

V-97

アルカリシリカ反応におよぼすフライアッシュの品質の影響

（財）電力中央研究所 正会員 山本武志、 正会員 金津努

1. はじめに

アルカリシリカ反応（ASR）によるモルタルの膨張は、フライアッシュを重量置換率 20%以上で混和する場合はその品質によらず膨張を抑制できる¹⁾が、置換率 5%程度のモルタルでは無混和のモルタルよりも膨張量が大きくなることもある²⁾。セメントの体積置換率で 25%のフライアッシュを混和したモルタルの膨張は、フライアッシュの Na、K 含有量の影響は受けないが、Ca 含有量が多いフライアッシュは膨張量が大きくなる³⁾。フライアッシュのカルシウム含有量が多い場合は、フライアッシュの平均径が小さく、非晶質シリカ量が多いフライアッシュは ASR による膨張に対する抑制効果に優れる²⁾。

本研究では、JIS 規格外の品質のフライアッシュが有する ASR 抑制効果を評価するために、モルタル（バイレックスガラス使用）の膨張量測定とフライアッシュの品質評価試験を行っている。本報告書においては、比表面積（ブレン値 2400cm²/g 以上）、SiO₂（45%以上）の規格を満たさないフライアッシュを含めた各種フライアッシュを混和したモルタルの膨張抑制効果をまとめた。

2. 使用材料

骨材は JIS A 5308 付属書 8 に従い粒度調整を行った粉碎バイレックスガラスを用い、セメントは R₂O=0.67%の研究用普通ポルトランドセメントを用い、アルカリ量調整を特級 NaOH 試薬の混和により行った。練混ぜ水は純水を用いた。混和したフライアッシュの品質を表-1 に示す。原粉フライアッシュ D、E、F は同一の発電所産であり、燃料の産炭地が異なる。D、E は電気集塵器（ホップ）1 段目で、また F は同系統の

2 段目で直接採取したものである。それらを特殊気流分級機で 3 階級に分割することにより細粒、中粒、粗粒 3 種の粉末度のフライアッシュを準備した。図-1 にレーザー回折・散乱式粒度分布測定器で測定した各種フライアッシュの粒度分布を示す。

3. 実験方法

本研究では、骨材にバイレックスガラスを用いており、天然骨材に比べアルカリとの反応性が非常に速いので JIS A 5308 に示されるアルカリ調整値 R₂O=1.2%、養生温度 40℃ではなく、ASTM C441(混和材の ASR 抑制効果評価試験法)に従い R₂O=1.0%、養生温度 38℃とした。本研究における膨張量の測定材齢は 14、28、56 日とするが、本報告書では材齢 14 日のみの測定結果を示す。ASTM C441 では、フライアッシュを体積換算置換率 25%で混和したモルタルの材齢 14 日での膨張量が無混和時の 1/4 以下という判定基準を定めている。JIS A 5308 では ASR 抑制効果を期待するには重量置換率で 15%以上の使用を定めている。本研究では重量置換率 15%と体積換算置換率 25%、そして粗粒フライアッシュに対してのみ重量置換率 25%の 3 系統の試験を行っ

表-1 フライアッシュの物性値（太字・斜字体は JIS 規格外品を示す）

	強熱減量 (%)	ブレン値 (cm ² /g)	密度 (g/cm ³)	SiO ₂ (%)	CaO (%)	Al ₂ O ₃ (%)	Fe ₂ O ₃ (%)
D-原粉	3.1	5510	2.47	45.6	11.5	25.7	8.9
D-細粒	2.5	9670	2.62	48.9	7.9	29.7	6.7
D-中粒	2.3	4600	2.52	46.9	10.2	29.4	6.2
D-粗粒	4.0	1820	2.42	41.8	14.3	26.2	7.4
E-原粉	1.2	5540	2.30	70.2	1.2	17.9	5.6
E-細粒	0.9	8290	2.45	74.2	1.7	17.4	4.6
E-中粒	0.8	4760	2.38	72.1	2.0	19.3	4.6
E-粗粒	2.0	2180	2.14	69.3	2.4	20.8	4.2
F-原粉	0.5	3810	2.52	43.6	5.0	28.6	14.4
F-細粒	0.8	7150	2.72	45.0	4.9	29.8	13.1
F-中粒	0.4	3760	2.67	43.5	5.7	31.9	12.6
F-粗粒	0.3	1540	2.45	44.5	6.0	30.6	13.9

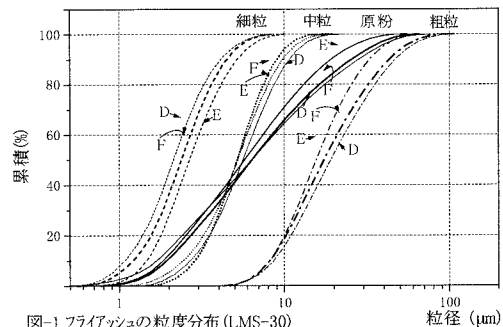


図-1 フライアッシュの粒度分布 (LMS-30)

キーワード: フライアッシュ、アルカリシリカ反応

連絡先: 270-1194 千葉県我孫子市我孫子 1646 Tel: 0471-82-1181, Fax: 0471-83-2962, e-mail: t-yama@criepi.denken.or.jp

た。モルタル打設は JIS A 5308 に従うが、締め固めは JIS R 5201 に定められるテーブル・ブレイタを用い、1 層 1 分間、計 2 分間の振動締め固めを行った。

4. 実験結果

フライアッシュ重量置換率 15%と体積換算置換率 25%のモルタルの各膨張量を無混和モルタルの膨張量で除した膨張比を求め、図-2、図-3 に示す。膨張比が小さいフライアッシュほど ASR 膨張抑制効果に優れる。また、粗粒フライアッシュ重量置換率 25%のモルタルの膨張比を図-4 に示す。

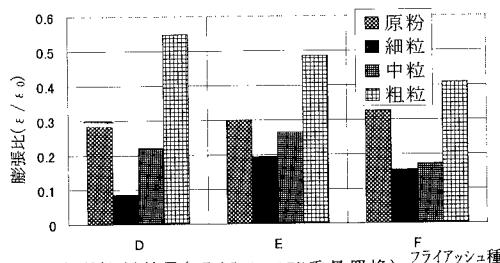


図-2 膨張抑制効果(フライアッシュ15%重量置換)

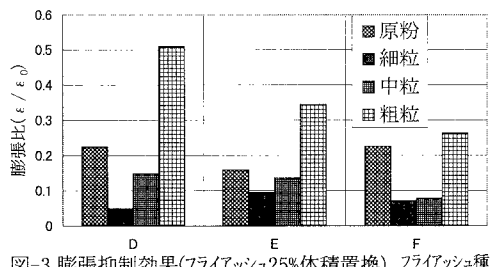


図-3 膨張抑制効果(フライアッシュ25%体積置換)

体積換算置換率 25%の配合は、重量置換率に換算すると約 20%になる。図-2、図-3 ともに同様な抑制効果の傾向を示しており、以下のことが判断できる。

- (1) いずれの炭種も、膨張抑制効果は、細粒＞中粒＞原粉＞粗粒の順である。(2) F の原粉・中粒は SiO_2 含有量が JIS 規格値を満たさないが、十分な膨張抑制効果を示した。(3) 粗粒を用いると、重量置換率 15%の配合では十分な膨張抑制効果が得られない。また、体積換算置換率 25%の配合では、粗粒フライアッシュは ASTM C441 に示される膨張比 1/4 以下の膨張抑制効果を満たさない。(4) 同一発電所の同一ボーラー・ホップで採取されたフライアッシュ D、E を比較すると、高カルシウム含有量の D(細粒 7.9%、粗粒 14.3%)は、低カルシウム含有量の E(細粒 1.7%、粗粒 2.4%)に比較して細粒では膨張抑制効果に優れるが、粗粒では抑制効果に劣る。(5) 粗粒フライアッシュを重量置換率 25%で混和した 3 種のモルタル(図-4)では、E および F(カルシウム含有量 1.2%、6.0%)を混和した場合には無混和モルタルの 1/4 程度に膨張量を抑制できたが、D(カルシウム含有量 14.3%)では十分な抑制効果が得られなかった。

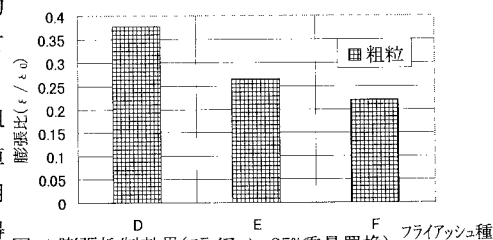


図-4 膨張抑制効果(フライアッシュ25%重量置換)

5. まとめ

原粉水準で 3 種、分級フライアッシュを合わせた 12 種のフライアッシュに対して、ASR 膨張抑制効果を評価するための実験結果を行い、以下のことが示された。

- (1) 重量置換率 15%でフライアッシュを混和したモルタルの膨張抑制効果は、フライアッシュの粉末度に大きな影響を受け、ブレン値 $2180\text{cm}^2/\text{g}$ 以下の品質では十分な抑制効果が得られなかった。
- (2) SiO_2 量が JIS 規格値を満たさないフライアッシュでも、ブレン値が規格を満たせば十分な膨張抑制効果が得られる。
- (3) JIS 規格外の低ブレンフライアッシュのうち、カルシウム含有量 14.3%の品質では重量置換率 25%としても十分な抑制効果を示さなかったが、カルシウム含有量 2.4%および 6.0%の品質では同置換率で十分な抑制効果を示した。

参考文献

- 1) 小林・中野ら、我が国産フライアッシュによる ASR 抑制効果に関する研究、コンクリート工学年次論文報告集、10-2、pp.755-760、1988
- 2) 長滝・大賀ら、アルカリ骨材反応抑制に及ぼすフライアッシュの粒度および非晶質成分の影響、コンクリート工学年次論文報告集、12-1、pp.807-810、1990
- 3) E.R.Dunstan, The effect of fly ash on concrete alkali-aggregate reaction, Cement, Concrete and Aggregate, pp.101-104、1982