

廃棄物の組合せによる固化材の開発とその固化特性

京都大学 工学部

明石工業高等専門学校

京都大学 工学部

正会員 嘉門雅史

正会員 ○ 友久誠司

Supakij Nontananandh, 杉浦正彦

1. まえがき 近年各種産業および建設工事から発生する廃棄物は量的に増大し、質的にも複雑多岐にわたっている。これらの廃棄物を固化処理し、有効に利用することは大変意義深いものである。本研究は、産業廃棄物の高度な再利用を目的とし、各種の産業廃棄物を組合せ、熔融してクリンカーとし、粉砕した軟弱地盤改良用の新しい固化材（以下、SST固化材と呼ぶ）を取り上げ、その固化効果を強度および硬化反応メカニズムについて追究したものである。

2. 試料および実験方法 用いた試料は茨城県土浦産の淡水性のヘドロと信州ロームである。ヘドロは自然含水比が187%、強熱減量は14.7%であり、有機物のフミン酸含有量は1.8%であった。一方、ロームの自然含水比は86.4%であり、強熱減量は11.6%と、ヘドロに比べ小さいものの、フミン酸含有量は3.4%と大きな値となっている。

SST固化材は各種の産業廃棄物、すなわち、食品、製紙、精糖、ゴム、合成樹脂の各工場より排出される污泥ケーキと、製鉄所・鉄鋼所より排出されるスラグ類等の化学成分を解析し、ポルトランドセメントの CaO 、 Al_2O_3 、 SiO_2 、 Fe_2O_3 などの主成分とはほぼ同量になるように定量・混合して焼成・粉砕したものに、軟弱地盤改良用固化材としての固化反応を調整するために石膏などを添加したものである。また、固化効果の比較、検討のため、普通ポルトランドセメント、軟弱地盤改良用特殊セメントと炭酸アルミネート系塩材料（以下、CAS材と呼ぶ）を固化助材としたセメント系固化材を使用した。

供試体の成形は、ヘドロでは含水比を液性限界の1.1倍の218%に調整し、ロームは自然含水比のまま、固化材を試料の湿潤質量に対する百分率で3, 6, 9, 12%添加し、土質工学会基準安定処理土の試験方法「締固めを伴わない安定処理土の試験方法」に準じて行った。固化効果は主として一軸圧縮強度で確認し、また、硬化反応メカニズムの追究のため、反応生成物の同定および微視的内部構造の観察を行うためX線回折分析、SEMによる観察などを行った。

3. 結果と考察 ヘドロに対して、固化材にSST固化

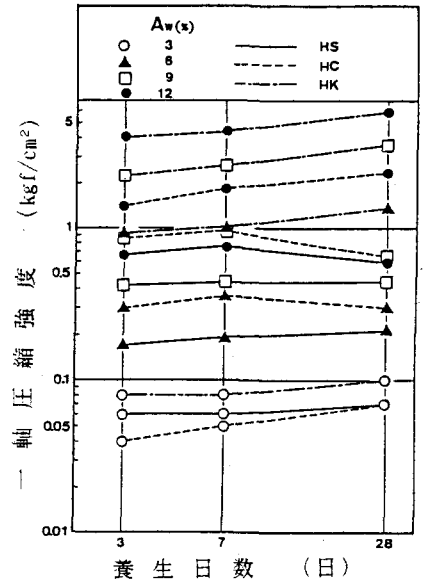


図-1 ヘドロの養生日数と一軸強度

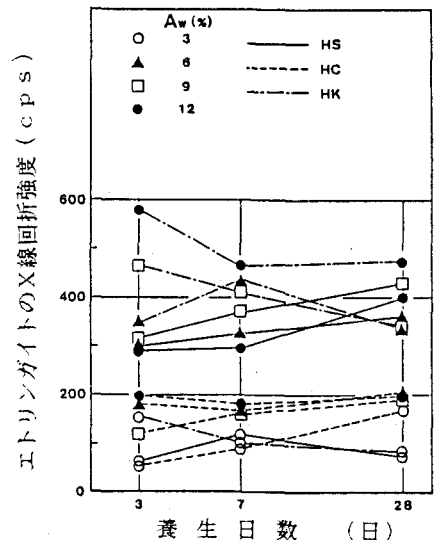


図-2 養生日数とエトリンガイトのX線回折強度

Masashi KAMON, Seishi TOMOHISA, Supakij NONTANANANDH, Masahiko SUGIURA

表-1 LS 3% (3日養生) に対する強度比

養生日数	記号	固 化 材 添 加 率			
		3 %	6 %	9 %	12 %
3 日 養 生	LS	1.00	1.23	1.73	3.92
	LC	1.00	1.23	1.46	3.00
	LBC	1.65	2.04	2.65	4.04
2 8 日 養 生	LS	1.04	1.35	2.08	5.08
	LC	1.04	1.35	1.85	3.58
	LBC	1.69	2.38	3.42	5.12

材を用いた場合(HS)と、普通ポルトランドセメントを用いた場合(HC)、および、特殊セメントを用いた場合(HK)の養生日数に伴う強度変化を図-1に示す。いずれの固化材でも3%の添加率では強度は小さいが、添加率の増加や養生日数の経過に従い強度は大きくなっており、HSはHCより強度は小さく、HKは養生初期より大きな強度を示している。図-2はX線回折の結果より養生日数とエトリングایت回折強度の関係であるが、養生初期より、HK、HSはHCに比べて約2倍のエトリングایت生成量を示している。一般に、軟弱粘性土の固化効果はエトリングایتの生成量と密接な関係があるといわれている。しかし、HSの一軸強度がエトリングایت生成量の少ないHCより小さいことから、エトリングایت以外の反応生成物が強度に寄与しているものと考えられ、電子顕微鏡およびEDXA分析の結果、CSH系反応生成物が強度に貢献していることが分かった。

次に、信州ロームの養生日数と強度の関係を示したものが図-3であり、表-1はLCの3日強度 0.26kgf/cm^2 を基準とした強度比を、添加率と固化材の種類ごとにまとめたものである。CAS材を用いた処理土(LBC)の強度は全ての添加率でLS、LCを上回っており、大きな強度となっている。一方、SST固化材を用いたLSではLCに比べ、9%以上の添加率で大きな固化効果を示している。特に、12%の固化材添加率ではLBCとほぼ同じ強度比となっている。図-4はロームの全処理土のエトリングایتのX線回折強度と一軸圧縮強度の関係である。比較的良い線形関係を示しており、ヘドロ処理土に比べ、エトリングایتが強度に大きく貢献したことを示し、フミン酸を多く含有した試料に対する固化効果を示している。

4. あとがき 以上の結果、産業廃棄物を組合わせて得られたSST固化材は軟弱地盤改良用固化材として普通ポルトランドセメントとほぼ同程度の固化効果があり、反応生成物としてエトリングایتやCSH系反応生成物を多く生成し、強度の増加に貢献することが明らかになった。しかし、固化処理対象土の種類により、固化効果が異なることもあり、今後の課題と考えられる。なお、SST固化材は常盤工業(株)から提供いただいたものである。

参考文献 1) 嘉門雅史他: 廃棄物のセメント系固化材による有効利用について、第22回土質工学研究発表会講演要集、2-2、pp. 1879~1880。

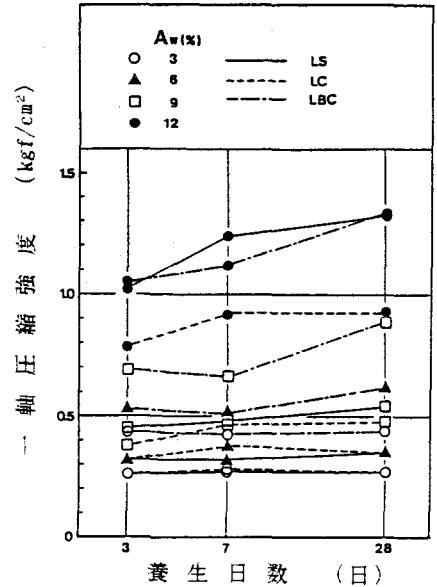


図-3 ロームの養生日数と一軸強度

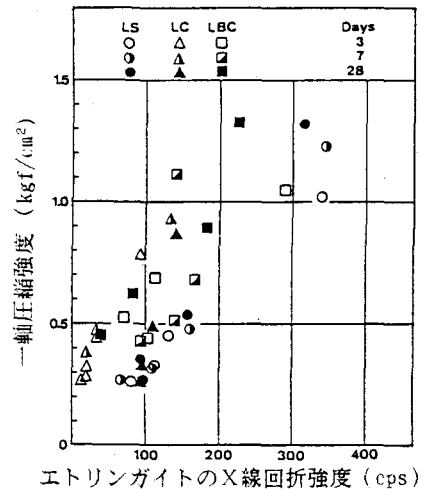


図-4 エトリングایتのX線回折強度と一軸圧縮強度