

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 齋藤 悦郎、吉野 広司、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

筆者らは、製紙製造過程で発生する製紙スラッジ（PS）の焼却灰を高温再焼成処理することによって製造したリサイクル改良材（再焼成PS灰）の高吸水性に着目し、軟弱地盤改良や建設排泥処理を目的とした工法を開発^{1)~5)}した。本工法は、改良時の養生期間を必要とせず、化学的な問題もなく環境にやさしいという特長を有するもので、PS焼却灰を有効利用させるという観点も踏まえながら、泥土圧シールド排泥処理などの実施において実績をあげてきた。しかしながら、シールド工事以外の掘削工事では、土木工事に独特な需要量の時間的、量的変動が発生し、これに対応できる供給体制が必要である。本文は、シールド立坑の掘削に伴い発生する軟弱泥土の改良工法として、再焼成製紙スラッジ灰を適用した事例の報告である。

2. 掘削土の特性および問題点

本報告のシールド立坑は、地下河川における流出立坑（外径 16.0m、内径 13.5m、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、表 - 1 に示すような処分を要する残土が約 6000m³ 発生する。発生土は、腐植土層、シルト層、砂質土層から構成され、掘削に伴い土性が変化する。発生土の物性を表 - 2 に、粒度分布を図 - 1 に示す。腐植土は、黒色で高含水、超軟弱な状態で、草類など未分解の大きな繊維が混入する強熱減量 90% の高有機分含有土である。砂質土は、含水比が大きいことから水分が滴ってしまう状態で、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と判断された。尚、掘削土の処理方法については、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も配慮しなければならないため、ダンプ運搬可能な $q_c=200\text{kN/m}^2$ 以上の確保を早急に可能とする、環境に考慮した改良が必要とされた。

3. 試験方法

今回使用した再焼成PS灰のリサイクル改良材については、参考文献を参照して欲しい。各対象試料についての効果は、締固めた土のコーン指数（JIS A 1228）フロー試験により確認した。ただし、再焼成PS灰で改良した場合のコーン試験は、改良後直ちに行い、比較のために実施したセメント系固化材と石灰系固化材による試験では、規定の養生期間を設けている。フロー試験は、「セメントの物理試験方法」JIS R 5201 を応用して行っているが、フロー値に関する公的基準がないため、落下回数 25 回での遊離水の目視による判断としている。

4. 試験結果

まず、図 - 2 に腐植土の改良結果を示している。養生期間をとらないPS灰の改良効果が、養生期間を設けたセメント系固化材のケースを大幅に上回っている事がわかる。本ケースでは、第4種改良である $q_c=200\text{kN/m}^2$ 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

表 - 1 掘削発生土の構成と土量

	発生量(m ³)
腐植土層	1040
シルト層	2210
砂質土層	2900
総土量	6150
他工区総土量	4500

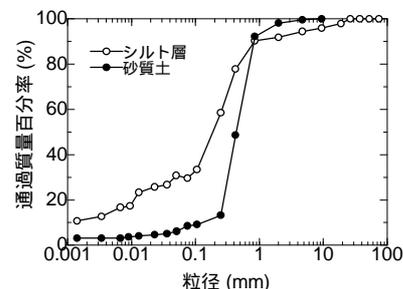


図 - 1 . 粒度分布

表 - 2 . 掘削土の物性値

物性値	腐植土	シルト層	砂質土
土粒子の密度(g/cm ³)	1.565	2.645	2.795
粒度	粘土分(%)	-	15.0
	シルト分(%)	-	14.6
	細砂分(%)	-	48.2
液性限界(%)	690.0	172.0	NP
塑性限界(%)	218.2	99.0	NP
塑性指数(%)	471.8	73.0	NP
強熱減量(%)	90.2	4.4	-
含水比(%)	956	41.7	25.3
pH	6	7.0	7.3

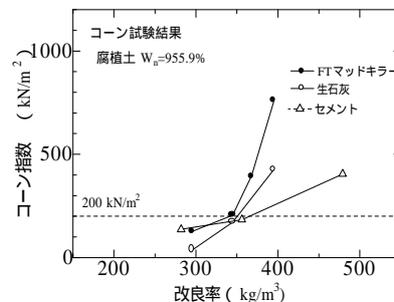


図 - 2 . 腐植土のコーン指数

以上を改良基準としているが、本腐植泥土を PS 灰同様養生期間なしでセメント系固化材により $q_c=200\text{kN/m}^2$ 以上を確保するためには 1400kg/m^3 という莫大な改良が必要であった。石灰系固化材による改良では、第4種改良土を確保するために 350kg/m^3 、PS 灰では 345kg/m^3 と同程度の改良効果であったが、石灰では養生期間をもうけていること、また pH が石灰系固化材では pH11.7 と原泥の pH6 から大きくアルカリ性に移行したのに対し、PS 灰改良では pH に変化はなく、PS 灰による改良の方がメリットが大きいことがわかる。砂質土の改良については、表 - 3 より改良率 50kg/m^3 から 100kg/m^3 で、フロー値が 120mm から 118mm と変化が少なくなり、目視確認による遊離水もなくなることからダンプ運搬可能となる改良率は 50kg/m^3 が適当であると判断した。この時の pH は、原泥と同程度の値であった。シルト層の泥土における改良効果は、図 - 3 に示すとおりで $q_c=200\text{kN/m}^2$ 以上を確保するためには 130kg/m^3 程度の改良が必要であった。シルト層の泥土では、改良土の現場コーン試験をピット内で実施（測点 10 箇所：改良率は平均値）し、ほぼ室内試験と同じ結果が得られる事が解った。

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

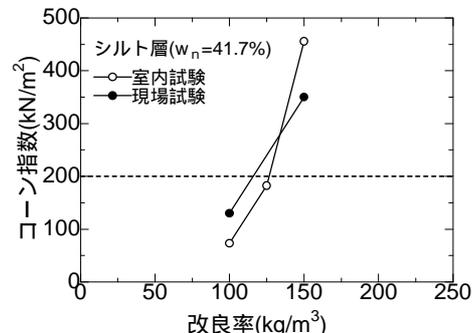


図 - 3 . シルト層のコーン指数



写真 - 1 .改良前(上)、改良中(下)



写真 - 2 . 改良土の植生状況

5 . 施工結果

改良は、対象泥土と PS 灰を鋼製ピットにて、攪拌するものとした。攪拌は、屯袋に入った PS 灰を泥土に添加後、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攪拌する非常に簡単な方法で行っている（写真 - 1）。従来のセメント系固化材による改良方法では、混合をパドル（軟弱地盤改良ではスタビライザー）などの機械で行わないと改良むらが生じて十分な効果が発揮できないが、本ケースでは、現地でのコーン試験結果も室内試験と同様の効果が発揮されており、通常のバックホウ攪拌で十分対応できることが確認された。特に砂の場合のように室内試験上改良率が小さくなった場合、セメント系固化材では均一混合が難しくなるが、本材料では試験で得られた改良率で問題なく対応できる。以上の結果から、本工区以外、近接工区も含めてすべて本改良方法により 10000m^3 の発生土が改質された。また、本方法で改良された改良土は中性であり、写真 - 2 で示されるとおり植物の育成にも問題ないことが確認されたため、公園敷地に使用することが計画されている。

6 . まとめ

以上の結果より、本改良方法は、十分なストックヤードの確保できず、瞬時における発生土の改良が望まれるような工事に適用するのが効果的と考えられる。また具体的な対象泥土として、高含水の有機質腐植土や砂質系泥土の改良において大きな効果を発揮することがわかった。また、本改良方法では、施工も簡単で環境にも配慮した成分構成であるため、改良土の転用先が大きく広がるというメリットがある。また本工事では、改良材需要に時間的、量的変動が発生したが、貯蔵ならびに運搬体制を整備することによって十分な供給対応が可能となった。今後は、さらに複数の大きな改良工事に対応できるよう一層の供給体制の効率化（貯蔵拡大、運搬コストの低減等）をはかっていく予定である。

参考文献 1) 竹田, 斉藤, 望月, 小方: 再焼成 PS 灰による各種軟弱土の改良効果, 第 36 回地盤工学会研究発表会, 2001
 2) 斉藤, 望月, 竹田, 小方: 再焼成 PS 灰を用いたシルト・排泥の改良処理, 第 36 回地盤工学会研究発表会, 2001
 3) 望月, 斉藤, 竹田, 小方: 再焼成 PS 灰による泥土の改質浄化機能, 第 36 回地盤工学会研究発表会, 2001
 4) 望月, 竹田, 斉藤, 小方: PS 灰の地盤改良への適用技術について, 第 56 回土木学会年次学術講演会, 2001
 5) 望月, 阪本, 小方: 製紙スラッジ焼却灰を用いた土質改良材、電力土木投稿中