

ASR を生じたコンクリート中における鉄筋腐食速度の温度特性に関する基礎的検討

金沢大学 学生会員 ○手嶋 亮貴 学生会員 菊池 創太 学生会員 Ho Hong Sao
金沢大学 正会員 久保 善司

1. 背景と目的

スパイクタイヤの禁止以降，寒冷地や山間部においては冬季において凍結防止剤が使用され，アルカリシリカ反応 (ASR) と塩害による複合劣化が生じることで，腐食が進行したケースが報告されるようになった．他方，既往の研究においては，ASR が発生したコンクリート中の鉄筋腐食に関しては，ゲルの緩衝作用や高い pH などによって，ある限度以下の塩化物イオン量では腐食発生が抑制されるケースがあることも報告されている¹⁾．本研究では，ASR と塩害の複合劣化の進行過程において，ASR および塩化物イオン量が鉄筋腐食速度の温度特性に与える影響を明らかにすることとした．

2. 実験概要

鉄筋腐食速度の温度特性に与える影響を把握するために，NaOH，NaCl 添加および骨材のアルカリ骨材反応性を要因とした鉄筋コンクリート供試体を作製した．作製した供試体の電気化学的腐食測定に基づき，ASR の有無，アルカリ添加，塩化物イオン量などの各種要因について検討を行った．

(1) 供試体

供試体の寸法は 200×200×100mm の直方体とし，φ9 鉄筋を 2 本配置した．供試体概要を図-1 に示す．鉄筋埋設部の中央 100mm の領域を除いて塗膜処理を施した．水セメント比は，標準的なコンクリートを想定し 55%とした．使用骨材の反応性の有無によって 2 種類のコンクリートを用意し，それぞれにアルカリ添加 (NaOH) の有無，および塩化ナトリウム (NaCl) 混入量を変化させた供試体を用意した．供試体要因を供試体略称記号とともに表-1 に示す．所定の等価アルカリ量および Cl⁻量とするため NaOH および NaCl をコンクリートの練混ぜ水に溶かして使用した．アルカリ添加を行う供試体の等価アルカリ量は 5.0kg/m³とした．

供試体は，既往の研究²⁾において初期性状検討済であり，材齢初期から室内環境 (20℃) に静置した．

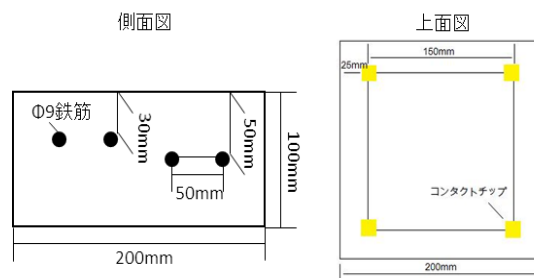


図-1 供試体概要

表-1 供試体要因 (供試体名記号)

供試体要因		記号
骨材の反応性	非反応性, 反応性	N, R
NaOH 添加	無, 有 (5.0kg/m ³)	N, A
Cl ⁻ 量(kg/m ³)	0, 2.4, 4.8	0, 2.4, 4.8
ASR 促進	無, 有	記号なし, *

略号例：RA2.4 (反応性，アルカリ添加有，Cl⁻量 2.4kg/m³)

一部の供試体 (RA0*, RA2.4*, RA4.8*) は養生直後から ASR 促進を行い，促進 250 日後，同様の室内環境下に移した．その後室内環境で保持し，本研究の検討実施材齢は約 500 日である．なお，検討実施時の ASR 促進を行った RA0*, RA2.4*, および RA4.8* の膨張量はそれぞれ 1250μ，2850μ，および 4500μ 程度であった．また，供試体表面には RA0*, RA2.4* では幅 0.2mm 程度，RA4.8* では幅 0.2～0.4mm 程度のひび割れが発生していた．

(2) 実験方法

各種要因のコンクリートにおける鉄筋腐食速度の温度特性を把握するため，20, 30, 40, 50, および 60℃ の種類の温度条件を用意した．所定の温度となるように各温度において恒温槽内で供試体を 48 時間静置した．鉄筋腐食速度は，交流インピーダンス法による分極抵抗の測定値から求めた ($k=0.026V$)．測定において埋設した鉄筋の片方を対極とし，もう一方を試料極とした．また，測定時の温度を一定に保つため，供試体の周囲を断熱材で囲み測定を行った．検討対象の鉄筋かぶり深さは 50mm のものとした．

3. 結果および考察

1) 検討中における膨張ひずみ (RA0, RA2.4, RA4.8)

反応性骨材を使用したものでは、温度変化させた本試験前後で膨張が生じた。ASR 促進を行っていない RA のものでも、300~900 μ の膨張が生じ、供試体表面には幅 0.1mm 以下の微細なひび割れが発生した。20℃の室内環境に長期保管中に ASR ゲルが生成されていたものと考えられる。

2) 各種温度におけるアルカリ添加・ASR の影響

各供試体における腐食速度と温度の関係を図-2 に示す。いずれのコンクリートにおいても、温度が高くなるほど腐食速度は大きくなり、この傾向は塩化物イオン量が多いものほど顕著となった。

非反応性の NN と NA を比較すると、いずれの Cl⁻量においても NA は若干小さな値を示した。多量のアルカリ添加が影響した可能性が考えられる。

他方、ASR による顕著な膨張を生じている RA* のものでは、同一の温度および塩化物イオン量において他のものよりも大きな腐食速度を示した。膨張によるひび割れが存在することで腐食進行がしやすい環境となっているものと考えられる。これに対して、ASR による膨張が顕著でないものの ASR ゲルが生成されていると考えられる RA のものでは、RA* よりも腐食速度は小さかった。既往の研究で指摘されている ASR ゲルの緩衝作用により腐食速度が低減されているものと考えられる。

3) 腐食促進倍率

60℃での腐食速度を 20℃での腐食速度で除したものを腐食促進倍率として求めた。各供試体の塩化物イオン量と腐食促進倍率の関係を図-3 に示す。

いずれのものも、塩化物イオン量が増えると、腐食促進倍率が大きくなった。同一塩化物イオン量について、NN, NA および RA* については概ね同程度の値を示したものの、RA のものは他のものよりも腐食促進倍率が大きくなった。ゲルの緩衝作用による腐食低減は高温域よりも低温域における方が大きかったためと推察される。

4. まとめ

本研究の範囲内では、アルカリ添加の影響はそれほど顕著でなかった。他方、ASR を生じたもので

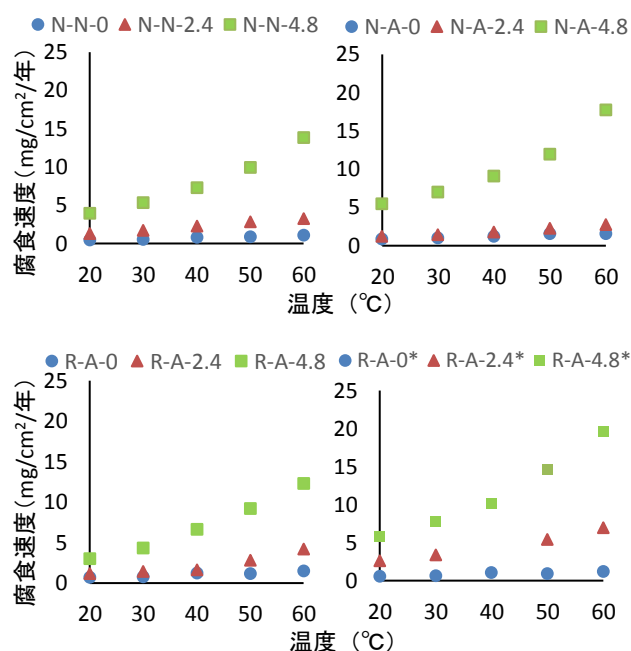


図-2 腐食速度と温度の関係

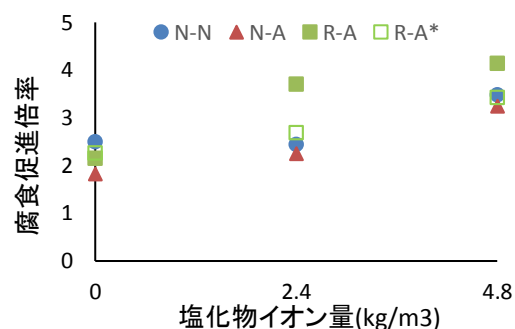


図-3 塩化物イオン量と腐食促進倍率の関係

は、ひび割れが顕著でない場合には、ゲルの緩衝作用による腐食速度の低減効果が認められたものの、膨張が進展し、ひび割れが顕著となった場合には、腐食速度が大きくなった。他方、腐食促進の割合は顕著には異ならなかった。なお、今回、腐食速度は非破壊試験によるものであるため、鉄筋等の状態を実際に確認し、さらなる検討を行う必要がある。

参考文献

- 1) 鳥居和之ら：凍結防止剤の影響を受けた ASR 損傷コンクリート橋脚の調査，コンクリート工学年次論文集，Vol.22, No.1, pp.55-60, 2000
- 2) 市原鴻ら：NaOH および NaCl を添加した複合劣化コンクリート中の鉄筋腐食に関する研究，コンクリート工学年次論文集，Vol.38, No.1, pp.1101-1106, 2016
- 3) 大即信明ら：中性化したコンクリート部材中の鉄筋の腐食速度に及ぼす温度の影響，材料，Vol.153, No.1, pp.108-113, 2004