

金沢大学工学部 正会員 ○川村 満紀
同 上 正会員 竹本 邦夫
同 上 正会員 柳 重正

1. まえがき

一般に、鉱物混和材によるアルカリ・シリカ膨張の抑制は、細孔溶液中の水酸化アルカリが混和材との反応によって急速に除去されるためであると考えられている。したがって、混和材の種類によつてアルカリ・シリカ膨張の抑制効果が相違するのは、混和材によつて細孔溶液中のアルカリ量の低減効果が異なるためと推察される。しかし、フライアッシュを添加したモルタル中のオパール粒子へのアルカリの侵入に関する実験結果では、フライアッシュの添加によつてアルカリ・シリカ反応が抑制されることはないが、膨張量は大きく減少することが示されている。本研究は、数種類の混和材を添加したモルタル中の細孔溶液の化学組成を明らかにすることによつて、各混和材の添加による細孔溶液中のアルカリ量の低減とアルカリ・シリカ膨張の抑制との関係について検討したものである。

2. 実験概要

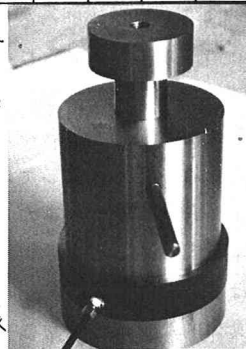
(1) 細孔溶液の抽出 使用セメントは、等価 Na_2O 量 0.79% (Na_2O : 0.38% K_2O : 0.62%) の普通ポルトランドセメントである。使用した混和材は、シリカヒュームAおよびB、フライアッシュ、高炉スラグ、焼成カオリン(カオリン粘土を700℃で2時間焼成したもの)の5種類であり、各混和材の化学組成およびアルカリ量を表-1および表-2に示す。モルタルの配合は、セメント:標準砂:水=1:0.75:0.4(重量比)である。混和材の添加量は、5、10および30%(セメントに対する重量百分率)である。細孔溶液抽出用のモルタル供試体(直径5.6cm、高さ10cmの円柱体)を所定材令に達するまでポリエチレン袋で密封した状態で、温度38℃の湿気槽中で養生した後、それらの供試体を写真-1に示すような装置を使用して、約400~600MPaの高圧カ下で圧搾することによつて、細孔溶液を抽出した。(2) 膨張試験 膨張試験用モルタルの配合は、細孔溶液の抽出実験において使用したモルタルにおいて骨材(標準砂)の10%(重量百分率)をオパール骨材によって置換したものである。モルタルバー(25.3×25.3×253mm)は温度38℃の湿気槽中に野蔵しながら、それらの長さ変化を測定した。使用したオパール骨材は、石川県赤瀬産および米国産Beltaneオパールである。

表-1. 各混和材の化学組成

	フライアッシュ	シリカヒュームA	シリカヒュームB	焼成カオリン	スラグ
Igloss	3.8	2.1	3.4	1.9	1.7
SiO_2	55.3	91.0	82.3	52.0	34.3
Al_2O_3	27.9	0.5	0.1	38.8	14.6
Fe_2O_3	6.4	1.1	1.3	2.2	0.8
CaO	2.6	0.3	1.1	0.1	41.5
MgO	2.7	1.7	0.5	0.3	5.0
MnO		0.1	—	—	0.7
Na_2O	0.72	0.80	100	0.21	0.26
K_2O	0.48	2.42	175	0.44	0.38

表-2. 各混和材のアルカリ量

	フライアッシュ	シリカヒュームA	シリカヒュームB	焼成カオリン	スラグ
全アルカリ	1.04	2.39	2.15	0.50	0.51
available アルカリ	0.57	0.50	1.00	0.13	0.45
水溶性アルカリ	0.09	0.36	0.35	0.04	0.004



3. 結果および考察

(1) 種々の混和材のアルカリ・シリカ膨張量におよぼす影響

a. 赤瀬オパールモルタル 図-1は各混和材を添加した赤瀬オパールモルタルの膨張曲線を示す。図-1より高炉スラグおよびフライアッシュを添加したモルタルにおいては、写真-1. 細孔溶液抽出装置 5%程度の添加量でモルタルの膨張量はかなり大きく低下することがわかる。高炉スラグでは、その添加量を30%まで増加しても、モルタルの膨張量はほとんど変化しないが、フライアッシュでは、添加量30%における膨張量は添加量5%の端の約1/5程度になる。焼成カオリンを30%添加したモルタルは、ほとんど膨張を示さない。図-1より明らかに、シリカヒュームのアルカリ・シリカ膨張抑制効果は、シリカヒュームAとBとの間に大きな差異が見られる。すなわちシリカヒュームAを添加したモルタルでは、少なくとも添加量5%程度では、シリカヒュームの添加によつて膨張量はかえって多少増大する。しかし、シリカヒュームBを10%添加すると、少なくとも9ヶ月経

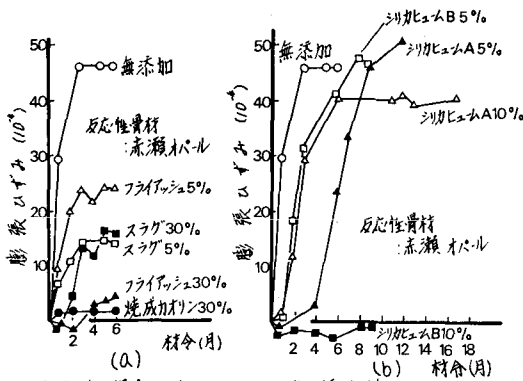


図-1. 赤瀬オパールモルタルの膨張曲線

膨張は生じない。

b. Beltane オパールモルタル 図-2は各混和材を添加したBeltaneオパールモルタルの膨張曲線を示す。この図より、赤瀬オパールモルタルとBeltane オパールモルタルとで各混和材の膨張抑制効果が大きく相違することがわかる。高炉スラグを30%添加したモルタルの膨張量は、混和材を添加しないモルタルの膨張量の約2倍であり、30%のフライアッシュを添加しても、モルタルの終局膨張量はほとんど低下しない。シリカヒュームの膨張抑制効果については、シリカヒュームBを添加したモルタルを除いて、シリカヒューム添加モルタルは混和材無添加モルタルの約2~4倍の膨張量を示す。

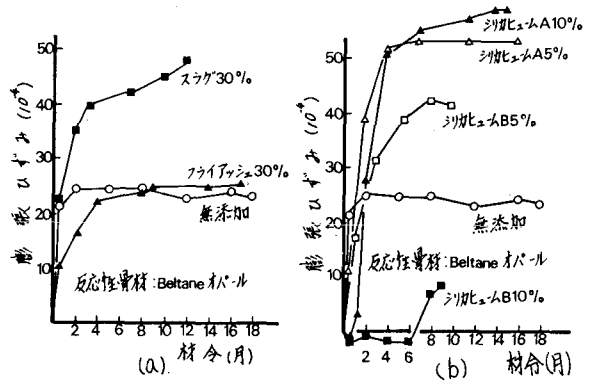


図-2. Beltane オパールモルタルの膨張曲線

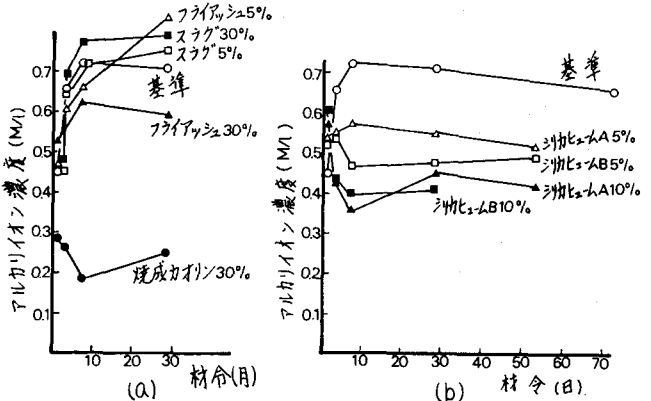


図-3. 種々の混和材を含有するモルタル中の細孔溶液のアルカリイオン濃度

(2). 細孔溶液のアルカリイオン濃度とモルタルの膨張挙動

図-3は各混和材を添加したモルタルの細孔溶液中のアルカリイオン濃度を示す。図-3より少なくとも30%以下の添加量では、高炉スラグは細孔溶液中のアルカリイオン濃度を上げて上昇させることがわかる。しかし、5%のフライアッシュを添加したモルタルを除いて、フライアッシュ、焼成カオリン、シリカヒュームの添加によってモルタルの細孔溶液中のアルカリイオン濃度はかなり低減される。特に、焼成カオリンによるアルカリイオン濃度の低下効果は著しく大きい。図-2および図-3に示される膨張曲線とアルカリイオン濃度との比較より得られる結果をまとめると次のようである。

- 1) アルカリイオン濃度を低下させる混和材は、赤瀬およびBeltaneのいずれのオパールを使用したモルタルの膨張の発生時期を遅らせる。
- 2) 赤瀬オパールモルタルにおいては、高いアルカリイオン濃度をもつ高炉スラグモルタルでも混和材無添加モルタルよりも小さい膨張量を示すが、細孔溶液のアルカリイオン濃度をかなり大きく低下させるシリカヒュームの膨張抑制効果はあまり見られない。
- 3) 30%の焼成カオリンを添加したモルタルにおけるように、ある限度値以下まで大きく細孔溶液のアルカリイオン濃度を低下させると、膨張は生じないようである。
- 4) Beltane オパールモルタルでは、シリカヒューム添加モルタルにおいて示されるように、中程度にアルカリイオン濃度を低下させるとかえって終局膨張量は大きくなる。
- 5) 細孔溶液のアルカリイオン濃度にあまり差異のないシリカヒュームAおよびBを10%添加したBeltane オパールモルタルに見られる大きな膨張量の差および上述の2)の結果は、アルカリイオン膨張量を支配する要因は、細孔溶液中のアルカリイオン濃度だけではないことを示す。

最後に、本研究に対して文部省科学研究補助金(一般研究B)を受けたことを記し、謝意を表す。