

温度や水分の変動が鉄筋の自然電位に及ぼす影響

長岡技術科学大学 学生員 ○原田健二

長岡技術科学大学 正会員 下村 匠

東京工業大学(元 港湾空港技術研究所) 正会員 西田孝弘

港湾空港技術研究所 正会員 岩波光保, 加藤絵万, 川端雄一郎

1. はじめに

コンクリート中鉄筋の腐食状態を評価する非破壊検査として自然電位法がある。自然電位法は試験方法が簡易であり、土木学会試験規準として定められている。そのためコンクリート中鉄筋の腐食状態を評価する方法として積極的に活用され、実績も十分にある。しかし、コンクリート中鉄筋の自然電位は、温度や湿度によって測定値が異なることが報告されている¹⁾。また、短い時間単位で温度や水分条件が変動する環境でのコンクリート中鉄筋の自然電位の推移は不明確である。そのため、測定時の環境によっては測定された自然電位では誤った判定をする可能性がある。

そこで、本研究では短い時間間隔での自然電位の連続モニタリングを通じ、温度や水分の供給等の環境変動が自然電位に及ぼす影響を調べ、コンクリート中鉄筋の腐食状態の判定に対する自然電位法の適用可能性について検討した。

2. 実験概要

(1) 供試体概要

使用したコンクリートの水セメント比は 0.55 とし、セメントに関しては普通ポルトランドセメントと高炉セメント B 種を使用した。一部の供試体にはコンクリート体積当たり塩化物イオン量として 2.0kg/m³、5.0kg/m³、10.0kg/m³ となるように塩化ナトリウムを練混ぜ水に混入した。

図-1 に供試体の概要を示す。供試体は 200×200×300mm の直方体とし、かぶり 10mm と 70mm となる位置に鉄筋(SD295A, D13)を配置した。鉄筋には、自然電位をモニタリングするためのリード線を接続し、併せて各鉄筋の近傍(鉄筋から約 5mm 程度離れた位置)にメッシュ状の酸化イリジウム電極 3 個を設置した。なお、曝露面(200×300mm)となる 2 面以外はエポキシ樹脂により被覆した。

(2) 曝露環境

温湿度を制御可能な環境試験槽(温度: 10~40℃, 相対湿度 60~95%)に塩化物イオンを所定量含む供試体を曝露し、温湿度の変動がコンクリート中鉄筋の自然電位に及ぼす影響を調べた。また、1 日 2 回海水噴霧を行う屋外環境(噴霧 4 時間, 乾燥 8 時間)に塩化物イオンを含まない供試体を曝露し、実環境における温度や水分条件の変動が自然電位に及ぼす影響を調べた。海水噴霧環境への曝露は 10 月から 2 月にかけて実施した。

(3) 測定項目および測定方法

鉄筋の電位の連続モニタリングを約 30 分間隔で行い、海水 Ag/AgCl 電極相当に換算した値を自然電位とした。なお、供試体に設置した 3 個の電極の自然電位の差は最大 30mV

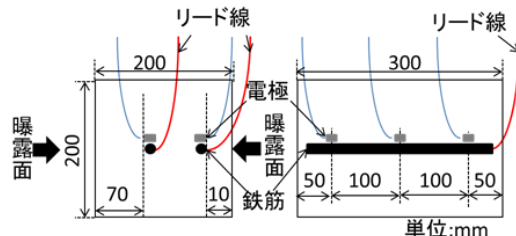


図-1 供試体概要

程度確認されたため、本研究では測定値は 3 個の電極の平均値を用いた。また、外気の温湿度を記録し、自然電位との関連性を調べた。

3. 実験結果および考察

(1) 温度による影響

図-2 に相対湿度を 60% とし、温度を 10~40℃ に漸次増減させた際の自然電位の変化を示す。なお、図の凡例は(セメントの種類 (N: 普通ポルトランドセメント, B: 高炉セメント B 種)) — (供試体中の塩化物イオン量 (kg/m³)) — (かぶり (cm)) を示す。これより、時間単位の温度の変動を伴う環境では、自然電位が若干変動し、その量は 50mV 程度であることが確認される。

(2) 湿度による影響

図-3 に相対湿度を 95% とし、温度を 10~40℃ に漸次増減させたときの自然電位の経時変化を示す。図-2 と図-3 を比較すると相対湿度 60% の場合は 10℃ から 40℃ の温度変化の間に一定範囲内 (50mV 程度) で自然電位が変動するのに対し、かぶり 10mm の場合、相対湿度 95% では温度がピークに達する際に自然電位が大きく卑変することが確認される。この卑変は 1 回目のものが 2 回目のものと比較して大きく、1 回目と 2 回目の合計の卑変量は 100~200mV 程度であり、上記で示した温度の影響より大きいことが確認される。目視により温度がピークに達する前にコンクリート表面に結露が生じたことが確認されており、上記の卑変は結露水により鉄筋への酸素供給量が低下し、腐食反応(腐食電流の流入)のバランスが変化したことに起因すると推察される。また、この卑変は塩化物イオンを含まない供試体でも確認されることから、鉄筋の不動態被膜が破壊されて生じた現象ではないと考えられる。

(3) 海水噴霧環境での結果

図-4、図-5 に海水噴霧による測定値の経時変化を示す。図-4 は曝露開始から約 6 日間の初期の自然電位の推移を 30 分間隔で計測した値で示しており、図-5 は曝露開始から約 120 日間の値を日平均値で示している。

キーワード 鉄筋腐食, 自然電位, 温度, 水分

連絡先 〒940-2188 新潟県長岡市上富岡町 1603-1160-0004 長岡技術科学大学 TEL 0258-46-6000

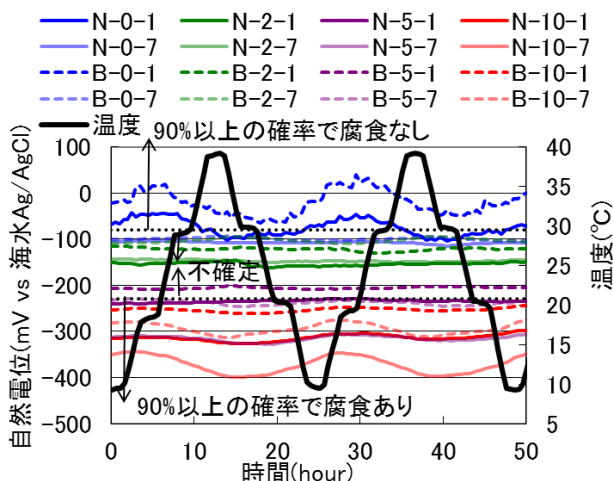


図-2 自然電位の経時変化（環境試験槽，相対湿度：60%）

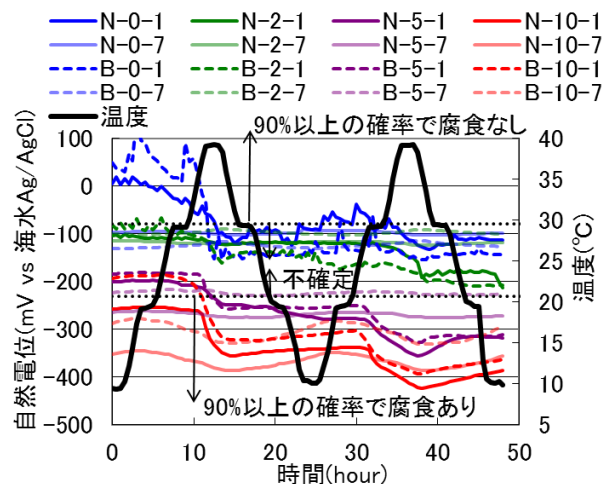


図-3 自然電位の経時変化（環境試験槽，相対湿度：95%）

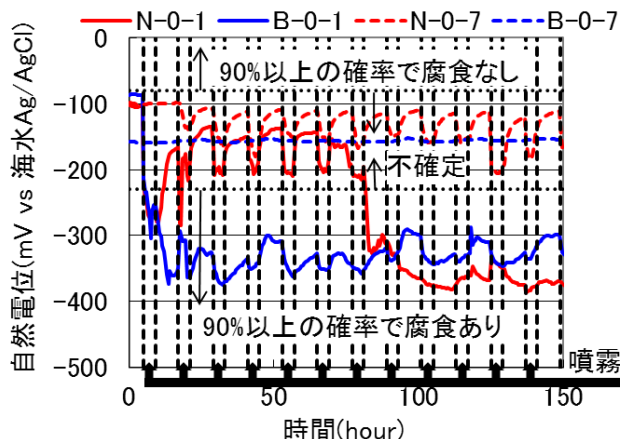


図-4 初期の自然電位の経時変化（海水噴霧環境，30 分間隔）

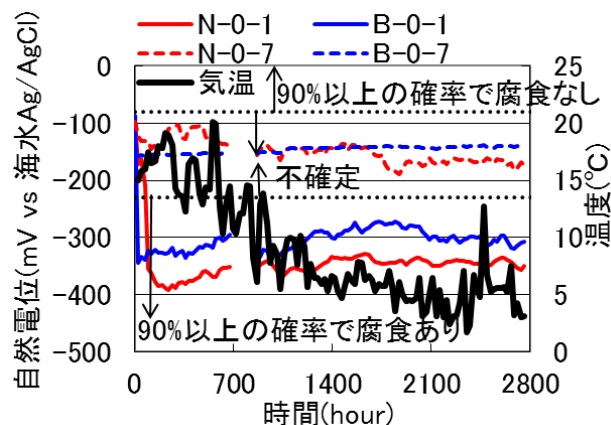


図-5 自然電位の経時変化（海水噴霧環境，日平均値）

図-4 より，かぶりが10mmの場合には，噴霧を開始してから約3日後にはいずれのセメントを用いた供試体も初期の値から250mV程度卑な値で安定し，その後は噴霧の有無にかかわらず，値は50mV程度変動することが確認される．一方，かぶりが70mm程度の場合，噴霧の有無によって値が50mV程度変動するが，値は初期値に近い値で安定していることが確認される．以上のことと結露水の結果から，水分による自然電位の急激な卑変の変動量は水分の供給量によって異なり，供給される水分が一定以上になると自然電位はある値に安定し，その後水分の供給条件に変化がなければ自然電位は時間単位で若干変動すると考えられる．

一方，図-5 より，平均気温の低下に伴い自然電位の日平均値が貴変し，その量は15°Cから5°Cの温度変化で30mV程度である．このことから温度に対して負の相関があることが伺える．供試体は10月から曝露を開始しており，上記の結果から外気温の季節的な低下に伴い徐々に自然電位が貴な方向へ推移する可能性があると考えられる．これに関しては，今後曝露試験を継続し，季節的な温度変化が自然電位に及ぼす影響についても検討していく予定である．

(4) 自然電位法の適用可能性について

水分の影響を受けない環境では，図で示してある判定基準によって，自然電位法によるコンクリート中鉄筋の腐食状態の判定が可能と考えられる．しかし，水分の影響を受

ける環境で，図で示してある判定基準では誤った判定をする可能性があると考えられる．そのため，適切な判定には測定値を補正する必要があると考えられる．その補正量は水分の供給による自然電位の急激な卑変の変動量が妥当と考えられる．このことから，自然電位の急激な卑変の変動幅が水分の供給条件によってどのように変化するかを適切に把握することが重要になると考えられる．

4. まとめ

時間単位での外気の温度変化による自然電位の変動は小さいことがわかった．また，水分の影響による自然電位の変動は非常に大きく，水分の供給によって急激な卑変し，その後水分の供給量が一定以上になると，水分の供給条件が変化しなければ水分の供給の有無にかかわらず自然電位は時間単位での変動は小さいことがわかった．これらのことから既存の研究¹⁾と同様に自然電位の変動は水分の影響が大きいことが確認された．そのため，自然電位法により，コンクリート中鉄筋の腐食状態の判定をするには，水分の供給によって生じた急激な卑変の変動量を把握し，適切に補正する必要があると考えられた．

参考文献

- 1) 鈴木僚，西村次男，加藤佳孝，岩波光保：測定環境条件が鉄筋コンクリートの電気化学的測定結果に及ぼす影響，コンクリート工学年次論文集，Vol.29，No.2，pp.751-756，2007.9