

V-239

ASR抑制混和材の効果に関する実験的研究

芝浦工業大学土木工学科 正 加藤 茂美
飛鳥建設株式会社 正〇 高木 俊郎
同 上 正 木村 勝利
同 上 田中 斉

1. はじめに

アルカリ骨材反応を抑制する手法としてボゾラン系の混和材を添加する方法が試みられており、モルタルやコンクリートに含まれるアルカリを希釈するとされている¹⁾。

本研究では、ボゾラン系材料の主成分である SiO_2 を多量に含む材料を用いて、コンクリートにこれ等の材料を添加した場合の抑制効果の検討を行ったものである。

表-1 混和材一覧表

混和材 記号	主要成分その他	SiO_2 量(%)	R_2O (%)	平均粒径 (μm)
M	高純度非結晶シリカ粉末	90.00	0.329	0.15
Z	天然ゼオライト粉砕物	64.20	2.721	11.41
Wc	火山ガラスを主成分とする粉末	74.52	2.788	18.78
Sf	シリカフェューム	89.30	1.359	0.71

表-2 アルカリ骨材反応性試験結果

骨材名	モルタルバー法試験結果(%)		判定	化学法(mmol/l)		判定
	3ヶ月膨張率	6ヶ月膨張率		S_c	R_c	
HA	0.0592	0.0783	有害	252	137	有害
KA	0.1337	---	有害	267	81	有害
K	0.1349	0.2561	有害	87	27	有害
O	0.0119	0.0153	無害	35	77	無害
H	0.0124	0.0150	無害	---	---	---

2. 研究の概要

アルカリ骨材反応膨張抑制効果の期待される混和材を、モルタルおよびコンクリートに添加し、その膨張抑制効果を比較した。

1) 材料: 混和材、骨材を表-1、2に示す。

セメント: 普通ポルトランドセメント

練り混ぜ水: 純水

2) 実験条件: 表-3、表-4に示す。

3. モルタルによる膨張抑制効果

$$\text{シリカ・アルカリ比} = \frac{\text{混和材中のSiO}_2 \text{ 量}}{\text{モルタル単位容積中のアルカリ量}}$$

$$\text{膨張比} = \frac{\text{混和材を添加したモルタルの膨張率} \times 100}{\text{混和材を添加していないモルタルの膨張率}}$$

とした場合の簡易促進法の実験結果

を図-1に示す。シリカ・アルカリ比の増加に従って膨張比は減少する傾向にある²⁾。シリカ・アルカリ比が同じでも、混和材の種類によって膨張比に差があり、混和材固有の膨張抑制効果が現われている。

図-2にモルタルバー法に準拠した方法の実験結果を示すが、各混和材ともに膨張抑制効果を有している事が判る。

4. コンクリートによる膨張抑制効果

1) 混和材無添加配合の膨張

図-3に実験結果を示す。総アルカリ量 7 Kg/m^3 では、有害骨材を粗骨材とした方が、有害骨材を細骨材とした場合に較べて早期の膨張が小さいが、長期(材令13週以降)の膨張は大きくなった。また、無害骨材を用いても総アルカリ量が多い為、長期での膨張が生じている。総アルカリ量 5 Kg/m^3 では、 7 Kg/m^3 の場合に比べて各配合ともに膨張は著しく減少しているが、有害骨材を用いた配合

表-3 モルタルの実験条件

条 件	簡易促進法	モルタルバー法
セメント	普通ポルトランドセメント ($\text{R}_2\text{O}=0.65\%$)	
骨 材	HA, KA, K	HA, KA
アルカリ量	$\text{NaOH} \text{ CX}2.5\%$	$\text{NaOH} \text{ CX}1.2\%$
養生条件	100℃湿潤10時間	40℃湿潤13週
セメント	M 4, 8, 15	M 4, 8, 15
内割	Wc 15, 25	Wc 15, 25
添加率(%)	Z 15, 25	Z 15, 25

表-4 コンクリートの実験条件(配合)

配合名	混和材	配合条件 F/C S/a (%) (%)	単位容積重量 (Kg/m ³)					除アルカリ量 (Kg/m ³)	養生条件 及び材料
			C	W	S	G	Ad		
0-HA	無添加	59 44	320	190	785	1010	0.0	7.5, 2	養生条件: 40℃湿潤養生 添加アルカリは、 水酸化ナトリウム 塩酸ナトリウムの 等量混合とした。 セメント: 普通ポルトランド セメント (R ₂ O=0.65%) 内反応骨材
HA-H	無添加	59 45	320	190	812	1014	0.0	7.5, 2	
0-H	無添加	59 44	320	190	784	1033	0.0	7.5, 2	
0-HA-M-2.0	M	61 43	320	195	753	1010	15.5	7	
0-HA-M-2.8	M	61 43	320	195	750	1006	22.0	7	
0-HA-M-4.0	M	61 43	320	195	745	1000	31.1	7	
0-HA-Sf-2.9	Sf	61 43	320	195	750	1006	23.0	7	
0-HA-Z-2.0	Z	60 43	317	190	756	1014	20.9	7	
0-HA-Z-3.0	Z	60 43	317	190	749	1006	31.4	7	
0-HA-Wc-3.2	Wc	60 43	317	190	749	1006	30.0	7	
HA-H-M-2.8	M	61 45	320	195	794	992	22.0	7	
HA-H-Sf-2.9	Sf	61 45	320	195	794	992	23.0	7	
HA-H-Z-3.0	Z	61 45	320	195	794	983	31.4	7	

混和材添加配合凡例：細骨材-粗骨材-混和材-シリカ-アルカリ比

混和材添加配合凡例: 細骨材-粗骨材-混和材-シリカ・アルカリ比

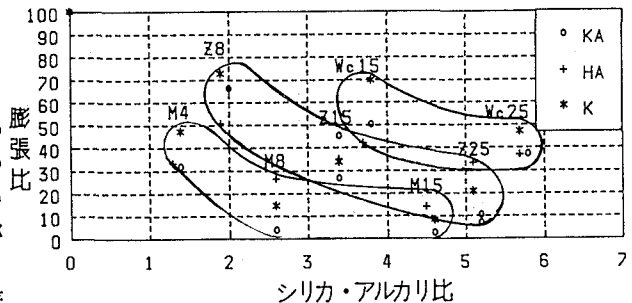


図-1 シリカ・アルカリ比と膨張比の関係

では、若干の膨張が認められる。さらに、総アルカリ量 2 Kg/m^3 ではいずれの配合でも膨張は認められない。これは、建設省の抑制対策（総アルカリ量を 3 Kg/m^3 以下）と一致する。

2) 混和材を添加したコンクリートの膨張

混和材添加量は、シリカ・アルカリ比3程度（図-1和より膨張比が50程度）とし、総アルカリ量 7 Kg/m^3 とした。また、混和材中のアルカリ量（ R_2O 換算値）の $1/2$ を総アルカリ量に加えた。結果を図-3に示す。

混和材を添加した有害骨材を用いたコンクリートの膨張は、総アルカリ量が 7 Kg/m^3 であっても著しく抑制されている。この混和材添加による膨張抑制効果は、その混和材の種類、混和量によっても異なるが、有害骨材を用いた総アルカリ量 5 Kg/m^3 とした場合の膨張と同等以下、あるいは総アルカリ量 2 Kg/m^3 の場合と同程度となっている。これ等の膨張は、無害骨材を用いた配合の総アルカリ量 7 Kg/m^3 のものと同等以下であり、長期であっても膨張は大きくなっていない。これは、混和材を添加することによって、総アルカリ量を減じたコンクリートと同等かそれ以下に膨張抑制をしていると考えられ、混和材中の SiO_2 によってコンクリート中のアルカリが希釈されたものと考えられる。

混和材の効果は、モルタルに於ける効果と同様に、シリカ・アルカリ比が大きいほうが膨張は小さくなるが、コンクリートでの抑制効果はモルタルに較べ顕著であり、シリカ・アルカリ比3程度で十分な抑制効果が得られた。

5. まとめ

以上より、次のことが言える。

- 1) モルタルでアルカリ骨材反応による膨張の抑制効果が認められた混和材は、コンクリートに於いてより顕著な効果が認められた。
- 2) 総アルカリ量が同じであれば、シリカ量（ SiO_2 ）が多い方が膨張を抑制する効果は大きく、コンクリートに於いてもアルカリ希釈効果が確認された。
- 3) モルタルに於けるシリカ・アルカリ比と膨張比の関係から、コンクリートの場合のアルカリ骨材反応を抑制するための混和材の添加量を推定できる可能性が見いだされた。

謝辞

芝浦工業大学土木工学科 水口則和、山田淳二両君に多大な協力を頂いたことに感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 川村 満紀他2名 フライアッシュ及び高炉スラグにおけるアルカリシリカ膨張抑制効果に影響する要因 土木学会第41回年次学術講演会（昭和61年11月）
- 2) 加藤 茂美 木村勝利 田中 斉 平間 昭信 アルカリ骨材反応抑制材料の効果に関する一考察、土木学会第43回年次学術講演会（平成元年10月）

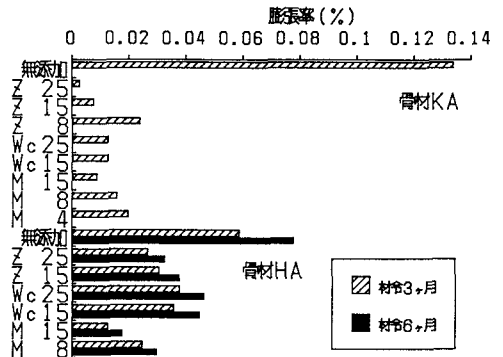


図-2 モルタルバー法による実験結果

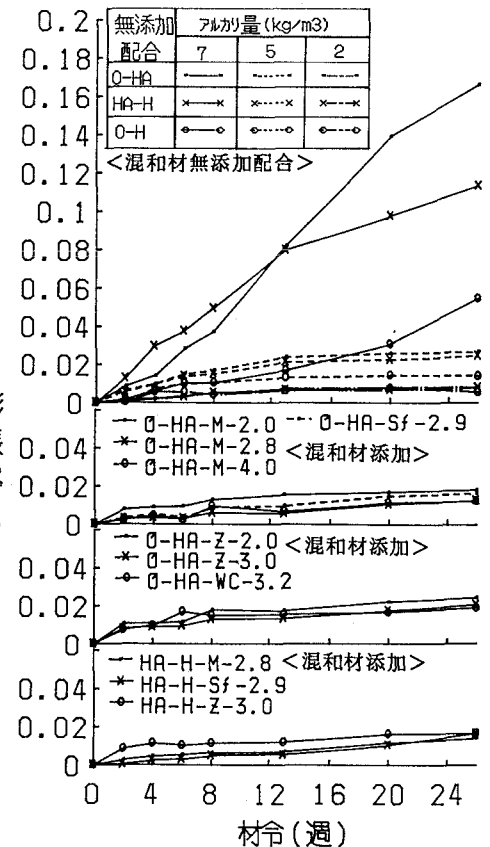


図-3 コンクリートの膨張抑制実験結果