

近赤外水分計による土砂の含水比測定に関する適用評価

西松建設技術研究所 正会員 ○今村眞一郎 正会員 佐藤靖彦
西松建設技術研究所 正会員 岩谷 隆文 正会員 吉野 修

1. はじめに

盛土の締固め管理において土の含水比は重要な管理項目である。土取り場や仮置き場での盛土材の含水比や降雨の有無によっては、管理基準の許容範囲内に調整して施工を行う。近年増えている GNSS 締固め管理手法は工法規定方式であり、施工含水比が所定の締固め度が得られる範囲であることが適用条件である。本報では、含水比管理の省力化の観点から、遠隔からの土砂の含水比計測について測定距離や斜角計測が測定精度に及ぼす影響を把握し、近赤外(以下、NIR)水分計の適用性評価を行った。さらに、加熱乾燥方式の赤外線水分計による含水比計測値と比較した。

2. 近赤外水分計・赤外線水分計の計測原理

1) 計測原理：・近赤外水分計：藤崎ら³⁾は、NIR 水分計を用いた室内含水比測定装置を試作し、ロックフィルダムコア材料の含水比管理への適用性を評価した。小原ら⁴⁾は、NIR 水分計を用いてロックフィルダムコア材を対象にした含水比迅速測定精度や運用方法を検証した。これらの NIR は当該機と同じケツト社製²⁾である。本実験に用いた NIR 水分計(KB30, KJT700：表-1, 写真-1)は各々 3 波長、7 波長で、水分に対する感度が高い波長帯の吸光度から検量線により含水比を推定する。KB30 と KJT700 の違いは、測定距離と測定波長数によるものである。NIR 水分計の測定には対象土の検量作業【吸光度と含水比の相関式(検量線)算定】が必要である。

・赤外線水分計：赤外線水分計(FD720：写真-1)は、炉乾燥法(JIS A 1203)と同じ原理であり、赤外線水分計は水分を効率良く蒸発させる波長域赤外線を放射する為、乾燥時間が大幅に短縮される。

3. 実験概要

(1) 試料と実験条件

本実験に用いた粒度分布を図-1，試料の物理特性を表-2 に示す。試料は豊浦標準砂(細砂)，相馬砂(中砂)とし、現場採取した関東ローム(粘性土)とした。

実験は、表-3に示す3シリーズとし、シリーズ1で仕様内範囲(基準距離±変動幅)，シリーズ2で仕様外範囲，シリーズ3で対象土の傾斜が測定精度に及ぼす影響の把握を目的に土砂の含水比を種々変化させ、計54ケースの実験を行った。JISで規定された炉乾燥法での含水比 $\omega_{JIS}^{1)}$ を測定基準とし、近赤外・赤外線水分計での測定値と比較したものが図-2である。図から、相馬砂、豊浦砂は JIS 法に比べ概ね含水比±5%範囲以内の精度に対し、関東ロームは概ね含水比±10～15%の精度であった。



写真-1 近赤外線・赤外線水分計

表-1 近赤外線・赤外線水分計の仕様

計器名(質量)	KB 30 (5kg)	KJT700 (11kg)
測定方式	近赤外線反射方式 (フィルター分光)	
基準距離	260mm	350mm
指定距離変動幅の許容範囲	±30 mm	±50 mm
測定 Spot	φ 25 mm	φ 50 mm
外寸法	361(W)×177(D)×451(H)	268×140×306

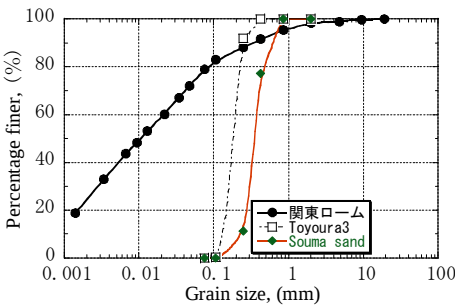


図-1 試料の粒度分布

表-2 試料の物理的特性

試料名		豊浦砂	相馬砂	関東ローム
粒度特性	礫分 (%)	0	0	1.7
	砂分 (%)	98.4	100	19.3
	シルト分 (%)	1.2	0	39.7
	粘土分 (%)	0.4	0	39.3
	最大粒径 (mm)	0.425	2.0	19
土粒子密度 (g/cm ³)		2.634	2.64	2.692
最適含水比 w_{opt} (%)		13.7	—	76.9

キーワード 近赤外線，含水比，盛土材，品質管理

連絡先 〒243-0303 神奈川県愛甲郡愛川町中津 4054 西松建設愛川技術研究所 TEL:046-285-7101, FAX:046-285-7104

(2) 距離が測定精度に及ぼす影響(シリーズ 1, 2)

図-3は測定対象物との距離 L とNIR水分計での測定値 ω_{NIR} との関係を示し、図の右縦軸に示す $\omega_{NIR}/\omega_{JIS}$ は、NIR水分計での測定値 ω_{NIR} をJIS基準値 ω_{JIS} で基準化した値である。KB30は豊浦砂の場合、距離が大きくなる程、測定値が漸減し、 w の最大測定誤差は-10~30%の誤差である。一方、KJT700は仕様範囲外の距離400~500mmでも測定値は土質に依らず大きく変わらない傾向にあり、 w の最大測定誤差は10%未満であった。

(3) 斜角計測が測定精度に及ぼす影響(シリーズ 3)

図-4は実測傾斜角度 θ とNIR値 ω_{NIR} との関係で、右縦軸は図-3と同じ定義である。KB30、KJT700共に、豊浦砂は「角度45°以内」、関東ロームは「角度60°以内」であれば、最大測定誤差は豊浦砂で10%未満、関東ロームでは概ね10%以下で、土質の違いによって大きく変わらない結果であった。ここでは図示していないが、相馬砂(中砂)の誤差が大きく、角度40°まで60%の誤差であり、中砂表面の水分量の大小や反射率の影響を大きく受け、バラつきも大きい。

4. まとめ

本報では、遠隔からの含水比計測を見据え、測定の際の距離や傾斜が測定精度に及ぼす影響を把握した。NIR法の適用に際しては、表面水の有無の影響を確認するほか、事前に含水比を変化させて計器の特性を念頭に検量線を正しく定める必要がある。

今後は、今回の知見を踏まえ、現場土の適用試験、計器設置方法を検討すると共に、材料の迅速な含水比管理に繋げていきたい。

【謝辞】実験にご協力、資料を提供して頂いたケツト科学研究所の高橋健太氏に感謝致します。

【参考文献】

- 1) 地盤工学会：地盤材料試験の方法と解説，含水比試験，pp.61-68, 2009.
- 2) ケツト科学研究所ホームページ：
https://www.kett.co.jp/products_category/moisture/.
- 3) 藤崎ら：近赤外線水分計を用いた盛立材料の室内迅速含水比測定装置，土木学会第73回年次学術講演会，VI-1051, 2018.
- 4) 小原ら：近赤外線水分計によるロックフィルダムコア材料の含水比迅速測定法，第54回地盤工学研究発表会，2019.

表-3 実験ケース

シリーズ	影響要因	試料	含水比(%)	小計
1	仕様内距離	豊浦砂 ω_{TY}	15, 20, 25	18
2	仕様外距離	相馬砂 ω_{SO}	7, 10, 13	18
3	傾斜	関東ローム ω_{KT}	30, 45, 60	18

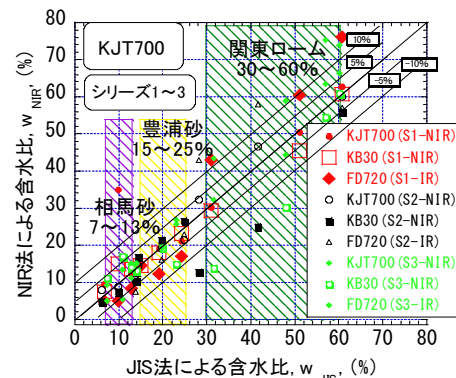


図-2 ω_{JIS} と ω_{NIR} の関係

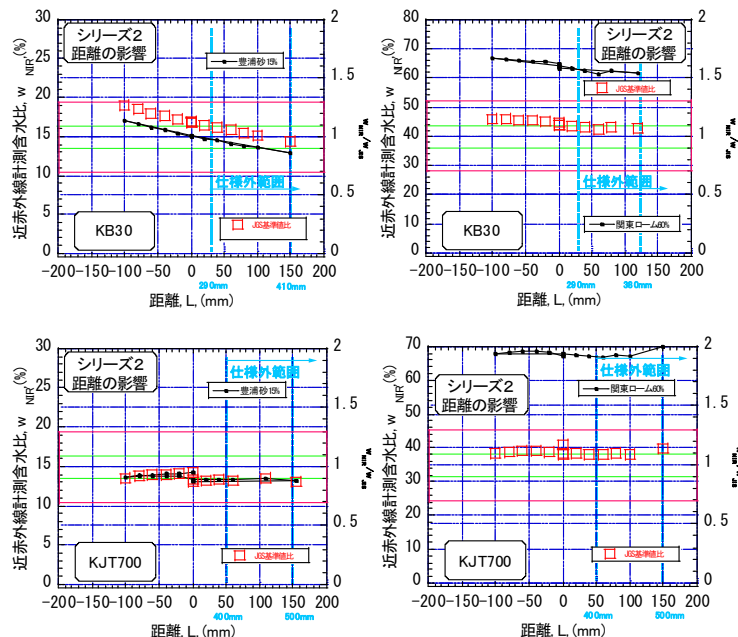


図-3 距離 L と ω_{NIR} の関係

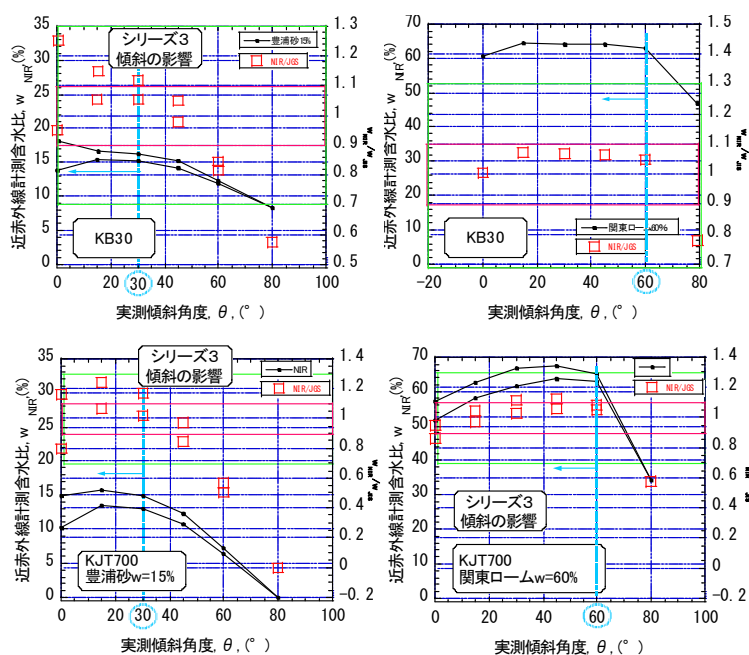


図-4 傾斜角 θ と ω_{NIR} の関係