

交流インピーダンス法を用いた中性化と塩害の複合劣化を受けるコンクリート中にある鉄筋の腐食速度に関する研究

（株）四国総合研究所 正会員 ○横田 優 香川大学工学部 正会員 松島 学
 （財）鉄道総合技術研究所 正会員 佐々木孝彦 同 左 正会員 飯島 亨

1. はじめに

中性化や塩害など鉄筋腐食劣化を受けるコンクリート構造物の劣化予測を行うためには、コンクリート中の鉄筋の腐食速度評価が必要不可欠である。本論文は、中性化と塩害の複合劣化を受けるコンクリート構造物を想定して、初期混入塩分量と水セメント比が異なる鉄筋コンクリート供試体を促進中性化させた時の腐食速度の変化を電気化学的手法である分極抵抗法を用いて測定検討した結果について報告するものである。

2. 実験概要

実験には図-1に示す鉄筋コンクリート供試体を用いた。かぶり 20 および 45mm の位置にそれぞれ 2 本ずつ黒皮付き鉄筋 (D13, SD295A) とステンレス丸鋼 ($\phi 13$, SUS304) を配置した。長さはいずれも 240mm あるが、中央の 120mm を試験区間 (表面積 49.0cm²) とし、両側はエポキシ樹脂で塗装した。コンクリートは水セメント比 (W/C : 50, 60, 65, 70%) 4 種類と初期混入塩化物量 (Cl⁻ : 0, 1.2, 2.0, 5.0 kg/m³) 4 種類の計 16 配合とした。W/C 50% および 60% の配合を表-1 に示す。スランプおよび空気量はそれぞれ 12 \pm 2cm、4.5 \pm 1% に調整した。また、W/C 65% および 70% のコンクリートは、W/C 60% の配合に加水し W/C を調整した。

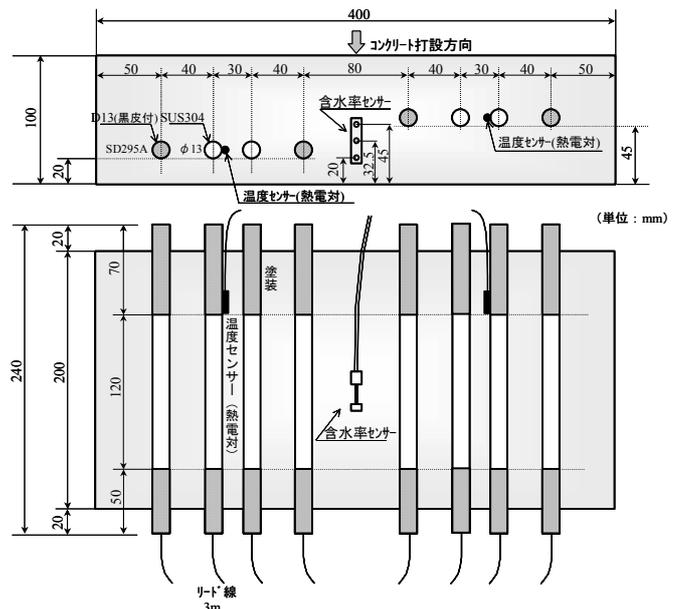


図-1 鉄筋コンクリート供試体

表-1 コンクリートの配合

W/C (%)	S/a (%)	単位量 (kg/m ³)			
		W	C	S	G
50	43	165	330	778	1039
60	45	165	275	835	1028

C : 普通ポルトランドセメント, S : 細骨材 (洗い海砂、砕砂), G : 粗骨材(砕砂)

供試体はコンクリートを打設した翌日に脱型し、コンクリート打設下面を試験面にして残り五面をエポキシ樹脂で塗装した後、温度 20℃、相対湿度(RH) 60%の恒温恒湿室内で 3 ヶ月間気中養生した。その後、温度 20℃、RH60%、炭酸ガス濃度 5%の条件下で促進中性化を行った。各供試体の中性化の進行具合は、上記供試体と同様に作製した寸法 100×100×400mm の角柱供試体を端から定期的に割裂して調べた。中性化部は割裂面にフェノールフタレイン 1%エタノール溶液を噴霧して赤紫色に着色しない部分とした。

促進中性化 10 週目以降、定期的に腐食速度と反比例の関係にある分極抵抗の測定を行った。鉄筋を試料極、対向するステンレス丸鋼を対極として、10Hz と 20mHz の 2 周波数の交流インピーダンス値から見かけの分極抵抗 R_p' (Ω) を求め¹⁾、それに鉄筋の表面積 49.0cm² を掛けて真の分極抵抗 R_p (Ω cm²) とした。腐食速度は、これを式(1)に代入して腐食電流密度 I_{corr} (A/cm²) を求め、さらにファラデーの第 2 法則から年間当りの単位表面積当りの腐食減量 (mg/cm²/年) に換算した。結果は 2 本の鉄筋の平均値で整理した。なお、得られた値は鉄筋全表面積当りの平均腐食速度である。

$$I_{corr} = K / R_p, \quad K: \text{定数} (=0.026V) \dots (1)$$

キーワード：鉄筋コンクリート、腐食速度、温度、湿度、分極抵抗、中性化残り、塩害

連絡先：高松市屋島西町 2109 番地 8 (〒761-0192) Tel : 087-844-9215 Fax : 087-844-9235

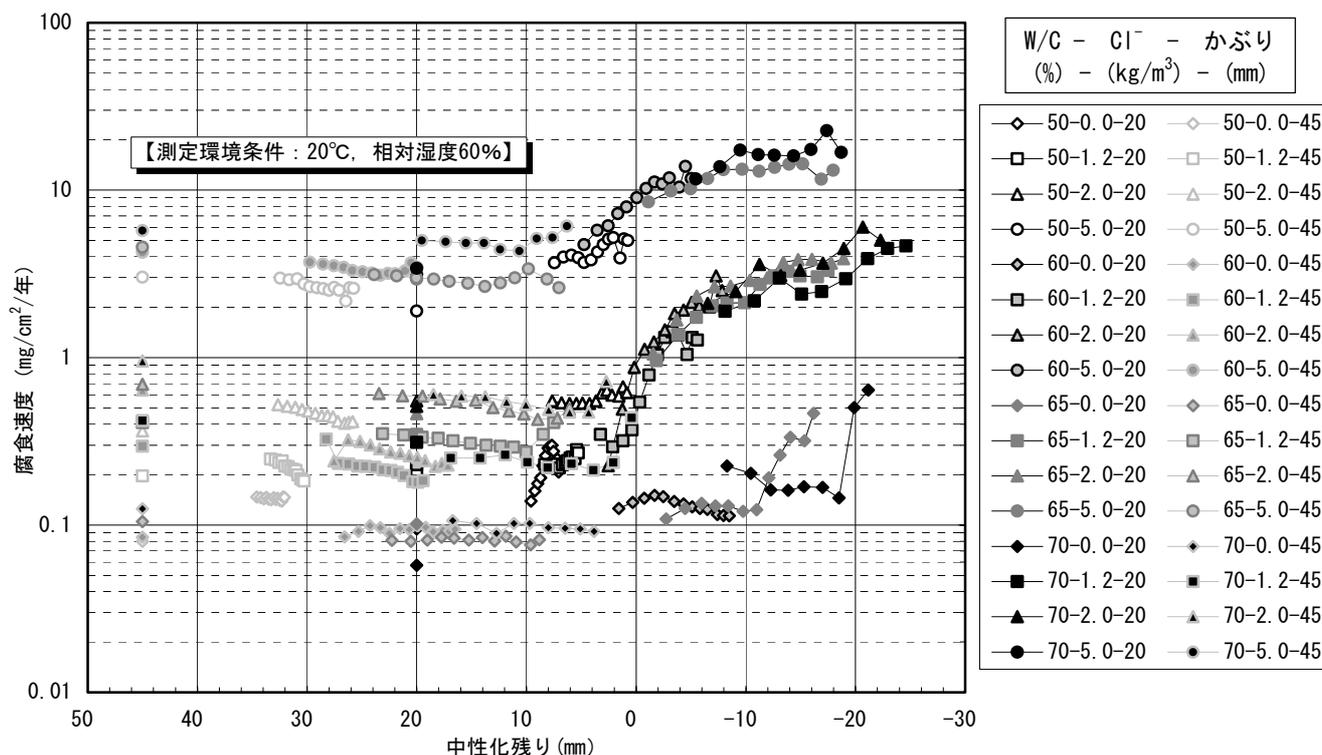


図-2 温度 20°C、RH60%の環境下での中性化残り と鉄筋 (D13) の腐食速度との関係

3. 結果および考察

図-2 に 20°C、RH60%の環境下でのかくぶり 20、45mm の鉄筋の中性化残り と腐食速度との関係を示す。

塩化物量が多い供試体ほど腐食速度は大きい、いずれの供試体も中性化の進行に伴い、3 段階に腐食速度が変化することがわかる。第 1 段階は中性化進行の影響が認められない腐食速度が一定の期間である。腐食速度を決定している要因は初期混入塩化物量と W/C であり、塩化物量が多いほど、W/C が大きいほど腐食速度は大きい。この段階の腐食速度は内在塩分による塩害単独劣化の腐食速度に相当する。第 2 段階は中性化の進行に伴う pH 低下および中性化に伴う表層部塩化物イオンの内部への移動・濃縮などの影響が鉄筋の表面側に到達し腐食速度が急激に増加する期間である。この腐食速度の増加傾向は、pH 低下や塩化物イオンの移動・濃縮などの影響範囲が鉄筋の奥側に達するまで継続しているものと推察される。第 2 段階が始まる中性化残りは塩化物量が多いコンクリートほど大きい傾向が認められる。たとえば塩化物量が 0 kg/m³ の場合、腐食速度の増加が認められる中性化残りは 0mm であるが、5kg/m³ の場合の中性化残りは約 10mm である。第 3 段階は、第 2 段階で述べた腐食要因による影響が鉄筋の奥側よりもさらに深部にまで及んでいる段階で、第 2 段階ほどではないが、引き続き腐食速度が増加する期間である。腐食速度増加の主な原因は中性化の進行に伴う更なる pH 低下が考えられる。この段階の腐食速度は塩害と中性化の複合劣化による最終段階の腐食速度に相当する。鉄筋裏側まで中性化した時の、たとえば、中性化残り -20mm の時の腐食速度は内在塩分による塩害単独劣化の腐食速度よりも 5~20 倍ほど大きい。

4. まとめ

温度 20°C、相対湿度 60%の環境下における、W/C 50~70%の 4 種類、塩化物量 0~5kg/m³ の 4 種類、計 16 種類のコンクリート供試体中に埋設されたかくぶり 20 および 45mm の鉄筋について、中性化の進行に伴う腐食速度の変化を実験から明らかにすることができた。

今後は、温度や湿度がコンクリート中の鉄筋の腐食速度に及ぼす影響について調べる予定である。

参考文献

1)横田優：建設後 36 年経過した RC 造開水路側壁の腐食モニタリング結果について、コンクリート工学年次論文報告集、Vol.20、No.1、pp.185-190、1998.6