

フライアッシュの ASR 抑制効果に関する検討

北電興業(株)	正会員	○坂本	久宣	
北海道電力(株)	正会員	関谷	美智, 笹岡	満
北電総合設計(株)	正会員	齋藤	敏樹	
前橋工科大学	正会員	佐川	孝広	
北海道大学大学院	正会員	杉山	隆文	

1. はじめに

近年、コンクリート用の良質な骨材は減少傾向にあり、アルカリシリカ反応(以下、ASR という)に対し「無害」判定の骨材入手は困難な状況である。「無害ではない」判定の骨材を使用する際の対策の一つに「フライアッシュの使用」があるが、フライアッシュ品質、骨材種類や配合との関連性に関する研究は多くない。本研究では、7 品種のフライアッシュと 2 種類の反応性骨材を使用して ASR に関する検討を行った。本報告では、モルタルバー法によるフライアッシュの品質と ASR 抑制効果について述べる。

2. 実験概要

2.1 使用材料および実験ケース

本実験で使用した材料を表-1 に、実験ケースを表-2 に示す。フライアッシュは化学成分、物理性状の異なる 7 品種(JIS II 種規格内)とした。骨材は ASR が無害である G, ASR が無害でない H および R をペシマム量(H:30%, R:40%)¹⁾で使用した。

2.2 実験項目および方法

(1) フライアッシュ品質試験: JIS A 6201 に準拠し各試験を実施した。X 線回折によりフライアッシュのガラス化率を測定した。(財)電力中央研究所提案法²⁾により API を測定した。

(2) ASR 試験(モルタルバー法): JIS A 1146 に準拠し、骨材を所定粒度に粉碎・調整して供試体を作製した。モルタルの配合は、水+NaO₂水溶液: 300g, セメント+フライアッシュ: 600g, 骨材(表乾): 1350g とし、NaO₂水溶液の量は全アルカリ(Na₂Oeq)が 1.2%になるように調整した。なお、フライアッシュに含まれるアルカリ分は無視した。供試体作製後、24 時間の初期養生完了後脱型し、初期値を測定した。その後、供試体を 10g の蒸留水で湿らせた不織布で覆い、ラップで密封した後、ステンレス容器に入れ温度 40±2℃, 相対湿度 95%以上の貯蔵槽で保管した。測定は、所定材齢の前日に貯蔵槽からステンレス容器ごと取り出し、温度 20±2℃の恒温槽に移動し 16 時間以上経過後、長さ変化の測定を行った。

3. 実験結果

3.1 フライアッシュ品質試験

フライアッシュ品質試験結果を表-3 に示す。フライアッシュの種類によりブレン比表面積が 2720~4740cm²/g, 45μm ふるい残分が 0~42%と粉末度が大きく異なった。ガラス化率は 70.6~87.0%, API は 66.3~76.9%であった。

表-1 使用材料

種 類		諸 元
セメント	OPC	普通ポルトランドセメント 密度: 3.16g/cm ³ , 比表面積: 3310cm ² /g 全アルカリ: 0.48%
	TA	JIS A 6201 II 種
フライアッシュ	TB	JIS A 6201 II 種
	NA	JIS A 6201 II 種
	SU	JIS A 6201 II 種
	CR1A	JIS A 6201 II 種
	CR1B	JIS A 6201 II 種
	CR1C	JIS A 6201 II 種
	CR1D	JIS A 6201 II 種
骨材	G	石灰岩碎石 2005 表乾密度: 2.67g/cm ³ , 吸水率 1.03%
	H	安山岩碎石 2005 表乾密度: 2.67g/cm ³ , 吸水率 1.26%
	R	玄武岩碎石 2005 表乾密度: 2.66g/cm ³ , 吸水率 1.74%
	練混ぜ水	上水道水
水酸化ナトリウム		JIS K 8576に規定される試薬

表-2 実験ケース

フライアッシュ種類	フライアッシュ置換率 (%)	骨材種類			全アルカリ (%)
		G 100%	H へシマム	R へシマム	
TA	0	1	1	—	1.2
	15	—	1	—	
	25	—	1	1	
TB	25	—	1	1	
NA		—	1	1	
SU		—	1	1	
CR1A		—	1	1	
CR1B		—	1	1	
CR1C		—	1	1	

※ 全アルカリは、(セメント+フライアッシュ)の量に対する Na₂Oeq の量とし、フライアッシュに含まれるアルカリ分は無視するものとした。

キーワード アルカリシリカ反応, モルタルバー法, フライアッシュ, API, 粉末度

連絡先 〒060-0031 札幌市中央区北 1 東 3-1 北電興業(株)土木環境部 TEL 011-261-1484

3.2 ASR 試験(モルタルバー法)

ASR 試験(モルタルバー法)

結果を図-1～2 に示す。ASR が無害である G の膨張率は 0.01%程度に対し、ASR が無害でない H の膨張率は 0.5%程度と非常に大きな結果であった。セメントをフライアッシュで 25%置換(F/(F+C))した場合、ASR 反応による膨張は

1/5 程度に抑制されるのが分かった。ASR が無害でない R のフライアッシュを使用していないケースは本実験で測定していないため、他で測定した結果²⁾を参照すると 0.46%程度膨張率であり、フライアッシュを 25%置換(F/(F+C))した場合、ASR による膨張は 1/10 程度に抑制されるのが分かった。フライアッシュ品質と膨張率の関係の一部を図-3～4 に示す。図-3 より、API が大きくなるほど膨張率は小さくなる傾向が認められるが、一部のフライアッシュで特異な傾向を示した。図-4 より、ブレン比表面積が大きいほど膨張率は小さくなる傾向が認められた。

表-3 フライアッシュ品質試験結果

項目	JIS規格 Ⅱ種	TA	TB	NA	SU	CR1A	CR1B	CR1C
化学成分								
強熱減量 (%)	5以下	1.8	2.1	1.1	0.6	3.1	1.9	2.1
二酸化けい素 (%)	45以上	65.2	59.6	60.2	60.2	65.5	55.4	54.5
ガラス化率 (%)	—	82.6	77.9	76.4	74.1	70.6	87.0	83.2
物理性状								
メチレンブルー吸着量 (mg/g)	—	0.60	0.60	0.50	0.38	0.59	0.49	0.32
水分 (%)	1以下	0.04	0.12	0.12	0.13	0.10	0.32	0.30
密度 (g/cm ³)	1.95以上	2.29	2.20	2.02	2.15	2.12	2.47	2.36
粉末度								
ブレン比表面積 (cm ² /g)	2500以上	4,010	2,920	2,720	3,100	4,040	4,740	3,810
45μmふるい残分 (%)	40以下	6	23	42	24	24	0	9
フロー値比 (%)	95以上	106	106	101	108	100	115	108
活性度指数								
材齢28日 (%)	80以上	95	88	91	83	82	82	91
材齢91日 (%)	90以上	95	100	93	100	101	100	101
A P I (%)	—	73.49	71.38	72.30	73.43	66.31	76.88	71.79

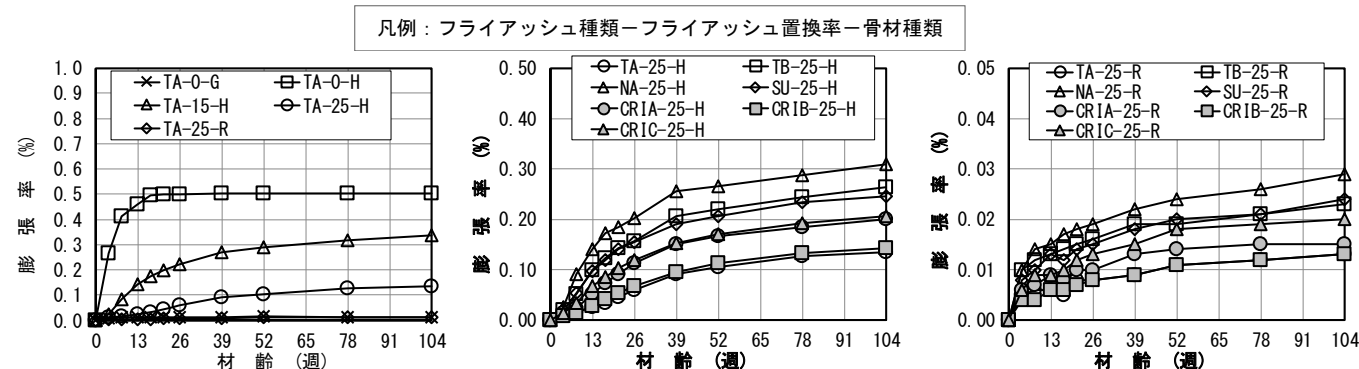


図-1 膨張率の経時変化

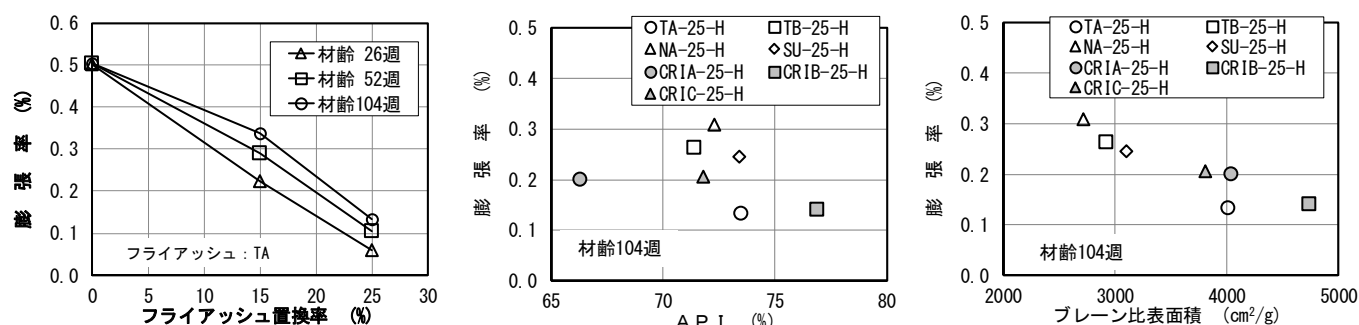


図-2 フライアッシュ置換率と膨張率

図-3 API と膨張率

図-4 ブレン比表面積と膨張率

4. まとめ

- 1)セメントをフライアッシュで 25%置換(F/(F+C))すると ASR による膨張を 1/10～1/5 程度に抑制できることが示唆された。
- 2)フライアッシュ品質のうち API および粉末度が大きい(ブレン比表面積が大きい、45μm ふるい残分が小さい)ほど ASR による膨張を抑制する効果が高いことが示唆された。

【参考文献】1)齋藤敏樹ら：フライアッシュの ASR 抑制効果に関する検討のうち骨材品質，土木学会第 76 回年次学術講演会，2021(投稿中) 2)山本武志ら：API 法によるフライアッシュのアルカリシリカ反応抑制効果の評価，土木学会論文集 E，Vol.62，No.4，pp657-671，2006.10