

金沢大学工学部 正会員 ○川村 満紀
 金沢大学工学部 // 五十嵐正巳

1. まえがき

コンクリート構造物が完成した後に、NaClが外部から供給される環境下においては、ASRによるコンクリートの損傷が助長されることが指摘されている。しかし、外部よりNaClが供給される条件下におけるモルタルの膨張量と反応性骨材含有量との関係、ASRを助長するアルカリ/シリカ比の限界値の有無についての系統的な研究が見られない。本研究では、反応性骨材としてオパールを使用して広範囲のアルカリ/シリカ比をもつモルタルを作製することによって、38℃の湿気槽およびNaCl溶液中におけるモルタルの膨張挙動およびアルカリ/シリカ比のベシマム値を明らかにする。

2. 実験概要

2-1 使用材料：反応性骨材は、石川県赤瀬産のオパール岩石であり、そのアルカリ反応性試験(化学法)の結果は、 $R_c = 158\text{mmol/l}$ 、 $S_c = 558\text{mmol/l}$ 、である。反応性骨材試料は、オパール岩石を破碎した後、粒子径範囲が1.2~0.3mmとなるようにふるい分けしたものであり、その比重および吸水率は、それぞれ、2.29と1.79%である。非反応性骨材は豊浦標準砂である。また、種々のアルカリ/シリカ比を有するモルタルを作製するために、等価 Na_2O 量0.97%および0.40%の2種類のポルトランドセメントを使用した。

2-2 モルタルの配合：骨材(標準砂+オパール)/セメント=0.75、水/セメント=0.4とし、シリーズIにおいては、オパールはすべて反応性シリカとして、骨材中のオパールの含有量を変化させることによって、種々のアルカリ/シリカ比をもつように材料の配合割合を決定した。シリーズIIにおいては、オパール/(標準砂+オパール)=0.26とし、小さいアルカリ/シリカ比をもつモルタルにおいては低および高アルカリセメントの配合割合を変化させることによって、またアルカリ/シリカ比の大きい範囲においては高アルカリセメントおよびNaOHを使用することによって、所定のアルカリ/シリカ比をもつモルタルが得られるように材料の配合割合を算定した。

2-3 膨張試験：モルタル供試体の寸法は25.3×25.3×285.5mmであり、各配合に対して2本の供試体を作成した。供試体は、28日間38℃の湿気槽中において養生した後、1N NaCl 溶液中の供試体の時間にとまなう長さ変化を測定した。膨張量は2本の供試体に対する測定値の平均である。

3. 結果および考察

3-1 膨張曲線：図-1はシリーズIにおける各アルカリ/シリカ比に対するモルタルの膨張曲線を示したものである。アルカリ/シリカ比が0.015~0.070の範囲のモルタルにおいては、NaCl溶液に浸漬した直後よりモルタルの膨張が時間とともに増大する。図-2は28日間湿気槽中にて養生後、直ちに蒸留水中に浸漬した供試体(アルカリ/シリカ比=0.05)の膨張曲線を示したものである。図-2の膨張曲線と図-1に示されるアルカリ/シリカ比=0.05に対するものと比較すると、NaCl溶液中において生ずるモルタルのすべての膨張量はNaCl

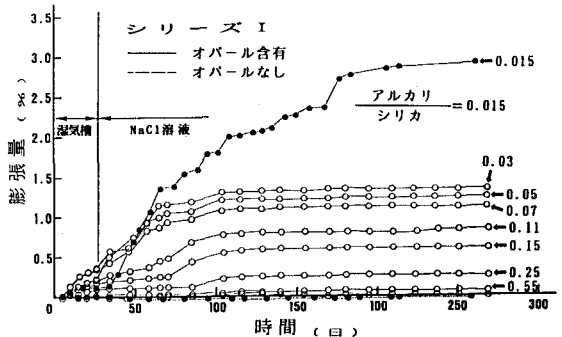


図-1 モルタルの膨張曲線 (NaCl溶液中)

の影響によるものであることが分かる。さらに図-1に示されるように、反応性骨材を含有していないモルタルでは全く膨張量が発生していないことより、NaCl溶液中において発生する膨張は反応性骨材に起因するといえる。図-3には、シリーズIIのモルタルの膨張曲線が与えられている。この図よりアルカリ/シリカ比=0.025、0.030のモルタルを除いて、シリーズIと同様に、NaCl溶液に浸漬直後より、新たな膨張過程が開始していることが分かる。しかし、アルカリ/シリカ比=0.025および0.030においては、それぞれ、NaCl溶液浸漬後、約110日および約30日より徐々に膨張が始まる。

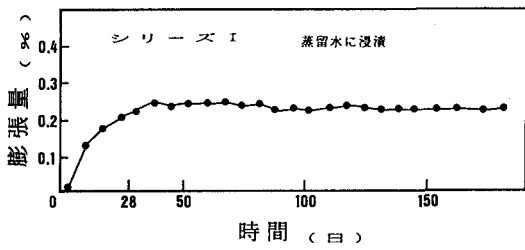


図-2 モルタルの膨張曲線(水中)

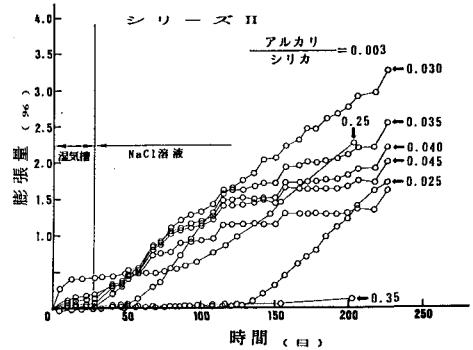


図-3 モルタルの膨張曲線(NaCl溶液中)

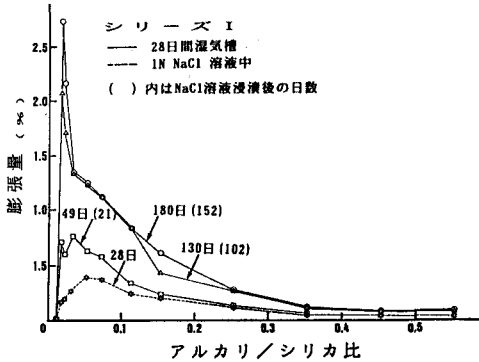


図-4 アルカリ/シリカ比と膨張量の関係(シリーズI)

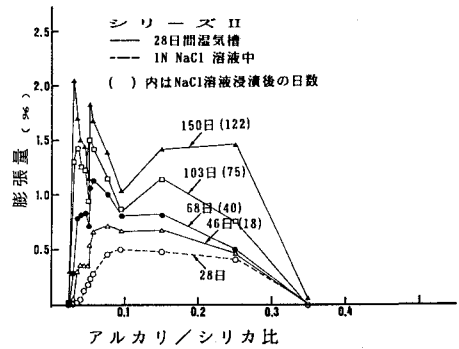


図-5 アルカリ/シリカ比と膨張量の関係(シリーズII)

3-2 アルカリ/シリカ比と膨張量の関係: 図-4はおよび図-5は、シリーズIおよびIIに対するアルカリ/シリカ比と各材令におけるモルタルの膨張量との関係を示す。湿気槽中に保存したモルタル供試体の28日におけるベシマムのアルカリ/シリカ比は、シリーズIおよびIIに対して、それぞれ約0.05および約0.1である。これらの図より明らかなように、1N NaCl 溶液に浸漬した後、ベシマムのアルカリ/シリカ比は時間とともに小さくなり、材令約100日以後においては、シリーズIおよびIIのモルタルは、それぞれアルカリ/シリカ比=0.015 および0.03において最大の膨張量を示す。すなわち、アルカリ/シリカ比=0.01以上では数ヶ月間溶液に浸漬したモルタルの膨張量は、モルタルのアルカリ/シリカ比が小さいほど大きくなる。ただし、シリーズIIにおけるアルカリ/シリカ比=0.025 のモルタルの膨張は進行中である。しかし、アルカリ/シリカ比がある限度値以下になると湿気槽およびNaCl溶液中のいずれにおいてもモルタルは全く膨張を示さないようである。たとえば、シリーズIにおいては、アルカリ/シリカ比が0.01以下においては、モルタルは全く膨張することはない。また、シリーズIIでは、前節で述べたようにアルカリ/シリカ比=0.025 および0.030 のモルタルのNaCl溶液中における膨張の発生はかなり遅れるが、いったん膨張が開始すると、膨張の進行はかなり急速である(図-1)。さらに、図-4に示すように、膨張を全く示さなくなる際のアルカリ/シリカ比の限界値と、最大の膨張量を示すアルカリ/シリカ比が近接していることが注目される。以上の結果は外部よりNaClが供給される環境下におかれた反応性骨材を含有するコンクリート構造物では、以下に示すような現象が生ずる可能性を示唆している。(1) アルカリの含有量が小さいほどかえってASRによる損傷が重大なものになる。(2) 反応性骨材(又は反応性成分)の含有量やコンクリートの配合が少し異なるだけでASRによる損傷の度合いが激変する。(3) 構造物におけるアルカリおよび反応性骨材の分布の片寄りや局部的な環境条件の相違によってASRによる損傷度合いが激変する。

4. まとめ

1N NaCl 溶液中に浸漬した広範囲のアルカリ/シリカ比をもつモルタルの膨張挙動より、そのような条件下におけるアルカリ/シリカ比のベシマム値は、通常の湿気槽環境下におけるものとは全く異なること、およびコンクリートが外部よりNaClが供給される環境条件下にさらされるとASRによる損傷の度合いが激変する可能性のあることが明らかになった。