

内陸環境下における補修を施したコンクリート中の鉄筋腐食に関する研究

(株)熊谷組 正会員 ○松田 敏 飛鳥建設(株) 正会員 槇島 修
東急建設(株) 正会員 伊藤 正憲 コニシ(株) 正会員 北澤 英宏
利エス建設(株) 正会員 小川 彰一 東京大学 F会員 魚本 健人

1. はじめに

近年、劣化補修したコンクリート構造物が比較的早期に再劣化に至る事例が報告されている。筆者らは、補修材料や補修方法が再劣化に及ぼす影響を把握することを目的として、塩害による劣化補修を模擬した鉄筋コンクリート試験体の暴露試験を5年計画で実施している[1]。本報告では、このうち、内陸暴露1年目の鉄筋腐食状況の結果について示す。なお、本研究は、東京大学生産技術研究所と産学20団体の共同研究「劣化したコンクリート構造物の補修工法に関する研究」として実施しているものである。

2. 実験の概要

実験は、実験1と実験2に分けて行った。

(1)実験1：補修方法の違いが再劣化におよぼす影響の把握を目的としており、試験体の補修範囲は異なるが補修材料は同一である。

(2)実験2：補修材料の違いが再劣化におよぼす影響の把握を目的としており、試験体の補修範囲は同一であるが補修材料が異なる。

2.1 試験体

試験体は、形状寸法150×150×530mmであり、かぶり深さ30mmの位置に鉄筋(SD345,D19)を2本配置している。試験体には、図-1に示す6種類の模擬はつり部(図中の点線の範囲)を設け、表-1に示す条件で断面修復および表面被覆を施した。なお、模擬はつり部のコンクリートの下地処理や露出した鉄筋の錆除去はジェットタガネやワイヤブラシ等を用いた。また、断面修復および表面被覆等の施工は、使用する材料で推奨されている方法により行った。

2.2 コンクリート配合

コンクリートには、普通ポルトランドセメントを用い、細骨材に大井川水系陸砂、粗骨材にGmax=20mmの硬質砂岩碎石を使用した。水セメント比は65%、目標スランプ12cm、空気量4.5%である。また、練混ぜ水には上水道水を使用し、塩化カルシウムを予め練り混ぜ水に溶解して添加した(塩化物イオン濃度0, 2.4, 4.8kg/m³)。

2.3 内陸暴露条件

試験体は、海洋および内陸に暴露した。そのうち、本報告の内陸暴露は、東京大学生産技術研究所千葉実験所(千葉県稲毛区弥生町)の屋外暴露場において実施した。この場所は、海岸線より約3km内陸に位置し、近接の千葉測候所で調べた暴露期間の月平均気温の変動は

表-1 試験体の補修の組合せ

実験 シリーズ	試験体番号 (*1)	Cl ⁻ 量 (kg/m ³)	断面修復		表面被覆	補修材料	
			位置	深さ		断面修復工(*2)	表面被覆工(*3)
1	1-2-A-無	2.4	全面	鉄筋裏	上面無し	ポリマーセメントモルタル-A	中塗り:柔軟型エポキシ樹脂系 上塗り:柔軟型ポリウレタン樹脂系
	1-2-B-無	2.4	部分	鉄筋裏	上面無し		
	1-2-C-無	2.4	全面	鉄筋半分	上面無し		
	1-2-D-無	2.4	部分	鉄筋半分	上面無し		
	1-2-A-有	2.4	全面	鉄筋裏	全面塗布		
	1-2-B-有	2.4	部分	鉄筋裏	全面塗布		
	1-2-C-有	2.4	全面	鉄筋半分	全面塗布		
	1-2-D-有	2.4	部分	鉄筋半分	全面塗布		
	1-3-A-有	4.8	全面	鉄筋裏	全面塗布		
	1-3-B-有	4.8	部分	鉄筋裏	全面塗布		
	1-3-C-有	4.8	全面	鉄筋半分	全面塗布		
	1-3-D-有	4.8	部分	鉄筋半分	全面塗布		
	1-1-A-無	0	全面	鉄筋裏	上面無し		
	1-1-B-無	0	部分	鉄筋裏	上面無し		
2 (*4)	1-2-B-無①	2.4	部分	鉄筋裏	上面無し	ポリマーセメントペースト-B	中塗り:アクリル樹脂系
	1-2-B-無②					ポリマーセメントモルタル-B	上塗り:ウレタン樹脂系
	1-2-B-無③					ポリマーセメントペースト-C	中塗り:柔軟型ポリマーセメントモルタル
	1-2-B-無④					ポリマーセメントモルタル-C	上塗り:柔軟型ポリウレタン樹脂系
	1-2-B-無⑤					ポリマーセメントペースト-D	中塗り:ウレタン樹脂系
	1-2-B-無⑥					ポリマーセメントモルタル-D	上塗り:ウレタン樹脂系
	1-2-B-無⑦					ポリマーセメントペースト-E	中塗り:柔軟型エポキシ樹脂系
	1-2-B-無⑧					ポリマーセメントモルタル-E	上塗り:柔軟型アクリルウレタン樹脂系
	1-2-B-無⑨					エポキシ樹脂プライマー 軽量エポキシ樹脂モルタル	中塗り:柔軟型エポキシ樹脂系 上塗り:フッ素樹脂系
	1-2-B-無⑩					ポリマーセメントペースト-F ポリマーセメントモルタル-F	中塗り:弾性セメントフィラー 上塗り:アクリルシリコン樹脂系
	1-2-B-無⑪					錆転換塗料 ポリマーセメントモルタル-G	中塗り:柔軟型エポキシ樹脂系 上塗り:柔軟型ポリウレタン樹脂系
	1-2-B-無⑫					フタル酸系樹脂	中塗り:クロアレンゴム
	1-2-B-無⑬					ポリマーセメントモルタル-H	上塗り:ハイロンゴム
	1-2-B-無⑭					ポリマーセメントペースト-I ポリマーセメントモルタル-I	中塗り:ポリマーセメントモルタル 上塗り:柔軟型アクリルウレタン樹脂系

(*1)試験体番号:実験シリーズ-配合No.(塩化物イオン量)-試験体タイプ-上面の被覆の有無

(*2)断面修復工:上段は鉄筋防錆材、下段は断面修復材。なお、プライマーの種類は省略。

(*3)表面被覆工:プライマー、素地調整材の種類は省略。中塗り、上塗りのみ表示。

(*4)試験体タイプは全てBタイプ。補修材料が異なる。

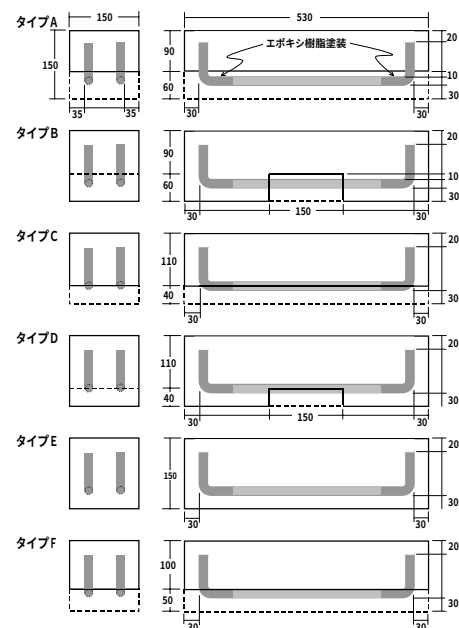


図-1 試験体のタイプ

キーワード：鉄筋コンクリート、塩害、補修、再劣化、鉄筋腐食

〒162-8557 東京都新宿区津久戸町2-1 TEL:03-3235-8646 FAX:03-3266-8525

7～27℃であり、年間の平均気温は 16.1℃であった。

2. 4 試験方法（鉄筋腐食程度の測定）

試験体から取り出した鉄筋に透明フィルムを巻き付けて、発錆部分を写し取った。また、このスケッチから画像解析装置を用いて腐食面積率を測定した。

3. 試験結果

3. 1 実験1

図-2に全面補修を、図-3に部分補修を行った試験体（躯体コンクリートに塩化物イオンを 2.4kg/m³ 添加した試験体）から取り出した鉄筋の腐食状況を示す。図中の点線の下半分がかぶり側、上半分が反かぶり側として表示してある。

全面補修（図-2）においては、いずれも反かぶり側で腐食が卓越しており、これは躯体コンクリートの内在塩分が影響したものと考えられる。また、コンクリート除去深さ（補修深さ）を見ると、鉄筋半分（C 試験体）や鉄筋上端（F 試験体）までしか除去しなかった試験体は、鉄筋裏 10mm まで除去し補修した試験体（A 試験体）に比べ腐食が進んでいるとともに、躯体と補修部の境界付近にマクロセル腐食と思われる腐食が生じている。一方、A 試験体のように鉄筋を十分に露出させ断面修復材で被覆した鉄筋においても、躯体に残存する塩化物イオンの量によっては比較的早期に腐食に至る場合がある。

部分補修（図-3）においても、全面補修（図-2）と同様の傾向があり、補修部の境界面にマクロセル腐食と思われる腐食が生じている。

3. 2 実験2

実験2は、使用する補修材料を各種変えて補修を行ったものである。使用した断面修復材、表面被覆材、プライマー等は、表-1に示すように同じ系統の材料もあるが、その成分の詳細は異なっている。このような組合せの中で、鉄筋の腐食の状況は、補修材料により異なる傾向が見られ、図-4に一例を示すように、マクロセル腐食と思われる腐食が卓越するもの（1-2-B-無③,④,⑤,⑦,⑧）と、軽微または殆ど認められないもの（1-2-B-無①,②,⑥,⑨）とが存在した。今回の暴露1年目の結果の範囲では、マクロセル腐食と材料の種類には明確な相関は認められないが、補修材料の電気的性質に依存しているものと思われる。

4. おわりに

本報告では、内陸暴露1年目の鉄筋の腐食状況について示した。なお、鉄筋の腐食状況の試験では、腐食減少率についても試験を行ったが、現時点での腐食は面積率で最大 13%程度であるとともに、鉄筋表層部の腐食という軽微な状況であったことより、腐食減量率は 0.03～0.00%の範囲にあり、試験体間で大きな差は認められなかった。今後、暴露3年、5年の試験を行い、補修方法、補修材料が再劣化に与える影響について解明していきたい。

[1]：東京大学生産技術研究所：劣化したコンクリート構造物の補修工法に関する研究委員会報告書(H14年3月)

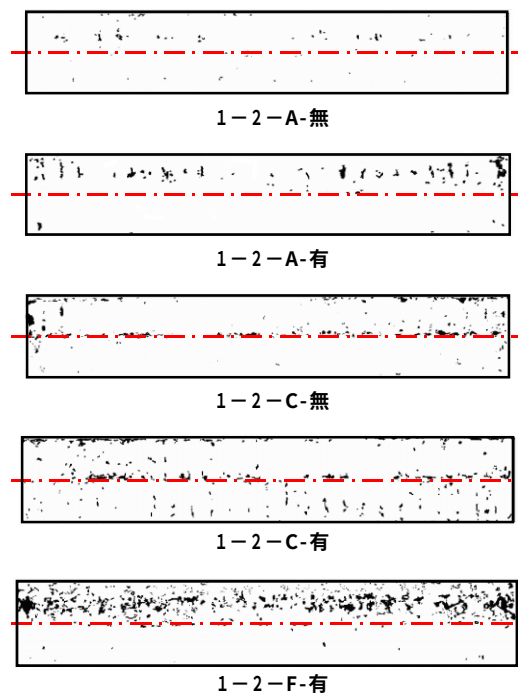


図-2 全面補修した試験体の腐食状況

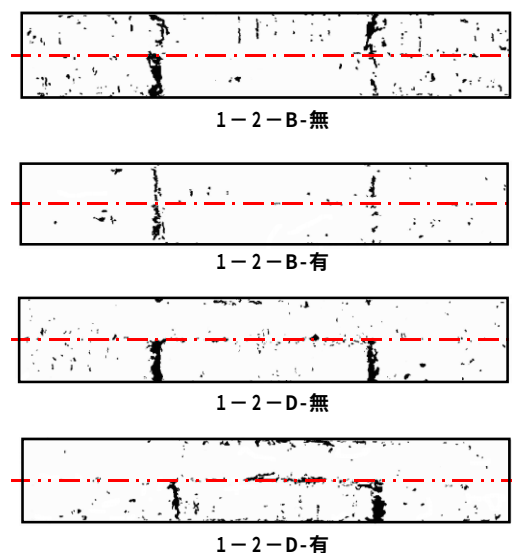


図-3 部分補修した試験体の腐食状況

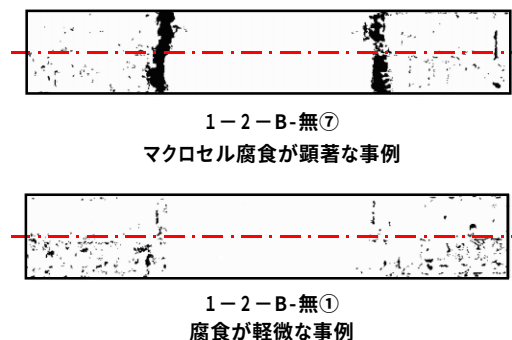


図-4 実験2試験体の腐食状況