

## 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 （かぶり深さや照合電極の違いによる電気化学的特性値）

日本化成（株） 正会員○伊藤 学 東京大学生産技術研究所 正会員 星野富夫  
 （株）熊谷組 正会員 松田 敏 オリエンタル建設（株） 正会員 二井谷教治  
 前田建設工業（株） 正会員 渡部 正 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、補修材料の性能だけでなく、補修時の構造物の損傷度、補修方法や施工の適切さなど、様々なものが考えられているが、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形状を想定し、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0.24kg/m<sup>3</sup>）。

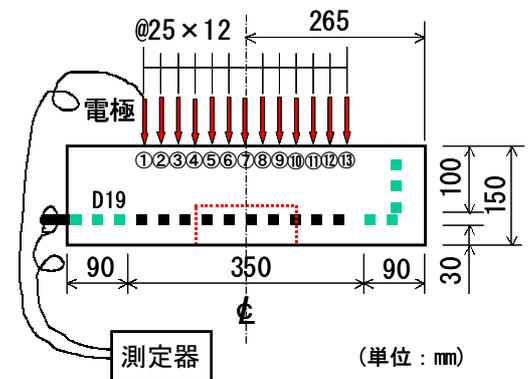


図-1 試験体の鉄筋配置と測定位置

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全面補修したA試験体、補修を行わないE試験体を作製した。

表-1 電気化学的測定を行った試験体の種類

試験体番号	試験体のタイプ	はつり		塩化物イオン量(kg/m <sup>3</sup> )		表面被覆材の有無	
		位置	深さ	0	2.4	上下面なし	上面なし*
A-0	A	全面	鉄筋裏まで60mm	—	○	○	—
B-0	B	部分		○	—	—	○
B-2.4(1)				—	○	○	—
B-2.4(2)			—	○	—	○	
D-2.4	D	部分	鉄筋1/2まで40mm	—	○	—	○
E-0	E	補修無し		○	—	—	○
E-2.4(1)				—	○	○	—
E-2.4(2)				—	○	—	○

(注) \*: 下面のみ塗布し、上面には塗布していない

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、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、コンクリート開放面より測定した（上面がコンクリート打設面）。

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

〒347-0117 埼玉県北埼玉郡騎西町大字西ノ谷 801-1 TEL:0480-70-2612 FAX:0480-70-2615

### 3. 実験結果と考察

図-2は、B型試験体の表面被覆上面無しの海洋暴露における照合電極の違いによる自然電位の変化を示したものである（ここで、SSCEは銀-塩化銀電極、CSEは飽和硫酸銅電極）。暴露期間2年の経過とともに、SSCEでは平均70mV、CSEでは平均80mV程度、貴側へ移行している。この試験体におけるコンクリート抵抗の平均は、暴露初期（1ヶ月）1.20kΩに対して、2年では、2.86kΩと約2.4倍と大きくなっていった。これは、材齢の経過に伴うコンクリートの水和反応の進行により、自然電位が貴側へ移行したと推測できる。また、電極間の差異は暴露初期で平均80mV、2年時で平均97mVであった。

図-3～6は、B型試験体の表面被覆材上下面無しでの暴露初期の結果である。図-3、4は、かぶり深さと照合電極の違いを示している。図-3は、内陸暴露での結果であり、SSCE及びCSEともに、かぶり3cmの場合には10cmのものに比べ若干貴な値を示している。電極間の差はかぶり3cmの場合で約170mV、かぶり10cmの場合で約160mVと一般的な値より大きい。また、かぶり3cmの場合には、SSCE及びCSEともに測定箇所間における変動が認められた。図-4は、海洋暴露での結果であり、電極間の差は、かぶり3cm及び10cmともに約150mVと内陸暴露のものよりも小さい。

SSCE及びCSEともに、かぶり3cmの自然電位が貴な値を示しており、補修箇所においてより貴な値を示している事がわかる。また、内陸暴露同様に測定箇所間における変動がかぶり10cmの場合より大きい。

図-5、6は、前述の試験体についてのコンクリート抵抗と分極抵抗の変化を示したものである（このコンクリート抵抗と分極抵抗の値については、かぶりや面積については考慮していない）。図-6に示す海洋暴露の試験体では、図-5に示した内陸暴露の値よりもコンクリート抵抗および分極抵抗ともに補修部分を除けば、50～80%程度の小さい値となっている。これは海洋飛沫帯といった塩化物イオンを常に含んだ水分が継続供給されるといった環境の影響により、コンクリート抵抗や分極抵抗が小さくなったと考えられる。その結果、海洋暴露の自然電位が内陸暴露より100mV程度卑の値を示したものと思われる。そして、かぶり3cmの場合、補修部分に対応して顕著な値を示しているが、このことは、一般的にポリマーセメント系断面修復材が、コンクリートよりも抵抗値が高いこととも合致する。このように、かぶりが浅い方が鉄筋近傍の状態を局部的に捉えていると考えられ、かぶりが深い場合は、鉄筋の腐食状況を全体的に捉えていると推測できる。

### 4. まとめ

補修を施した鉄筋コンクリートの電気化学的性状は様々な要素があり、複雑に変化すると考えられる。今回、暴露初期ではあるが、かぶり深さによる電気化学的特性値に挙動の違いが確認できた。今後、電気化学的特性値とかぶり深さの影響および鉄筋の腐食挙動の関係について検討を継続していく予定である。

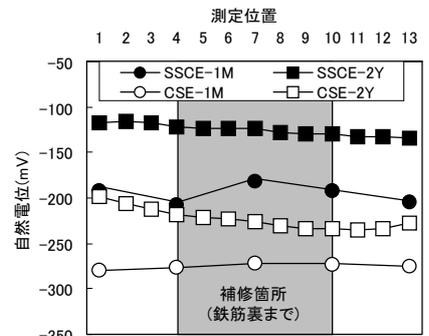


図-2 照合電極の違いによる自然電位の変化 [海洋暴露/B-2.4(2) かぶり10cm]

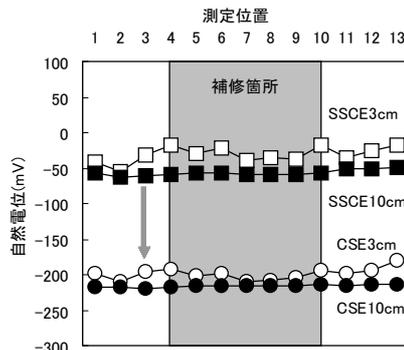


図-3 かぶり深さおよび照合電極の違いによる自然電位の変化 [内陸暴露/B-2.4(1)]

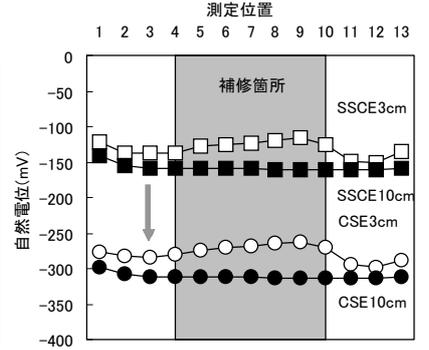


図-4 かぶり深さおよび照合電極の違いによる自然電位の変化 [海洋暴露/B-2.4(1)]

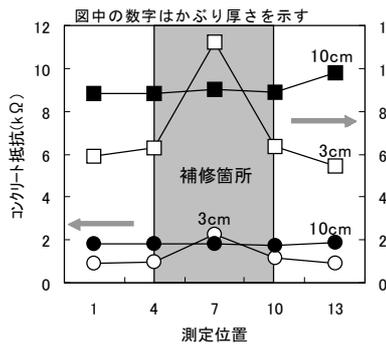


図-5 かぶり深さおよび照合電極の違いによる自然電位の変化 [内陸暴露B-2.4(1)]

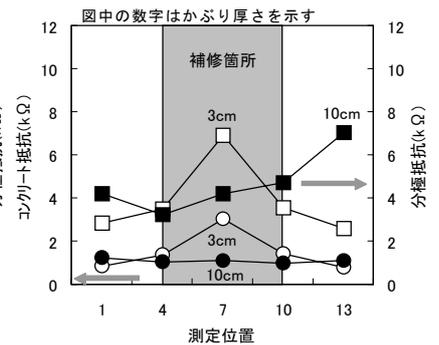


図-6 かぶり深さおよび照合電極の違いによる自然電位の変化 [海洋暴露B-2.4(1)]