

## 鉄筋コンクリート構造物の部分断面修復における境界部の鉄筋腐食抑制に関する一考察

太平洋マテリアル(株) 正会員 ○松林裕二 日本大学生産工学部 正会員 渡部 正  
 東京大学生産技術研究所 正会員 岸 利治 東京大学生産技術研究所 正会員 酒井雄也

## 1. はじめに

塩害を受けた鉄筋コンクリート構造物が比較的早期に劣化する事例などから、補修後の再劣化メカニズムの解明と適切な対策の提案を目的として各種の実験的検討<sup>1)</sup>を実施し、鉄筋の腐食状況の把握として、部分断面修復のようなコンクリートと補修材で境界が生じる場合の腐食状況の評価を検討<sup>2)</sup>している。一方、近年の補修では、鉄筋の腐食抑制として亜硝酸塩系の塗布型や同系防錆剤を混和したポリマーセメント類を用いたものが多く使用されているものの、それらの効果として境界部の鉄筋腐食抑制に着目した知見は多くはない<sup>3)</sup>。そこで、本報告は、塩害を受けた鉄筋コンクリート床板を模擬した試験体に亜硝酸塩系の塗布型防錆材や同系防錆剤を混和した部分断面修復材を施し、10年間内陸暴露を行った後、取り出した鉄筋およびその近傍の腐食状況や防錆成分等の分析を行い、境界部の鉄筋腐食抑制について評価・検討を行うこととした。

## 2. 実験方法

暴露試験体は、図1に示す形状・寸法であり、断面修復部分を箱抜きしてコンクリートで製作した。コンクリートは、普通ポルトランドセメント、大井川水系陸砂、青梅産砂岩砕石(MS20mm)、AE減水剤を使用し、水セメント比65%、目標スランプ12cmおよび空気量4.5%とした。練混ぜ水は上水道水を使用し、塩化カルシウムを用いて塩化物イオン量が $2.4\text{kg/m}^3$ となるように調整した。補修は次の工程で行った。まず、断面修復の前工程として、全面にけい酸塩系表面含浸材(けい酸リチウム系)を $0.16\text{kg/m}^2$ 塗布して自然乾燥後、亜硝酸塩系の塗布型防錆材を $0.52\text{kg/m}^2$ 塗布して自然乾燥させた。鉄筋防錆処理として鉄筋へ亜硝酸塩系防錆剤を混入したポリマーセメントペーストを施工した後、断面修復面に同ペーストを塗布して同系防錆剤を混入した厚付け用ポリマーセメントモルタルを左官鏝で施工した。更に、表面被覆材として鉄筋防錆処理と同じ材料で厚さ2mmの下地調整を行った後、柔軟形ポリマーセメント系の表面被覆材(主材) $2.4\text{kg/m}^2$ およびトップコート $0.4\text{kg/m}^2$ を刷毛で施工した。なお、表面被覆材は、床板の防水材なしを模して上面を除く他の5面に施工している。試験体は、千葉県稲毛区弥生町の飛来塩分の影響のない暴露場に10年間暴露した。

## 3. 実験結果および考察

## 3. 1. 暴露後の外観および鉄筋の腐食状況

暴露10年後の試験体は、鉄筋腐食によるひび割れ等の変状はない。図2は、同試験体から取り出した鉄筋の錆のトレース図である。一方、図3は、鉄筋の長さ2mm間隔の腐食面積率(局部腐食面積率と称す)を算出し、2本の鉄筋かつ断面修復材中央から左右の計4データの平均値を、断面修復材の中心からの距離との関係で示したものである。同図から、境界部を含めて卓越した鉄筋腐食は生じておらず、補修後10年でも再劣化は生じていないことがわかる。なお、既往実験<sup>2),3)</sup>では、塗布型防錆材を用いずにポリマーセメント系材料で補修した他仕様の境界部の局部鉄筋腐食面積率は30~60%であり、コンクリート部分の鉄筋腐食も本仕様よりも多い状況であった。

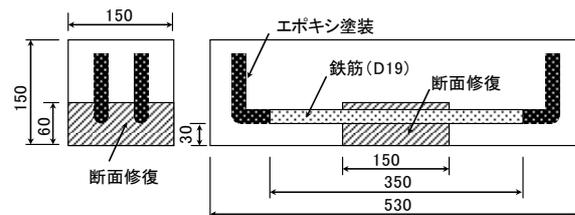


図1 暴露試験体の形状・寸法(単位mm)

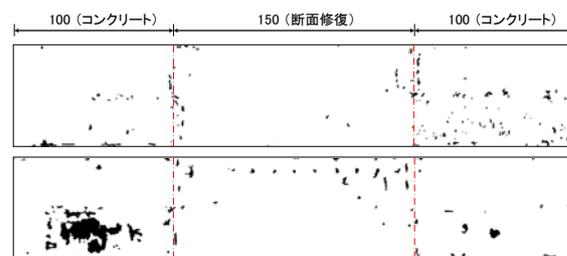


図2 鉄筋の錆のトレース図

キーワード コンクリート, 塩害, 鉄筋, 腐食, 補修, 境界

連絡先 〒285-0802 千葉県佐倉市大作2-4-2 太平洋マテリアル(株)開発研究所 TEL.043-498-3921

### 3. 2. 境界部の鉄筋近傍の亜硝酸イオン量と塩化物イオン量

境界部の鉄筋腐食抑制の有効成分となる亜硝酸イオン量と腐食因子の塩化物イオン量を把握するため、境界部の鉄筋周囲のコンクリートおよび断面修復材を鉄筋外周+10mmの直方体形状で切り出し、境界面から鉄筋長手方向に10mm間隔で切断し、各イオン量の分析を行った。各イオン量と鉄筋に沿った境界面からの距離との関係を示したものが図4である。同図から、境界近傍の塩化物イオンは、コンクリートから断面修復材へやや拡散しているが、コンクリート側では腐食発生限界量以上が維持されている状況がわかる。一方、コンクリート中の亜硝酸イオンは、境界面から鉄筋に沿って50mm奥まで3kg/m<sup>3</sup>弱から2kg/m<sup>3</sup>強の濃度となっている。同濃度は、試料の切断寸法によってもかわるため、実際の鉄筋近傍の同イオン量は、これらよりも多い可能性がある。

### 3. 3. 各イオンのモル比と鉄筋腐食抑制

亜硝酸塩系防錆剤の鉄筋腐食抑制は、塩化物イオンに対する亜硝酸イオンのモル比に関し、モル比0.6~1.0以上で有効といわれている。そこで、各イオン量と境界面からの距離との関係を図5で表してみた。境界面のモル比は1.0以上であり、50mm奥でも約0.6を示している。前述のように、実際の鉄筋近傍の亜硝酸イオン量は分析値よりも多いことを鑑みると、実際のモル比も更に高く、亜硝酸イオンが境界とその奥の鉄筋腐食抑制に有効に作用していると推察できよう。図6は、各部位の腐食面積率の経時変化であり、暴露1年目から、塗布型防錆材等によって境界部を含め鉄筋の腐食抑制を暴露初期から維持している状況がわかる。これらの状況から、境界部の鉄筋腐食抑制は、補修時の塗布型防錆材が境界部から鉄筋に沿って大量に移流し、その後は塗布型防錆材の拡散に加えて断面修復材中から防錆成分が補われて拡散したと推察できよう。

### 4. まとめ

- (1) 鉄筋腐食の広がりの評価として、局部腐食面積は有用である。
- (2) 部分断面修復の境界部の鉄筋腐食抑制には、亜硝酸塩系の塗布型防錆材の塗布が有効である。
- (3) 亜硝酸塩系の塗布型防錆材の使用に加え、部分断面修復に亜硝酸塩系防錆剤を添加した断面修復材を併用することによって、境界部の鉄筋腐食抑制がより効果的となる可能性がある。

なお、本実験は東京大学生産技術研究所との共同研究の成果の一部であり、分析に際してはリフリース工業会のご協力をいただきました。

#### 【参考文献】

- 1) 星野, 松林, 戸田, 魚本: 劣化した鉄筋コンクリート構造物の補修工法に関する研究, コンクリート工学, Vol.47, No.6, pp.28-35, 2009.6
- 2) 松林, 渡部, 三坂, 槇島, 魚本: 塩害を受けた鉄筋コンクリート構造物の部分断面修復の評価に関する一考察, 土木学会第67回年次学術講演概要集, pp.187-188, 2012.7
- 3) 渡部, 松林, 岸, 酒井: 各種仕様で断面修復した鉄筋コンクリートの補修効果に関する長期屋外暴露実験, コンクリート工学年次大会, 2013 (投稿中)

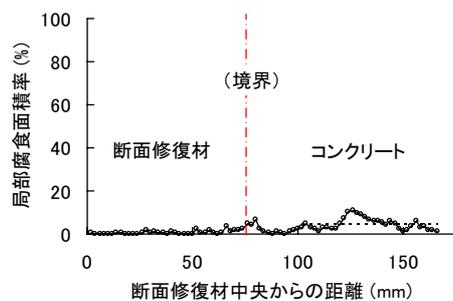


図3 鉄筋の局部腐食面積率

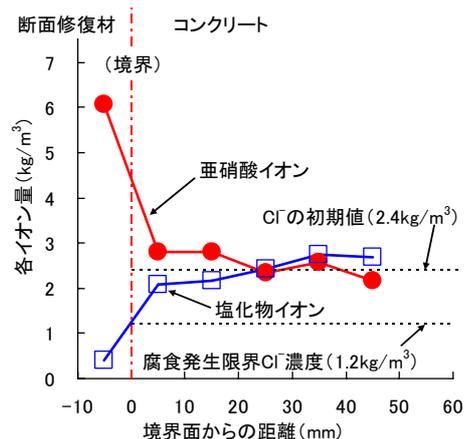


図4 コンクリートと断面修復材中の各イオン量

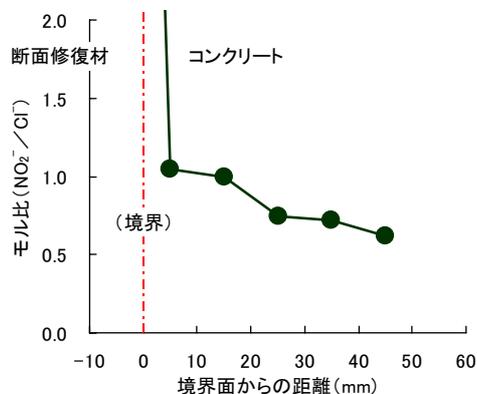


図5 コンクリートと断面修復材中のモル比

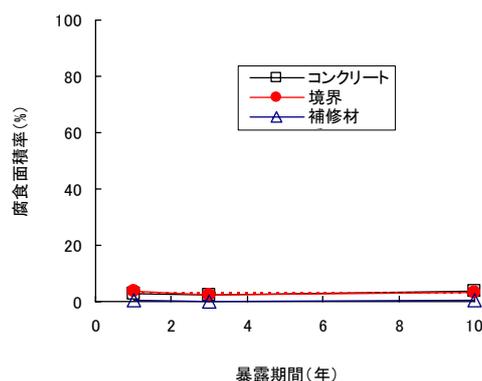


図6 鉄筋の腐食面積率