

ポゾランによるアルカリ・シリカ膨張の抑制

金沢大学 正員 川村 満紀 同 正員 竹本 邦夫
金沢大学 正員 松場 重正 同 学員 林 順三

1. まえがき ポゾラン反応性の大きいシリカヒュームをアルカリ・シリカ膨張を抑制するためのポゾラン材料として利用することが注目されている。しかし、シリカヒュームのアルカリ・シリカ膨張抑制効果についての実験結果は非常に少ない。本報告は、数種類のシリカヒュームを添加したモルタルのアルカリ・シリカ膨張特性を明らかにするとともに、熱分析(DSC-TG)により各シリカヒュームのポゾラン反応性を評価することによってシリカヒュームのポゾラン反応性とそのアルカリ・シリカ膨張抑制効果の関係について検討したものである。

2. 実験概要 本実験で使用したセメント及び反応性骨材はそれぞれN社製の普通ポルトランドセメント(Na_2O 等価百分率:0.76%)及び粒度1.2~0.6mmのBeltaneオパール(米国産:比重2.10,吸水率4.93%)である。また、非反応性骨材として豊浦標準砂を使用した。使用した各シリカヒュームの化学組成及び各種アルカリ量は、それぞれ表-1及び表-2に示す。膨張試験用モルタルの配合は、全骨材(標準砂+オパール骨材)/セメント=0.75,水/セメント=0.4,シリカヒューム/セメント=0.05, 0.10及び0.15(重量比)である。また、所定のコンシステンシーを得るためにシリカヒューム添加率15%に対しては高性能減水剤を使用した。モルタル供試体(25×25×285mm)はASTM C 227に準じて作製し、38℃の蒸気槽内に貯蔵しながら所定材令において各供試体の長さ変化を測定した。また、各シリカヒュームのポゾラン反応性は、膨張試験用モルタルにおいて全骨材を除いた部分に相当するW/C=0.4の各種セメントペースト板(100×100×5mm)を蒸気槽内に貯蔵し、所定材令においてDSC-TG分析に供し、得られたDSC-TG曲線からペースト中に含まれる $\text{Ca}(\text{OH})_2$ の量を求めた。

表-1 各シリカヒュームの化学組成(%)

	S.F A	S.F B	S.F C	S.F D
SiO_2	91.4	82.3	87.0	89.0
Al_2O_3	0.5	0.1	0.8	0.4
Fe_2O_3	1.1	1.3	4.1	1.1
CaO	0.3	1.1	0.7	0.9
MgO	1.7	0.5	0.4	1.0
Na_2O	0.60	1.00	0.64	1.20
K_2O	2.00	1.75	1.21	1.17
SO_3	—	—	—	0.14
Ig. Loss	2.1	3.4	1.5	2.3

表-2 各シリカヒュームのアルカリ量

	S.F A	S.F B	S.F C	S.F D
全アルカリ量(%)	1.91	2.15	1.44	1.97
Available(%)	0.50	1.00	0.63	0.89
水溶性(%)	0.36	0.35	0.16	0.46

3. 実験結果及び考察 図-1, 2及び3は、各シリカヒュームをそれぞれ5%, 10%及び15%添加したモルタルの膨張試験の結果を示す。シリカヒュームの添加率5%の場合、材令6ヶ月においてシリカヒュームA, C及びDを添加したモルタルが標準モルタルの約3倍の膨張量を示し、シリカヒュームBを添加したモルタルの膨張量は標準モルタルの約2倍である。シリカヒュームの添加率10%の場合、シリカヒュームB添加モルタルが材令6ヶ月においても全く膨張がみられないのに対し、シリカヒュームA, C及びDを添加したモルタルはそれぞれ材令1ヶ月, 5ヶ月及び1ヶ月より膨張が始まっている。特に、材令6ヶ月においてシリカヒュームA添加モルタルは標準モルタルの約3倍の膨張量を示している。シリカヒュームの添加率15%の場合、シリカヒュームB, C及びDを添加したモルタルでは材令6ヶ月においても全く膨張を示していないが、シリカヒュームA添加モルタルは材令5ヶ月より膨張が始まり材令6ヶ月においては標準モルタルの約1/2の膨張量を示している。図-4, 5及び6はシリカヒュームをそれ

それぞれ5%, 10%及び15%添加したセメントペースト中の材令28日までの $\text{Ca}(\text{OH})_2$ の量の変化を示している。シリカヒュームの添加率5%の場合、シリカヒュームを添加することにより材令3日以後、無添加ペーストに比べて $\text{Ca}(\text{OH})_2$ の量が少なくシリカヒュームのポツラン反応が非常に速く進行することがわかる。しかし、シリカヒュームA及びDを添加したペースト中の $\text{Ca}(\text{OH})_2$ の量は材令3日以後、ほとんど変化しないのに対し、シリカヒュームBを添加したペースト中の $\text{Ca}(\text{OH})_2$ の量は材令7日以後も減少しているという結果は、シリカヒュームBの反応性がA及びDに比べて大きいことを示している。(図4)シリカヒュームの添加率が10%及び15%の場合、シリカヒュームBを添加したペースト中の $\text{Ca}(\text{OH})_2$ の量は非常に少ない。一方、シリカヒュームA及びDを添加したペーストではシリカヒュームBの場合に比較してシリカヒュームの添加量の増加に伴う $\text{Ca}(\text{OH})_2$ の量の減少は少ない。いずれの添加率においても $\text{Ca}(\text{OH})_2$ の消費量(ポツラン反応性)は、シリカヒュームB, A, Dの順に大きい。一方、前述のように添加率10%においてアルカリシリカ膨張の抑制効果がみられるのはシリカヒュームBとCであり、添加率15%ではシリカヒュームA以外は完全にアルカリシリカ膨張を抑制している。したがって、ポツラン反応性の最も高いシリカヒュームBでは、少なくとも10%程度の添加量においてアルカリシリカ膨張を生じなくなるといえる。しかし、添加率15%ではシリカヒュームDよりポツラン反応性の高いAだけが膨張するという事実は、アルカリシリカ反応によるモルタルの膨張に影響を及ぼす要因はポツラン反応性だけではないことを示している。

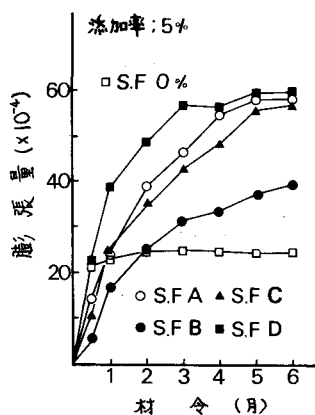


図-1 膨張曲線

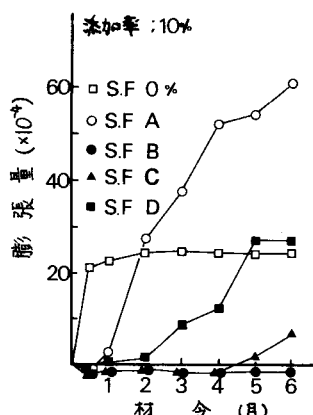


図-2 膨張曲線

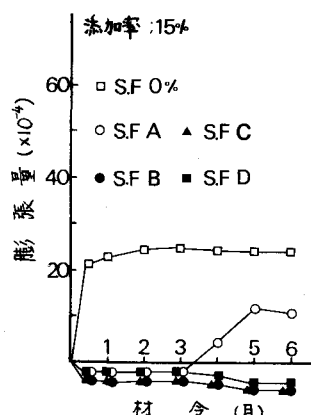
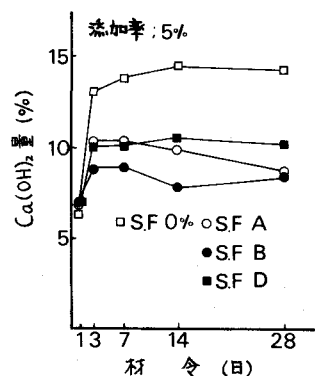
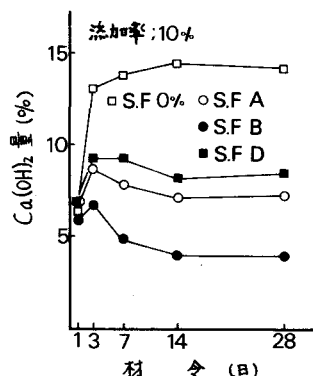
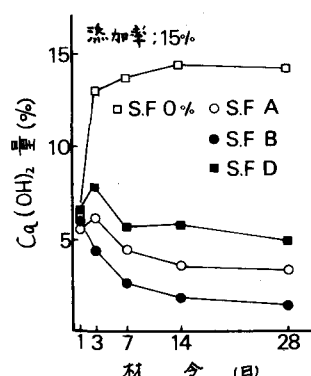


図-3 膨張曲線

図-4 ペースト中の $\text{Ca}(\text{OH})_2$ の量図-5 ペースト中の $\text{Ca}(\text{OH})_2$ の量図-6 ペースト中の $\text{Ca}(\text{OH})_2$ の量