

V-516 フライアッシュのポゾラン反応性評価手法に関する研究

（財）電力中央研究所 正会員 山本武志 金津 努

1. はじめに

フライアッシュのポゾラン反応性を評価するための化学試験方法としては、① $\text{Ca}(\text{OH})_2$ との反応性に着目して、 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ とフライアッシュを 1:1 で混ぜ、 60°C -R.H.100%で養生した硬化体中の $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 消費量を分析する手法¹⁾、②粒子表面上の非晶質 SiO_2 量を評価するための HF 溶液中での溶解性 SiO_2 量を分析する手法²⁾ 等がある。合成 C_3S とフライアッシュ等のポゾランの間で生じるポゾラン反応の初期の段階においては、ポゾランから溶出する Na^+ および K^+ の量がポゾラン粒子表面上の非晶質相の形成速度に影響を及ぼすことを示しており³⁾、 Na^+ および K^+ がポゾラン反応に関与することを示している。コンクリート細孔溶液中では、フライアッシュのみならずセメント粒子からも Na^+ 、 K^+ が溶出し、同時にセメントの水和反応によって生じる $\text{Ca}(\text{OH})_2$ の生成速度は、細孔溶液中のアルカリイオンに影響されると考えられたので、本研究では、セメントとフライアッシュの懸濁液を用いたポゾラン反応性評価手法の提案を行った。

2. 実験の概要

2. 1 使用材料

当実験に使用したフライアッシュ（FA）の強熱減量とブレン値の関係を図1に示す。JIS A 6201-1999 に示されるⅠ種、Ⅱ種、Ⅲ種、Ⅳ種および規格外は、各々1種類、28種類、5種類、3種類、3種類である。モルタル試験、化学試験には、普通ポルトランドセメント（OPC）を用いた。

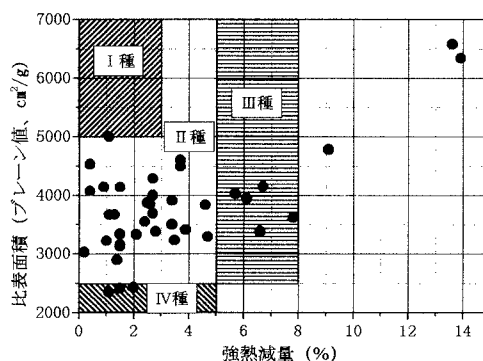


図1 フライアッシュの品質

2. 2 試験方法

(1) モルタル試験

JIS A 6201-1999 に示される活性度指数 (AI) を求める試験法を用いた。フライアッシュの置換率は 25% であり、練混ぜ水量を含めた配合は同一である。

(2) 化学試験

OPC と FA の懸濁液の各種イオン濃度を測定することにより、 Ca^{2+} 消費率（ポゾラン活性度評価指数、Assessed Pozzolanic-Activity Index、API）を求めた。API を求める化学試験法は以下の通りである。

①FA、OPC および純水を計量してポリプロピレン製のふた付き容器に入れ、室温にて攪拌器を用いて1時間攪拌する。（評価用試料：FA 1.5g+OPC 1.5g+純水 50ml、基準試料：OPC 1.5g+純水 50ml）②ふたを締め付けた容器を恒温槽に入れ、 80°C の状態で 18 時間反応させる。③反応液を室温まで冷却した後にポリエチレン製のメンブレンフィルター（孔径 $0.2\mu\text{m}$ ）でろ液を採取する。④ろ液中の Ca^{2+} 、 Na^+ 、珪酸およびアルミン酸イオン濃度を ICP（Inductively Coupled Plasma-Atomic Emission Spectrometry、プラズマ発光分光分析装置）により定量測定する。⑤評価用試料と基準試料のろ液の Ca^{2+} イオン濃度を用いて、式(1)に従い Ca 消費率 (API) を求める。ただし、 $[\text{Ca}(\text{C})]$ は基準試料の Ca^{2+} 濃度、 $[\text{Ca}(\text{F+C})]$ は評価用試料の Ca^{2+}

キーワード：フライアッシュ、ポゾラン反応、ポゾラン反応性試験、強度

連絡先：〒270-1194 千葉県我孫子市我孫子 1646、Tel:(0471)82-1181、Fax:(0471)83-2962

濃度である。

2. 3 試験結果

（1）モルタル試験

材齢 28 日における活性度指数（AI）と $45\mu\text{m}$ ふるい残分との関係を図 2 に示す。ふるい残分が 30～40%に示される数試料を除き、残分量が少ないフライアッシュほど AI が高まる傾向が認められた。

（2）化学試験

API と材齢 28 日および 91 日におけるモルタルの AI の関係を図 3 に示す。材齢 28 日における AI と API の間には、直線的な関係が認められ、高い相関性を示した。材齢 91 日における AI との間においても、同様の傾向が認められるが、縦軸方向（AI）のデータの幅が大きくなっており、相関性がやや低下した。本試験方法は、若材齢時（28 日）におけるボゾラン反応性、すなわちセメントの水和反応にともなうボゾラン反応性を評価する場合に適する手法であると思われる。

2.2(2)②に示す反応時間（18 時間）の妥当性を評価するため、反応時間を 12 時間および 36 時間とした場合の検討を行った。12 時間とした場合には、API が 20～40%の間に集中し、また、36 時間とした場合には、API が 60～80%の間に集中し、AI（28 日）との相関性は相対的に低下した。

3. まとめ

以上の実験により、以下のことが明らかになった。

- （1）フライアッシュのボゾラン反応性は、フライアッシュの $45\mu\text{m}$ ふるい残分と高い相関性を有する。しかし、特殊分級フライアッシュのように粉末度が高められた品質においては、残分量がゼロになり $45\mu\text{m}$ 以下の品質に対する粉末度の評価、およびボゾラン反応性を評価することができなくなる。
- （2）セメント+フライアッシュの懸濁液の Ca^{2+} 消費量を表す指標 API は、モルタル試験で得られる活性度指数と高い相関性を有し、フライアッシュのボゾラン反応性を短時間（1 日）で評価することができる。

参考文献

- 1)A. Ramezaniapour, J. G. Cabrera : The measurement of lime reactivity of natural and artificial pozzolans, Second Int. Seminar on Cement and Building Materials, Vol.4, pp.81-88, 1989
- 2)E. Raask, M.C. Bhaskar : Pozzolanic activity of pulverized fuel ash, Cement and Concrete Research, Vol.5 pp.363-375, 1975
- 3)K. Ogawa, H. Uchikawa, K. Takemoto : The mechanism of the hydration in the system C_3S -pozzolania, Cement and Concrete Research, Vol.10 pp.683-696, 1980

$$\text{API}(\%) = \left(\frac{([\text{Ca}(\text{C})] - [\text{Ca}(\text{F} + \text{C})])}{[\text{Ca}(\text{C})]} \right) \times 100 \quad (1)$$

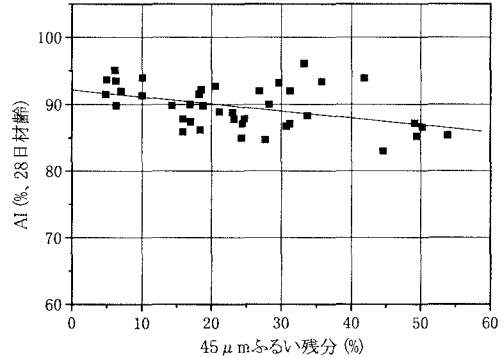


図2 $45\mu\text{m}$ ふるい残分と活性度指数の関係

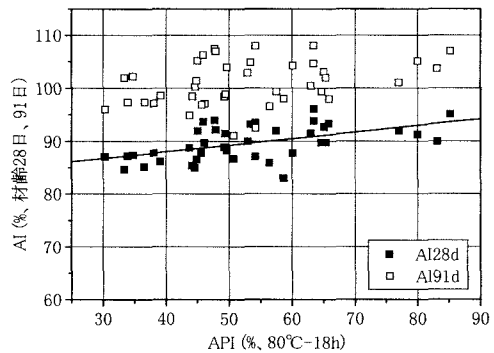


図3 化学試験法の結果と活性度指数の関係