

携帯型近赤外水分計を用いた土工事における生産性向上の取組み

鹿島建設(株) 正会員 ○小槻敏広 松永光示 笹岡里衣 小原隆志 藤崎勝利 岡本道孝 榎谷麻衣
西日本高速道路(株) 足立 健

1. はじめに

盛土工の締固め管理において盛土材料の含水比は基本的な管理項目であるが、その結果に基づき施工可否を判断する上で、測定 of 正確性ととともに迅速性も求められる。一方、従来から行われている炉乾燥法 (JIS A 1203) や電子レンジ法 (JGS 0122) は測定に時間を要するため、現場の生産性向上の障壁のひとつとなっている。そこで、瞬時に測定可能な携帯型近赤外水分計 (以下、NIR 水分計とする) の活用によって、含水比管理の生産性向上を図った。本報では、高速道路工事で初めてとなる NIR 水分計による含水比管理の運用実績について報告する。

2. NIR 水分計を用いた含水比測定の特長と測定方法

水分は特定の波長帯の近赤外光線を強く吸収する性質を有する。その性質から、NIR 水分計から被測定物に近赤外光線を照射し、それが吸収される度合い (吸光度) を測定することで水分量を求めることができる。表-1 に従来の測定方法と NIR 水分計による測定方法 (以下、NIR 法とする) の特徴を示す。NIR 法は従来方法に比べて大幅に測定時間を短縮できる。また、今回用いた機種は可搬性に優れ、場所を選ばず測定することが可能である (写真-1) ¹⁾。

含水比を求めるには、予め対象とする土質材料の吸光度と含水比の相関 (検量線) を確認する必要がある。今回用いた NIR 水分計は 3 波長方式の機種で、検量線は水分に対して感度の高い 2 種類の波長の吸光度 (X_1 , X_2) を用いて以下の式で表される。

$$w_{NIR} = a_0 + a_1X_1 + a_2X_2$$

ここに、 w_{NIR} : NIR 水分計で推定される含水比

X_i ($i = 1, 2$) : 吸光度

a_i ($i = 0, 1, 2$) : 偏回帰係数

偏回帰係数は吸光度と炉乾燥法で得られる含水比の重回帰分析により求められる。なお、当検討では、4 水準の含水比となるよう加水調整した試料を写真-2 に示す方法で測定して、検量線を作成した ²⁾。



写真-1 現場での測定状況



写真-2 検量線作成時の測定状況

表-1 各測定方法の特徴

NIR法		炉乾燥法 (JIS A 1203)	電子レンジ法 (JGS 0122)
試料	あらゆる試料で可能 ^(※)	あらゆる試料で可能	粒径9.5mm以下
計測時間	2秒	24時間	10~20分
電源	DC6V (バッテリー対応)	AC3相200V	AC500~600W
可搬性	○ (本体 約1.1 kg)	×	×

※照射範囲よりも大きな粒径を含むと誤差が大きくなることもあるため
炉乾燥法との相関性を事前に確認する

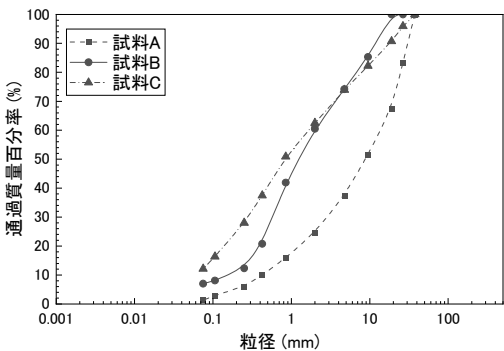


図-1 粒度分布

キーワード ICT 土工, 近赤外線, NIR

連絡先 〒182-0036 東京都調布市飛田給 2-19-1 鹿島建設(株)技術研究所 TEL 042-485-1111

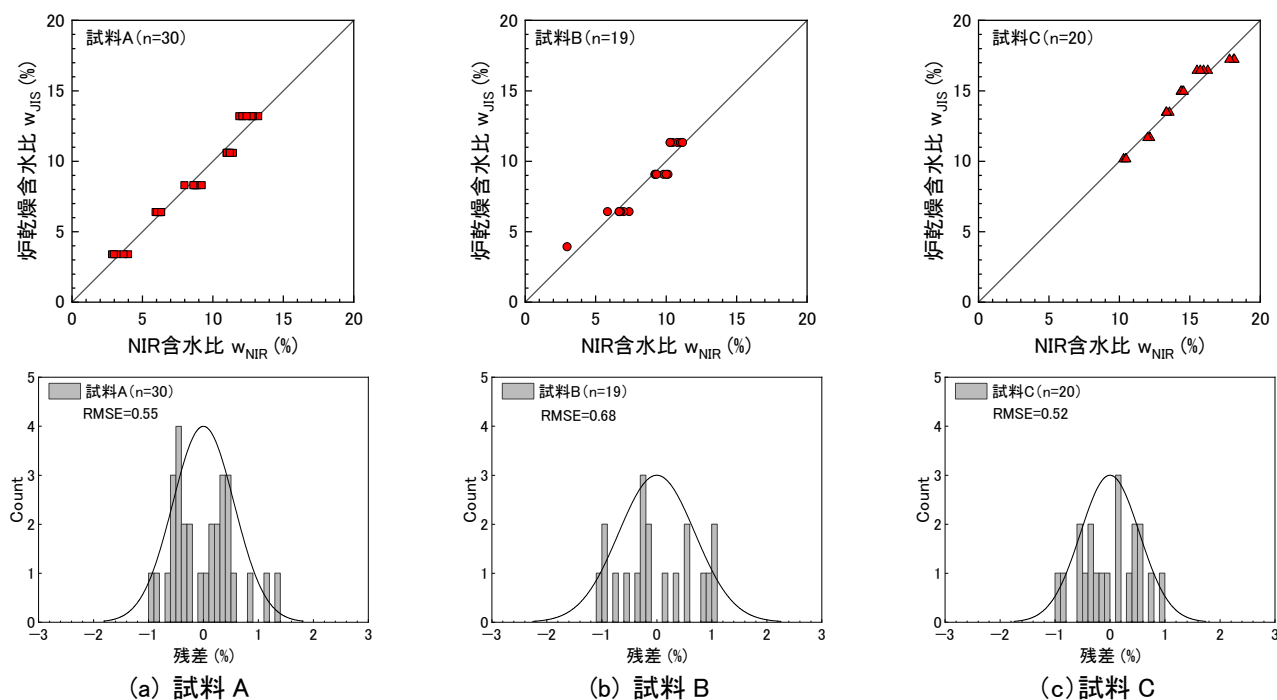


図-2 炉乾燥法と NIR 法による含水比の比較

3. 炉乾燥法との比較

3種類の盛土材を対象として、炉乾燥法と NIR 法で測定した含水比を比較した。いずれも風化花崗岩である真砂土が主体だが、採取場所が異なる。粒度分布を図-1に示す。試料 A は3種類の盛土材の中で最も粗粒側の粒度で、細粒分含有率が最小である。試料 B と試料 C の礫分含有率は同等（約 40%）であるが、試料 C の方が細粒分含有率 F_c が大きい。

図-2に測定結果を示す。上段は炉乾燥法による含水比 w_{JIS} と NIR 法から得られた w_{NIR} の関係、下段は両者の残差 ($=w_{NIR}-w_{JIS}$) の分布である。すべての試料で残差は $\pm 1.4\%$ 以内、二乗平均平方根誤差 RMSE は 0.5~0.7 であった。試料の粒度に拘わらず、NIR 法は炉乾燥法と同等の精度で含水比を測定できていることがわかる。

4. 高速道路工事における活用事例

現在建設中の新名神高速道路田上枝工事および城陽工事では、盛土材の含水比の日常管理に NIR 法を活用している。施工管理要領³⁾に倣い、切土場では採取材料毎に1回/日、盛立場では使用する材料毎に1回/層/日測定し、含水比および吸光度を記録している。また、NIR 法の精度を確保するために、材料の変化が生じる毎に検量線の作成を行うとともに、施工量 20,000 m^3 毎に炉乾燥法で得られた含水比との比較を通じて、精度確認を実施している。

5. おわりに

施工中の高速道路工事に、初めて携帯型近赤外水分計（NIR 水分計）を導入した。盛土品質管理の生産性向上を目指す自動追尾トータルステーション TS または衛星測位システム GNSS を用いた工法規定方式（ICT 土工）を運用する上で、盛土材の含水比がモデル施工時に規定した範囲内に収まっていることを確認する必要がある。従来の方法では、土工の開始前に現場で採取した試料を試験室に持ち込み、電子レンジなどで 10~20 分間加熱するといったことを施工日ごとに繰り返す必要があった。これに対し、NIR 法では従来と同等の精度で、2 秒程度で含水比を測定することが可能であり、施工管理の生産性向上にも寄与することが期待される。

参考文献

- 1) <https://www.kett.co.jp/products/kjt-130/> （2022/12/23 参照）
- 2) 藤崎ら：近赤外線水分計を用いた室内迅速含水比測定装置の開発—砂礫材料への適用性検討—，令和2年度土木学会全国大会第75回年次学術講演会，VI-112，2020。
- 3) （株）高速道路総合研究所：土工施工管理要領，2020。