

再生半水石膏粉を用いたセメント系固化材による地盤改良土の再泥化特性

福岡大学大学院 学生会員 ○藤山 晶帆

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

現在、新築・解体現場から排出される廃石膏ボードは、紙と石膏に分離・中間処理し、リサイクルが出来ないものについては管理型最終処分場へと処分することが義務付けられている¹⁾。著者らは再生半水石膏粉に助材としてセメントを添加し、地盤改良材としての有効利用技術の研究²⁾を進めている。しかし、再生半水石膏粉は水溶性の特性³⁾を有しているため、地盤改良材として用いた際に地下水や雨水による影響を受け、固化作用を失ってしまう恐れが考えられる。また、再生石膏粉には、石膏ボードの原料由来である有害物質のフッ素を含有している。そこで本研究では、再生半水石膏粉の再泥化特性及び環境安全性の把握を行うために実験的検討を行った結果について報告する。

2. 実験概要

2-1 実験試料 実験には、間接焼成方式で焼成処理された再生半水石膏粉を使用した。

また、土質材料としてカオリン粘土を用いた。既往の研究³⁾から再生半水石膏粉のみによる

地盤改良効果は小さいことが分かっている。そこで改良効果を補助する固化材として高炉セメント B 種を用いた。ここで表、図中の凡例の記号はそれぞれ、w: 設定含水比、B: 再生半水石膏粉添加量、c: セメント添加量、t: 養生日数を示している。

2-2 実験方法 表-1 に配合条件を示す。供試体の作製方法については、安定処理土の締固めを行わない供試体作製方法⁴⁾(JGS0821-2000)に準じて、直径 $\phi=5\text{cm}$ ×高さ $h=10\text{cm}$ のモールドに入れ 3 層に分けてタッピング法により打設した。また、再泥化試験は供試体作製後、所定日数気中養生を行った後、水道水を用い、供試体を水浸(L/S=5)させる。再生半水石膏粉により改良された供試体の水浸時の様子を写真-1 に示す。なお測定時間は、1, 2, 5, 10, 15, 30, 60, 120, 240 分後、1, 2, 3, 7 日後とし、その後は一定の間隔ごとに観察・記録し、表-2 に示す再泥化区分に従い分類を行った。再泥化評価

表-1 配合条件

土質材料	設定含水比 w(%)	再生半水石膏粉添加量 B(kg/m ³)	高炉セメント B 種添加量 c(kg/m ³)	養生日数 t(day)	水浸時間 (year)
カオリン粘土	100	100 200	0 25 50	1 7 28	1

表-2 再泥化区分

再泥化区分	1	2	3	4	5	6
形状						
状態	変化なし	角が崩れる程度	周囲のひび割れが顕著	再泥化開始	半分が再泥化	完全に再泥化



写真-1 供試体の水浸時の様子

表-3 供試体の経時変化 (B=200kg/m³ w=100% t=28day c=0kg/m³)

水浸時間	15min	30min	1hour	2hour	4hour
再泥化試験の様子					
再泥化区分	1	1	3	6	6

表-4 供試体の経時変化 (B=200kg/m³ w=100% t=28day c=50kg/m³)

水浸時間	1day	7day	28day	54day	91day	183day	365day
再泥化試験の様子							
再泥化区分	1	1	1	1	1	1	1

試験期間は最大 1 年とし、改良土の力学特性と環境安全性は一軸圧縮試験(JIS A 1216)と JLT46 より評価した。

3. 実験結果

3-1 再生半水石膏改良土の再泥化特性 表-3, 4 に再生半水石膏粉添加量 B=200kg/m³、セメント添加量 c=0kg/m³ と c=50kg/m³ を混合し、気中養生日数 t=28day における改良土に対する水浸時経時変化、図-1, 2 に同一条件における再泥化試験結果を示す。表-3 より再生半水石膏粉のみを用いて改良を行った供試体は、供試体水浸直後から供試体の角が崩れはじめ水浸 2 時間までには完全に再泥化に至ることが分かる。この状況は、図-1 でも確認することができ、供試体の養生日数に関係なくわずか 2 時間で供試体は完全に再泥化していることが分かる。また、水浸までの供試体の気中養生日数の増加に伴い、再泥化進行が異なっているが、両条件とも最終的に完全に再泥化するまで

キーワード 廃石膏ボード, 再生半水石膏粉, 再泥化試験, 一軸圧縮試験

連絡先 〒814-0142 福岡県福岡市城南区七隈 8-19-1 福岡大学工学部 TEL : 092-871-6631(ext.6464)

の水浸時間が同じであることが分かる。このことにより、実地盤への地盤改良を想定した際に再生半水石膏粉のみによる改良は再泥化抑制を行うことが難しく、地下水等の影響を受ける場所における改良には十分な注意が必要であることを示している。一方、再生半水石膏粉とセメントにより改良した改良土の再泥化評価試験及び力学特性の結果を示す。表-4 に再生半水石膏粉添加量 200kg/m^3 、養生日数 $t=28\text{day}$ 、セメント添加量 $c=50\text{kg/m}^3$ を混合した固化材による改良土に対する水浸時経時変化、図-2 に同一条件における再泥化試験結果を示す。表-4 より再生半水石膏粉とセメントにより改良した供試体では、気中養生日数 $t=28\text{day}$ において水浸 365 日においても供試体に変化は見られなかった。また、図-2 より気中養生 $t=1, 7\text{day}$ においては周囲にひび割れが見られるものもあったが、浸水 365 日後でも完全な再泥化は見られなかった。このことから、気中養生の経過に伴い供試体表面のひび割れが抑制され、供試体に変化が見られなかった。したがって、補助固化材として高炉セメント B 種を添加、及び気中養生日数を増加することにより長期的に再泥化抑制が可能であることが示された。図-3(a), (b) に再生半水石膏粉添加量 $B=200\text{kg/m}^3$ 、セメント添加量 $c=25\text{kg/m}^3$ と $c=50\text{kg/m}^3$ を混合した改良土の試験前・後の一軸圧縮強さを示す。(a)のセメント添加量 $c=25\text{kg/m}^3$ では、気中養生が $t=1, 7\text{day}$ では再泥化により供試体が自立せず、実験を行うことができなかった。気中養生 $t=28\text{day}$ の供試体は 1 年間の水浸後に一軸圧縮強さが 200kN/m^2 程度減少していることが分かる。一方、(b)のセメント添加量 $c=50\text{kg/m}^3$ では一軸圧縮強さは気中養生 $t=1, 7\text{day}$ においては、水浸養生により強度が増加し、気中養生 $t=28\text{day}$ においてもほぼ強度変化が生じていないことが分かる。また、気中養生 $t=28\text{day}$ の供試体は 1 年後の水浸後に一軸圧縮強さが 40kN/m^2 程度減少していることが分かる。このことから、セメント添加量 $c=50\text{kg/m}^3$ 以上用いることによって長期耐久性が確保できることが示唆された。したがって、セメント添加量の増加及び気中養生日数の増加に伴い、一軸圧縮強さは増加していることが分かる。

3-2 再生半水石膏による改良土の環境安全性の検討 図-4 に再生半水石膏粉添加量 $B=100, 200\text{kg/m}^3$ 、セメント添加量 $c=50\text{kg/m}^3$ を添加させた場合における養生日数フッ素溶出濃度の関係を示す。フッ素溶出濃度は、養生日数の経過に伴い、現象傾向にあることが分かる。また、いずれの条件においても土壤環境基準を満足していることが分かる。したがって地盤改良固化材として再生半水石膏粉にセメントを混合して地盤改良を行うことにより、環境安全性に問題ないことが明らかとなった。

4. まとめ 1) 固化材として再生半水石膏粉のみによる改良土ではわずか 2 時間で再泥化し、再泥化抑制を行うことが難しいことが示された。2) 一軸圧縮強度は約 50kN/m^2 内にある時は、再泥化する可能性が高い恐れがあることが示された。3) 1 年間水浸させた改良土の強度は、初期養生日数に影響を受けることが明らかとなった。また、再生半水石膏粉に一定量のセメントを混合した固化材を用いることにより、改良土の再泥化抑制と長期耐久性が確保出来ることが示唆された。4) 再生半水石膏粉に一定量のセメントを混合した固化材による改良土からの長期的なフッ素溶出濃度は、土壤環境基準以下であり、環境安全性に問題がないことが示された。

謝辞：本研究は、環境省環境研究総合推進費 No.3-1702 の助成を受けて行ったものです。関係各位に感謝を申し上げます。

参考文献 1) 社団法人石膏ボード工業会ホームページ 2) 吉田ら：再生半水石膏を用いた軟弱地盤改良効果の力学特性と環境安全性の検討，第 9 回環境地盤工学シンポジウム，pp251-254, 2011. 3) 例えば亀井ら：半水石膏の地盤改良材としての有効利用，地盤工学ジャーナル，vol.2, No.3, pp.245-252, 2007. 4) 地盤工学会：土質試験の方法と解説—第一回改正版—，「安定処理土の締固めをしない供試体作製」，PP.308-316, 2000.

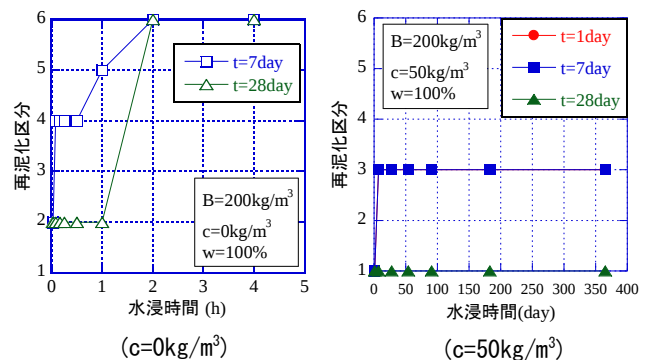


図-1 再泥化試験結果

図-2 再泥化試験結果

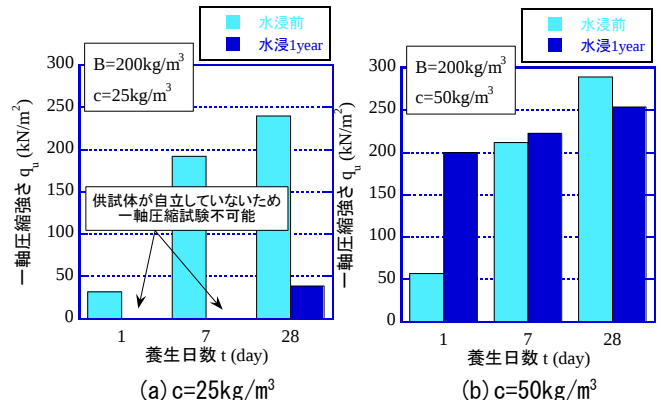


図-3 再泥化試験前後の一軸圧縮強さと養生日数の関係

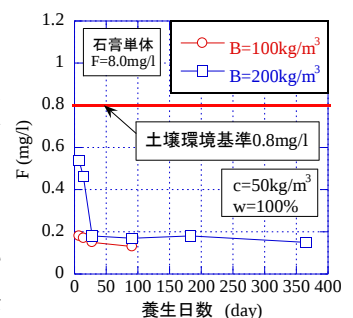


図-4 フッ素溶出濃度と養生日数の関係