# 補修を施した鉄筋コンクリートの電気化学的測定に関する研究 (補修形状や塩化物イオン量の違いによる電気化学的特性値)

住友大阪セメント(株) 正会員 榊原弘幸 石川島播磨重工業(株) 正会員 戸田勝哉 太平洋マテリアル(株) 正会員 松林裕二 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の増加とともに、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。補修後の再劣化の原因については、補修材料の性能以外に、補修時の構造物の損傷度、補 修方法や施工の適切さなど、様々なものが考えられるが、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。そこで、実構造物において生じている劣化状況を想定し、模擬的な補修を施したコンクリート 梁の海洋および内陸暴露実験を行い、自然電位、分極抵抗・コンクリート抵抗などの電気化学的測定を行い、 鉄筋腐食挙動の検討を行った。本報告は5年計画で実施している研究の2年目の結果について取りまとめた ものである。

## 2.実験概要

実験に用いたコンクリート試験体は、図-1 に示す 150×150× 530mmの矩形梁で、かぶり深さ30mmの位置に鉄筋(SD345,D19) を2本埋め込んだものである。コンクリートには、普通ポルトラ ンドセメント、細骨材として大井川水系陸砂、粗骨材として硬質 砂岩砕石(Gmax=20mm)を使用し、水セメント比を65%、目標スラ ンプ12cm、空気量4.5%とした。練混ぜ水には上水道水を使用し、 塩化カルシウムを予め練混ぜ水に溶解して添加した(塩化物イオ ン量0,2.4kg/m<sup>3</sup>)。

海洋暴露は静岡県伊豆半島東海岸伊豆海洋公園内の暴露場で、

内陸暴露は東京大学生産技術研究所千 葉実験所の暴露場で実施した。暴露1, 3年用試験体の鉄筋端部は両端を折り 曲げ、暴露5年用試験体は片側をコン クリート梁より突出させ、反対側を折 り曲げて、暴露期間を通して同一試験 体で電気化学的測定を行った。また、

鉄筋端部の影響を排除するために両端

にエポキシ樹脂を塗布した。表-1 に示す部分補修を模擬した B 試験体、D 試験体および比較として補修を行わない E 試験体を作製した。角欠き部の断面をケレンし、ポリマーセメントペースト(ベオバ系粉末樹脂配合)を塗布した後、同じ粉末樹脂を配合したポリマーセメントモルタルを用いて湿式吹付けにより断面修復を行った。養生後、打設面側からの電気化学的測定面を開放面とするもの以外はエポキシ樹脂系プライマー塗布、パテ処理、柔軟型エポキシ樹脂中塗り材(2 層塗布)、柔軟型ウレタン樹脂上塗り材を塗装した。

電気化学的測定は、図 - 1 に示すように端部から 2~3cm 出ている鉄筋にリード線を接続し、コンクリート打設面を開放面とした方向より測定した。

キーワード:鉄筋コンクリート、補修、暴露実験、再劣化、鉄筋腐食、電気化学的測定 〒274-8601 千葉県船橋市豊富町 585 TEL:047-457-0185 FAX:047-457-7871

試験体番

믁

B-2.4(1)

B-2.4(2) D-2.4

E-2.4(1)

E-2.4(2)

A-0

B-0

E-0

試験体

のタイプ

Α

в

D

F

位置

全面

部分

(注) \*:下面のみ塗布し、上面には塗布していない



#### 図-1 試験体の鉄筋配置と測定位置

24

表面被覆材の有無

上面なし

上下面なし

-

塩化物イオン量(kg/m<sup>3</sup>)

0

-

表-1 電気化学的測定を行った試験体の種類

はつり

部分 鉄筋1/2まで40mm

補修無し

深さ

鉄筋裏まで60mm

## 3.実験結果と考察

図-2 は、補修箇所の形状の違い(B-2.4(2)とD-2.4)および塩化物イオン量 の違い(B-0とB-2.4(2))による飽和硫 酸銅電極(CSE)を用いて測定した内陸 暴露2年までの自然電位の測定結果 である。比較として補修を行っていな い試験体(E-0)の測定結果も示した。 また、図-3 は、B-2.4(2)試験体のコン クリート抵抗測定結果である。なお、 コンクリート抵抗はかぶりや面積を考 慮していない見かけの値を用いている。

いずれの試験体も暴露期間に伴い自 然電位(mV) 然電位が貴側に変化し、海洋暴露でも 内陸暴露より小さいものの同様の傾向 ĩ を示した。これはセメントの水和の進 行によりコンクリートが緻密になり、 コンクリート抵抗が高くなった結果と 考えられる。補修形状の違いでは、内陸暴露 2年で D-2.4 が B-2.4(2)よりやや貴側に変化 している。塩化物イオン量の違いでは、内陸 暴露2年で塩化物イオンを2.4kg/m<sup>3</sup>含有す る B-2.4(2)が B-0 より卑側に変化し、塩化物 イオン量の影響が顕著である。海洋暴露でも 内陸暴露より小さいものの同様の傾向を示し た。塩化物イオンを含まない未補修の E-0 と 比較すると、補修を行った試験体の自然電位 はいずれも卑側に変化し、特に塩化物イオン を含むとその傾向が強く、鉄筋が腐食しやす い傾向を示している。コンクリート抵抗は内 陸暴露より海洋暴露の方が低く、別途行った







図-3 コンクリート抵抗の変化

塩化物イオン量測定および EPMA、含水率測定結果から塩化物イオンや水の浸透による影響が考えられる。 本報告での自然電位測定結果は、かぶり 10cm での測定結果であり、補修箇所と未補修箇所に大きな変化は 見られないが、暴露1年での試験体解体調査の結果、取り出した鉄筋の補修箇所と未補修箇所の境界部分に マクロセル腐食と思われる腐食が軽微ではあるが生じていた。また、表面被覆を行っていない面から、海洋 暴露ではさらなる塩化物イオンの浸透、内陸暴露では降雨による塩化物イオンの溶出が考えられる。今後、 材齢の経過に伴って電気化学的測定結果に影響が現われると推測されるため、測定を継続する予定である。

### 4.まとめ

暴露期間を経るに伴い、自然電位は貴に、コンクリート抵抗および分極抵抗は高くなる傾向にある。補修 形状および塩化物イオン量の違いにより電気化学的測定結果に差が見られた。特に塩化物イオン量による差 は顕著である。また、海洋暴露は内陸暴露より自然電位が約 100mV ほど卑、コンクリート抵抗、分極抵抗 は低く、暴露環境の影響が見られた。