

## 5 分間で試料土の含水比が測定できるグリセロール法の提案

防衛大学校 学生会員 ○坂井 大地 防衛大学校 正会員 佐野 博昭  
 防衛大学校 正会員 宮田 喜壽 (一社) 土壤環境保全技術協会 正会員 山田 幹雄  
 大分工業高等専門学校 正会員 姫野 季之 大分工業高等専門学校 正会員 前 稔文

### 1. まえがき

現在、地盤材料の含水比を求めるためには、一般的に、「土の含水比試験方法 (JISA 1203:2009)」<sup>1)</sup> (以後、JIS法と表記する) に準拠し、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、概ね 18~24 時間炉乾燥を行う必要があり、原位置におけるリアルタイムでの測定が困難となっている。

これらの問題点を解消するためのひとつの方法として、「電子レンジを用いた土の含水比試験方法 (JGS 0122-2009)」<sup>1)</sup> (以後、電子レンジ法と表記する) が規定されており、一定質量になるまでの加熱時間は、試料の量、土の種類、含有水分量、電子レンジの出力などによって異なるが、加熱時間の目安として 7~20 分が示されていることから時間の短縮を図ることが可能な方法となっている。しかしながら、電子レンジ法を用いた加熱終了直後の試料温度は、平均 126°C<sup>2)</sup> であることから、ほぼ室温になるまでデシケーター内で冷ますための時間 (50~60 分) が必要となる。

著者ら<sup>3)</sup>は、これまで、廃石膏ボード由来再生石膏の含水比の測定にあたり、石膏の熱的挙動を考慮に入れて非加熱方式による新たな含水比測定法を模索した経緯がある。そのとき、Wada and Kakuto<sup>4)</sup>が提案している「グリセロール抽出法」を用いた含水比測定法を参考にして基礎的な試験を行い、「グリセロールを用いた含水比測定法」(以後、グリセロール法と表記する) と称して 5 分間の静置時間で石膏の含水比が測定できることを明らかとしてきた<sup>3)</sup>。今後、グリセロールを用いた含水比試験方法<sup>3),4)</sup>が石膏のみならず現場における土の含水比試験として積極的に活用されるようになれば、安価で簡便・迅速に高精度の含水比を測定することが可能となる。

そこで、本研究では、非加熱方式による温度を考慮に入れた「グリセロール法」の試料土への適用性につ

いて検討してみることにした。

### 2. グリセロール法を用いた含水比試験<sup>3),4)</sup>

図-1 は、温度 20°C 環境下におけるグリセロールに対する水の質量比  $R_{wg}$  ( $= m_w/m_g$ ) とグリセロール水溶液の屈折率  $n_{wg}$  との関係 (検量線) を示す<sup>3)</sup>。なお、屈折率の測定方法については、文献 3) に詳述している。含水比を測定したい質量  $m$  の試料土に、質量  $m_g$  のグリセロールを混合してその溶液の屈折率  $n_{wg}$  を求めることができれば、図-1 の検量線を用いて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)により試料土に含まれている水の質量  $m_w$  を求めることができる。

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

以上の結果を基にして、次式(2)により試料土の含水比  $w_g$  を求めることができる。

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

### 3. 温度を考慮に入れたグリセロール法の検量線

図-2 は、温度  $T$  とグリセロール<sup>3)</sup>、水<sup>5)</sup>の屈折率  $n_g$ 、 $n_w$  との関係を示す。図より、温度が高くなるとグリセロール、水の屈折率は小さくなっており、温度によって屈折率が大きく異なることがわかる。また、グリ

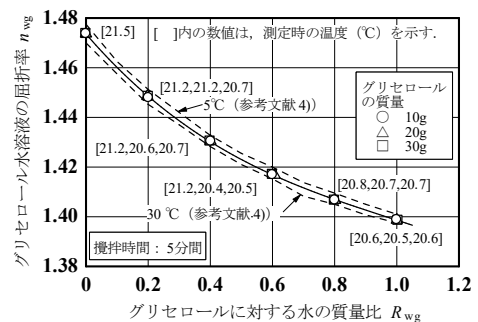


図-1 温度 20°C 環境下におけるグリセロールに対する水の質量比とグリセロール水溶液の屈折率との関係 (検量線)<sup>3)</sup>

キーワード 非加熱方式, グリセロール法, 温度, 屈折率, 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

セロールの温度 $T$ と屈折率 $n_g$ の間には直線関係が認められるが<sup>3)</sup>、水の温度 $T$ と屈折率 $n_w$ の間には必ずしも直線関係が認められないようである。

ここで、水の温度と屈折率との関係について、1, 2次式を適用して温度 $10^{\circ}\text{C}$ と $40^{\circ}\text{C}$ の屈折率の値を比較したところ、 $10^{\circ}\text{C}$ 、 $40^{\circ}\text{C}$ での屈折率の差は $0.00023$ となり、本研究で対象となる温度範囲内では水の温度と屈折率との関係を直線で近似しても実用上問題ないと考えられる。これより、温度 $10\sim 40^{\circ}\text{C}$ の範囲においてグリセロールの屈折率 $n_g$ と水の屈折率 $n_w$ が温度 $T$ の変化に対して、ほぼ直線的に推移しているとすれば、グリセロールと水を所定の割合 $R_{wg}$ で混合したグリセロール水溶液の屈折率 $n_{wg}$ と温度 $T$ との間についても直線関係が成り立つと仮定できる。

図-3は、グリセロールの質量 $10\text{g}$ における温度 $T$ とグリセロール水溶液の屈折率 $n_{wg}$ 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 $T$ とグリセロール水溶液の屈折率 $n_{wg}$ の間には直線関係が成立していることがわかる。以下に、試験時の温度 $T$ の検量線の作成手順を示す。

- 1) 温度 $T$ に対応する $R_{wg}=0$ の直線との交点を求め、それを $R_{wg}=0$ に対応する $n_{wg}(R_{wg}=0)$ とする。
- 2) 以下、同様の方法で $R_{wg}=0.2\sim 1.0$ に対応する $n_{wg}(R_{wg}=0.2)\sim n_{wg}(R_{wg}=1.0)$ を求める。
- 3) 1), 2)により得られた $R_{wg}$ と $n_{wg}(R_{wg}=0\sim 1.0)$ との関係より、最小二乗法により温度 $T$ における検量線を作成する。

**4. グリセロール法を用いた試料土の含水比試験**

グリセロール法を用いた含水比試験には、大分県内の農業用ため池改修工事現場で採取した土を用いた。図-4は、設定含水比 $w_{set}$ とJIS法、グリセロール法により求めた含水比 $w_{JIS}$ 、 $w_g$ との関係を示す。図より、グリセロール法により求めた含水比 $w_g$  (記号○)は、設定含水比 $w_{set}$ より低めの値となっており、グリセロールに対する水の質量比 $R_{wg}$ の大小が結果に影響している可能性が考えられる。

**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試料土の含水比 $w_g$ を測定する方法について検討を行ったところ、5分間で試料土の含水比が測定できるグリセロール法のある程度の有効性を確認することができた。

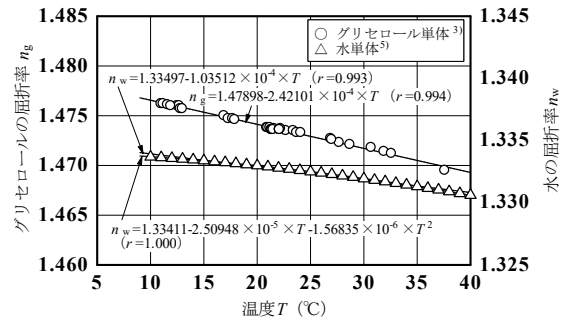


図-2 温度と屈折率との関係 (グリセロール<sup>3)</sup>, 水<sup>5)</sup>)

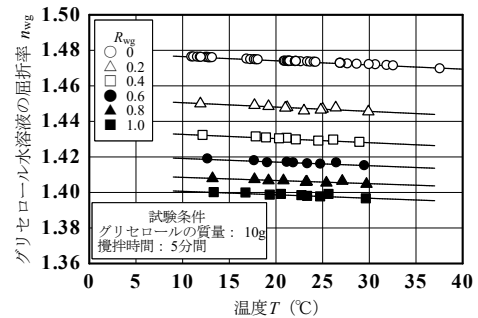


図-3 温度とグリセロール水溶液の屈折率との関係 (グリセロールの質量 $10\text{g}$ )

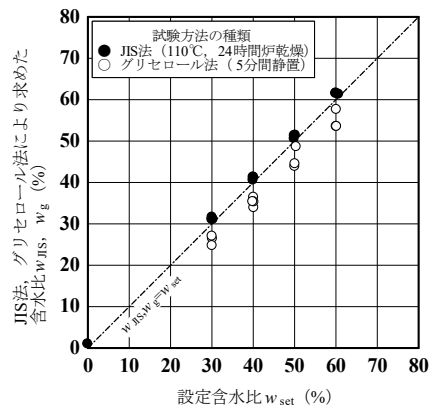


図-4 設定含水比と JIS 法、グリセロール法により求めた含水比との関係

**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—二冊の1—,「第3編 物理試験 第3章 含水比試験」, pp.104-114, 2009.
- 2) 藤田龍之, 古川幸雄：電子レンジを利用した土の物理試験方法に関する二, 三の考察, 土質工学会論文報告集, Vol. 28, No. 4, pp.197-202, 1988.
- 3) 佐野博昭, 森岡秀一, 川満 洋, 山田幹雄, 小竹 望, 前稔文, 尾形公一郎, 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, 土木学会論文集 C (地圏工学), Vol. 77, No. 2, pp.172-184, 2021.
- 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.
- 5) (株)アタゴ 屈折計データブック.