

# 10年間海洋暴露した補修を施したコンクリートにおける塩分移動の検討

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) 寺尾 暁  
 コニシ(株) 正会員 熊谷慎祐 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 岸 利治

## 1. はじめに

塩害を受けて補修した鉄筋コンクリート構造物が補修後、比較的早期に再劣化に至る事例が多く報告されている。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、内在塩分量が異なるコンクリート梁に補修材料や補修部の形状等が異なる試験体を模擬的に作製して10年間の海洋暴露実験を行い、防食効果や耐久性について、化学分析とEPMA分析などにより塩化物イオンの浸透と移動現象を考察し、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。コンクリートに残存する内在塩分による鉄筋背面の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/m<sup>3</sup>となるようにCaCl<sub>2</sub>を混練水に添加した。

試験体の形状と塩分分析試料ならびに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)のかぶりは30mmとし、側面からのかぶりは35mmとして2本の鉄筋を埋め込んだ。模擬はつり部には、断面修復材として再乳化形粉末樹脂(ベオバ系)を用いたポリマーセメントモルタルを吹付けて充填した。さらに、全面に柔軟形エポキシ樹脂系の表面被覆材(膜厚:350μm)を塗布した。また、実際の構造物の床版上面の防水の有無を想定して、上面被覆を行わない試験体も作製した。

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)に設置した海洋暴露実験場において10年間行った。

塩分分析試料は、図1に示すような試験体を切り出し、深さ方向に1cmピッチに切断した試料を粉碎して、JCI-SC5により全塩分量を測定した。また、EPMA分析のために、塩分分析用試料の切り出し位置に隣接する試料を切り出し、コンクリートと断面修復部界面から20mm程度上部のコンクリート部分で切断して2枚の試料を分析したが、補修界面の拡大分析も行った。

表1 コンクリートの概要

水セメント比	65%
セメントの種類	普通ポルトランドセメント(3.16g/cm <sup>3</sup> )
初期塩化物イオン量	0, 2.4, 4.8 kg/m <sup>3</sup>
圧縮強度	28日:34.3N/mm <sup>2</sup> , 材令1年:47.5N/mm <sup>2</sup>

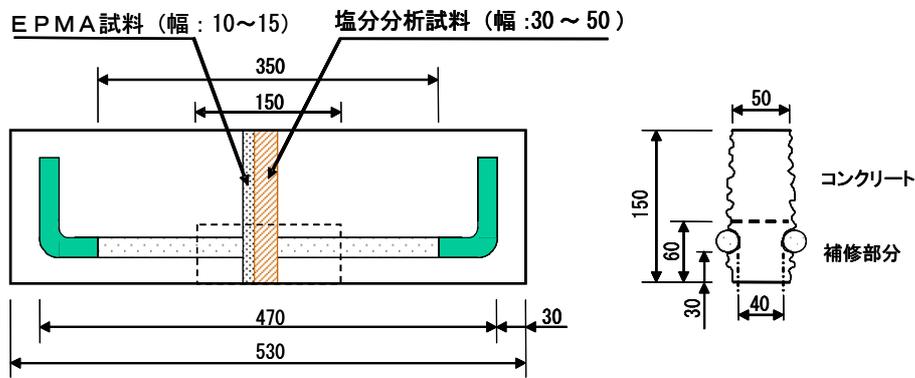


図1 試験体の形状とEPMA試料の採取位置ならびに寸法(単位:mm)

キーワード: コンクリート梁, 劣化, 断面修復, 海洋暴露, EPMA, 塩分

〒153-8505 東京都目黒区駒場4-6-1 TEL:03-5452-6098ex58082 FAX:03-5452-6395

3. 実験結果と考察

図2は、海洋飛沫帯に10年間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。凡例の0~4.8は、コンクリートへの混入塩化物イオン量を示し、Bは梁の中央部分を幅が15cmの範囲の鉄筋の裏側10mmまで補修したものであり、Eは補修がないものである。また、無・有は打設面側の表面被覆の有無を示している。

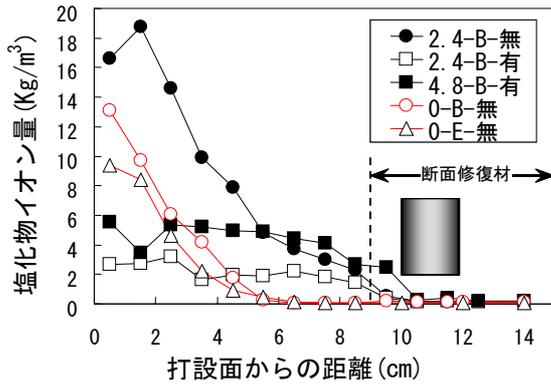


図2 コンクリート梁中の塩分分布 (海洋暴露10年)

2.4-B-有および4.8-B-有は、補修部があり全面被覆を施した試験体であるが、コンクリート部分の塩分分布は多少のばらつきはあるものの概ね混入した塩化物イオン量と等しい値であった。この4.8-B-有については、コンクリート側から断面修復材に浸透した塩化物イオン量は大きな値を示している。

このような試料の通常の方法では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。

そこで、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(2.4-B-無)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を上下で分析した2枚のEPMA写真を合成したものである。図2の塩分の分布状態ならびにEPMAによる分析結果からも、新たな塩分の浸透が打設面から6~8cm程度であることが確認される。しかし、いずれの場合も補修界面付近の塩分移動の傾向がよく分からないことから、図中の補修界面を含む四角で囲った箇所について拡大分析(2cm×2cm)したものが写真2である。この分析における塩素のラインプロファイルとスケールからみると、補修界面から4~5mm程度まで塩化物イオンが浸透していることが明らかである。

写真3は、塩分を4.8kg/m³混入した(4.8-B-無)コンクリートのEPMA分析結果である。前述した試験体よりも混入塩分が倍であることから、補修材料への塩分の浸透は1cm程度認められ、上側と左側(側面)からの相乗作用が認められたが隅角部が欠陥となるような兆候は認められない。

4. まとめ

長期間暴露したコンクリート梁の補修効果をEPMAの分析などにより検討した。ここでは紙面の関係で2例しか報告できなかったが、補修材料の塩分抑止効果はコンクリートの内在塩分量の影響を受けるもののこの種の材料の防食効果が確認された。本研究は、民間18社と本研究所との共同研究の成果である。

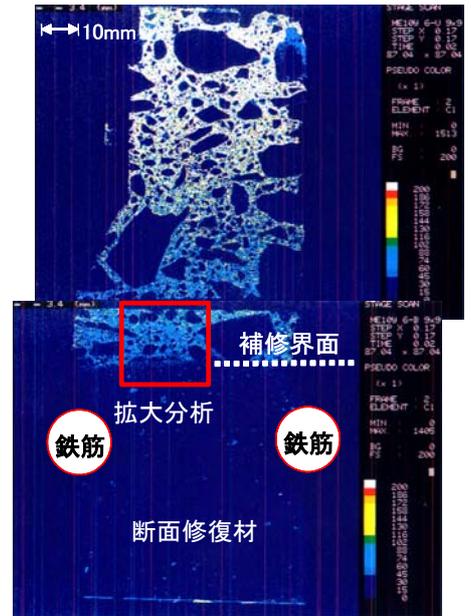


写真1 EPMAによる分析結果 (2.4-B-無, 分析元素: Cl, 9×9cm)

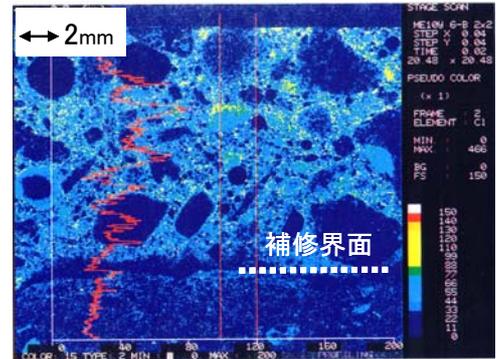


写真2 補修界面の拡大分析 (2.4-B-無, 分析元素: Cl, 2×2cm)

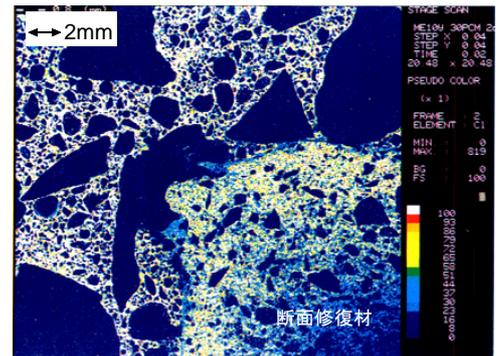


写真3 隅各部における塩分浸透の確認 (4.8-B-有, 分析元素: Cl, 2×2cm)