

明石工業高等専門学校 正会員 澤 孝平, 友久誠司
明石工業高等専門学校 専攻科 丸山 聡, 〇小河篤史

1. まえがき

近年、各種の現場から膨大な量の建設泥土が発生しているが、これらは高含水比で有機物含有量も多いことからセメント系固化処理において強度発現の不確実さが問題である。一方、産業廃棄物である石炭灰の排出量も増加の一途を辿っており、約半数が廃棄されている。建設泥土のセメント系固化処理においてこの石炭灰を固化助材として利用できれば、環境保全の観点からも大変有意義である。

本研究は、セメント系固化材による建設泥土の固化処理において化学成分の異なる 2 種類の石炭灰の固化助材としての有効性について検討する。

2. 試料および実験方法

固化処理の対象に用いた建設泥土は前報¹⁾と同様、溜池から採取した淡水へどろである。固化材は軟弱地盤改良用の特殊セメント ((株)住友大阪セメント製) で、固化助材として用いた石炭灰は、流動床灰 ((株)神戸製鋼所産) と微粉炭灰(関電化工(株)産) の 2 種類である(表-1)。

固化処理土は、含水比を液性限界 $w_L \pm 10\%$ の 160% (高含水比試料) と 130% (低含水比試料) に調節したへどろであり、これに固化材添加率 3, 6, 9%, 固化助材混合率 0, 5, 10%をそれぞれ組み合わせて 9 種類の配合で添加・混合した。供試体は直径 5cm, 高さ 10cm の型枠に振動を与えて空隙が残らないように成形した。養生は 20℃の恒温室内で行い、3, 7, 28, 91 日後に一軸圧縮試験を行った。

3. 結果と考察

図-1 は流動床灰、図-2 は微粉炭灰を混合した高含水比処理土の養生日数と一軸圧縮強さの関係である。流動性が高く、供試体の成形もできないへどろに固化材を 3%添加すると、約 150kPa の強度を示すようになる。しかし、固化材添加率 3%では固化助材の混合の有無に関係なく、養生日数が経過しても強度はほとんど増加しない。次に、固化材添加率を 6%, 9%に増加すると、養生に伴う強度増加が顕著になり、固化助材無混合、固化助材混合率 5%, 固化助材混合率 10%の順で後者ほど大きな強度の伸びを示している。そして、流動床灰を混合した処理土の強度は、微粉炭灰を混合したものより約 1.4 倍大きな値であり、流動床灰が固化助材として有効であることを示している。

表-1 石炭灰の化学成分 (%)

化学成分	微粉炭灰	流動床灰
SiO ₂	53.2	22.2
Al ₂ O ₃	23.6	12.2
Fe ₂ O ₃	4.94	2.30
CaO	4.35	16.8
MgO	2.70	0.60
Na ₂ O	2.19	0.35
K ₂ O	1.58	0.49
SO ₃	1.34	5.20
Ig.Loss	3.87	35.5

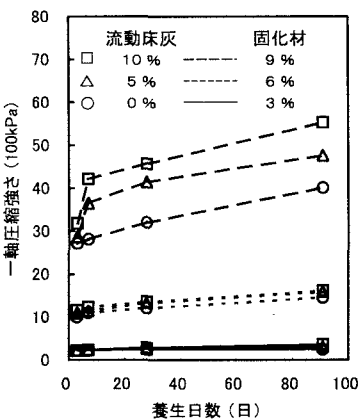


図-1 養生日数と強度の関係 (高含水比処理土、流動床灰)

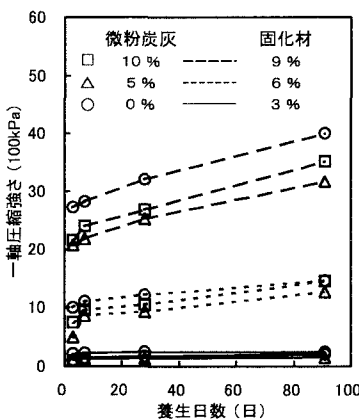


図-2 養生日数と強度の関係 (高含水比処理土、微粉炭灰)

図-3 は、固化助材混合率 10%，91 日養生後の処理土の固化材添加率と強度の関係である。いずれの固化助材においても、固化材添加率を増加するほど大きな強度が得られる。そして、低含水比の処理土は高含水比のものに比べて、流動床灰で約 1000kPa 微粉炭灰で約 1800kPa の強度増加となり、低含水比処理土で微粉炭灰の混合効果の大きいことがわかる。

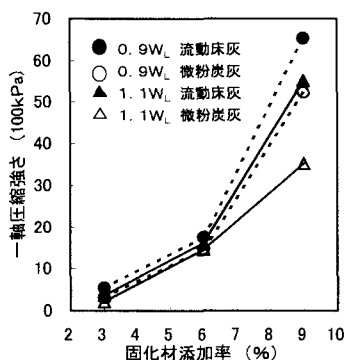


図-3 固化材添加率と強度の関係
(固化助材混合率 10%，91 日養生)

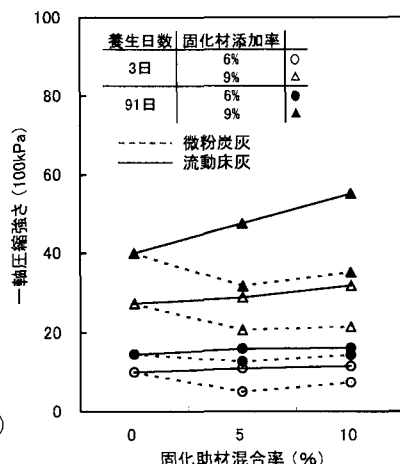


図-4 固化助材混合率と強度の関係

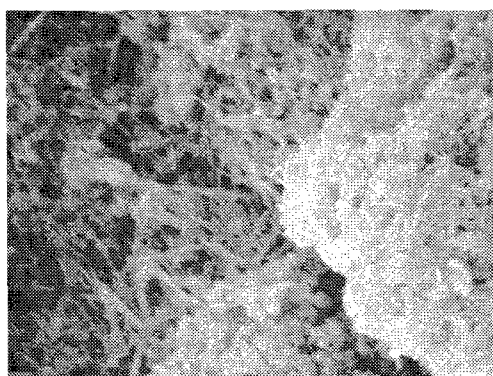
図-4 は固化助材混合率と強度の関係を示したものである。固化助材として微粉炭灰を 5%，10%混合すると、固化助材を混合しない処理土に比べ若干強度は低下する。しかし、固化材添加率 6%では養生の経過により固化助材無混合処理土の強度に近づいていることがわかる。一方、流動床灰を混合した処理土は、混合率に応じて確実な強度増加がみられる。

図-5 は固化材添加率 9%，固化助材混合率 10%処理土の 6 ヶ月養生後の電子顕微鏡写真である。流動床灰を混合した図-5 (a)では、微細な CSH 系反応物とともに針状結晶のエトリンガイトが表面全体を覆っているのが見える。一方、微粉炭灰を混合した図-5 (b)でも CSH 系反応物とともに成長度は小さいながらも同様のエトリンガイトが確認できる。これは、本研究で用いた微粉炭灰が比較的強度増加に貢献する CaO と SO₃ 成分が多い種類であるためと考えられる。これらの反応物の生成は、本研究で用いた流動床灰と微粉炭灰が固化助材として有効に作用したことを実証するものと考えられる。

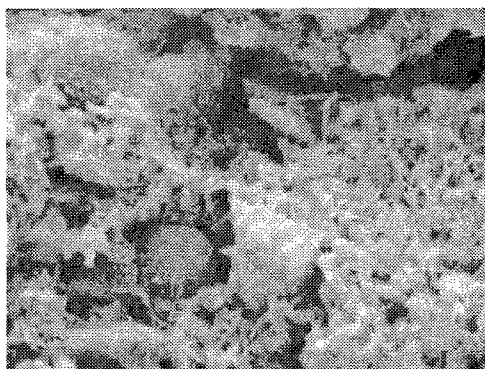
4. あとがき

以上の結果、次のことが明らかになった。(1) セメント系固化処理において、石炭灰は固化助材として有効であり、固化処理土は養生日数の経過に伴い強度が増加する。(2) 流動床灰は固化助材として有効であり、混合率に応じて高強度が期待できる。(3) CaO と SO₃ 成分が多い微粉炭灰は固化助材として有効であり、長期にわたり強度が増加する。(4) 試料の含水比の低下により、処理土の強度増加は大きく、その効果は、流動床灰より微粉炭灰の方が顕著である。(5) 強度増加に貢献する硬化反応生成物は CSH 系反応物とエトリンガイトである。

参考文献 1) 澤孝平 他：泥土の固化処理における石炭灰の混合効果，第 4 回地盤改良シンポジウム発表論文集，pp.139～144，(社)日本材料学会，2000。



(a) 流動床灰



(b) 微粉炭灰 10 μm

図-5 電子顕微鏡写真 (固化材添加率 9%，固化助材混合率 10%，6 カ月養生)