

下水汚泥焼却灰による土質改良効果の検討

東北工業大学 大学院 伊藤 孝優, 阿部 慶司, 志賀 章弘
東北工業大学 工学部 伊藤 孝男, 浅田 秋江

1. まえがき

我が国では、下水道普及率の増進を目標に下水道事業が推進されている。それに伴い下水汚泥の量も増加の傾向にある。この汚泥は減量化のため焼却されるが、焼却の際の脱水過程で石灰系と高分子系凝集剤を添加し焼却される。ここでは、近年多く排出される高分子系焼却灰の土質改良材への適応性に向け、建設発生土の改良を目的として焼却灰、および、石灰等を改良助剤として添加することにより、不良土の経時変化による改良効果等について報告する。

2. 実験試料および実験方法

2.1 試料の物性

実験に用いた試料土は、下水道敷設工事の建設発生土である「砂質土」および「粘性土」で、発生土の土質区分基準によると「第3種建設発生土」と「第4種建設発生土」に該当する。また、下水汚泥焼却灰は「高分子系焼却灰」でSiO₂およびAl₂O₃を60~70%含み、CaO は数%程度で粘土に近い組成を示し自硬性に乏しいため石灰等を添加し、発生土の改良効果を助長させることとした。なお、下水汚泥焼却灰および建設発生土の物理・力学的性状を表-1に示した。

2.2 実験方法

(1) 改良助剤の種類と添加率

発生土に焼却灰を加え、さらに改良助剤として消石灰と生石灰の2種類を用いた。助剤の添加量は次式より求めた。

$$mi = \{M / (100 - M)\} \times \{100 / (100 + Wk)\} mk$$

ここに、mi：改良材添加量(kg)

M：改良材添加率(3, 5, 10%)

Wk：発生土の含水比(%)

mk：発生土の重量(kg)

なお、粘性土、焼却灰および改良助剤の配合構成を表-2に示した。

(2) 供試体の作製および実験項目

粘性土に前述の式より求めた改良助剤を添加混合後、密封容器に保存後7日、28日後の処理土を用いて、地盤工学会基準『安定処理土の静的締固めによる供試体作製方法』に準じて直径5cm、高さ10cmの供試体を作製し、ラップで密封後20°±1°C、95%RHの恒温湿潤養生箱で所定期間養生し【一軸圧縮試験(JGS 0511)】に供した。また【CBR試験(JGS 0721)】も7日、28日後の処理土を用いて設計CBRを実施し、さらに、CBR試験後の供試体を用いてポータブルコーン貫入試験機により【コーン指数(JGS 0716)】を求めた。なお、発生土に焼却灰と改良助剤を添加することによる物理性状の変化を知るため【含水比(JGS 0121)】、【土粒子の密度(JGS 0111)】、【土の粒度(JGS 0131)】および【液性限界・塑性限界(JGS 0141)】試験を実施した。

3. 実験結果および考察

3.1 改良土の物理性状

発生土に焼却灰を10、20%混合しても土粒子の密度はさほど変化はなく、粒度組成もシルト、粘土分の砂質化にはあまり寄与していない。しかし、改良助剤の添加により土粒子の密度は減少の傾向を示し、粒度組成は両発生土とも砂質化の傾向が示されている。また、液性・塑性限界とも減少し圧縮性の減少と粘性の低下がうかがわれる。

3.2 改良助剤添加による強度増加

(1) 一軸圧縮強度

「砂質土+焼却灰」の低含水比(40%精)に改良助剤(消灰)を添加した混合7、28日後の処理土とも安定した強度増加の傾向を示している(図-1(A))。「粘性土+焼却灰」の低含水比(60%精)に改良助剤(消灰)を添加した混合28日後の処理土が比較的安定した強度増加を示している(図-2(A))。

(2) CBR

「砂質土+焼却灰」の低含水比(40%精)に改良助剤(消灰)を添加した混合7、28日後の処理土とも高い値が得られている(図-1(B))。「粘性土+焼却灰」に改良助剤(消灰、生灰)を添加した処理土は、全て低い値に留まっている(図-2(B))。しかし、高含水比(60~80%)に改良助剤(消灰、生灰)を20%添加することにより改良効果が明瞭に示された。

キーワード：廃棄物、石灰、土質安定処理

連絡先：〒982-8577 仙台市太白区八木山香澄町35-1 TEL 022-229-1151、FAX 022-229-8393

表-1 焼却灰および発生土の物理・力学的性状

試験項目		試料	下水汚泥 焼却灰	砂質土	粘性土
含水比 W _o (%)			36.48	42.24	58.55
土粒子の密度 ρ _s (g/cm ³)			2.511	2.595	2.441
粒度特性	砂分 (%)		6.0	59.0	20.0
	シルト分 (%)		87.0	27.0	30.0
	粘土分 (%)		7.0	14.0	50.0
	均等係数 U _c		2.27	53.90	-
コンシステンシー	液性限界 WL (%)		-	30.30	78.40
	塑性限界 PL (%)		-	-	40.55
	塑性指数 PI		-	-	35.85
締固め特性	締固め方法		A-b	A-b	A-b
	最大乾燥密度 ρ _{max} (g/cm ³)		0.944	1.536	1.495
	最適含水比 W _{opt} (%)		56.50	23.00	27.00
	一軸圧縮強度 q _u (MPa)		1.48	0.31	-
設計 CBR (%)			5.40	1.95	0.46
コーン指数 q _c (MPa)			23.61	11.36	0.23

表-2 発生土、焼却灰および改良助剤添加率

	含水比	焼却灰：不良土 (比率)		改良助剤(%)			含水比	焼却灰：不良土 (比率)		改良助剤(%)	
		消石灰	生石灰	消石灰	生石灰			消石灰	生石灰		
土質表	W<40 (%)	10	90	0	-	土質表	W<60 (%)	10	90	0	-
		10	90	3	-			10	90	3	-
		10	90	5	-			10	90	5	-
		10	90	10	-			10	90	10	-
		20	80	0	-			20	80	0	-
		20	80	3	-			20	80	3	-
		20	80	5	-			20	80	5	-
		20	80	10	-			20	80	10	-
	40<W<50 (%)	10	90	-	0	土質表	80<W<80 (%)	10	90	-	0
		10	90	-	3			10	90	-	3
		10	90	-	5			10	90	-	5
		10	90	-	10			10	90	-	10
		20	80	-	0			20	80	-	0
		20	80	-	3			20	80	-	3
20		80	-	5	20			80	-	5	
20		80	-	10	20			80	-	10	

(3) コーン指数

「砂質土+焼却灰」に改良助剤(消灰、生灰)を添加した処理土のコーン指数は、全て高い値が得られている。特に低含水比(40%未満)に改良助剤(消灰)を添加した処理土が顕著である(図-1(C))。「粘性土+焼却灰」に改良助剤(消灰、生灰)を添加した処理土のコーン指数は、全て低い値を示している。中でも高含水比(60~80%)に改良助剤(生灰)を10%まで添加しても改良効果が示されていないが(図-2(C))、改良助剤を20%添加すると改良効果が明瞭に示された。

砂質土	焼却灰:不良土 (比率)		含水比 (%)	改良助剤	図中記号	
	10	90			7日	28日
砂質 □-○	20	80	40%未満	消石灰	○	○
	10	90	40~50%	生石灰	△	△
□-△	20	80	40~50%	消石灰	△	△
	10	90	40~50%	生石灰	△	△

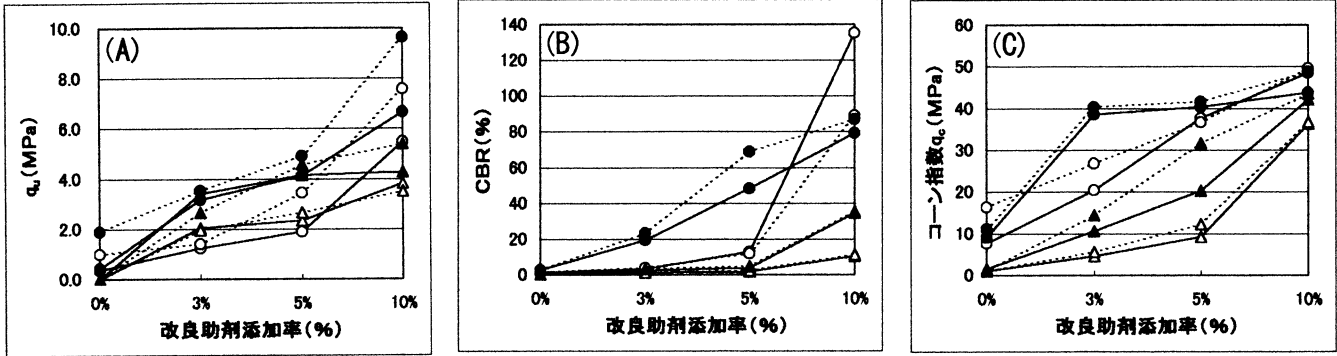


図-1 砂質土の改良助剤添加率と一軸圧縮強度、CBR、コーン指数

粘性土	焼却灰:不良土 (比率)		含水比 (%)	改良助剤	図中記号	
	10	90			7日	28日
粘土 □-○	20	80	60%未満	消石灰	○	○
	10	90	60%未満	生石灰	△	△
□-△	20	80	60%未満	消石灰	△	△
	10	90	60%未満	生石灰	△	△

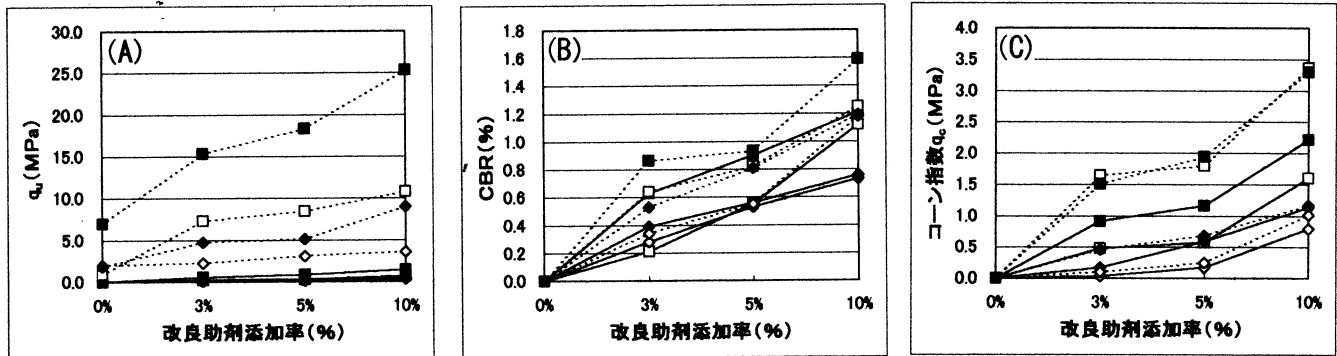


図-2 粘性土の改良助剤添加率と一軸圧縮強度、CBR、コーン指数

4. あとがき

下水污泥焼却灰(高分子系)を建設発生土の改良に有効利用する観点から、改良助剤(消灰、生灰)を添加した場合の改良効果について検討を行った。今回、改良助剤の添加率と一軸圧縮強度、CBR、コーン指数の関係をみたが、おおむね以下の事項が明らかになった。

- ・下水污泥焼却灰のみの添加では、改良効果は期待できない。
- ・砂質系の発生土は、改良助剤(消灰、生灰)を若干添加することにより改良効果が期待できる。
- ・粘性系の発生土は、低含水比(60%未満)で改良助剤(消灰)を添加混合した28日後の処理土のみ一軸圧縮強度が7MPa以上得られているが、他の含水比状態および改良助剤添加率に関しては、一軸圧縮強度、CBR、コーン指数は全て低い値を示し改良効果はあまり期待できない。(しかし、改良助剤(消灰、生灰)を20%添加することにより、高含水比(60~80%)試料土でも、CBR>5%、コーン指数>40MPaが期待できる。)
- ・今回用いた建設発生土の含水比状態、および、改良助剤の添加率により発生土の土質区分を1ランク上の区分に改良することができる。

現在、他の改良助剤を使用し配合構成を変えて実験を行っている。これらの結果については、機会を改めて報告します。

<参考文献>*三木他:発生土および廃棄物の地盤工学的処理と有効利用, 3. 発生土の地盤工学特性, 土と基礎, Vol. 44, No. 12, pp. 63~69, 1996. *福島他:発生土および廃棄物の地盤工学的処理と有効利用, 6. 産業廃棄物の地盤工学的利用(その3), 土と基礎, Vol. 45, No. 7, pp. 53~55, 1997. *富田他:セメント、生石灰を用いた鹿沼土の土質改良, 土と基礎, Vol. 47, No. 7, pp. 37~40, 1999.