

アルカリシリカ反応によるモルタルの膨張性状に及ぼす細孔溶液の移動

Migration of Pore Solution and Expansion Behavior of Mortar Caused by Alkali Silica Reaction

小林 一 輔*・河 合 研 至*

Kazusuke KOBAYASHI and Kenji KAWAI

1. は し が き

建物の基礎、橋脚、擁壁などのように、連続している駆体のなかで大気と直接接している部分と土壤に接している部分が存在する構造物では、これらの部分間の湿度差によって土壤中の水分が吸い上げられ、コンクリート内部を通じて強制的な細孔溶液の移動が起こる。このような細孔溶液の移動は土壤に接していない部材中でも生ずる可能性がある。たとえば、橋梁の路面から浸透した雨水が少しずつ床版に供給される場合である。本文は、アルカリシリカ反応によるコンクリートの膨張が、このような細孔溶液のマクロなスケールの移動によっても生ずることをシミュレーション実験を通じて明らかにしたものである。

2. 実 験 方 法

2.1 概要

細孔溶液の移動とアルカリシリカ反応によるコンクリートの膨張との関係を調べるシミュレーション実験の方法として、金属円筒管(内径60mm, 肉厚5mm, 長さ460mm)に反応性骨材を用いたモルタルを充てんし、この一端に水またはアルカリ溶液を接触せしめ、他端は開放状態として湿度差を形成させることにより、細孔溶液の移動を図る手法を採用した(図-1)。細孔溶液の移動に伴うアルカリシリカ反応の進行は、金属円筒管の5ヶ所に2点ずつ円周方向に貼りつけた電気抵抗線ひずみゲージを通じて反応によって生じた膨張ひずみを測定して間接的に把握した。

2.2 使用材料、モルタルの組成および供給水

使用したセメントは低アルカリセメントならびに高アルカリセメントの2種類である。低アルカリセメントとしては、 $R_2O=0.53\%$ の普通ポルトランドセメントを使用し、高アルカリセメントとしては、低アルカリセメントをNaOHにより $R_2O=1.5\%$ まで強化したものを使用

した。細骨材としては、非反応性骨材として砂岩(10~15%程度の潜晶質石英を含んでいる)、反応性骨材として各種の促進試験により反応性の高いことが確かめられているガラス質安山岩(火山ガラス量:40%)を使用した。また、混和水には脱イオン水を使用した。金属円筒管の一端から供給した水は脱イオン水および0.1規定のNaClまたはNaOH溶液である。

モルタルの配合は、 $W:C:S=0.5:1:2.25$ の1種類とした。モルタルを充てんした金属円筒管は、打設後上下の端面より水分の逸散が生じないように密封し、 $20^{\circ}C$ の環境下で2週間養生した後、図-1に示すように円

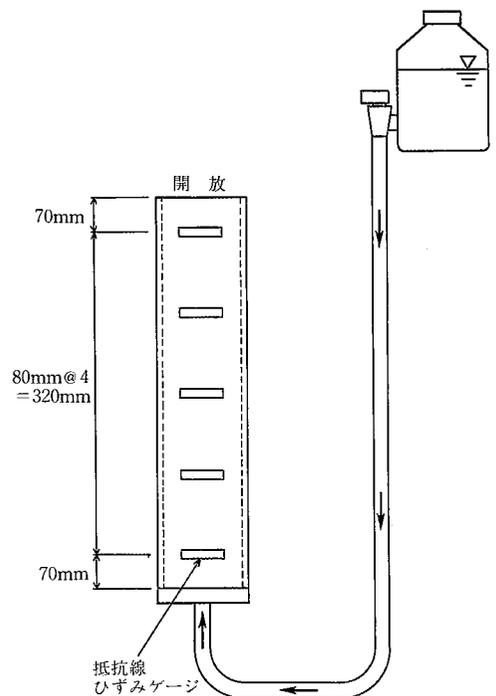


図-1 供試体と溶液の供給方法

*東京大学生産技術研究所 第5部

研 究 速 報

3. 結果および考察

円筒管に生じた円周方向の拘束膨張ひずみの測定結果を図-2~6に示す。各図の縦軸は円筒管のゲージ取り付け位置を示しており、左側に示した円筒管における高さ位置に相当する。円筒管中の記号は、☆印が骨材として

ガラス質安山岩、○印が骨材として砂岩を使用していることを示し、円筒管内が無地のものは低アルカリセメント、網掛けを行っているものは高アルカリセメントを使用していることを示している。供給した溶液の種類は円筒管の下部に示している。

図-2は、ガラス質安山岩と低アルカリセメントを組み合わせたモルタルにpH=7の水を供給した場合の結果であるが、円筒管上端部において明らかに膨張が生じている。これは、強制的な水の移動に伴って細孔溶液中のアルカリイオンも上部へと移動し、上端部にアルカリイオンが濃縮したためと思われる。

また、図-3, 4は、いずれもガラス質安山岩と低アルカリセメントを組み合わせたモルタルに、高アルカリの溶液を供給したものである。下方における膨張性状は両者とも同様であり、100 μ 程度の膨張ひずみを示しているが、膨張圧に換算すると約16kg/cm²となる。下方からアルカリを供給しているため、膨張量は下部ほど大きくなるものと思われるが、ある高さからこの傾向が逆転し、上端部の膨張量が大きくなっている。これは図-2の場合と同様、上端部においてアルカリイオンが濃縮しているためと思われる。一方、上端における膨張量は、NaOHを供給したほうが大きくなっており、特に試験開始10か月において、この傾向は顕著である。これは、供給溶液により細孔溶液中の組成が異なるためであると思われる。練り混ぜ時にアルカリ強化を行う際の試薬として、NaOHとNaClを用いた場合の細孔溶液のpHを比較すると、NaOHにより強化した場合のほうがpHは大きくなることが知られている。すなわち、下方からの供給溶

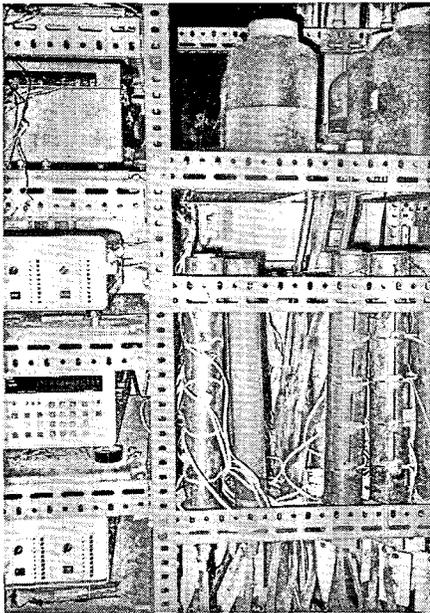


写真-1 供試体ならびに測定機器の設置方法

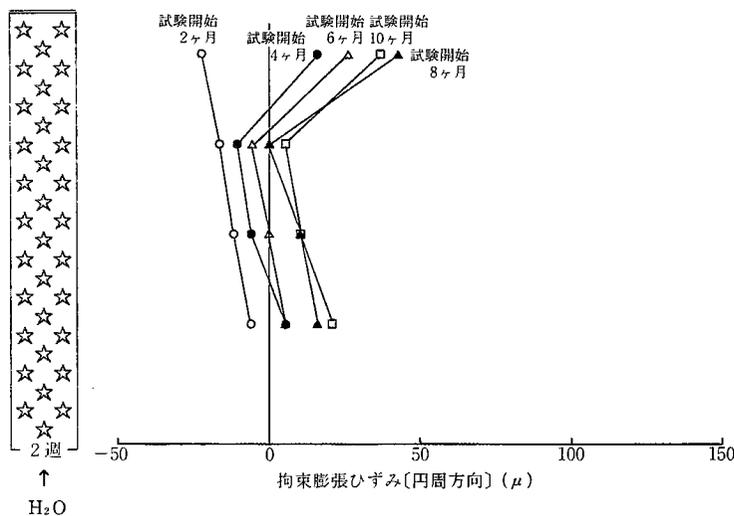


図-2 供試体の膨張特性 (低アルカリセメント・ガラス質安山岩使用)

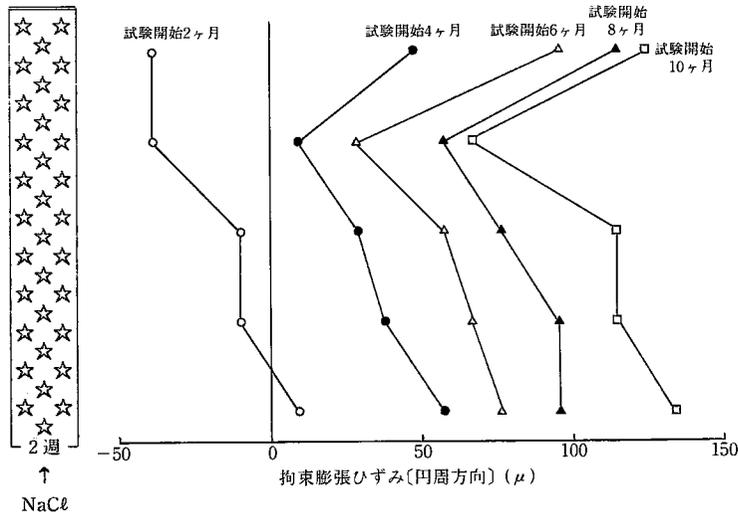


図-3 供試体の膨張特性 (低アルカリセメント・ガラス質安山岩使用)

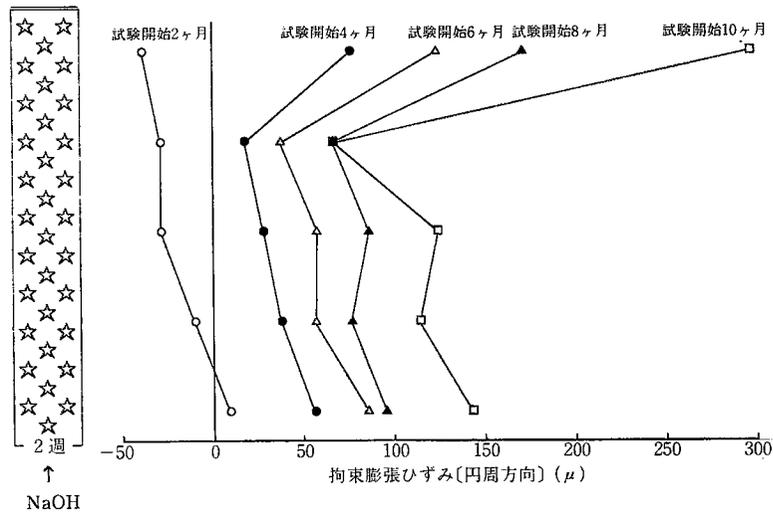


図-4 供試体の膨張特性 (低アルカリセメント・ガラス質安山岩使用)

液がNaOHである場合のほうが、細孔溶液のpHが大きい状態が維持され、上部における細孔溶液のpHに関しても、図-4に示した供試体のほうが大きく、アルカリシリカ反応の生じやすい状態となっているためであると思われる。

図-5は、下半部に高アルカリセメントと非反応性骨材を用いたモルタル、上半部に低アルカリセメントと反応性骨材を用いたモルタルを打設した供試体にpH=7の水を供給した場合の膨張性状である。供試体下部の細孔溶液中のアルカリの移動により、上方の膨張量が大きく

なっているが、アルカリの供給量に限度があるため、最上部における膨張は小さくなっている。また、下方においても膨張の値は大きくなっており、非反応性骨材として用いた砂岩においてもアルカリシリカ反応が生じていることがわかる。

さらに、図-6は、高アルカリセメントと反応性骨材を用いたモルタルに下端から水を供給した場合の膨張性状である。この供試体においては、アルカリシリカ反応に不可欠な反応性骨材ならびに高アルカリ環境が内在しているため、膨張に必要な水分が十分に供給される下方か

研究速報

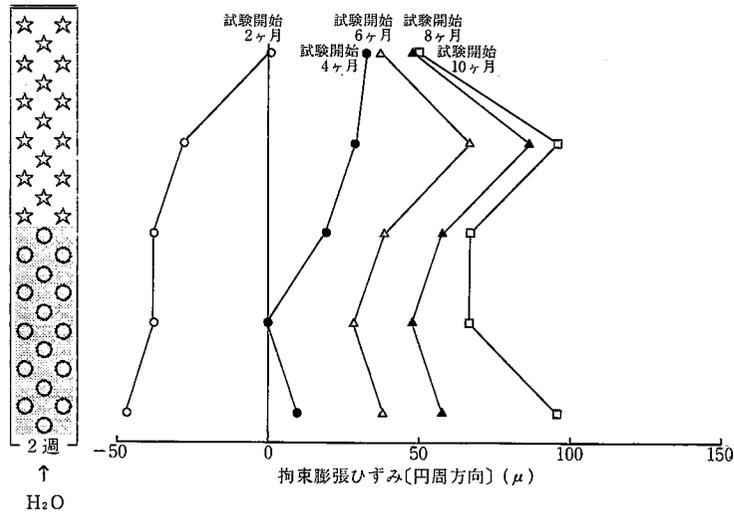


図-5 供試体の膨張特性 (上半部:低アルカリセメント・ガラス質安山岩, 下半部:高アルカリセメント・砂岩使用)

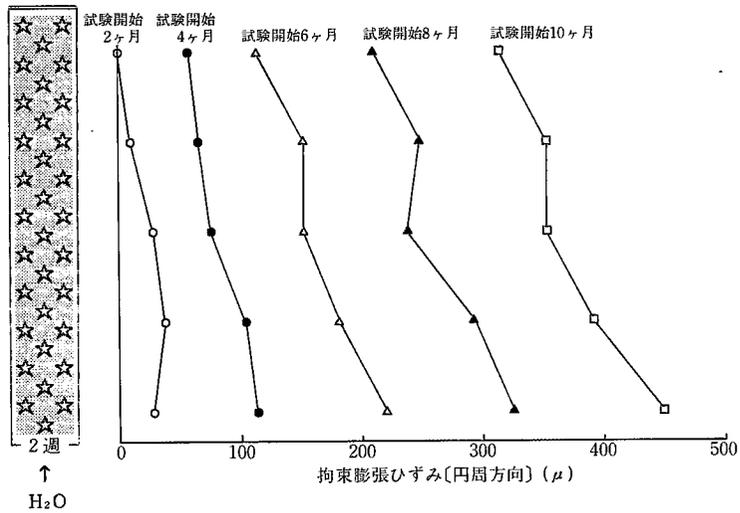


図-6 供試体の膨張特性 (高アルカリセメント・ガラス質安山岩使用)

ら徐々に反応が生じていると考えられる。また、膨張ひずみは、先に示した供試体をはるかに上回っており、膨張圧に換算すると、100kg/cm²程度の値になる。

以上の結果より、外部からの強制的な水の移動により、コンクリート内部に存在するアルカリイオンが移動し、条件によっては、低アルカリセメントを用いた場合でもアルカリシリカ反応を生じる程度まで濃縮することが明らかとなった。

に接しているものが大半であり、自然環境におかれ乾湿が繰り返されるような状況では、コンクリート内部において強制的な細孔溶液の移動が生じることも少なくないと思われる。すなわち、コンクリート内部にアルカリシリカ反応を生ずるに十分なアルカリが存在しなくとも、コンクリート内部における強制的な細孔溶液の移動により、アルカリが移動し、アルカリシリカ反応を生じる程度まで濃縮する可能性のあることが明らかとなった。

(1989年12月25日受理)

4. おわりに

土木構造物においては、コンクリートが土あるいは水