

超高強度モルタルにおけるアルカリシリカ反応

金沢大学大学院 学生会員 ○不破 大仁
金沢大学 フェロー 川村 満紀

1. まえがき

極端に水セメント比の低い超高強度コンクリートでは細孔溶液の量が少なく、ASR ゲルの膨張に十分な水が得られないことや内部の構造が緻密であり水分やイオンの移動が起こりにくいために ASR が抑制されると考えられる。一方、水セメント比が小さいために細孔溶液中の OH⁻イオン濃度が高く、ASR が促進されて、膨張が助長される可能性もある¹⁾。本研究はモルタル供試体の水セメント比を極端に低くすることが膨張挙動にどのような影響をもたらすか、また極端に水セメント比の低いモルタル供試体と比較的水セメント比の高いモルタル供試体との間で生成される ASR ゲルの組成にどのような違いがあるのか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：反応性骨材として焼成フリント（略号 C.F.）と養老チャート、非反応骨材として石灰岩を使用した。またそれぞれの骨材の粒度はふるい分けによって同程度となるように調整した。セメントは中程度のアルカリ量の普通ポルトランドセメント（等価 Na₂O 量 0.67%）とアルカリ量の高い普通ポルトランドセメント（等価 Na₂O 量 1.06%）を使用した。水セメント比 0.23 のモルタル供試体においては高性能 AE 減水剤（ポリカルボン酸系）を使用した。

(2) 配合：モルタルの配合は、セメント：骨材＝1：1であり、水セメント比は 0.23 と 0.5 とした。水セメント比 0.23 のモルタル供試体で使用した高性能 AE 減水剤の添加量はセメント質量に対して 3% とした。反応性骨材の全骨材量に対する置換率（ペシマム量）は質量比で C.F. が 30%、チャートが 60%²⁾ とした。また比較のために反応性骨材無添加のモルタル供試体も作製した。

(3) 実験方法：モルタル供試体（40×40×160mm）は打設後、24 時間で脱型し、20℃と 38℃の湿気槽内で養生した。a) 膨張量試験：脱型時の長さを基長とし、材齢にともなう長さ変化を測定した。b) SEM 像観察および BSE-EDS の組み合わせによる分析：材齢 21 日と 56 日において、膨張試験に用いたものと同様の供試体から厚さ 5mm 程度の薄い板状のモルタル片を切り出し、SEM 観察用試料を作製した。クロシンと研磨材を用いて試料片の切断面の研磨を行い、研磨面に対して金-パラジウム合金を蒸着して、SEM 像観察および BSE-EDS の組み合わせによる分析を行った。EDS 分析では Na、K、Ca、Si、Mg、Al、Fe の元素につき点分析を行った。

3. 実験結果

(1) 膨張挙動

図 1 は養生温度 38℃、高アルカリセメント使用の各モルタル供試体における膨張曲線を示したものである。この図から反応性骨材を有するモルタル供試体において、水セメント比 0.5 のモルタル供試体より水セメント比 0.23 のモルタル供試体の方が終局膨張量が小さくなっていることが分かる。特に C.F. 骨材添加モルタル供試体において両者の膨張量の差はかなり大きなものであることが分かる。

(2) SEM 像観察および BSE-EDS の組み合わせによる分析

膨張が発生したモルタル供試体においては、C.F. 骨材粒子内部に ASR ゲルが生成していることが SEM 像の観察によって確認された（写真 1）。水セメント比の違いによる反応性骨材粒子内部に生成した ASR ゲルの発見しやすさの程度

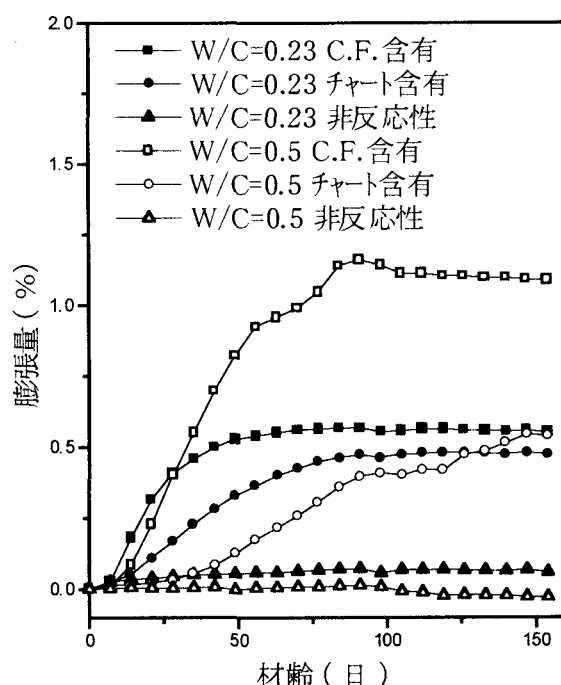


図 1 養生温度 38℃における膨張曲線

には差は無かったが、水セメント比 0.23 の C.F. 骨材粒子添加モルタル供試体においては材齢 21 日、56 日ともにセメントペースト相に ASR ゲルが存在していることが確認された(写真 2)。写真 2 にセメントペースト相に存在した ASR ゲルの BSE 像の例を示す(材齢 56 日)。図 2 は材齢 56 日において C.F. 骨材粒子添加モルタル供試体内部に生成した ASR ゲルに対して EDS-BSE の組み合わせ分析を行い、 SiO_2 、 $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$ 、 CaO をそれぞれ頂点とした三角グラフにプロットしたものである。この図より水セメント比 0.23 と 0.5 との間で C.F. 骨材粒子内部に生成した ASR ゲルの組成にはほとんど差が見られないと言える。またセメントペースト相に存在した ASR ゲルの CaO 量は骨材粒子内部のものよりかなり大きい。

4. 考察

超高強度コンクリートでは細孔溶液の量が少なく、ASR ゲルの膨張に十分な水が得られないので ASR が抑制されると考えられるが図 1 の膨張曲線や写真 1 に示すような SEM 観察結果から非常に水セメント比が低い場合においても ASR 膨張が発生すると言える。しかし、水セメント比の違いによって膨張量に大きな差が生じた。図 2 より明らかなように、水セメント比 0.23 と 0.5 の間で生成される ASR ゲルの組成にほとんど差がないので、ASR ゲルの組成から膨張挙動の差を説明することはできない。両者間における膨張量の差は、生成するゲルの量又はセメントペースト相を通しての各イオンや水の移動度の相違によるものと考えられる。水セメント比 0.23 におけるモルタル中の単位アルカリ量は水セメント比 0.5 の場合より大きいので初期に前者において生成するゲルの量は後者の場合より多いと推察される。したがって水セメント比 0.23 において膨張量が小さいのは、緻密な組織に起因すると考えられる。

5. まとめ

非常に水セメント比の低いモルタル供試体においては、反応性骨材粒子内部だけでなくセメントペースト相にも ASR ゲルが存在していた。またこのようなモルタル供試体の膨張量が小さいのは細孔溶液中の OH^- イオン濃度が上昇して ASR が促進する効果よりも緻密な構造が形成されるために ASR が抑制される効果の方が大きく現れると考えられる。

参考文献

- 1) P.-C. AITCIN ; HIGH-PERFORMANCE CONCRETE、E&FN SPON Ltd. pp497-500、1998
- 2) 森野奎二 他 ; チャート質骨材の微細構造とモルタルバー膨張挙動、コンクリート工学年次論文報告集、pp717-722、1988

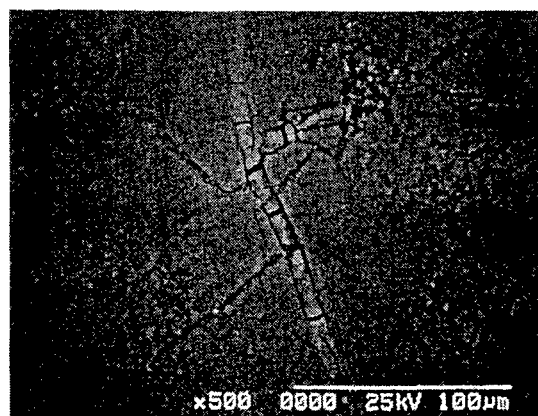


写真 1 C.F. 骨材粒子中の ASR ゲル



写真 2 セメントペースト相の ASR ゲル

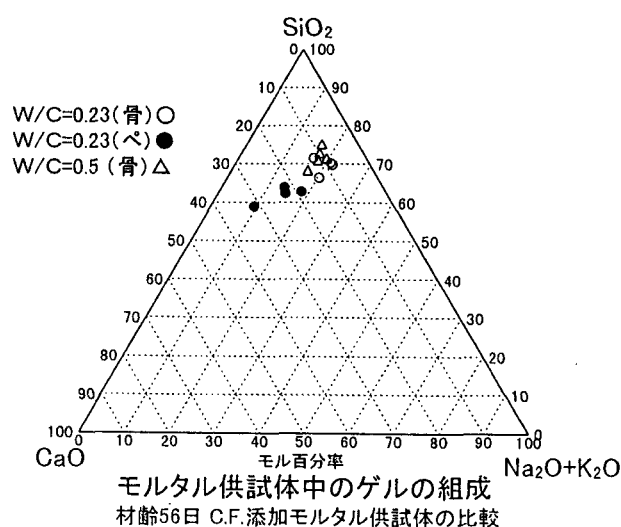


図 2 水セメント比の違いによる ASR ゲルの組成