

骨材のアルカリ反応性の判定試験方法に関する研究 (I)

—モルタルバー法 (ASTM C227) の検討—

Experimental Study on Potential Alkali Reactivity of Cement-Aggregate Combinations

—Evaluation of Mortar Bar Method—

小 林 一 輔*・瀬 野 康 弘*

Kazusuke KOBAYASHI and Yasuhiro SENO

1. ま え が き

骨材がアルカリシリカ反応によって有害な膨張を生じるか否かを判定するための試験方法としては現在、ASTM C227に規定されている方法(モルタルバー法)が一般的に用いられているが、試験方法自体に種々の問題点を含んでいることが指摘されている。本文は反応性骨材の種類とセメント中のアルカリの種類によってモルタルバー試験の結果がどのように変わってくるかを実験的に検討したもので、材令52週までの結果について述べる。

2. 実 験 概 要

2.1 使用材料

セメントは、表-1に示すようなアルカリ量がNa₂O等量で0.52%と1.04%の普通ポルトランドセメントを用いた。骨材は、表-2に示す3種類の骨材を用いた。これらの骨材は、ASTM C289(化学法)によれば、いずれも潜在的有害もしくは有害と判定されるものである。強化ア

表-1 使用セメントのアルカリ量

セメント	Na ₂ O(%)	K ₂ O(%)	R ₂ O(%)
C1	0.24	0.43	0.52
C2	0.59	0.69	1.04

注) R₂O: 等価Na₂O換算

ルカリには試薬特級を用いた。その種類は表-3に示すとおりである。

2.2 実験方法

モルタルバー試験は、配合をC:S:W=1:2.25:0.5とした以外はすべてASTM C227に準じて実施した。骨材とアルカリの種類およびセメントの組み合わせを表-3に示す。シリーズIは、低アルカリセメント(C1)

表-3 骨材とアルカリの種類およびセメントの組み合わせ

シリーズ	使 用 セメント	強化アルカリ の種類および 添加量 (%)	R ₂ O (%)	使用骨材(A1-A3) および供試体(A, J)		
				A1	A2	A3
I	C1	—	0.52	A	A, J	A
II	C1	NaOH : 0.67	1.04	A, J	A, J	A, J
		NaCl : 0.98		A	A	A
		KOH : 0.94		A	A	A
		KCl : 1.25		A	A	A
		K ₂ SO ₄ : 1.46		A	A	A
		NaOH : 0.45 KOH : 0.30		A	A	A
III	C2	—	1.04	A, J	A, J	A, J

注) A : ASTM 1 × 1 × 11 in供試体

J : JISモルタル 4 × 4 × 16 cm供試体

表-2 使用骨材の特徴

骨材	岩 石 名	産 地	地質年代	肉眼的特徴	ASTM C289(mmol/l)			主な構成鉱物	反応性鉱物
					Rc	Sc	判 定		
A1	ガラス質 閃輝石安山岩	東北地方	第三紀中新世	黒色 斜長石斑晶	106	430	潜在的有害	斜長石・ガラス 普通輝石・頑火輝石	ガラス (50%)
A2	ガラス質 頑火輝石安山岩	中国地方	第三紀中新世	灰色～淡褐色 無斑晶	131	615	潜在的有害	斜長石・ガラス 頑火輝石	ガラス (30%)
A3	珪化砂岩	関東地方	中 生 代	灰色, 緻密	46	82	有 害	石英・正長石 微小石英・白雲母	微小石英 (30-40%)

*東京大学生産技術研究所 第5部

研究速報

をアルカリ無添加で用いた場合である。シリーズIIIは、今回入手できたアルカリ量の高いセメント(C2)を用いた場合である。シリーズIIは、C1セメントに強化アルカリの種類を変えて、高アルカリセメント(C2)と同じアルカリ量(Na₂O等量で1.04%)に調整を行った場合である。

骨材は、ジョークラッシャーで粉砕後、所定の粒度に調整し、強化アルカリは、所定量をあらかじめ練り混ぜ水に溶かして用いた。

また、一部の組み合わせについては、供試体の寸法が膨張量に及ぼす影響を調べるため4×4×16 cmのモルタル供試体を作製した。

3. 実験結果および考察

図-1はA1骨材を用いた1×1×11 in供試体の膨張量の経時変化を示したものである。材令26週までは、アルカリ量が1.04%の供試体はほぼ同じ膨張挙動を示している。しかし、材令52週では、膨張量に差が生じてきている。特に、高アルカリセメントの場合が、アルカリ調整を行ったものに比べ、大きくなっていることがわかる。

図-2は同じくA2骨材の場合の経時変化を示したものである。A1骨材と同様、高アルカリセメントの場合が比較的大きな膨張量を示している。NaOHによって調整を

行った場合も、高アルカリセメントと同程度の膨張量であった。

A3骨材の場合の膨張量の経時変化を図-3に示す。A3骨材を用いた場合、アルカリ量が1.04%では、ほとんど膨張が認められない。しかし、高アルカリセメントの場合、材令52週において膨張の兆しが見えてくる。

また、3種類の骨材ともNa₂O等量が1.04%の場合、供試体の表面には白色化したゲルの浸出が観察されている。このことは、現時点においてほとんど膨張が認められないA3骨材も将来著しい膨張を生じる可能性があることを示唆している。

図-1～3の結果より、いずれの骨材の場合も高アルカリセメントの場合にはアルカリ調整を行った場合に比べ、材令52週における膨張量は、同等もしくはそれ以上となった。

このことは、モルタルバー法においてNa₂O等量でアルカリ調整を行った場合の膨張量は、高アルカリセメントのみの場合よりも過少に評価される危険があることを示している。

アルカリの種類が膨張量に及ぼす影響は、骨材の種類によって異なり、A2骨材に最も顕著に現れている。なお、強化アルカリの種類に関しては、NaOHの膨張量が、現時点では最も大きい。このことは、Na₂O等量で同

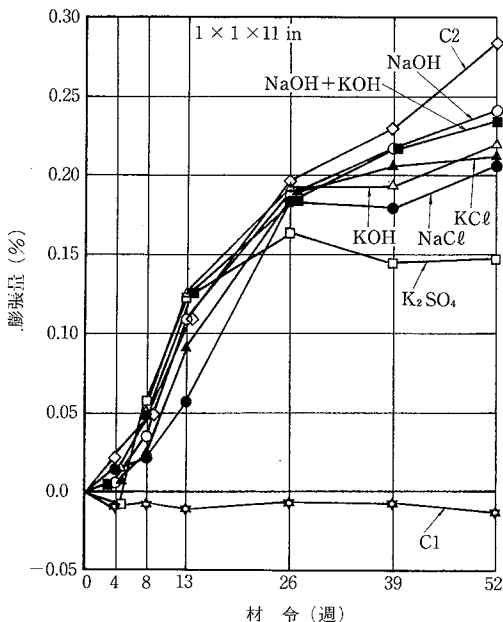


図-1 アルカリの種類の違いによる膨張量の経時変化 (ガラス質両輝石安山岩)

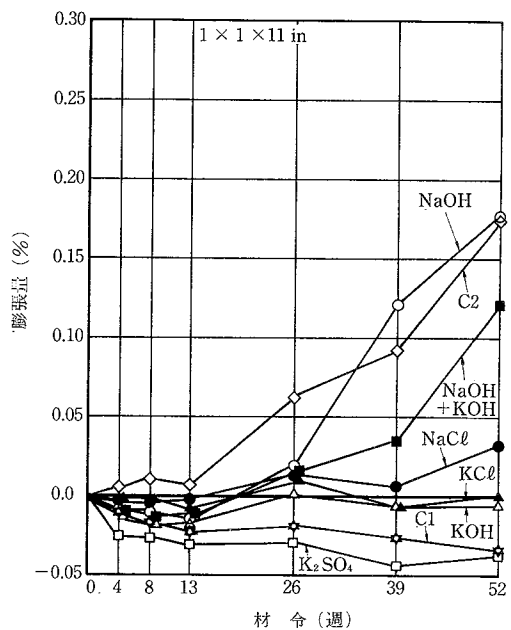


図-2 アルカリの種類の違いによる膨張量の経時変化 (ガラス質頑火輝石安山岩)

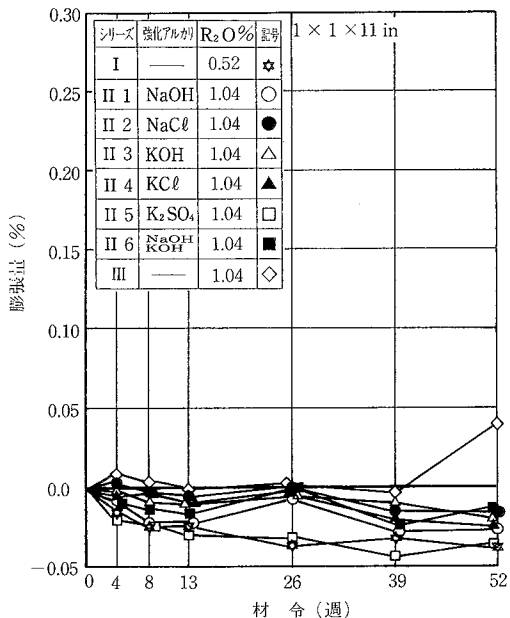


図-3 アルカリの種類の違いによる膨張量の経時変化 (珪化砂岩)

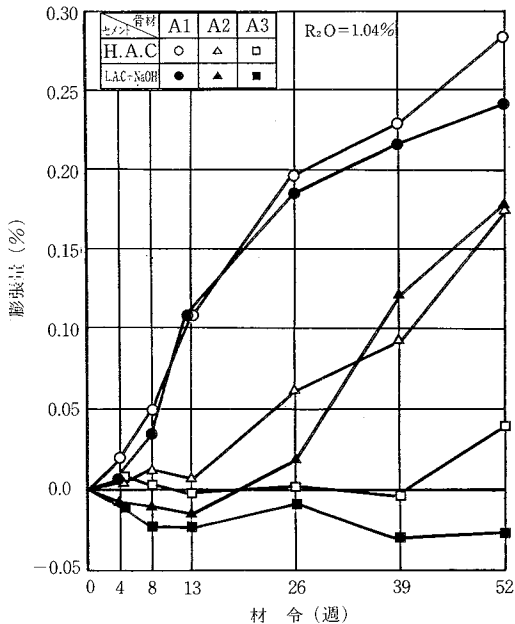


図-4 骨材の違いによる膨張量の経時変化

一アルカリ量に調整を行っても、強化アルカリの種類により、膨張量に著しい差が生ずることを意味し、Na₂O等量でアルカリ量の調整を行うことについての再検討が必要であることを示唆している。

図-4は、3種類の骨材について高アルカリセメントの場合と、NaOHにより調整を行った場合の膨張量の経時変化を示したものである。明らかに3種類の骨材の膨張速度の異なっていることがわかる。モルタルバー法の判定基準によると、有害な膨張を生じる骨材はA1骨材だけということになるが、A2骨材のように材令52週で0.15%以上の膨張を示すものを無害と判断するのは危険である。したがって、骨材が有害な膨張を起こすかどうかの判定は、一定期間における膨張量で判断するのではなく、各骨材が持つ反応速度に応じて判定基準を設定する必要があると考えられる。

図-5、図-6にモルタル供試体寸法の違いによる膨張量の経時変化を示す。図-5はNaOHによりアルカリ調整を行った場合、図-6は高アルカリセメントの場合である。NaOHにより調整を行った場合は、A1・A2骨材とも明らかに供試体断面の大きな4×4×16 cm供試体の膨張量が大きくなっている。しかし、高アルカリセメントの場合は、供試体寸法による膨張量の差は、顕著には現れていない。

また図-5、6より4×4×16 cm供試体の場合は、1×1×11 in供試体とは異なり、NaOHによりアルカリ調整を行った供試体のほうが高アルカリセメントのみの場合より大きな膨張量を示すようである(図-5、6の●および■を比較する)。

NaOHによりアルカリ調整を行って作製した4×4×16 cmのモルタル供試体は、1×1×11 in供試体に比べ膨張発現が早くなるようであり、供試体寸法を変えた場合のモルタルバー法の判定基準についても検討する必要があると考えられる。

4. む す び

反応性骨材の種類と強化アルカリの種類を組み合わせ、アルカリ量を市販されているセメントの上限値に近い値(Na₂O等量で1.04%)に調整を行った場合のモルタル供試体の膨張量をASTM C227(モルタルバー法)に準じて調べた結果、材令52週の時点で次のようなことが明らかとなった。

- ① モルタルバーの膨張に及ぼすアルカリの種類の影響は、骨材によって異なる。したがってモルタルバー法における判定基準は、骨材の種類によって決まる反応速度に応じて設定する必要がある。
- ② モルタルバー法において、低アルカリセメントに

研究速報

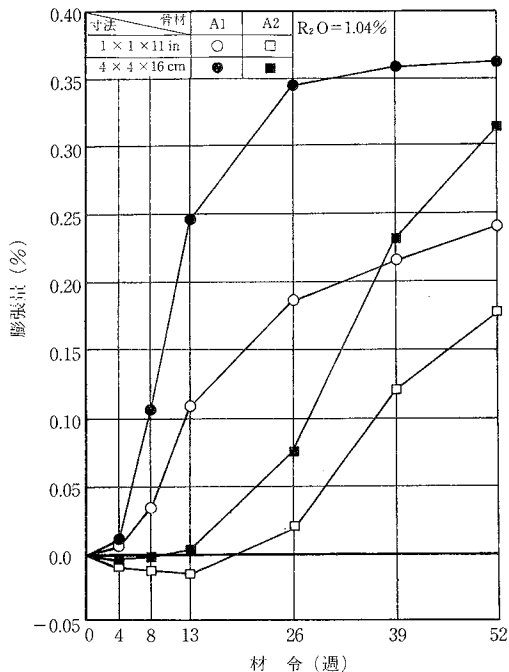


図-5 供試体寸法の違いによる膨張量の経時変化 (低アルカリセメント+NaOH)

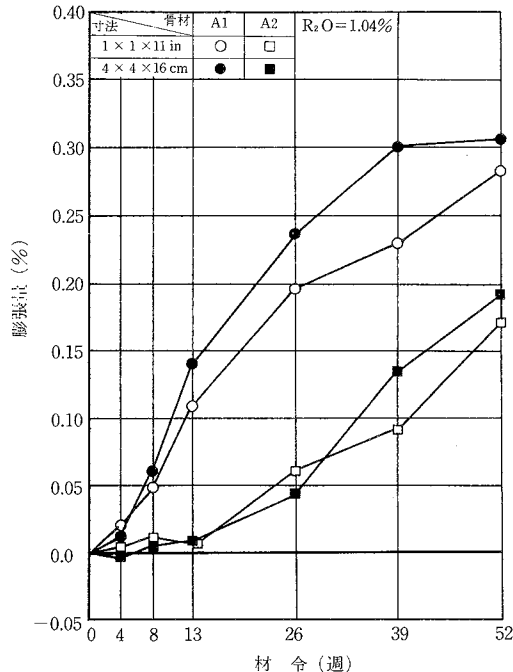


図-6 供試体寸法の違いによる膨張量の経時変化 (高アルカリセメント)

アルカリを添加して Na_2O 等量で調整を行う場合、必ずしもセメントのアルカリを再現するものではないので、別のファクターによる換算方法を考える必要がある。

③ モルタルバー法において、 Na_2O 等量で同一アル

カリ量に調整を行った場合、高アルカリセメントのみの場合に比べ膨張量は小さくなり、そのまま判断すると危険である。ただし、 $4 \times 4 \times 16 \text{ cm}$ 供試体を用いた場合にはこれとは、逆の傾向を示した。

(1987年9月24日受理)