

アルカリシリカ反応における自由膨張量と膨張圧の関係

金沢大学大学院 学生会員 岩堀 和馬
 金沢大学大学院 学生会員 小寺 毅

金沢大学工学部 フェロー会員 川村 満紀

1. 目的

アルカリシリカ反応（ASR）により損傷を受けたコンクリート構造物のひび割れおよび膨張の程度は、使用材料やコンクリート部材の拘束状態などにより幅広く変化する。ASR による損傷の過程を理解するためには、ある拘束条件におけるモルタルの膨張圧と膨張量との関係を明らかにすることが重要である。コンクリート部材が拘束されるときに発生する ASR による膨張圧は、コンクリート内部において生成されたアルカリシリカゲル（ASR ゲル）の吸水によって発生する浸透圧に起因するという考え方にもとづいて、本研究は、鋼製枠拘束下におけるモルタルの膨張圧を測定することによって、モルタルの自由膨張と膨張圧との関係、およびゲルの組成と膨張圧の関係を明らかにすることを目的としたものである。

2. 実験概要

(1) 使用材料：使用したセメントは普通セメント（OPC；等価 Na_2O 量 = 0.72%）および高アルカリセメント（HAPC；等価 Na_2O 量 = 1.06%）である。反応性骨材として焼成フリント、非反応性骨材として標準砂を使用した。骨材の粒径範囲は、0.6~2.5mm である。

(2) 配合：セメント：骨材：水 = 1：2：0.5，反応性骨材（C.F.）の全骨材量に対する置換率を質量百分率で15，30，60および100%として、40mm × 40mm × 160mmのモルタル供試体を作製した。また、C.F.置換率15および30%については、モルタルの練混ぜ水にNaOHを添加することにより等価 Na_2O 量1.5，2.0および2.5%に相当するセメントを用いてモルタル供試体（含有アルカリ量別）を作製した。

(3) 実験方法：a) 膨張試験：脱型時（打設後 24 時間）の供試体の長さを基長とし、38 湿度環境において材齢に伴う長さ変化を測定した。b) 膨張圧測定：打設後 24 時間経たモルタル供試体を鋼製枠より成る膨張圧測定装置に設置した。装置の概要を図1に示す。モルタルの膨張を拘束することによって発生する力を 24 時間毎に記録した。

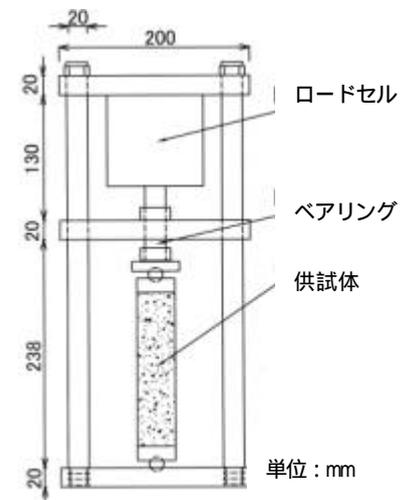


図1 膨張圧測定装置

3. 結果および考察

(1) 膨張挙動：膨張の経時変化を図2に示す。全体としてモルタルは7日あたりから膨張を開始し、膨張速度は約30日前後で緩やかになり、その後、膨張は収束に向かうものの、置換率によって最終膨張量に大きな違いがあった。また、最終膨張量は置換率30，60，15，100%の順に大きく、ペシマム量は30%であった。置換率30%および15%における各アルカリ量のモルタルの膨張量は、50日材齢までに収束し、その最終値の最大のものは0.8%を越える非常に大きな値であった。また反応性骨材置換率

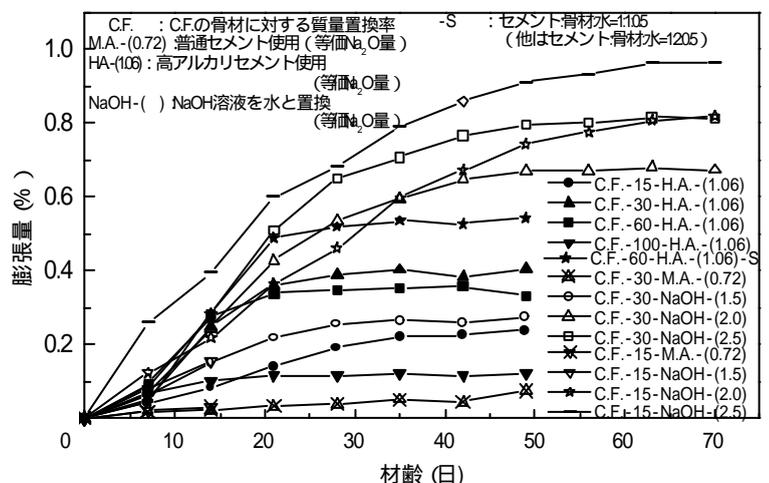


図2 膨張量の経時変化

キーワード アルカリ骨材反応，浸透圧，膨張圧，アルカリ量，ペシマム

連絡先 〒920-8667 石川県金沢市小立野 2-40-20 金沢大学工学部 TEL 076-234-4632

15, 30%共に, アルカリ量が高くなるにしたがって最終膨張量が大きくなり, アルカリ量に関するベシマム値は存在しなかった.

(2) 膨張圧挙動: 膨張圧の経時変化を図3に示す. 各反応性骨材置換率のモルタルの膨張圧挙動は膨張挙動と類似している. 最終膨張圧は最終局膨張量と同様に30, 60, 15および100%の順に大きくなり, 膨張圧に関するベシマム値もまた30%であった. 反応性骨材置換率30%における各アルカリ量の膨張圧挙動も同様に膨張挙動と類似し, 最終膨張圧は等価 Na_2O 量 2.5, 2.0, 1.5, 1.06, 0.72%の順に大きくなった.

しかし, 置換率15%における最終膨張圧の測定値

より, 置換率15%におけるアルカリ量に関するベシマム値は, 等価 Na_2O 量 1.5%であることがわかった.

(3) 最終膨張圧と最終膨張量の関係: 各モルタルにおける最終膨張圧と最終膨張量の関係を図4に示す. 反応性骨材置換率15%における等価 Na_2O 量 2.0および2.5%のモルタルを除いて, 両者間の相関性はよい. ASRによる膨張量は, ゲル周辺で局部的に発生するひび割れ幅と数に比例すると考えられているので, 最終膨張圧と膨張量の相関性が良好であるということは, 本実験におけるほとんどのモルタルにおいて生成されるゲルによって発生する膨張圧にはあまり大きな相違がないことを示唆している. しかし, 例外である二つのモルタルにおけるゲルの膨張圧は他のものとは異なると考えられる. この二つのモルタルが大きな膨張圧を示さなかったのは, 比較的反応性骨材率が低く, かつ, 非常に高い含有アルカリ量で作られたモルタルであるため, 生成ゲルのアルカリ量が高くなり, ゲルの粘性が低下したためにゲルは大きな膨張圧を発揮できなかったと考えられる.

(4) 膨張圧の観点から見たコンクリート構造物でのASR損傷の考察: ASRで劣化したコンクリート構造物における部材の拘束度合いは多様である. したがって, ある反応性骨材を含有するコンクリート構造物において発生する膨張圧は広範囲に変動する.

しかし, 本実験の反応性骨材置換率15%の場合のように, 種々の要因の組み合わせによっては粘性の低いゲルが生成されることがある. このような場合は, コンクリートが室内膨張試験で非常に大きな膨張量を示した場合でも, 大きな拘束下のコンクリート部材において発生する二次的な応力は小さく, その結果発生する損傷はあまり顕著ではないと考えられる.

4. まとめ

モルタルの最終膨張圧と最終膨張量との間には比例関係が存在する.

膨張圧において, モルタルのアルカリ濃度に関するベシマム値が存在する.

種々の要因の組み合わせによっては粘性が低いゲル(アルカリが高い)が生成されることがある. その場合, モルタルバー法で大きな膨張量を示す骨材を用いたコンクリート構造物でも, 発生する損傷はあまり顕著ではないと考えられる.

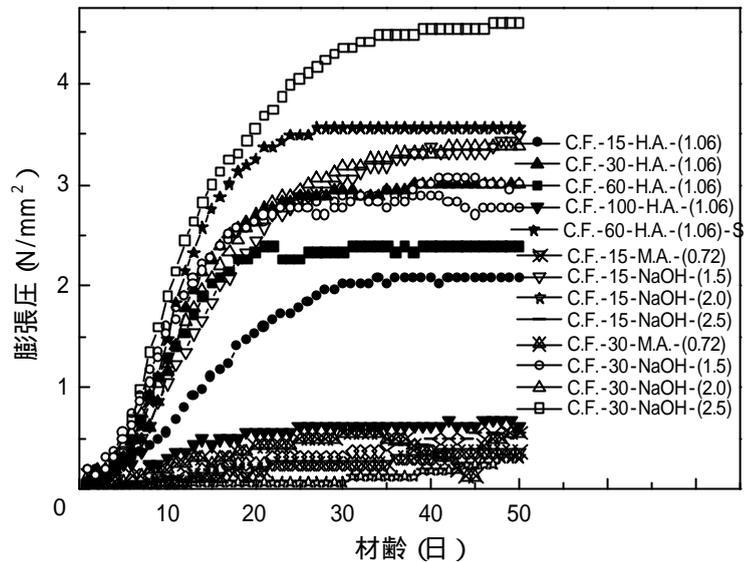


図3 膨張圧の経時変化

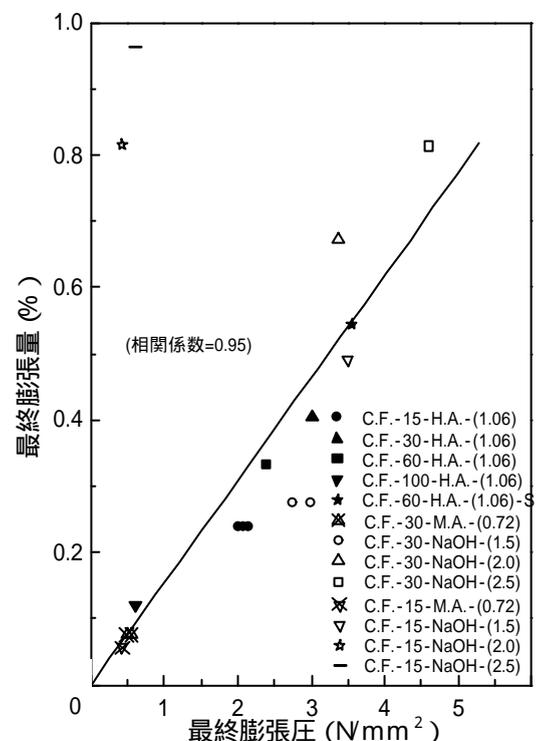


図4 最終膨張量と最終膨張圧の関係