

金沢大学	正会員	川村	満紀
同上	正会員	○竹本	邦夫
同上	正会員	柳場	重正

1. はじめに

最近、我国でもコンクリート構造物においてアルカリシリカ反応によると思われるひびわれ及び異常膨張が比較的多く認められるようになっており、及び今後良質骨材の不足、コンクリート中のアルカリ濃度の上昇のために反応の発生する可能性の高いことより、アルカリシリカ反応に対する適切な防止対策の確立が急務とされている。しかし、アルカリシリカ反応による膨張は、使用材料、配合及び環境条件等の多くの要因によって複雑に影響されるので、アルカリシリカ反応の発生を防止する確実な方法は無いようである。従来より、アルカリシリカ反応の発生を防止する方法の一つとして推奨されているボゾランや高ガスラグの使用に関しても、使用するボゾランの種類及び配合によってアルカリシリカ膨張抑制効果に大きな差異の生ずることが認められている。本報告は、反応性骨材として石川県赤瀬産オパールを用いたセラルにおける数種類のボゾランのアルカリシリカ膨張抑制効果に関して、ASTM C-441に従って得られた結果との相違を検討したものである。

2. 実験概要

使用したセメントは普通ポルトランドセメントであり、等価 Na_2O 量は0.76%である。オパール骨材は、石川県赤瀬産で粒子径範囲が1.2-0.6mmになるように破砕したものであり、その化学組成及び物理的性質は表1に示す通りである。使用した混和材は、フライアッシュ(F:市販)、2種類の高ガスラグ粉末I及びII(Si :S製及び Si_2 :K製)、カオリン(K:岐阜県岐阜産)及びカオリンを700°Cで2時間焼成したもの(焼成カオリン:CK)の5種類であり、フライアッシュ、スラグI及びカオリンの化学組成及び各種のアルカリ量を表1及び表2に示す。セラルの配合は、セメント:骨材:水=1:0.75:0.4(重量比)であり、非反応性骨材として豊浦標準砂を使用し、全骨材の10%をオパール骨材で置換した。混和材の添加量はセメントに対する重量百分率で5、15及び30%とした。また、セラル中の細孔溶液のアルカリ濃度を変えるため、セメント重量に対して1%の NaOH を添加したセラルも作成した。さらに、各混和材について反応性骨材としてパイレックスガラスを用いるASTM試験に従った膨張抑制効果の判定試験も実施した。

3. 実験結果及び考察

図1は、各種混和材のASTM C-441における試験結果を示す。この図から、本実験において使用した混和材は、すべて規準無添加セラルの膨張量の25%以上の膨張減少率を示していることがわかる。したがって、ASTM規格では、本実験において使用した混和材はアルカリシリカ膨張抑制に有効であると判定される。

図2-4は、各種混和材を各々5、15及び30%添加した NaOH 無添加の赤瀬オパールセラルの膨張曲線を示す。これらの図から、いずれの混和材においても5%程度の添加量でも無添加セラルの膨張量に比べて約6ヶ月で約1/2以下の膨張量しか示さない。しかし、混和材の種類及び添加量によって膨張減少割合が異なる。比表面積の大きいカオリン及び焼成カオリン(ともに40 m^2/g)を使用したセラルの膨張量の減少率が大きく、添加率15%以上ではほとんど膨張しない。フライアッシュを用いた場合、添加率が多いと膨張量が非常に小さくなるが、15%程度の添加量では長期材令になると膨張減少率が添加率5%の場合と同程度である。一方、スラグIを用いた場合、30%までの添加率では、初期材令の膨張量は添加量に応じて小さくなるが、図4に示すように添加率30%においても長期材令においてある程度の膨張量の伸びが見られ、6ヶ月においてはスラグIの膨張抑制効果は他のボゾランよりも小さい。スラグIIのアルカリシリカ膨張抑制効果が、さらに小さいことは図4より明らかである。

図5~7は、NaOHを添加した場合の各種セメントの膨張曲線を示す。これらの図から、セメント中のアルカリ濃度が高められると、5%程度の添加率では、いずれの混和材においても膨張抑制効果が認められない。また、添加率の増加に伴う膨張量の減少も、焼成カオリンを除いて小さく、添加率30%でもフライアッシュ、スラグI及びカオリンを添加したセメントの膨張が大きいことがわかる。

4. 結論

ASTM試験において、同様にアルカリシリカ膨張抑制に有効と判定されるボゾランでも、アルカリ量、反応性骨材の種類及び配合割合によってアルカリシリカ膨張抑制効果はかなり異なることが確認できた。

参考文献 (1) 川村他、わが国におけるアルカリ骨材反応の2,3の事例、土木年報、37、pp136~139、昭和58年。

表1. 化学組成

	セメント	フライアッシュ	スラグI	カオリン
lg.loss	1.9	3.8	1.7	1.9
SiO ₂	92.6	55.3	34.8	52.0
Al ₂ O ₃	1.9	27.9	14.6	38.8
Fe ₂ O ₃	0.5	6.4	0.8	2.2
CaO	0.0	2.6	41.5	0.1
MgO	1.1	2.7	5.0	0.3
MnO	—	—	0.7	—
比重	2.36	2.38	2.89	2.50
減面積 1m ² /g	2	1	40	—
吸水率	2.65%	—	—	—

表2 各種アルカリ量(%)

	全アルカリ量	水溶性アルカリ量	Available Alkali量
フライアッシュ	1.04	0.09	0.57
スラグI	0.51	0.004	0.45
スラグII	0.59	0.01	—
カオリン	0.50	0.04	0.13
焼成カオリン	0.70	0.01	0.04

- 全碱量: JIS R5202 及び 協会標準法。
- 水溶性アルカリ量: ASTM-C-114。
- Available Alkali量: ASTM-C-311。

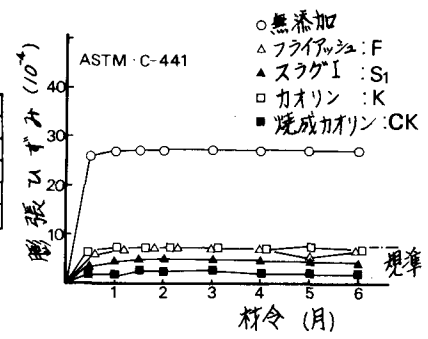


図1. ASTM-C-441に従ったアルカリシリカ膨張抑制判定試験結果(反応性骨材:バレイスガース)

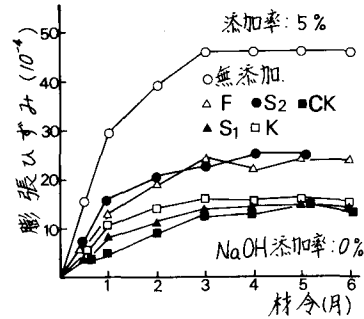


図2 オパールセメントの膨張曲線

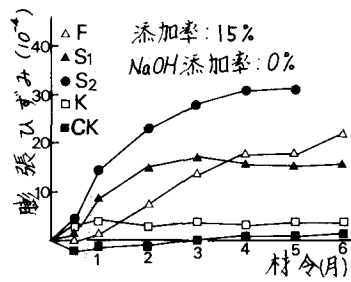


図3 オパールセメントの膨張曲線

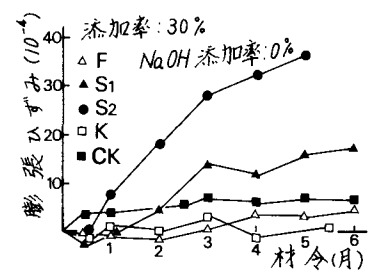


図4 オパールセメントの膨張曲線

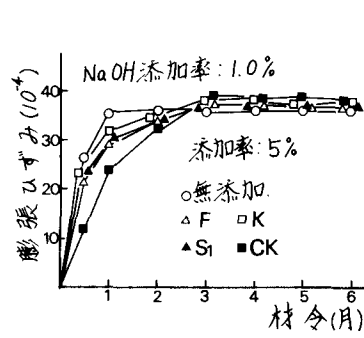


図5 オパールセメントの膨張曲線

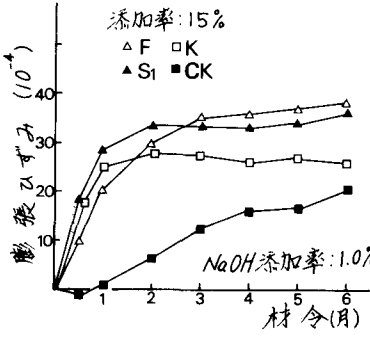


図6 オパールセメントの膨張曲線

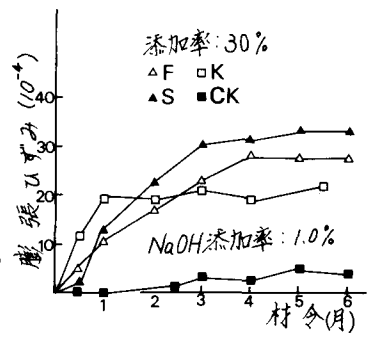


図7 オパールセメントの膨張曲線