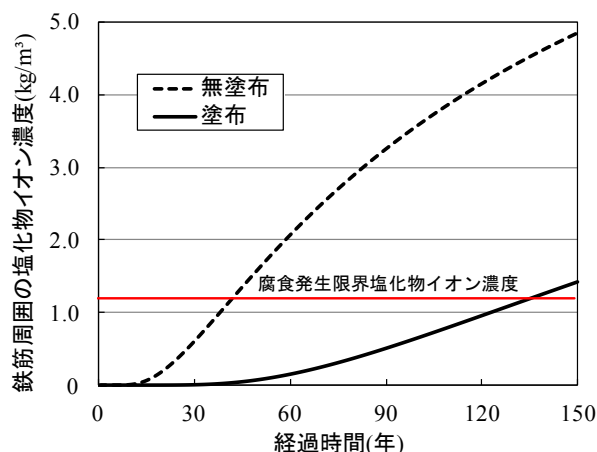


図-3 腐食発生時期の予測結果例

参考文献

- 1) 土木学会：コンクリート技術シリーズ コンクリートの塩化物イオン拡散係数試験の方法の制定と基準化が望まれる試験方法の動向，pp.66-71，2003
- 2) 花岡ら：表面含浸材を塗布したコンクリートに対する塩分浸透予測手法に関する検討，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，Vol.13，pp.119-124，2013
- 3) 土木学会：2012 年制定コンクリート標準示方書設計編，2013
- 4) 黒岩ら：けい酸塩系表面含浸材の改質部における見かけの拡散係数の推定方法の提案と発錆遅延期間の試算，土木学会論文集，2015（掲載決定）