

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

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	荒尾 俊介
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
(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	沖縄工業高等専門学校	非会員	福村 卓也

1. まえがき

著者らは、再生および試薬の石膏の熱的挙動を詳細に調べた結果、加熱温度と質量との関係より、「二水石膏は 90℃24 時間加熱脱水で半水石膏」に、「半水石膏は 120℃24 時間加熱脱水で無水石膏」になっていることを実験的に明らかとしてみた。

通常、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)」²⁾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)℃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)、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ていないことになる。

そこで、本研究では、最終的には石膏混合土の正確な含水比を求めることを目指しており、今回は、石膏単体の設定上の含水比 (以後、真の含水比と称する) と JIS 法²⁾により得られた含水比 (以後、見掛けの含水比と称する) との比較を行ってみたいことにした。

さらに、Wada, S., Kakuto, Y.³⁾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の可能性について、併せて検討を行った。

2. 炉乾燥法 (JIS 法) を用いた石膏の見掛けの含水比

含水比試験 (JIS A 1203: 2009)²⁾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) と焼石膏 (関東化学 (株) 試薬, 鹿 1 級, 含有量 99.0%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」, 「焼石膏」を「試薬半水石膏」と称することにする。

試験にあたっては、上記の試薬石膏を直径 10.9cm, 高さ 5.7cm のステンレス製の容器にアイスクリームスプーン (アルミニウム製, 全長 95.5mm) (以後、スプーンと称する) を含めて室温状態で正確に計量 (最小

読み 0.001g) した。

次に、所定量の水を「試料+容器+スプーン」に加えて再度質量を正確に計量し、その後、試料と水とを均一に混合するためにスプーンで十分にかき混ぜた。

その後、「試料+水+容器+スプーン」を恒温乾燥炉 (ヤマト科学 (株) 製, DX601) に静置し、(110±5)℃で 24 時間加熱した。

図-1 は、試薬二水石膏を用いた場合の真の含水比 w_t と見掛けの含水比 w_a との関係を、石膏の質量ごとに示す。なお、試薬二水石膏を用いた場合の真の含水比 w_t とは、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、試薬二水石膏において、真の含水比 w_t が 0% の場合、見掛けの含水比 w_a は 25%, 120% の場合 55% 大きめに評価していることになる。

図-2 は、試薬半水石膏を用いた場合の真の含水比 w_t と見掛けの含水比 w_a との関係を、石膏の質量ごとに示す。なお、試薬半水石膏を用いた場合の真の含水比 w_t とは、半水石膏が加えた水の一部と反応して二水石膏になったときの質量と反応によって消費された水の質量を差し引いた残りの水の質量との比を百分率で示したものである。

図より、試薬半水石膏において、真の含水比 w_t が 0%

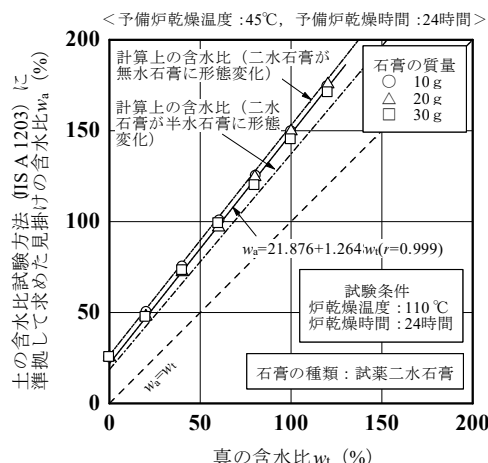


図-1 真の含水比と見掛けの含水比との関係 (試薬二水石膏)

の場合、見掛けの含水比 w_a は 25%, 85% の場合 45% 大きめに評価していることになる。

3. グリセロールを用いた石膏の真の含水比測定法の可能性

前章で得られた結果より、従来の含水比試験²⁾では、石膏の含水比を正確に求めることができないことが明らかとなったわけであるが、非加熱方式によるグリセロール抽出法³⁾を石膏に適用することができれば石膏の真の含水比を簡便・迅速に求めることが可能になる。

そこで、以下では、文献³⁾を参考にしてその可能性について検討してみることにした。

実験には、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/cm^3 ）を用いた。

グリセロールの質量を m_g 、水の質量を m_w 、グリセロールに対する水の質量比を $R_{wg}=m_w/m_g$ とし、 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。

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 1, 3, 5 分間の 3 種類とした。

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℃ 水））を用いた。

図-3 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。図より、攪拌時間の長短によらず、次式(1)に示すような非常に相関性の高い関係が文献³⁾と同様に認められる。

$$R_{wg} = -1417.2376RI^3 + 6215.3476RI^2 - 9094.6932RI + 4440.3396 \quad (r = 1.000) \quad (1)$$

これより、含水比を測定したい質量 $m[\text{g}]$ の石膏に、質量 $m_g[\text{g}]$ 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、式(1)を用いることによっ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(2)により石膏の真の含水比 $w_t[\%]$ を求めることができる。

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

予備実験として、含水比を $w_t=20.0\%$ に調整した試薬二水石膏に対して、式(1), (2)を用いて含水比を測定したところ、19.5% という結果が得られた。

今後は、さらに実験を継続して測定精度を高めるとともに、試薬石膏混合土や再生石膏混合土に対しても同様の検討を行う予定である。

4. まとめ

従来の含水比試験では、石膏の含水比を正確に求めることができないことが明らかとなった。これより、石膏の地盤情報を評価するためには、石膏の真の含水比を測定する手法の確立が喫緊の課題であろう。

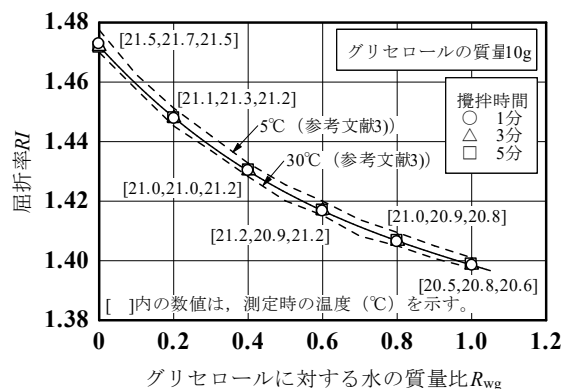
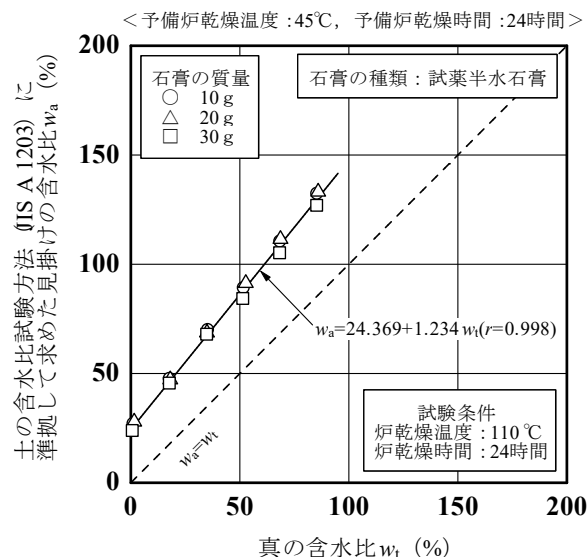


図-3 グリセロールに対する水の質量比と屈折率との関係（検量線）

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る。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) 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.
- 2) (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.
- 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.