

ASR 劣化がコンクリート中の鋼材腐食と電気防食による防食効果に与える影響

徳島大学大学院 賛助会員 ○東 大智 徳島大学大学院 正会員 上田 隆雄

1. はじめに

鉄筋コンクリート（以下 RC とする）構造物が ASR により劣化した場合、表面のひび割れから劣化因子がコンクリート中に侵入することで、鋼材腐食が進行する。一方で、ASR 劣化コンクリート中に発生しひび割れの原因となる ASR ゲルがコンクリート中の鋼材に付着した場合、コンクリートにひび割れがあった状態でも、コンクリート中の鋼材は腐食から保護されるという、ASR ゲルによる緩衝作用が報告されている。このように、ASR 劣化したコンクリート中における鋼材腐食は複雑な挙動を示すと考えられる。

一方で、塩害への補修対策として、電気防食工法を適用した場合に、通電に伴う電気泳動によってコンクリート中のアルカリ金属イオンが、陰極となる鋼材近傍に移動・集積することから、コンクリートの ASR 膨張が促進される場合があることが指摘されている。しかし、反応性骨材を含有する RC 部材への電気防食に伴う ASR 促進効果や防食効果が、どの程度影響を受けるかに関する地検はほとんどない。そこで本研究では、ASR を無通電または電気防食工法を適用した場合について、コンクリートの膨張率や電気化学的腐食指標、モルタルの細孔溶液の化学組成の分析により評価した。

2. 実験概要

2.1 配合要因および使用材料

本実験で用いたコンクリートおよびモルタルの配合要因を表—1に示す。非反応性骨材のみを用いて NaCl を添加した配合を NCl, 反応性骨材を用いて NaCl を添加した配合を RCl, NaOH を添加したコンクリートを RO とする。ここで、NaCl は鋼材腐食促進を目的として、Cl⁻濃度が 8.0kg/m³となるように添加した。さらに、NaOH は NaCl 添加配合と同僚の R₂O 量として、初期混入 R₂O 量が 9.2kg/m³となるように添加した。これにより、NCl 配合は塩害単独劣化、RCl 配合は塩害と ASR の複合劣化、RO 配合は ASR の単独劣化を想定した配合条件となっている。

表—1 供試体の配合要因

配合	W/C	骨材	添加アルカリ
NCl	45%	非反応性骨材	NaCl
RCl		非反応性骨材： 反応性骨材=5：5	NaCl
RO		非反応性骨材： 反応性骨材=5：5	NaOH

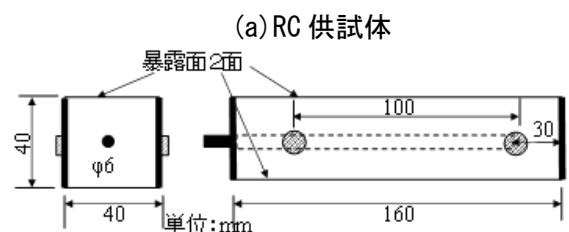


2.2 供試体作製および養生

本研究で作製した RC およびモルタル供試体を図—1に示す。RC 供試体は、母材コンクリートと陽極被覆材の打継供試体とし、モルタル供試体は供試体中央に鋼材を差し込んだ。すべての供試体について、20°Cの恒温室内で28日間の封緘養生を行い、封緘養生後に、膨張率測定時のコンタクトゲージ用の真鍮チップを図—1に示すように、型枠側面2面にそれぞれ貼付した。モルタル供試体については、通電面となる型枠側面2面以外にエポキシ樹脂を塗布した。

2.3 乾湿繰返し試験中の各種測定

無通電供試体と通電供試体に分けて、すべての供試体を乾湿繰返し環境で保管した。乾湿繰返し条件は、促進 ASR のための湿潤環境 (40°C, 95%RH) を4日間と、鋼材腐食に必要な酸素供給の乾燥環境 (20°C, 60%RH)



(b) 鉄筋モルタル供試体

図—1 供試体の概要

を3日間の繰返しとし、通電供試体にはこの環境で電気防食工法を適用した。電気防食工法における電流密度はE-logI試験で100mVシフト相当であることを確認した20mA/m²とした。通電中の供試体は、2週間に1回の間隔で、湿潤環境終了後に通電を停止して鋼材のインスタントオフ電位を測定後、湿潤状態を保持したままの供試体を20°Cの環境下で24時間経過後に膨張率を測定した。その後の、20°C、60%R.H.の恒温恒湿環境で乾燥保管を行いながら3日間の復極量を測定した。同時に、コンクリート中鋼材の電気化学的腐食指標を測定した。無通電供試体についても、通電供試体と同じ環境条件に保管し、同様の測定を行った。モルタル供試体については、28日間養生終了後に細孔溶液を抽出しイオン組成分析を行った。

3. 細孔溶液中のイオン組成

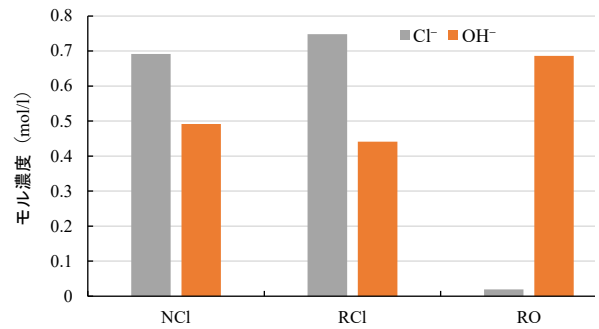
28日養生終了後のモルタル供試体細孔溶液中のCl⁻濃度およびOH⁻濃度を図—2に示す。NCI配合およびRCIの高いCl⁻濃度から、鋼材は腐食環境にあることが分かる。またOH⁻濃度については、NaOH添加のRO配合で最も高い値を示した。

4. 各供試体の膨張率の経時変化

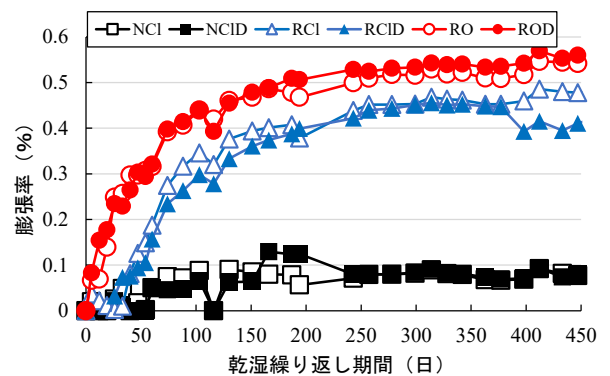
乾湿繰返しを実施したRC供試体およびモルタル供試体の膨張率の経時変化を図—3に示す。反応性骨材を用いたRC供試体の中では、RO配合供試体の膨張が早期に進行し、その後RCI配合供試体の膨張が大きくなっていく。これはNaOHを添加したRO配合供試体の細孔溶液中のOH⁻濃度が、RCI配合供試体よりも高くなったことが考えられる。モルタル角柱供試体については、反応性骨材を用いた配合のRCI配合とRO配合で初期段階での大きな差はない。

5. 電気化学的鋼材腐食指標

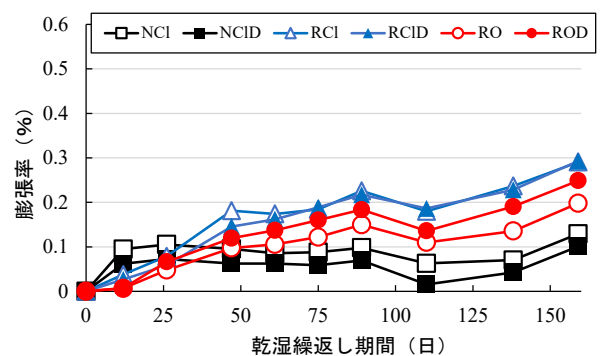
乾湿繰返し期間中の鋼材の自然電位の経時変化を図—4に示す。なお、通電供試体については、通電停止後3日間の復極を経た後の値を示している。NaClを含有するNCIおよびRCIが示す値は、腐食領域内であり、鋼材の腐食観察からも腐食箇所が認められた。反応性骨材を含むRCIDおよびRODは60日時点から低い電位を示しているが、これらはASRゲルの生成により、復極に必要な酸素供給が十分に行われなかったものと考えられる。RODについては、Cl⁻を含有していないことから、鋼材腐食が原因の可能性は低いと考えられる。



図—2 モルタル細孔溶液中の各イオン濃度

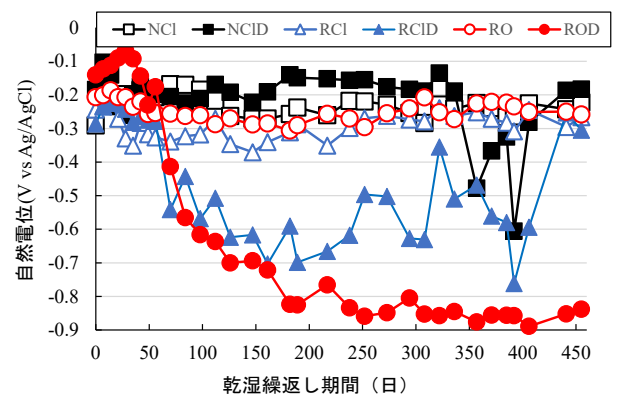


(a) RC 供試体



(b) モルタル角柱供試体

図—3 各供試体の膨張率の経時変化



図—4 RC 供試体中鋼材の自然電位の経時変化