

(Ⅲ-37) PS 灰（再焼成製紙スラッジ灰）による軟弱掘削排泥の改良について

(株)フジタ技術センター 正 ○望月 美登志、茶園 裕二
 (株)フジタ技術センター 正 斎藤 悦郎、吉野 広司
 正 田中 知樹
 (株)フジタ首都圏土木支店 二之宮 兼幸、小山 伸一

1. はじめに

近年、建設業は、環境への意識改革を積極的に行い、さまざまな取り組みを行なっている。しかし、建設発生土の場合、切盛土量バランスや発生土質の不適正、有効利用時期のずれ、仮置ヤードの不足などから残土が大量に排出されている。建設泥土は、その処理問題がきわめて重要な課題となっており、これらを利用する場合は、無害性や安定性などを考慮する上に、天日乾燥や脱水処理などの物理的手法、セメントや石灰などによる固化処理の化学的手法、焼成や熔融などの熱的手法に大別される改良処理が不可欠である。本文は、シールド立坑の掘削に伴い発生する有機質排泥の改良工法として、即効性効果のあるリサイクル改良材の PS 灰（再焼成製紙スラッジ灰）を適用した結果の報告である。

2. 適用工事の概要

改良に適用した工事は、河川流域に頻発する浸水被害を軽減することを目的として、①地下河川、②河道改修、③調節池を組み合わせた河川改修計画である。本報告のシールド立坑は、この中の地下河川における流出立坑（外径φ16.0m、内径φ13.5m、深さ28.5m）を圧入式オープンケーソン工法にて築造するものであり、残土処分として約6000m³が発生する。

3. 掘削土の特性および問題点

発生土は、腐植土層、シルト層、砂質土層から構成され、掘削に伴い変化する。腐植土と砂質土の物性を表1に、砂質土の粒度分布を図2に示す。腐植土は、草類など大きな繊維が混入し、黒色で強熱減量が90%と高く、高有機質土といえ、「建設発生土利用技術マニュアル」に基づく第4種建設発生土（コーン指数 $q_c=200\text{kN/m}^2$ 以上）以下となる。砂質土は、砂分が多く、コーン指数は、未改良状態でも $q_c=200\text{kN/m}^2$ 以上となる。しかし、含水比が大きいことにより水分が滴れてしまう状態で、ダンプ運搬が早急にできず、残土搬出に何らかの対策が必要である。pHでは、腐植土及び砂質土ともに中性を呈する。また、天日乾燥による残土処理は、ヤードが狭いために困難であり、仮置土の悪臭による近隣への影響などにも配慮する必要がある。以上のことより、 $q_c=200\text{kN/m}^2$ 以上で、ダンプ運搬を早急に可能とする目的で、環境に考慮した改良が必要であった。

4. 改良材の特性^{1), 2), 3)}

改良材は、pHに影響がなく、瞬時に改良ができ、リサイクル製品として市販されている PS 灰（再焼成製紙スラッジ灰）を適用した。使用する再焼成 PS 灰は、古紙の再生を繰返す中で脆くなり再生紙にならない PS 灰を高温（約1000℃）再燃焼して製造したもので、化学的に安定したセラミックスとなっている。さらに、



図1. 河川改修計画図

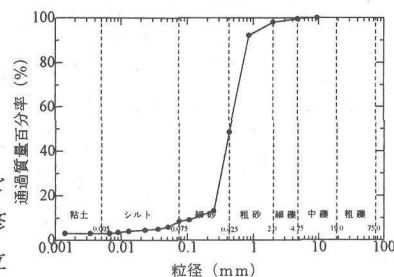


図2. 砂質土の粒度分布

表1. 掘削土の土質試験結果

物性試験項目	腐植土	砂質土
土粒子の密度 (g/cm ³)	1.565	2.795
粒度	粘土分 (%)	4.0
	シルト分 (%)	5.0
	細砂分 (%)	89.0
液性限界 (%)	690.0	NP
塑性限界 (%)	218.2	NP
塑性指数 (%)	471.8	NP
強熱減量 (%)	90.2	—
含水比 (%)	956	25.3
pH	6	7.3

キーワード：締固め、地盤改良、廃棄物

連絡先：〒243-0125 神奈川県厚木市小野 2025-1 TEL (046) 250-7095 FAX (046) 250-7139

有害成分の溶出もなく、pHも8程度と品質的に安定した材料と考えられる。物理的特性は、砂と同様の粒度特性をもっている（表2参照）。また、再焼成PS灰の粒子には無数の微細孔（写真1）があり、親水性に優れ、高い吸水能力を有する。締固め度では、幅広い含水比の範囲で、一定の締固め値を保持し、再焼成PS灰単独のCBR値も40以上の支持力を有する。また、石灰系やセメント系の固化材と異なり、養生期間が少ないという特徴を有している。

5. 試験方法

改良は、対象土とPS灰を鋼製ピットにて、攪拌するものとした。攪拌は、バケットに攪拌機能の装備などを施していない通常のバックホウにて、屯袋に入ったPS灰を添加し、バックホウで攪拌することにより行なった。改良試験は、①締固めた土のコーン指数（JIS A 1228）、②pH試験（JGS 0211）、③フロー試験により効果を確認し、改良率を決定した。ただし、コーン試験は、改良後直ちに試験を行い、比較のためにセメント系固化材と石灰系固化材による試験も同様に実施した。ここで、改良率とは、泥土の乾燥質量に対する改良材の添加量の割合とする。フロー試験は、「セメントの物理試験方法」JIS R 5201を応用した試験を行った。ただし、フロー値に関する公的基準がないため、本試験では、落下回数25回として遊離水の目視による判断を行なった。

6. 試験結果

$q_c=200\text{kN/m}^2$ 以上となる改良率は、改良後直ちに効果を得る場合、図3より腐植土では、セメント系固化材で 1400kg/m^3 と多大な改良材が必要である。石灰系固化材は 350kg/m^3 、PS灰は 345kg/m^3 と同量程度であるが、pHは、石灰系固化材でpH11.7と原泥のpH6に対し、大きくアルカリ性を呈したのに対し、PS灰は原泥とほぼ同様で変化はなかった。また、砂質土は、表3より改良率 50kg/m^3 から 100kg/m^3 で、フロー値は120mmから118mmとあまり変化がなく、目視確認による遊離水もないことからダンプ運搬可能となる改良率を 50kg/m^3 が適当であると判断した。この時のpHは、PS灰が中性材料であることから、原泥と同程度であった。以上より、PS灰は高有機質の腐植土でも砂質土でも十分に改良効果を満足でき、また、腐植土よりも砂質土の方が改良効果は大きく、改良によるpHへの影響もないといえる。

7. まとめ

以上より、高含水の高有機質腐植土と砂質土におけるPS灰の改良効果は、腐植土の方が改良率は大きなものの、第4種建設発生土（コーン指数 $q_c=200\text{kN/m}^2$ ）以上になることが確認でき、改良後直ちにダンプ運搬が可能となる。さらに、セメント系固化材による改良を行ったものでは、全く植生が見られなかったのに対し、PS灰による改良では、短期間に十分な植生を得ることができ、環境的にやさしく、十分な機能を果たしたものとする。また、PS灰で行なった改良土は、原泥が無害である限り、全く害はなく、降雨後にも再泥化することもないため、十分な安定性が確保されているといえる。さらに、改良土を公園グラウンドの土として利用することなどの検討がなされており、今後、このような建設泥土を利用したりサイクル材のあり方がより見直されていくものとする。また、使用したPS灰は、シールド排泥の改良の適用効果³⁾においても発表されており、適用実績がさらに増えていくものとする。また、養生期間や各種土壌などの条件によっては、他の固化材との併用により、経済的にも有効で改良効果の高いものが可能になるといえる。

【参考文献】

- 1) 石黒勇次 他：PS灰を利用した建設汚泥処理と処理土の特性、土木技術資料40-1（1998）
- 2) 望月、竹田、斉藤、小方：PS灰による軟弱土の改良効果、第35回地盤工学会研究発表会
- 3) 斉藤、望月、竹田、小方他：再焼成PS灰を用いたシールド排泥の改良処理、第36回地盤工学会研究発表会

表2. 再焼成PS灰の物性

項目	物性値
比重 $\rho_s(\text{g/cm}^3)$	2.376
液性限界（％）	NP
塑性限界（％）	NP
吸水率（％）	39.2
CBR値（％）	40.9

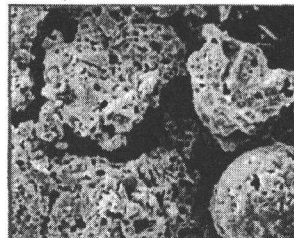


写真1. 電子顕微鏡写真 (×500)

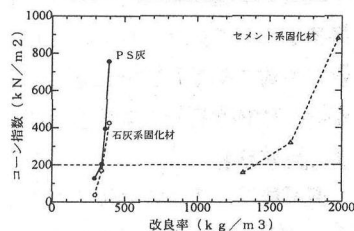


図3. 腐植土コーン試験

表3. フロー試験

改良率 (kg/m^3)	フロー値 (mm)	目視状況
0	133	遊離水あり
30	128	遊離水少しあり
50	120	遊離水なし
100	118	遊離水なし