

補修を施した鉄筋コンクリート試験体の自然電位と腐食に関する研究

西松建設(株) 正会員○松浦 誠司 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 オリエンタル建設(株) 正会員 二井谷教治
芝浦工業大学 正会員 勝木 太 東京大学生産技術研究所 F 会員 魚本 健人

1. はじめに

著者らは、塩害で劣化した鉄筋コンクリート構造物を補修した後、再劣化が生じる原因究明と対策提案を目的とし、東京大学生産技術研究所と民間 16 社の共同研究「劣化したコンクリート構造物の補修工法に関する研究」として、模擬的な補修を施した鉄筋コンクリート梁の海洋および内陸曝露実験を 5 年計画で実施している。本報は、3 年目までの成果について自然電位と鉄筋腐食挙動の検討した結果を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（図-1）は、150×150×530mm の矩形梁で、下面からのかぶり深さ 30mm（上面からは 100mm）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碎石（Gmax=20mm）を使用し、水セメント比 65%、目標スランプ 12cm、目標空気量 4.5%とした。練混ぜ水には上水道水を使用し、初期塩分として塩化カルシウムを練混ぜ水に溶解して添加した。試験体の種類を表-1 に示す。

曝露 1, 3 年に解体した試験体の鉄筋は、両端を折り曲げて配置した。自然電位測定用試験体は、鉄筋の片側を折り曲げ、反対側をコンクリート梁より突出させたものであり、曝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。

断面修復部は、プライマーとして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。

海洋曝露は伊豆海洋公園内（静岡県伊東市）の曝露場で、内陸曝露は東京大学生産技術研究所千葉実験所（千葉市稲毛区）の曝露場で実施した。

自然電位の測定（図-1）は、端部から 20～30mm 出ている鉄筋をエポキシ樹脂を除去した後、リード線を接続し、試験体上下面のうち、表面被覆を行っていない面から測定した。上面から測定する場合、かぶりは 100mm、下面から測定する場合はかぶりは 30mm となる。測定は 1, 6 ヶ月、と 1 年以降は 1 回/年の頻度で行った。

3. 実験結果と考察

上下面に表面被覆を行っていない試験体の自然電位を、かぶり 30mm 側と 100mm 側からそれぞれ測定した結果

キーワード 鉄筋コンクリート, 補修, 曝露, 再劣化, 鉄筋腐食, 自然電位

連絡先 〒242-8520 神奈川県大和市下鶴間 2570-4 TEL.046-275-0286 FAX.046-275-6796

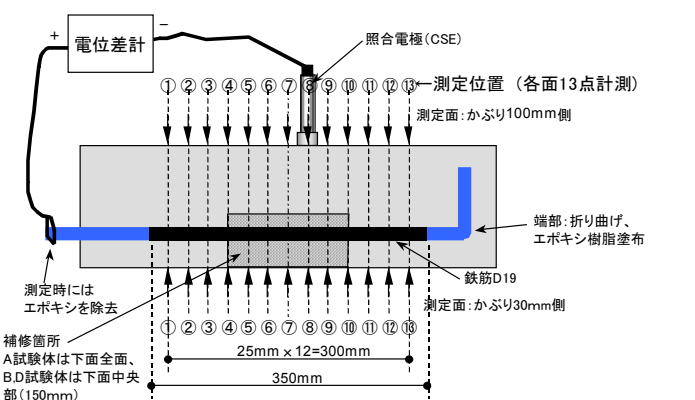


図-1 供試体形状および自然電位測定位置

表-1 電気化学的測定を行った試験体の種類

試験体 記号	断面修復部			初期 塩分量 (kg/m ³)	上下面の 表面被覆材	曝露 期間
	記号	位置	深さ			
A-0	A	下面全面	60mm 鉄筋裏まで	0	なし	1
B-0				0	下面のみ	3
B-2.4(1)	B	下面中央	鉄筋裏まで	2.4	なし	1
B-2.4(2)				2.4	下面のみ	3
D-2.4	D	下面中央	40mm 鉄筋1/2まで	2.4	下面のみ	3
E-0	E	補修なし		0	下面のみ	3
E-2.4(1)				2.4	なし	1
E-2.4(2)				2.4	下面のみ	1

果を図-2に示す。この図において、1つの面の測定値（計13点）を平均したものをその面からの値として示している。かぶり30mm側からと100mm側からの値はほぼ等しく、各測定値の平均値はどちらの面から測っても同様な値が得られた。

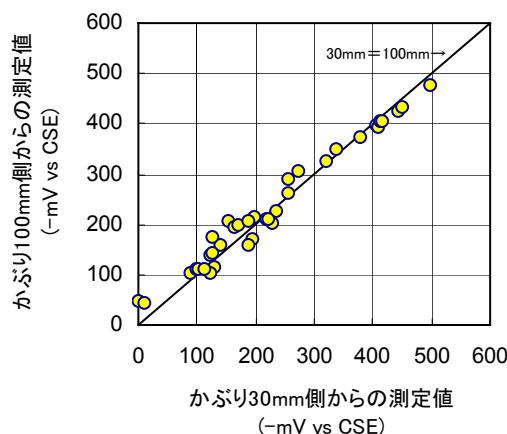


図-2 かぶりの違いによる自然電位の比較

曝露1年後の試験体の自然電位の分布と鉄筋の腐食状況の例を図-3に示す。この鉄筋ではマクロセルによると推定される部分腐食が発生しているが、かぶり30mm側からの測定の結果、腐食位置近辺では自然電位が卑になる傾向がみられた。一方、かぶり100mm側からの測定値は測定位置による差がなく、ほぼ一定の値となった。このことから、かぶり30mm側からの測定では測定位置近傍の鉄筋の腐食状況を局所的に捉えられるが、かぶり100mm側からでは局所的な腐食の位置を把握できないと考えられる。

3年まで曝露した試験体の曝露期間と自然電位（かぶり100mm側の面）の関係を図-4に示す。かぶり100mm側からの測定値は、測定位置（図-1参照）に関わらず、いずれの試験体も図-3のようにほぼ一定であったため、以降、自然電位の測定値は各測定点の平均値で表す。

いずれの試験体も材齢2年までは、曝露期間が進むにつれて自然電位が貴となった。これは、あわせて測定したコンクリート抵抗も大きくなっていったことから、セメントの水和が進行し、コンクリートが緻密になること等の影響があると考えられる。曝露条件の違いでは、内陸曝露よりも海洋曝露の方が卑となった。これは海洋曝露試験体は海水飛沫がかかるため、塩分の供給があり、含水率も高いことが一因として考えられる。また、初期塩化物イオン量が多いほど卑となった。

自然電位（かぶり100mm側の面）と鉄筋の腐食面積率の関係を図-5に示す。曝露条件および曝露期間が同じ試験体は、自然電位が卑であるほど腐食面積率が大きくなった。

一方、曝露条件および曝露期間が異なると、自然電位と腐食面積率の傾向が異なることから、自然電位は、含水率やコンクリートの抵抗など、鉄筋の腐食環境以外の因子にも左右されている可能性も考えられる。

4. まとめ

模擬的な補修を施した鉄筋コンクリート梁の試験体を海洋および内陸環境下に曝露し、自然電位および鉄筋の腐食状況について検討した。その結果、本研究の範囲内ではあるが、かぶりの差による自然電位の測定値の違いや、曝露期間中の自然電位の変化、自然電位と鉄筋の腐食状況の関係を確認することができた。実験は現在も継続中であり、今後得られた結果についても随時報告する予定である。

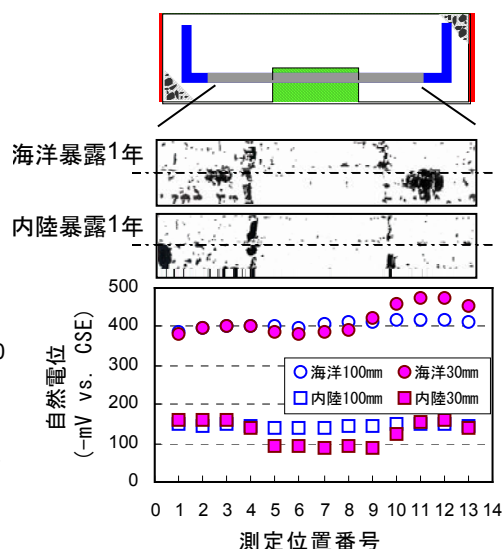


図-3 自然電位の分布と腐食状況の例 (B-2.4(1))

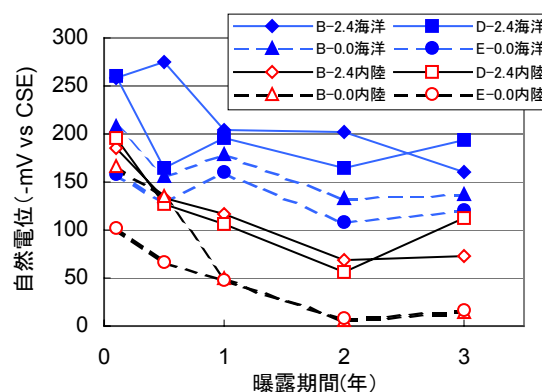


図-4 曝露期間と自然電位

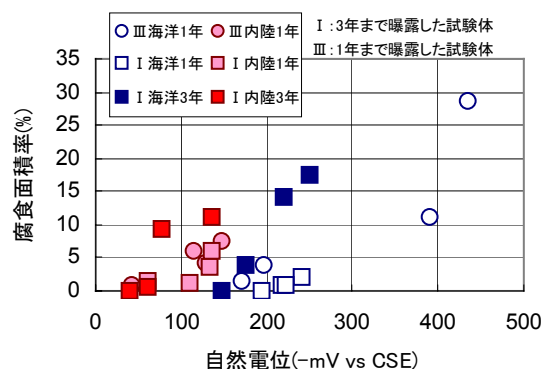


図-5 自然電位と腐食面積率