

異なる亜硝酸リチウムの量と長期間の環境条件がRC部材の鉄筋に与える影響に関する研究

宮崎大学 ○李 春鶴 1*

鉄筋腐食	亜硝酸リチウム	環境条件
相対湿度	温度	自然電位

研究の目的

日本の高度経済成長期につくられたコンクリート構造物が老朽化を迎えている。コンクリート構造物が劣化すると日常の安全や災害時の被害程度に影響を及ぼす恐れがあり早急に対策を講じなければならないが、構造物を新設するには膨大なコストがかかるため、老朽化を迎えるすべての構造物を新設することは困難である。

鉄筋コンクリートの劣化の主要因として鉄筋腐食がある。鉄筋腐食は塩害、中性化などによる不動態被膜の破壊が起因するが、亜硝酸リチウムは亜硝酸イオンが不動態被膜を再生させることが確認できた。問題点として亜硝酸リチウムは高価なことが挙げられ、効果が最大限得られる適切な圧入量を把握することが重要である。兒玉らの研究では相対湿度、温度などの環境条件と亜硝酸リチウムの圧入量の違いが鉄筋の腐食抑制に及ぼす影響を検討し、その結果として相対湿度が低い環境ほど亜硝酸リチウムは少量でも効果が得られ、温度が低い環境ほど亜硝酸リチウムの必要量が多いことが確認できた。

本研究は、長期暴露材齢における異なる亜硝酸リチウムの量と環境条件が RC 部材の鉄筋腐食に与える影響を検討することを目的とする。

研究の内容

供試体は、設計基準強度が24N/mm²になるように早強ポルトランドセメントを用いて作製し、練混ぜの際に予め8.24kg/m³の塩分をコンクリートに添加した。供試体の形状寸法を図-1に示す。供試体は250mm×250mm×100mmの板状で、鉄筋を2本ずつ、かぶりが23.5mmになるように配置した。鉄筋はΦ13(SR295)の丸鋼を用いた。

供試体は、打ち込み後3日間湿潤マットでラップし、脱型後5日間水中養生を行った。その後、材齢14日目から材齢87日目まで温度が20℃、相対湿度が60%程度に設定された恒温恒湿室で暴露させた。加えて材齢65日目から材齢87日目まで、200mLの水を3回、湛水作業を行うことで鉄筋腐食を促進し、自然電位がASTM²⁾の規格を基準とし、90%以上の確率で腐食有と判断できる値である-350mV以下になったことを確認した。

亜硝酸リチウム内部圧入量は、コンクリート中の塩化物イオン量に対する亜硝酸イオン量のモル比(以下「モル比」という)が0.6、1.0、1.4になるように設定し、材齢88日目から材齢135日目にかけて圧入作業を行った。

圧入後は温度を20℃に固定して相対湿度を40%、60%、

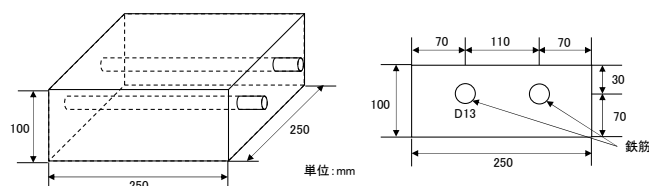


図-1 供試体の形状寸法

80%の3種類とする環境と温度を10℃、20℃、30℃の3種類として相対湿度を80%に固定した環境にそれぞれ供試体を暴露した。ただし、236日目から相対湿度が80%の環境はすべて相対湿度が90%の環境に変更した。

供試体の自然電位は非破壊型鉄筋腐食探知機を用いて、供試体の質量は0.5g精度のはかりで測定した。また、自然電位の腐食程度の判断は養生時の腐食判断基準と同じくASTMの規格を基準とした。

図-2に異なる相対湿度環境における供試体の質量変化を示す。相対湿度が80%から90%の環境のいずれの供試体も圧入後質量が増加して、材齢380日頃から質量の変化がほとんど無くなったと確認できる。相対湿度が60%の環境ではいずれの供試体も圧入後質量が減少して、相対湿度が80%から90%の環境と同じく材齢380日頃から質量の変化が無くなったと確認できる。相対湿度が40%の環境では、相対湿度が60%の環境と同じくいずれの供試体も圧入後質量が減少して、相対湿度が80%から90%の環境と同じく材齢380日頃から質量の変化が無くなったが、材齢480日頃から増加する傾向を示した。

前者は空気中の水分を吸収するため、後者は供試体中の水分が逸散するため質量が変化し、材齢380日頃からは空気中と供試体中の水分が平衡状態になったと考えられる。

図-3に異なる相対湿度環境における供試体の自然電位を示す。相対湿度が40%、60%の両環境の場合、いずれの供試体も自然電位が-200mV以上まで回復した。モル比が1.4の供試体は自然電位が横ばいになっているが、モル比が0.6、1.0の供試体は材齢410日頃から自然電位が下がっている。相対湿度が90%環境の場合、モル比が0.6、1.0の供試体は鉄筋腐食の不確定領域の範囲で安定しているが、モル比が1.4の供試体は90%以上の確率で腐食無の領域まで回復し、材齢380日頃からは自然電位が安定する傾向を示している。

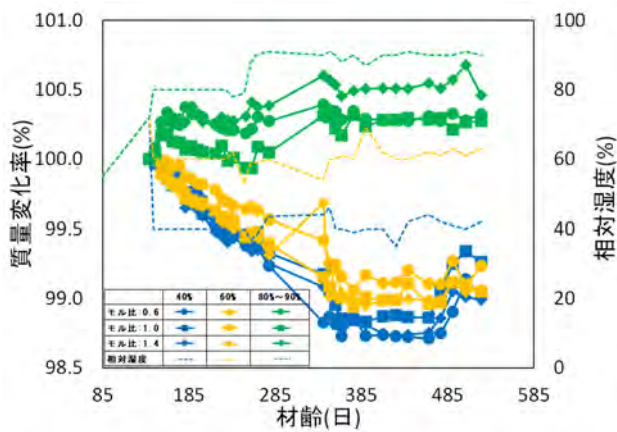


図-2 異なる湿度環境における質量の変化

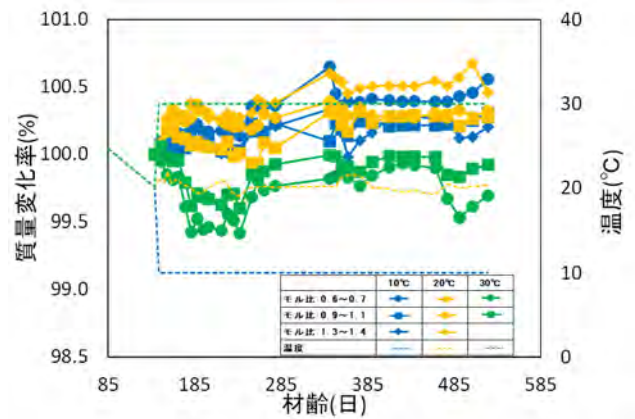


図-4 異なる温度環境における質量の変化

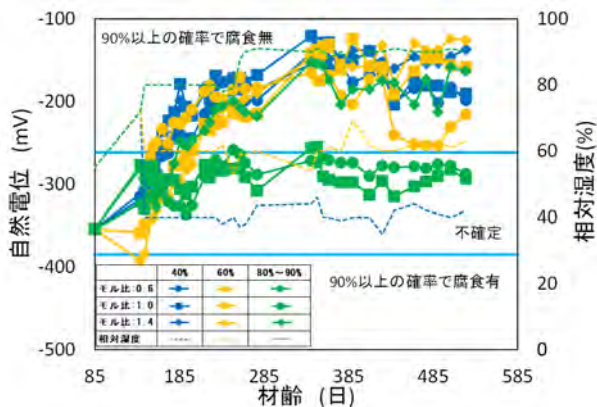


図-3 異なる湿度環境における自然電位の変化

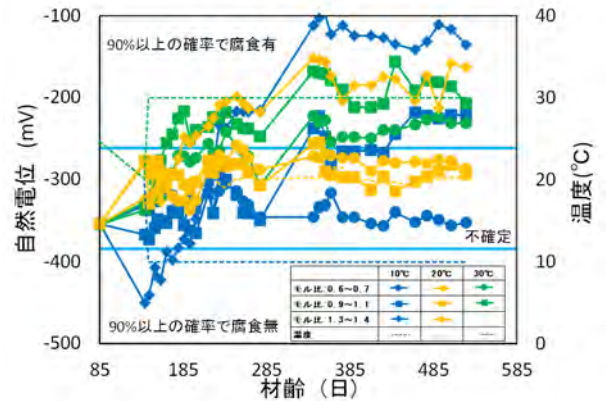


図-5 異なる温度環境における自然電位の変化

以上より、長期暴露材齢において相対湿度の低い環境ではいずれの亜硝酸リチウムの圧入量においても腐食抑制効果確認できるが、亜硝酸リチウムの圧入量が少ない供試体は材齢が経つと再腐食をしてしまい、長期的には鉄筋腐食抑制効果を失うことが確認できる。

図-4 に異なる温度環境における供試体の質量変化を示す。いずれの環境の供試体においても初期段階と比べ質量が増加し、材齢 380 日頃からは質量が変化しないことが確認できる。

図-5 に異なる温度環境における供試体の自然電位を示す。温度が 10°C、20°C の両環境の場合、モル比が 0.6~0.7、0.9~1.1 の供試体は鉄筋腐食の不確定領域の範囲にとどまり、モル比が 1.3~1.4 の供試体は初期段階から上昇の傾向を示し、材齢 330 日頃からは 90%以上の確率で腐食無の領域まで回復した。温度が 30°C の環境の場合、モル比が 0.6~0.7 の供試体は鉄筋腐食の不確定領域の範囲にとどまり、モル比が 0.9~1.1 の供試体は材齢 330 日頃から 90%以上の確率で腐食無の領域まで回復した。その後、いずれの環境の供試体も材齢 380 日頃から安定の傾向を示したが、温度 10°C のモル比が 0.9~1.1 の供試体は材齢 460 日頃から自然電位が -200mV 程度まで回復し、その後安定した。

以上より、長期暴露材齢において、いずれの環境の供試体も亜硝酸リチウムの圧入量が多い供試体には鉄筋腐

食抑制効果が表れると確認できた。一方で、温度が比較的高い場合は亜硝酸リチウムの圧入量が少なくても鉄筋腐食抑制効果があることが確認できた。

研究の成果、新発見

本研究の範囲内で、異なる相対湿度環境における鉄筋腐食抑制効果に適切な亜硝酸リチウムの量はそれぞれ異なることが確認できた。一方、温度が 30°C の比較的高い場合は亜硝酸リチウムの圧入量が少なくても鉄筋腐食抑制効果があることが確認できた。

今後の予定

実環境の温度・相対湿度の変化を模擬した環境作用と亜硝酸リチウムの量が塩害に起因する鉄筋腐食に及ぼす影響およびアルカリ骨材反応の補修効果に及ぼす影響の検討を継続する。4 月中に圧入作業を行い、5 月から暴露、7 月には結果をまとめる予定である。

謝辞

大成学術財団および研究助成金審査委員会の委員の皆様にお礼を申し上げます。また、亜硝酸リチウムの圧入について指導していただいた極東興和株式会社、井上建設株式会社、一般社団法人コンクリートメンテナンス協会にお礼申し上げます。