

再生石膏固化材の硬化特性と固化土の現場強度

香川高等専門学校 学生会員 ○塩入 潤一郎
香川高等専門学校 正会員 小竹 望
鎌長製衡株式会社 非会員 松下 和史

1. はじめに

廃石膏ボードのリサイクルに向けて、筆者らは再生石膏固化材を用いた軟弱地盤改良工に関する室内実験ならびに現場実験を実施してきた^{1),2)}。本研究では、再生石膏固化材の基本的な硬化特性と再生石膏固化土の現場強度について述べる。

2. 再生石膏固化材

再生石膏固化材は、石膏固化体の不溶化とフッ素の溶出防止のため、セメント系あるいは石灰系の固化材と併用することが有効とされている。本研究では、土の炉乾燥質量に対する固化材の添加率を以下の様に定義する。

$$a_t = a_c + a_G \tag{1}$$

ここで、 a_t ：固化材総量の添加率、 a_c ：セメント系固化材の添加率、 a_G ：再生石膏の添加率である。本研究で用いた再生石膏ならびに半水石膏の試薬（焼石膏）の成分を表-1に示す。再生石膏①と③は、固化に寄与する半水石膏を86%以上、半水石膏と無水石膏を合わせて96%以上を含有している。

表-1 再生石膏の成分

種別	成分 (%)		
	二水	半水	無水
半水石膏(試薬)	max 3	100 (min97)	--
再生石膏①	4	90	6
再生石膏②	62~69	23~30	8~9
再生石膏③	2	86	12

3. 再生石膏固化体の硬化特性

再生石膏の基本的な固化強度特性を把握するため、石膏に加水して得られる石膏固化体の基本的な硬化特性を検討した。石膏固化体として、粉体の石膏に加水した後、ミキサーで30秒間混合し、速やかにプラスチック製モールドに充填して円柱供試体（φ50mm×H100mm）を作製した。20℃の気中で養生し、材令 $T_c=7$ 日で一軸圧縮試験(JIS A1216)を実施した。加水率が一軸圧縮強さ q_u に及ぼす影響を図-1に示す。

ここで、加水率は、石膏質量に対する水の質量比(%)である。図-1より再生石膏に含まれる半水石膏の割合が高ければ、石膏固化体の発現強度は試薬の場合とほぼ同等であると認められる。また、一軸圧縮強さ q_u と材令 T_c の関係を図-2に示す。再生石膏③の固化強度は、若干のばらつきがあるが試薬と同様に材令に伴う変化がほとんどみられない。

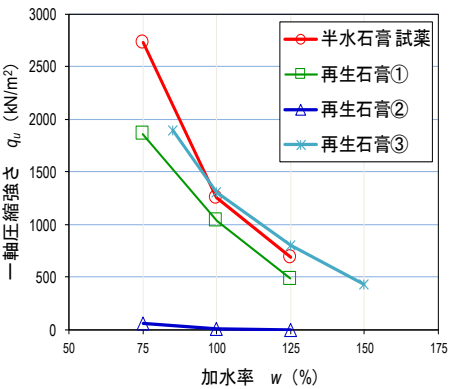


図-1 加水率と一軸圧縮強さの関係

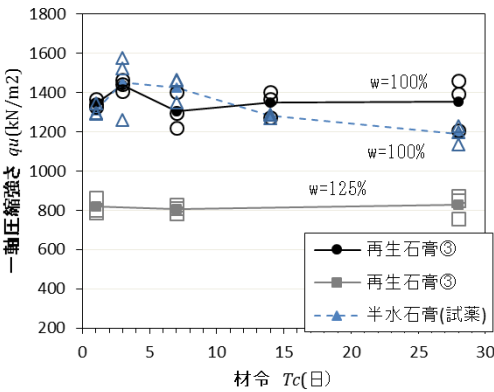


図-2 材令と一軸圧縮強さの関係

4. 現場改良土の強度特性

4. 1 室内配合試験

ため池底泥を改良対象とする固化改良工の試験施工において、再生石膏③を用いて室内配合試験を実施した。配合はセメント系固化材の添加率 $a_c=2.5, 5.0, 7.5\%$ に対し固化材総添加率 $a_t=10, 15, 20, 25\%$ となるように再生石膏添加率 a_G を設定した。また、現

場採取土を自然含水比($w_n=46.7\%$)に調整し、供試体を作製した(JGS0821-2000)。ここではセメント系固化材と土との混合時間は 10 分間とし、その混合が 5 分経過してから再生石膏を混合することで、再生石膏と土の混合時間は 5 分間とした。

材令 $T_c=7$ 日の供試体を用いて一軸圧縮試験を実施した。図-3 に一軸圧縮強さ q_u と再生石膏混合率 a_G の関係を示す。再生石膏はセメントよりも固化性能が小さいが、その添加率を増加すると圧縮強度が比例的に増加していくことが認められた。

4. 2 現場改良強度

バックホウを用いる浅層混合処理工法によってため池底泥と再生石膏③とセメント系固化材を混合攪拌して固化改良した。固化強度と環境安全性から固化材配合と混合時間に関する施工条件を設定した。3 種の施工ケースについて、固化材添加率と改良対象土の単位体積当りの混合時間をセメント系固化材と再生石膏について表-2 にそれぞれ示す²⁾。

原位置試験に加えて改良地盤から混合直後の未固結状態でサンプリングして現場養生した供試体の一軸圧縮試験を実施した。図-4 に一軸圧縮強さと材令の関係を示す。石膏混合により $T_c=3$ 日までの早期材令における比較的高い強度発現が認められた。

4. 3 長期強度の検討

混合攪拌時にサンプリングして大型土嚢に充填した現場改良土を屋外での暴露状態で経緯観察した。材令 $T_c=1\sim 2$ 年が経過した改良土の強度試験を行った。乱れのないサンプリングが難しいことから、土木学会「軟岩の調査・試験の指針(1991)」³⁾ に準じた針貫入試験を実施し、針貫入抵抗値と一軸圧縮強さの相関から一軸圧縮強さを推定した。現場養生供試体の材令 $T_c=28$ 日の一軸圧縮強さととの比較を図-5 に示す。一軸圧縮強さは、 $T_c=28$ 日に対して $T_c=1$ 年では平均で 2.4~3.0 倍、 $T_c=2$ 年では平均で 1.2~1.9 倍の値となった。

6. まとめ

本研究では、再生石膏の基本的な硬化特性を踏まえ再生石膏固化材を用いた軟弱地盤改良工を試験的に実施した。現場改良強度は、施工後 2 年経過した時点で当初の固化性能を維持していることが確認された。

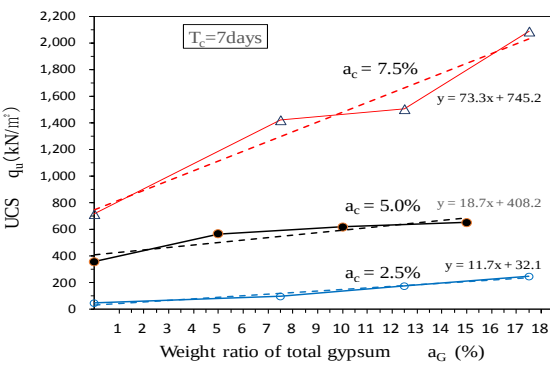


図-3 室内配合試験結果 ($q_u \sim a_G$)²⁾

表-2 現場実験の配合と混合条件

施工 ケース	添加率 (%)			混合時間(min/m³)	
	a_t	a_c	a_G	セメント	石膏
No.1	10	5	5	8.3	8.3
No.2	15	5	10	8.3	8.3
No.3	15	5	10	8.3	4.2

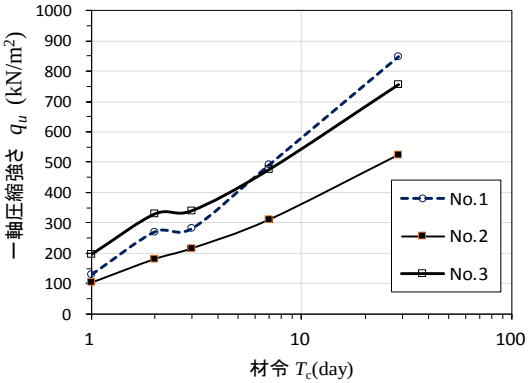


図-4 現場改良土の一軸圧縮強さと材令の関係

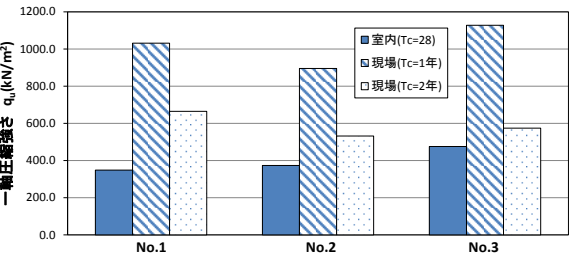


図-5 現場改良度と材令

参考文献

1) 小竹ほか：再生石膏固化材の軟弱粘性土に対する固化性能，平成 26 年度地盤工学研究発表会，pp.539-540，2014。
2) 小竹ほか：再生石膏固化材による底泥固化改良の現場実験，廃棄物資源循環学会第 25 回研究発表会，pp.147-148，2014。
3) (社)土木学会：軟岩の調査・試験の指針（案），pp.56-60，1991。