品質の異なるフライアッシュを使用したモルタルの諸特性について(その1)

日本原燃(株)	正会員()岡本 大	庭瀬一仁
(株)ニュージェック	正会員	枝松良展	
清水建設(株)	正会員	杉橋直行	西川洋二
(財)電力中央研究所	正会員	山本武志	

1. はじめに

低レベル放射性廃棄物処分施設の人工バリアに用いられるセメント系材料の製造過程における品質保証につ いて、実施工を考慮した品質管理規準の定量的な設定やフライアッシュの品質変動などへの対応が必要とされ ている.本研究では、セメント系材料の製造過程におけるフライアッシュの品質(化学組成・比表面積)と初 期養生の相違が, 強度発現性に与える影響を把握することを目的とした検討を実施した. 本報告はこの結果を まとめたものである.

2. 試験概要

ブレーン値(比表面積)あ るいは全 Ca 量の異なる 3 種 類のフライアッシュを用いた

モルタルの圧縮強度と細孔径分布を測定した. フライアッシュは JIS II 種の規格に相当する試 料 (FA③), 化学組成として CaO 量の変化の影 響を把握することを目的とした CaO 量が多い

表-1 フライアッシュの品質

FA名	密度	比表面積	SiO ₂	Al_2O_3	Fe_2O_3	CaO	MgO	SO_3	Na_2O	K_2O	${\rm TiO}_2$	MnO	CI	ig.loss	メチレンプルー 吸着量	70-值比	活性原	変指数 ‰)
1760	(g/cm^3)	(cm^2/g)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(mg/g)	(%)	4W	13W
高Ca品(FA①)	2.43	4,014	46.23	22.80	8.04	13.55	2.12	1.18	2.14	2.01	0.85	0.14	<0.001	0.2	0.07	116	81	98
低ブレーン品(FA②)	2.03	3,180	61.83	24.68	4.13	3.14	1.35	0.20	1.24	0.72	1.36	0.03	<0.001	0.8	0.17	97	74	89
JIS II 種品(FA③)	2.15	3,850	61.73	24.15	4.11	2.78	1.29	0.35	1.12	0.90	1.34	0.04	<0.001	1.4	0.25	106	85	103

						•					
	W/B	スランフ。フロー	空気量	単位量(kg/m³)							
	(%)	(cm)	(%)	W	LPC	FA	LEX	LS	S		
	45.0	65±5	2.5±1.5	230	338	153	20	230	1273		
LPC: 低熱ポ ルトランドセメント, FA: フライアッシュ, LEX: 膨張材), S: 砕砂											

表-2 配合

B=LPC+FA+LEX, LS:石灰石微粉末(比表面積 5050cm²/g

試料(FA①),そして代表的物理特性値としてブレーン値が異なる試料(FA②) を用いた.フライアッシュの品質概要を表-1に、モルタル配合を表-2に示す.供 試体は、圧縮強度試験用として円柱供試体(Φ10×20cm)、細孔径分布測定用とし て図-1に示すブロック供試体の中心部から採取したコア試料を用いた.ブロック 供試体は余裕深度処分施設を対象とした地下 100m 程度の位置にある試験空洞内

(湿度常時 R.H.90%程度以上)に配置し,養生有(打設後 33 日間湿潤養生,そ の後気中養生)と養生無(打設後2日間型枠内養生,その後気中養生)とし,円 柱供試体は標準養生と同試験空洞内での気中養生のそれぞれ2種類の養生とした.

3. 試験結果と考察

モルタルの圧縮強度試験結果を図-2に示す.フライアッ シュ品質の違いによらず、材齢に伴って強度は増加した. 気中養生の材齢 91 日時の強度が標準養生より小さい結果 となった.JISII種品 (FA③) と比べて低ブレーン品 (FA ②)の強度が小さい結果となった. 高 Ca 品 (FA①) は JIS Ⅱ種品(FA③)と同等の強度発現性であった。標準養生は 20℃水中養生であるのに対して、気中養生は試験空洞内気 温下での養生であり、同一材齢でも積算温度が異なる.こ のため、標準養生と気中養生との相違は温度影響のみの可





能性もある. 強度発現性に与える温度の影響を検討するために, 積算温度で試験結果を整理した. 積算温度と 圧縮強度の関係を図-3に示す. 積算温度 Mの算定は $M = \Sigma$ (θ +10) Δt , t: 材齢(日), θ : 標準養生=20°C,

キーワード フライアッシュ, 圧縮強度, 空隙率, 積算温度

連絡先 〒105-8007 青森県上北郡六ヶ所村大字尾駮字野附 504-22 日本原燃株式会社 TEL0175-72-3305

気中養生=空洞内温度(℃)で行った.全データを直 線回帰した場合の相関係数は0.99であり,フライアッ シュの種類と養生方法に関係無く,積算温度と圧縮強 度発現性には高い相関が認められた.別途,フライア ッシュ種類と養生別に回帰した直線の傾きは,気中養 生より標準養生の方が大きく,標準養生の強度発現性 が気中養生より大きいことを確認している.すなわち 本実験範囲において,圧縮強度は養生の影響を受ける ものの,養生,フライアッシュ種類に関わらず積算温 度を把握すれば概略予測することが可能であると言え る.

既報¹⁾でのモルタル圧縮強度と全空隙との関係に, 本研究結果を加えたものを図-4に,同様に20nm以上 の空隙率との関係を図-5に示す.圧縮強度と空隙率は 負の相関が高く,フライアッシュを変動させた本研究 結果を全て加えても,この傾向は変わらなかった.区 分径空隙率と圧縮強度の相関関係については,図-4,5 以外にも,6nm,10nm,30nm,50nm以上の各区分径 空隙率について,それぞれ0.84,0.81,0.76,0.54の相 関係数が得られている.区分径空隙率の中で20nm以 上の空隙率と圧縮強度との相関が最も高く,山本²⁾の 研究結果と同様に,ポゾラン反応による空隙構造を持 ったモルタルの特性を示しているものと考える.

4. まとめ

本研究範囲において得られた結果を以下にまとめる.

- (1)低ブレーン品のフライアッシュを使用した場合の 圧縮強度は、JISII種品を使用した場合より小さい.
- (2)試験空洞内気中養生より標準養生の方が圧縮強度の発現性は高い.
- (3) 圧縮強度の発現性状に与える影響は、フライアッシュの種類、水分供給の影響よりも積算温度の影響が 大きく、圧縮強度は積算温度で概略推定できる.
- (4)フライアッシュの違いによらず, 20nm 以上の空隙 率と圧縮強度の相関が高い.

なお,今後は,フライアッシュに含有する Ca の化 学形態や鉱物組成,粒子の形状に着目した詳細な検討



図-5 圧縮強度と 20nm 以上空隙率の関係

20nm以上空隙率(%)

を行う予定である.また、本研究を実施するにあたり、東京工業大学坂井悦郎教授および太平洋セメント(株) 山田一夫氏、東北発電工業(株)の各位各社にご指導ご協力頂いた.記して感謝を示す.

参考文献

[1]杉橋直行ほか:低熱ポルトランドセメントとフライアッシュ,膨張材を使用したコンクリートおよびモルタルの材齢2年までの 諸特性(その2),土木学会第64回年次学術講演会,2009.9

[2]山本武志:フライアッシュ有効利用に関するポゾラン反応性迅速判定法と未燃炭素除去法の開発,東京工業大学学位論文,2007.5