

V-31

外部から侵入する塩化ナトリウムがアルカリ骨材反応に及ぼす影響

東北大学 学生員 ○山本 晃子

東北大学 正会員 三浦 尚

1. はじめに

コンクリート構造物中に、外部より塩化ナトリウム（NaCl）が侵入してくるとアルカリ骨材反応（以下 AARと略す）が促進されるということが、近年指摘されている。この場合、例えば、既存のアルカリシリカ反応性試験方法（モルタルバー法。以下 AAR試験と略す）で無害であると判定された骨材でも相当量の膨張を示すことがある¹⁾。しかし、凍結防止剤が使用されるような地域や、海洋環境下に建設されたコンクリート構造物では、この外部からの塩化ナトリウムの侵入を防ぐことはできない。そこで、このような環境下でのコンクリートの耐久性の向上を目指し、AARに対する十分な対策をとるためには、外部よりNaClが侵入してくることを前提とした AAR試験の実施が必要であると思われる。このため本研究では、まず、外部よりNaClが供給される場合のAAR試験方法（モルタルバー法）を考案し、次に、そのような環境下でのAARを抑制するため、各種ポゾランを用いた抑制策とその効果について検討する。

2. 実験概要

2.1 外部よりNaClを供給する場合のAAR試験の考案

モルタルの配合及び供試体の成形は、JIS A 5308 附属書8のモルタルバー試験に準ずる。セメントは普通ポルトランドセメント（等価Na₂O量0.45%）を、骨材はシリカ分を含んだ反応性骨材を100%使用した。また、等価Na₂O量は1.2%となるようにNaOHで調整した。脱型後、図1に示す5種類の手順で外部よりNaCl水溶液を供給した。溶液供給後、供試体の長さを測定し、温度 40℃ RH 95% で促進養生を行なう。促進養生開始から2, 4, 8, 13週目に供試体の長さを測定し膨張率を比較した。なお、13週測定終了後、塩化物浸透量測定試験を行ない、NaClの供給方法の違いによる浸透量の違いを検討した。

2.2 各種ポゾランを用いたAAR抑制策の検討

本実験で使用したポゾランは高炉スラグ微粉末3種（粉末度4000, 6000, 8000）、シリカヒュームである。それぞれの混入率を高炉スラグは20, 40, 60, 80%、シリカヒュームは10, 20, 30%と変化させてその効果を調べた。また、超低発熱セメントには高炉スラグ、フライアッシュが混合されているので抑制作用があるのではないかと期待されるため、これについても実験しその効果を調べた。この場合、結合材の100%を超低発熱セメントとした。NaCl供給方法は2.1の試験で最も適当であるとされた方法を用い、溶液はNaCl 10%, 20%の2種を用意した。膨張率は2.1と同様にして求める。

3. 結果および考察

NaCl溶液の供給方法の違いによる膨張量の変化、塩化物浸透量測定試験結果をそれぞれ図2、表1に示す。この結果を踏まえて、以下のような理由によりNaCl供給方法はType Eが適当であるとみなした。

- 1) 最も膨張量が大きいので安全側の判断ができる。
- 2) 最も日数が短縮でき、簡便な方法である。
- 3) どの供給方法でも13週での塩化物浸透量に大きな違いはない。

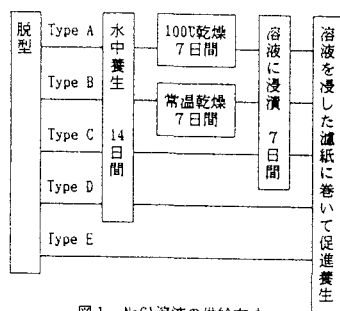


図1 NaCl溶液の供給方法

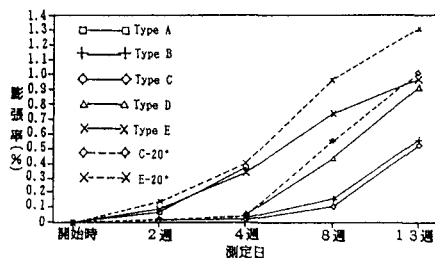


図2 供給方法別の膨張率推移

4) JISの標準試験と材令が一致する。

ここで、NaCl供給前の供試体の養生及び乾燥の必要性について考える。表1の結果より塩分の浸透量のみについて考えれば養生の有無による影響はないものと思われる。しかし、十分に水和反応が完了しないうちにNaClが侵入してくることになるので、このNaClが水和反応に何らかの影響を与えるのではないかという懸念もある。乾燥による影響は塩分浸透量に若干現れている。最も浸透量が多いのは100℃乾燥させたもの、続いて、乾燥なし、常温乾燥となっている。この結果からみると100℃乾燥がよいのではないかと考えられるのだが、100℃という高温では何らかの化学反応が起こる可能性がある¹⁾ので、本実験では乾燥なしのTypeを選んだ。

Type Eの供給方法でAAR試験を行なうと、シリカヒュームは混入率10%で十分な抑制効果が見られ、超低発熱セメントもAARに対して十分な抑制効果をもつことが確認された。高炉スラグについては図3のような結果が得られた。この結果より、外部からのNaClの供給の有無、および、供給するNaClの濃度により膨張率に大きな差が生じることが確認され、粉末度の違いがその抑制効果に大きく影響することが判明した。一般に、AAR抑制策としてスラグが使用される場合は、粉末度4000程度のものが約50%の混入率で用いられている。ところが、本実験のようにNaClが外部より供給される場合には、その程度の抑制策では十分な効果をなし得ないことが明らかである。そこで、この場合十分な抑制効果上げるためにはスラグの混入率を大きくすることが考えられるが、あまりに大きな混入率はコンクリートの強度低下をもたらすので、その代わりとしてスラグの粉末度を上げることも有効手段であるといえるであろう。

4. まとめ

外部よりNaClが供給される場合のAAR試験方法として、そのNaClの供給方法は、濾紙を通しての供給のみで十分であるといえた。また、外部より供給するNaCl濃度を20%にした場合でも、シリカヒューム（混入率10%）超低発熱セメントでは十分な抑制効果が確かめられた。高炉スラグについては、粉末度の高い方が抑制効果が大きいことがわかった。

<謝辞> 本研究において、東北大学工学部土木工学科技官杉山 嘉徳氏に終始ご協力いただいたことに感謝します。

<参考文献> 1) 三浦尚、佐野功：凍結防止剤がアルカリ骨材反応に及ぼす影響に関する基礎的研究，セメント・コンクリート論文集 Vol.46, P540~P545 (1991)

表1 塩化物浸透量測定試験結果

(単位 %)

	Type A	Type B	Type C	Type D	Type E	C-20*	E-20*
全塩分	0.851	0.658	0.751	0.738	0.722	1.375	1.378
可溶性塩分	0.572	0.476	0.953	0.474	0.501	1.113	1.062

*Type C, Eの供給方法でNaCl20%溶液を供給したもの

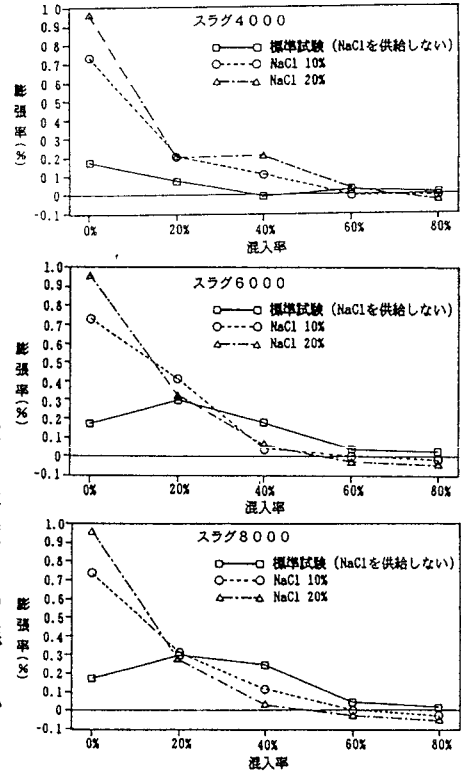


図3 スラグによる抑制効果(8週時の測定結果)