

補修を施した鉄筋コンクリート中の塩化物イオンの移動と鉄筋腐食に関する研究

ショーボンド建設(株) 正会員 〇宇野 祐一 芝浦工業大学 正会員 勝木 太
 西松建設(株) 正会員 椎名 貴快 (株)大林組 正会員 竹田 宣典
 ニチエー吉田(株) 河原崎 広 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、塩害により劣化したコンクリート構造物の補修事例が増えているが、補修後比較的早い時点で再劣化に至った事例も報告されている¹⁾²⁾。補修後の再劣化の原因としては、補修材料の性能だけでなく、補修時の構造物の損傷度、補修の方法や施工の適切さなど、様々なものが考えられているが、その要因効果についてはほとんど明らかにされていない。本研究では、それらを解明する一助として、塩化物イオンの量を変化させて作製したコンクリート試験体に補修を施し、海洋暴露を実施した後に内在塩化物イオンがどのような挙動を示すのか、また、それらと鉄筋腐食の関連について検討を行った。研究は、5年計画で開始されているが、本報告は、そのうち、暴露1年目の結果についてとりまとめたものである。

2. 実験概要

2. 1 コンクリートの配合 セメントは普通ポルトランドセメントを用い、細骨材として静岡県大井川水系陸砂を、粗骨材として最大寸法が20mmの東京都青梅産硬質砂岩砕石を使用した。コンクリートの水セメント比は65%とし、AE減水剤、AE剤を用いて、目標スランプ12cm、空気量4.5%に設定した。練混ぜ水は上水道水を使用し、塩化物イオンは予め練混ぜ水に溶解して添加した。塩化物イオン量は、0, 2.4, 4.8kg/m³の3水準である。

2. 2 試験体 コンクリート試験体は、図-1に示す形状寸法(150×150×530mm)とし、かぶり(30mm)になるように、SD345, D19の鉄筋を2本埋め込んだ。試験体中央部分には、部分補修を想定して長さ150mm、深さ40mmの模擬はつり部を設け、

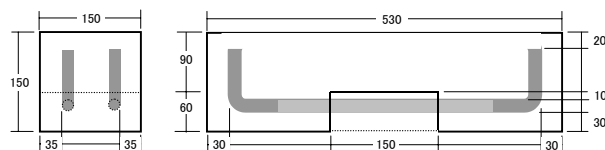


図-1 試験体の寸法形状

断面修復材を充填した。断面修復材は、ベオバ系粉体ポリマー入りセメントモルタルを用い、はつり界面をエアージェットタガネとワイヤーブラシで研掃し、同種のポリマーを用いたセメントペーストを塗布した後、吹付け施工した。所定の養生が終了した後、サンダーケレンを行い、エポキシ樹脂系プライマーを塗布して、エポキシ樹脂パテ材でパテ処理を行った。引き続き、柔軟型エポキシ樹脂中塗り材を2層塗布し、柔軟形ウレタン樹脂上塗り材を1層塗布した。試験体は、6面全体を塗装するものと、上1面(コンクリート打設面)を解放にし、5面塗装するものの2種とした。6面塗装は塩化物イオン量が2.4, 4.8kg/m³の配合について、5面塗装は0, 2.4kg/m³の配合について行った。

2. 3 暴露実験 試験体の暴露は、静岡県伊豆半島東海岸伊豆海洋公園内の暴露場において実施した。この暴露場は波打ち際に設置されており、ここで暴露される試験体は、満潮時には波で洗われ、干潮時にも前面に岩礁があるために常時海水飛沫を受けるきわめて厳しい腐食環境である。暴露1年目で、試験体を引き揚げ、解体調査と塩分分析を行った。

2. 4 塩分分析ならびに EPMA 分析 まず、図-2に示すように割裂試験によって試験体の2鉄筋ではさまれた中央部分から幅約50mmの試料を取り出し、さらに、断面修復材を含む長さ50mmの部分进行分析試料とした。この分析試料から、4~11ヶのサンプルを切り出し、かぶりから上面までの塩化物イオンの分布

キーワード：補修，再劣化，暴露実験，鉄筋腐食，塩分の移動，EPMA 分析

〒136-0076 東京都江東区南砂2-2-17 TEL:03-3649-2126 FAX:03-3649-7175

状況を調べた。上面に塗装を行っていない試験体については、上面から 1cm きざみで 3 サンプルの分析を行い、外部からの塩化物イオンの侵入状況を調べた。コンクリートに塩化物イオンを混練りした試験体については、コンクリートから断面修復材への塩分の拡散を調べるために、打継ぎ界面から上下に 1cm きざみで 3 サンプルずつ、都合 6 サンプルの分析を行った。塩分分析は、JCI-SC4 に準拠して行った。EPMA 分析は、上記塩分分析試料と隣接した部分からおおよそ $50 \times 150 \times 10 \text{ mm}$ の薄板サンプルを切り出し、塩素の分布状況を調べた。

3 分析結果

図-3 は、4 条件の試験体のかぶりから上面までの塩化物イオンの分布状況を取りまとめたものである。上面無の試験体については、明らかに海洋飛沫を受けて表面から塩化物イオンが浸透しており、その影響は 50mm の深さにまで達している。また、最初に混入した塩化物イオン量の大小の差も明確に表れており、上面無試験体においても、相対的な差は変わらない。コンクリートの単位体積重量を 2.35 ton/m^3 と仮定すると、最表面の塩化物量は 0 kg/m^3 の試験体で 9.2 kg/m^3 、 2.4 kg/m^3 混入試験体では、 11.1 kg/m^3 となる。この図で、0～60mm の部分が断面修復材に相当するが、

塗装を行っているので、かぶり側からの塩化物イオンの侵入は見られない。この実験で最も興味深いのは、塩化物イオンを混練りしたコンクリートから断面修復材への塩化物イオンの移動状況である。図でかぶりから 45mm、55mm、65mm の 3 点（例えば 45mm は 40～50mm のサンプルの平均値）のデータを見ると、55mm の位置が完全に断面修復材の部分に相当するが、ベースラインから、立ち上がっており、コンクリートから塩化物イオンが移動していることが見て取れる。このことを確認するために、EPMA 分析による塩素の分析を実施した。図

図-4 は、塩化物イオンを 4.8 kg/m^3 混入した試験体について、打継ぎ界面を境にして塩化物イオンが断面修復材へ侵入している現象を検証したものである。打継ぎ界面には、ポリマーセメントペーストが施工されているにもかかわらず、塩化物イオンは確実に断面修復材に移動しており、その深さは 5mm を越えている。

4. おわりに

本実験の試験体は、鉄筋裏 10mm まで完全にはつき落とし理想的な補修条件に相当しているが、躯体コンクリートの含有塩化物イオン量が多い場合には、緻密と考えられるポリマーセメント系断面修復材へもコンクリート中からの塩化物イオンの移動が起こり、鉄筋腐食に影響を及ぼすものと考えられる。事実、別途行った解体調査の結果では、鉄筋の腐食がかぶり側より反かぶり側（躯体コンクリート近接側）で卓越して発生していることが確認されており、補修後の再劣化要因の一つとして考慮されるべきものと考えられる。

参考文献

- 1) 片脇清, 西崎到, 若菜和之: 表面被覆の施工時期とその効果に関する二、三の考察, コンクリート構造物の補修工法に関するシンポジウム論文報告集, pp.7～12, 1992.10
- 2) 渡辺博志・河野広隆: コンクリート構造物の維持管理の合理化と健全度診断技術, コンクリート工学誌, Vol.33, No.9, 19～28, 1995

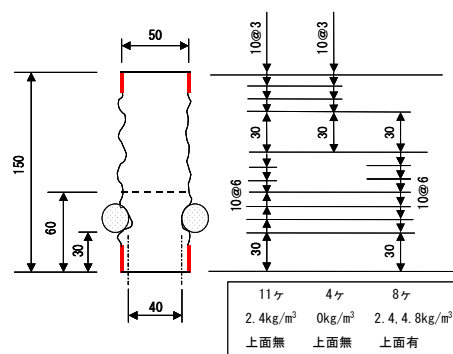


図-2 塩分分析サンプル採取方法

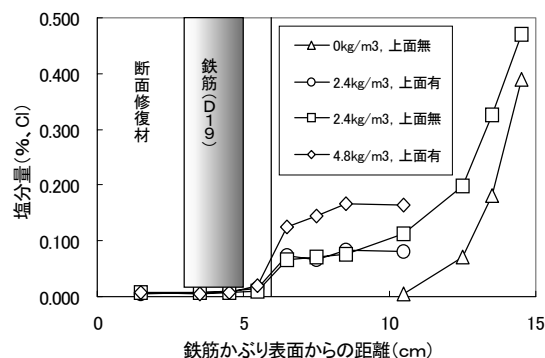


図-3 塩分の分布状況

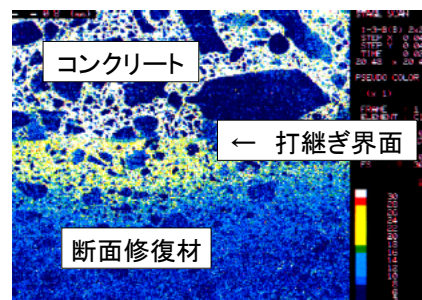


図-4 EPMA 分析結果 (Cl)