

廃石膏ボード由来再生半水石膏固化体の強度，変形特性

大分工業高等専門学校 学生会員 ○西野 夏生 大分工業高等専門学校 学生会員 松尾 悠平
 大分工業高等専門学校 正会員 佐野 博昭 香川高等専門学校 正会員 小竹 望
 徳山工業高等専門学校 正会員 桑嶋 啓治

1. まえがき

著者らは、これまでに廃石膏ボード由来再生石膏（二水石膏，半水石膏，無水石膏）の地盤改良材としての適用性^{1),2)}を検討するとともに、再生半水石膏の品質管理法^{3),4)}についての提案を行ってきた。さらに、地盤改良材として用いるために地盤情報の1つである含水比に着目し、石膏安定処理土の含水比推定式の提案⁵⁾も行ってきた。

これらの一連の研究により、再生半水石膏の地盤改良材としての有効性を確認することができたが、その一方で半水石膏が有する特異性、すなわち、短時間（通常20～30分）で硬化するなどの特性から、地盤改良材として用いた場合、加水量の多少はもちろんのこと、攪拌時間や攪拌後の放置時間などの長短が改良効果に大きな影響を及ぼすことが予想され、施工上、留意すべき点が多々あることが明らかとなってきた。

これより、石膏ボード生産量の増加にともなって、建築現場等から排出される廃石膏ボードの量も年々増加している昨今、廃石膏ボード由来再生石膏のさらなる有効利用を促進するためには、まず、半水石膏に加水して固化した二水石膏（以後、半水石膏固化体と称する）の基本的な強度、変形特性を十分に把握しておく必要がある。その際の着眼点としては、加水量、攪拌時間、攪拌後の放置時間などが挙げられる。

そこで、本研究では、再生半水石膏固化体に対して一軸圧縮試験を行ったのでその結果について報告する。

2. 試料および試験方法

試験には、廃石膏ボード由来再生二水石膏の2mmふるい通過分試料を恒温乾燥炉に静置し、炉乾燥温度90℃で24時間炉乾燥^{3),4)}することによって半水石膏化した試料を使用した。

供試体の作製にあたっては、地盤工学会基準「安定処理土の締固めをしない供試体作製方法」（JGS0821-2009）⁶⁾に準拠して行った。

具体的には、再生半水石膏を200g正確に計量して容器に入れ、加水率 $W=125\%$ となるように加水してゴムヘラで十分に攪拌し、攪拌後直ちに、あらかじめ剥離剤を塗布したプラスチック製の軽量型枠（内径5cm，高さ10cm）に試料を流し込み、気泡を除去するために振動を加えた。その後、余盛した軽量型枠ごとラップで密封してから温度20℃の恒温器内で最長360分間空气中養生を行った。ここで、加水率 $W(\%)$ とは、加え

た水の質量の再生半水石膏の質量に対する比を百分率で示したものである。

先にも述べたように、半水石膏の硬化時間が短いことより供試体作製時に要する時間が石膏固化体の強度、変形特性に大きな影響を及ぼすことに配慮し、試験結果の再現性を確保するために、加水してから攪拌が終わるまでの時間を30秒間、その後、型枠内に試料を詰め終わるまでの時間を30秒間とし、試料を型枠に流し込み始めてから60秒間、小型振動器を用いて試料を詰めることとした。

所定の養生時間が経過した時点で余盛部分を直ナイフで成形後、脱型して質量、直径、高さの計測を行い、ひずみ速度1%/minの条件下で一軸圧縮試験⁷⁾を行った。一軸圧縮試験はデータのばらつきを考慮に入れて、1条件当たり3本の供試体に対して行うものとした。なお、供試体端面と加圧板との間の摩擦を低減するためにフィルムシートによりルブリケーションを施した。

3. 再生半水石膏固化体の強度，変形特性

図-1は、加水率 $W=125\%$ の場合の養生時間 t の経過にともなう一軸圧縮強さ q_u の推移を示す。図より、供試体作製後 $t=10$ 分で一軸圧縮強さ q_u が723～834kN/m²となっており、その後の時間の経過にともなって q_u は僅かに増加し、360分が経過した時点で $q_u=886\sim 912$ kN/m²に達している。また、養生時間 t が長くなるにつれて一軸圧縮強さ q_u のばらつきが小さくなっていることがわかる。

図-2は、加水率 $W=125\%$ の場合の養生時間 t の経過にともなう破壊ひずみ $(\varepsilon_u)_f$ の推移を示す。図より、養生時間 $t=10$ 分では、破壊ひずみ $(\varepsilon_u)_f$ は0.36～0.40%となっており、その後の養生時間 t の経過にともなってばらつきが認められるがほぼ一定値を示しており、養

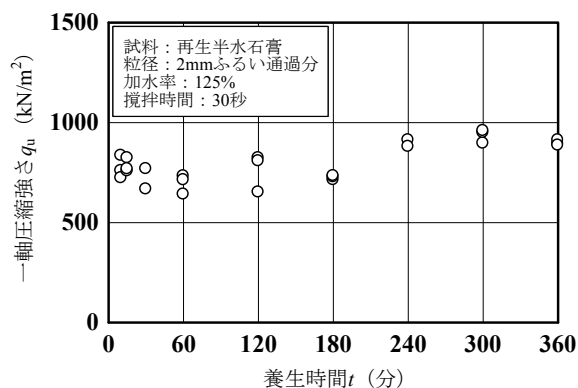


図-1 養生時間と一軸圧縮強さとの関係

生時間 t が 360 分では 0.38~0.62% となっている。

図-3 は、加水率 $W=125\%$ の場合の養生時間 t の経過にともなう変形係数 E_{50} の推移を示す。図より、供試体作製後、 $t=10$ 分で変形係数 E_{50} が $290\sim340\text{MN/m}^2$ に達しており、その後の時間の経過にともなって E_{50} は漸増し、360 分が経過した時点で E_{50} は $285\sim388\text{MN/m}^2$ に達している。また、その傾向は図-1 に示した一軸圧縮強さ q_u とほぼ同様であることがわかる。

図-4 は、図-1 と図-3 に示した今回の実験に用いた全ての供試体の一軸圧縮強さ q_u と変形係数 E_{50} との関係を示す。図より、 E_{50}/q_u の値は、266 から 448 の範囲にあり、両者の間には次式(1)に示すような直線関係が成立している。

$$E_{50} = 359q_u (r = 0.650) \quad (1)$$

4. まとめ

本研究では、再生半水石膏固化体の基本的な強度、変形特性を評価するために、一軸圧縮試験を行い、養生時間の経過にともなう一軸圧縮強さ、破壊ひずみ、変形係数の測定を行った。

本研究により得られた主要な結果を以下に列挙する。

(1) 養生時間 $t=10$ 分で一軸圧縮強さ q_u が $723\sim834\text{kN/m}^2$ に達しており、その後の時間の経過にともなって q_u は僅かに増加し、360 分が経過した時点で $q_u=886\sim912\text{kN/m}^2$ に達している。

(2) 一軸圧縮強さ q_u と変形係数 E_{50} との間には直線関係が成立している。

謝辞：本研究を遂行するにあたり、「全国 KOSEN 廃石膏ボードリサイクルネットワーク（会長：佐野博昭）」関係各位には貴重なご助言をいただいた。ここに、深甚なる謝意を表する。

参考文献

- 岡野寛雄，佐野博昭，吉武 篤，渡邊洋三，山田幹雄：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，土木学会第 64 回年次学術講演会講演概要集，III-236，pp. 471-472，2009.
- 岡野寛雄，佐野博昭，吉武 篤，渡邊洋三，山田幹雄，三浦 望：廃石膏ボード粉から再生された石膏の形態の違いが石膏混合土の強度，変形特性に及ぼす影響，平成 21 年度土木学会西部支部研究発表会講演概要集，III-65，pp. 457-458，2010.
- 佐野博昭，山田幹雄，吉武 篤，渡邊洋三：廃石膏ボード粉から再生された石膏の基本的性状と密度を用いた品質管理法に関する一考察，建設用原材料，Vol. 19，No. 1，pp. 27-34，2011.
- 佐野博昭，山田幹雄，稲積真哉，由見真治朗，吉武 篤，渡邊洋三：密度法を用いた廃石膏ボード由来再生石膏の半水石膏含有率の推定，土木学会論文集 C (地圏工学)，Vol. 70，No. 1，pp. 44-52，2014.
- 佐野博昭，山田幹雄，小竹 望，稲積真哉，桑嶋啓治：

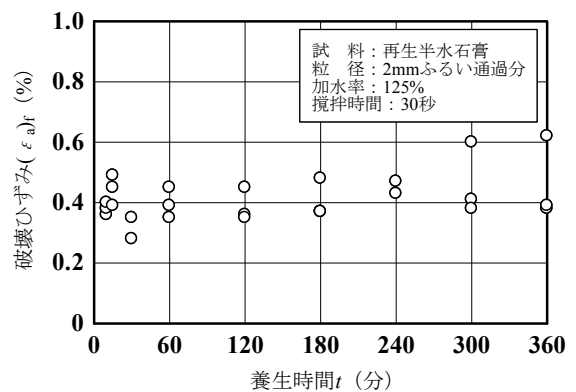


図-2 養生時間と破壊ひずみとの関係

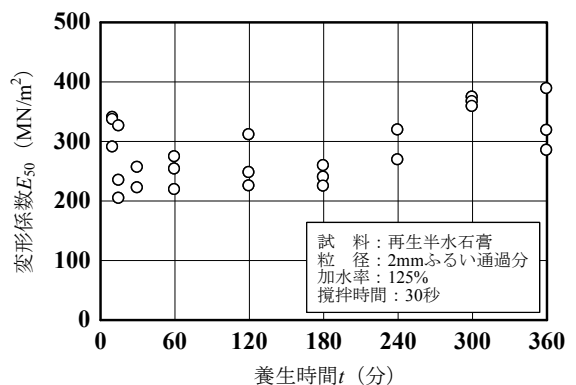


図-3 養生時間と変形係数との関係

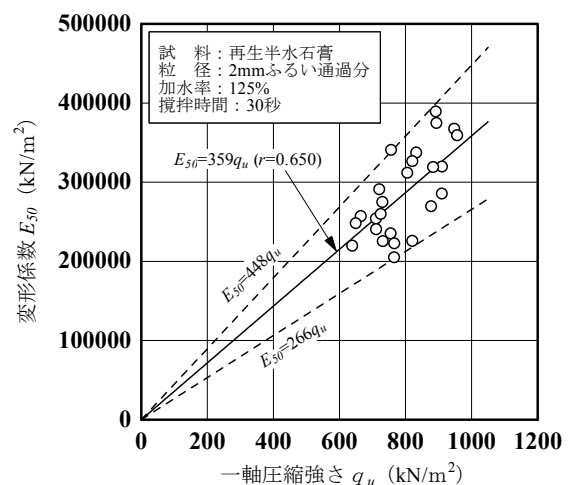


図-4 一軸圧縮強さと変形係数との関係

廃石膏ボード由来再生石膏を添加・混合した安定処理土の含水比推定式の提案，地盤工学ジャーナル，Vol. 10，No. 4，pp. 603-610，2015.

- (社)地盤工学会 地盤調査法改訂編集委員会編：地盤材料試験の方法と解説一二分冊の1-，「第5編 安定化試験 第7章 安定処理土の締固めをしない供試体作製」，pp. 426-434，2009.
- (社)地盤工学会 地盤調査法改訂編集委員会編：地盤材料試験の方法と解説一二分冊の2-，「第7編 変形・強度試験 第2章 土の一軸圧縮試験」，pp. 541-551，2009.