

EPMA による補修を施した内陸暴露試験体の塩化物イオン移動評価

電気化学工業（株）	正会員	荒木昭俊
ショーボンド建設（株）	正会員	宇野祐一
住友大阪セメント（株）	正会員	榊原弘幸
東京大学生産技術研究所	正会員	星野富夫
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加していると共に、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に関しては、その原因やメカニズムについてほとんど解明されていない。先の報告¹⁾で我々は、模擬的に補修材料で断面修復を施した試験体を海洋暴露し、断面修復材とコンクリートの界面付近の塩化物イオン移動について EPMA を用いることで評価できることを報告した。本報告では、EPMA を用いて内陸暴露による暴露期間の違いによるコンクリートに内在する塩化物イオンの移動に関する評価を行った。

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量は塩化カルシウムを混練水に添加し調整した。試験体の形状と EPMA 試料の切り出し位置及び形状を図 - 1 に示す。試験体は、150 × 150 × 530mm の矩形梁を用い、鉄筋(SD345, D19)のかぶりりは 30mm とし、側面からのかぶりりは 35mm として 2 本埋め込んだ。模擬断面修復部には、再乳化形粉末樹脂(アクリル系)を含有するポリマーセメントモルタルを吹付けた。表面被覆材は柔軟形エポキシ樹脂系を塗布した。内陸暴露は、東京大学生産技術研究所千葉実験所(千葉県千葉市稲毛区)にて行った。EPMA 分析は、加速電圧を 20KV、試料電流を 1 μA、ビーム径を 1 μm、Measuring time 0.02sec/point の条件で測定した。

表 - 1 コンクリートの使用材料及び試験体の各種条件

水セメント比(%)	W/C=65
セメント	普通ポルトランドセメント, 密度3.16g/cm ³
細骨材	大井川産陸砂, 密度2.58g/cm ³
粗骨材	青梅産硬質砂岩砕石, Gmax20mm, 密度2.64g/cm ³
塩化物イオン量	0, 2.4, 4.8kg/m ³
スランプ(cm)	11.5
空気量(%)	4.5
圧縮強度(N/mm ²)	材齢28日: 33.9

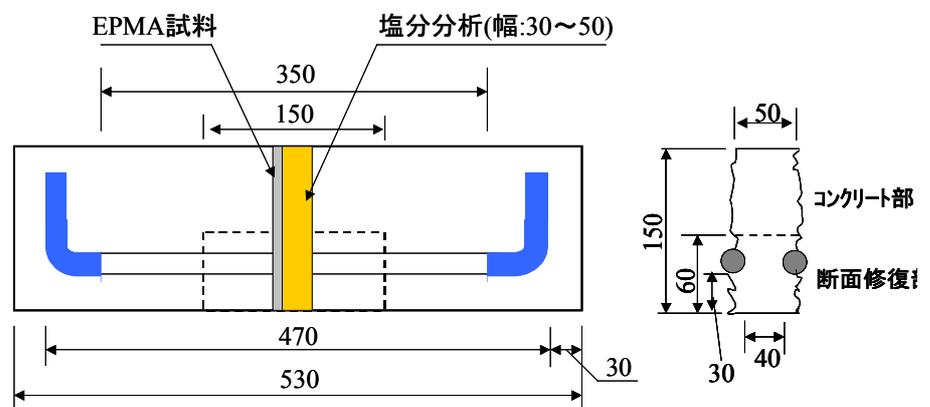


図 - 1 試験体の形状と EPMA 試料の採取位置並びに寸法(単位: mm)

3. 実験結果と考察

図 - 2 は、塩化物イオン量を 2.4kg/m³ 及び 4.8kg/m³ 混入させたコンクリートに補修材料を断面修復した試験体の内陸暴露 1 年と 3 年の塩化物イオン分布を比較したものである。コンクリートに内在する塩化物イオン量が 2.4kg/m³ 及び 4.8kg/m³ の試験体とも、暴露 1 年目で断面修復材側への塩化物イオンの浸透が認められ、4.8kg/m³ の試験体が顕著であった。また、塩化物イオン量が 2.4kg/m³ の試験体は、暴露期間が 3 年になっても断面修復材

キーワード：EPMA，塩化物イオン，補修，再劣化，内陸暴露

連絡先：〒949-0393 新潟県糸魚川市大字青海 2209 電気化学工業(株)青海工場 TEL：025-562-6312

側への塩化物イオンの浸透量及び浸透深さに大きな変化は認められなかった。一方、 4.8kg/m^3 の試験体は、コンクリートに内在する塩化物イオン量が多いため、暴露期間が長くなると断面修復材側への浸透量及び浸透深さが増加する傾向を示した。図 - 2 からの塩化物イオンの浸透領域は、塩化物イオン量が 2.4kg/m^3 の場合は、内陸暴露 3 年で断面修復材とコンクリートの界面から 1cm 以内、コンクリートに内在する塩化物イオン量が 4.8kg/m^3 の場合は、1.5cm 以内と考えられる。写真 - 1 は、EPMA によって塩化物イオンの分布状況を確認したものである。図 - 2 に示した結果と同様に、暴露期間の延長及びコンクリートに内在する塩化物イオン量の増加により、カラーマッピングによる強度比色差から、断面修復材側への浸透量と浸透深さが増加する傾向を示した。写真 - 2 は、コンクリートに内在する塩化物イオン量が 2.4kg/m^3 と 4.8kg/m^3 の暴露 3 年目試験体のラインプロファイルを入れた拡大画像（暴露 3 年 CI 量 4.8kg/m^3 の画像は、 2.4kg/m^3 の画像に対し 3 倍拡大した画像）である。コンクリートに内在する塩化物イオン量が 2.4kg/m^3 の場合は 4mm まで、コンクリートに内在する塩化物イオン量が 4.8kg/m^3 の場合は 9mm まで塩化物イオンが浸透していることが確認できた。EPMA による分析では、面による全体的な塩化物イオンの移動領域を把握できる。

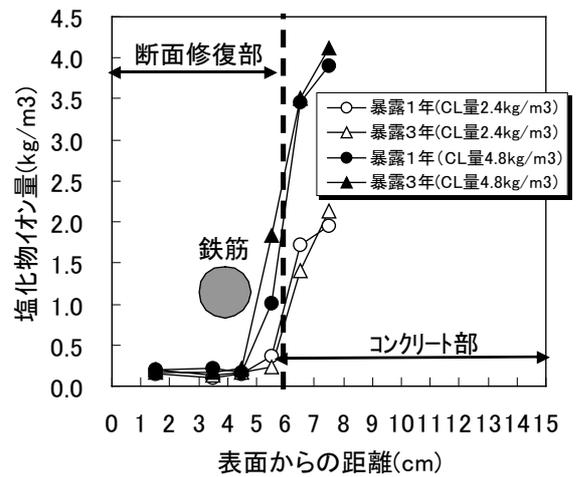
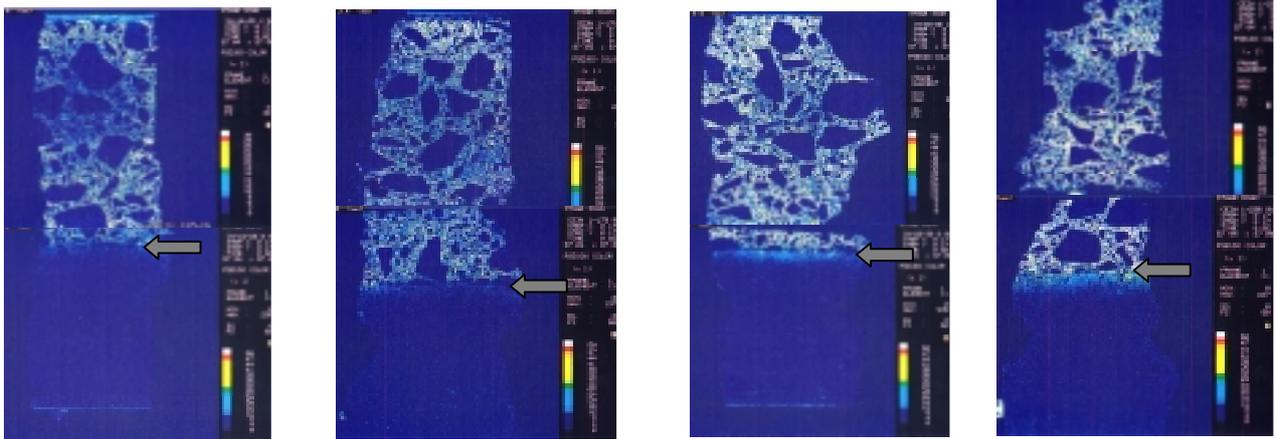


図 - 2 JCI-SC5 法による塩化物イオン分布

拡大画像（暴露 3 年 CI 量 4.8kg/m^3 の画像は、 2.4kg/m^3 の画像に対し 3 倍拡大した画像）である。コンクリートに内在する塩化物イオン量が 2.4kg/m^3 の場合は 4mm まで、コンクリートに内在する塩化物イオン量が 4.8kg/m^3 の場合は 9mm まで塩化物イオンが浸透していることが確認できた。EPMA による分析では、面による全体的な塩化物イオンの移動領域を把握できる。



(暴露 1 年 CI 量 2.4kg/m^3) (暴露 3 年 CI 量 2.4kg/m^3) (暴露 1 年 CI 量 4.8kg/m^3) (暴露 3 年 CI 量 4.8kg/m^3)

← : 断面修復界面

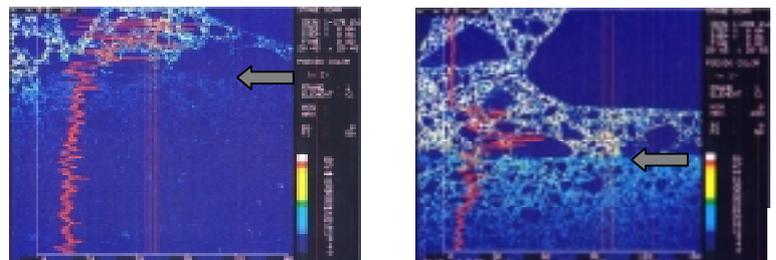
写真 - 1 EPMA 分析による塩化物イオンの分布状況

4. まとめ

EPMA を用いることで塩化物イオンの移動領域に関する有用な情報を得ることができ、断面修復を行う場合は、十分な鉄筋間隔の確保や内在する塩化物イオン量を残さないような劣化部の除去を行うことが重要である。

参考文献

1) 星野富夫他：EPMA による補修を施した試験体の塩分移動の評価 第 60 回年次学術講演会講演概要集，部門 ，pp.533 ~ 534，2005



(暴露 3 年 CI 量 2.4kg/m^3)

(暴露 3 年 CI 量 4.8kg/m^3)

← : 断面修復界面

写真 - 2 ラインプロファイルを入れた拡大画像