

建設省土木研究所 正会員 岩瀬真二

” 塚田幸広

” 嶋津 晃臣

1. まえがき

近年、産業副産物（一部は廃棄物とも呼ぶ）の有効利用の立場から、高炉スラグ、水砕スラグなどの材料を土質改良添加材として利用する方法が各方面で検討されている。筆者らもまた、建設省総合技術開発プロジェクト「建設事業への廃棄物利用技術の開発」の一環として、各種廃棄物のうち今後発生量の増大が予想される下水汚泥焼却灰、石炭灰などの材料に着目しこれらの土質改良添加材としての有効利用法について室内実験および現場実験を通して研究を進めている。この度、これら廃棄物のうち下水汚泥焼却灰（以下、焼却灰と略す）の深層混合処理への適応性を検討するため粉体噴射攪拌工法を用いたビート地盤の現場実験施工を実施した。その結果についてここに報告する。

2. 実験方法

2.1 対象地盤

本実験における対象地盤は埼玉県与野市に分布するビート層およびシルト層である。地盤の柱状図を図-1に、ビート層の性質を表-1に示す。表-1に示すとおり上層のビート層は自然含水比  $W_i = 500$  (%)と高含水比であり、また植物繊維分を多く含んだ状態である。なお、改良範囲は図-1に示す  $GL-0.5$  m ~  $GL-6.5$  m の6 mとした。

2.2 実験に用いた焼却灰の性質

焼却灰は一般に下水処理プロセスで使用される凝集剤などによって石灰系焼却灰と高分子系焼却灰とに大別することができる。今回の実験ではこのうち石灰系の焼却灰を用いた。石灰系焼却灰は表-2に示すように石灰分の含有率が高く、これまでも土質改良添加材として適用性が比較的高い材料であるとされてきた。

2.3 室内配合試験結果

焼却灰を用いたビートの室内配合試験結果を図-2に示す。図-2に示すとおり、焼却灰添加率の増加とともに一軸圧縮強さが大きくなっている。さらにセメントを添加することにより一軸圧縮強さはより大きくなるのがわかる。また、焼却灰単体においても添加率70%以上では一軸圧縮強さは  $1\text{kgf}/\text{cm}^2$  以上あり、低強度を目的とした改良では土質改良添加材として用いても十分な改良効果を得られるものと思われる。

2.4 施工条件

配合条件は表-3に示すとおり各配合条件とも改良材添加量を  $600\text{kg}/\text{m}^3$  と一定とした上で焼却灰とセメントの比率を変える条件を設定した。なお、case 3は焼却灰単体で用いた場合の改良効果を調べるためのものである。

施工方法として、深層混合処理工法のうち粉体噴射攪拌工

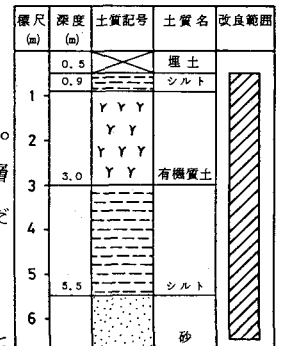


図-1 柱状図

表-1 ビート層の性質

粒 度 (%)				比重 Gs	含水比 Wi (%)	湿潤密度 $\rho_t$ (g/cm <sup>3</sup> )	強熱減量 Lig (%)
レキ分	砂分	シルト分	粘土分				
3.7	30.3	43.0	23.0	1.722	500	1.1	71.6

粒度において砂分以上は植物繊維である

表-2 焼却灰の性質、成分

比重 Gs	強熱減量 Lig (%)	無機成分含有率 (%)						含水率 (%)
		CaO	MgO	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SO <sub>3</sub>	
2.86	2.2	34.50	1.57	21.70	13.90	15.10	3.78	0.2

表-3 配合条件

CASE	改良材添加量 (kg/m <sup>3</sup> )		
	焼却灰	セメント	計
1	400	200	600
2	200	400	600
3	600	—	600

法を用い、焼却灰、セメントを空気圧送により粉粒体のまま土中に供給し、原位置土と攪拌混合させて改良柱体を造成した。

### 3. 実験結果

改良柱体造成後32日後に掘り出したcase 3の写真を図-3に示す。各caseとも比較的良好な改良柱体が造成されており、特に、焼却灰単体を用いたcase 3においても良好な形状で自立しており原位置土との明確な境界面が認められた。

図-4に改良柱体造成後28日後のオランダ式二重管コーン貫

入試験の結果を示す。図より原位置土では $q_c$ 値が $3 \text{ kgf/cm}^2$ 程度であるのに対し、case 3では約 $10 \text{ kgf/cm}^2$ と原位置土の3倍程度の強度を発現しており、焼却灰単体であっても比較的良好な改良効果が得られていることが認められる。またcase 1では $q_c$ 値は $20 \sim 60 \text{ kgf/cm}^2$ であり原位置土に比べ $10 \sim 20$ 倍程度高くなっている

焼却灰添加量と一軸圧縮強さ、含水比の関係を現場試験と室内配合試験の28日強度を比較して図-5に示す。なお、case 1の $q_u$ 値は十分な試料を採取できなかったため $q_u = q_c / 10$ の関係から $q_c$ の値より推定した値を用いた。図より改良材添加量が一定である場合、焼却灰添加量の増加とともに一軸圧縮強さが減少しており改良効果は主にセメントによる割合が大きいがうかがえる。これは図-2に示す室内配合試験強度においても同様の傾向が見られる。しかし、焼却灰単体においても含水比は $81.4\%$ と大幅に減少し、単位体積重量は $1.1 \text{ g/cm}^3$ から $1.388 \text{ g/cm}^3$ と増加しており、また一軸圧縮強さは $2 \text{ kgf/cm}^2$ 程度発現している。なお、図-5において現場強度の方が室内強度より上回っているが、これは室内配合試験に用いた試料の含水比が $650 \sim 800\%$ と現場の含水比( $500\%$ )より高かったためと考えられる。

### 4. あとがき

今回の現場実験から焼却灰のビート地盤への適用性については、あまり高い強度を必要としない地盤改良において、焼却灰はセメントなどと組み合わせることによって土質改良添加材として有効であり、また焼却灰単体であっても比較的良好な改良効果を期待できるものと考えられる。

なお、本実験に際し御協力頂いた与野市の方々に謝意を表します。

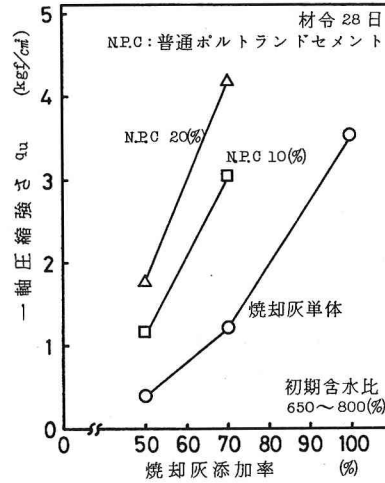


図-2 室内配合試験結果

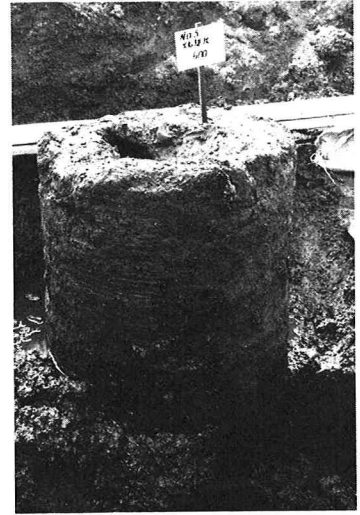


図-3 改良柱体の状況(case 3)

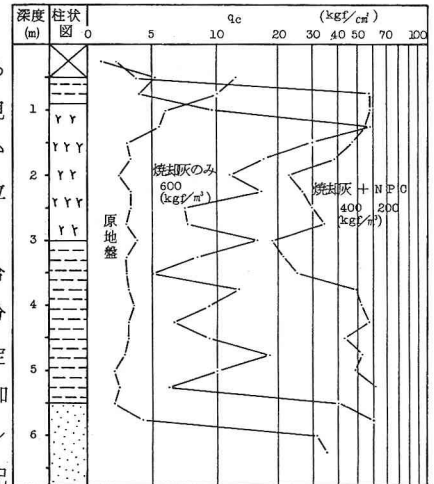


図-4 二重管コーン貫入試験結果

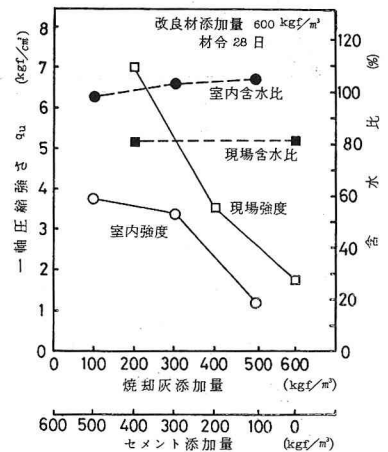


図-5 添加量と一軸圧縮強さ、含水比の関係