

V-200

モルタルバー法に関する2、3の実験的考察

東急建設（株） 正会員 ○ 瀬野康弘
 東京大学生産技術研究所 白木亮司
 東京大学生産技術研究所 正会員 小林一輔

1. はじめに

近年、国内においてもアルカリ骨材反応によるコンクリート構造物の被害例が数多く報告されている。それに伴い、アルカリ骨材反応によって膨張をするか否かを判定する試験法に関する検討も内外を通じて活発に行われているがまだ満足すべき方法は見出されていない。

本研究は、3種の反応性骨材に対して、 $R_2O = 0.52\%$ のセメントにそれぞれ5種のアルカリを添加して $R_2O = 1.04\%$ としたものを組み合わせ、ASTM C227（以下 C227）に準拠したモルタルバー試験を実施し、本方法について実験的検討を行ったものである。

2. 実験方法

使用したセメントは、いずれも普通ポルトランドセメントである。使用セメントのアルカリ量を表-1に示す。骨材は、表-2に示す3種類を用い、ジョークラッシャーで粉碎後、粒度調整を行った。配合は、 $C:S:W = 1:2.25:0.5$ 一定とした。供試体の成形・脱型・養生及び測定方法についても C227 に準じて行った。骨材とアルカリの種類の組み合わせを表-3に示す。シリーズIは、本

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 (%)
C 1	0.24	0.43	0.52
C 2	0.59	0.69	1.04

注) R₂O: 等価Na₂O換算

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		
A 1	ガラス質 両輝石安山岩	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 (40%)
A 2	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%)
A 3	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%)

実験のベースとなるものであり、シリーズIIIは、今回入手できた比較的アルカリ量の高いセメントを用いた場合である。シリーズIIは、強化アルカリの種類を変えて、C2セメントと同じアルカリ量($R_2O = 1.04\%$)に調整した場合である。なお、アルカリの調整には全て試薬特級を用いた。また、一部の組み合わせについては、供試体の寸法効果についても検討した。

3. 実験結果及び考察

図-1～3に各骨材のモルタル供試体(1×1×11 in)の膨張率の経時変化を示す。A2骨材のように9ヶ月を過ぎる頃から0.1%以上の膨張を示すものもあり、骨材の種類によって反応速度が異なることが分かる。C227に従って判定するとA1骨材のみが有害な膨張を生じることになるが、いずれの骨材を用いた場合もC1セメントと組み合わせた供試体以外は、供試体表面に白色化したゲルが浸出しており、現時点で

膨張を生じていないA3骨材も将来著しい膨張を生じる可能性は十分に考えられる。以上の結果は、モルタルバー試験により有害な膨張を生じるか否かの判定は、骨材の種類に応じて判定規準を設定する必要のある

表-3 骨材とアルカリの組み合わせ

シリーズ	使用セメント	強化アルカリ		R ₂ O (%)	使用骨材 (A1-A3) 及び供試体 (A, J)		
		種類	添加量 (%)		A1	A2	A3
I	C 1	—	—	0.52	A	A	A
II	C 1	NaOH	0.67	1.04	AJ	AJ	AJ
		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		A	A	A
III	C 2	KOH	0.30	1.04	A	A	A
		—	—		AJ	AJ	AJ

注) A: ASTM 1×1×11 in 供試体
 J: JIS 4×4×16 cm 供試体

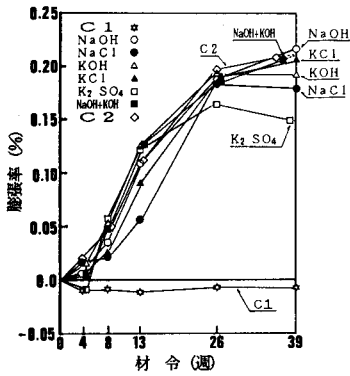


図-1 A1骨材を用いたモルタルバーの膨張率の経時変化

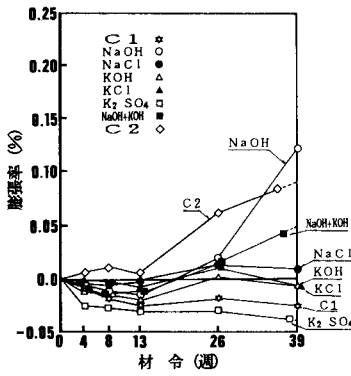


図-2 A2骨材を用いたモルタルバーの膨張率の経時変化

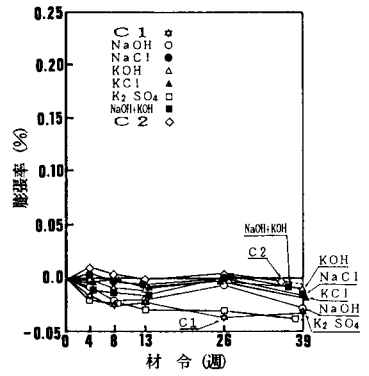


図-3 A3骨材を用いたモルタルバーの膨張率の経時変化

ことを示している。

添加アルカリの種類については、現段階までの結果からは NaOH が、高アルカリセメント (C2) の場合とはほぼ同等もしくはそれ以上の膨張量を示し、他のアルカリは C2 以下となった。このことから、NaOH 以外のアルカリをモルタルバー試験に用いた場合、高アルカリセメントよりも膨張量を過小に評価する恐れのあることが分かる。

図-4 は、A2 骨材と C2 セメントを組み合わせた供試体の材令 30 週における元素分析結果である。骨材の周辺部の変色域でカリウムの集積が見受けられる。これより、反応に関与するセメントクリンカー中のアルカリは、ナトリウムよりもカリウムの方が大きいと考えられ、等価換算アルカリ量としては、 K_2O eq. で考慮することも検討する必要があると思われる。

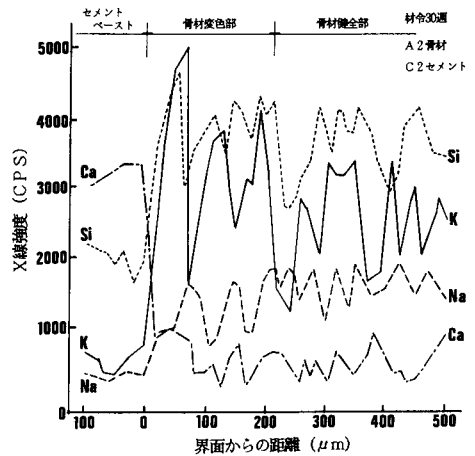


図-4 EPMAによる元素分析結果の例

図-5 に A2 骨材のシリーズ II についてモルタル供試体の大きさの違いによる膨張率の経時変化の比較を示す。39 週において断面の大きい $4 \times 4 \times 16$ cm 供試体の膨張率の大きいことが分かる。なお、A1 骨材についても同様の結果が得られた。

4. まとめ

反応性骨材の種類と強化するアルカリの種類を組み合わせ、アルカリ量を $R_2O = 1.04\%$ としたモルタル供試体の膨張量を調べた結果、材令 39 週の時点で次のようなことが判明した。

- ① モルタルバー法によって有害な膨張を起こす可能性を判定する規準に関しては、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 添加アルカリの種類によっては、高アルカリセメントよりも膨張量が小さくなることもあるので、その選択には注意が必要である。
- ③ 本実験に用いた骨材の範囲内では、添加アルカリとして NaOH が適している。
- ④ モルタルの供試体寸法の影響は、断面が大きいほど膨張量が大きくなる。

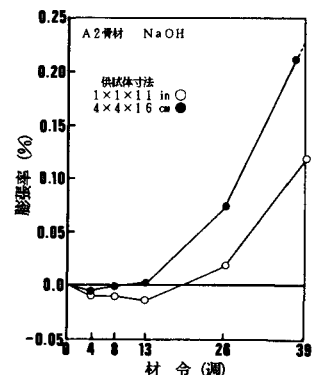


図-5 モルタル供試体寸法の違いによる膨張率の経時変化