

各種条件で補修を施した試験体の再劣化に関する研究

日本化成（株）

正会員○伊藤 学

電気化学工業（株）

正会員 荒木昭俊

大日本塗料（株）

正会員 里 隆幸

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

近年、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。再劣化の原因については、様々な要因が考えられているが、その原因やメカニズムについてはほとんど解明されていない。本研究では、塩害による補修後の再劣化メカニズムの解明と適正な対策の提案を目的として、各種条件で作製したコンクリート梁試験体の海洋および内陸暴露実験を 5 年計画で実施している¹⁾。本報では、暴露期間 3 年における鉄筋の腐食状況について調査した結果を報告する。

2. 実験概要

本研究では、補修工法を断面修復と表面被覆による工法を対象とし、異なる補修条件で作製したコンクリート試験体を海洋および内陸暴露し、鉄筋の腐食状況について調査した。

2. 1 コンクリートの配合

コンクリートには、普通ポルトランドセメント、細骨材として大井川水系陸砂、粗骨材として硬質砂岩碎石（Gmax=20mm）を使用し、水セメント比を 65%、目標スランプ 12cm、空気量 4.5%とした。練混ぜ水には上水道水を使用し、塩化物イオンを予め練混ぜ水に溶解して添加した（塩化物イオン量 0, 2.4, 4.8kg/m³）。

2. 2 試験体

実験に使用した試験体は、150×150×530mm の矩形梁であり、模擬はつり部の範囲、深さにより図-1 に示す 6 種類の模擬はつり部を設け、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などを用いた。また、断面修復および表面被覆の施工は、使用する材料の推奨する方法で施工した。

2. 3 暴露環境

海洋暴露は静岡県伊東市の伊豆海洋公園内、内陸暴露は海岸線より約 3km に位置する東京大学生産技術研究所千葉実験所内で実施した。海洋暴露場は、波打ち際にあり常時海水飛沫の影響を受ける環境にある。

2. 4 評価方法

暴露 3 年後に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、発錆状況を写し取り腐食の状況を観察するとともに画像解析装置を用いて腐食面積率を測定した。

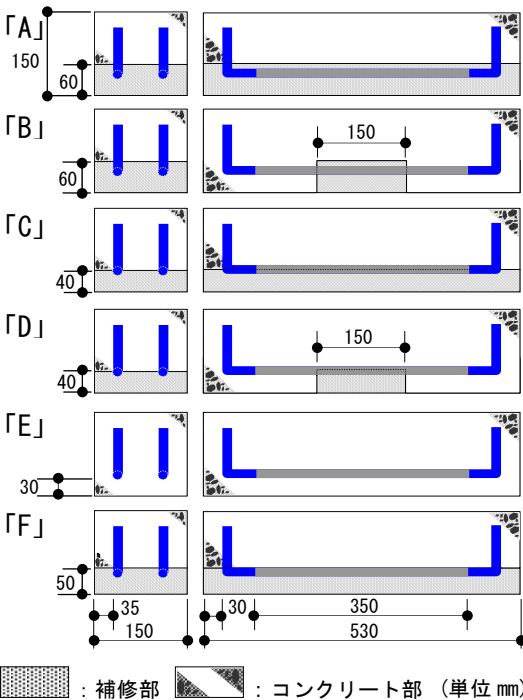


図-1 試験体の形状と寸法

表-1 試験条件の組合わせ

番号*1	Cl ⁻ 量 (kg/m ³)	はつり			表面被覆	補修材料	
		記号	位置	深さ		断面修復*2	表面被覆工
2.4-A-無	2.4	A	全面	鉄筋裏	上面無し	ポリマーセメントモルタル <ベオハ>系	プライマー:エポキシ樹脂系 パテ:エポキシ樹脂系 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
2.4-B-無	2.4	B	部分	鉄筋裏	上面無し		
2.4-C-無	2.4	C	全面	鉄筋半分	上面無し		
2.4-D-無	2.4	D	部分	鉄筋半分	上面無し		
2.4-A-有	2.4	A	全面	鉄筋裏	全面塗布		
2.4-B-有	2.4	B	部分	鉄筋裏	全面塗布		
2.4-C-有	2.4	C	全面	鉄筋半分	全面塗布		
2.4-D-有	2.4	D	部分	鉄筋半分	全面塗布		
4.8-A-有	4.8	A	全面	鉄筋裏	全面塗布		
4.8-B-有	4.8	B	部分	鉄筋裏	全面塗布		
4.8-C-有	4.8	C	全面	鉄筋半分	全面塗布		
4.8-D-有	4.8	D	部分	鉄筋半分	全面塗布		
0-A-無	0	A	全面	鉄筋裏	上面無し		
0-B-無	0	B	部分	鉄筋裏	上面無し		
0-E-無	0	E	補修無し		上面無し		
0-E-有	0	E	補修無し		全面塗布		
2.4-F-有	2.4	F	全面	鉄筋表面	全面塗布		

*1 試験体の番号: 塩化物イオン量-試験体形状-上面の被覆材の有無

*2 鉄筋処理材: なし、プライマー: ポリマーセメントペースト

キーワード：鉄筋コンクリート、塩害、補修、暴露実験、再劣化、鉄筋腐食

〒347-0117 埼玉県北埼玉郡騎西町大字西ノ谷 801-1 TEL:0480-70-2612 FAX:0480-70-2615

3. 実験結果と考察

図－2に暴露3年時の鉄筋の腐食状況の一例を示す（図の下半分：かぶり側、上半分：反かぶり側）。海洋暴露において全面補修のAおよびC試験体は、反かぶり側で腐食が卓越していた。それに対して、部分補修を実施したBおよびD試験体は、断面修復部界面のコンクリート側にマクロセルが原因と考えられる腐食とかぶり側コンクリート部に多くの腐食が確認され、全面補修と部分補修の腐食状況に差異が確認できた。内陸暴露においても程度は異なるが同様な傾向であった。F試験体においては、海洋および内陸暴露ともに、反かぶり側に特徴的な錆の発生が確認された。これは、鉄筋背面とはつり界面が一致するために、施工時における断面修復材の充填不良の影響も考えられ、このような施工条件には注意が必要である。

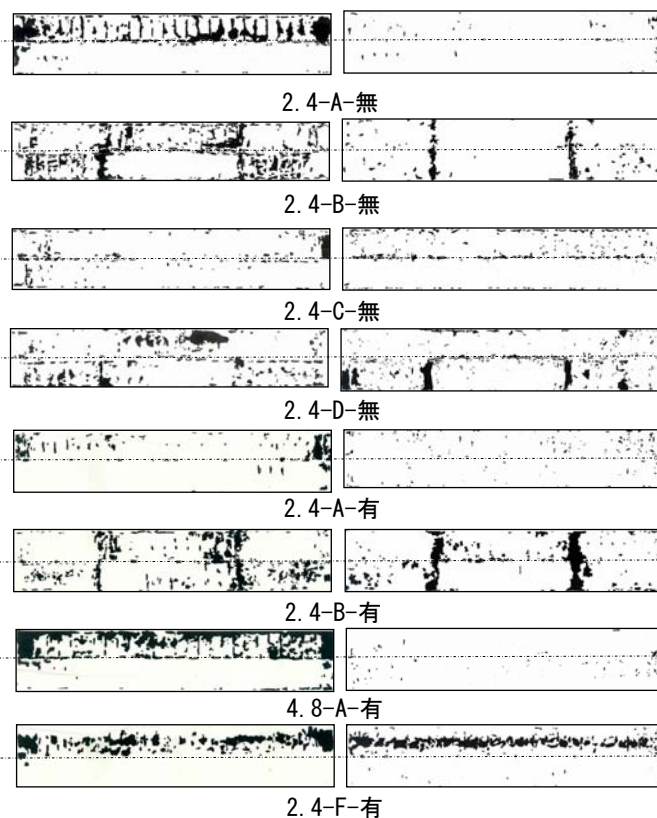
図－3に塩化物イオン量が 2.4kg/m^3 の表面被覆上面無しの各補修条件による腐食面積率を示す。図－4に表面被覆材の開放面の有無による腐食面積率を示す。いずれの試験体も暴露期間の経過に伴い腐食面積率が増加している。はつり深さが同じ場合、全面補修（A，C）の方が、部分補修（B，D）より腐食面積率が少なく、その傾向は、内陸暴露の方が顕著であった。表面被覆材の全面被覆の試験体（2.4-A-有，2.4-B-有）は、上面無しの試験体（2.4-A-無，2.4-B-無）と比較して、腐食面積率が少なく、酸素や水分などの供給状況が腐食に影響していると考えられる。そして、海洋暴露においては、最も良好な補修条件と考えられるA試験体においても、塩化物イオンが多く内在する場合や表面被覆材に開放面がある場合（4.8-A-有，2.4-A-無）は、腐食の進行が認められ、十分な補修効果が得られていない可能性が考えられる。別に実施したEPMAによる面分析で、コンクリート部から断面修復部への塩化物イオンが6mm程度移動していることが確認され、鉄筋腐食に何らかの影響を及ぼしていると考えられるが、鉄筋位置での塩化物イオン量の増加はなく、腐食メカニズムについては、今後の更なる検討が必要である。

4. おわりに

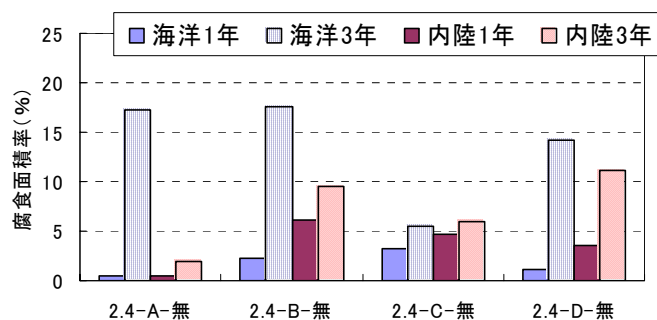
本実験結果から、全面補修と部分補修では腐食発生状況に差異があることが確認できた。また、理想的と考えられる補修条件においても腐食の進行が確認された。腐食の進行には、内在する塩化物イオンが大きく影響していると推測できる。実験は現在も継続中であり、今後の継続検討でその腐食メカニズムの解明を行いたい。

参考文献

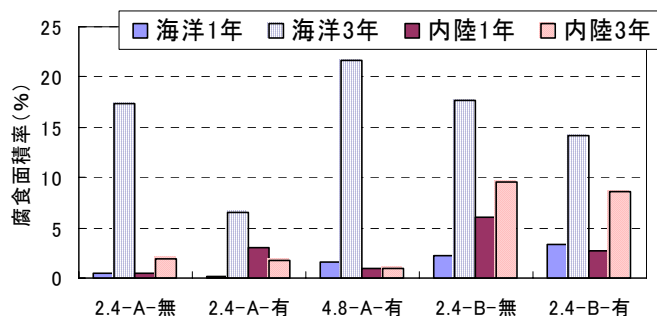
- 1) 伊藤正憲ほか：補修条件の違いによる補修後の再劣化に関する研究，コンクリート工学年次論文集，Vol.26，No.1，pp.1701-1705，2004



図－2 鉄筋腐食状況（左：海洋3年、右：内陸3年）



図－3 補修条件と腐食面積率



図－4 表面被覆材の開放面の有無と腐食面積率