

廃石膏ボード粉から再生された石膏の地盤改良材としての適用性について

大分工業高等専門学校 学生会員 ○岡野寛雄 大分工業高等専門学校 正会員 佐野博昭
 株式会社大総 非会員 吉武 篤 株式会社大総 非会員 渡邊洋三
 福井工業高等専門学校 正会員 山田幹雄

1. はじめに

石膏ボードとは、石膏を芯材としその両面を厚紙で被覆成型した建築用内装材料であり、耐火性、遮音性、施工性がよく安価であることなどから我が国における生産販売量は年々増加している。しかしながら、これにともなう建築物の解体時に発生する廃石膏ボードの排出量も今後急増するとの推計が報告されている¹⁾。このため、廃石膏ボードのリサイクル技術の開発が急務となっている²⁾。

そこで、本研究では、廃石膏ボードを粉砕して得られた再生石膏の地盤改良材としての適用性を検討するために、再生石膏の基本的性状を調べるとともに再生石膏を混合した土の強度、変形特性について検討を行った。

2. 再生石膏の基本的性状

石膏としては、大分市内にある廃石膏ボード粉砕処理システムを備えた産業廃棄物中間処理施設から排出される廃石膏ボード粉（再生二水石膏）を加熱処理して得られた再生半水石膏を用いるものとした。

表-1 は、再生石膏（二水石膏、半水石膏）の基本的性状を示す。なお、石膏を地盤工学的材料として利用するに当たって基本的性状を把握するために、「セッコウの化学分析法（JIS R 9101）」、「土質試験」および「セメントの物理試験方法（JIS R 5201）」により検討を行った。

表より、水分は、「セッコウの化学分析法」によれば再生二水石膏、半水石膏ともにほぼゼロとなったが、地盤工学会基準に準拠した「土の含水比試験（JGS 0121）」では再生二水石膏は 20% となった。これは 110℃ による炉乾燥により二水石膏が半水石膏になったものと推察される。

次に、密度については、「セメントの密度試験」に準拠した方法を用い、ルシャテリエフラスコに再生石膏を入れた後に適当に振動して空気を十分に追い出し、約 1 日放置して体積をはかり、その後約 1 日の放置および振動を繰り返して体積がほぼ一定になったときの値を測定した。

表より、再生半水石膏の密度は状態に関係なく 2.65～2.66g/cm³、再生二水石膏では自然状態および 45℃ 状態では 2.35g/cm³、110℃ 乾燥状態では 2.63g/cm³ となっており、110℃ 乾燥状態では再生半水石膏とほぼ同じとなった。一方、地盤工学会基準「土粒子の密度試験（JGS 0111）」により求めた値は 3.02g/cm³ となった。

pH は、「セッコウの化学分析法」と地盤工学会基準「土懸濁液の pH 試験方法（JGS 0211）」とで得られる値に大きな差が認められた。

以上の結果より、石膏を地盤工学的材料として利用する

表-1 再生石膏の基本的性状

石膏の種類		再生二水石膏	再生半水石膏
物理的性質			
水分*	45℃乾燥* (%)	0.1	0.0
	110℃乾燥** (%)	20.4	4.8
密度***	自然状態 (g/cm ³)	2.35	2.66
	45℃乾燥* (g/cm ³)	2.35	2.66
	110℃乾燥** (g/cm ³)	2.63	2.65
土粒子の密度** (g/cm ³)		3.02	—
液性限界 (%)		NP	—
塑性限界 (%)		NP	—
塑性指数		NP	—
砂分 (%)		99.5	100.0
シルト分 (%)		0.5	0.0
粘土分 (%)		0.0	0.0
均等係数		3.19	2.78
曲率係数		0.96	1.00
化学的性質			
pH (H ₂ O) *		7.0	6.8
pH (KCL) *		7.2	7.1
pH (H ₂ O) **		7.9	—
pH (KCL) **		7.7	8.2
電気伝導率** (mS/m)		202	—
強熱減量 (%)		3.4	2.0
力学的性質			
最適含水比 (%)		60.3	—
最大乾燥密度 (g/cm ³)		0.98	—

* 「セッコウの化学分析法（JIS R 9101）」

** 「土質試験」

*** 「セメントの物理試験方法（JIS R 5201）」

キーワード：廃石膏ボード、再生二水石膏、再生半水石膏、地盤改良、一軸圧縮試験

連絡先：〒870-0152 大分市大字牧 1666 番地、TEL 097(552)7597、FAX 097(552)7949

ために基本的性状を求める際には準拠する試験方法によって結果が異なることに注意を要する。

3. 再生半水石膏を混合した土の強度特性、変形特性

次に、再生半水石膏を土に混合した場合の強度、変形特性を調べてみることにした。試料土としては、大分市吉野原地区より採取した粘土（以下、吉野原粘土と称する）を用いるものとし、採取土については空気乾燥後に 2mm ふり通過分を採用した（土粒子の密度 2.67g/cm^3 、液性限界 53.5%、塑性限界 25.8%、塑性指数 27.7）。なお、吉野原粘土の設定含水比（W/YC）は最適含水比 26.5%より湿潤側の 30%に設定した。

供試体の作製に当たっては、「セメント系固化材による安定処理土の試験方法」に準じて行うものとした。具体的には、まず、空気乾燥させた吉野原粘土と所定量の高炉セメント B 種、再生半水石膏とをポリエチレン製の容器の中に入れ、2 分間上下左右に十分に振とうさせた。次に、設定含水比となるようにイオン交換水を加えて十分に混合した試料土に対して 1.5kg ランマーにより落下高さ 20cm で 1 層目 10 回、2 層目、3 層目 20 回、4 層目 40 回で突き固めを行い、直径 5cm、高さ 10cm の円柱供試体を作製した。供試体作製後、室温 20°C の恒温室内で最長 28 日間養生した後、ひずみ速度 $1\%/\text{min}$ の条件下で一軸圧縮試験を行った。なお、一軸圧縮試験は、同一条件の供試体 3 本に対して行うものとした。

図-1～3 は、高炉セメント B 種を 5% 添加した場合（BB/YC=5%）の再生半水石膏添加率（RB/YC）と一軸圧縮強さ q_u 、破壊ひずみ $(\varepsilon_a)_f$ 、変形係数 E_{50} との関係を示す。

図より、一軸圧縮強さ q_u は再生半水石膏添加率 RB/YC の増加にともなって増加していることがわかる。また、空气中養生 0 日では q_u はほぼ直線的に増加するのに対し、空气中養生 28 日では再生半水石膏添加率 5% で大きく増加し、その後は緩やかに増加している。

破壊ひずみ $(\varepsilon_a)_f$ は、RB/YC の増加にともなって減少していること、変形係数 E_{50} は RB/YC の増加にともなって増加していることがそれぞれわかる。

4. まとめ

本研究では、吉野原粘土に高炉セメント B 種と再生半水石膏とを混合した供試体に対して一軸圧縮試験を行った結果、再生半水石膏添加率の増加にともなって一軸圧縮強さと変形係数は増加し、破壊ひずみは減少することが明らかとなった。

謝辞：本研究の一部は、平成 20 年度九州建設弘済会研究助成（研究代表者：佐野博昭）の補助を受けて行われた。ここに、記して謝意を表する。

【参考文献】

- 1) (社) 石膏ボード工業会：廃石膏ボード排出量の推計, http://www.gypsumboard-a.or.jp/haishutsuryou_suikei.shtml
- 2) 亀井健史, 加藤孝明, 珠玖隆行：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.

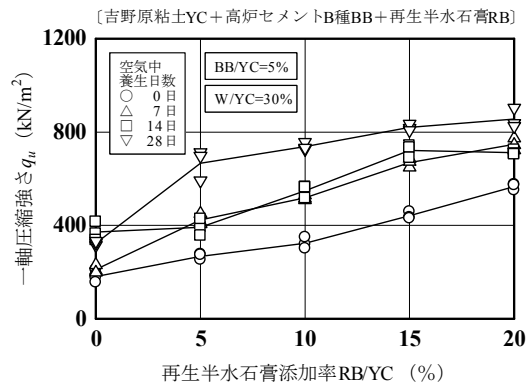


図-1 再生半水石膏添加率と一軸圧縮強さとの関係

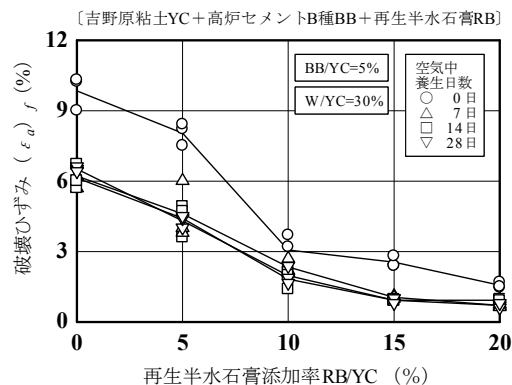


図-2 再生半水石膏添加率と破壊ひずみとの関係

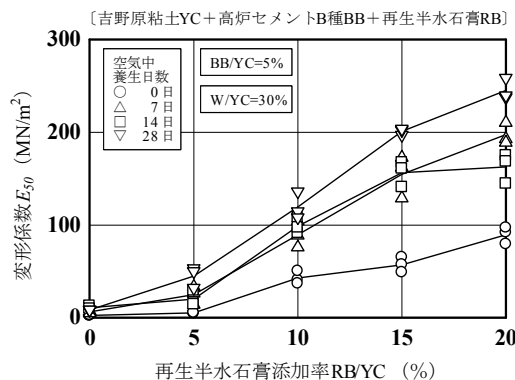


図-3 再生半水石膏添加率と変形係数との関係