第 5 部門　　中性化下の鉄筋腐食モニタリングに与える表面含水率の影響

京都大学　○学生員　生田周史　正会員　中川元宏
京都大学　正会員　山本貴士　正会員　服部篤史　フェロー　宮川豊章

1　目的

本研究では、促進中性化下の鉄筋コンクリート供試体を用いて分極抵抗およびコンクリート抵抗等の測定を行い、測定時の散水が与える影響および分極抵抗とコンクリート抵抗の関係を把握するとともに、K 値の推定を行った。

2　実験概要

供試体は、図 1 に示す 100×100×200mm の角柱とした。中性化面を限定するために、上下面以外はパテ処理を行った。実験要因を表 1 に示す。かぶりは同一供試体内で変え、塩分は打設時に内割で混入した。なお、鉄筋の黒皮はあらかじめ除去した。28 日間の水中養生後、温度 30℃、CO_2 濃度 5%、55%RH で促進中性化を行い、1 週間ごとに分極抵抗（2 周波交流法：10Hz、20mHz）、コンクリート抵抗および自然電位を、2 週目では加えて交流インピーダンス法（10Hz～1mHz）により分極抵抗を測定し、更に 2、3 週目では鉄筋をはつりだし、目視により腐食状態を確認して、腐食減量および中性化深さを測定した。なお、3 週目までに腐食ひび割れは発生していない。

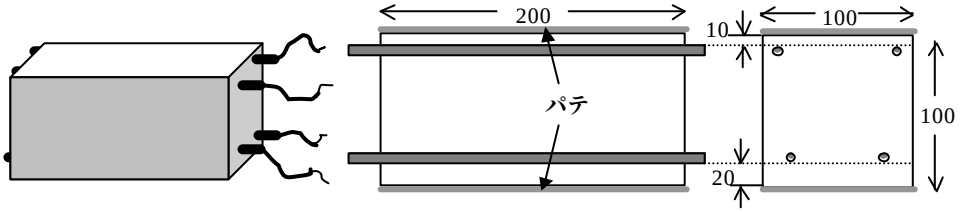


図 1　供試体形状(単位 mm)

表 1　実験要因

要因	設定値
W/C（%）	55、60、70
Cl^-（kg/m³）	0、1.2、3.0
かぶり（mm）	10、20
環境	促進中性化

3　実験結果および考察

3.1　中性化深さ

各要因における中性化深さを図 2 に示す。また、中性化深さ（mm）が$\sqrt{t}$（t：年）に比例するとした際の中性化速度係数 b を表 2 に示す。

水セメント比が大きいほど中性化深さは大きくなっていたが、塩分量による相違は見られなかった。中性化による腐食は一般的に均一腐食だと言われているが、鉄筋の腐食状態を見たところ、塩分を含む供試体では部分腐食のものが多く見られた。中性化のみによる腐食ではなく、塩害の影響も含む腐食状態であるとみられる。

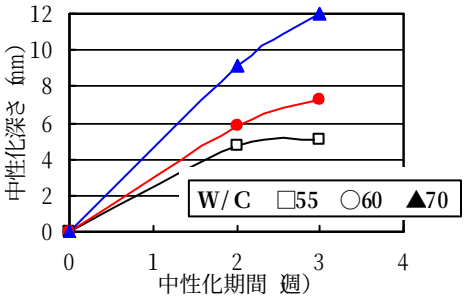


図 2　中性化深さ

表 2　中性化速度係数 b

W/C	b
55	22.43
60	30.12
70	48.63

3.2　表面含水率変化に伴う分極抵抗およびコンクリート抵抗の関係

中性化槽から取り出した状態、霧吹きによる十分な散水後 1 分間放置した状態、水を十分含ませたスポンジで覆い 1 時間放置した状態の 3 通りの方法で表面含水率を変え、分極抵抗（Rp）およびコンクリート抵抗（Rs）を測定（2 周波交流法）した結果を図 3 に示す。これらの方法による表面含水率はそれぞれ 4%、5%、6%程度であった。なお、分極抵抗、コンクリート抵抗はそれぞれ逆数値で整理した。

ばらつきがあり、表面含水率 5%では明確でないものの、右上がりの関係が見られる。したがって、分極抵抗より短時間で測定できるコンクリート抵抗を分極抵抗推定に利用できる可能性があると考えられる。ま

キーワード　分極抵抗、コンクリート抵抗、表面含水率、中性化深さ、K値
連絡先　〒606-8501　京都市左京区吉田本町　TEL：075-752-5102　FAX：075-752-1745

た、表面含水率の上昇に伴いコンクリート抵抗が減少しているが、特に塩分の多い方が大きく減少していることがわかる。したがって、表面含水率を変えてコンクリート抵抗を測定することで、塩分含有量を推定できる可能性がある。

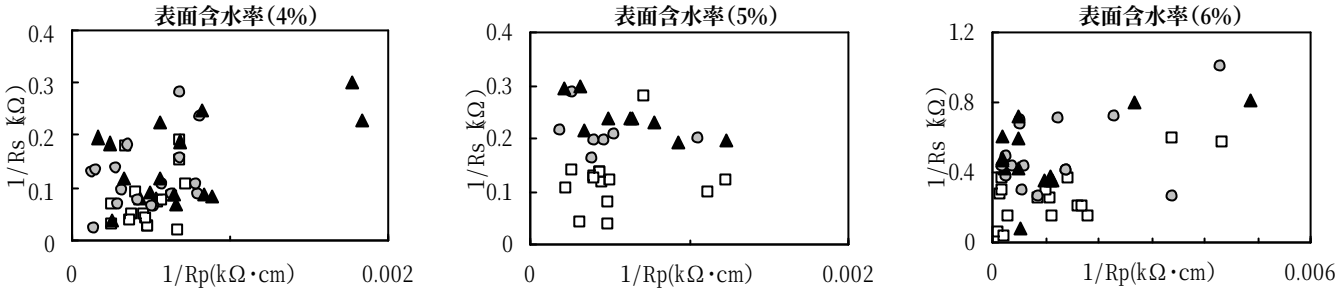


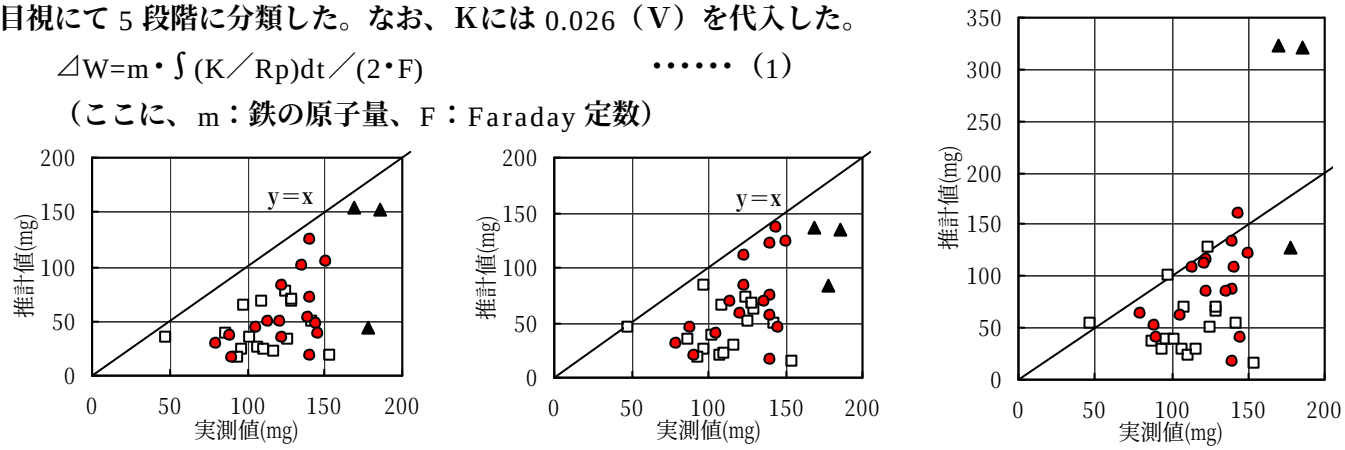
図 3　表面含水率に伴う分極抵抗とコンクリート抵抗の関係（かぶり 20mm）

3.3　腐食減量と K 値の推定

図 3 に示すように、表面含水率の上昇に伴い、分極抵抗は減少しているため、どの表面含水状態での分極抵抗が実際の腐食状態に近いのか検討した。Faraday 第 2 法則を適用した式（1）により分極抵抗から推計した腐食減量（⊿W）と実測での腐食減量との関係の一例を図 4 に示す。腐食度の判定は文献[1]をもとに、目視にて 5 段階に分類した。なお、Kには 0.026（V）を代入した。

$$\Delta W = m \cdot \int (K / Rp)dt / (2 \cdot F) \quad \cdots\cdots (1)$$

（ここに、m：鉄の原子量、F：Faraday 定数）



（表面含水率 4%、K＝0.026V）　（表面含水率 5%、K＝0.026V）　（表面含水率 6%、K＝0.026V）

図 4　腐食減量の推計値と実測値

表 3　腐食度とK値の関係

腐食度	K値
Ⅰ	0.073
Ⅱ	0.051
Ⅲ	0.022

表面含水率 6%での分極抵抗値を代入したものが、一番実測値に近い値となった。しかし、推計値に比べ実測値はやや大きい。別途実施した交流インピーダンス法による結果との比較より、2 周波交流法では分極抵抗が過大評価、つまり腐食速度が過小評価されて、推計値が小さく見積もられたものと考えられる。

また、表面含水率 6%において、実測値と推計値が等しくなるように K 値を計算した結果を表 3 に示す。腐食度が大きくなるにつれK値は小さくなり、腐食状態によりK値を変える必要があると考えられる。

4　結論

促進中性化環境下における実験結果より、以下のような結論を得た。

①短時間で測定可能なコンクリート抵抗から分極抵抗を推定できる可能性がある。②塩分を含む方が、表面含水率上昇に伴うコンクリート抵抗の減少が顕著に見られた。③2 周波交流法では分極抵抗を過大評価、つまり腐食速度を過小評価している可能性が高い。④散水して、表面含水率を上げて測定された分極抵抗から推計される腐食減量が実測に近い値となった。⑤K値は腐食の状態により変える必要があると考えられる。

参考文献

・土木学会：鉄筋腐食・防食および補修に関する研究の現状と今後の動向～コンクリート委員会腐食防食小委員会報告～，コンクリート技術シリーズ No.26，pp.113～145，1997.12