

ペシマム現象を生じる安山岩骨材を用いたモルタルの フライアッシュによる ASR 抑制効果

九州大学 学生会員 井上 祐一郎 九州大学大学院 学生会員 池田 隆徳
九州大学大学院 正会員 佐川 康貴 九州大学大学院 正会員 濱田 秀則
(独)港湾空港技術研究所 正会員 川端 雄一郎

1. はじめに

本研究では、アルカリシリカ反応(ASR)の特徴的な現象であるペシマム現象に着目し、ASRによる膨張が最大となる骨材混合率(ペシマム混合率)におけるフライアッシュ(FA)のASR抑制効果について検討した。

2. 使用材料

本研究で使用した骨材は、クリストバライトとトリディマイトを含有する安山岩砕砂 3 種類 (No.1, No.2, No.3)である。骨材の鉱物組成を表-1に示す。使用骨材の化学法(JIS A 1145)の結果を図-1に示す。なお、図中には ASTM C 289 の「潜在的有害」領域の区分線も示している。本研究で使用した骨材は、「無害でない」もしくは「潜在的有害」と判定された。

クリストバライト、トリディマイトを含む骨材は、ペシマム混合率を有し、ペシマム混合率が小さいほど高反応性の骨材であることが報告されている。また、「潜在的有害」と判定される骨材は、ペシマム現象を生じる可能性があることが知られている。そのため、本研究で使用した骨材は、ペシマム現象を生じる可能性が考えられる。

本研究では、安山岩砕砂と非反応性骨材(石灰石砕砂)を混合使用し、40×40×160mmのモルタルバーを作製した。セメントは、JIS A 1146に規定されている普通ポルトランドセメント(密度 3.14g/cm³, 比表面積 3370cm²/g, Na₂O_{eq}=0.55%)を用いた。FA は、JIS 規格における II 種のもの(ブレン比表面積 2820cm²/g, 強熱減量 1.93%)を使用した。

3. ペシマム混合率の検討

ペシマム混合率を調べるため、モルタルバー法による膨張量試験を行った。反応性骨材の混合率(骨材混合率)は 10, 20, 30, 40, 60, 80, 100%(質量比)とした。配合条件は水セメント比 W/C=50%, 砂セメント比 S/C=2.13 とした。なお、細骨材の粒度はサンプル量の都合上、JIS A 1146 の規定粒度のうち、0.15~0.3mm を除いたものとした。また、セメントの Na₂O_{eq} 量が 1.20% となるように NaOH 水溶液を用いて調整した。

No.1, No.2, No.3 の骨材混合率と材齢 182 日における膨張量の関係を図-2 に示す。図-2 より、本研究で用いた骨材はペシマム現象を示し、20~40%付近で最大の膨張量を示すことが明らかとなった。

4. ペシマム混合率における FA の ASR 抑制効果の評価

(1) 実験概要

上述の 3. において No.1, No.2, No.3 のペシマム混合率が 20~40%であることが明らかになった。そこで、骨材混合率 30%において、FA をセメント内割で 20mass%混和したモルタルの膨張量試験を行い、ペシマム混合率にお

表-1 使用骨材の鉱物組成

	qz	cr	tr	pl	pyx	cl	gl
No.1	△	△	△	◎	△	-	+
No.2	△	○	△	◎	△	-	+
No.3	○	+	△	◎	△	-	+

含有量: ◎>○>△>+>-

qz:石英, cr:クリストバライト

tr:トリディマイト, pl:斜長石, pyx:輝石

cl:粘土鉱物, gl:火山ガラス

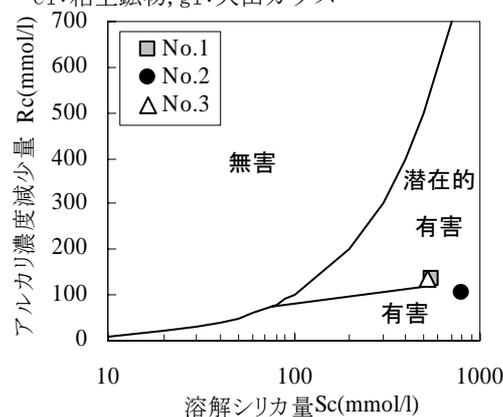


図-1 化学法の結果

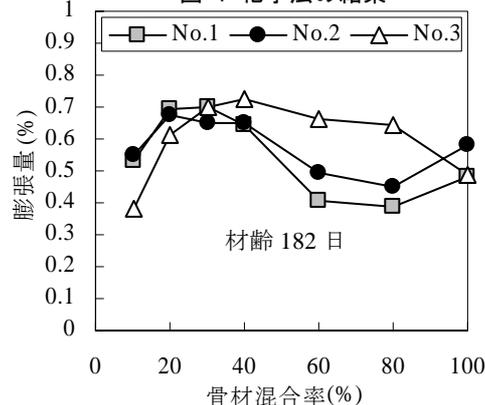


図-2 骨材混合率と膨張量の関係

ける FA の ASR 抑制効果について評価した。比較対象として骨材混合率 100%においても FA20%混和し、検討を行った。

(2) 実験結果

図-3に骨材混合率 100%において FA を 20%混和した場合および FA 無混和の場合の膨張量の経時変化を示す。図-4 に骨材混合率 30%(ペシマム混合率)において FA を 20%混和した場合と FA 無混和の場合の膨張量の経時変化を示す。図中の破線は、JIS A 1146 基準である 0.1%(26 週)である。なお、凡例の形は骨材種類、色は FA 混和の有無を示している。

図-3 より、No.1, No.3 は FA 混和により膨張量が FA 無混和の 10%程度の膨張量に抑制できており、No.2 についても FA 無混和の 50%程度の膨張量に抑制できている。しかし、骨材混合率 30%(図-4)の場合は材齢 50 日の時点で、No.1, No.3 がそれぞれ FA 無混和の 50%, 80%程度の膨張量に至り、No.2 については、FA 無混和モルタルよりも大きな膨張量を示している。まだ膨張が収束していないため、今後さらに膨張すると考えられる。

(3) ペシマム混合率における FA の抑制効果の考察

上述より、骨材混合率 30%では、骨材混合率 100%と比較して FA 混和による ASR 抑制効果が小さいと言える。これは、骨材混合率 100%と 30%では骨材が固定するアルカリ量が異なるためと考えられる。骨材混合率 30%の場合は、骨材混合率 100%の場合に比べ、骨材が固定するアルカリ量が少ないことから、反応を抑制するために FA が固定すべきアルカリ量が多いと考えられる。そのため、同じ FA 混和率であっても、ペシマム混合率付近では抑制効果が小さくなったものと推察される。

また、FA 混和によってアルカリが固定されるので、FA 混和モルタルは FA 無混和モルタルよりも、反応が低減され、生成するゲル量が減少していると考えられるが、図-4 の No.2 については、FA 混和モルタルの方が、FA 無混和の場合より大きな膨張量を示している。これは、No.2 が少量のゲル量で、大きな膨張量となった可能性が考えられ、反応から膨張に至る過程について今後詳細な検討が必要である。

以上より、ペシマム混合率付近では FA の ASR 抑制効果が十分に得られない可能性が考えられた。よって、現在 ASR の抑制対策として FA 混和率 15%以上と推奨されているが、ペシマム混合率付近では、混和率を引き上げる必要があると考えられ、今後混和率を増加させた検討により検証が必要である。

また、ペシマム混合率を十分に考慮して FA を使用することが望ましいと言えるが、ペシマム混合率を調べるための骨材混合率を変化させたモルタル膨張量試験は、供試体数が多くなり、実務上困難となる可能性がある。そのため、化学法への潜在的有害領域の導入や、潜在的有害と判定された骨材に対する FA 混和率の下限値の引き上げといった簡易的な手法について今後検討する必要がある。

5. まとめ

- (1) 本研究で使用したクリストバライト、トリディマイトを含有する安山岩骨材はペシマム現象を示し、そのペシマム混合率は、20~40%であった。
- (2) 上記の安山岩骨材を用いた場合、ペシマム混合率付近においてフライアッシュの ASR 抑制効果が低下する傾向が認められた。

参考文献

- 1) Katayama, T.: Petrography of alkali-aggregate reactions in concrete -reactive materials and reaction products-, Proceedings of the East Asia Alkali-Aggregate-reaction Seminar, Supplementary papers, Tottori Japan, pp. A45-A59, 1997

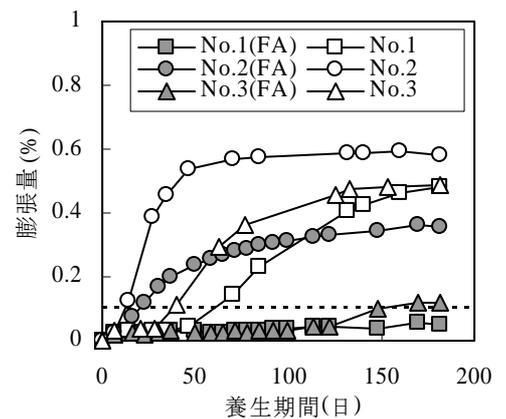


図-3 膨張量の経時変化(骨材混合率 100%)

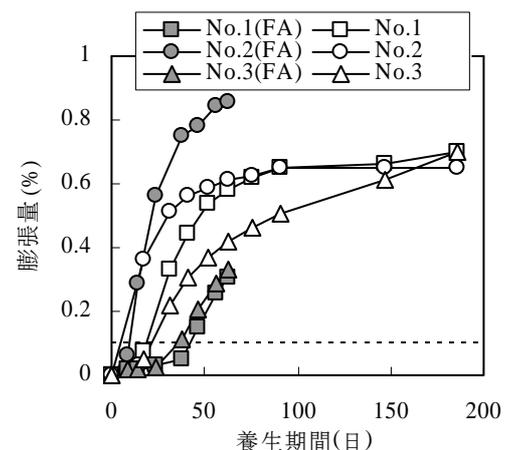


図-4 膨張量の経時変化(骨材混合率 30%)