

中性化による鉄筋腐食に対する自然電位法の適用性に関する実験的研究

京都大学 学生会員 高木 猛志 (株)アール・エス 正会員 中川 元宏
 京都大学 正会員 服部 篤史 京都大学 フェロー 宮川 豊章

1. 研究目的 自然電位法による鉄筋腐食状態の評価には様々な規格、提案があるが、中性化による鉄筋腐食への適用性については必ずしも定かではなく、さらなる検討が必要である。本研究では中性化による鉄筋腐食状態を自然電位により推定する場合の問題点を明らかにすることを目的として促進中性化下の各種RC供試体を用いて実験を行った。

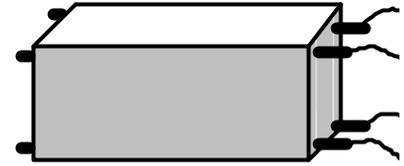


図 2.1 供試体図

2. 実験概要 供試体は、図 2.1 に示す 100×100×200mm の角柱とした。試験要因を表 2.1 に示す。塩分は、NaCl を打設時の練混ぜ水に混入して外割で与えた。材令 1 日で脱型し、28 日まで水中養生を行った。その後、温度 30℃、CO₂ 濃度 5%、RH55% で 8 週間促進中性化を行い、促進期間中の 1 週毎に自然電位 (vs Ag/AgCl) および分極抵抗 (2 周波交流法) を、また 8 週で目視による腐食状態、腐食減量および中性化深さを測定した。自然電位および分極抵抗の測定は、中性化槽より取出した状態で行った。

表 2.1 試験要因

要因 シリーズ	W/C (%)	かぶり (cm)	Cl ⁻ (kg/m ³)	環境条件
70-1-0 (自)	70	1	0	自然放置
70-1-3 (自)	70	1	3	自然放置
70-1-0	70	1	0	中性化槽
70-1-0.3	70	1	0.3	中性化槽
70-1-3	70	1	3	中性化槽
70-2-0	70	2	0	中性化槽
55-1-0	55	1	0	中性化槽
55-1-0.3	55	1	0.3	中性化槽
55-1-3	55	1	3	中性化槽
55-2-0	55	2	0	中性化槽

3. 結果および考察

3.1 自然電位と腐食状態の関係

実測の自然電位と腐食度の関係および中性化深さを図 3.1 の横軸に示す。縦軸の右に示す腐食度と自然電位の関係は、塩害を主因とする鉄筋腐食を表面含水率 6% 以上で測定した自然電位 (I) により求められた例である。図 3.1 より、実測の腐食度、の境界が -10 ~ -20mV 程度と、縦軸の腐食度の境界

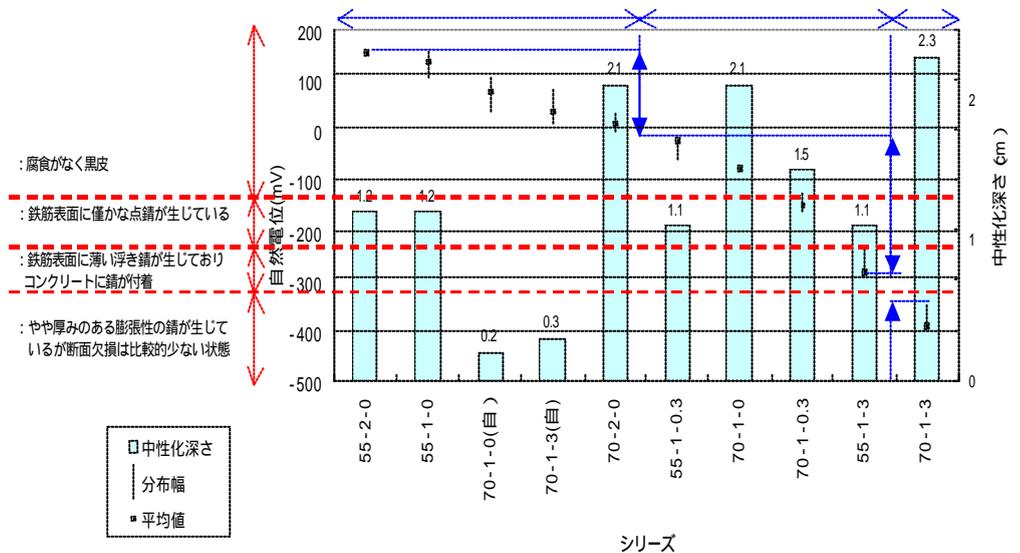


図 3.1 自然電位と鉄筋腐食度

より 100mV 程度貴であり、既往の研究結果^[2]と同じ傾向を示す。これは、塩分を含まない場合はかぶりコンクリートでの電位降下が大きいことが原因であると考えられる。塩分量による自然電位の相違は、ともに腐食度である 70-1-0 (自) と 70-1-3 (自) の比較においても認められる。また、自然電位測定時の表面含水率が 4% 程度と低い状態で測定したために貴な電位を示した可能性もあるが、塩分を 3kg/m³ 含む 55-1-3 と 70-1-3 による実測の腐食度、の境界が縦軸よりも卑であることから、表面含水率の低さが貴な値を示した主因ではないと考えられる。したがって、中性化による鉄筋腐食は既往の判定基準よりも貴な電位で始まるものと推定される。なお、塩分を含まない 55-1-0 と 70-1-0 では、中性化がかぶりより深く進行してい

キーワード：鉄筋腐食、自然電位、中性化、分極抵抗

連絡先：〒606-8501 京都市左京区吉田本町 TEL：075-753-5102 FAX：075-752-1745

でも腐食しておらず既往の研究結果と同じ傾向を示す^[3]が、55-1-0.3 と 70-1-0.3 では、中性化深さはそれぞれ塩分を含まない場合より小さいものの腐食しており、設計限界値内でも塩分が含まれている場合は、中性化が進行すると塩分が影響を与えるものと考えられる。

3.2 分極抵抗による腐食減量の推計 分極抵抗 (R_p) と腐食電流 (I_{corr}) の関係式 ($I_{corr} = K / R_p$) で $K=0.026$ とし、ファラデーの第2法則を適用した式 1 により推計した腐食減量 (W) と実測減量との関係を図 3.2 に示す。

$$W = M / (2 \cdot Fa) (K / R_p) dt \quad (式 1)$$

ここに、 $M:Fe$ の原子量、 $Fa:ファラデー$ -定数

個々の推計値と実測値の差は大きく、腐食度、 $W_{推計}$ では推計値の増加に伴い腐食度が大きくなる傾向が認められる。腐食度および $W_{実測}$ でも鉄筋の腐食減量がわずかであったため、ミルスケールによる誤差の影響が卓越したものと考えられる。しかし、平均的には推計値と実測値が近い値を示しているため、中性化による鉄筋腐食に対しても $K = 0.026$ を適用できる可能性が高いと考えられる。

3.2 自然電位と分極抵抗 8週における、自然電位 (E) と分極抵抗の逆数 ($1/R_p$) および自然電位 (E) と分極抵抗の逆数の時間積分値 ($(1/R_p) \cdot t$) の関係を、それぞれ図 3.3、図 3.4 に示す。図 3.3 より、腐食度 $W_{推計}$ では自然電位が卑になると $1/R_p$ が大きくなる傾向が認められる。腐食度 $W_{実測}$ では、 $1/R_p$ に関わらず自然電位はほぼ一定である。図 3.4 では、腐食度 $W_{推計}$ は図 3.3 と同じ傾向を示すが、腐食度 $W_{実測}$ は図 3.3 のような明瞭な傾向が認められない。また、腐食度 $W_{推計}$ ではいずれの図においても、傾向が認められない。腐食がわずかな状態では、分極抵抗の把握が難しいことから、腐食度 $W_{推計}$ および図 3.4 の腐食度 $W_{実測}$ では傾向が認められなかったものと考えられる。

4 . 結論 以下に、本研究の範囲内で得られた結論を記す。
 ・中性化を主因とする場合、塩害による基準より貴な自然電位で鉄筋腐食が始まるものと考えられる。したがって、中性化による鉄筋腐食状態を自然電位で評価するためには、基準の補正等が必要である。

・腐食減量の推計値と実測値は、平均的には概ね一致し、中性化による腐食においても $K=0.026$ が適用できる可能性が高いと考えられる。しかし、腐食減量がわずかであり、個々の推計値と実測値にはばらつきが大きかったため、今後、腐食が進んだ段階での実験による確認が必要である。

・自然電位と分極抵抗には、腐食度 $W_{推計}$ および $W_{実測}$ で関係が認められた。今後は、コンクリートの含水率、コンクリート抵抗などを含めた分析を継続する予定である。

参考文献^[1]立松英信、佐々木孝彦、高田潤：塩害による鉄筋腐食の診断と抑制に関する研究、コンクリート工学論文集第 11 巻第 2 号 2000 年 5 月

[2]小寺満、土田伸治：自然電位法に影響する要因と鉄筋腐食に関する実験的研究、土木学会第 53 回年次学術講演概要集

[3]佐伯竜彦、大即信明、長瀧重義：中性化によるモルタル中の鉄筋腐食の定量的評価、土木学会論文集、No.532/V-30 1996

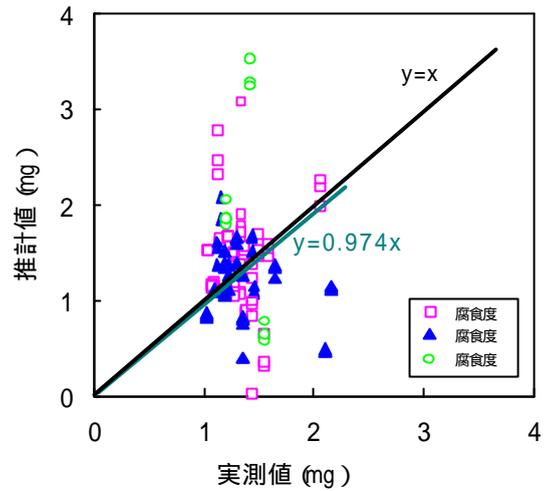


図 3.2 腐食減量

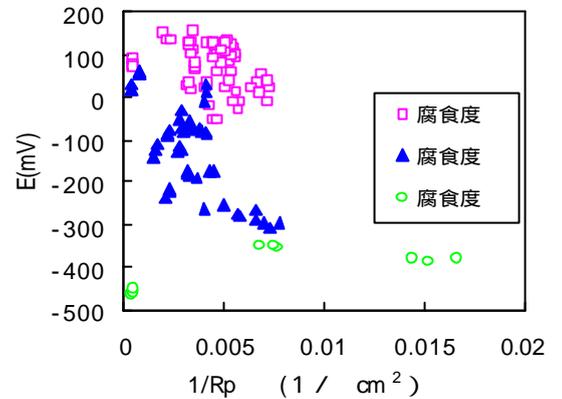


図 3.3 E - 1/Rp 関係

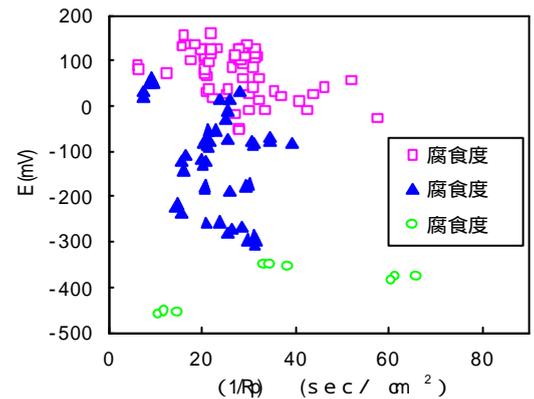


図 3.4 E - (1/Rp) 関係