

蒸気養生がフライアッシュ含有コンクリートの初期材齢における ASR に与える影響

金沢大学大学院 学生会員 坪倉 幹浩 住友大阪セメント 正会員 宮野 暢紘
 金沢大学大学院 学生会員 横田 直倫 金沢大学大学院 正会員 久保 善司

1. はじめに

近年、循環型社会の構築を目指し、産業副産物であるフライアッシュの有効利用を図るための様々な研究が行なわれている。アルカリ骨材反応 (ASR) 抑制を目的とした検討においては、モルタルバー法による検討が多く、骨材のペシマム現象を十分に考慮できない場合もある。さらには、我が国の骨材種類は多岐にわたるため、これらの問題はさらに複雑なものとなる。一方、フライアッシュの利用においては、促進養生を行なう二次製品を対象とした ASR 抑制対策に関する検討はなされていない。本研究では、各種反応性骨材を用いて、蒸気養生がフライアッシュ含有コンクリートの ASR および ASR 抑制効果に与える影響について検討を行った。なお、本稿では、その初期性状について報告を行なう。

2. 実験概要

(1) 使用材料 セメントは、普通ポルトランドセメントを用いた。反応性骨材として、反応性 (膨張量, 速度) が異なる 3 種類の安山岩, 遅延型の膨張性を示すチャートおよび川砂利を選定した。また, 比較として非反応性の骨材についても検討を加えた。促進膨張試験 (40, 100%R.H., 等価アルカリ量 8.0kg/m³) 結果より, 骨材の反応特性を図-1 に示す。

フライアッシュは, JIS 種品 (以下 FA1 と略記), 産地の異なる 種品を 2 種類 (FA2L, FA2S と略記), および 種品 (FA4 と略記) の計 4 種類を用いた。

(2) 配合および養生 水セメント比は, 二次製品を想定し水セメント比を 45% とし, 50 × 4 時間の蒸気養生を行なった。蒸気養生後は, 室内環境にて所定材齢 (14 日および 91 日) まで密封養生した。ASR を抑制するためのフライアッシュの置換率 (セメント置換) は一般的に 15% とされている。本研究では, 品質による影響を十分に補えるように, 品質ごとに 種: 10%, 種: 20% および 種: 30% の置換率で用いた。

(3) 検討方法 蒸気養生はフライアッシュのポゾラン反応および ASR に影響を与えるものと考えられる¹⁾。蒸気養生およびその後の養生が ASR に与える影響の有無を検討するため, 材齢 14 日および材齢 91 日において圧縮強度試験 (JIS A 5201) を行い, 静弾性係数と圧縮強度の関係を把握することとした (ASR による膨張が生じた場合には, 膨張初期においても静弾性係数が低下することが知られている²⁾)。一方, 蒸気養生がポゾラン反応に与える影響については, 強度発現性および示差走査熱量分析 (水酸化カルシウム生成量) の両者から検討を行った。

3. 結果および考察

(1) 蒸気養生の影響 材齢 14, 91 日におけるコンクリートの圧縮強度と静弾性係数の関係を図-2, 図-3 に示す。なお, 図中の線は, コンクリート標準示方書の設計値を示す。材齢 14 日においては, フライアッシュ混和の有無

凡例	骨材	膨張速度	膨張量
—◇—	安山岩	早い	大きい
—○—	安山岩	早い	大きい
—▲—	安山岩	遅い	小さい
—△—	チャート	遅い	小さい
—■—	川砂利	早い	大きい
—□—	非反応性	-	-

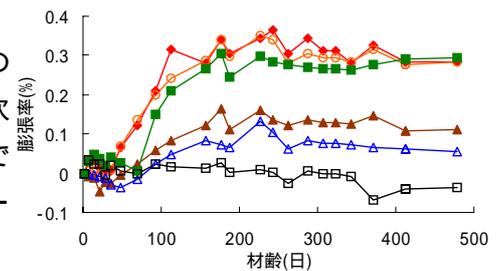


図-1 骨材の反応特性

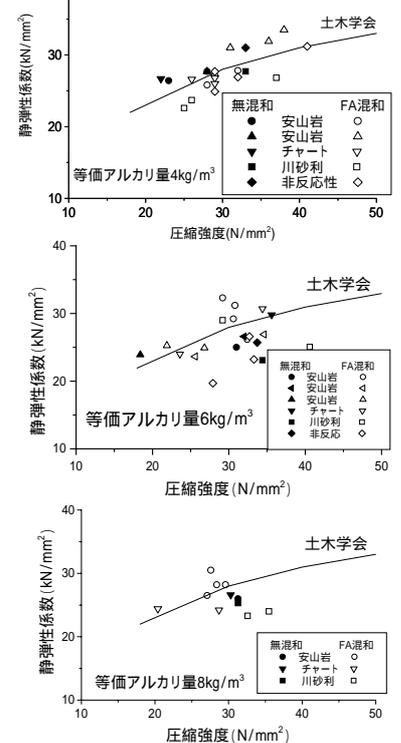


図-2 圧縮強度と静弾性係数の関係 (材齢 14 日)

キーワード 蒸気養生 フライアッシュ ポゾラン反応 ASR 膨張量

〒920-1192 石川県金沢市角間町 金沢大学大学院自然科学研究科社会基盤工学専攻 TEL(076)264-6373

および等価アルカリ量にかかわらず、健全なコンクリートが示す直線付近の値を示し、静弾性係数の顕著な低下は認められなかった。本研究で行なった条件において、蒸気養生中には、ASR 膨張を生じさせるほどの ASR の促進は生じなかったものと考えられる。さらに、材齢 91 日においても、同様に静弾性係数の顕著な低下は認められなかった。したがって、蒸気養生後の養生期間（通常のポゾラン反応が十分に進行するとされる 91 日時点まで）においても、ASR 膨張は生じなかったものと考えられる。本研究の蒸気養生条件と同様な製造過程においては、蒸気養生による ASR 促進の可能性は小さいものと考えられる。しかし、養生終了後（91 日以降）のフライアッシュの ASR 抑制効果については、今後の検討によって明らかにする必要がある。

(2) ポゾラン反応への影響 蒸気養生が強度発現性に与える影響を図-4 に示す（同一フライアッシュごとの平均値）。材齢 14 日においてはフライアッシュを混和したものは、種のを除き無混和と同程度となった。本研究では AE 減水剤量を一定としたため、フライアッシュを混和したものの空気量は、無混和のものより小さくなり、これらの空気量の減少が圧縮強度に寄与した可能性が高い。空気量が同程度であれば、本来のマトリックス部分の強度は無混和のものより小さいと推察され、蒸気養生によるポゾラン反応の促進はそれほど顕著でなかったと考えられる。

材齢 91 日においては、フライアッシュを混和したものは、種のを除き無混和のものより大きくなった。材齢 14 日での結果を踏まえると、材齢経過に伴うフライアッシュのポゾラン反応によって、強度が増加したものと考えられる。

DSC 結果による材齢 14 日および材齢 91 日における $\text{Ca}(\text{OH})_2$ の生成量を図-5 に示す。骨材種類にかかわらず、フライアッシュを混和したものの $\text{Ca}(\text{OH})_2$ の生成量は無混和のものより小さく、材齢 91 日においてその生成量の減少量は大きい傾向を示した。また、置換率の観点からは、置換率の大きいものほど $\text{Ca}(\text{OH})_2$ の生成量は小さくなる傾向となった。セメント置換の影響およびポゾラン反応による消費の両者の影響が $\text{Ca}(\text{OH})_2$ の生成量に現れているものの、材齢 91 日における減少傾向が大きく、圧縮強度発現の結果を踏まえると、材齢 14 日間でのポゾラン反応は顕著でなく、その後の材齢経過に伴う通常のポゾラン反応が進行したものと考えられる。

5. まとめ

本研究の条件（50 ・ 4 時間）においては、蒸気養生によって ASR および ASR 膨張の促進は生じなかったため、蒸気養生による ASR 促進の可能性は小さいものと考えられる。一方、ポゾラン反応においても蒸気養生による顕著な影響は認められず、蒸気養生を実施した場合にも、通常のポゾラン反応が進行するものと考えられる。今後は養生終了後の ASR 抑制効果について検討を行い、フライアッシュの抑制効果を確認する予定である。

参考文献

- 1) 黒田保ら: オートクレープ養生を行ったコンクリートのアルカリ骨材反応膨張特性, コンクリート工学年次論文報告集, Vol. 17, No1, pp937-942, 1995.
- 2) 岸谷孝一他編: コンクリート構造物の耐久性シリーズ「アルカリ骨材反応」, 技報堂, 1986.

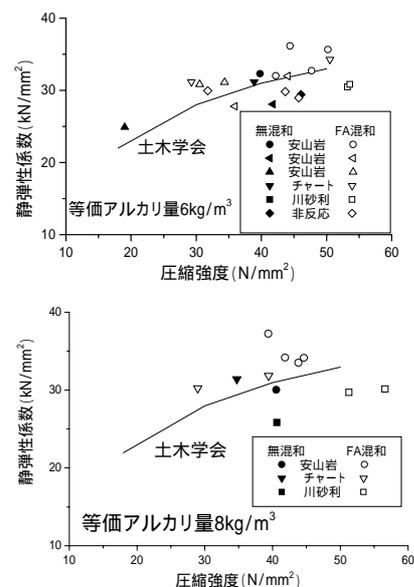


図-3 圧縮強度と静弾性係数の関係 (材齢 91 日)

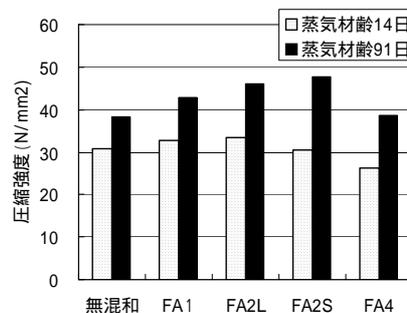


図-4 蒸気養生が強度発現性に与える影響

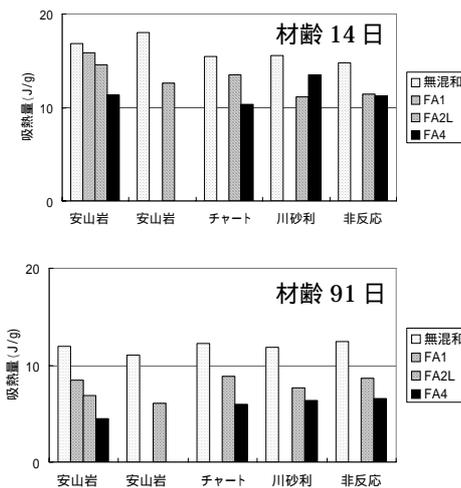


図-5 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 生成量 (等価アルカリ量 6kg/m³)