無機系廃棄物を原料とした水硬性固化材の遅延性能

国立明石工業高等専門学校	学生会員	○ 中瀬悠也	正 会 員	稲積真哉
三信建設工業株式会社		山崎淳一	正 会 員	新坂孝志
土木地質株式会社		橋本　亮		湯田周二
株式会社アマング.		中岸良裕		吉本敦哉
日鉄住金スラグ製品株式会社		水田智幸		西村豪志

1. はじめに

無機系廃棄物を原料とした固化材のひとつに，廃ガラス，フライアッシュなどのシリカ成分を多量に含む無機系廃棄物と，促進剤を熱処理した粉末状の水硬性固化材がある．この水硬性固化材は，これまで耐酸性が必要な箇所の護岸ブロックや護床ブロックのコンクリートの代替品として利用されてきた[1)]．

本研究は，機械攪拌工法などの地盤改良工法に対する，この水硬性固化材適用性を確認するために，砂質土地盤材料および粘性土地盤材料を用いて室内配合試験を行ったものである．このうち，本論文では遅延性能について報告する．

2. 地盤改良工法の課題

地盤改良工法の代表的な工法として，機械攪拌工法がある．機械攪拌工法により地盤改良をする場合の改良形状としては，ブロック式改良，壁式改良，格子式改良などがあるが，いずれも隣接する杭同士が重なり合うラップ施工が基本となる．連続して施工する場合には固化する前に施工することによりラップ施工も可能であるが，数日後に隣接杭と接合させる場合には攪拌不能となる場合がある．このため，遅延性固化材の使用や遅延剤の添加により対処している[2)]．しかし，天候不順等により，隣接杭の施工が大幅に遅れた場合など，施工不能となる場合もある．また，遅延剤を過剰に添加した場合には，固化不良を起こすこともある．

3. 試験概要

前述の課題をふまえ，固化材の遅延性能に着目し，水硬性固化材の地盤改良工法への適用性を確認するための配合試験を行った．試験の概要は，以下のとおりである．

3.1 試験ケース

試験ケースの一覧を**表−1** に示す. 固化材は, 水硬性固化材とスラグの混合物を使用した. 水硬性固化材は, SiO_2 含有量が約 50%の白色粉末状の固化材で，密度が 2.56g/cm^3，粒度が 20～100 μ m のものである．スラグは，高炉スラグ微粉末である．水硬性固化材(H)とスラグ(SL)の配合比は，重量比として SL/H=5，10 および 15 の 3 種類とした．また比較として，セメント系固化材を使用した．これらの固化材はスラリー状の状態で使用し, 水(W)と固化材(M)の比率は W/M=130%とした.

地盤材料は, 砂質土には豊浦硅砂（ρ_s=2.367g/cm^3）を使用し, 含水比 w=10%に調整して使用した. また, 粘性土には栃木県産のトチクレー（ρ_s=2.724g/cm^3, w_L=34.0%，w_P=17.0%，I_P=17.0）を使用し，含水比 w=40%に調整した後, 12 時間以上静置したものを使用した．地盤材料(S)と固化材(M)の混合比は，体積比として S/M=2.0 および S/M=1.5 の 2 種類とした.

表−1 試験ケース一覧

No.	固化材				配合条件				フロー値
	SL/H※			C※	地盤材料		S/M※		P 漏斗
	5	10	15		砂質土	粘性土	2.0	1.5	(s)
1	○				○		○		10.1
2	○					○	○		9.2
3		○			○		○		9.5
4		○				○	○		9.4
5		○			○			○	9.3
6		○				○		○	9.3
7			○		○		○		9.4
8			○			○	○		9.2
9				○	○		○		9.0
10				○		○	○		9.2
11				○	○			○	9.2
12				○		○		○	9.2

※SL：スラグ，H：水硬性固化材，C：セメント，W：水，M=C or SL+H，S：地盤材料

キーワード：地盤改良，機械撹拌工法，固化材，リサイクル，高炉スラグ，遅延性能
連絡先：〒674-8501　兵庫県明石市魚住町西岡 679-3　国立明石工業高等専門学校 都市システム工学科 Tel & Fax : 078-946-6172

3.2 試験方法

配合試験は，スラリー状の固化材と含水比調整した地盤材料を撹拌・混合した後，φ50mm×L100mm のモールドにて供試体を作製し，1 日，3 日，7 日，28 日および 56 日間養生した後，強度試験を実施した．

3. 実験結果

図-1 にセメント系固化材を用いた改良体の圧縮強度の経時変化を示す．セメント系固化材では材齢とともに強度が増加するが，28 日以降の強度増加は少なくなる結果となった．土質の違いをみると，砂質土地盤の方が粘性土地盤よりも高強度となる結果であった．これは，セメント系固化材を用いた場合の強度特性と同様の傾向であった．

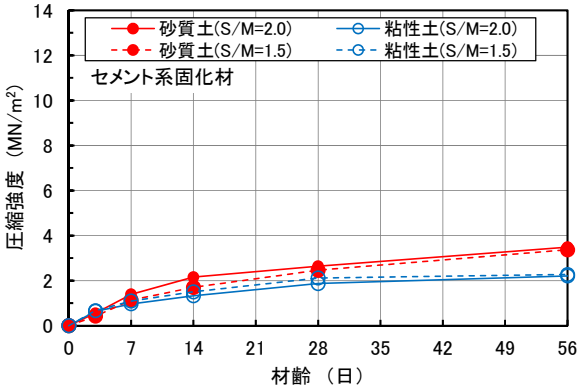

図-1 圧縮強度の経時変化（セメント系固化材）

図-2 に，水硬性固化材を用いた改良体の圧縮強度の経時変化を示す．この結果，セメント系固化材と比較して強度発現が遅く，7 日後または 14 日後まで供試体が自立しない結果となった．材齢 28 日以降の結果をみると，粘性土の方が砂質土よりも高強度になる結果となり，セメント系固化材による結果とは逆の傾向であることが確認された．また，材齢 28 日以降も強度が増加している結果となった．

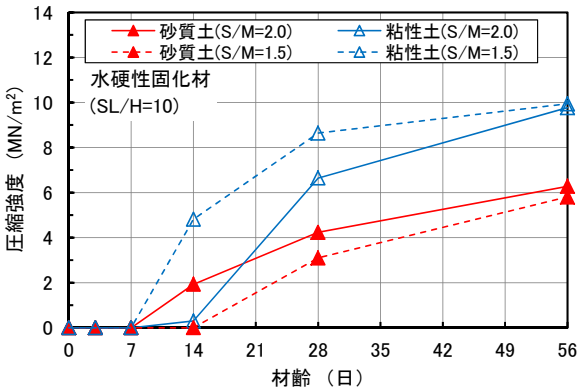

図-2 圧縮強度の経時変化（水硬性固化材）

図-3 は，粘性土地盤における水硬性固化材の配合比 SL/H と圧縮強度の関係を示したものである．この結果をみると，SL/H が大きくなると（水硬性固化材の含有量が少なくなると）強度発現が遅くなる傾向にある．材齢 28 日では，SL/H が大きいものほど圧縮強度が小さい傾向にあるが，材齢が 56 日になると，いずれの結果も 8MN/m^2 以上の圧縮強度となっており，今回の配合試験で行った範囲の中では，SL/H の差は強度に影響しない結果となった．

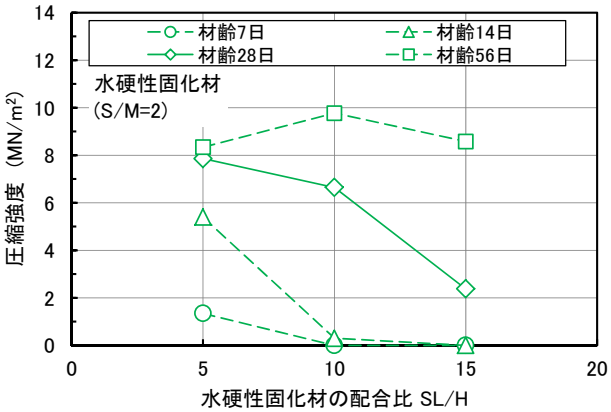

図-3 水硬性固化材の配合比と圧縮強度の関係

4. まとめ

無機系廃棄物を原料とした水硬性固化材の地盤改良への適用性を確認するため，地盤材料との配合試験を行った．この結果，以下の特性があることがわかった．

(1) 粘性土地盤において，セメント系固化材よりも高強度になる．

(2) セメント系固化材よりも強度発現が遅く，遅延効果がある．

以上の結果より，隣接杭との完全ラップ施工が可能となり，従来は困難とされていたブロック式改良，壁式改良および格子式改良も可能となることがわかった．また，遅延剤の使用による固化不良も防ぐことが可能であり，地盤改良工法への適用性があることが確認された．

〔参考文献〕

1) 土木地質(株)：無機系廃棄物を原料とした水硬性粉末固化材「ハイデガス」カタログ，2012.

2) 土木研究センター：陸上工事における深層混合処理工法　設計・施工マニュアル　改訂版，pp.252-253, 2004.