

近赤外線を用いた含水比測定装置の開発ー現場屋外用装置の開発と手法の確立ー

西松建設 正会員 ○吉野 修
西松建設 正会員 黒田 卓也

1. はじめに

土工事において土砂の含水比は重要な品質管理項目であり、JIS で規定されている炉乾燥法(JIS A 1203)や電子レンジ法(JGS 0122)は水分を蒸発させることにより含水比を測定するものである。一方、RI(ラジオアイソトープ)を用いた透過型のRI法では、中性子線が水分と反応を利用して含水比を測定するものである¹⁾。これらの測定方法は測定に時間や手間がかかることや取扱いに注意が必要な物質を使うなど課題が存在している。これまでに、迅速かつ簡便な測定方法として、卓上型の近赤外線を用いた含水比測定装置の開発している²⁾。本開発では、現場の利用を想定して屋外でも利用できるように追加改良した装置を製作し、測定手法を確立した。

2. 測定原理

近赤外線には水に吸収される波長帯があり、図2-1に示す $1.20\mu\text{m}$ 、 $1.45\mu\text{m}$ 、 $1.94\mu\text{m}$ の波長にピークがあることが分かっている。含水比は水分量と特定波長の強度との関係から算定することができる。当装置では吸光度を計算するための画像データのコード値(以下、CV)と含水比の関係を利用する。

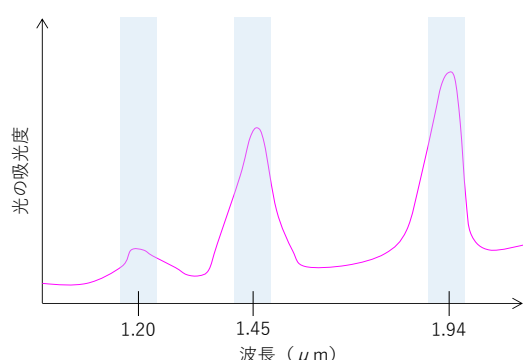


図2-1 水分の吸収波長範囲のイメージ

3. 装置の概要

卓上用の装置(図3-1)は、計測部(発光装置、受光センサー)と解析PCで構成されている。発光装置は水分吸収波長帯 $1.20\mu\text{m}$ 、 $1.45\mu\text{m}$ の光を照射できるLED照明としており装置のスリム化を図っている。

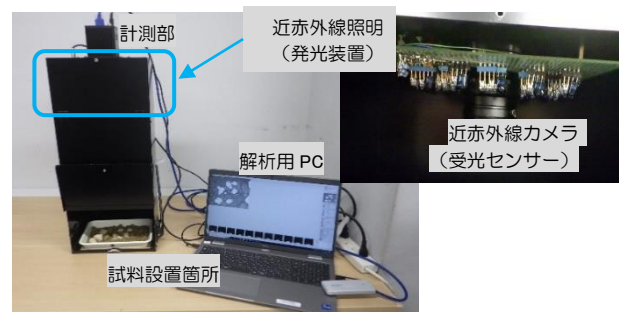


図3-1 装置(卓上用)の外観

受光センサーは近赤外線カメラで計測データを面的に可視化し分布を把握することが可能である。

現場で使用する装置を製作にあたり次の対応を行った。

①測定機器と対象の距離を一定とする機構の装備

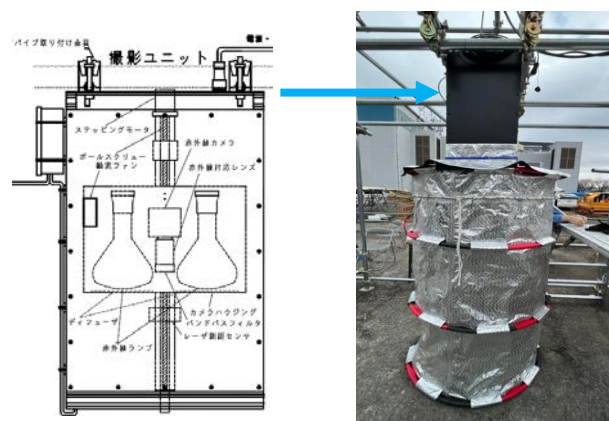
ダンプ荷台の土質材料の計測を想定し、装置を上下させる機構を設け、距離センサーと上下制御により一定距離(1.5m)での測定を可能とした。

②照明と試料との距離(1.5m)による照度低下

卓上用装置に対して照明と試料の距離が長くなるため、照明を赤外線ランプへの変更と拡散板の設置により照度のアップと均一化を図った。

③太陽光の影響対策

収納可能な円筒状の遮光カーテンを設置し測定面への追従性向上を図った。



(a) 装置主要部

(b) 装置全景

図3-2 装置(現場屋外用)の外観

キーワード 土の含水比、近赤外線、現場測定

連絡先 〒105-0001 東京都港区虎ノ門2-2-1 西松建設(株)技術研究所 TEL 03-3502-0247

4. 含水比測定手法の確立

本装置を使った含水比測定には事前に CV と含水比の検量線を作成する必要がある。現場屋外用装置では、試料が変わるたびに装置の設置個所で検量線作成作業は難しい。そのため卓上装置で検量線を作成し、これを現場屋外用装置で使えるようにすることが必要となる。この手法を図4-1に示す。

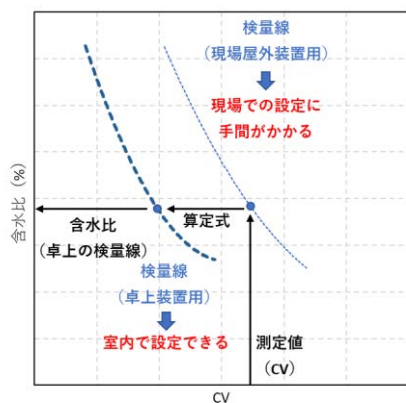


図4-1 現場屋外用装置の含水比算定の手法

装置の検証に使用した試料はそれぞれ材料特性が異なる砂質材料（C1 材）、粘性土材料（泥岩）、砂礫材料（M-40）とした（図4-2）。



(a) 砂質材料 (C1 材) (b) 粘性土材料 (泥岩) (c) 砂礫材料 (M-40)

図4-2 検証に用いた土質試料

検証は予め含水比を調整した試料を用意し、同じ試料を卓上および現場屋外用装置で測定して CV と含水比の関係を求めた（図4-3）。現場屋外用装置で取得した CV は、午前午後など測定時刻を変えて

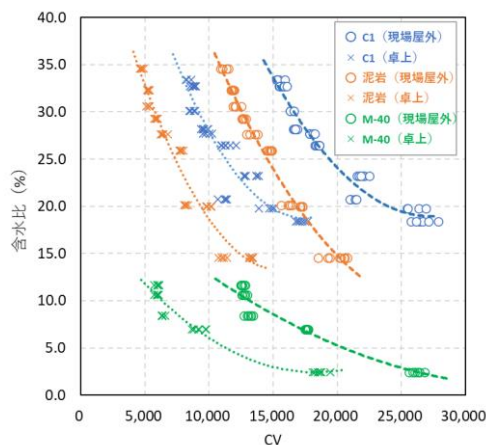


図4-3 CV と含水比の関係

同じ試料を測定しているものの大きなバラツキがなく太陽光の影響はほぼ受けていないとみられる。

装置の特性の検討として、同じ試料、含水比でデータを整理し卓上装置と現場屋外用装置の CV の関係を求めた（図4-4）。試料ごとの差異は見られず装置の違いによって一つの関係式（算定式）が得られることが分かった。装置の違いの主なものは、光源および試料と光源・カメラとの距離と考えられる。

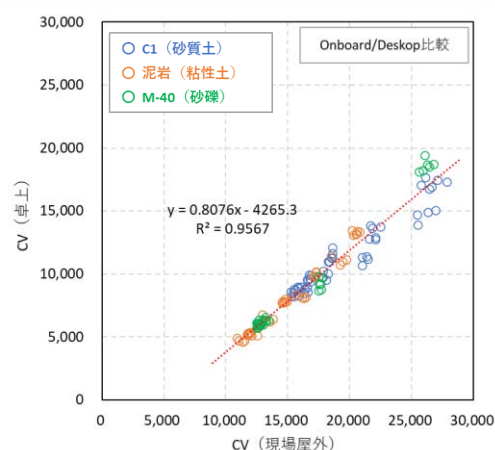


図4-4 卓上・現場屋外用装置の CV の関係

測定例を図4-5に示す。測定は①近赤外線画像を取得して画像データの撮影、②CV 値の変換、卓上用の検量線により含水比を算定、③含水比分布とその平均値を代表含水比として出力する流れで行われる。1回の測定は装置と遮光カーテンの上下動作に若干時間がかかるものの数分以内に可能で、撮影・データ処理は1分以内に終了する。

以上により、現場屋外用の含水比測定装置は実用可能になったと考え、現場固有の調整のうえ実証試験を進めていく予定である。

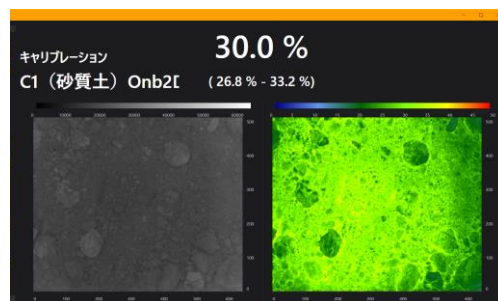


図4-5 含水測定状況の例

参考文献

- 1) ソイルアンドロックエンジニアリング web ページ：RI 法で密度、水分を計測する原理について
- 2) 岩谷ら：近赤外線を用いた土の含水比測定装置の開発 西松建設技報 45 号 (2022)