

# 再生石膏を用いた新しい固化材の改良効果

福岡大学工学部 学生会員 豊里亮喜 古賀新太郎  
 福岡大学工学部 正会員 佐藤研一 藤川拓朗 古賀千佳嗣

## 1. はじめに

廃石膏ボードから得られる二水石膏を焼成処理して生成される再生半水石膏は、水を加えると固化する性質を有しており、現在この特徴を利用した地盤改良材として有効利用する技術開発が進められている<sup>1)</sup>。一方で、高有機質土はセメントの固化作用が効果的に発揮されにくい<sup>2)</sup>ため、固化処理を行うには多量のセメントやセメント系固化材を使用する必要があり費用がかかる。そこで本研究は、有効利用が必要な石膏と使用量を削減したい固化材を併用した新しい固化材の開発に着目した。ここで再生石膏については、焼成処理前の再生二水石膏を固化材として使用することが出来れば、より経済的な新しい固化材の開発に繋がると捉えている。本報告では、再生半水石膏と再生二水石膏の改良効果を明らかにした上で、特に再生二水石膏を混入させた固化材が有機質土の改良効果に及ぼす影響について述べる。

## 2. 実験概要

**2-1 実験に用いた試料** 土質材料に有明粘土、固化材(C)には高炉セメント B 種または生石灰を用いた。これらの固化材料を減らす目的で、再生二水石膏または再生半水石膏を用いた。表-1 に物理特性、図-1 に有明粘土の粒径加積曲線を示す。なお、実験に使用する有明粘土にはレキや砂が混ざっていたため、2mm ふるいで裏ごししたものを用いている。

表-1 物理特性

有明粘土	
自然含水比 $w$ (%)	87.2
粒子密度 $\rho_s$ (g/cm <sup>3</sup> )	2.614
細粒分含有率 $F_c$ (%)	67.2
液性限界 $w_L$ (%)	93.5
塑性限界 $w_P$ (%)	34.8
塑性指数 $I_p$	58.7
強熱減量(%)	8.4
再生半水石膏	
自然含水比 $w$ (%)	3.6
再生二水石膏	
自然含水比 $w$ (%)	21.9

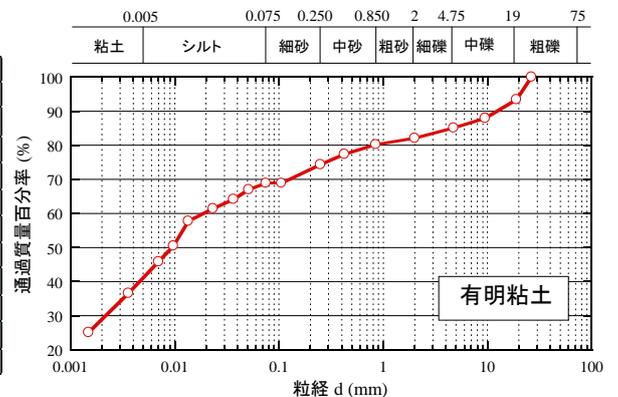


図-1 粒径加積曲線 (有明粘土:裏ごし前)

**2-2 実験方法** 改良土の力学特性は、一軸圧縮試験(JIS A 1216)により評価した。表-2 に配合条件を示す。まず、土質材料を設定含水比に調整するた

表-2 配合条件

土質材料	設定含水比 (%)	固化材の種類 C	固化材添加量(kg/m <sup>3</sup> )	石膏の種類	石膏添加量(kg/m <sup>3</sup> )	養生日数 (day)
有明粘土	1.0 $w_L$	高炉セメントB種 または 生石灰	0	再生半水石膏 または 再生二水石膏	0	7
	1.5 $w_L$		50		100	28
	2.0 $w_L$		75		200	
			100		300	

め、適量の水を加え約 1 分間ミキサーで攪拌する。その後、固化材と石膏を同時に混合し 5 分間攪拌を行った。ここで、設定含水比は一般的な有明粘土の自然含水比が液性限界を上回る<sup>3)</sup>ということを考慮して、液性限界( $w_L$ )の 1.0, 1.5, 2.0 倍に設定している。供試体は、安定処理土の締固めを行わない供試体作製方法(JGS0821-2000)<sup>4)</sup>に準じて、直径 5cm×高さ 10cm の塩ビ製モールド内に空隙が残らないよう、3 層に分けてタッピング法にて打設して供試体を作製した。

## 3. 実験結果及び考察

**3-1 再生石膏の違いによる影響** 固化材(C)に高炉セメント B 種及び生石灰、再生石膏(B)に再生半水石膏及び再生二水石膏を用いた一軸圧縮試験結果を図-2 に示す。いずれの固化材を用いた場合も、石膏の種類に関係なく一軸圧縮せん断特性は非常に類似した挙動を示すことが分かる。特に、養生 7 日においては、石膏の種類に関係なく添加量の増加に伴い圧縮応力が増加していることから、石膏の種類自体はそれほど改良効果に寄与していない可能性がある。そこで、図-3 に示す石膏添加量と改良土の含水比に着目してみると、改良土の含水比は二水石膏に比べ半水石膏を添加したほうが低下効果はあるものの、図-4 に示す一軸圧縮強さと養生日数の関係からも分かるように、半水石膏と二水石膏をそれぞれ用いた場合の強度発現にほとんど差が見られないことから、高含水比な

土質試料においては含水比低下効果の影響は小さく、固化材の影響を強く受けると考えられる。このことから焼成処理が必要な再生半水石膏に代わり、コスト的には廉価な再生二水石膏を固化材と併用することは十分可能であることが示された。そこで本研究では、再生二水石膏を固化材と併用した改良効果について検討を行った。

**3-2 石膏添加量の違いによる影響** 図-5 に一軸圧縮強さと石膏添加量の関係を示す。例えば高含水比な有明粘土を浅層混合処理工法の要求強度である  $300\text{kN/m}^2$  まで改良することを考えると、 $C=100\text{kN/m}^2$  の場合、 $1.5w_L$  では  $112\text{kg/m}^3$ 、 $2.0w_L$  では  $200\text{kg/m}^3$  の石膏添加量がそれぞれ必要になるが、このように粘土の含水比が変化しても固化材の添加量を維持したまま、石膏添加量を調整することで要求強度を満足できることが分かる。

**3-3 石膏を用いることによる固化材削減効果** 図-6 に固化材に生石灰を用いた改良土の一軸圧縮強さと石膏添加量の関係を示す。石膏を用いることによる固化材削減効果を把握するため、今回検討した実験条件の中から一軸圧縮強さ( $q_u$ )が同じになる条件で比較したところ(今回の実験結果では約  $650\text{kN/m}^2$ )、石膏添加量を  $100\text{kg/m}^3$  から  $200\text{kg/m}^3$  の2倍にすることで同一強度が得られ、生石灰の添加量を  $25\text{kg/m}^3$  減らすことが可能であることが分かった。このことから、二水石膏を添加することにより固化材の使用量を十分削減できると考えられる。なお、固化材の種類や添加量に応じた削減効果については、今後更なる検討が必要である。

#### 4. まとめ

1) 今回の条件下の実験において再生半水石膏と再生二水石膏は、石膏の種類に関係なく類似した挙動を示し、またいずれの養生日数においても強度発現に差が見られないことが示された。2) 固化材添加量を維持したまま再生二水石膏添加量を調整することで高含水比粘土の改良効果に期待が持てる。3) 有機質土である有明粘土に対して再生二水石膏添加量を増加させることによって固化材添加量を削減可能であると考えられる。

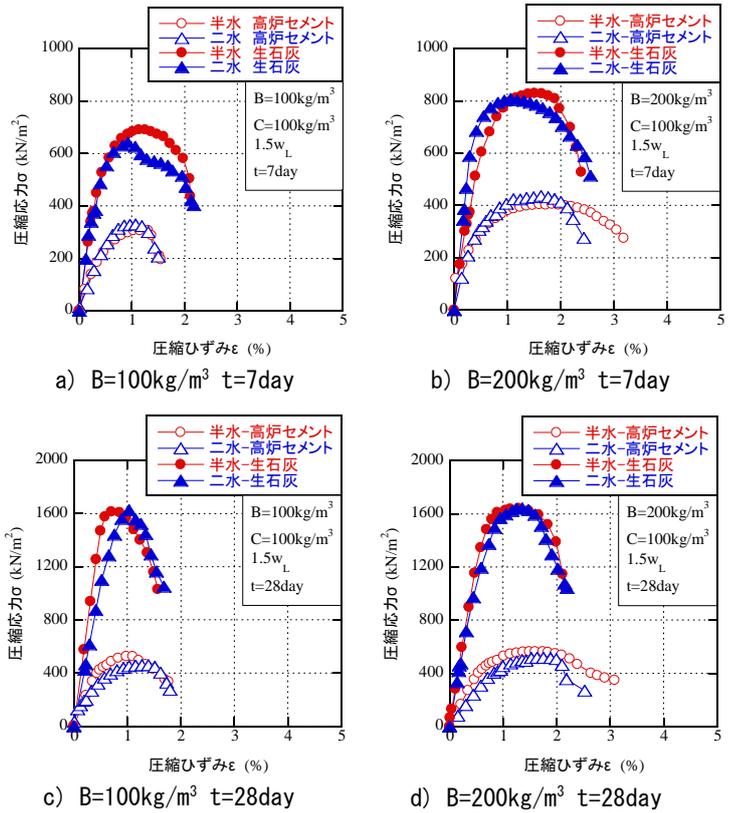


図-2 一軸圧縮試験結果

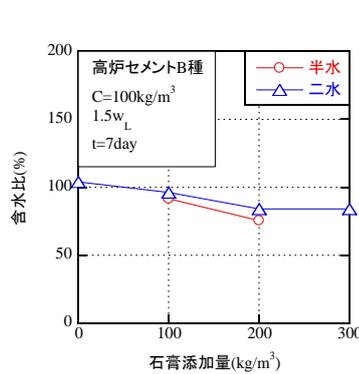


図-3 含水比と石膏添加量の関係

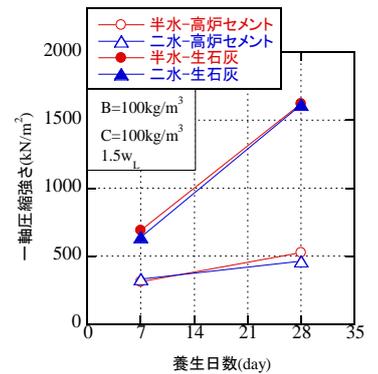


図-4 一軸圧縮強さと養生日数の関係

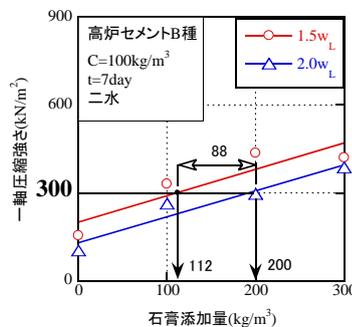


図-5 一軸圧縮強さと石膏添加量の関係

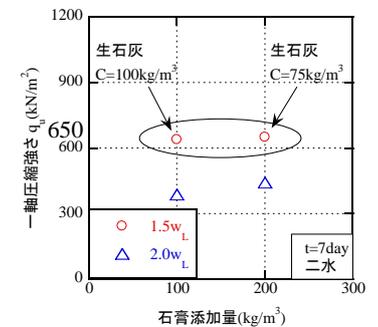


図-6 一軸圧縮強さと石膏添加量の関係

【参考文献】 1) 亀井ら:半水石膏の地盤改良材としての有効利用—廃石膏ボードの再利用—, 地盤工学ジャーナル, Vol.2, No.3, pp.245-252, 2007. 2) 水谷 羊介:連載初級講座 住宅基礎地盤の失敗例に学ぶ, 第 9 回特殊土住宅地盤品質協会編集, pp.79-81, 2008, 3. 3) 平間ら:海成粘土の土質工学的特性に関する研究, 大林組技術研究所報, No.35, pp.11-15, 1987. 4) わかりやすい試験シリーズ 室内配合試験, 一般財団法人 日本建築総合試験所 試験研究センター 構造部 土質基礎試験室, www.gbrc.or.jp/contents/test\_research/test\_series/document/so\_18.pdf.