

グリセロールに対する水の溶解性に着目した 廃石膏ボード由来再生石膏の含水比測定法

大分工業高等専門学校 学生会員 ○河野 李奈 大分工業高等専門学校 非会員 新宮 百恵
大分工業高等専門学校 正会員 佐野 博昭 (株)森岡産業 非会員 森岡 秀一
(株)森岡産業 非会員 川満 洋 大分工業高等専門学校 正会員 前 稔文
大分工業高等専門学校 非会員 尾形公一郎 大島商船高等専門学校 非会員 川原 秀夫

1. まえがき

石膏を地盤改良材として利用するために、二水石膏や半水石膏を土に混合した場合、二水石膏はそのままの状態、半水石膏は土の中の水の一部と反応して二水石膏の状態で存在していることになる。

この石膏混合土の基本的な地盤情報である含水比を求めるためには、「土の含水比試験方法 (JIS A 1203: 2009)」¹⁾ (以後、JIS 法と表記する) に準拠し、石膏混合土から試料を採取して含水比試験を行うことになるが、温度 (110±5) °C で一定質量になるまで炉乾燥を行った場合 (概ね 18~24 時間)¹⁾、得られる結果は、二水石膏が半水石膏や無水石膏になった状態での含水比であり、石膏混合土の正確な含水比を測定できないことになる²⁾。

著者ら³⁾は、石膏の真の含水比を測定するために、Wada, S., Kakuto, Y.⁴⁾によって提案されている非加熱方式による含水比測定法の石膏への適用性について検討を行い、その可能性について報告を行った。

そこで、本研究では、石膏の設定上の含水比 (以後、真の含水比 w_t と称する) と JIS 法¹⁾により求めた含水比 (以後、見掛けの含水比 w_a と称する)、さらには、非加熱方式であるグリセロール法により求めた含水比 w_g との比較を行ったのでその結果について報告する。

2. グリセロールに対する水の質量比と屈折率との関係 (検量線)

ここで、グリセロールの質量を m_g 、水の質量を m_w とするとグリセロールに対する水の質量比 R_{wg} を次式 (1) に示すように定義する⁴⁾。

$$R_{wg} = \frac{m_w}{m_g} \quad (1)$$

これより、グリセロールと水の質量を設定してこの R_{wg} を 0 (グリセロール単体) ~1.0 に調整してこの液体の屈折率 RI を測定することで検量線を作成した。

ここで、グリセロールの質量 m_g については、「土の含水比試験方法 (JIS A 1203: 2009)」¹⁾によれば、含水比測定に必要な試料の最少質量の目安 (参考) として、粒径 2mm 以下の場合、 $m=10\sim30g$ となっており、これを便宜上、土粒子の質量 m_s に置き換えて $m_s=10\sim30g$ とする。

これより、 $m_g=10\sim30g$ とすると $R_{wg}=1.0$ で土中に含まれている水の質量 $m_w=10\sim30g$ となり、 $m_w=10g$ で $w=33.3\sim100\%$ 、 $m_w=30g$ で $w=100\sim300\%$ となり、これらの含水比 33.3~300% は、一般的な安定処理対象試料土の含水比範囲を概ね網羅していると考えても差し支えないと考えられる。

そこで、本研究では、グリセロールの質量 $m_g=10, 20, 30g$ の 3 種類について検討を行った。

試験には、グリセロール (関東化学 (株) 試薬、特級、含有量 99.5% 以上、密度 1.26g/cm³) を用いた。

具体的には、所定の R_{wg} になるようにグリセロールと水とを正確に計量 (最小読み 0.001g) し、匙 (プラスチック製、全長: 160mm) を用いて所定の時間攪拌を行った。

次に、グリセロールと水との混合物から試料液を約 0.3mL 採取し、屈折計のプリズム面に滴下し、START キーを押すことによって測定を行った。

滴下後の経過時間が測定結果に及ぼす影響を調べるために、滴下直後を 0 分とし、その後、1 分間隔で最長 5 分間測定を行った。

なお、グリセロールと水との攪拌時間の長短が液体の屈折率に及ぼす影響を把握するために、攪拌時間は 0 (攪拌無し)、1, 3, 5 分間の 4 種類とした。また、測定は温度 20°C に設定した恒温室内において行った。

屈折率の測定に当たっては、ポケット糖度・屈折計 ((株) アタゴ製, PAL-BX/RI, 精度: ±0.0003 (20°C 水)) を用いた。

図-1 は、一例としてグリセロールの質量 $m_g=30g$ の場合の攪拌時間が 0 (攪拌無し)、1, 3, 5 分におけるプリズム面への試料液滴下後の経過時間と屈折率との関係を、黒塗り (記号●▲■▼◆) が「攪拌無し」、白抜き (○△□▽◇) が「攪拌有り」で示している。

図より、滴下直後は、攪拌の有無に関わらず測定結果にばらつきが認められるが、試料液滴下後 1 分で屈折率は増加し、それ以降はほぼ一定値を示しており、ばらつきも小さくなっていることがわかる。また、攪拌時間に着目すると、攪拌時間が長くなるほど、屈折率のばらつきは小さくなっていることがわかる。

以上の結果より、検量線としては、グリセロール質

量 $m_g=10, 20, 30g$ の混合時間 5 分の結果に対して最小二乗法により得られた次式(2)を採用することとした (図-2 参照)。

$$R_{wg} = -1300.341813RI^3 + 5725.464881RI^2 - 8410.788041RI + 4122.294137 \quad (2)$$

3. グリセロールを用いた石膏の含水比試験

試験に用いた石膏は、硫酸カルシウム二水和物 (関東化学 (株) 試薬, 鹿 1 級, 含有量 98.0%以上) である。以下では、「硫酸カルシウム二水和物」を「試薬二水石膏」と称することにする。

図-3 は、試薬二水石膏を用いた場合の真の含水比 w_t とグリセロール法により求めた含水比 w_g 、見掛けの含水比 w_a との関係を示す。ここで、真の含水比 w_t とは、試薬二水石膏の質量と加えた水の質量との比を百分率で表したものである。

図より、グリセロール法により求めた含水比 w_g は、真の含水比 w_t とほぼ一致しており、次式(3)に示すような非常に相関性の高い直線関係が認められた。

$$w_g = 0.99053w_t (r = 1.000) \quad (3)$$

また、JIS 法¹⁾により求めた見掛けの含水比 w_a は、真の含水比 w_t より大きな値を示すことが明らかとなった。

4. まとめ

本研究では、グリセロール法を用いた非加熱方式による石膏の真の含水比を測定する方法について検討を行ったところ、その有効性を確認することができた。

謝辞：本研究を遂行するにあたり、「全国 KOSEN 沖縄赤土等流出抑制技術研究会 (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。本研究の一部は、(株) 沖縄 TLO 平成 30 年度産学官連携推進ネットワーク形成事業 (研究開発プロジェクト) の補助を受けて実施した。

参考文献

- 1) (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 3 編 物理試験 第 3 章 含水比試験」, pp. 104-114, 2009.
- 2) 佐野博昭, 山田幹雄, 小竹 望, 尾形公一郎, 川原秀夫：加熱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推定法の提案, 土木学会論文集 C (地圏工学), Vol. 75, No. 4, pp. 430-442, 2019.
- 3) 河野李奈, 荒尾俊介, 佐野博昭, 小竹 望, 森岡秀一, 川満 洋, 前 稔文, 尾形公一郎, 川原秀夫, 福村卓也：廃石膏ボード由来の再生石膏および再生石膏混合土の含水比測定に関する一考察, 平成 30 年度土木学会西部支部研究発表会講演概要集, III-058, pp. 393-394, 2019.
- 4) Wada, S. and Kakuto, Y. :Glycerol-extraction refractometry for determination of gravimetric water content of soil samples, Communications in Soil Science and Plant Analysis, Volume 26, Numbers 7&8, pp. 1315-1322, 1995.

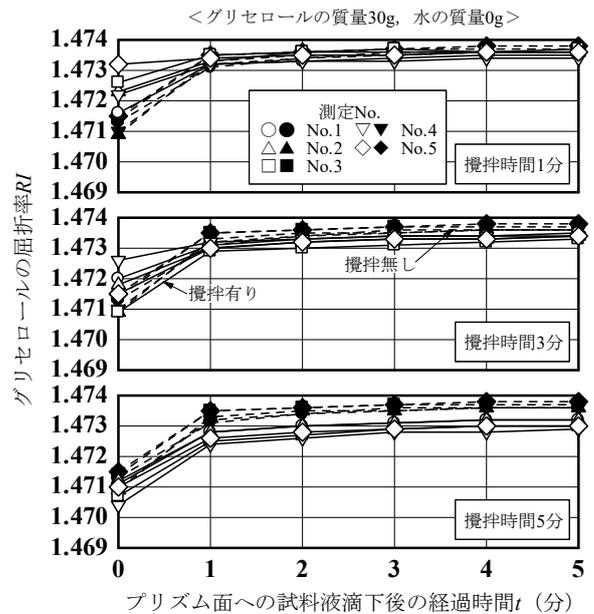


図-1 プリズム面への試料液滴下後の経過時間とグリセロールの屈折率との関係の一例 (グリセロールの質量 30g)

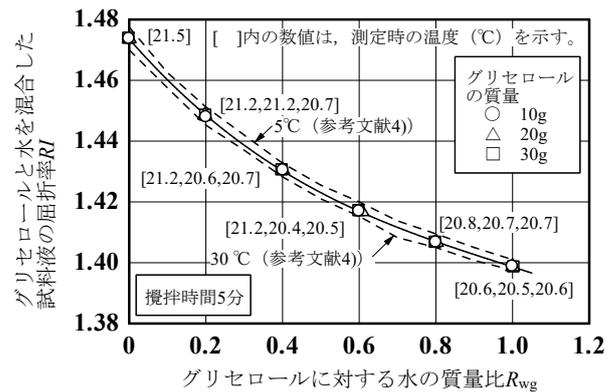


図-2 グリセロールに対する水の質量比と屈折率との関係 (本研究で採用した検量線)

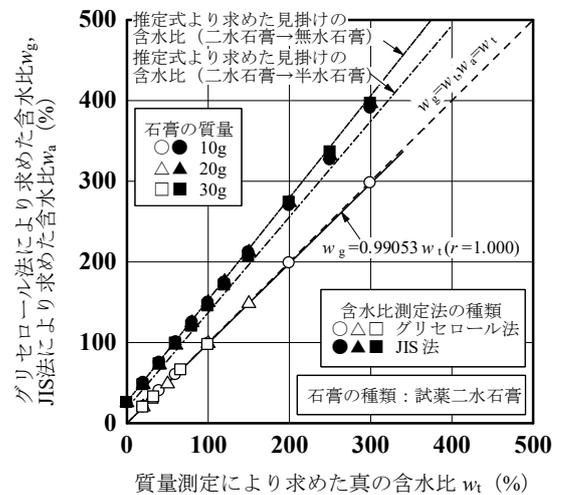


図-3 真の含水比とグリセロール法, JIS 法により求めた含水比との関係 (試薬二水石膏)