

各種補修工法を施した鉄筋コンクリート中の塩化物イオンの移動に関する研究（1年暴露）

ショーボンド建設(株) 正会員 ○宇野 祐一 (株)エヌエムビー 正会員 元売 正美
 コニシ(株) 正会員 北澤 英宏 東京大学生産技術研究所 正会員 岸 利治
 東京大学生産技術研究所 F会員 魚本 健人

1. はじめに

現在、塩害劣化したコンクリート構造物の補修後の再劣化現象に着目して、その原因究明を行うことを主目的に共同研究を実施しており、その一環として、実環境への暴露実験を開始している。前報¹⁾では、塩化物イオン量を変化させたコンクリートに標準的な補修を施し（標準仕様）、1年間、海洋暴露した試験体中における補修用断面修復材への躯体コンクリートからの塩化物イオンの移動現象について、報告した。本報では、同試験体の内陸暴露1年の結果、ならびに共同研究参加会社の中から9社の協力を得て開始している試験体（各社仕様）の内陸・海洋暴露1年の結果の一部を報告する。

2. 実験概要

2.1 コンクリートの配合 セメントは普通ポルトランドセメントを用い、細骨材として静岡県大井川水系陸砂を、粗骨材として最大寸法が20mmの東京都青梅産硬質砂岩砕石を使用した。コンクリートの水セメント比は65%とし、AE減水剤、AE剤を用いて、目標スランプ12cm、空気量4.5%に設定した。練混ぜ水は上水道水を使用し、塩化物イオンは予め練混ぜ水に溶解して添加した。塩化物イオン量は、標準仕様については、0, 2.4, 4.8kg/m³の3水準、各社仕様は2.4kg/m³の1水準である。

2.2 試験体 コンクリート試験体は、図-1に示す形状寸法（150×150×530mm）とし、かぶりが30mmになるように、SD345, D19の鉄筋を2本埋め込んだ。試験体中央部分には、部分補修を想定して長さ150mm、深さ60mmの模擬はつり部を設け、断面修復材を充填した。表-1に標準ならびに各社仕様を使用した補修材料を総括して示す。試験体は、6面全体を塗装するものと、上1面（コンクリート打設面）を解放にし、5面塗装するものの2種とした。6面塗装は標準仕様、塩化物イオン量2.4, 4.8kg/m³の配合について、5面塗装は標準仕様、塩化物イオン量0, 2.4kg/m³と各社仕様の配合について行った。

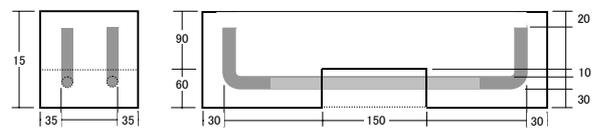


図-1 試験体の寸法形状

表-1 補修仕様

	工程	材料の種類	主成分の系統	
標準仕様	鉄筋処理	鉄筋処理材	なし	
	断面修復	プライマー	ポリマーセメントペースト	
		断面修復材	ポリマーセメントモルタル	
	表面被覆	プライマー	エポキシ樹脂	
		パテ	エポキシ樹脂	
		中塗り	柔軟形エポキシ樹脂	
	上塗り	柔軟形ポリアウレタン樹脂		
各社仕様	鉄筋処理	鉄筋処理材	1)亜硝酸塩、2)ポリマーセメントペースト 3)エポキシ樹脂、4)錆転換材、5)フタル酸+塗布型防錆剤	
	断面修復	プライマー	1)EVA系(アクリル系)エマルジョン、2)ポリマーセメントペースト 3)アルカリ性付与材と塗布型防錆剤、4)水性エポキシ樹脂 5)エポキシ樹脂、6)浸透性固化材(ケイフッ化物系) 7)亜硝酸リチウム水溶液+ポリマーセメント系防錆剤	
		断面修復材	1)ポリマーセメントモルタル、2)エポキシ樹脂モルタル	
		プライマー	1)エポキシ樹脂、2)アクリル樹脂、3)エマルジョン	
	表面被覆	パテ	1)エポキシ樹脂、2)ポリマーセメント	
		中塗り	1)柔軟形エポキシ樹脂、2)アクリル樹脂	
		繊維補強		1)ポリマーセメント、2)ポリアウレタン、3)クロロプレン
			模様造成	1)ビニロン繊維織布
	上塗り		1)合成樹脂エマルジョン 1)柔軟形ポリアウレタン樹脂、2)ウレタン 3)柔軟形アクリルウレタン、4)フッ素樹脂 5)柔軟形アクリル樹脂、6)アクリルシリコン、7)ハイパロンゴム	

2.3 暴露実験 暴露は、海洋は静岡県伊豆半島東海岸伊豆海洋公園内の暴露場において、内陸は東京大学生産技術研究所千葉実験所内において行った。また、5面塗装については、解放面が上面になるように設置した。

2.4 塩分分析ならびに EPMA 分析 ここでは、後で試験結果を述べる「コンクリートの塩化物イオン量2.4kg/m³、上面解放」の試験体について実施した試料採取方法を示す。まず、図-2に示すように割裂試験によって試験体の2鉄筋ではさまれた中央

キーワード：補修，再劣化，暴露実験，鉄筋腐食，塩分の移動，EPMA分析

〒101-8468 東京都千代田区神田錦町3-18 TEL:03-3292-8104 FAX:03-3292-8154

部分から幅約 50mm の試料を取り出し、さらに、断面修復材を含む長さ 50mm の部分を分析試料とした。この分析試料から、8～11 ヶのサンプルを切り出し、かぶりから上面までの塩化物イオンの分布状況を調べた。海洋暴露試験体については、解放表面からの塩化物イオンの浸透ならびにコンクリートと断面修復材間の塩分の移動を調べることを主目的と考え、11 試料を採取した。また、内陸暴露試験体については、標準仕様のみ 11 試料を採取し、各社仕様については内部の 8 試料を分析に供した。塩分分析は、JCI-SC4 に準拠して行った。EPMA 分析は、上記塩分分析試料と隣接した部分からおよそ $50 \times 150 \times 10\text{mm}$ の薄板サンプルを切り出し、塩素の分布状況を調べた。

3 分析結果 本報では、「コンクリートの塩化物イオン量 2.4kg/m^3 、上面解放」試験体の結果について述べる。図-3は、標準仕様ならびに各社仕様試験体（代表的3工法）について、海洋暴露1年目のかぶりから上面までの塩化物イオンの分布状況をとりまとめたものである。上面に塗装を施していないため、海洋飛沫の影響を受けて、塩化物イオンが浸透しており、その影響は50mmの深さにまで達している。標準仕様では、最表層部1cmで塩分濃度が最も高くなっているのに対して、各社仕様では、2cmの位置と同等の値となっている。この原因については、現在解析中である。実際には、この両者は暴露場のスペースの関係で、1年間暴露時期がずれている。図-4は、同じ試験体の内陸暴露1年目の結果をとりまとめたものである。標準仕様において、上面で濃度低下が見られるが、これは、雨水等による洗い出しによって溶脱現象が起こっているためと考えて良い。両者の図に共通して言えることは、前報¹⁾でも示した塩化物イオンを混入したコンクリートから断面修復材への塩化物イオンの移動現象の可能性が示唆されることである。このことを確認するために、EPMA分析を実施した。図-5は、内陸暴露、標準仕様を例に取り、塩素がコンクリートから断面修復材へ移動していることを検証した結果を示したものであり、別途、実施している塩化物イオン 4.8kg/m^3 の結果では、更に顕著な移動現象が確認されている。一方、現段階では、各社仕様間で塩化物イオンの分布に顕著な差異は、見られていない。

4. おわりに 本実験の試験体は、鉄筋裏10mmまで完全にはつり落とす理想的な補修条件に相当しているが、躯体コンクリートの含有塩化物イオン量が多い場合には、緻密と考えられるポリマーセメント系断面修復材へもコンクリート中から塩化物イオンの移動が起こり、鉄筋腐食に影響を及ぼすものと考えられる。本実験は、5年計画で実施されているものであり、今後、引き続き、同様の解析を実施して、拡散理論を含めて、検証を行う予定である。

参考文献

1) 宇野祐一, 勝木太, 椎名貴快, 竹田宣典, 河原崎広, 魚本健人: 補修を施した鉄筋コンクリート中の塩化物イオンの移動と鉄筋腐食に関する研究, 土木学会第58回年次学術講演会講演概要集, pp.219-220, 2003

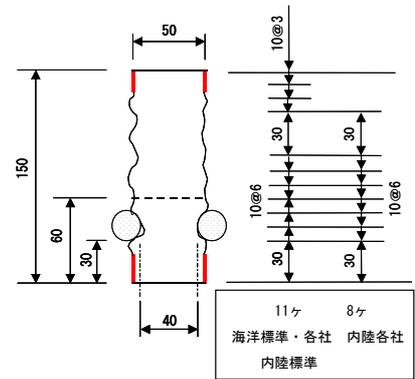


図-2 塩分分析サンプル採取方法

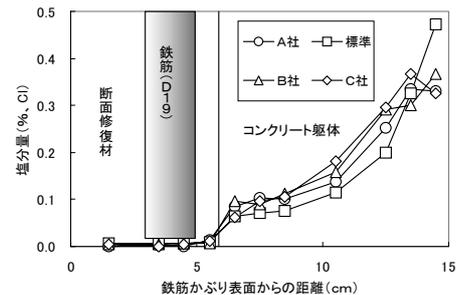


図-3 海洋暴露分析結果

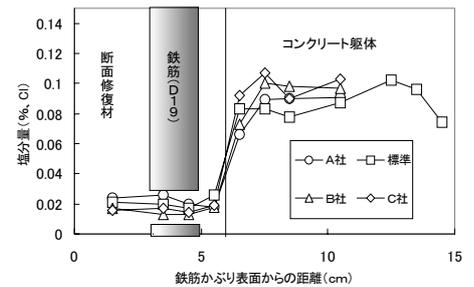


図-4 内陸暴露分析結果

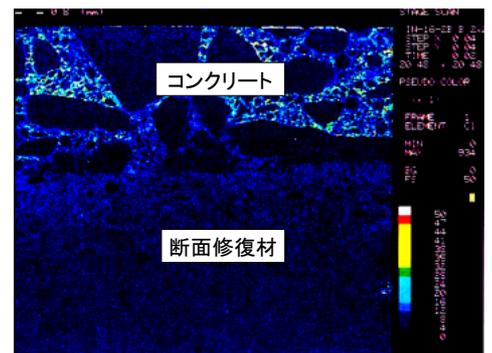


図-5 EPMA 分析結果 (Cl)