

近赤外線水分計によるCSG材の含水率全量管理

鹿島建設(株) 正会員 ○藤崎勝利 榊谷麻衣 福島 陽 笹岡里衣 岡本道孝 小原隆志 小林弘明

1. はじめに

台形CSG (Cemented Sand and Gravel) ダムの施工では、CSG材の粒度とCSGの単位水量の変動を許容してCSGの強度を管理する。そのためCSG材の品質管理では、施工前日にCSG材の粒度と表面水量を測定してCSGの配合を決定したうえで、CSG製造時に変動が予想されるCSG材の粒度と表面水量を測定し、変動を監視する必要がある。そこで、湿潤・水洗い法による粒度試験、およびフライパン法や電子レンジ法による含水率試験(あわせて簡易法と呼ばれる¹⁾)を1~2時間に1回の頻度で実施し、CSG材の粒度と表面水量を確認している。

CSG工法は「高速大量連続施工」を基本としている。筆者らは、相当数の試験員と手間を要する簡易法に代わり、CSG材の含水率を迅速かつ連続的に測定できる手法として近赤外線(以降、NIR)水分計に着目し、CSG材への適用性を検討してきた²⁾。本稿では、NIR水分計を用いた台形CSGダム実稼働現場におけるCSG材含水率の変動監視を一定期間試行し、NIR水分計の測定精度について検討した結果を報告する。

2. NIR水分計による含水率測定原理

NIR水分計は、被測定物に近赤外線を照射したときの特定の波長帯における反射光の減衰量を示す「吸光度」を測定することで、被測定物表面の水分量を算出する。含水率を求めるには、予め対象材料の吸光度と含水率の相関(検量線)を求める必要がある。今回用いたNIR水分計は5波長タイプ((株)ケット科学研究所製、KJT-700)で、4つの波長帯の吸光度から、式-1に示す検量線により含水率を算出する。

$$w_{NIR} = a_0 + a_1X_1 + a_2X_2 + a_3X_3 + a_4X_4 \quad \text{式-1}$$

ここに、 w_{NIR} : NIR法による含水率、 a_0 : 検量線の切片、 $a_1 \sim a_4$: 各吸光度に対する偏回帰係数、 $X_1 \sim X_4$: 各波長帯における吸光度である。切片ならびに偏回帰係数は炉乾燥法(JIS A 1203, 以降「JIS法」)で測定した含水率と吸光度の関係から重回帰分析によって求める。

3. CSG材の検量線取得

検量線は粒度分布の変動では大きく変化しない一方で、材料の採取地や色調により変化する可能性がある³⁾。そこで、試行現場で用いられている、採取地の異なる2種類のCSG材AおよびBを対象に、それぞれ検量線を取得した。図-1にCSG材の粒度分布を示す。実線が検量線取得のために採取した試料の試験結果を、破線が各CSG材について許容されている粒度範囲を表す。試料は自然状態から加水あるいは乾燥させてCSG材の含水率を調整し、NIR水分計で吸光度を測定して回帰分析を行い、検量線を取得した。図-2は、取得した検量線を用いて算出した含水率 w_{NIR} とJIS法で測定した含水率 w_{JIS} の関係である。CSG材AおよびBともにNIR法の含水率の測定誤差は概ね0.5~1.0%以内であり、変動監視を目的とした場合の要求精度を満足すると判断した。

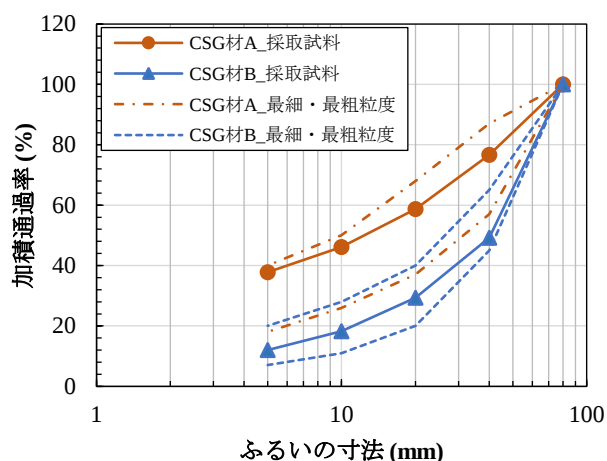


図-1 CSG材の粒度分布

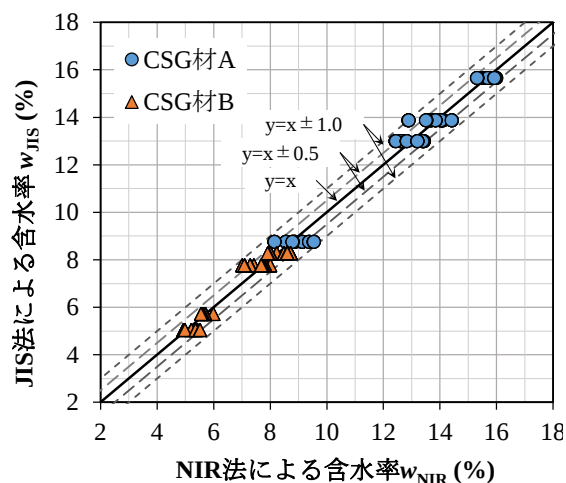


図-2 含水率測定結果

キーワード CSG, 含水比試験, 近赤外線水分計

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

4. 台形CSGダム施工現場での試行方法

本報では、成瀬ダム堤体打設工事（国土交通省東北地方整備局，秋田県東成瀬村）のCSG製造設備内でCSG材 A および B を搬送するベルトコンベア（以降，BC）上にそれぞれ NIR 水分計を取り付け（写真－1），前述の方法で取得した検量線を用いて含水率を測定した結果を報告する．サンプリング間隔は 1/3 Hz である．

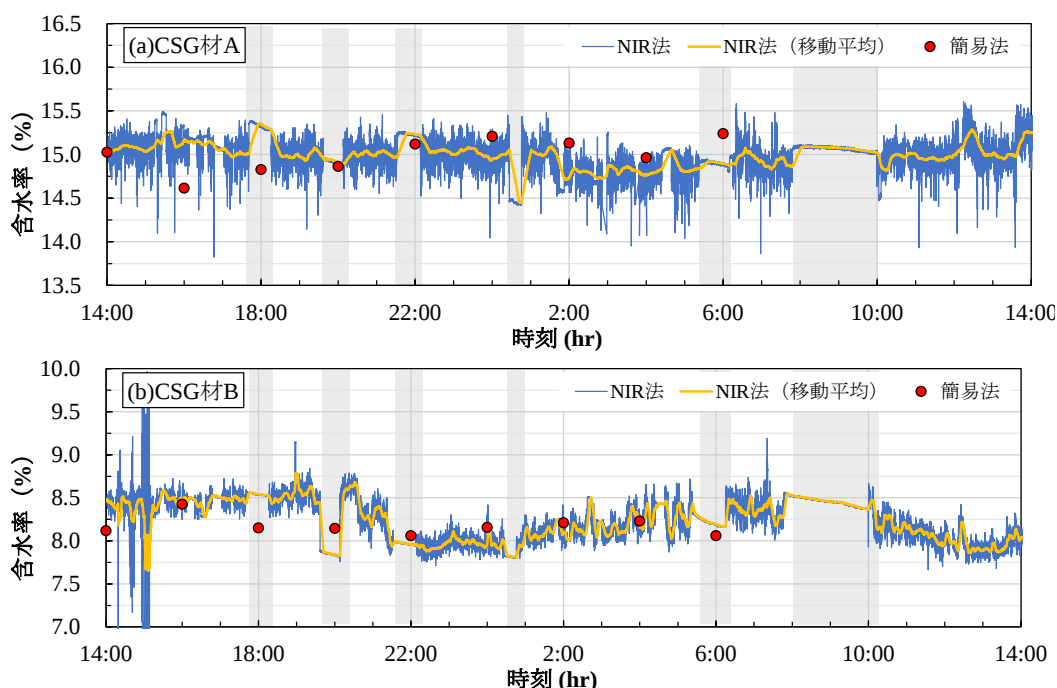
5. 測定結果

図－3 に NIR 法で測定した含水率と，2 時間毎に簡易法（電子レンジ法）で測定した含水率の 24 時間の推移を示す．NIR 法で測定した含水率は，15 分間（CSG 最小打設ロット相当）の移動平均



写真－1 NIR 水分計の設置状況

結果も併記した．NIR 法で測定した含水率が変動しない時間帯（灰色ハッチング）は，CSG の製造を中断したために BC が稼働しておらず，同一箇所の吸光度を測定している状態である．NIR 法で測定した含水率は，CSG 材 A で $\pm 0.5\%$ ，CSG 材 B で $\pm 0.25\%$ の変動がみられるが，15 分間の移動平均値では，簡易法で測定した含水率の推移と概ね一致し



図－3 NIR 水分計および簡易法による含水率の時系列分布

ていることがわかる．両者の含水率の差は最大で，CSG 材 A で 0.30%，CSG 材 B で 0.39%であり，CSG 材の含水率を精度良く測定できていると言える．CSG 材 A の NIR 法で測定した含水率では，瞬間的に乾燥側の含水率を示すことがあるが，これは乾燥した礫の表面を測定しているためと考えられ，同様の傾向が室内試験でも確認されている⁴⁾．以上の結果から，BC 上に NIR 水分計を設置して CSG 材の含水率を連続的に測定することで，CSG 材の含水率の変動を監視できることが明らかになった．

6. おわりに

CSG 材含水率の変動監視を目的に，成瀬ダム堤体打設工事の CSG 製造設備において NIR 水分計を用いた連続測定を試行した．その結果，従来の管理手法である簡易法による含水率との目立った差異は無く，CSG 材含水率の変動監視に有効であることがわかった．今後，CSG 製造時の変動監視手法として運用について検討する．

参考文献

- 1) (財)ダム技術センター：台形CSGダム設計・施工・品質管理技術資料，pp205-234，2012．
- 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ー砂礫材料への適用性検討ー，土木学会第 75 回学術講演会，IV-112，2020．
- 3) 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論文集，D-03，2019．
- 4) 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 回学術講演会，VI-1051，2018．