

浸透移行型気化性防錆剤配合シラン系表面含浸材の鉄筋腐食抑制効果に関する基礎研究

(株)美和テック ○井上繁, 合田裕一, 上西裕樹, 琉球大学 富山 潤, 砂川恒雄

1. はじめに

社会基盤を支えるコンクリート構造物の多くは、高度経済成長期に建設され、近年、その老朽化が問題となっており、いかにこれらの老朽化した構造物を維持管理していくかが重要な課題となっている。既設構造物に対する合理的かつ効果的な維持管理を行うためには、一定水準以上の要求性能を長期的に満たす必要がある。劣化したコンクリート構造物に対しては、要求性能を満足させるために補修・補強が実施されている。

補修工法の一つに含浸材塗布工法¹⁾がある。含浸材塗布工法は、含浸材をコンクリート表面に塗布することで、外部からの劣化因子（塩分、水など）を遮断する効果があり、シラン系やケイ酸塩系等がある。近年ではこれらの機能にさらに付加的な機能が要求される場合がある。その一つに浸透移行型の防錆剤を配合した鋼材防食機能を付加した含浸材がある。

本研究では、浸透移行型気化性防錆剤(MCI)を配合した含浸材(以下、MCI 配合シラン系表面含浸材)²⁾の鋼材腐食抑制効果を確認するために、鉄筋を埋設したコンクリート試験体に対し、塩水浸漬 - 乾燥繰返し腐食促進試験を実施した。本稿では、このような過酷な条件における MCI 配合シラン系表面含浸材の劣化因子遮断特性について考察を行った。

2. 研究対象および研究手法

2.1 MCI 配合シラン系表面含浸材²⁾

浸透移行型気化性防錆剤(MCI)はアミン化合物で、金属との吸着が非常に良く、単独でコンクリート中の鉄筋に向かって浸透移行後、健全な鉄筋の場合は表面全体に吸着し、また、腐食鉄筋の場合は腐食部に吸着し、単一分子の保護性の高い防錆層を鉄筋全体に形成する。その結果、鉄筋の腐食を抑制し、コンクリート構造物の耐久性を向上させることができる。MCI の浸透・吸着及び防錆層形成の模式図を図-1 に示す。

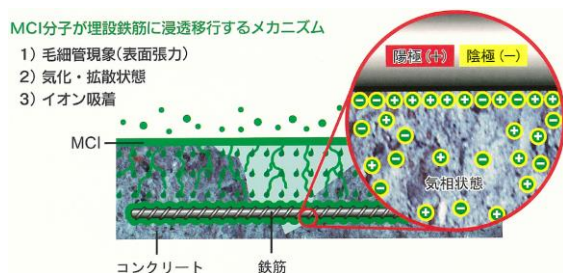


図-1 MCI2018 の腐食抑制の模式図²⁾

2.2 塩水浸漬—乾燥繰返し腐食促進試験

2.2.1 コンクリート配合および試験ケース

表-1 に試験に用いたコンクリート配合を示す。なお、AD2 とは高性能減水剤である。

試験ケースは、MCI 配合シラン系表面含浸材の塗布の有無の違いによる 2 水準とし、以降では、含浸材塗布ありを MCI 試験体、なしを N 試験体とする。含浸材の塗布量は 0.3l/m^2 また、図-2 に試験体を示す。試験体には 2 本の鉄筋(D16)をかぶり 5cm の位置に埋設し、試験体 1 面以外は遮塩性の塗装を施している。

表-1 コンクリート配合

W/C (%)	s/a (%)	W (kg/m^3)	C (kg/m^3)	S (kg/m^3)	G (kg/m^3)	AD2 (kg/m^3)
50	48.0	160	320	921	1010	2.176

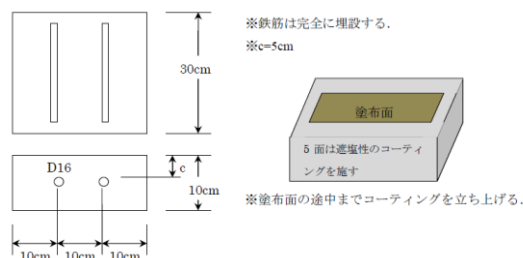


図-2 試験体

2.2.2 試験概要

試験は、塩水溶液(Cl15%, 60°C)を用い、塩水浸漬 - 乾燥繰返し腐食促進試験を行った。浸漬 - 乾燥のサイクルは、10 サイクル目までは、浸漬 3.5 日、乾燥 3.5 日、11 サイクル以降は浸漬 3 日、乾燥 4 日の 1 サイクル 1 週間とした。図-3 に試験装置の模式図を示す。

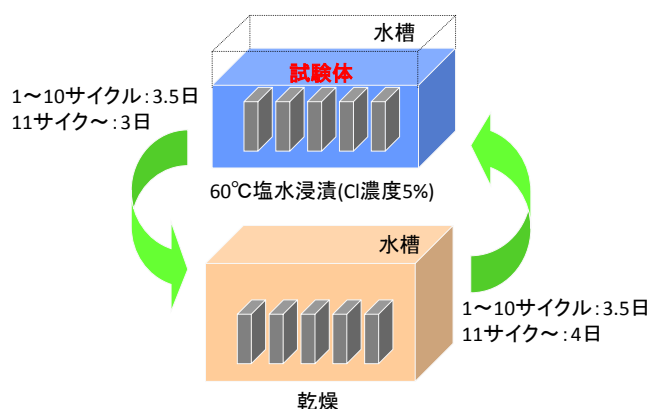


図-3 浸漬-乾燥試験装置の模式図

キーワード MCI 配合シラン系表面含浸材, 腐食抑制, 塩水浸漬 - 乾燥繰返し腐食促進試験, 維持管理
連絡先 〒104-0033 東京都中央区新川 2 丁目 13 番 9 号

2.2.3 測定項目

本研究では、塩化物イオンの浸透深さ試験、塩化物イオン濃度分析試験、鉄筋の腐食状況確認を行った。なお、鉄筋の腐食状況は、所定のサイクル数分試験体を用意し、試験体を割裂し、鉄筋を取り出して鉄筋の腐食状況を目視確認した。また、塩化物イオンの浸透深さ試験および塩化物イオン濃度分析試験は、割裂した試験体を利用して行った。

(a) 塩化物イオンの浸透深さ試験

所定のサイクルにおいて試験体を割裂し、コンクリート割裂面に硝酸銀溶液を吹き掛け、色の变化より塩化物イオンの浸透深さを確認した。同時に鉄筋を取り出し、腐食状況を確認した。

(b) 塩化物イオン濃度分析 (JIS A 1154)

コンクリート中に浸透した塩化物イオン濃度を JIS A 1154 に準拠し、コンクリート表面からの塩化物イオン濃度の分布を測定した。

3. 測定結果

3.1 塩化物イオン浸透深さ試験

図-4 に塩化物イオンの浸透深さを示す。この図から N 試験体と比較し、MCI 試験体が塩分浸透を抑制していることが確認でき、MCI 配合シラン系表面含浸材の塩化物イオンの浸透抑制効果が示された。なお、57 サイクルの MCI 試験体の浸透深さが極端に小さいのは個体差が顕著に表れたものと推察される。

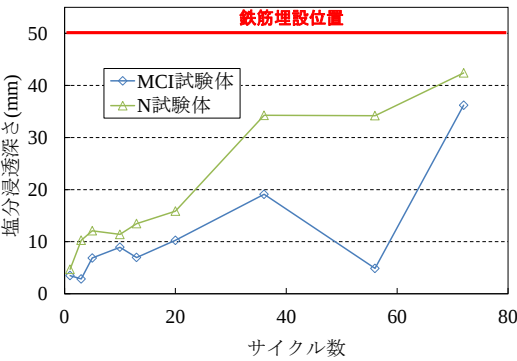


図-4 塩分浸透深さ

3.2 塩化物イオン濃度分析結果

図-5 に 20, 57, 72 サイクル目の全塩分量分析結果を示す。また、表-2 に回帰分析により求めた表面塩化物イオン濃度および見かけの拡散係数を示す。

図-5 より 57 サイクルまでは、N 試験体に比較し MCI 試験体の遮塩効果は明らかである。しかし、72 サイクルでは、表面から深さ 25 mm の位置まで N および MCI 試験体の結果が同程度となっている。この原因は、浸漬温度 60℃という過酷な養生条件が、シランにより形成されたコンクリート表面付近の吸水防止層になんらかの影響を与えたことと、浸漬時は水圧が常に生じている状態であるため、水分や塩分が浸透したものと考

えられる。また、吸水防止層より奥では、普通コンクリートと同様であるため、塩分の浸透が進んだものと考えられる。ただし、N 試験体では鉄筋付近の塩化物イオン濃度が約 1.5kg/m³を示しているのに対して、MCI 試験体は 0.14kg/m³程度である。なお、N 試験体の鉄筋に腐食は確認できない。

表-2 の回帰分析により求めた表面塩化物イオン濃度および見かけの拡散係数を示す。この結果よりの、N 試験体に比較し MCI 試験体の遮塩効果が定量的に確認でき、MCI 配合シラン系表面含浸材の遮塩効果が示された。なお、鉄筋の腐食状況については、今回確認したサイクル数において鋼材腐食は確認されなかった。この確認については、今後の課題である。

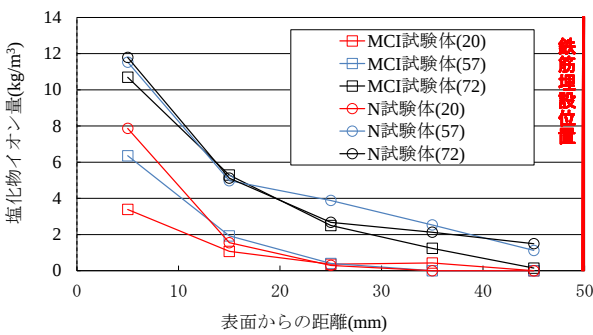


図-5 全塩化物イオン濃度分布

表-2 表面塩化物イオン濃度および見かけの拡散係数

サイクル	表面塩化物イオン濃度Co(kg/m ³)		見かけの拡散係数(cm ² /年)	
	N試験体	MCI試験体	N試験体	MCI試験体
20	10.39	4.29	0.1	0.2
57	13.67	8.42	0.47	0.11
72	14.78	13.34	0.39	0.3

4. まとめ

本研究では、浸透移行型気化性防錆剤(MCI)を配合した含浸材の鋼材腐食抑制効果を確認するために、高温塩水浸漬 - 乾燥繰返し腐食促進試験を実施した。本研究で得られた知見を以下に示す。

- (1) 72 サイクルにおける鉄筋位置付近の塩化物イオン濃度は、N 試験体で 1.5kg/m³程度、MCI 試験体では 0.14kg/m³程度であった。なお、今回の試験の範囲では、両試験体とも鉄筋の腐食は認められなかった。
- (2) N 試験体および MCI 試験体の表面から鉄筋位置までの塩化物イオン濃度および、その結果を用いて回帰分析し、表面塩化物イオン濃度および見かけの拡散係数を求めた結果、MCI 配合シラン系表面含浸材の遮塩効果を確認することができた。

なお、MCI の鋼材腐食の抑制効果についての確認は今後の課題とする。

参考文献

- 1) コンクリート診断技術 2012
- 2) MCI-2018 カタログ