

ターフェル外挿法により評価される腐食速度に及ぼす掃引速度の影響

(株)ナカボーテック 正会員 ○板屋 隼人 正会員 大谷 俊介 若林 徹 望月 紀保

1. 目的

干満部を含む大気中のコンクリート構造物に対する電気防食は、100 mV の復極量があるか否かによって防食状態を確認している。しかしながら、湿潤な状態にあるコンクリート構造物は、鉄筋表面への溶存酸素の供給速度が小さいために大気中にもかかわらず 100 mV の復極量が得られない場合もある。著者らは、復極量 100 mV 未達時における鉄筋の防食状態は、電気防食適用下の腐食速度から評価が可能になると考え、考案した方法をモルタル中鉄筋に適用し、その妥当性を検討した¹⁾。当該評価法はターフェル外挿法により鉄の腐食反応の内部分極曲線を評価し、電気防食適用下の腐食速度を推定する手法である。この時、評価される分極曲線は測定時の電位掃引速度に大きく依存するため、精度良く評価を行うためには最適な掃引速度を検討する必要がある。本試験では、電気防食適用下の腐食速度を評価するための最適な掃引速度を検討した。

2. 試験方法

(1) 試験体

図 1 にコンクリート試験体の概要を示す。普通ポルトランドセメントを使用し、水セメント比 70%、塩化物イオン濃度 15 kg/m³ として作製した。試験体の形状は 100×100×200 mm とし、鉄筋はφ13 mm みがき丸鋼を用い、供試面積が 44.9 cm² になるように端部を被覆し、試験体の中央(かぶり 43 mm 位置)に設置した。陽極には複合酸化物電極を用いた。試験体は、材齢 28 日まで湿布養生を行い、その後 3% NaCl 水溶液中で 2 日浸漬・5 日乾燥を 1 サイクルとする腐食促進養生を 35 サイクル行い試験に供試した。

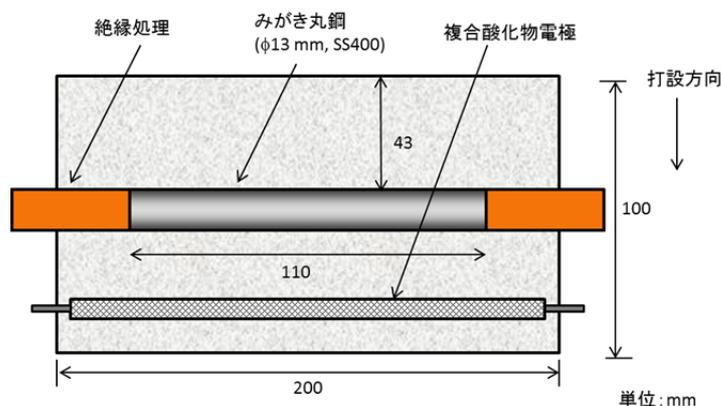


図 1 コンクリート試験体概要

(2) 最適掃引速度の検討

試験では、ターフェル外挿法の測定において掃引速度を変えて得られた腐食電流密度を交流インピーダンスの測定から得られた腐食電流密度と比較した。交流インピーダンスは、鉄筋の自然電位(E_{corr})、 $E_{corr} + 50$ mV および 100 mV アノード分極させた電位に、±10 mV の交流電圧を印加し測定した。この測定により得られた電荷移動抵抗を式(1)を用いて腐食電流密度に換算した。

$$i = \frac{K}{R_{ct}} \quad (1)$$

i : 腐食電流密度[$\mu\text{A}/\text{cm}^2$]
 K : 比例定数[= 26 mV]
 R_{ct} : 電荷移動抵抗[$\text{k}\Omega\text{cm}^2$]

ターフェル外挿法から腐食電流密度を推定するための分極曲線は、開始電位を自然電位、終了電位を 120 mV アノード分極した電位、掃引速度を 20, 50, 100, 200 mV/min として測定した。測定した分極曲線の電位は、分極試験時の印加電流 I と交流インピーダンスから求めた環境抵抗 R を用いて IR 補正を行った。 IR 補正後のアノード分極曲線の 50~80 mV アノード分極した電位 - log 電流密度の直線近似線を内部アノード分極曲線中のターフェル直線として評価した。

キーワード インピーダンス, ターフェル外挿法, 腐食速度, 掃引速度

連絡先 〒362-0052 埼玉県上尾市中新井 417-16 (株)ナカボーテック 技術開発センター TEL 048-781-5431

3. 結果と考察

図2に交流インピーダンス特性の結果を示す。アノード分極とともに円弧が大きくなることが確認された。円弧の直径は電荷移動抵抗 R_{ct} に相当すると考えられ、一般的にはアノード分極量の増大とともに減少する。しかし、本試験において直径が大きくなったのは、腐食反応生成物の拡散が影響していると考えられた。そこで、図中に示した等価回路を用いて電荷移動抵抗(R_{ct})と拡散抵抗(W)を求めた。図3に電荷移動抵抗および拡散抵抗とアノード分極量の関係を示す。アノード分極の増大とともに電荷移動抵抗が減少し、拡散抵抗が増大する挙動を示した。すなわち、図2における円弧の増大は電荷移動抵抗が減少(腐食速度が増大)する一方で、拡散抵抗が増大した影響と考えられる。本試験では、アノード分極量が増すほどインピーダンスに含まれる拡散抵抗成分の割合が大きくなり、50 mVを超えた時点から分極挙動に及ぼす拡散抵抗の影響が無視できなくなることが示唆された。

図4に各種掃引速度より求められたターフェル直線と交流インピーダンス測定から求めた腐食電流密度との関係を示す。アノード分極域において、 R_{ct} から求めた腐食電流密度は、掃引速度 50 または 100 mV/min で測定して得たターフェル直線と良く一致することがわかる。分極曲線の測定は鉄筋表面の環境変化を招く恐れがあるため、掃引速度は速い方がその影響は小さくなると考えられる。従って、ターフェル外挿法を用いてコンクリート中鉄筋の腐食速度を評価する場合、掃引速度 100 mV/min で分極曲線を測定することで腐食速度を精度良く評価できると考える。

4. まとめ

本試験では、コンクリート試験体を用いて電気防食適用下の腐食速度を評価するための最適な掃引速度を検討した。

- 1) 50 mV 以上のアノード分極において、腐食反応生成物の拡散抵抗が分極挙動に大きく影響することが示唆された。
- 2) 掃引速度 50 または 100 mV/min で分極曲線を測定し、得られた分極曲線に対してターフェル外挿法を適用することで真の腐食電流密度を評価できることがわかった。
- 3) 鉄筋表面の環境変化を考慮すると、掃引速度は 100 mV/min の方が良いと思われる。

5. 参考文献

- 1) 板屋ほか, 第 72 回年次学術講演会講演概要集, V-590 (2017) .

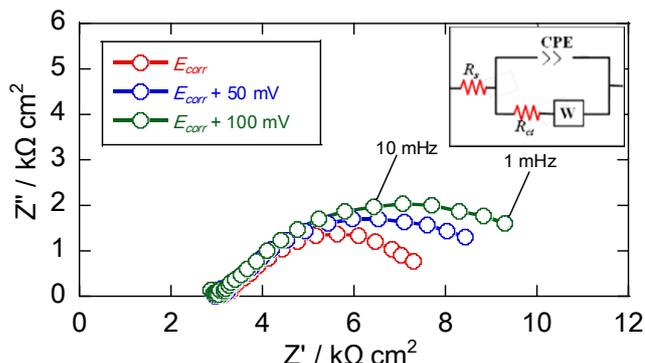


図2 各電位における交流インピーダンス特性

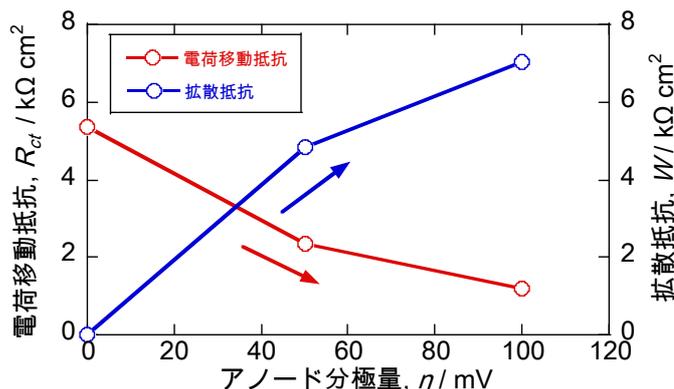


図3 電荷移動抵抗および拡散抵抗とアノード分極量との関係

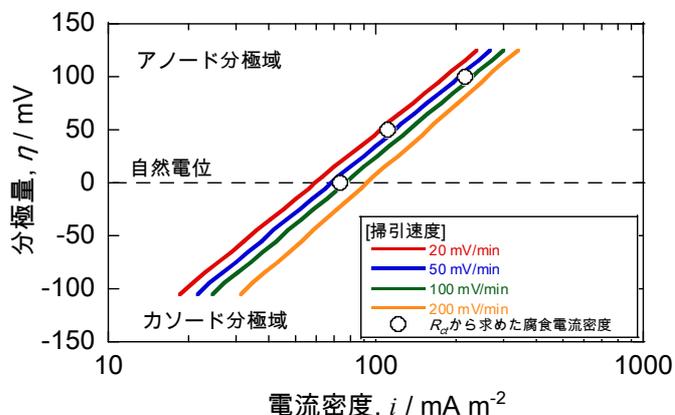


図4 ターフェル直線と電荷移動抵抗から評価した腐食電流密度との関係