

コンクリート表面含浸材の電気泳動法による 拡散セル遮塩性試験に関する研究

財団法人 日本塗料検査協会
技術開発部 藤田 庫雄

1. はじめに

コンクリート道路橋では、冬季に散布される凍結防止剤や海からの飛来塩分による塩害抑制を目的にコンクリート表面含浸材（以後含浸材）が用いられており、その有効性について多くの報告^{1) 2) 3)}がなされている。しかしながら、表面被覆材のように塗膜の保護膜が形成されるわけではなく、塩化物イオンの浸入を少なからず許容するので塩化物イオンの透過性を明らかにする必要がある。

本研究では、表面被覆工で採用されている拡散セルの遮塩性試験（図1）を基本に、「電気泳動によるコンクリート中の塩化物イオンの実効拡散係数試験方法（案）」（JSCE-G571-2010）^{4) 5) 6)}の手法を組み合わせた電気泳動による拡散セル方式遮塩性試験により含浸材の塩化物イオン透過量について検討した。

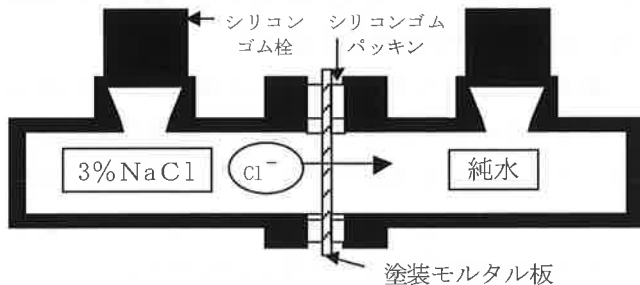


図1 拡散セルによる遮塩性試験

2. 塩化物イオン透過量の測定結果と考察

(1) 試験に供した含浸材

モルタル基板（10mm厚、W/C 50%）に、表1に示す含浸材（シラン系4種、ケイ酸塩系1種）を塗装したものと及びプランクとした無塗装板（モルタル基板：JIS R 5201 成型品）を含めて6種の試料を用いた。

表1 試験に供した含浸材

記号	種類
A	シラン系
B	同上
C	同上
D	同上
E	ケイ酸塩系
M	無塗装板

(2) 拡散セルによる遮塩性試験

図2に透過日数31～90日における各試料の塩化物イオン透過量を示した。塩化物イオンの分析は、全て液体クロマトグラフィーを用いた。各含浸材の塩化物イオン透過量はモルタル板より低く、塩化物イオンの遮断性があることを確認できた。しかし、90日間の長期測定に拘わらず、透過量が低かったため含浸材の試料間の差は確認できなかった。

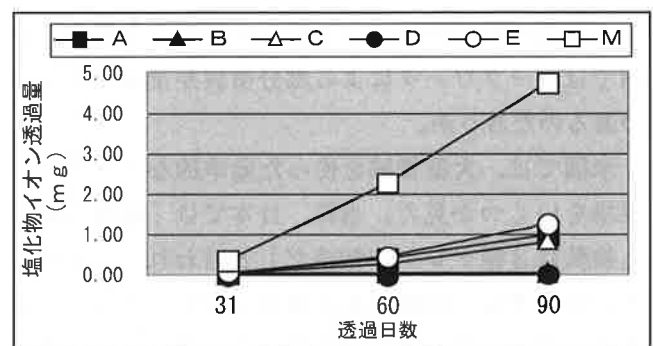
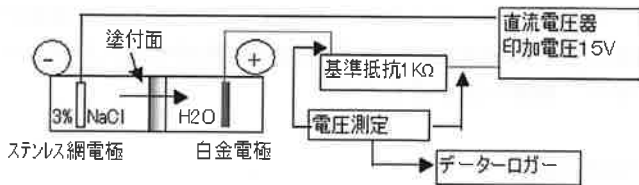


図2 各試料（平均値）：拡散セルによる塩化物イオン透過量

(3) 電気泳動法による拡散セル遮塩性試験

① 測定方法及び電流値

(2)の結果を踏まえ、塩化物イオンの透過を促進させるために電気泳動による測定方法の検討を行った。



定義（オームの法則）： $E(V) = I R$
 回路の電流値 $I = 1k\Omega$ の測定電圧 V (mV/1000) / $1k\Omega$
 セルの抵抗値 $R = 15V$ / 回路の電流値 I

図3 電気泳動法による拡散セル遮塩性試験の回路

各試料の試験体は、再現性の確保から JSCE-G571-2010 に準じ基板のモルタル中に含まれる細孔の影響を少なくするために、試験体の前処理として浸漬脱泡（水中で脱気）を行った。電気泳動法の回路は図3に、試験装置を写真1に示した。電流値は基準抵抗間の電圧測定から算出した。測定は連続的に測定するために10分間隔で行い経時的な電流値の変化を確認した。期間は約7日間とした。

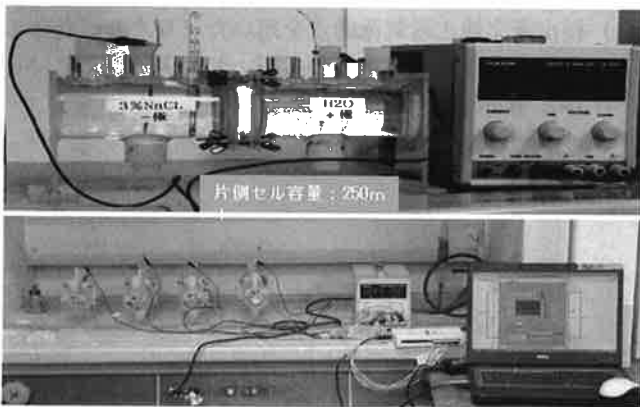


写真1 電気泳動法による拡散セル遮塩性試験器

②電流値の経時変化

図4に、6試料の電気泳動法による電流値の経時変化を示した。電流値は初期から急激に増加し、やがてなだらかな定常状態に移行した。また、試料によって電流値の増加傾向と大きさに差が認められた。

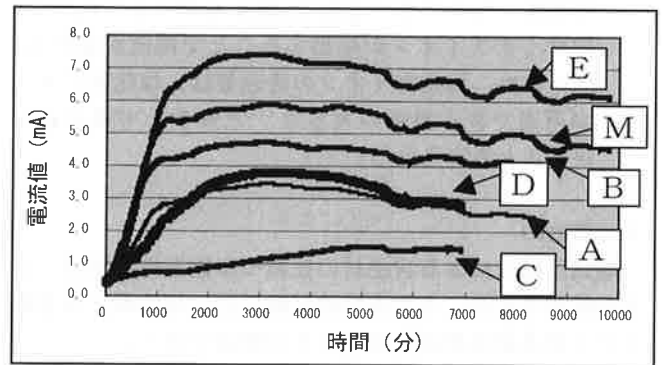


図4 電気泳動法による電流値の経時変化

③塩化物イオン透過量の経時変化

透過した塩化物イオンは、(2)と同様に液体クロマトグラフィーで分析した。

図5に、塩化物イオン透過量の経時変化を示した。図4及び図5の結果より以下のことが確認できた。

- 各試料の塩化物イオン透過量の大きさは、図4の電流値と相関していた。
- 各試料は、 $C < A$ 、 $D < B < E$ 、Mの順となり、電流値、塩化物イオン透過量とも、シラン系が低くEのケイ酸系とMのブランクであるモルタル板が高い値を示した。

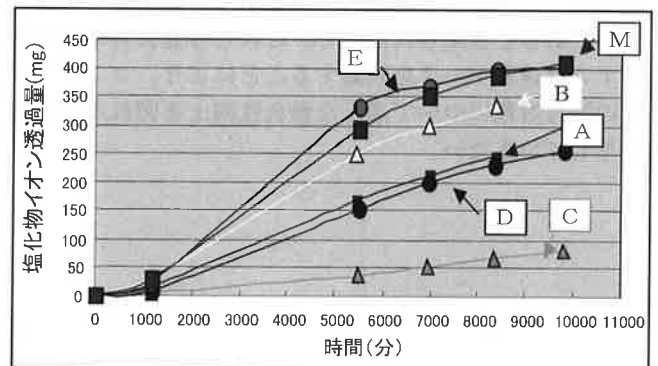


図5 電気泳動法による塩化物イオン透過量の経時変化

④考察

各試料の電流値と塩化物イオン透過量の経時変化から、以下のように考察した。

- 図4の電流値が直線的に増加する領域は、測定時間から図5の塩化物イオン透過量の初期勾配部と考えられるが、グラフのプロフィールが大きく異なっており、今後詳細な塩化物イオン透過量等を測定する必要がある。

- ・透過したマイナスイオンと電流は、導通している水を媒体にしてプラス電極側(純水を満たした白金側)にマイナスイオンが移動することで電流が流れる。そのため、塩化物イオンの透過量は、塩化物イオンが通過できる通路の大きさ⁷⁾と多少とで透過量が決まると考えられる。

3. まとめ

電気泳動法による含浸材の拡散セル遮塩性試験は、従来の拡散セル法による遮塩性試験に比べ短時間で塩化物イオン透過量を測定できることが確認できた。

4. おわりに

近年、コンクリート構造物の塩害対策として表面被覆材より工程短縮、コスト低減のため含浸材が多く採用されている。そのため、暴露試験や実橋調査と相関性があり耐久性を測ることができるとする促進的な室内試験が求められている。今回は、そのひとつの手法として、電気泳動法による拡散セル遮塩性試験を実施した。本試験方法は、含浸材等の塩化物イオン透過量を測る促進的な試験方法と考える。

今後は、電気泳動法による拡散セル遮塩性試験の最適な条件設定及び算出方法の構築、次に含浸材の暴露試験体における経年劣化後の塩化物イオン透過量、可溶性塩化物量との相関及び含浸材以外の各補修材料等における塩化物イオンの透過性の測定などを進め、促進的に塩化物イオンの遮断性を確認する方法を確立したい。また、既存のコンクリート構造物の調査から劣化予測の構築も重要であると考えられるので、これら各種材料の塩化物イオン透過量データを収集することにより、コンクリートの塩害対策について適正な耐久性向上を図れる設計に寄与していきたい。

謝辞

本実験を行うにあたり、北海道大学 杉山隆文教授の助言と(株)高速道路総合技術研究所道路研究部にお世話を頂き、感謝の意を表します。

引用文献

- 1) 藤田庫雄、竈本武弘：コンクリート表面含浸材の電気泳動法による拡散セル遮塩性試験に関する研究，土木学会第65回年次学術講演会，5-179，pp357-358，2010. 9
- 2) 遠藤裕丈他：シラン系表面含浸材で保護されたコンクリートの塩化物イオン浸透予測 - 暴露2年目の評価 -，寒地土木研究所月報，No. 662，2008. 7
- 3) 細田，今野，松田他：シラン系表面含浸材の用いた最適な表面保護システムのための基礎的研究，土木学会論文集E，Vol164，No. 2，pp323-334，2008. 5
- 4) 杉山隆文他：フライアッシュコンクリートの塩分浸透性の迅速評価に関する電気泳動法に適用，土木学会論文集，No. 711，VI -56，pp191-203，2002. 8
- 5) 榎原，皆川，久田：電気抵抗率により推計される塩化物イオン拡散係数に関する考察，土木学会第63回年次学術講演会，5-214，pp427-428，2008. 9
- 6) 峠坂直樹，杉山隆文他：表面被覆コンクリート供試体を用いた塩化物イオンの電気泳動試験，土木学会第61回年次学術講演会，5-313，pp623-624，2006. 9
- 7) 杉山隆文他：電気泳動法を用いたモルタル硬化体の空隙構造の定量化とその考察，土木学会論文集，No. 767，VI -64，pp227-233，2004. 8

