

石炭灰の土質改良材としての有効利用に関する研究

建設省中国技術事務所 正会員 吉野 好明
〃 〃 ○ 石上 鉄雄
〃 〃 木村 守

1. 研究の目的

火力発電所において、石炭の燃焼に伴い発生する石炭灰は、その特性・特質を生かして一部がセメント原料やセメント混和材等に有効利用されているものの大半が埋立廃棄されている現状にある。この石炭灰の有効利用に関する研究は、関係各方面で盛んに進められており一部商品化もされているが大量使用に至っていないのが現状である。

本研究は、建設工事のコスト縮減及び産業廃棄物の有効利用の観点から、指定副産物である石炭灰（フライアッシュ）を土質改良材として利用することを目的として実施したものである。

2. 研究の概要

一般国道9号江津道路工事現場（島根県江津市）における強度特性の低い発生土を路床土（目標CBR＝12％以上）として利用するために、土質改良材として石炭灰（フライアッシュ）と助材として普通ポルトランドセメントを添加し、試験フィールド施工に向けたCBR値と添加量の関係を求めるために実施した室内土質試験の結果について中間報告するものである。

3. 室内土質試験結果

(1)改良対象土の土質試験結果

表－1に改良対象土の土質試験結果を示す。粒度組成から日本統一分類法によると細粒分質砂(SF)に分類されるが、細粒分（シルト分＋粘土分）を46％と多く含み、砂と粘土の中間的な土といえる。

自然含水比はW_n＝28％と砂質土類の一般値の高い範囲にあるといえる。CBR試験結果では、CBR＝1.6％ときわめて低い値が得られており、路床土として利用するには、土質改良が必要と判断される土である。

試料名		江津道路発生土	
物理 試験	自然含水比 (%)	28.3	
	土粒子の密度 (g/cm³)	2.696	
	最大乾燥密度 (g/cm³)	1.531	
	最適含水比 (%)	24.0	
	粒 度	礫 分 (%)	0
		砂 分 (%)	54
		シルト分 (%)	24
		粘土分 (%)	22
	液性限界 (%)	52.4	
	塑性限界 (%)	33.1	
	塑性指数	19.3	
分 分 類 名	細粒分質砂		
類 分 類 記 号	(SF)		
評 定	平均CBR (%)	1.6	

	単 位	JIS規定値	三 隅 石 炭 灰	
湿 分	%	1.0以下	0.14	
強 熱 減 量	%	5.0以下	2.52	
比 重	g/cm ³	1.95以上	2.17	
比 表 面 積	cm ² /g	2,400以上	2,930	
フロー値比	%	92以上	102	
MB吸着量	mg/g	—	0.49	
活性度指数	28日	%	80以上	82
	91日	%	90以上	98
SiO ₂	%	45.0以上	69.5	
Al ₂ O ₃	%	—	22.5	
Fe ₂ O ₃	%	—	1.06	
CaO	%	—	0.9	
MgO	%	—	0.2	
SO ₃	%	—	0.66	
Na ₂ O	%	—	0.24	
K ₂ O	%	—	2.31	

炭種はコーレックス

表－1 改良対象土の土質試験結果（改良前）

表－2 試験に使用した三隅火力発電所産の石炭灰性状データ

(2) 石炭灰添加（単体）の場合の C B R 試験結果

図-1に石炭灰（単体）添加率と C B R 値の関係を示す。なお、含水比は自然含水比 $W_n = 28\%$ と降雨の影響を考慮し加水調整した含水比 $W_n' = 38\%$ の2ケースを準備した。

自然含水比 $W_n = 28\%$ の場合、石炭灰添加率 45% で $C B R = 12.5\%$ となり、 50% 程度で $C B R = 12\%$ 以上確保できると推測される。含水比 $W_n' = 38\%$ の場合、石炭灰添加率 70% でも $C B R = 5.1\%$ であり改良効果としては低い。また強度の伸びを確認するために実施した一軸圧縮強度試験（含水比 28% 、石炭灰添加率 20% 、材齢 $7 \cdot 28 \cdot 91$ 日）の値も横這いであり、全体的に石炭灰の添加率に比例して支持力が増加する傾向にあるが、含水比がある程度高くなると石炭灰単体だけの改良は難しいと考えられる。

〔※注〕添加率とは、改良対象土の乾燥質量に対して外割りで添加する改良材の質量の比を百分率で表したものである。表-2に試験に使用した三隅火力発電所産の石炭灰の性状データを示す。〕

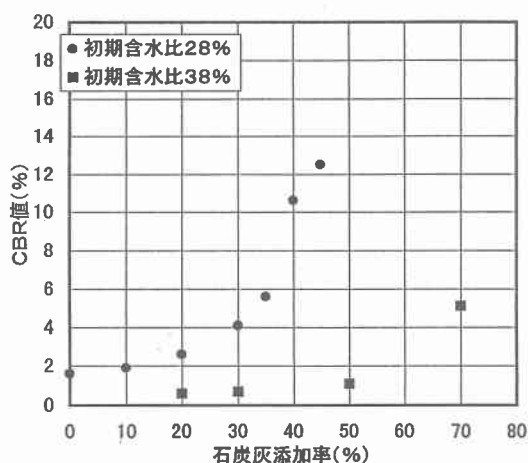
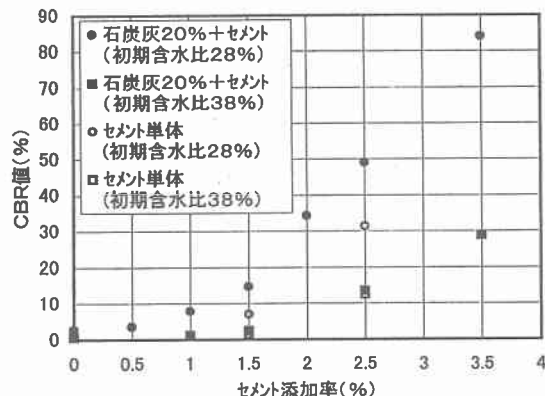


図-1 石炭灰（単体）添加率と C B R 値の関係



セメント単体での土質改良

セメント添加率 (%)	1.5	2.5
初期含水比 28%	6.9	31.3
初期含水比 38%	1.5	12.5

石炭灰とセメント複合での土質改良（石炭灰添加率 20% 固定）

セメント添加率 (%)	0	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.5
初期含水比 28%	2.6	3.5	7.8	14.7	34.2	48.9	84.0
初期含水比 38%	0.6		1.2	2.4		13.5	28.7

図-2 石炭灰（添加率 20% 固定）+セメント添加率と C B R 値の関係

(3) 石炭灰（添加率 20% 固定）+セメント添加の場合の C B R 試験結果

図-2に石炭灰添加率を 20% に仮固定し、助材として普通ポルトランドセメントを添加した場合の添加率と C B R 値の関係を示す。

自然含水比 $W_n = 28\%$ の場合、セメント添加率 1.5% で $C B R = 14.7\%$ となり、含水比 $W_n' = 38\%$ の場合、セメント添加率 2.5% で $C B R = 13.5\%$ となり、セメントの添加率に比例して支持力が増加するといえ、少量のセメントを添加することで支持力を満足する結果となった。

また、石炭灰とセメントの各自の改良効果を確認するために実施したセメント単体の C B R 試験結果から特筆すべき点として、自然含水比 $W_n = 28\%$ の場合、石炭灰とセメントの複合により何等かの相乗効果が働き、石炭灰単体+セメント単体の改良効果 < 石炭灰・セメント複合の改良効果^{※1} という結果が確認できた。〔※補 1 →セメント 1.5% の場合：（灰単体 $2.6 - 1.6$ ）+（セメント単体 $6.9 - 1.6$ ） < （灰・セメント複合 $14.7 - 1.6$ ）〕

4. 今後の課題

今後の試験に関する課題として、より現場条件に見合った経済的な添加材の設計配合率（例：石炭灰 $10 \sim 40\%$ + セメント $1 \sim 3\%$ ）の決定、また、現場での混合方法と現場施工時のバラツキを考慮した配合割増率の決定、また、溶出試験による安定処理土の安全性確認と産業廃棄物である石炭灰を実際に現地試験フィールド施工で使用するにあたっての関係機関（県環境保健部）等との協議を進める必要がある。