

PS 灰の泥土改良原理と改良効果 について

(株)フジタ 正 ○齊藤 悦郎,望月 美登志,吉野 広司
(株)フジタ 正 田中 知樹,茶園 裕二
(株)ティエムディ 小方 高明

1. はじめに

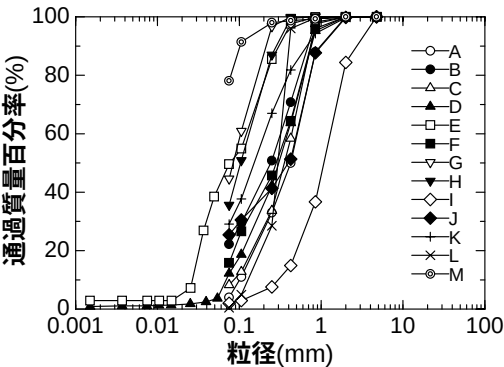
筆者らは、製紙製造過程で発生する製紙スラッジ（PS）の焼却灰を高温再焼成処理することによって製造したリサイクル改良材（再焼成PS灰）の高吸水性に着目し、軟弱地盤改良や建設排泥処理を目的とした工法を開発^{1)～5)}し、シールド排泥処理をはじめ掘削工事の排泥および浚渫泥土の改良など多くの施工実績をあげてきた。一方で、再焼成以外のPS灰においても再焼成PS灰と同等以上の改良効果を有するものが多数存在することも確認してきた^{6)～8)}。本研究では、種々の製紙工場において異なる方法で焼成されたPS灰の物性比較と代表的な改良原理を有する効果について検討した結果を報告するものである。

2. PS 灰の物理特性

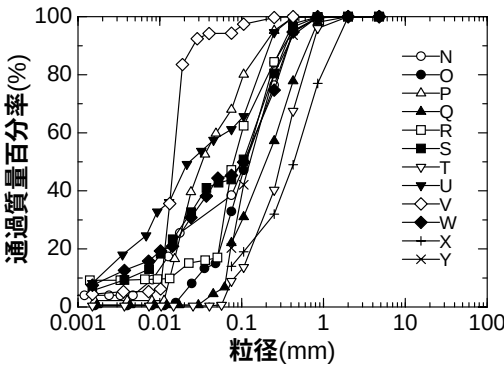
これまで改良材として使用したPS灰は、日本各地の主たる製紙工場において焼成された25種類の灰で、使用焼成炉のタイプで大別すると、サイクロン炉+再焼成炉(A,B,C,D)、サイクロン炉(E)、流動床炉(F～X)、ストーカ炉(Y)の4種類に分けられる。表－1に各々の灰の物理特性を示す。再焼成A灰がこれまで実施工で使用してきた再焼成PS灰改良材で、化学的に安定したセラミックスとなっている。PS灰の特徴について考えると、まずほとんどのPS灰の粒子密度は小さめで、pHに関しては、再焼成灰がほぼ中性域の値を示しているのに対し、それ以外のPS灰は、ほとんどアルカリ性を呈していることがわかる。また、再焼成灰はすべて吸水性が高い。CaO分が高く、化学的改良効果の大きい灰については、乾灰のままでは正確な吸水率が求められないが、G灰のように吸水膨張しながら自硬性を発揮する灰も確認された。表中()で表現した吸水率は、灰にいったん水分を与え、再度乾燥させてから測定したものである。図－1(a),(b)にPS灰の粒度分布を示してあるが、灰の種類によってかなり粒度分布に幅があることがわかる。傾向としては、再焼成灰の粒径は大きく、流動床やストーカの灰には細かいものが多いといえる。

表－1 PS 灰の物理特性

PS灰	土粒子密度 (g/cm ³)	吸水率 (%)	pH	その他
サイクロン+再焼成	A 2.40	39.2	8.0	養生効果なし
	B 2.82	27.3	7.3	養生効果なし
	C 2.71	43.4	7.2	養生効果なし
	D 2.52	41.9	10.8	養生効果なし
サイクロン	E 2.45	-	11.7	養生効果あり
流動床炉	F 2.36 ～2.55	(6.3)	11.3	若干の養生効果あり
	G 2.36	-	11.5	養生効果あり
	H 2.39	-	11.1	
	I 2.56	-	10.2	
	J 2.18	-	11.9	
	K 2.36	-	12.0	
	L 2.58	-	9.8	
	M 2.59	-	10.8	
	N 2.53	-	12.3	養生効果あり
	O 2.35	-	10.5	
	P 2.34	-	11.9	
	Q 2.17	-	11.9	
	R 2.55	-	12.2	養生効果あり
	S 2.42	-	12.1	養生効果なし
	T 2.58	-	11.4	
	U 2.52	-	11.8	養生効果なし
	V 2.52	-	12.3	養生効果あり
	W 2.50	25.7	10.5	
ストーカ炉	X 2.36	-	11.8	
	Y 2.29 ～2.36	(11.8)	12.0	養生効果あり



図－1(a) PS 灰の粒度分布（A～M 灰）



図－1(b) PS 灰の粒度分布

キーワード：コーン貫入試験、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

3. 代表的なP S 灰の泥土改良効果

各々のP S 灰の泥土改良効果についてコーン貫入試験を実施した結果⁸⁾からP S 灰の改良原理については、再焼成P S 灰で認められる吸水性機能と養生で効果を発揮する自硬性機能が確認された。そこで吸水効果については、再焼成P S (A) 灰を、自硬性効果については流動床(R) 灰を選び、これに吸水膨張しながら自硬性を発揮するG 灰を加えた3種類の灰による改良試験の結果を図－2に示した。A 灰については、改良直後、R 灰、G 灰については、改良直後と1日養生で試験を実施している。本結果から、まずG 灰の改良効果が他の2つに比べてかなり大きいことがわかる。さらに改良直後のデータでは、R 灰の改良効果が最も小さいが、R 灰では養生効果が大きく、1日養生期間を取っただけで再焼成P S (A) 灰よりかなり大きな強度を発揮するようになることがわかる。養生効果は、流動床(R) 灰にも認められており、さらに長期の養生期間を取ることで改良効果の増加が期待できる。

4. P S (G) 灰の改良原理

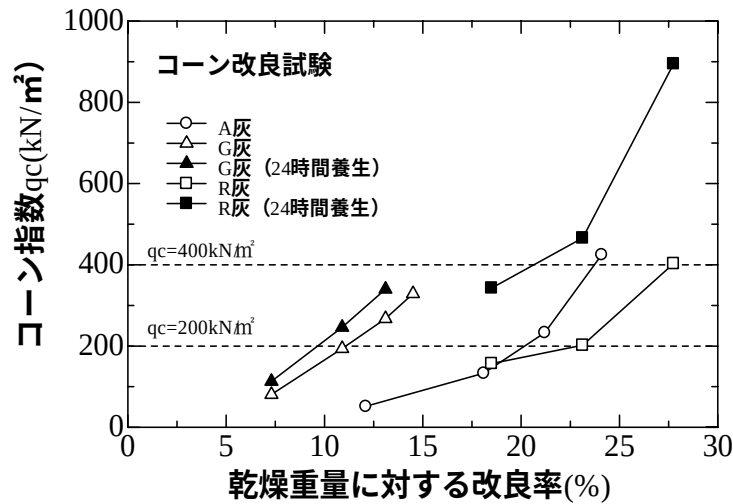
再焼成P S 灰における吸水機能は、粒子内の微細孔による高吸水性に起因するもので、P S 灰の自硬性効果は、灰成分内のCaO 分に依存するものと考えられる。図－2において最も大きな改良効果を発揮したG 灰では、試験中において再焼成灰とは異なる膨張を伴った吸水現象が確認されており、その改良原理を確認するため、水分と反応させる前と後でのX線回折試験を実施した。その結果、表－2に示されるようなCaO 分の反応とCa・Al 塩の水和物の生成が確認された。こうした化学的反応がG 灰の改良効果に寄与しているものと推測されるが、今後、こうした化学反応と物理的特性との関係、安定性、環境面で影響等について詳細に検討を進めていかねばならない。

5. まとめ

本検討結果より、再焼成以外のP S 灰においても再焼成灰と同等以上の泥土改良効果を有するものが多数あること、P S 灰は、焼成方法やスラッジ自体の成分の違いにより、各々の工学的性質や改良原理も異なってくることが確認された。したがって各々の材料を実務に適用させていく際には、対象となる材料の特性を十分調査検討した上でその特長を最大限に活用でき、運搬コストが採算にのる材料と改良方法の選択が必要である。今後、P S 灰を用いた泥土改良工法を普及させていくためには、土木工事に独特な需要量の時間的、量的変動に対応できる貯蔵ならびに供給体制の確立、工場別の成分変動と品質管理体制の確立、コストパフォーマンス（運搬コストの効率化）等の条件をいかにニーズに適合するようシステムとして確立できるかが重要な課題であり、貯蔵設備等の施設を充実させていくとともに、立地および適用条件に柔軟に対応できるようなP S 灰の処理方法と改良工法の開発を推進していく予定である。

参考文献

1) 竹田,齊藤,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,2001
2) 齊藤,望月,竹田,小方：再焼成PS 灰を用いたｼｰﾙﾄﾞ 排泥の改良処理,第36 回地盤工学会研究発表会,2001
3) 望月,齊藤,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,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 NO298 PP103-106
5) 望月,茶園、齊藤,吉野,田中他：再焼成PS 灰による軟弱掘削排泥の改良について第57 回土木学会年次学術講演会,2002
6) 望月,竹田,齊藤,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
7) 望月,齊藤,吉野,田中,茶園,小方：各種PS 灰による泥土の改良特性,第37 回地盤工学会研究発表会,2002
8) 望月,齊藤,吉野,田中,茶園,小方：各種PS 灰の泥土改良改良材としての適用性,第38 地盤工学会研究発表会,2003



図－2. A, R, G 灰の改良効果比較

表－2 G 灰の水和処理前、後のX線回折

同定した物質	相対強度	
	処理前	処理後
Mg3Si4O10 (Talc)	強い	中位
CaSO4 (Anhydrite)	中位	弱い
CaO (Lime)	弱い	—
Al (Aluminum)	弱い	非常に弱い
Ca(OH)2 (Portlandite)	非常に弱い	—
SiO2 (α -Quartz)	弱い	弱い
CaCO3(Calcite)	—	弱い
CaAL4O14CO2・24H2O	—	弱い