

石炭灰を用いた軽量安定処理に関する研究

熊本大学工学部 学生員 ○白石 勝

熊本大学工学部 正会員 鈴木 敦己

熊本大学工学部 正会員 林 泰弘

熊本大学工学部 正会員 丸山 繁

熊本大学工学部 正会員 北園 芳人

九州電力総合研究所 正会員 内田 直人

1. はじめに

現在国内での石炭灰の有効利用方法としては、その殆どがセメント用材料として利用されているが建設材料や人工骨材への利用は製造コストが高いなどの問題がある。そこで本研究では大量使用が可能な土木分野において軽量土材としての気泡混合モルタルに注目して配合設計に必要なデータを得て、その有効性を検討した上で重回帰式を用いて配合量の算出を行った。

2. 実験方法

今回実験に使用した石炭灰は苓北発電所から採取された5種類のフライアッシュ(U灰、M灰、L灰、D灰、H灰)である。物理化学特性を表-1に示す。固化材には高炉セメントB種を用いた。

気泡は界面活性剤溶液を容積比で原液1:水19で希釈し気泡密度を0.05t/m³に調整したものを用いた。各配合は1m³あたりに対してセメント添加量(C)をC=100kg,150kg,200kgとし、石炭灰添加量(F)をF/C=1.0、2.0、3.0、4.0とした。フロー試験により180±5mmを得られるように水と気泡を配合した。一例としてD灰の配合を表-2に示す。一軸圧縮試験は作製した供試体を所定の日数養生後 JIS 1216:1998¹⁾に従い行った。

表-1 物理・化学試験結果

石炭灰	灰粒子密度 (g/cm ³)	液性限界 (%)	塑性限界 (%)	塑性指数 (%)	表面積 (cm ² /g)	強熱減量 (%)	pH
U灰	2.190	29.1	23.2	5.9	3800	0.97	12.05
M灰	2.335	23.9	18.9	5.0	3900	1.02	13.16
L灰	2.136	28.7	26.5	2.2	2700	1.37	5.45
D灰	2.318	26.8	21.4	5.4	3700	0.83	12.95
H灰	2.199	29.5	24.9	4.6	3300	1.08	9.98

表-2 D灰配合表

セメント (kg/m ³)	石炭灰 (kg/m ³)	混練水 (kg/m ³)	気泡水 (kg/m ³)	フロー値 mm	生比重 (t/m ³)
100	100	143.0	39.0	183.0	0.374
	200	165.0	35.8	179.5	0.502
	300	192.0	32.3	178.5	0.635
	400	221.0	28.7	184.5	0.824
150	150	165.0	36.0	185.0	0.544
	300	216.0	30.3	177.5	0.739
	450	258.0	24.9	179.0	0.944
	600	310.5	19.1	183.0	1.097
200	200	222.0	31.3	175.5	0.673
	400	272.0	24.5	180.0	0.931
	600	332.0	17.2	181.0	1.185
	800	386.0	10.2	180.0	1.449

3. 結果・考察

3.1 一軸圧縮強度と湿潤密度の関係

図-1に各配合における28日養生の一軸圧縮強度と湿潤密度の関係を示す。各灰において一軸圧縮強度と湿潤密度はほぼ直線関係にあるが、同程度の密度であっても灰による強度差が現れるものがあった。そのため灰別に配合設計をする必要がある。

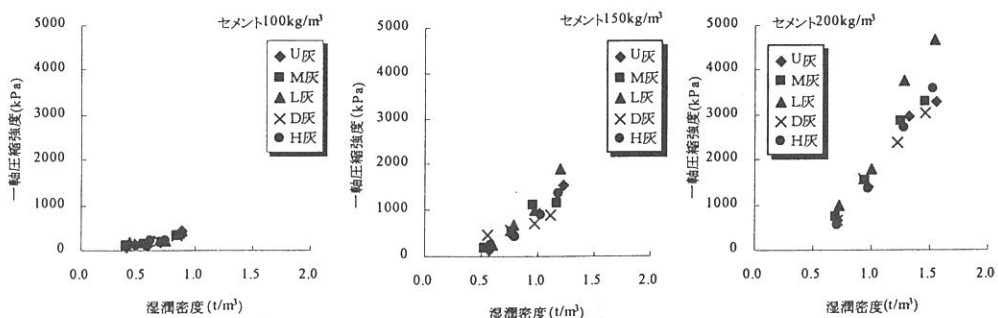
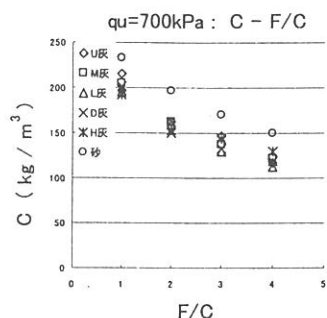


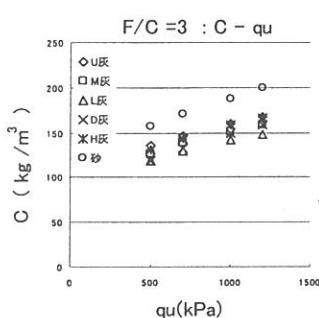
図-1 一軸圧縮強度と湿潤密度

3. 2 気泡混合モルタルにおける石炭灰の有効性

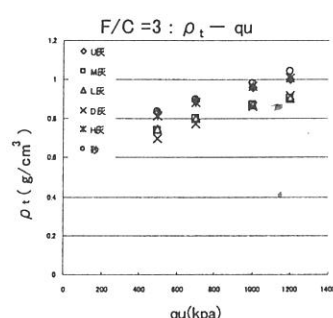
道路公団 FCB 工法²⁾ (主材:砂)の配合と比較することにより石炭灰利用の有効性を検討していく。図・2 より同じ強度を得るには砂よりも石炭灰を用いた方がセメントの使用量が少なく経済的であることがわかる。また F/C(石炭灰とセメントの重量比)を増やすことで、セメントの使用量を減らすことが可能になる。図・3 より F/C を 3 で固定すると同じ q_u を得るには石炭灰の方が砂よりもセメント量が少なくてすむ。図・4 で F/C を 3 で固定すると同じ q_u を得るにしても石炭灰の方が砂よりも湿潤密度が低く軽量化に有効であることがわかる。



図・2 $q_u=700\text{kPa}$ の時の C と F/C



図・3 F/C=3 の場合の C と q_u



図・4 F/C=3 の場合の湿潤密度と q_u

3. 3 重回帰式を用いた配合設計

重回帰式を用いて目的強度を得るための配合量を算出する方法を提案する。

以下に手順を示す。

(i) F_m (石炭灰質量)と C_m (セメント質量)を説明変数、 q_u を目的変数として重回帰式を立てる。

実験データ(ここでは 28 日養生のみ)を(1)式に用いて β_0 , β_C , β_F を灰種毎に定める。

$$q_u = \beta_0 + \beta_C \cdot C_m + \beta_F \cdot F_m \quad (1)$$

(1)式を用いて F/C を定めると目的の q_u に対して F_m, C_m が決まる。

(ii) 各灰で固体量($F_m + C_m$)と混練水量はほぼ比例している³⁾ので F_m, C_m が決まると W_m が決まる。

(iii) 任意に定めた F_m, C_m より気泡量(体積 A_v , 質量 A_m)、固化後の密度(ρ_t)が定まる。

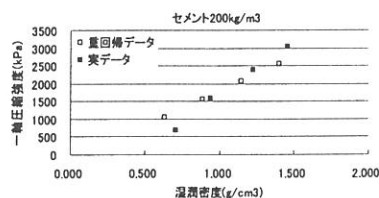
セメント 200kg/m^3 の時の F/C=1,2,3,4 に対して D 灰の実験値と重回帰により得られた値を図・5 で比較した。

この事より上式(1)は目的強度から配合を決定するには十分

使用可能であることが判る。

4. まとめ

- ① 石炭灰は砂よりも軽量土材に適している。
- ② 今回提案した重回帰式を用いた方法により各灰において F/C を定めると目標の一軸強度に対して配合を決めることが可能であると判明した。



図・5 重回帰データと実験データ

【参考文献】

- 1) 社団法人 地盤工学会：土質試験の方法と解説，第一回改訂版，pp430-440，2000
- 2) 日本道路公団：気泡混合軽量土を用いた軽量盛土工法の設計・施工指針，1996. 9.
- 3) 林泰弘，鈴木敦巳，北園芳人，丸山繁，山田文男，矢立仁志：気泡混合モルタルの骨材としての石炭灰の有効性，第 5 回地盤改良シンポジウム論文集，pp.169-174，2002. 11.