

NaClが供給される環境下におけるモルタル中の細孔溶液の組成とASR

金沢大学工学部 正会員 川村 満紀
 金沢大学工学部 学生員 ○杉山 彰徳
 金沢大学工学部 学生員 小阪 拓哉

1. まえがき

NaCl溶液に浸漬された反応性骨材含有モルタル供試体において、アルカリシリカ反応（ASR）による膨張が助長されることが指摘されてきた。また、最近そのようなモルタル供試体中にエトリンジャイトが生成している（材令：286日～395日）ことがBEI-EDAXによる定量分析により確認されている。本研究は反応性骨材としてオパールを使用し、広範囲のアルカリ／オパール比を有するモルタル供試体を1NのNaCl溶液に浸漬させたときのそれらの膨張挙動及びモルタル中の細孔溶液の組成を明らかにすることにより、外部から反応性骨材含有モルタル中にNaClが供給されることによってASRによる膨張が助長されるメカニズムを解明しようとするものである。

2. 実験方法

2-1 使用材料：使用したセメントは等価 Na_2O 量0.97%の高アルカリセメントと等価 Na_2O 量0.48%の低アルカリセメントである。反応性骨材及び非反応性骨材として、それぞれ石川県赤瀬産オパール（粒径：1.2～0.3mm）及び豊浦標準砂を使用した。

2-2 実験方法：モルタルの配合は、セメント：水：骨材（標準砂＋オパール）＝1：0.4：0.75（重量比）である。オパール／全骨材＝0.259とし、モルタル中のアルカリ／オパール比は低アルカリセメントと高アルカリセメントを混合すること、及び高アルカリセメントにNaOHを加えることによって調整した。モルタル供試体は、材令28日まで湿気槽中（38℃，R.H.100%）において貯蔵し、その後1N NaCl溶液中（38℃）に浸漬させ、それらの長さ変化を測定した。また、高圧装置を用いて400～500MPaの圧力下において抽出した細孔溶液の分析を行った。

3. 実験結果及び考察

図-1は、28日間湿気槽中で養生したモルタル及び所定期間1N NaCl溶液中に浸漬したモルタル中の細孔溶液の水酸イオン濃度とアルカリ／オパール比の関係を示したものである。この図より、材令28日では標準砂モルタル及びオパール含有モルタルのいずれにおいてもアルカリ／オパール比が大きくなるにしたがって、 OH^- イオン濃度は直線的に増大することがわかる。また、いずれのアルカリ／オパール比においても、オパール含有モルタルは標準砂モルタルよりかなり小さい OH^- イオン濃度を示していることにより、28日間の養生中に生じたASRにより水酸イオンが消費されていることがわかる。NaCl溶液浸漬後では、標準砂モルタル及びオパール含有モルタルのいずれにおいても OH^- イオン濃度が減少している。特に、NaCl溶液浸漬後14日では、アルカリ／オパール比＝0.05以上においては、標準砂モルタルはオパール含有モルタルよりも大きな OH^- イオン濃度を示しているが、NaCl溶液浸漬後62日においては前者は後者より低い OH^- イオン濃度を示す。この事はNaCl溶液中に浸漬されたオパール含有モルタル中において、14日と62日の間で OH^- イオンを放出するような反応が生じていることを示している。

図-2は、NaCl溶液浸漬後14日と62日における細孔溶液中の塩化物イオン濃度とアルカリ／オパール比の関係を示したものである。この図より明らかなように、NaCl溶液浸漬後14日及び62日では、それぞれアルカリ／オパール比＝0.03及び0.06以上において、標準砂モルタルの方がオパール含有モルタルよりも大きな Cl^- イオン濃度を示す。この事実より、NaCl溶液浸漬中において、オパール含有モルタル中ではより多量の Cl^- イオンが消費されていることが分かる。また、図-1及び2に示すように、アルカリ／オパール比＝0.25と0.35の間における水酸イオン及び塩化物イオンの濃度差がかなり大きい。一方、電子顕微鏡（SEM）の観察で、アルカリ／オパール比＝0.25のモルタル中には多量のエトリンジャイトの生成が確認されたが（写真-1）、アルカリ／オパール比＝0.35ではエトリンジャイトは認められなかった。（写真-2）

また、図-3は各材令におけるアルカリ／オパール比と膨張量の関係を示したものである。この図より105日材令において、アルカリ／オパール比＝0.25は大きな膨張を示すが、アルカリ／オパール比＝0.35

の供試体はほとんど膨張を示していないことがわかる。以上の事からNaCl溶液浸漬中のオパール含有モルタルにおけるより多量の塩化物イオンの消費、及び水酸イオンの放出は、モルタル中におけるエトリンジャイトの生成及びそれに伴う膨張の発生と関係するようである。

4. 結論

NaCl溶液に浸漬したモルタルの細孔溶液中の OH^- 及び Cl^- イオン濃度の変化、それらのモルタルの膨張挙動及びモルタル供試体破面に対するSEM観察より次の事実が判明した。(1) NaCl溶液浸漬中、オパール含有モルタル内部において Cl^- イオンを消費し、 OH^- イオンを放出するような反応が生じている。(2) (1)の反応はCl含有エトリンジャイトの生成及びそれに伴う膨張の発生と関係している可能性がある。

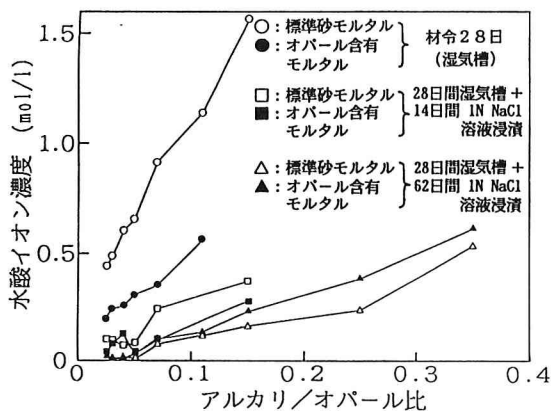


図-1 アルカリ／オパール比と水酸イオン濃度

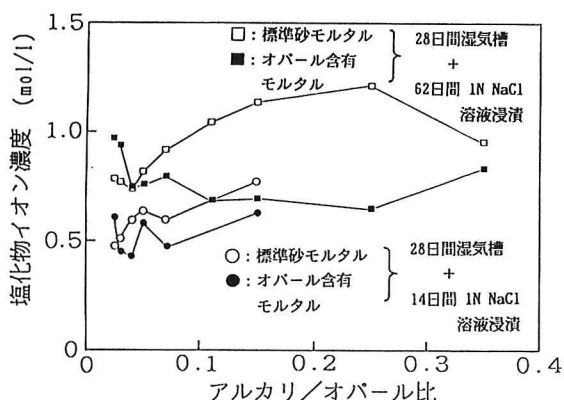


図-2 アルカリ／オパール比と塩化物イオン濃度

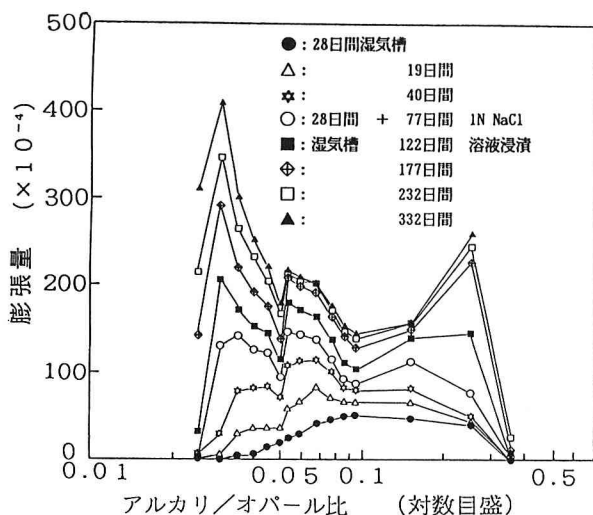


図-3 アルカリ／オパール比と膨張量

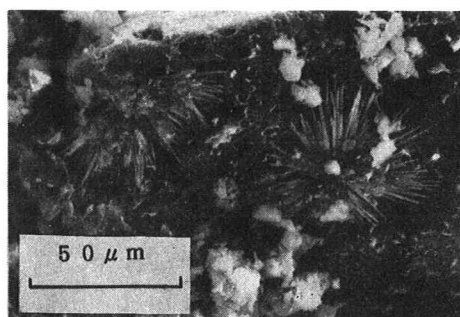


写真-1 アルカリ／オパール比=0.25

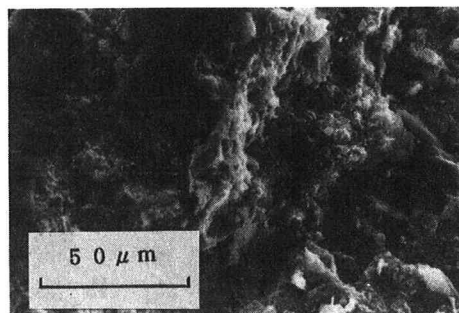


写真-2 アルカリ／オパール比=0.35