

再焼成 PS 灰を用いた改良土の強度特性

(株)フジタ 正会員 ○小野健司 正会員 望月美登志
正会員 吉野広司 正会員 石田敬

1.はじめに

近年、各産業では廃棄物などの有効利用の必要性が高まり、建設業界においても、その過半を占める泥土の処理・処分問題は、きわめて重要な課題である。問題解決には、周辺環境に十分配慮しながら建設工事等へ再利用することが理想とされ、多種多様なリサイクル材料や工法が注目されている。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)~4)}した。本工法は、改良時の養生期間を必要とせず、物理的な吸水改良のため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、改良効果の評価としては、「建設発生土利用技術マニュアル」に基づく強度基準（締固めた土のコ-ン指数試験による評価）にて大半を実施してきた。一方で改質した土の利用方法に応じて様々な評価基準が必要であるのも確かである。本研究では、リサイクル改良材（再焼成PS灰）が及ぼす強度特性への影響について、室内三軸試験を実施した結果を報告するものである。

2.試験材料

本実験では、安定入手できる細粒土であるDLCLAYを基準土に用いて、その改良効果について把握するものとした。改良材として使用したPS灰は、古紙の再生を繰返す中で脆くなり再生化出来なくなったPS灰を高温（約800～900）再焼成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。物理的特性は、砂と同様の粒度特性をもっている。また、再焼成PS灰の粒子には無数の微細孔（写真1参照）が存在し、親水性に優れ、高い吸水性能を有する。基準土とPS灰の物性を表1に、粒度分布を図1に示す。

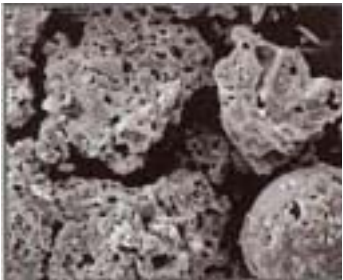


写真1．電子顕微鏡写真（×500）

3.試験方法

実施した三軸試験は、不飽和土に関してUU試験（JGS0521）及びCU試験（JGS0522）、飽和土に関してC $\bar{U}$ 試験（JGS0523）である。改良材の影響を比較するため、配合条件として、基準土のみ・改良率10%・改良率20%の3種について実施した。（改良率：基準土の乾燥質量に対する改良材の添加量割合）また盛土等の実施工を考慮し、突固めによる土の締固め試験（図2参照）を行った上で、締固め度Dc=90%、95%、100%の3種について実施した。（但しDc=90%は不飽和土のC $\bar{U}$ 試験のみ）供試体の作成は、各改良率の試料を最適含水比に調整し、所定の湿潤密度及び試料の均一性が得られる様に、静的締固め法により6分割にて行った。ひずみ速度に関しては、1.0%/min（UU,CU）、0.1%/min（C $\bar{U}$ ）とした。

表1 材料の物理特性			
物性試験項目		PS灰	基準土
土粒子の密度 ρ_s (g/cm ³)		2.376	2.650
液性限界 w_L (%)		NP	NP
塑性限界 w_P (%)		NP	NP
塑性指数 IP		NP	NP
最適含水比 w_{opt} (%)		—	19.4
最大乾燥密度 ρ_{dmax} (g/cm ³)		0.700	1.518
粒度	礫分 G (%)	0.0	0.0
	砂分 S (%)	96.0	1.9
	細粒分 F (%)	4.0	98.1
土質名		砂	シルト
土質分類		S	ML

4.実験結果

図2の締固め曲線より、改良材の添加に伴い、 w_{opt} （最適含水比）は大きくなり、 ρ_{dmax} （最大乾燥密度）は小さくなる傾向が分かる。これは、再焼成PS灰が水分子を微細孔内に吸水したまま存在していることに他ならない。実施工において、比較的高含水比の泥土を使用する場合、施工性の向上に繋がる。表2～表4及び図3～図5に三軸試験結果を示す。図3は代表的な応力—ひずみ関係で改良材の添加に伴い圧縮強さが大きくなっているのが分かる。（C $\bar{U}$ 試験結果）

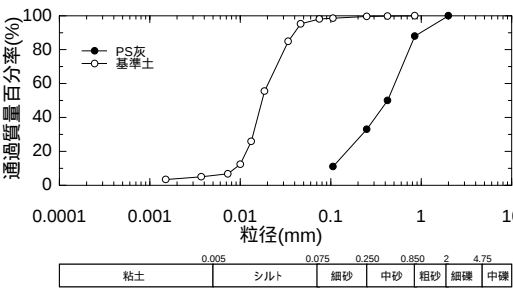


図1．粒度分布

図4は粘着力Cの、図5は内部摩擦角 ϕ の変化を示したものである。粘着力Cに関しては、改良材の添加に伴い大きくなる傾向を呈し、内部摩擦角 ϕ に関しては、ほぼ一定値を示す。また粘着力Cの増加は、締固め度が大きくなるに連れて顕著になる傾向が見られる。

5.まとめ

今回の実験では、改良材（PS灰）の添加により粘着力Cが増加する強度特性が確認された。つまりPS灰のもつ高吸水性により基準土に含まれる余剰水を吸水し、本来基準土がもつ強度を発揮させるだけでなく、粘着力を増加させ基準土の圧縮強さを向上する効果あると考えられる。また、より密な締固めを行ったものが粘着力増加効果も大きい傾向にある。これは、高品質を要求される施工部位に対してより有効性があると考えられる。今回の結果は一つの基準土（DLCLAY）についての結果にすぎない。今後は、多種の土において改良材（PS灰）の強度特性への影響を明らかにしていく必要がある。

（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

表2 UU試験強度定数一覧

締固め度	改良率	C_u (kN/m^2)	ϕ_u ($^\circ$)
95%	0%	32.2	31.0
	10%	36.0	31.3
	20%	36.8	32.3
100%	0%	35.2	35.0
	10%	43.5	35.3
	20%	45.4	36.0

表3 CU試験強度定数一覧

締固め度	改良率	C_{cu} (kN/m^2)	ϕ_{cu} ($^\circ$)
95%	0%	33.2	31.3
	10%	37.3	31.2
	20%	43.3	31.5
100%	0%	44.2	34.9
	10%	45.8	35.1
	20%	55.8	35.5

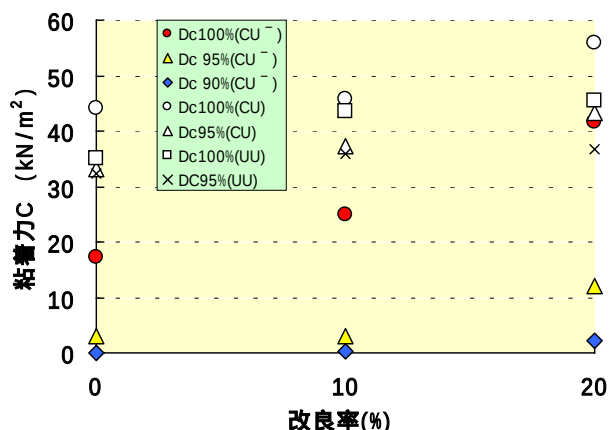


図4 強度定数変化（粘着力）

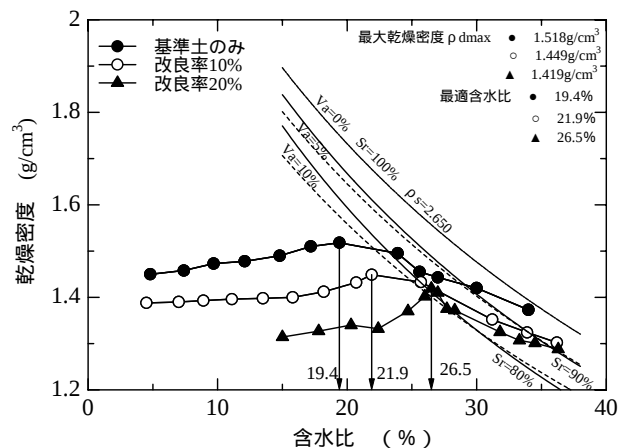


図2 締固め曲線

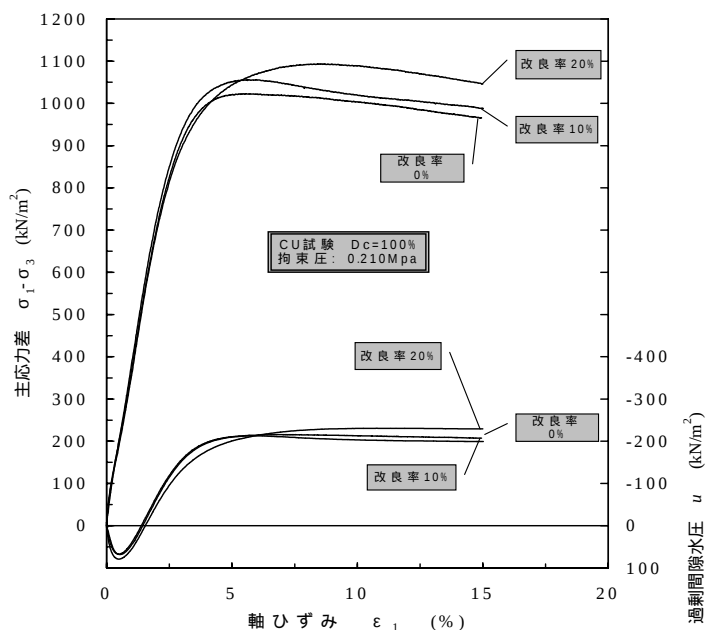


図3 応力—ひずみ関係

表4 CU試験強度定数一覧

締固め度	改良率	C' (kN/m^2)	ϕ' ($^\circ$)
90%	0%	0.0	21.5
	10%	0.4	22.2
	20%	2.1	21.3
95%	0%	3.0	30.1
	10%	3.0	30.6
	20%	12.1	30.8
100%	0%	17.3	32.1
	10%	25.0	32.2
	20%	41.7	32.1

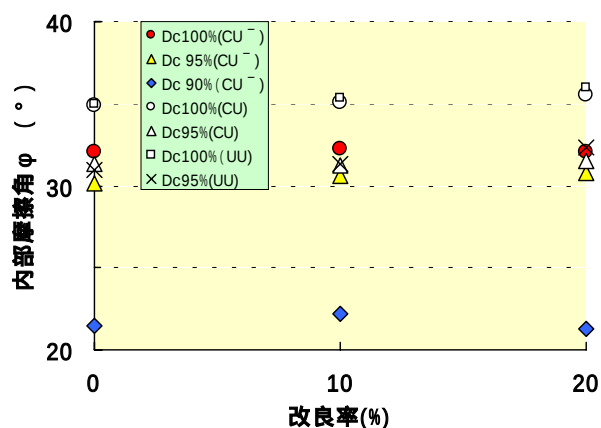


図5 強度定数変化（内部摩擦角力）