

温度を考慮に入れたグリセロール法による廃石膏ボード由来再生石膏の含水比測定

防衛大学校	学生会員	○村田 直寿	防衛大学校	正会員	佐野 博昭
防衛大学校	正会員	宮田 喜壽	福井工業高等専門学校	正会員	山田 幹雄
JAFEC USA, Inc.	正会員	小竹 望	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

廃石膏ボード由来再生二水石膏から生成された再生の半水石膏や無水石膏を土に添加・混合した場合、半水石膏や無水石膏は土の中の水の一部と反応して二水石膏の状態が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見掛けの含水比 w_a であり, 石膏混合土の真の含水比 w_t を測定できていないことになる²⁾。

著者らは, 石膏の真の含水比 w_t を測定するために, Wada, S., Kakuto, Y.³⁾によって提案されているグリセロールを用いた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, 温度 20°C 環境下 (恒温室) で検量線を作成した⁴⁾。さらに, 試薬石膏に対してグリセロール法を用いた含水比試験を行い, 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 と一致することを確認した⁴⁾。

しかしながら, グリセロール法で求める屈折率 RI は, 温度の影響を大きく受けるため, 文献 4) で作成した検量線の原位置での適用は困難であり, 適用範囲が限定されてしまうことになる。

そこで, 本研究では, 温度を考慮に入れた検量線を作成することを目指し, 任意の温度環境下でのグリセロール法を用いた含水比試験の適用性について検討してみることにした。

2. グリセロール法の概要

グリセロール法の原理³⁾は, ある含水比状態の試料土にグリセロールを混合すると試料土中の間隙水

がグリセロールに溶解し, グリセロールの屈折率 RI が変化するため, 事前にグリセロールと水との混合割合を変えて屈折率 RI を測定しておく (検量線の作成), 含水比を求めたい試料土とグリセロールを混合した液体 (試料土中の間隙水+グリセロール) の屈折率 RI を測定することで試料土中に含まれている間隙水の質量 m_w を求めることができるものである。

図-1 は, グリセロールに対する水の質量比 R_{wg} と屈折率 RI との関係 (検量線) を示す⁴⁾。なお, 屈折率の測定にあたっては, ポケット糖度・屈折計 ((株) アタゴ製, PAL-BX/RI) を用いた。

これより, 含水比を測定したい質量 m [g] の石膏 (間隙水を含む) に, 質量 m_g [g] のグリセロールを混合してその液体の屈折率 RI を求めれば, グリセロールに対する水の質量比 R_{wg} を推定することが可能となる。

さらに, R_{wg} がわかれば次式(1)により石膏中に含まれている水の質量 m_w [g] を求めることができる。

$$m_w = R_{wg} m_g \tag{1}$$

以上の結果を基にして, 次式(2)により石膏の含水比 w_g [%] を求めることができる。

$$w_g = \frac{m_w}{m_s} \times 100 = \frac{R_{wg} m_g}{m - R_{wg} m_g} \times 100 \tag{2}$$

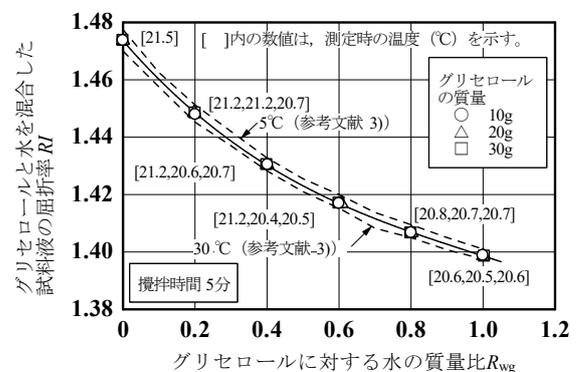


図-1 グリセロールに対する水の質量比と屈折率との関係 (検量線)

キーワード 温度, グリセロール法, 廃石膏ボード由来再生石膏, 含水比

連絡先 〒239-8686 神奈川県横須賀市走水 1-10-20 防衛大学校建設環境工学科 TEL: 046-841-3810 E-mail: sano@nda.ac.jp

3. 温度を考慮に入れた検量線の作成

図-2は、グリセロールおよび水の温度 T と屈折率 RI との関係を示す。図より、グリセロール、水の屈折率 RI_g 、 RI_w は、温度 T の変化に対して、ほぼ直線的に推移していると考えて差し支えないことがわかる。また、このことより、グリセロールと水を所定の割合(R_{wg})で混合した液体の屈折率 RI と温度 T との間にも直線関係が成り立つと仮定できる。

そこで、グリセロールに対する水の質量比 R_{wg} を0(グリセロール単体)~1.0に調整した液体の屈折率 RI を任意の温度環境下で測定してみることにした。

図-3は、温度 T と屈折率 RI との関係をグリセロールに対する水の質量比 R_{wg} ごとに示す。図より、温度 T と屈折率 RI の間には直線関係が成立していることがわかる。なお、今回は、温度範囲が19.0~25.4℃と限られた範囲での結果であり、今後は、温度10~40℃環境下での測定を行う予定である。

4. 温度を考慮に入れた検量線によるグリセロール法を用いた試薬二水石膏の含水比試験

図-4は、試薬二水石膏に対する真の含水比 w_t とグリセロール法、JIS法により求めた含水比 w_g 、 w_a との関係を示す。図より、JIS法により得られた含水比 w_a (記号●▲■)は、真の含水比 w_t よりも大きく、石膏の形態が半水石膏から無水石膏に変化していることがわかる。

また、温度を考慮した検量線を用いた含水比 w_g (◎)が温度20℃で検量線を作成した含水比(○)よりも小さめの値を示し、真の含水比 w_t との差が僅かに大きくなっていることがわかる。これは、前出図-3の結果より、温度範囲が限られており、作成した検量線の精度が十分でないことが挙げられる。この点については、今後の検討課題である。

5. まとめ

本研究では、温度を考慮に入れた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 w_t を測定する方法について検討を行ったところ、その有効性をある程度確認することができた。

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—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) 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, 尾形一郎, 川原秀夫, 福村卓也：廃石

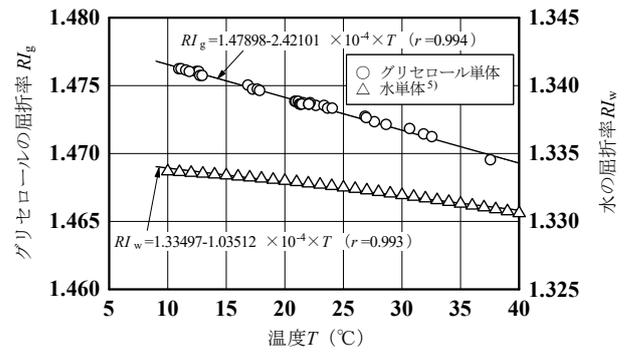


図-2 温度と屈折率との関係 (グリセロール, 水)

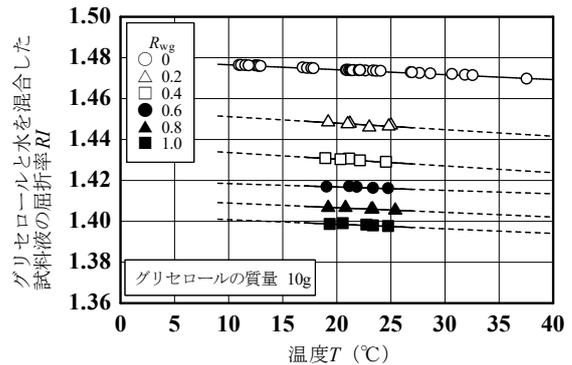


図-3 グリセロールに対する水の質量比ごとの温度と屈折率との関係

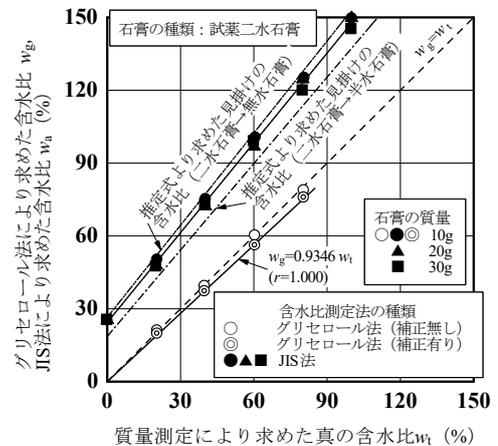


図-4 真の含水比とグリセロール法、JIS法により求めた含水比との関係 (試薬二水石膏)

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.

- 3) 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.
- 4) 河野李奈, 新宮百恵, 佐野博昭, 森岡秀一, 川満 洋, 前稔文, 尾形一郎, 川原秀夫: 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, 令和元年度土木学会西部支部研究発表会講演概要集, III-101, pp. 471-472, 2020.
- 5) (株)アタゴ 屈折計データブック.