

EPMA による補修を施した試験体の塩分移動の評価

東京大学生産技術研究所 正会員 星野富夫 ショーボンド建設(株) 正会員 宇野祐一
 東急建設(株) 正会員 早川健司 東京大学生産技術研究所 正会員 加藤佳孝
 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、劣化したコンクリート構造物の補修事例が増えるとともに、補修後比較的早期に再劣化に至る事例が報告されている。このような再劣化の進行は、補修材料の性能だけではなく、補修時の構造物の損傷度、補修方法や施工の適切さなどに大きく左右されると考えられるが、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。本報告では、実構造物において生じている劣化形状を想定し、内在塩分含有量が異なるコンクリート梁に補修材料や形状等が異なる試験体を模擬的に作製して海洋暴露実験を行い、それらの防食効果や耐久性を主に塩化物の浸透の面から検討するために、EPMA によってそれらの性状を明らかにしようとしたものである。

2. 実験概要

実験に用いたコンクリートの概要を表 - 1 に示す。鉄筋背面のコンクリートに残存する塩化物イオンの影響を検討するために、コンクリートの塩化物イオン量を 0、2.4、4.8kg/m³ となるように CaCl₂ を混練水に添加した。

試験体の形状と EPMA 試料の切り出し位置を図 - 1 に示す。試験体は 150×150×530mm の矩形梁を用い、鉄筋(SD345,D19)のかぶり厚は 30mm とし、側面からのかぶり厚は 35mm として 2 本埋め込んだ。

模擬はつり部には、断面修復材として再乳化形のポリマー（ベオバ系）を主成分とするポリマーセメントモルタルを共通材料として吹付け充填した。さらに、補修条件に応じて柔軟形エポキシ樹脂系の表面被覆材を塗布した。なお、上面被覆または上下面被覆を行わない試験体は、該当する面以外に被覆を施した。

海洋暴露実験は、常時海水飛沫を受ける伊豆半島東海岸（静岡県伊東市富戸）の飛沫帯に設置した海洋暴露実験場において行った。

EPMA の分析試料は、分析機器の許容能力からコンクリートと断面修復部界面の 20mm 程度上部のコンクリート部分で切断して 2 枚の試料から評価分析を実施した。分析条件としては、加速電圧を 20KV、試料電流を 1μA とし、拡大分析を繰り返すことからビーム径を 1μm とした。また、Steep Size は 0.02sec として測定した。

表 - 1 コンクリートの使用材料および試験体の配合条件

水セメント比	W/C65%
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(Gmax20mm>2.64g/cm ³)
混和剤	AE減水剤標準型、AE剤
塩化物イオン量	0、2.4、4.8kg/m ³
スラブ	12.0cm
空気量	4.50%
圧縮強度	材齢28日:34.3N/mm ² 、材齢1年:47.5N/mm ²

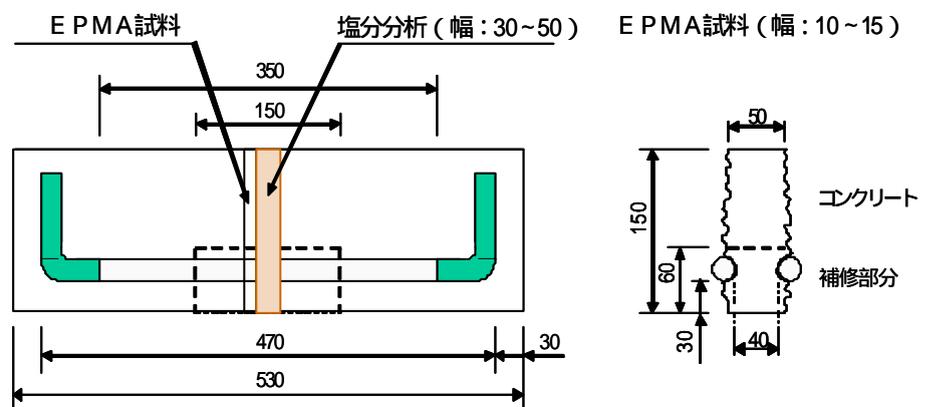


図 - 1 試験体の形状とEPMA 試料の採取位置ならびに寸法 (単位 mm)

キーワード：EPMA、塩化物、コンクリート梁、損傷、海洋暴露

〒153-8505 東京都目黒区駒場 4 - 6 - 1 TEL:03-5452-6391 FAX:03-5452-6392

3. 実験結果と考察

図 - 2 は、海洋飛沫帯に暴露したコンクリート梁中の塩分分布を示したものである。これらの塩分分析は、EPMA 分析が終了した試験体を 5 ~ 20mm の幅で切断して、JCI-SC5 に準拠して全塩分を分

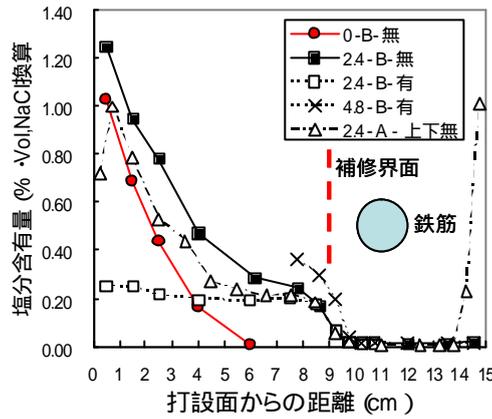


図 - 2 コンクリート梁中の塩分分布

析した。その際に骨材の影響を排除するために粗粉碎の時に取り出せる骨材は排除した。凡例の 0 ~ 4.8 はコンクリートへの混入塩分量を示し、無・有は打設面側の表面被覆の有無を示している。

印の試験体は、鉄筋の裏側 10mm まで全面補修した試験体であり、上下面を解放にして補修材自身への塩分の浸透を観察した（海洋暴露 1 年）。他の試験体は、梁の中央部分を鉄筋の裏側 10mm まで補修したものであり、海洋暴露 3 年での結果を示したものである。このような試料の通常切断方法では 5mm 程度が限度であり、一般的には 10 ~ 20mm 程度の幅の切断を行うことから補修界面付近での塩分濃度の微妙な変化はとらえにくい。

これらの試験体の塩素の分布状態を EPMA による分析から調べた。写真 - 1 は、塩分が混入 (2.4kg/m³) されたコンクリート梁の打設面が解放されている試験体の上下で分析した 2 枚の EPMA 写真を合成したものである。図 - 2 の塩分の分布状態をみると打設面から 5cm 程度まで新たな塩分の浸透が認められ、補修界面付近の 5mm 幅で切断したコンクリート部分では補修材部分に塩分が浸透している傾向を示している。EPMA の写真でも同様な傾向が認められ、補修材のコンクリート界面付近に若干の塩素の浸透が認められた。この現象を明らかにするために拡大分析 (2 cm × 2 cm) したものが写真 - 2 である。塩素のラインプロファイルとスケールからみると 3 ~ 4 mm 程度まで塩素が浸透していることが明らかに分かる。

写真 - 3 は、コンクリート梁の上下面を解放してある試験体について、補修材料への塩分の浸透を EPMA による拡大分析 (2 cm × 2 cm) で調べたものである。図 - 2 では、表層から 1cm 程度までの塩分の浸透が認められるが、この拡大分析から 7mm 程度まで塩素が浸透している。補修材の単位セメント量が多いことから最外層では著しく塩素濃度が高くなっている傾向が認められる。

4. まとめ

補修材料の補修効果を確認するために EPMA の分析により検討した。ここでは紙面の関係で 2 例しか報告できなかったが、補修効果を検討する為の貴重な結果が得られた。

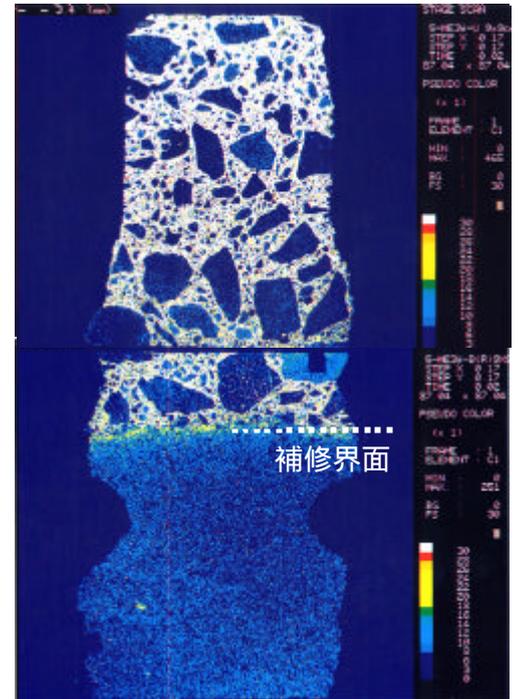


写真 - 1 EPMA による塩分の移動の確認 (2.4-B-無)

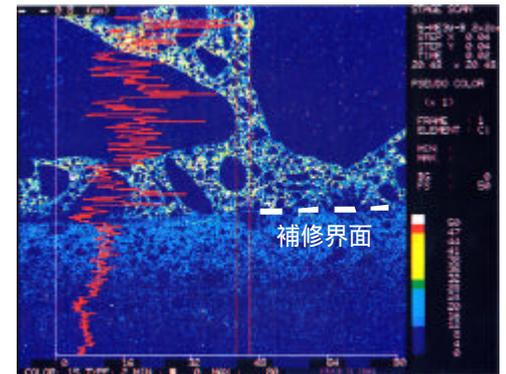


写真 - 2 補修界面の拡大分析とラインプロファイル

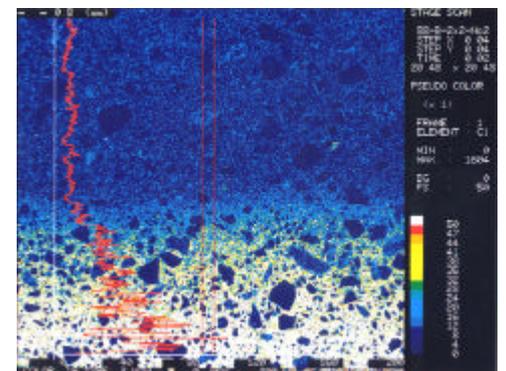


写真 - 3 補修材料の塩分浸透抑止効果の確認 (2.4-A-上下無)