

ASR と塩害によるコンクリートの複合劣化機構

金沢大学大学院 学生員 ○齋藤 匠 竹中土木（株） 非会員 川村結太
 株式会社北陸電力 正会員 参納千夏男 金沢大学自然科学研究科 正会員 鳥居和之

1. はじめに

北陸地方では、海洋環境下や凍結防止剤の散布環境下において、アルカリシリカ反応(以下 ASR)と塩害によるコンクリート構造物の複合的な劣化が発生している。ASR の抑制対策としては、アルカリの総量規制とともに混合セメント(フライアッシュ B 種, 高炉スラグ B 種など)の使用が有効であるとされているが、塩分環境下における ASR によるひび割れの発生とそれに伴う鋼材の腐食による劣化機構は明確ではなく、ASR と塩害が同時に発生する場合の混合セメントによる両者の抑制効果も確認されていない¹⁾。

本研究は、反応性骨材を含有する RC 試験体を海洋大気環境下に暴露し、コンクリートの膨張率と鋼材の腐食状況を調べることにより、ASR と塩害によるコンクリートの複合的な劣化機構とその抑制対策について実証するものである。

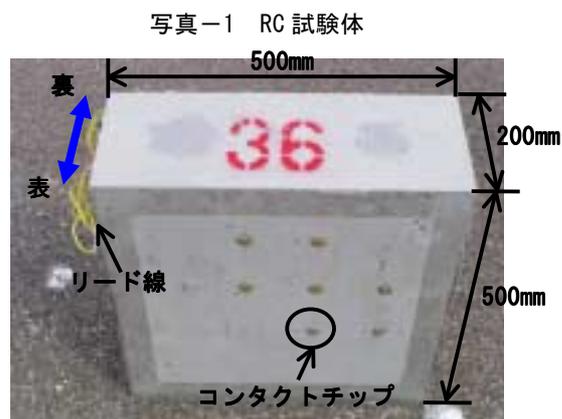
2. 実験概要

(1) 使用材料

コンクリートの配合を表-1 に示す。使用セメントは普通ポルトランドセメント (OPC, 密度: 3.15g/cm³, ブレーン値: 3330cm²/g) である。北陸地方で入手が可能なポゾラン材料として、3種類のフライアッシュ (FA, 七尾 (N), 敦賀 (T), 新湊 (S) の各火力発電所産の II 種灰), 凝灰岩微粉末 (ZO), 瓦微粉末 (RT) をセメントの質量置換率 15% で混合するとともに、高炉スラグ微粉末 (BFS4000) をセメントの質量置換率 40% で混合した。使用した骨材は ASR 損傷が確認されている富山県常願寺川産の川砂, 川砂利 (反応性の高い安山岩を 20% 程度含有) と富山県早月川産の「無害」と判定される川砂利, 川砂 (花崗岩, 閃緑岩を含有) である。コンクリートは ASR を促進する目的でアルカリ (NaCl) を等価 Na₂O 量で 10kg 添加したものと添加しないものとの 2 種類を作製した。

(2) 実験項目

RC 試験体 (200×500×500 mm) の概要を写真-1 に示す。RC 試験体の鋼材 (鉄筋径: 縦筋 φ19mm, 横筋 φ16mm) のかぶり厚さは 20mm と 40mm に設定した。RC 試験体は全部で 32 体を作製し、2004 年 9 月から飛来塩分の影響を受ける富山県新湊港の岸壁に暴露した。所定の暴露期間毎に、RC 試験体の膨張率の測定と鋼材の電気化学的測定 (塩化銀電極使用, 自然電位および分極抵抗) を実施した。



3. 実験結果および考察

(1) RC 試験体の膨張率

RC 試験体 (反応性骨材使用, かぶり厚さ: 20mm) の膨張率

表-1 コンクリートの配合

Gmax	W/c	s/a	単位量 (kg/m ³)			
			水	セメント	川砂	川砂利
25 (mm)	50 (%)	40 (%)	157	350	749	1106

キーワード: 膨張率, 自然電位, ポゾラン材料, アルカリシリカ反応, 塩害

連絡先 (〒920-8667 金沢市小立野 2-40-2 金沢大学 工学部土木建設工学科 TEL076-234-4622)

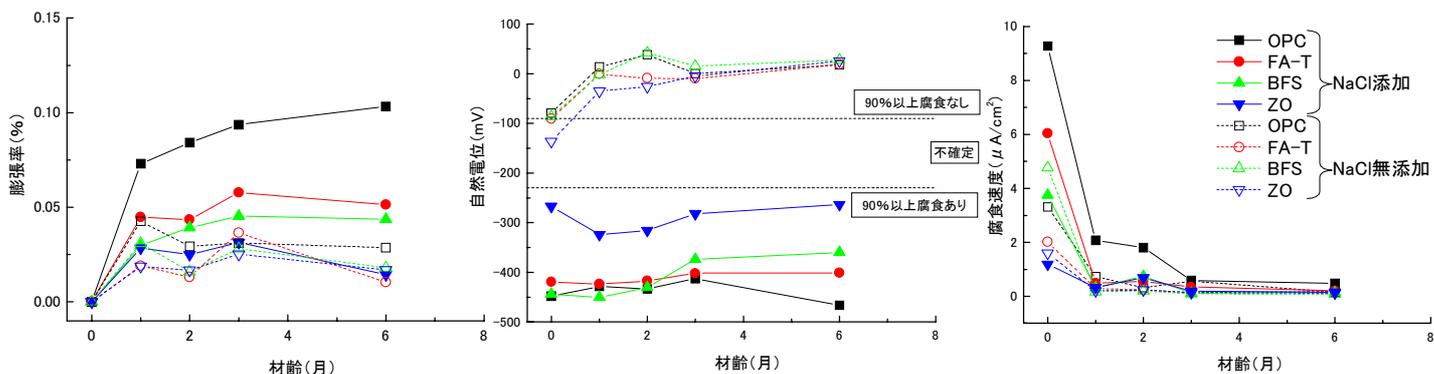


図-1 RC試験体の膨張率の経時変化

図-2 RC試験体の自然電位の経時変化

図-3 RC試験体の腐食速度の経時変化

の測定結果を図-1に示す。セメント単味 (OPC) では、NaCl 添加のものは無添加のものとは異なり比較的早期に膨張が始まり、鋼材に沿った微細なひび割れ (0.05mm 程度) が暴露 1 ヶ月で既に発生しているのが確認された。暴露が秋から春にかけてであるにも係わらず、OPC は暴露期間とともに膨張率が增大しており、暴露 6 ヶ月で 0.1% になった。一方、ポゾラン材料添加のものでは、膨張率はいずれも 0.05% 以下であり、暴露期間に伴う膨張率の変化もまったく認められなかった。

(2) 鋼材の電気化学的測定

RC 試験体 (反応性骨材使用、かぶり厚さ: 20mm) の自然電位の測定結果を図-2に示す。ASTM C 876-91 の判定基準²⁾によると、無添加のものは「90%以上腐食なし」の範囲にあり、NaCl 添加のものは「90%以上腐食あり」の範囲にあった。NaCl 添加のものは鋼材が不安定な状態にあることが分かる。暴露期間 6 ヶ月までの結果を比較すると、無添加のものは外部環境の影響がまだ現われていないので、セメントの種類に関係なくほぼ同様な自然電位の値となった。一方、NaCl 添加のものはセメントの種類によって自然電位の値に差が生じ始めており、ZO, BFS, FA-T, OPC の順番で卑な値となった。この結果には、セメントの水和反応の進行によるコンクリートの比抵抗の相違が関係していると考えられる。

RC 試験体 (反応性骨材使用、かぶり厚さ: 20mm) の腐食速度の測定結果を図-3に示す。暴露開始時では、NaCl 添加の有無やセメントの種類の違いによって腐食速度の値に大きな相違があったが、セメントの水和反応が進行するとともに腐食速度は次第に低下しており、暴露 6 ヶ月ではほぼ一定の値に推移した。今後、春から夏になり気温が上昇し、鋼材腐食が活発になるにつれて、RC 試験体間の腐食速度に明確な相違が現われるものと予測される。

4. まとめ

本研究で得られた主要な結果をまとめると次のようである。

- (1) NaCl 添加のものでは、OPC は早期に ASR による膨張が始まったが、ポゾラン材料添加のものは膨張が効果的に抑制された。
- (2) NaCl 添加のものでは、自然電位に差が生じ始めており、その値は ZO, BFS, FA-T, OPC の順番で卑側となった。

本暴露試験は約 5 年間継続する予定であり、年次大会では暴露 1 年までの結果が発表できる予定である。

参考文献

- 1) 羽瀧貴士, 鳥居和之: アルカリシリカ反応と海水との複合的な作用によるコンクリートの劣化現象とその評価手法の検討, 土木学会論文集, No. 774, pp. 149-161, 2004. 11.
- 2) ASTM C 876-91: Standard Test Method for Half-Cell Potential of Uncoated Steel in Concrete, 1999.