

III-501

石炭灰を用いた気泡混合軽量スラリー（1）

一軸圧縮強さとその影響因子

清水建設株式会社 正会員 小田原卓郎、堀内澄夫、草刈太一
茨城大学工学部 正会員 安原一哉、佐藤研一

はじめに

発泡スチロール（EPS）、気泡モルタルなど、軽量の材料を土木・建築工事に使用する例が増えている^{1,2)}。EPSは密度が $10\sim 20\text{kg/m}^3$ と小さく、圧縮強度も 100kPa 程度で比較的高いが、可燃性で有機溶剤に可溶である。一方、気泡モルタルは一般にセメントスラリーに泡を混合して調製しており、密度は $500\sim 800\text{kg/m}^3$ とEPSより大きい³⁾が、不燃性で強度を配合によって調整できる利点を持つ。

石炭火力発電所から発生する石炭灰は年間400万ton以上にものぼっている。石炭灰は人工島の建設³⁾など土木分野への利用が進められているが、その利用率は全発生量の40%以下と低い。石炭灰は軽量でセメントとの反応性も高いなど、気泡軽量スラリー原料としての高い可能性をもっていると考えられる⁴⁾。現在までに、SFC軽量スラリーは密度を 0.5ton/m^3 程度まで低下でき、また地盤として十分な強度を発現することが判明している。しかし、石炭灰添加による物性への影響は必ずしも明らかとはなっていない。一連の室内実験により検討した結果のうち、本文では一軸圧縮強さとその影響因子について報告する。

1. 実験方法

表-1に実験に使用した石炭灰（FA）の物性を示す。いずれも豪州炭を中心とする海外炭燃焼灰である。セメントは普通ポルトランドセメント（OPC）、起泡剤は合成界面活性剤（SF）、細骨材は火山灰（VA：平均粒径 1.8mm 、比重 2.52 ）、水（W）は水道水を使用した。

表-2に主な配合を示す。石炭灰の種類によって必要とする起泡剤量が異なっている。これは石炭灰の表面性状によって起泡剤の吸着量が異なるためと考えられる。図-1にSFCスラリー試料の調製方法を示す。材料の混合には、ホバートミキサーとハンドミキサーを使用した。SFC軽量スラリーの密度は改良した泥水用マッドバランスで測定した。供試体はモールド中に詰めた状態で密封し養生した。発現強度は一軸圧縮試験で把握した。

2. 結果と考察

図-2に供試体作成後30分からの強度発現を示す。7時間までの発現強度はベーン試

表-1 石炭灰の物性

名称	強熱減量 %	pH	比重	ブレン値 cm^3/g	化学成分 (%) (酸化物の重量に換算)			
					Si-O	Al-O	Fe-O	Ca-O
LB	2.0	4.1	2.11	2400	66.2	26.8	1.0	0.8
TG	5.3	11.0	2.22	2710	58.5	24.1	5.5	2.5
DR	1.5	11.4	2.31	2430	55.5	27.7	7.8	5.3
WA	1.6	11.4	2.25	3980	64.8	23.4	4.1	3.3
UB	1.4	10.8	2.11	3350	76.1	19.1	1.6	1.1
WB	2.1	11.5	2.13	3160	64.0	25.4	4.4	1.4

表-2 主なスラリー配合

No.	配合量 (kg/m^3 , litre/ m^3)						密度 t/m^3
	FA	OPC	VA	SF	W	Air	
LB-1	238	159	0	1.6	241	594	0.64
LB-7	193	129	0	1.1	187	680	0.51
LB-8	199	133	142	0.7	184	622	0.66
LB-15	328	218	0	1.3	303	472	0.85
TG-2	280	187	0	2.1	260	553	0.73
DR-2	239	159	0	1.6	221	624	0.62
WA-2	224	149	0	5.5	241	607	0.62
UB-2	230	154	0	3.1	223	616	0.61
WB-2	253	169	0	3.4	245	580	0.67

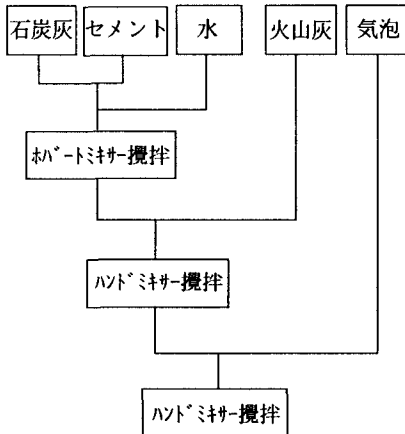


図-1 SFCスラリーの調製フロー

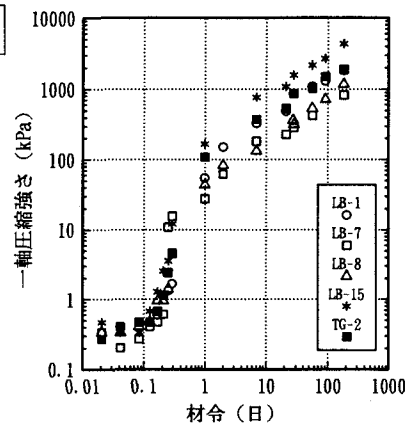


図-2 材令による一軸圧縮強さの変化

験によるせん断強度を一軸圧縮強度に換算した値である。図のようにスラリー混練後3時間程度経過すると強度が発現しはじめ、材令1日以降材令の対数値に比例して長期間にわたって強度は増加してゆく。スラリーの初期発現強度は現場での打継施工の点で重要である。仮に湿潤密度が 0.7ton/m^3 のSFCスラリーによって盛土する場合を考えると、混練後7時間程度で 10kPa の強度が発現するので、翌日には 1m のスラリーを打継げる。

材令7日と28日の一軸圧縮強度の関係を図-3に示す。図から明らかなように、材令28日の一軸圧縮強度は材令7日の約1.7倍で一定となっている。同図にはさまざまな種類のスラリーの関係をプロットしてある。両者の関係にはスラリーの密度、石炭灰の種類、火山灰の添加などの影響がない。

図-4に材令28日における一軸圧縮強度と乾燥密度との関係を示す。一軸圧縮強度は試料の密度増加にともなって大きく増加しているが、石炭灰の種類は全く影響を及ぼしていない。しかし、細骨材として火山灰を添加した試料では強度が大きく低下している。図-5に石炭灰LBを使用したSFCスラリーの強度発現を示す。同一密度であるLB-1とLB-8とを比較すると、火山灰を添加していないLB-1の強度が高い。これは表-2に示したように単位セメント量が少ないことが原因している。LB-7とLB-8のように単位セメント量に近い試料では、発現強度の差はすくない。このように、火山灰の添加は密度のみに影響するので、スラリーの密度増加が必要となる場合に有効となる。

図-6は石炭灰／セメント比が強度発現に及ぼす影響を示している。図のようにセメント量の増加にともなって強度は増加しているが、その差はわずかである。セメント量の影響が顕著でないのは、石炭灰のポゾラン活性の高さ、および低比重にともなう空隙の減少が原因と推察され、石炭灰使用の有効性が明らかとなっている。

おわりに

石炭灰を大量に混合したSFC気泡スラリーは、強度や密度が配合によって広く調整でき、また石炭灰の種類による物性への影響が少ないなどの長所をもつことがわかった。SFC気泡スラリーは軽量の盛土・充填材として実際に使用されはじめており、その有効性が現場でも確認されてつつある³⁾。今後、より広い適用性を検討し、石炭灰の有効利用に寄与したい。

参考文献

- 1)古谷俊明:"軽量盛土材としての気泡モルタル", 土と基礎, 37-2, pp.73-77, 1989
- 2)三木五三郎ほか:"EPS工法実物大実験におけるEPS盛土の挙", 第23回土質工学研究発表会, pp. 1983-1986, 1988
- 3)Horiuchi, S. et al: "Fly-Ash Slurry Island", Proc. ASCE, MT-5, 1992
- 4)佐藤泰明ほか:"石炭灰を利用した軽量埋立工法に関する研究", 第43回土木学会, III-45, 1988
- 5)塩谷平八郎ほか:土と基礎, 投稿中

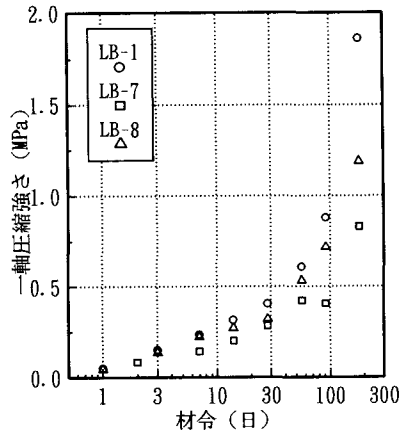


図-5 火山灰の添加と一軸圧縮強度

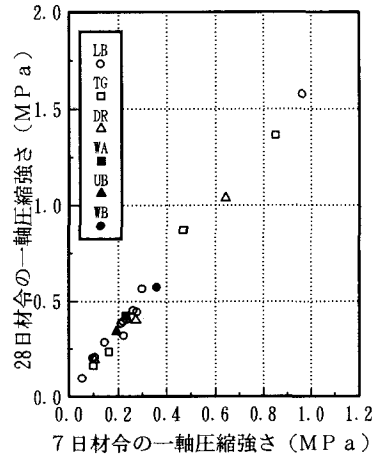


図-3 材令による強度増加率

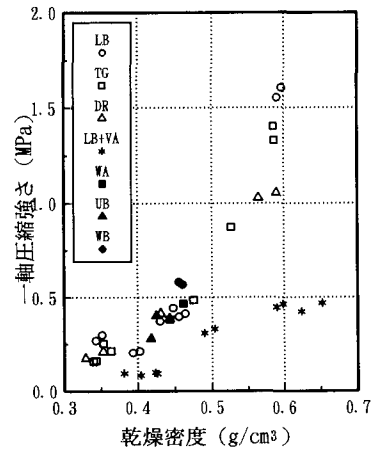


図-4 乾燥密度と一軸圧縮強度

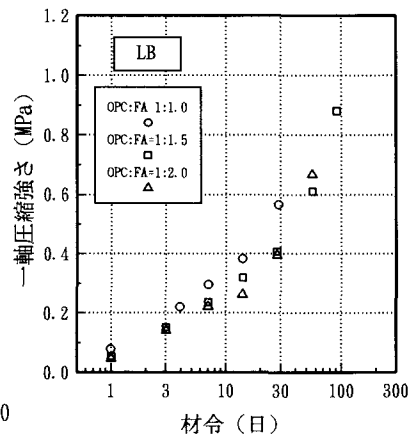


図-6 一軸圧縮強度に及ぼすセメント／石炭灰比の影響