

揚土船上における近赤外線水分計を用いた含水比計測の適用性

関西国際空港(株) 正会員 播本一正
 関西国際空港(株) 正会員 江村 剛
 関門港湾建設(株) 正会員 湯 怡新
 関門港湾建設(株) 山根 正

1. はじめに

関西国際空港 2 期用地造成は埋立の進捗状況に応じて、底開土運船による直投のあと、揚土船による 1 次揚土及び 2 次揚土(写真 1)の順序で行われてきた。2 次揚土工事は、埋立土砂を揚土船でいったん護岸近くに陸揚げ、大型ダンプトラックによって所定の場所に運び敷均しをする。この 2 次揚土の層厚は 7m と大きく、埋立の際に撒き出し厚や含水比管理を実施することで均一かつ強固な地盤を造成でき、埋立後の路床締固め等の工事が不要となり、工期の短縮とコストの縮減が図られている¹⁾。



写真-1 揚土船による埋立土砂の 2 次揚土

そこで、揚土船のベルトコンベヤにおいて含水比センサーを取り付け、陸揚げ土砂の含水比の連続計測を試みた。これにより、きめ細かな含水比管理と、それに掛かる費用と手間も削減できると考えられる。ここで近赤外線水分計を用いた含水比計測の適用性について報告する。

2. 含水比の計測方法

従来の含水比計測では、揚土開始前に土運船(3000m³級)ごとに船首・中央・船尾の 3 ヶ所よりサンプルを採取し、10mm メッシュを通過させた試料のみを用いて電子レンジ法で含水比を測定している。過去の施工管理の蓄積データに基づき、電子レンジ法の含水比に経験係数 0.64 をかけて全粒径(<300mm)相当の含水比に換算している。

今回、全粒径の埋立土砂に対して直接計測可能な近赤外線水分計を含水比センサーとして用いた。土砂に近赤外線を当てたときに水および対象物質がともに光線を吸収するが、エネルギー吸収率が水分量や物質の性状によって異なる。本機の原理は、反射してくるエネルギーの比率を求めることにより水分量を測定するものである。表 1 に近赤外線水分計の仕様を示す。

本来、このような近赤外線水分計は屋内用で比較的均質なものを計測対象としている。しかし、海上の揚土船に取り付けた場合、天候等の自然条件の影響を受けやすい。日光・風雨の影響を避けるためセンサー照射部はフードで保護し、更に日光・風雨が直接当たらないようセンサー全体をシートで覆った状態で作動させた。一方、埋立土砂は粒度が粗くベルトコンベヤ上で高速(3.3m/s)で運ばれている。これらの厳しい条件下でも本機が実用可能かどうかを確かめる必要がある。写真 2 に水分計の設置状況を示す。

3. 含水比計測のキャリブレーション

ベルトコンベヤに取り付ける前、関空の埋立土砂(<8mm)を検定対象とし電子レンジ法と水分計とで各々含水比を測定した。図 1 に検定結果を示す。

表-1 近赤外線水分計の仕様

形 式	汎用型: EM-310
測定方法	非接触近赤外線反射型 (マルチウエーブ方式)
測定距離	400 ± 50mm
測定面積	約 φ60mm
光 源	タングステンランプ



写真 2 水分計の設置状況
 (上)センサー部、(下)モニター部

キーワード 埋立土砂 含水比計測 転圧締固め

連絡先 〒750-0017 山口県下関市細江新町 3-54 関門港湾建設(株)技術研究部 TEL 083-234-3413

僅かなばらつきがあるものの、ほぼ一対一の相関が認められた。

このように初期校正した状態で、土運船3隻分の埋立土砂を計測対象とし、試験的に本機を使った含水比計測を行った。表2に近赤外線水分計による測定結果を示す。1隻目は高速サンプリング、2隻目はサンプリングタイム1秒と設定して含水比を計測した。この2回の計測では安定したデータを得ることができなかった。ベルト速度と粗石の混在による影響が大きかったと思われる。3隻目の計測ではサンプリングタイムを10秒にしたところ、安定した計測データが得られた。

なお、実際の揚土船上において粒径10mm以下の土砂を用いて電子レンジ法と本機での計測値を再度確認したうえ、あらたに校正係数を求めた(図1中、実地データ)。

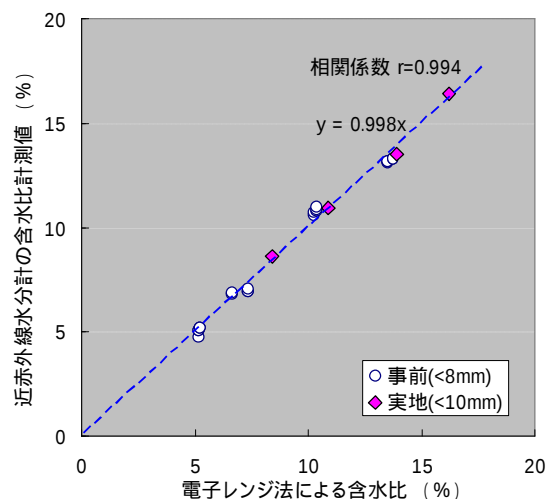


図-1 近赤外線水分計による含水比測定の実地データ

表-2 土砂含水比の測定結果 (単位: %)

土運船	水分計での計測 (揚土開始からの時刻: 分)										備考: (ST=Sampling Time)
	10'	20'	30'	40'	50'	60'	70'	80'	90'	平均	
1 隻目	-	13.0	11.7	10.8	13.7	12.2	28.2	11.2	-	14.4	高速サンプリング、安定計測ができない
2 隻目	15.7	3.6	7.2	11.3	12.9	10.6	10.3	8.7	4.9	9.4	ST=1 秒、計測可能だがばらつきが大きい
3 隻目	8.0	3.3	4.1	5.7	5.3	5.6	5.2	5.2	5.0	5.3	ST=10 秒、安定した連続計測

4. 実工事での稼働状況

本機をベルトコンベヤ上に取り付けた状態で、断続的に約5ヶ月稼働させ、合計、土運船161隻、48万m³を対象に計測を実施した。

図2に数隻分の計測例を示す。図示のように同じ土運船の中でも、含水比に最大2%程度の変動がある。従来の土運船上から表層のみの試料を採取して電子レンジ法で測る方法と比較すると、近赤外線水分計を用いた方法は全量を連続的に計測できることから、今後きめ細かな含水比管理につなげられるのではないかと考えている。

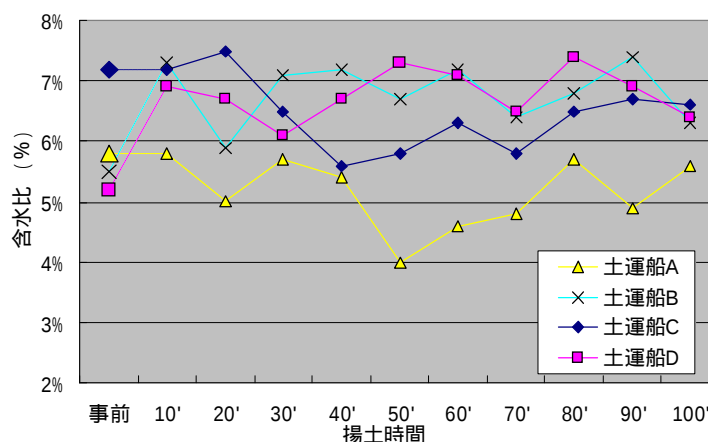


図-2 近赤外線水分計による含水比の測定例

5. 結論

今回実地において近赤外線水分計を用いた含水比計測を試み、以下の結論に至った。

- (1) 関空埋立に使用した土砂(事前<8mm、実地<10mm)に対する検定で、水分計測定値と電子レンジ法による含水比測定値との間により相関が認められた。
- (2) サンプリングタイムを10秒にしたところ、揚土船のベルトコンベヤにおける安定計測が可能となった。
- (3) 実工事での稼働状況から見て、揚土船上における本機の実用性が確かめられた。

参考文献

- 1) 田端竹千穂・江村 剛・水谷崇亮: 関西国際空港2期工事における転圧締固め施工, 土と基礎, Vol.54, No.9, pp.33~36, 2006