

VI-228

石炭灰固化物SCP材の埋立粘性土地盤への適用

中部電力(株) 正会員 土山茂希, 奥田康三
 中央開発(株) 正会員 ○ 黒田真一郎
 大成建設(株) 正会員 小寺秀則
 不動建設(株) 杉岡利治

1. はじめに

石炭火力発電所から大量に発生する石炭灰に少量のセメントと適量の水を加えて造粒・固化し石炭灰固化物を作り、砂の代替としてサンドコンパクションパイル（SCPと略す）の杭材として利用する事は石炭灰の有効利用を進めるだけでなく、天然資源である砂の使用量を減らすことも可能となる。これまでの研究¹⁾で埋立砂質土地盤において試験打設を行い、適用の可能性を検証したが、今回は埋立粘性土地盤において同様な施工試験を行い、石炭灰固化物の有用性を確認したので、その結果を報告する。

2. 石炭灰固化物の材料特性

表1に石炭灰固化物の材料特性を示す。材料は粒径10～20mmの球体が主体で、その土粒子の密度は2.4 g/cm³と一般の土に比べてやや小さく、特に単位体積重量は乾燥状態では多孔質であるため0.94 gf/cm³と軽量である。

3. 現場実証試験概要

地盤概要 試験ヤードは1980年頃に造成された東海地区の臨海部埋立地で、その地盤状況は図1に示すように、旧海底地盤である砂層の上に浚渫土砂である軟弱なシルトが7mの厚さで埋立てられており、その上を砂と砂礫で覆土している。地盤改良の対象としたのはこの中の埋立土層（シルト質粘土）である。

検討方法 打設試験では砂材と石炭灰固化物材で各々16本ずつSCPを打設し、施工性、杭材の評価および環境への影響等について検討を加えた。杭は仕上り杭径φ700mm（ケーシング内径φ400mm）、2000mmピッチ、改良率9.6%である（図2参照）。

調査試験内容 杭打設に要する時間、打設後の杭芯での標準貫入試験、現場密度試験、杭芯サンプリング試料を用いた杭材の粒度試験、三軸圧縮試験、透水試験および地盤中の地下水の水質調査である

4. 現場実証試験結果

施工性 砂杭を打設するものと同じ施工機械を使用して、同じ条件でSCPを打設し、打設に要するサイクルタイムを測定した。その結果、砂材を用いた場合の平均打設時間を1とした場合、石炭灰固化物材での平均所用時間の比率は1.39となった。これは杭の造成に時間がかかることを示しているが、材料の特殊性を考慮したオペレーターが注意して施工したこともあり、試験工事という特別な要因が作用して値が大きくなったとも考えられる。

杭芯N値 砂杭のN値は平均16程度を示すのに対し、石炭灰固化物では平均値は15程度であった。すなわち、石炭灰固化物の方が砂に比べて全体にN値が低い（図3）。この傾向は、これまでの研究でも認められており、石炭灰固化物粒子自体の硬さが軟岩程度であること、湿潤密度が小さいこと、固化物粒子の形状が球形であること等がN値の低減に影響しているためと考えられる。

表1 石炭灰固化物の物性値

粒 径	物性値
セメント量 (%)	5mm～20mm
粒子密度(g/cm ³)	15
単位容積重量(tf/m ³)	2.353
自然含水比 (%)	0.947
吸水率 (%)	22.2
スレーキング率(%)	20.72
	-0.04

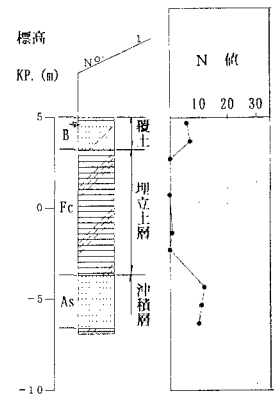


図1 原地盤の状況

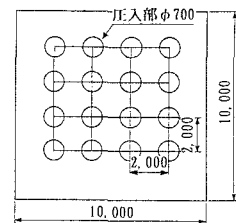


図2 施工状況図

石炭灰, SCP, リサイクル, 地盤改良, 水質

中央開発株式会社中部支店（名古屋市中村区牛田通 2-16・Tel052-481-6261, FAX052-482-8777）

杭芯の密度 図4に示すように、密度検層の結果、石炭灰固化物杭の湿潤密度は平均 1.6 g/cm^3 程度と砂の 1.9 g/cm^3 程度に比べて低く、全体に軽量であるといえる。これは前述したように石炭灰固化物の土粒子密度が砂に比べて小さい上、多孔質であるためと考えられる。

粒子の破碎 石炭灰固化物は、大きな衝撃や摩擦によって細粒化することがこれまでの研究で明らかになっている。そこで、運搬・打設という粒子破碎に影響するような製造～流通～施工の各段階で粒度試験を実施してその影響を調べた。その結果の粒径加積曲線を図5に示す。運搬の前後では粒度分布にほとんど変化は見られない。打設後は当初10%以下であった粒径10mm以下の部分が40%程度まで増加しており、打設エネルギーによって粒子の破碎が発生していることがわかる。しかし、細粒化した粒子の多くは $0.1 \sim 10 \text{ mm}$ 程度の大きさまでであり、透水性に影響すると考えられる粒径 0.075 mm 以下の細粒分は平均6.3%の増加に留まった。

杭のせん断強度と杭の透水性 杭芯より乱さない状態でサンプリングした石炭灰固化物を用いて三軸圧縮試験（CD条件）を行い、粘着力 c 、内部摩擦角 ϕ を求めた。また、定水位透水試験を行い、その透水係数を求めた。強度特性で特徴的な点は、砂が $c=0$ であるのに対し、石炭灰固化物では粘着力 $c=0.41 \text{ kgf/cm}^2$ という値を示した点である。透水性については石炭灰固化物で $1.0 \times 10^{-2} \text{ cm/s}$ と砂に比べて2オーダー近く大きい透水係数が得られた。この差は透水係数に影響を与えるといわれている20%粒径 D_{20} の値から見ても妥当である。

周辺環境に与える影響 石炭灰固化物内のアルカリ成分が溶出し、周辺地盤環境に影響を与えるのではないかと懸念されたが、打設エリア内に設置した観測孔内の水質に目立った変化はなく、これまでの観測では地下水への影響は確認されていない。

5. 石炭灰固化物の有効性

これまでの実証試験で、

石炭灰固化物をSCP材として埋立粘性土地盤に打設することができ、砂杭と同等程度の強度を持った杭が造成できたことを確認した。今後は実際の地盤改良効果を確認するために、杭間の地盤から乱さない試料を採取して、強度の増加が認められるかどうかを調査していきたい。

（参考文献）1)奥田，土山，西沢ら：石炭灰固化物SCP材の砂質土地盤改良への適用，土木学会中部支部研究発表会，1998.3

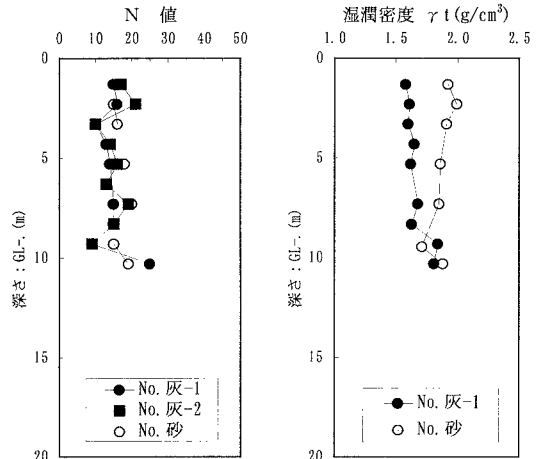


図3 杭芯N値の比較

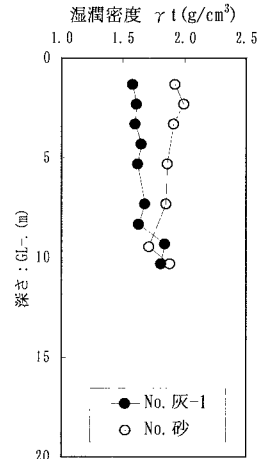


図4 杭芯の密度検層結果

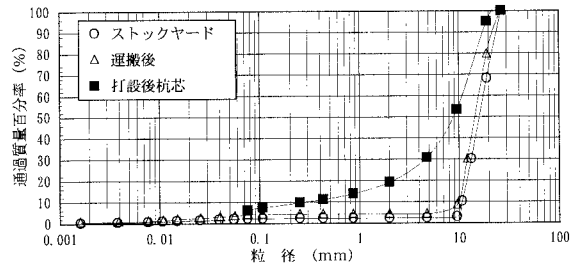


図5 運搬打設による粒度分布の変化

表2 杭芯の室内試験結果

材料名	湿潤密度 ρ_t (g/cm^3)	細粒分 含有率 Fc (%)	20% 粒径 D_{20} (mm)	三軸圧縮(CD)		透水係数 k_{15} (cm/s)
				粘着力 c_d (kgf/cm^2)	内部 摩擦角 ϕ_d ($^\circ$)	
石炭灰 固化物	1.331 ~1.454 (1.401)	6 ~7 (6.3)	2.233	0.34 ~0.51 (0.41)	37.0 ~39.2 (38.4)	1.43×10^{-2} ~ 2.11×10^{-2} (1.82×10^{-2})
砂	1.960 ~2.000 (1.974)	3 ~6 (4.3)	0.307	0.03 ~0.27 (0.13)	38.9 ~41.2 (40.1)	4.59×10^{-4} ~ 8.67×10^{-4} (7.04×10^{-4})

表3 地下水の水質変化

採取時期	pH	溶出成分	
		Ca (mg/l)	Mg (mg/l)
杭打設前	7.20	164	103
杭打設直後	7.25	171	385