

NaCl溶液中のモルタルのASR膨張における石膏の役割

金沢大学大学院

金沢大学工学部

真柄建設(株)

学生員 大坂 和弘

正会員 川村 満紀

正会員 竹内 勝信

1 はじめに

NaClのアルカリ・シリカ反応によぼす影響に関連して、NaCl溶液に浸漬された反応性骨材含有モルタル中に多量の塩化物含有エトリンジャイトの存在が確認された。しかし、多量の塩化物含有エトリンジャイトの存在がNaCl溶液中におけるモルタルの膨張と関係があるかどうかは不明である。NaCl溶液中に浸漬した反応性骨材含有モルタル内部におけるエトリンジャイトの生成とモルタルの膨張の関連性は、NaCl溶液におけるセメントモルタルと石膏を含有しないクリンカーモルタルとの比較により明らかになる可能性がある。本研究では、エトリンジャイトの生成には石膏が不可欠であることに注目し、反応性骨材を含有したクリンカーモルタルとこれに石膏を添加したセメントモルタルについて、湿気槽及びNaCl溶液中におけるモルタルの膨張挙動及び細孔溶液の組成を比較することによって、NaCl溶液中のモルタルのASR膨張における石膏の役割について検討した。

2 実験概要

2.1 使用材料

使用した反応性骨材は焼成フリント(C.F.)であり、粒子径範囲は0.6~2.5mmである。使用したクリンカーの等価Na₂O量は0.71%である。配合割合は、(標準砂+C.F.)／クリンカー=0.75、水／クリンカー=0.5であり、C.F.の量を変化させることにより、所定のC.F.／全骨材比をもつモルタルを作製した。また石膏の添加量はクリンカー質量に対して3%である。

2.2 膨張試験

モルタル供試体(25.3×25.3×285.5mm)は、28日間38℃の湿気槽中で養生した後、38℃の1N NaCl溶液中に浸漬し、それらの時間に伴う長さ変化を測定した。また、脱型後38℃の湿気槽にて養生を継続しながら膨張量を測定する一連のモルタル供試体も作製した。

2.3 細孔溶液の抽出

C.F.／全骨材=0.2のクリンカーモルタル及び3%の石膏を添加したクリンカーモルタル、またこの配合のモルタルに相当する反応性骨材を含有しない標準砂モルタルによって円柱供試体(直径:4cm×高さ:10cm)を作製した。28日間38℃の湿気槽中で養生した後、1N NaCl溶液中に所定の期間浸漬した供試体より、高压装置を用いて細孔溶液を抽出した。

2.4 示差熱分析(DTA)

膨張用供試体の表面から深さ5mm部分より切り出したモルタル片を粉碎してアセトンによって乾燥したものを使用した。DTAの測定条件は、加熱速度:10°K/分、標準試料:アルミナ、試料重量:25mgである。

3 結果及び考察

3.1 膨張挙動

図-1および2はクリンカーモルタルの湿気槽及び1N NaCl溶液浸漬に

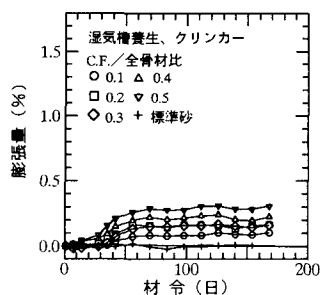


図-1 モルタルの膨張曲線

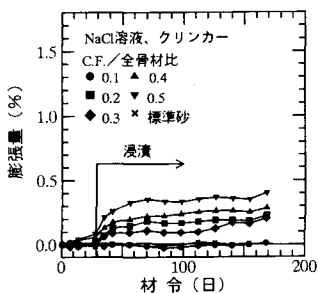


図-2 モルタルの膨張曲線

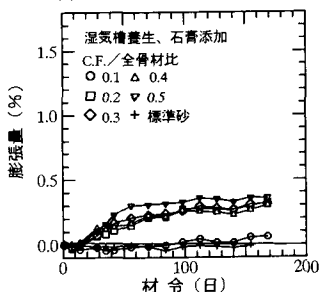


図-3 モルタルの膨張曲線

おける膨張曲線を示したものである。これらの図よりC.F./全骨材比＝0.1を除いて湿気槽及び1N NaCl溶液中のモルタルの膨張は材令28日頃から始まり、材令70日以後停止していることがわかる。両者の間で、膨張挙動に、大きな相違はみられないことから、クリンカーモルタルにおいては、NaCl溶液中でアルカリシリカ膨張は助長されないと言える。図-3及び図-4はクリンカーに3%の石膏を添加したモルタルの膨張曲線である。湿気槽養生については、C.F./全骨材比＝0.1を除いて材令70日以後膨張は停止し、材令170日における膨張量はクリンカーモルタルのそれとほぼ同じである。しかし、石膏添加クリンカーモルタルを1N NaCl溶液に浸漬させると浸漬直後から時間とともに急激な膨張量の増加がみられ、例えばC.F./全骨材比＝0.5のモルタルの材令170日における膨張量は約0.9%であり、湿気槽中で養生したモルタルの膨張量の約2倍である。このことはNaCl溶液中においては、石膏が存在するモルタルのみにおいて、アルカリシリカ膨張は助長されることを示している。

3.2 細孔溶液の組成変化

図-5は、NaCl溶液に浸漬させたクリンカー及びクリンカーに3%の石膏を添加したモルタルの細孔溶液中のOH⁻イオン濃度の経時変化を示したものである。この図より浸漬後14日間に於いてすべてのモルタル中のOH⁻イオン濃度が大きく低下していることがわかる。材令28日以降、C.F.含有及び標準砂クリンカーモルタル、石膏を添加した標準砂モルタルのOH⁻イオン濃度は減少している。しかし、石膏を添加したC.F.含有モルタルのみにおいて、他のモルタルよりも高いOH⁻イオン濃度が保持されている。このことは、1N NaCl溶液に浸漬し、石膏を添加したC.F.含有モルタル中で、OH⁻イオン濃度を上昇させるような反応が生じていることを示している。

3.3 DTA分析結果

図-6は湿気槽および1N NaCl溶液中の石膏添加クリンカーモルタルのエトリンジャイト量の経時変化を示した図である。湿気槽中では、C.F.含有モルタルおよび標準砂モルタルのいずれにおいてもエトリンジャイトの量の増加はみられない。しかし1N NaCl溶液に浸漬した場合は、いずれのモルタルにおいてもエトリンジャイトの量は材令に比例して増加しているが、C.F.の有無によって生成されるエトリンジャイトの量に差はみられない。このことより、石膏を添加した反応性骨材含有クリンカーモルタルをNaCl溶液に浸漬させることによりエトリンジャイトの量は増加するが、エトリンジャイトの生成は膨張量に直接影響していないと言える。また、図-5においてみられるC.F.の有無によるOH⁻イオン濃度の差はエトリンジャイトの生成に起因するものではないといえる。

4 結論

以上の結果よりNaCl溶液中では、モルタル中に反応性骨材及び石膏が存在するときのみ、ASR膨張は助長されることがわかる。NaCl溶液に浸漬した石膏添加クリンカーモルタル中ではエトリンジャイトが生成され、その生成量は浸漬材令とともに増加する。また、生成されるエトリンジャイトの量が増加している間は、そのようなモルタル中では比較的高いOH⁻イオン濃度が維持される。NaCl溶液中で石膏添加クリンカーモルタルの膨張が助長されるのはエトリンジャイトが生成されるためではなく、細孔溶液中のOH⁻イオン濃度が比較的高いレベルに保持されることに起因する。しかし、エトリンジャイトの生成がOH⁻イオン濃度の上昇と関係がないようであるが、NaCl溶液中のC.F.含有モルタル中においてOH⁻イオンが生成されるためには石膏の添加が不可欠の条件であることも確かである。

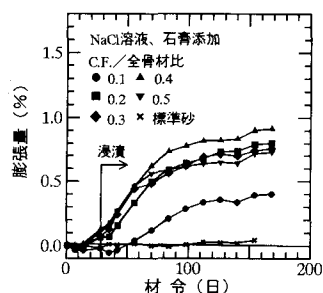


図-4 モルタルの膨張曲線

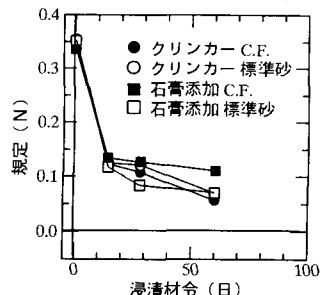


図-5 OH⁻イオン濃度の経時変化

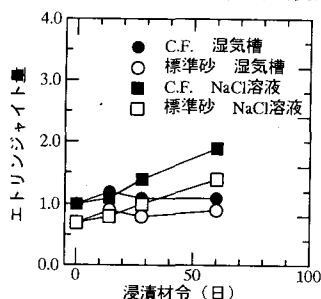


図-6 エトリンジャイト量の経時変化