

フライアッシュの品質が ASR 抑制効果に与える影響

○九州大学大学院 学生会員 相馬良太

九州大学大学院 フェロー 松下博通

九州大学大学院 学生会員 川端雄一郎

1. はじめに

フライアッシュ(以下 FA)は、アルカリ骨材反応の膨張抑制効果があることは知られている。しかしながら、FA は燃焼炭の産地や、燃焼効率により品質が変化するため、ASR 膨張抑制効果が異なると考えられる。そこで、本研究では数種の FA を用いてモルタルバーを作製し、FA の種類および置換率の相違による ASR 膨張抑制効果の違いをモルタルバー法およびデンマーク法において検討した。さらに、これらの検討に基づいて FA の混和による膨張抑制効果を推定する方法を提案し、検討を加えた。

2. 実験概要

2.1 使用材料および配合

セメントは研究用セメントを用いた。細骨材は輝石安山岩を使用した。FA は表 - 1 に示す 5 種類を使用し、これらはいずれも JIS の II 種に相当するものである。モルタルの配合はブリーディングを抑制することを目的とし、FA 無混和のもので W/C=45%とした。また、FA を混入したものは水粉体比を一定とした。FA はセメントに対して体積で 5、10、20、30%置換した。モルタルバー法では NaOH 水溶液の量は、セメントの全アルカリ量が $\text{Na}_2\text{O}_{\text{eq}}$ で 1.2%となるよう調整した。デンマーク法ではアルカリ量を調整しなかった。

2.2 試験方法

(1)モルタルの膨張量測定(モルタルバー法)

配合以外は JIS A 1146 に準じて行った。脱型時(打設後 24 時間)の長さを基長とし、温度 40℃、相対湿度 95%以上の条件下で長さ変化を 6 ヶ月間計測した。また、膨張量の測定時にモルタルバーの重量も測定した。

(2)モルタルの膨張量測定(修正デンマーク法)

脱型時(打設後 24 時間)の長さを基長とし、温度 50℃の飽和 NaCl 溶液に浸漬した条件下で長さ変化を 3 ヶ月間計測した。また、モルタルバー法と同様に膨張量の測定時にモルタルバーの重量も測定した。

3. 試験結果および考察

3.1 膨張率の経時変化

図 - 1 に FA(A)を混入したモルタルの膨張率の経時変化を示す。図より、モルタルバー法では、置換率 10vol%で十分な抑制効果が見られるのに対し、デンマーク法では置換率が 20vol%であっても膨張していることが確認出来る。このことより、同じ FA であっても試験方法の差異によりその抑制効果にも違いが現れることが確認出来る。

表 - 1 フライアッシュの品質

材料	種類
セメント	研究用セメント
FA(A)	比表面積4070 cm^2/g 、密度2.26 g/cm^3 強熱減量1.3%、 SiO_2 含有量60.4%
FA(B)	比表面積4510 cm^2/g 、密度2.32 g/cm^3 強熱減量1.5%、 SiO_2 含有量64.5%
FA(C)	比表面積3910 cm^2/g 、密度2.30 g/cm^3 強熱減量1.6%、 SiO_2 含有量61.3%
FA(D)	比表面積4100 cm^2/g 、密度2.41 g/cm^3 強熱減量1.0%、 SiO_2 含有量53.3%
FA(E)	比表面積3440 cm^2/g 、密度2.28 g/cm^3 強熱減量1.7%、 SiO_2 含有量56.1%
細骨材	輝石安山岩、絶対密度2.57 g/cm^3 吸水率3.46%

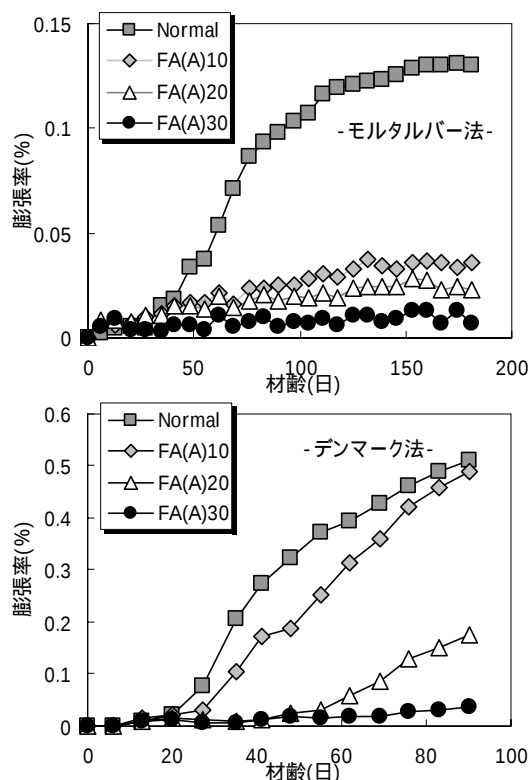


図 - 1 膨張率の経時変化

キーワード：アルカリシリカ反応 (ASR)、ASR 抑制効果、フライアッシュ、修正デンマーク法

連絡先：〒812-8581 福岡市東区箱崎 6 丁目 10 - 1 TEL:092-642-3271

3.2 置換率と膨張比の関係

図 - 2 に置換率と膨張比(無混和に対する膨張量の比)の関係を示す。図よりモルタルバー法では置換率 10vol%で多少の差が見られたが、20vol%以上ではほとんど見られなかった。しかし、デンマーク法では置換率 10, 20vol%において FA の品質による差が見られた。また、膨張比 0.25 以下となる FA の置換率を十分に ASR 抑制効果があるとする、モルタルバー法では 20vol%以上では十分な抑制効果があると言える。しかし、デンマーク法では 20vol%であっても 0.25 を上回る FA が見られた。

3.3 膨張率と質量増加量との関係

図 - 3 にモルタルバー法での膨張率と質量増加量の関係を示す。図より、膨張率が 0.02% 以下と小さい範囲では曲線の傾きが大きくなっているが、この増加量はほとんどセメントの水和反応による水分の吸収によるものであると考えられる。その後、骨材との反応が始まり、ゲルが水を吸収することによって緩やかに質量は増加している。

3.4 フライアッシュの品質と膨張比の関係

FA のポゾラン反応性と密接な関係にあるものに、化学的性質として SiO_2 量、物理的性質としてプレーン比表面積(D)が考えられる。そこで、FA の混和による膨張抑制効果を簡易に推定する方法として、これらと置換率(R)を掛け合わせたもの($\text{SiO}_2 \times R \times D$)を用いた以下の式(1)を導入し、検討を行った。ここで、置換率は質量置換に換算して計算を行った。

$$\varepsilon / \varepsilon_0 = a (\text{SiO}_2 \times R \times D)^b \quad \text{式(1)}$$

ここで、 ε : FA を混入したモルタルの膨張量

ε_0 : 無混和のモルタルの膨張量

a および b : 実験定数

図 - 4 に、 $\text{SiO}_2 \times R \times D$ と膨張比との関係を示す。図より、 $\text{SiO}_2 \times R \times D$ と膨張比の間には良い相関関係が確認された。

JIS におけるフライアッシュ II 種の規格は SiO_2 45.0, D 2500 となっている。そこで、式(1)に $\text{SiO}_2 = 45.0$, $D = 2500$ を代入し、 $\varepsilon / \varepsilon_0 = 0.25$ となる R を逆算したところ 23.6% となった。このことより、フライアッシュ II 種であれば質量で 23.6% 以上混入することによって十分な ASR 抑制効果が期待できると考えられる。

4. まとめ

- (1) 同じ FA であっても、環境によりその抑制効果には差異が生じる。
- (2) FA の混和による膨張抑制効果は、 SiO_2 量とプレーン比表面積を考慮することで推定できる可能性がある。

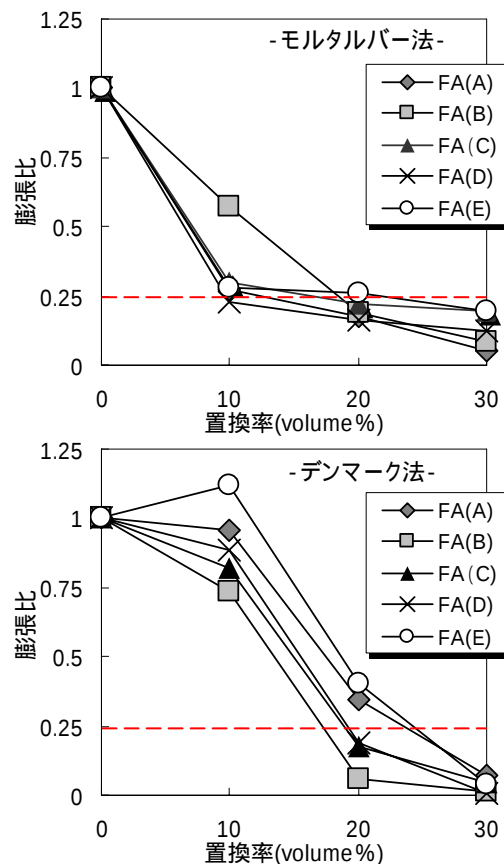


図 - 2 置換率と膨張比の関係

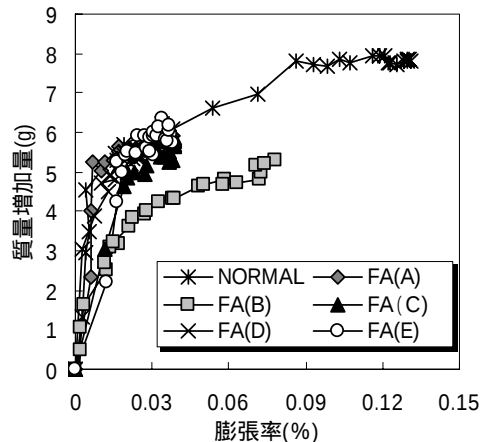


図 - 3 膨張率と重量増加量の関係

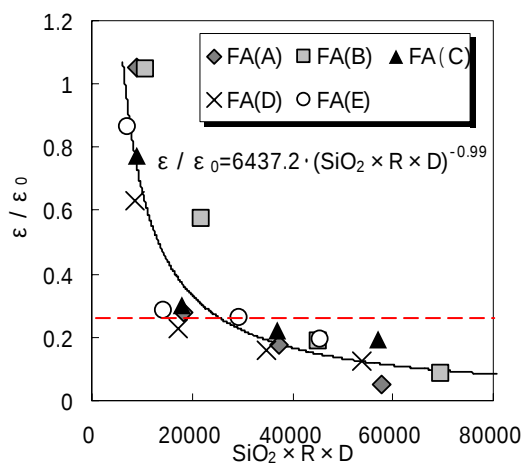


図 - 4 $\text{SiO}_2 \times R \times D$ と $\varepsilon / \varepsilon_0$ の関係