

アルカリ性PS灰の地盤改良材への適用性について

(株)フジタ 正 ○田中 知樹 斉藤 悦郎
正 望月美登志 吉野 広司
早坂 健司 津川 圭一

1. 概要

近年産業廃棄物の増大とともに、その処分場が不足してきている。また資源の有効利用という観点からも循環型社会である「ゼロエミッション」構想が提唱されている。今後、産業廃棄物を同一産業内で有効利用させるのは困難であるため、異業種間の連携が必要不可欠である。筆者らはこれまで製紙工場の副産物であるペーパースラッジ(P S)灰のうち環境負荷が少なく、中性域にある再焼成灰がすぐれた吸水性を持つことに着目し、公共土木工事の排泥改良等に有効であることを見出し、実証してきた。本研究は中性域のP S灰ばかりが入手できるわけではないことを踏まえ、アルカリ性P S灰の軟弱土改良への適用可否について室内試験を実施し、その結果について報告するものである。

2. 試験方法

改良の対象となる軟弱土として浚渫土を用い、再焼成炉・流動床炉より焼成されるP S灰である再焼成灰・流動床灰をそれぞれ添加し、コーン試験にてその強度特性を調べた。また強度の比較を行うため、生石灰、セメントを添加し、24時間養生したものについてコーン試験を行った。さらに表1からわかるように流動床灰のp Hが高く、改良土のp Hが高くなることが予測されたため、その測定を継続的に行った。このときの試料は、改良後気中養生したものについて行った。対象土およびP S灰の物性値を表1に、粒度分布を図1に示す。図1から対象土はシルト分が卓越しているのがわかる。さらに液性限界が62.3%であるのに対し、含水比が200%程度あり軟弱土であることが容易にわかる。再焼成灰はそのほとんどが砂分であるのに対し、流動床灰はその半分近くがシルト・粘土分であり再焼成灰に比し粒径が細かいのがわかる。またこの流動床灰には、成分分析によりCaOが含まれていることが分かっている。

表1 - 試料土・P S灰の物性値

試験名	単位	軟弱土	再焼成灰	流動床灰
含水比	%	199.7	0	0
土粒子の密度	g/cm ³	2.767	2.705	2.553
粒度	礫分	1.8	0	0
	砂分	19.9	91.7	55.4
	シルト分	65.0		
	粘土分	13.3	8.3	44.6
液性限界	%	62.3	NP	NP
塑性限界	%	50.2		
塑性指数		12.1		
PH		7.3	7.8	12.4

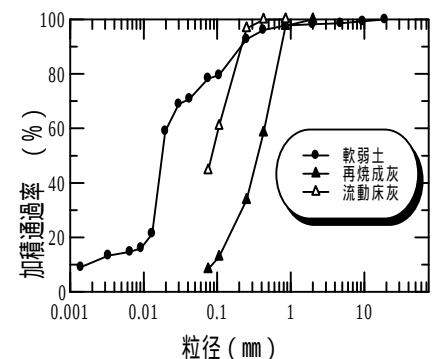


図1 - 粒度分布図

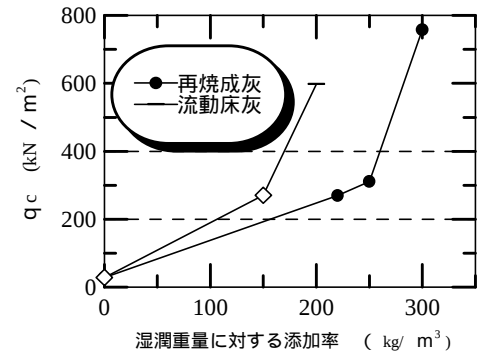


図2 コーン試験結果

3. 試験結果

図2に再焼成灰・流動床灰による改良試験結果をコーン指数にて示す。第3種改良土(qc 400kN)とするためには添加量で100kg/m³程度の差があり、流動床灰の方が改良効果に優れていることがわかる。流動床灰は練混ぜ時に発熱が確認された。これは流動床灰に含まれるCaOの反応によるものと考えられる。図3ではそれぞれのP S灰の練混ぜ後の含水比と強度の関係を示している。この図より流動床灰にて改良を行ったものの方が、再焼成灰を用いたものよりも高い含水比において、高い改良効果を発揮しているのがわかる。これは流動床灰の粒径が再焼成灰よりも小さいため、土粒子の間隙に入り込み余剰水を効率よく吸収しているためであると推察できる。これと併せて前述の発熱作用が、流動床灰の改良効果を高めていると考えられる。

キーワード：コーン試験、含水比、改良土

連絡先：〒243-0125 神奈川県厚木市小野 2025-1 (株)フジタ技術センター 土木研究部 TEL046-250-7095

図4では流動床灰と生石灰、セメントによる改良効果の比較を行った。この3種の中では生石灰が最も改良効果が高かったと言える。流動床灰による改良は24時間養生することで強度の増加がみられ、添加量 200kg/m^3 では生石灰と遜色のない改良効果が得られた。セメントによる改良効果は他の2種に比べ格段に低いものであった。しかし、セメントの水和反応の特質から養生時間をとることにより強度は増進すると考えられる。

図5に改良土および未改良土のpH測定結果を示す。最も改良効果の高かった生石灰は改良直後から $\text{pH}=12$ 程度の高い値を示した。セメントで改良したものについては、時間の経過とともにpHの低下を見たが、1週後で10程度であった。一方、流動床灰で改良したものは、改良直後に10.1だったものが3日後には8.3まで低下している。これはこの灰に含まれる CaO が改良することにより発熱を伴って CaOH となり、さらに気中養生することで空気中の二酸化炭素と反応し、 CaCO_3 となり中性化したものと考えられる。生石灰で改良したもののほうのpHが下らないのは、その添加量の多さゆえに CaO が反応せずに残っているという可能性が考えられる。再焼成灰によるものは改良前後でpHの変化に有意の差はないといえる。ここでも環境負荷の少ないものであることが確認できた。

4. 考 察

再焼成灰については吸水による物理的作用により改良効果を発揮し、軟弱土を強度回復させている。生石灰による改良、セメントによる改良は、それぞれ発熱による含水比低下と水和反応による固化作用の化学変化を主な改良原理としている。一方、今回用いたアルカリ性P S灰は、 CaO による少量の発熱反応と吸水効果の化学変化および物理変化によりその改良効果を発揮したと言える。また改良の即時性も持ち合わせている。以上のことから今回用いたアルカリ性のP S灰は優れた改良材となり得る可能性を持っていると考えられる。

5. まとめ

近年、副産物を有効利用するにあたり、環境負荷の少ないものが利用され、または少なくなるような措置を施して利用されている。環境負荷のひとつにpHが取りあげられることが多い。今回の試験対象の流動床灰も単体では高いpHを示した。しかし、土と混合して気中養生することにより中性化を確認することができた。pHだけが環境負荷の要因ではないがpHについて着目すると、この流動床灰による改良土の大気に接する部分については問題がないと言える。また、適切な取扱いを行ったものについては、pHの影響による環境保全上の問題が発生した例はない¹⁾ことから、その取扱いに留意するならば今回用いた流動床灰には改良材として有効利用できる可能性が十分にあると考えられる。今後は更なるpH低減の方法、改良材以外の有効利用法等について研究・開発を行っていく予定である。

参考文献

- ・1)セメント系固化材による地盤改良マニュアル 社団法人セメント協会 pp44-47

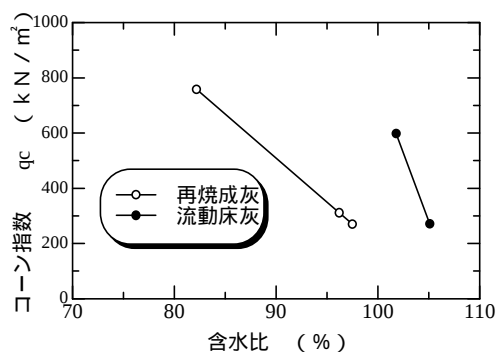


図3 - w - qc 曲線

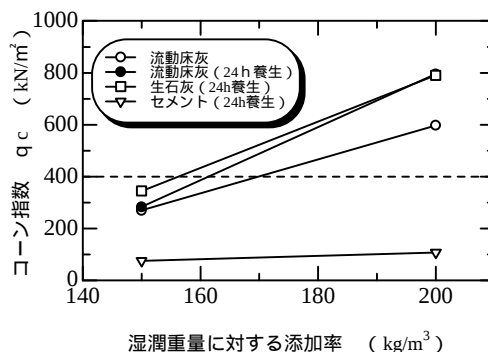


図4 コーン試験結果

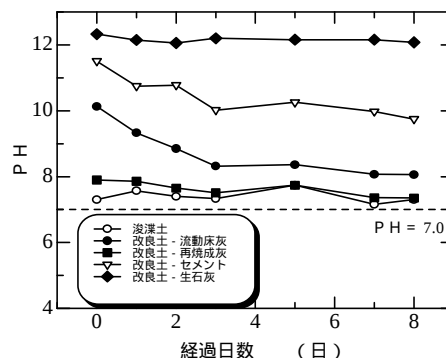


図5 pH測定試験結果