

PS 灰の工学的特性について

(株)フジタ 正会員 O 望月美登志 竹田 茂 斉藤 悦郎
F J ライト共販組合 小方 高明

1. はじめに

筆者らは、これまで製紙スラッジ (PS) 焼却灰の有効利用法について研究開発を行っており、再焼成 PS 灰による汚泥処理や軟弱地盤の改良効果^{1) 2)}について確認してきた。既存の研究³⁾においても多数種類の PS 灰が土質材料や軽量盛土材や裏込め材として有効利用できることが示されている。さらに酸化カルシウムを多く含有する灰では、自硬性を有することなども確認されており、建設分野への有効利用に期待がもてる材料と考えらる。しかしながら、同じ工場から発生する PS 灰でも品質にバラツキが認められること、また異なるスラッジや異なる焼成工程から発生する PS 灰では、その工学的性質にも違いが認められることなど、いくつかの課題も上げられる。本報告では、PS 灰の地盤工学的特性に影響を及ぼす諸要因について、若干の検討、考察を行うものである。

2. 試験方法

2. 1 使用 PS 灰の物理特性について

今回、実験に使用した PS 灰は、ストーカ炉により焼成させた A 灰、流動床炉により焼成させた B 灰 (A、B ともに D 社) および PS 灰をサイクロン炉により高温再焼成させて製造した再生市販材料 C 灰 (K 社) である。3 種類とも有害成分の溶出もなく (環境庁告示 46 号)、PH も弱アルカリ程度で地盤と混合した場合には、ほぼ中性に近い状態となる。各 PS 灰の物理的特性としては、比重、粒度、吸水率、未燃カーボン率を調べている。表-1 に灰の比重、吸水性、未燃カーボン率を、図-1 に 3 種類の PS 灰の粒度分布を示している。ここで吸水性については、細骨材の吸水試験

(JIS A 1109) により吸水率を求めている。まず比重については、どの灰も非常に小さいことがわかる。また吸水性に関しては、A 灰、B 灰に比べ C 灰が極めて優れていることがわかる。C 灰粒子には、無数の微細孔が存在し、これが親水性に優れ、高い吸水能力を示す原因と考えられる。未燃カーボン率については、A、B、C の順に少なくなっており、特に高温再焼成させた C 灰では、ほとんど未燃カーボンが認められない。PS 灰の粒度分布を比較すると 3 種類とも細砂主体で、A、B、C の順に D_{50} の値は、大きくなっている。各々の PS 灰の粒度分布には、大きな違いは認められなかったが、各 PS 灰とも燃焼時期の違いなどにより若干品質にバラツキがあり、特に A 灰においては、粒度分布、締固め特性に有意なバラツキが認められた。

2. 2 試験方法

各 PS 灰について行った CBR 試験および一軸圧縮試験は、道路路盤が対象となっており、舗装試験法に準拠して改良供試体を作製し、試験を行っている。また、締固

表-1 PS 灰の物理特性

項 目	A 灰	B 灰	C 灰
比 重	2.29	2.36	2.376
吸水率 (JIS) (%)	11.8	6.3	39.2
未燃カーボン率 (%)	15.8	4.8	0.1

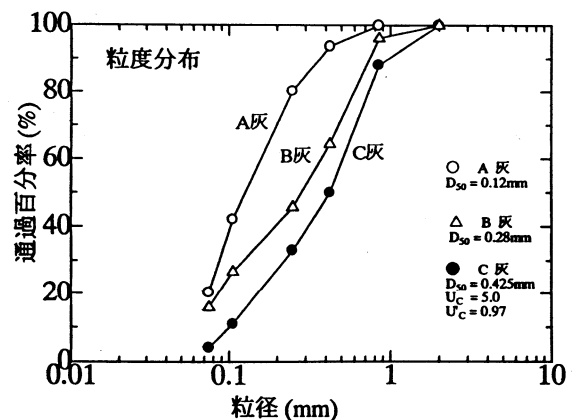


図-1 PS 灰の粒度分布

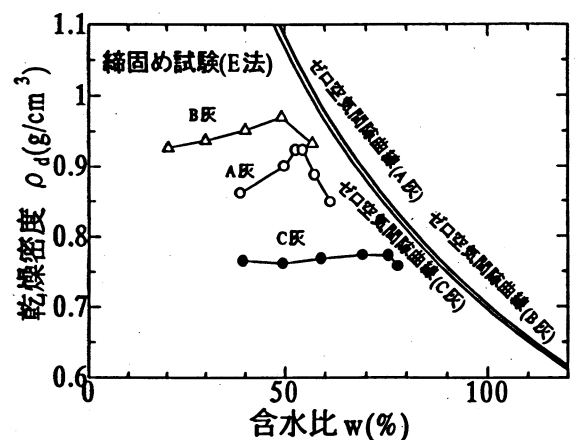


図-2 PS 灰の締固め特性

キーワード CBR, 道路, 路盤, 土質安定処理, 軟弱地盤, 地盤改良

連絡先 〒243-0125 厚木市小野 2025-1 (株)フジタ 技術センター tel 046-250-7095 fax 046-250-7139

め試験は、地盤工学会「突固めによる土の締固め試験法」(T711)にしたがって試験を行なっている。

3. 試験結果

図-2にPS灰の締固め試験結果(E法)を示す。各々の締固め特性を比較してみると、最大乾燥密度は、B、A、Cの順になり、曲線の形状は、A、B、Cの順で凸型からフラットな形状になっていく。特にC灰では、幅広い含水比の範囲で一定の密度が保持されていることがわかる。ここで各々のPS灰に対して種々の含水比(最適含水比を中心に乾燥側、湿潤側の両方に対して)で供試体を作製して、CBR試験を行った結果が図-3である。A灰は、最適含水比付近では、最も大きなCBR値となるが含水比がわずかに最適部から移動しただけでCBR値が大きく減少してしまう。これに対し、C灰では、最適含水比付近でもCBR値44と大きな強度にはならないが、幅広い含水比範囲でほぼ一定のCBR強度が得られている。C灰が幅広い含水比範囲で強度を保てる理由には、表-1からわかるように吸水性、保水能力の良さが考えられる。図-4、図-5は、A灰、B灰を生石灰で改良した場合の一軸圧縮試験での改良効果を示している。

(10日養生) A灰においては、改良率5%まではほとんど改良効果が現れず、10%まで改良率を上げてようやく効果が現れるのに対し、B灰では、1%程度の改良率から効果が認められる。さらに図-6は、C灰をセメントで改良したCBR試験における改良効果を表わしているが、試験内容、改良剤の違いがあるものの、C灰ではさらにB灰以上の改良効果が得られることがわかる。このようにA、B、Cの各PS灰において改良効果に差が現れる理由は、表-1で示されるように未燃カーボン率の違いによるもので、未燃カーボン率が大きくなるほど、固結に関与する成分がカーボン分に吸収されるためと推察される。

4. まとめ

本実験結果より、異なるスラッジや異なる焼成工程から発生するPS灰では、その工学的性質にも違いが認められること、その要因として、吸水性能や未燃カーボン量が影響する可能性があることが確認された。ただし、各々の地盤工学的特性を的確に把握して活用すれば建設分野への有効利用にはほとんど問題ないものと考えられる。近年、セメント及びセメント系固化材の地盤改良への使用について六価クロムの溶出試験が義務付けられるなど環境に配慮した技術の開発が望まれており、今後、産業廃棄物の有効利用と考え合わせた新しい地盤関連技術の開発を検討していく予定である。

参考文献

- 1) 竹田、望月、斉藤、小方：PS灰を利用した道路路床への有効利用技術、第35回地盤工学研究発表会、2000
- 2) 望月、竹田、斉藤、小方：PS灰による軟弱土の改良効果、第35回地盤工学研究発表会、2000
- 3) PS灰の土質材料開発研究検討委員会：土質材料としてのPS灰有効利用ガイドライン(案)、pp1~46、1994.

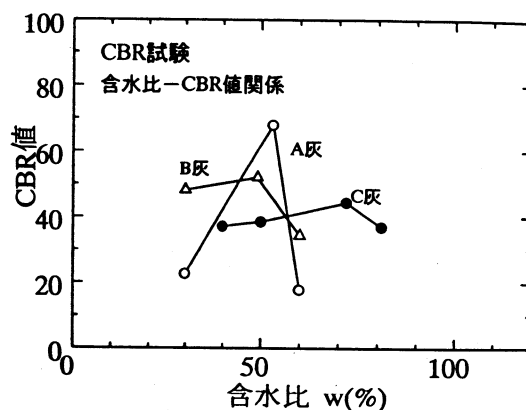


図-3 CBR試験結果に及ぼす含水比の影響

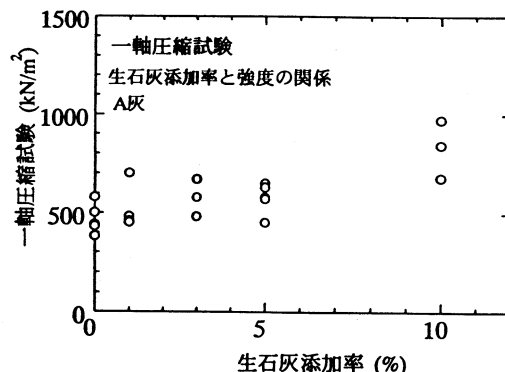


図-4 A灰の生石灰改良効果

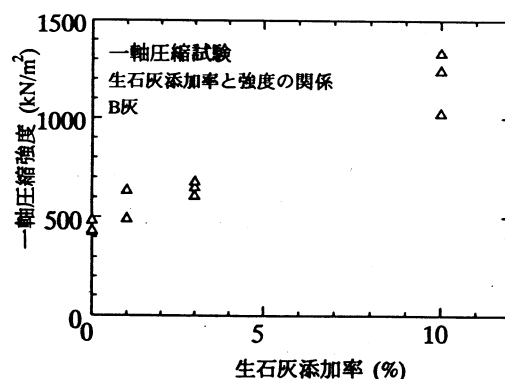


図-5 B灰の生石灰改良効果

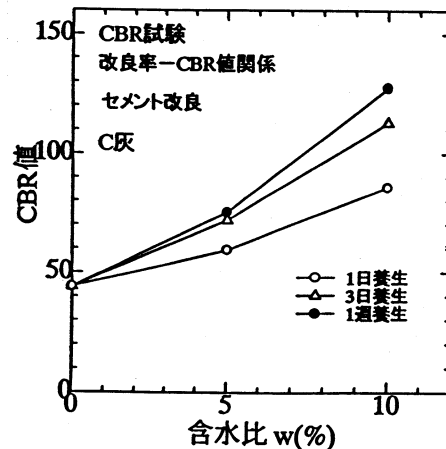


図-6 C灰のセメント改良効果