

焼却灰を用いた固化体における一軸圧縮強さへの影響因子

九州産業大学 学生会員 堤 英貴
九州産業大学 正会員 松尾雄治
中道環境開発 非会員 古閑透悦

九州産業大学 正会員 林 泰弘
中道環境開発 非会員 中道和徳

1. はじめに

筆者らは焼却灰を土砂として利用するのではなく、より付加価値の高い路盤材（再生クラッシュラン）の材料として利用することを目指している。焼却灰、再生砂、改良土、セメント、凝固促進剤を混合攪拌し、固化後破砕することで、安全に路盤材（再生クラッシュラン）としての転用ができるかどうかを検討したところ、下層路盤としての必要な CBR が得られる再生砕石が作れることがわかった¹⁾。材料の配合が強度へ及ぼす影響を明らかにし、効果的な配合を求めるために、配合で試験を行い、破砕前固化体の一軸圧縮強度への影響因子を調べた。

2. 材料

材料の特性を表-1 に示す。焼却灰は一般廃棄物の主灰（写真-1）を用いた。粗粒分が多い割に含水比が高く、pH が高い。再生砂は建設汚泥再資源化プラント²⁾により汚泥から分離したもの、改良土（写真-2）は同プラントから発生したスラッジにセメントを加えて作製されたものを使用した。すなわち、これら（以下、総称して土質材料と記す）はすべて廃棄物、副産物起源のものである。

表-1 材料の特性

	焼却灰	再生砂	改良土
含水比(%)	85.2	13.4	88.7
粒子密度(g/cm ³)	2.433	2.741	2.544
礫分(%)	18.9	14.0	17.1
砂分(%)	58.0	80.4	31.0
シルト分(%)	16.1	5.6	28.5
粘土分(%)	8.0		23.4
pH	9.78	8.67	10.08
最大乾燥密度(g/cm ³)	1.388	1.673	1.193
最適含水比(%)	25.5	18.5	30.2



写真-1 焼却灰



写真-2 改良土

3. 実験方法

土質材料である焼却灰、砂、改良土を混合したものに、セメント（高炉セメント B 種）、水、薬剤（凝固促進剤）を添加し、再びよく混合して処理土を作製した。薬剤は固化を促進し強度を高めるとともに、焼却灰からの有害物質溶出対策用として使用した。配合は A～J までの 10 パターンとした（表-2）。なお、土質材料に含まれる水分はすべて「水」に算入されている。

表-2 配合表

	改良土 (kg/m ³)	再生砂 (kg/m ³)	焼却灰 (kg/m ³)	セメント (kg/m ³)	水 (kg/m ³)	薬剤 (kg/m ³)
A	280	0	295	213	642	42
B	289	0	297	218	627	43
C	195	216	337	248	586	4
D	285	203	281	256	562	12
E	285	203	278	255	568	6
F	87	98	568	243	525	6
G	124	142	495	245	537	6
H	89	100	576	250	547	6
I	131	150	508	257	574	6
J	0	0	775	249	512	6

処理土は直径 50mm、高さ 100mm のモールドに充填し、固化した後脱型し、20±3℃の恒温庫内に密封したまま気中養生した。所定日数（7 日および 28 日）経過後、一軸圧縮試験を行った。

4. 一軸圧縮試験結果

図-1～5 はそれぞれ焼却灰量、セメント量、改良土量、再生砂量、乾燥密度と 7 日養生の一軸圧縮強度の関係を示している。凡例は、再生砂量が 0 kg/m³ のものを白ぬき（配合 A、B、J）とし、再生砂量が 100kg/m³ 程度のものを緑（配合 F、H）、再生砂量が 150 kg/m³ 程度のものを赤（配合 G、I）、再生砂量が 200 kg/m³ 程度のものを青（配合 C、D、E）としている。また、同色の中で焼却灰量が多いものから□、○、△とした。

図-1 は焼却灰量と一軸圧縮強さの関係を示しているが、焼却灰量と一軸圧縮強度には関連性がみられなかった。図-2 はセメント量と一軸圧縮強さの

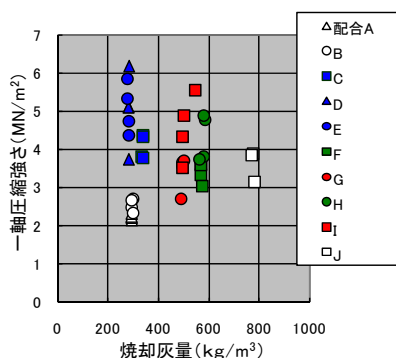


図-1 焼却灰量と一軸圧縮強さの関係

関係を示している。セメント量が多いほど一軸圧縮

強さが大きくなる傾向にあることがわかる。図-3 は改良土量と一軸圧縮強さの関係を示しているが、改良土量の変化と一軸圧縮強度には関連性がみられなかった。

図-4 は再生砂量と一軸圧縮強さの関係を示している。再生砂量が多いほど一軸圧縮強さが大きくなっている。図-5 は乾燥密度と一軸圧縮強さの関係を示している。乾燥密度が大きくなるにつれ、一軸圧縮強さが大きくなっている。

4. 重回帰分析

因子が多いため図-1～5 からだけでは一軸圧縮強さに及ぼす影響が明確でない。そこで、説明変数の組み合わせを変えて重回帰分析を行った。

結果（偏回帰係数、標準偏回帰係数、自由度修正済み決定係数 R^2 ）を表-3 に示す。ケース 5 は一軸圧縮強さに対して単相関が最も良い 2 つの変数であるセメント量と乾燥密度を用いたものの、精度の良くない結果となった。それ以外は $R^2 > 0.7$ 以上であり大きな差がみられなかった。しかし、変数の選び方によって偏回帰係数の正負が入れ替わっている。その原因の一つは説明変数間の相関性が高いためであると考えられる。よってケース 2～4 で比較すると、一軸圧縮強さの増加に対してセメントは大きくプラス作用、焼却灰はマイナス作用であることがわかる。

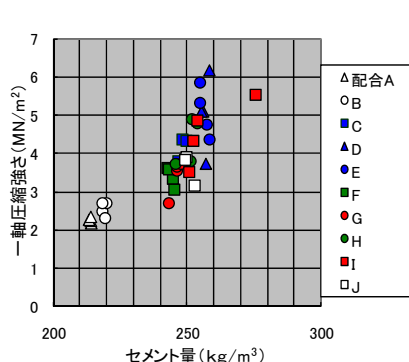


図-2 セメント量と一軸圧縮強さの関係

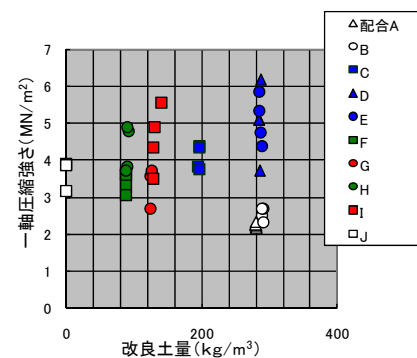


図-3 改良土量と一軸圧縮強さの関係

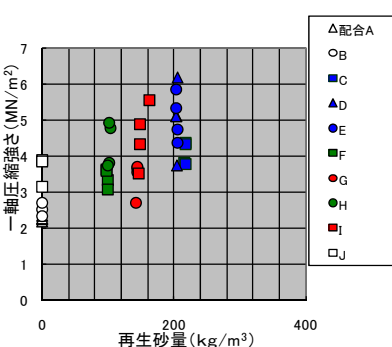


図-4 再生砂量と一軸圧縮強さの関係

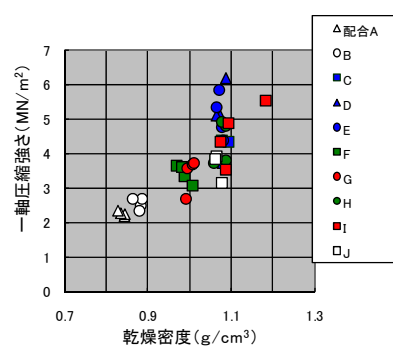


図-5 乾燥密度と一軸圧縮強さの関係

表-3 重回帰分析の結果

	説明変数(上段は偏回帰係数 下段は標準偏回帰係数)					定数項	自由度修正済み決定係数 R^2
	改良土	再生砂	焼却灰	セメント	乾燥密度		
1	9.352	1.513	4.071	36.645	3999.519	-12818	0.767
	0.903	0.121	0.634	0.536	0.348		
2			-1.933	52.648	1903.434	-10113	0.759
			-0.301	0.770	0.165		
3		2.954		39.941	963.309	-7236	0.701
		0.236		0.584	0.0838		
4	3.462			49.189	2801.972	-11651	0.774
	0.334			0.720	0.243		
5				-30.741	13386.484	-1792	0.376
				-0.522	1.118		
6	-3.218	-6.449	-5.886	94.540		-15371	0.770
	-0.311	-0.517	-0.917	1.384			

5. まとめ

今回の配合条件では、固化体の一軸圧縮強度を高めるために焼却灰は効果的とはいえないが、配合を工夫することで焼却灰を効果的に利用できるように取り組む予定である。

参考文献 1) 古閑透悦・中道徳・林泰弘：焼却灰の薬剤添加改質による路盤材への転用、地盤環境および防災における地域資源の活用に関するシンポジウム論文集、印刷中、2010.1. 2) 中道環境開発ホームページ、<http://y-nkk.sub.jp/recycle/index.html>