

各種補修工法を施した試験体の再劣化に関する研究

(株)ブリヂストン 正会員 ○石関 嘉一 前田建設工業(株) 正会員 渡部 正
太平洋マテリアル(株) 正会員 松林 裕二 東京大学 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早期に再劣化する事例が報告されるようになってきた。特に、塩害による再劣化事例の報告が増加している。これは一度劣化した構造物を補修した後、どのような現象が構造物に起こっているかを正確に把握できていないことが原因と思われる。これを解決することにより将来的に、費用対効果に優れた補修工法が合理的に選定できるシステムの構築が可能になると考えられる。

本研究は、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、各種の条件下で作製した試験体を海洋環境下などに暴露し、試験体の状況を調査している。なお、本報は、内陸暴露期間 3 年における試験体の鉄筋の腐食状況と自然電位の測定結果について調査した結果について報告する。

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に限定し、一定の補修条件下で各種補修工法を施した試験体を内陸環境下に暴露し、鉄筋の腐食状況と自然電位について調査した。

2.1 試験体

表-1 にコンクリートの使用材料および圧縮強度を、図-1 に対象とした試験体を示す。試験体は矩形梁であり、中央部下面に模擬的に断面修復部を設け、上面を除いた他の 5 面を表面被覆材で覆った。

2.2 補修工法

表-2 に本研究で使用した 9 種類の補修工法の防錆材、断面修復材および表面被覆材の種類を示す。No.①および③の断面修復材は吹付け工法、それ以外は全てコテによる断面修復工法である。

2.3 暴露環境

暴露環境は、千葉県内の暴露試験場であり、飛来塩分の影響を受けること無い内陸部に位置する環境である。

2.4 腐食測定

腐食面積の測定は、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、発錆部分を写し取り、腐食の状況を観察するとともに、画像解析装置を用いて測定した。一方、自然電位は、解体した試験体とは別に暴露されているものを対象とし、端部から 2cm 程度出ている鉄筋にリード線を接続し、表面被覆が施されていない 100mm かぶり側の開放面から各鉄筋について飽和硫酸銅電極（以下 CSE）を用いて 13 点測定した。

表-1 コンクリートの使用材料等

セメント	普通ポルトランドセメント(3.16g/cm ³)
細骨材	大井川産陸砂(2.58g/cm ³)
粗骨材	青梅産硬質砂岩砕石(2.64g/cm ³)
混和剤	AE減水剤標準型、AE剤
塩化物イオン量	2.4kg/m ³ (塩化カルシウム)
W/C	65%
圧縮強度	材齢28日:33.9N/mm ²

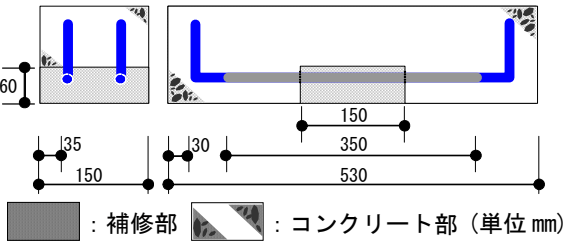


図-1 試験体の形状と寸法

表-2 対象とした補修材料

No.	プライマー	断面修復材	表面被覆材
①	エマルジョン(EVA)	PCM(SBR)	アクリル樹脂
②	アルカリ性付与材、防錆材	PCM(SBR,防錆材)	柔軟型PCM
③	PCP(Veo)	PCM(Veo)	ウレタン樹脂
④	水性エポキシ樹脂	PCM(SBR)	柔軟型エポキシ樹脂
⑤	エポキシ樹脂	エポキシ樹脂モルタル	柔軟型エポキシ樹脂
⑥	エマルジョン(Acr)	PCM(SBR,防錆材)	柔軟型PCM
⑦	浸透性固化材	PCM(Acr)	柔軟型PCM
⑧	PCP(SBR)	PCM(SBR)	クロロプレンゴム
⑨	PCP(Acr, 防錆材)	PCM(Veo)	柔軟型アクリルウレタン

PCP：ポリアセメントペースト PCM(Veo)：ベオパ系ポリアセメントモルタル
PCM(SBR)：SBR系ポリアセメントモルタル PCM(Acr)：アクリル系ポリアセメントモルタル

3. 実験結果

3.1 鉄筋腐食状況

図-2 に試験体から取り出した鉄筋の腐食状況を示す。既設コンクリートと補修部との境界面にマクロセルによると思われる腐食が発生している試験体（①、③、④、⑤、⑦、⑧）と境界部の腐食の発生が比較的軽微、または、ほとんど発生していない試験体（②、⑥、⑨）が認められた。これらを材料的な点で比較すると境界部に腐食の発生が少なかった試験体（②、⑥、⑨）には、プライマーもしくは断面修復材自体に防錆効果を期待した亜硝酸塩系防錆材などが使われていた。

3.2 腐食面積率と自然電位

図-3 に各試験体から取り出した鉄筋の腐食面積率(2本平均)を示す。マクロセル腐食が比較的発生していない②および⑥の面積率は他の試験体よりも少なかった。一方、⑨の試験体は既設コンクリートとの境界面にはほとんど腐食が発生していないが、境界面からやや離れた場所において集中して腐食が確認され、面積率としても若干多く測定される結果となった。

図-4 に自然電位と腐食面積率の関係を示す。一般的に100mmのかぶりを隔てた鉄筋に対して自然電位を測定することは難しいと考えられるが、今回測定した13点の測定結果を平均した場合、自然電位が卑であるほど、腐食面積率は高くなる傾向にあった。一般的に鉄筋の腐食性評価の指標とされているASTM C876(表-3)によると今回の測定結果は-200mV vs CSE よりも貴側であり、「90%以上の確率で腐食なし」に該当する。しかし、実際には腐食が確認されていることから、前述の⑨の試験体で発生した腐食状況なども含めマクロセル腐食について詳細に検討することが必要であると考えられた。

4. まとめ

各種材料条件の異なる補修試験体を内陸環境下に3年間暴露し、埋設した鉄筋の腐食状況と自然電位について検討を行った。その結果、断面修復する際に亜硝酸塩系などの防錆材料を使用することでマクロセル腐食を抑制することが可能であることが確認できた。しかし、そのメカニズムについては、今後、含水率、中性化深さおよび塩分含有量などを含め詳細に検討する必要があると考えられる。

なお、本研究は東京大学生産技術研究所における共同研究「劣化したコンクリート構造物の補修工法に関する共同研究」の成果であり、関係各位のご協力に深く感謝の意を表する。

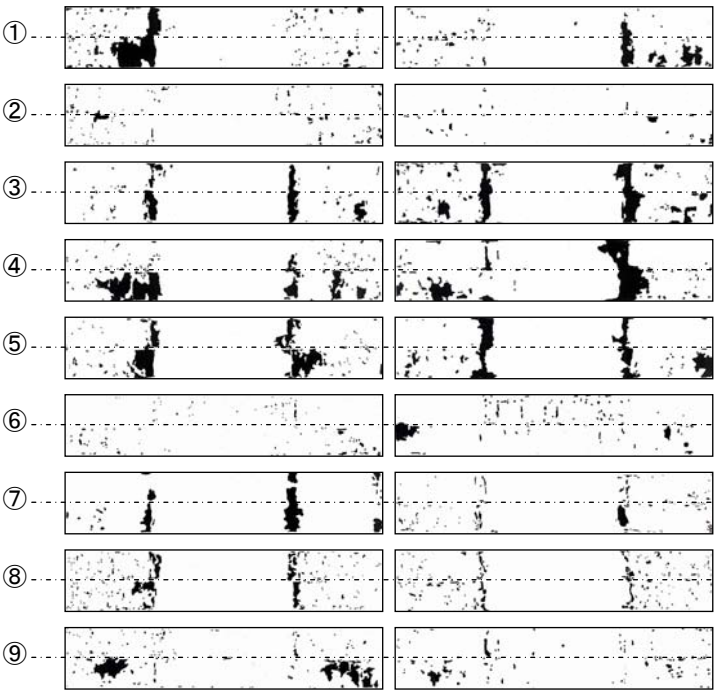


図-2 鉄筋腐食状況

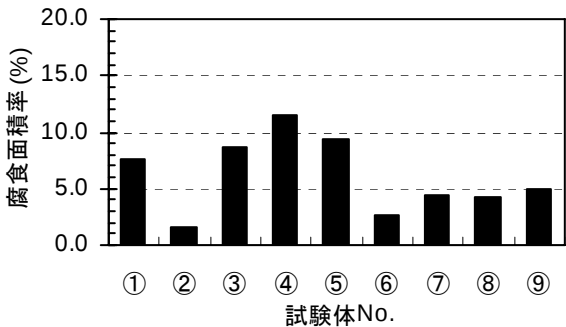


図-3 鉄筋腐食面積率

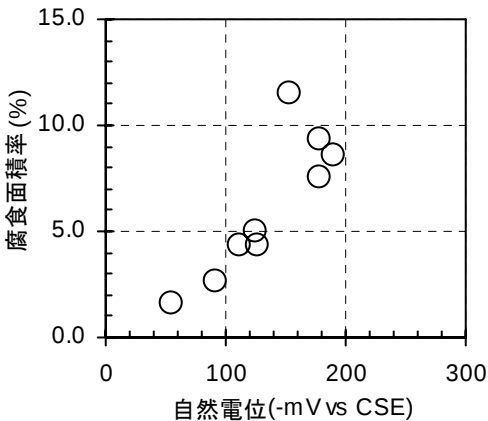


図-4 自然電位と腐食面積率の関係

表-3 ASTM C 876 による鉄筋腐食性評価

自然電位E(V vs CSE)	鉄筋腐食の可能性
-0.2<E	90%以上の確率で腐食なし
-0.35<E≤-0.20	不確定
E≤-0.35	90%以上の確率で腐食あり