

V-315 フライアッシュのアルカリシリカ反応に対する抑制作用

学生員 〇鈴木 篤（法政大学）
 正会員 柳田 力（土木研究センター）
 正会員 小林 正凡（法政大学）

1. はじめに

アルカリシリカ反応の抑制対策の一つとしてフライアッシュの混用が考えられるが、フライアッシュの抑制効果に関する品質判定の方法については、アメリカにおいて規定はあるものの、わが国では確立されたものではなく、不明な点が多い。本研究は、フライアッシュの品質を把握するため、パイレックスガラスを用い、促進養生を行ったモルタルの膨張試験の結果を示し、わが国で生産されているフライアッシュの抑制効果について検討を加えたものである。

2. 実験方法

1) 使用材料：わが国の代表的な14種のフライアッシュ（表-1）を用い、骨材としてパイレックスガラスを用いた。セメントには、2種の普通ポルトランドセメント（ $R_2O=0.31$ 及び 0.63% ）を用い、全アルカリ量を所要の値に調整するため、水酸化ナトリウム特級試薬（以下NaOH）を添加した。

表-1 フライアッシュの試験結果

	物 理 的 性 質						化 学 成 分 (%)												
	比重	粉末度 (cm^2/g)	44 μ 殘分 (%)	單位 水重 (%)	壓縮強度比 (%)			強熱 減量	濕分	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	SO ₃	合 計	R ₂ O
					7 日	28 日	91 日												
最大値	2.36	6,110	23.8	99	87.2	85.8	115.4	3.6	0.3	66.9	33.5	9.7	9.0	2.4	2.35	2.28	2.42	101.01	3.22
最小値	2.08	2,910	0.6	94	65.8	67.6	83.7	0.3	0.0	50.4	23.0	2.0	0.9	0.5	0.32	0.40	0.10	98.01	0.84
平均値	2.22	3,959	9.7	97	77.3	77.5	96.5	1.9	0.1	58.3	25.7	5.0	3.7	1.4	1.20	1.20	0.54	99.24	1.99

2) 試験方法：ベ-ミクストコンクリート JIS A 5308に規定されているモルタルバー法に、パイレックスガラスを用いるよう修正したJIS準用法、並びにASTM C 441の方法¹⁾によって行った。試験条件は右のようであり、供試体は40℃湿空中で材令14日間まで養生したのち、膨張率を測定した。

3. 実験結果および考察

14種のフライアッシュを混用したモルタルバーの膨張減少率は図-1に示すようであった。これによれば、JIS準用法による場合の減少率は47.6～66.7%であり、いずれもかなり小さい値を示した。一方、ASTMによる場合でも、61.4～80.7%に過ぎず、ASTMで定められている規定値の75%を満足するものは7種であった。

実験に用いたものと同じフライアッシュを対象とし、わが国の代表的な反応性骨材を使用して行った報告によれば、いずれも十分な抑制効果のあることが示唆されている。²⁾このような試験結果の相違点について詳しく検討するため、14種中のうちから品質の著しく異なる5種のフライアッシュを選び、アルカリ量の異なる2種の普通ポルトランドセメントを用いてASTM法により実験を行った。全アルカリ量はセメントの1.0%となるようNaOHを添加して調整した。試験結果は図-2に示すようであり、膨張減少率は用いたセメントのアルカリ量によって著しく影響を受けることが認められた。すなわち、フライアッシュの混用による膨張抑制効果は、アルカリ量の大きいセメントを用いた場合、大きく表れる傾向にある。アルカリ量が1.0%の高アルカリセメントを用いた場合であれば、膨張減少率は、80%

	R ₂ O (%)	F/C+P (%)	C/Pyrex G.
JIS準用法	C×1.2	20(重量)	1.90
ASTM法	C×1.0	25(容積)	2.25

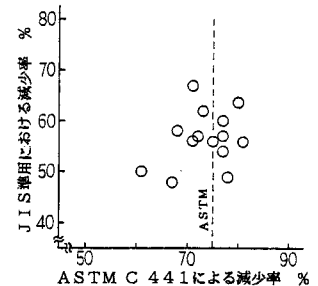


図-1

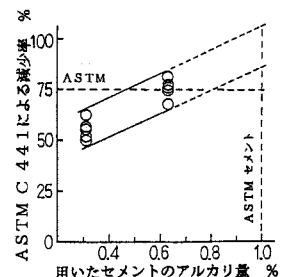


図-2

以上に達するものと思われる。

フライアッシュの品質とアルカリシリカ反応の抑制効果との関連性について検討するため、フライアッシュの化学成分、鉱物性状および物理的性質と膨張率との相関関係を求めた結果は、表-2に示すようであった。表-2に示す値はパイレックスガラスを用いて、ASTM法によって求めた場合の値に関する相関係数であり、比較のため輝石安山岩による相関係数²⁾も併記した。これによれば、負の相関が比較的大きいものは輝石安山岩の場合と同様、 SiO_2 であることが示された。しかし、正の相関では、 R_2O 、 Na_2O および MgO はいずれもかなり小さく、輝石安山岩の場合と著しく異なる。一般的傾向として、パイレックスガラスを用いた場合は、正、負いずれの相関関係もあり大きいものは認められなかった。

表-2 フライアッシュの諸性質とモルタル膨張との相関関係

使用骨材	強熱減量	水分	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	CaO	MgO	Na_2O	K_2O	SO_3	Na_2Oeq
パイレックス	-0.2153	-0.5236	-0.5925	0.0266	0.1901	0.7599	0.2876	0.2036	-0.1734	0.4668	0.1621
輝石安山岩	—	—	-0.6230	0.1158	-0.0198	0.4998	0.7012	0.8271	0.4133	0.2028	0.8406

使用骨材	比重	ブレン比表面積	44 μm 以下残分	単位水露比	圧縮強度比		
					7日	28日	91日
パイレックス	0.1214	-0.5538	0.4499	-0.3379	-0.2449	-0.2449	-0.2426
輝石安山岩	-0.3047	-0.2389	0.4838	-0.2497	-0.1631	-0.0926	0.1786

使用骨材	結晶鉱物含有量				結晶質成分含有量				非結晶質成分含有量			
	ムライト	石英	ペライト	マゼライト	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	合計	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	合計
パイレックス	-0.5209	-0.5009	0.1891	-0.2604	-0.4935	-0.2607	-0.0350	-0.4477	-0.1195	0.2861	0.2063	0.1218
輝石安山岩	-0.6072	-0.5694	-0.1863	-0.3497	-0.6386	-0.6016	-0.4264	-0.6832	0.0169	0.7363	0.0446	0.4617

また、フライアッシュの可溶性成分を溶出させてえた溶液を練り混ぜ水として用いた場合の膨張減少率、可溶性成分を濾過してつくったスラリーを用いた場合の減少率、さらに非反応性の珪砂粉末を混用した場合の減少率について調べた。これによれば、減少率は溶出成分珪砂粉末、スラリーの順で大きく、またそれらの単純総和はフライアッシュとして用いた場合の値とほぼ同じ値であった。フライアッシュの難溶性成分による影響はフライアッシュのもつ抑制効果の50%以上を占め、また微粉末の混入すなわちアルカリ希釈効果による影響もきわめて大きい傾向にあることが認められた。

4. むすび

実験の範囲内で次のことがいえると思われる。NaOHによってアルカリを調整して試験を行った場合には、パイレックスガラスを用いたモルタルにおけるフライアッシュの膨張抑制作用は小さく表れる。実際の工事におけるフライアッシュの適用を考えれば、わが国で産出されているものは、抑制対策上きわめて有効なものと考えられる。しかし、フライアッシュの膨張抑制対策を判定する場合、パイレックスガラスは特異な性状を示すので、一般的な判定に用いるには、天然産骨材の場合との慎重な対比等さらに検討を要するものと思われる。

謝 辞

本研究を行なうにあたり、建設省土木研究所 小林 茂敏氏ならびに日本フライアッシュ協会 穂積 豊氏より多大の御助言を頂き、また法政大学 田中 弘助手およびコンクリート実験室の方々より協力を頂いたことを記し、謝意を表します。

参考文献

- 1) ASTM C 441 "Effectiveness of Mineral Admixtures in Preventing Excessive Expansion of Concrete due to The Alkali-Aggregate Reaction"
- 2) 小林 茂敏: 我が国産フライアッシュのASR抑制効果に関する研究, JCI, コンクリート工学年次論文報告集, 10-2, 1988, pp755~760