

補修を施した鉄筋コンクリート試験体の電気化学的測定と腐食に関する研究

(株)ブリヂストン正会員 ○石関 嘉一 日本化成(株) 正会員 伊藤 学
 佐藤工業(株) 正会員 宇野 洋志城 石川島播磨重工業(株) 正会員 戸田 勝哉
 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、各種条件で作製した試験体を海洋および内陸環境下に暴露し、試験体の状況を調査している。なお、本報は、暴露期間 4 年における試験体の鉄筋の腐食状況と電気化学的測定について調査し、鉄筋腐食を予測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海洋および内陸環境下に暴露し、鉄筋の腐食状況、自然電位および腐食速度について調査した。

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、図-1 に対象とした試験体形状、表-2 にはつり深さおよび塩分量を示す。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。なお、断面補修材としてポリマーセメントモルタルを使用した。

2.2 補修工法

補修工法は吹付け工法による断面修復工法である。

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場内で実施した。

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から腐食の状況を測定した。一方、自然電位および腐食速度は、解体した試験体とは別の試験体を対象とし、端部から 20mm 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）および、2 重対極方式携帯型腐食診断器（以下腐食診断器）を使用した。

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 (塩化加ナウム)
W/C	65%
圧縮強度	材齢28日:33.9N/mm ²

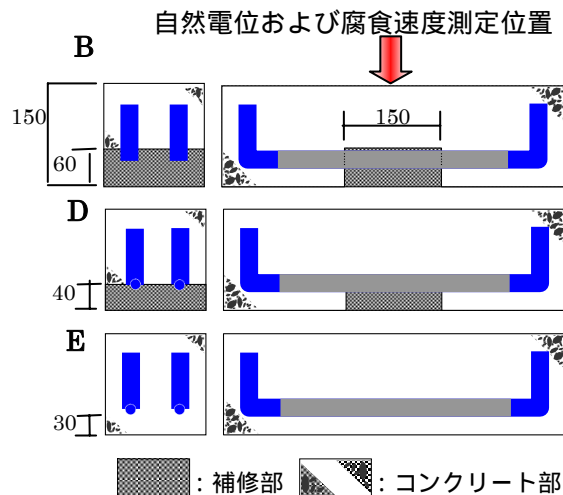


図-1 対象とした試験体形状

表-2 対象とした補修材料

記号	試験体記号	補修はつり深さ	Cl量 (kg/m ³)
B-1	B	部分 鉄筋裏	0
E-1	E	補修無し	
B-2	B	部分 鉄筋裏	2.4
D-2	D	部分 鉄筋半分	

キーワード：補修、暴露、鉄筋腐食、自然電位、腐食速度

〒244-8510 神奈川県横浜市戸塚区柏尾町 1 番地 TEL:045-825-7987 FAX:045-825-7621

3. 実験結果

3.1 自然電位および鉄筋腐食面積率

図-2 に自然電位および腐食面積率を示す。暴露条件の違いによる自然電位および腐食面積率に差異が生じたことが確認できる。また、補修条件および塩分量の有無においても自然電位および腐食面積率に差異が生じていた。特に試験体 B-2、D-2 を比較すると海洋および内陸暴露とも一部を除いて鉄筋の裏側を除去していない試験体 D-2 が腐食傾向にあることが確認できる。

3.2 腐食速度

腐食速度は腐食診断器を用いて計測した分極抵抗から式 1 を用いて算出した¹⁾。なお、図-3 に腐食速度の経時変化、図-4 に暴露 4 年次における腐食速度を示す。図-3 より各試験体は材齢が経過することにより腐食速度は遅くなる傾向にある。これは水和の進行によりコンクリートが緻密化されたことが要因であると思われる。また、内陸暴露および内在塩分の無い試験体は、海洋暴露および内在塩分のある試験体と比較して暴露初期から腐食速度が遅いことが確認でき、初期の補修条件により腐食速度が決定されると推測できる。

図-4 より暴露および補修条件により腐食速度に差異が生じていることが確認できる。特に試験体 D-2 は海洋、内陸暴露ともに鉄筋の裏側を除去している試験体 B-2 と比較して、腐食速度が速いことが確認できる。これにより鉄筋に接している塩化物を取り除くことによって、鉄筋腐食の進行を抑制されることが再確認された。

$$V = 55.8 \text{ } I_{\text{corr}} / 2F \quad \text{ - 式 1}$$

V : 鉄の腐食速度 ($\text{g}/\text{cm}^2/\text{year}$)

I_{corr} : 腐食電流 (A/cm^2)

F : ファラデーの定数 ($96500 \text{ A} \cdot \text{s}$)

3.3 ひび割れ発生予測

図-5 にひび割れ発生予測を示す。なお、ひび割れ発生時期は鉄筋腐食量²⁾が $10\text{mg}/\text{cm}^2$ に達した時とした。暴露、補修および内在塩分条件の違いによりひび割れ発生時期は大きく異なった。特に内在塩分が存在する試験体は 30 年程度でひび割れが発生する結果となった。これらの結果は、実構造物と異なるため環境、補修条件等を考慮して解析方法を検討する必要がある。

4. まとめ

暴露および補修条件により自然電位、腐食面積率および腐食速度に差異が生じることが認められた。これらの試験結果を検討することにより、補修部の再劣化予測が可能であることを確認できた。

なお、本研究は東大生研におけ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。

参考文献

1) (社) 土木学会：鉄筋腐食・防食および補修に関する研究の現状と今後の動向、 pp.125-140、1997

2) (社) 土木学会：コンクリート標準示方書〔維持管理編〕 pp102-104、2001

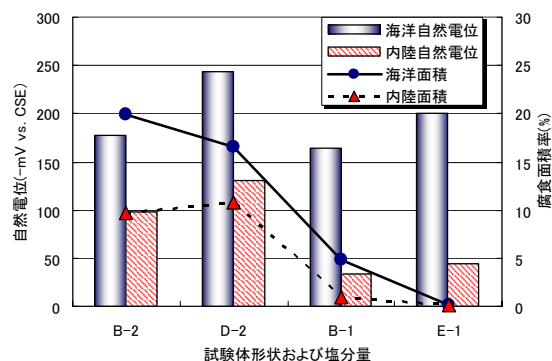


図-2 自然電位および鉄筋腐食面積率

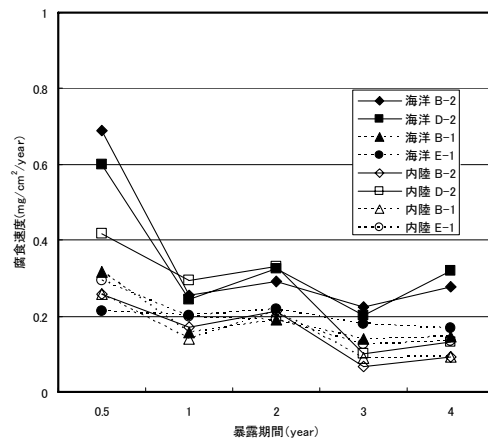


図-3 腐食速度経時変化

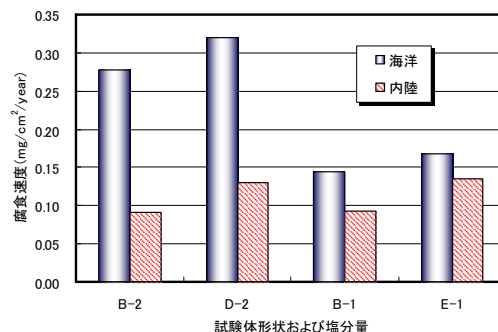


図-4 暴露 4 年次における腐食速度

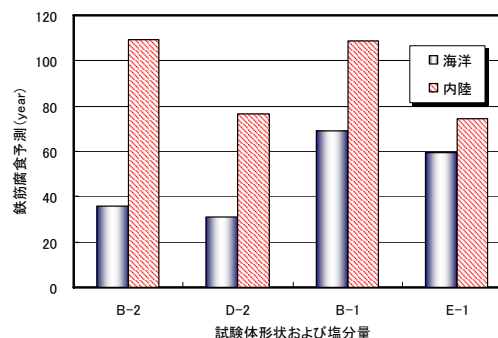


図-5 ひび割れ発生予測