

III-63

硬化したフライアッシュスラリーの三軸圧縮特性

中部電力株式会社 正会員 杉本忠男 大口 功

清水建設株式会社 正会員 堀内澄夫

1. はじめに 石炭火力発電にともなって発生するフライアッシュ(FAと略称する)は、高密度状態でスラリー化することによって数 kgf/cm^2 程度の一軸圧縮強さを発現する¹⁾。これは、含有成分であるカルシウム酸化物と水との化学反応によると考えられているが、硬化FAの力学特性は低密度の堆積物²⁾や突固めた試料³⁾の一軸圧縮強さが検討主体であり、高密度FAスラリーの強度発現機構は、必ずしも明らかでなかった。

今回、強度発現の機構を検討するため、3種類のFAを使用したスラリー供試体を作成し、三軸圧縮試験($\bar{\sigma}_u$)を実施した。その結果、(1)内部摩擦角(ϕ')は、材令などの影響を受けず約30度で一定である。(2)粘着力(C')は、材令、密度とともに増加する。(3) C' は一軸圧縮強さの約1/8である。などが明らかとなった。

2. 実験方法 実験に使用した3種類のFAの物性を表-1に示す。いずれも発電所から乾燥状態で排出されたものである。スラリー化や養生には人工海水を使用した。人工海水は、必要成分を水道水に溶解させpHを8に調整して作成した。塩ビ製モールドに流し込んで作成した供試体は、そのまま20℃海水中で養生した。三軸圧縮試験条件は、圧密非排水、ひずみ速度0.2%/分、背圧1 kgf/cm^2 、側圧は1～6 kgf/cm^2 とした。一軸圧縮試験はひずみ速度0.8%/分で実施した。

表-2にスラリーの配合、15cmスランブコーンで測定した流動性、供試体の乾燥密度(ρ_d' :海水中的塩分補正後の値)などを示す。混練に際して海水を分割添加する¹⁾ ことによって、A-1を除いた試料の乾燥密度は最大乾燥密度の95%以上のレベルまで高密度化できている。なお、供試体中にはスラリー混練時に混入した細かな気泡が存在していた。この気泡は供試体作成時の振動や三軸セル内での脱気操作で除去できなかったものであり、そのまま力学試験に供した。供試体の飽和度は、95%以上であった。

3. 実験結果と考察 各供試体の一軸圧縮強さ(q_u)の経時変化を図-1に示す。発現強度に程度の差はあるが、いずれも材令の進行とともに q_u は増加している。図-2は材令28日における q_u と ρ_d' との関係であり、密度の増加にともなう強度の増加傾向が明かとなっている。両者の関係は3種のFAで大差ないが、A種に対してB種、C種の q_u が若干低くなっている。これは、B種、C種カルシウム含有量

表-1 フライアッシュの物性

		A種	B種	C種	單位	
物理的性質	比重	2.32	2.23	2.26		
	平均粒径	14	11	12	μm	
	最大乾燥密度	1.16	1.07	1.10	g/cm ³	
化学的性質	pH	脱イオン水	12.4	11.9	12.1	
		人工海水	11.3	9.6	9.5	
	化学成分	SiO ₂	58.8	49.1	64.6	%
		Al ₂ O ₃	19.7	27.9	24.8	%
		Fe ₂ O ₃	5.56	5.59	3.25	%
		CaO	6.01	3.18	1.62	%
	強熱減量	5.32	8.41	2.33	%	

表-2 スラリーの性状

	FAの種類	配合含水比	スランブ値	ρ_d' (g/cm^3)
A-1	A種	66 %	13.3cm	0.95
A-2	A種	46 %	9.0cm	1.15
A-3	A種	38 %	非流動	1.25
B-1	B種	53 %	6.8cm	1.02
C-1	C種	53 %	9.0cm	1.07

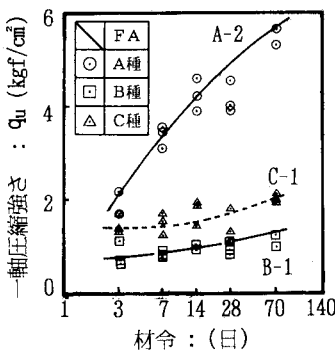


図-1 q_u の材令変化

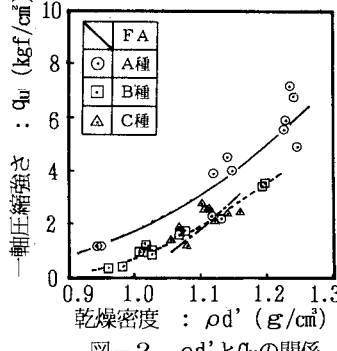


図-2 ρ_d' と q_u の関係 (材令 28日)

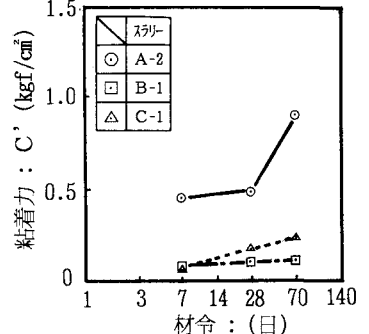
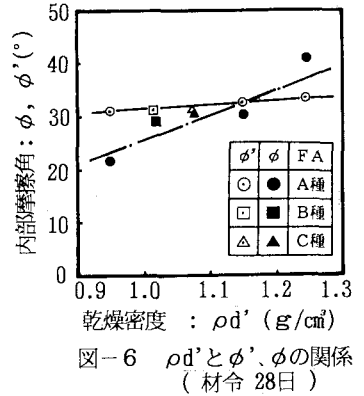
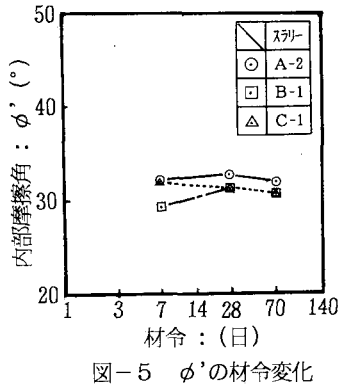
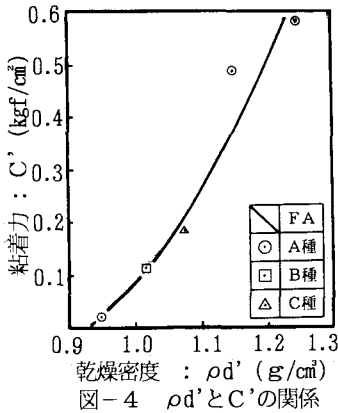


図-3 C' の材令変化

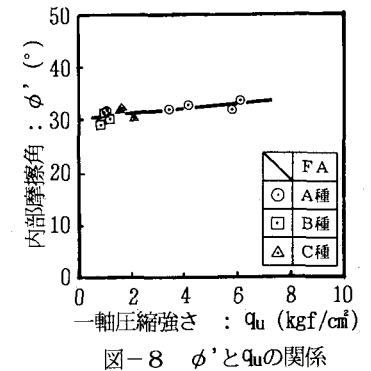
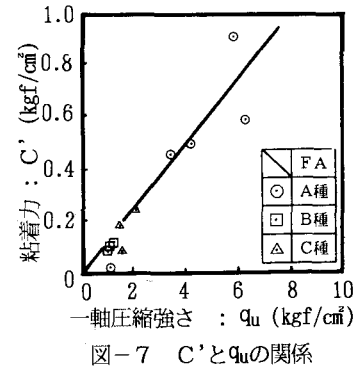


がA種にくらべて若干低いためと考える。

図-3はC'の材令変化を示している。B種では顕著でないが、材令の進行にともなうC'の増加が3種のFA全てに確認できる。図-4はρd'とC'との関係である。乾燥密度の増加にともなうC'も増加している。今井ほか²⁾によれば間隙比1.24のFAでは材令の進行にともなうC'の増加はほとんど期待できないと報告されている。図-4の傾向から、これは密度が低かったことが原因の1つと解釈できる。なお、図-4での両者の関係は、FAの種類の影響を受けていないとみなせる。これは、図-2のように、同一密度での発現強度が比較的近かったためと考える。

図-5はφ'の材令変化である。内部摩擦角は、材令やFAの種類にほとんど無関係に、約30度で一定となっている。FAの種類が影響を及ぼさなかったのは、実験に使用したFAの粒径、粒子形状が似ていたためと考える。また材令の影響が明らかでないのはFA中の接着物質が少なかつたためと考える。図-6はφ'とρd'との関係であり、φ'はρd'の増加にともなうわずかに増加している。図中にはφとρd'との関係も示してある。φは密度の増加にともなう大きく増加しており、この両者の関係は、DiGioiaほかによる報告³⁾中の関係とほぼ同一である。

図-7、8はC'、φ'とquとの関係である。C'はquのほぼ1/8で一定となっており、FAの種類、材令などの影響もほとんど見られない。φ'は30~34°であり、quの増加にともなう若干増加する傾向が見られるが、C'と同様、FAの種類や材令の影響は少ないと言える。



4. おわりに 高密度化したFAスラリーの硬化強度は、(1)約30度のφ'とquの約1/8に相当するC'によって、(2)長期的にはある程度のC'を確保できる。などがわかった。本スラリー材はハンドリングが容易であり、砂などの従来の材料に比較して密度が小さい、など、軽量地盤材料として価値が高いと考える。

一方、試料中の細かな気泡の力学特性への影響については検討できなかった。硬化スラリー中における気泡の存在形態も含め、強度発現に関する検討をさらに進めてゆきたい。

【参考文献】

- 1) S.Horiuchi et al.: Proc. 7th International Ash Utilization Symposium, 1985, pp.907-917
- 2) 今井 ほか:第21回土質工学研究発表会, 1986, pp.483-484
- 3) A.M.DiGioia et al.: Proc. Conf. Geotech. Pract. for Disposal of Solid Waste Materials, 1977, pp.267-284