

東急建設（株）技術研究所

同 上

同 上

正会員 伊藤 浩

正会員 福田 淳

正会員 西岡 哲

### 1. はじめに

近年、人工衛星などのリモートセンシングにより地表面の土壌水分を測定する試みがなされている。リモートセンシングによる水分測定は、炉乾法などの対象物を採取して測定する方法に比べ、精度が低く測定条件も限定されるという欠点がある。しかし、対象物に直接触れずに面的な測定が可能ことから、測定の目的や条件によっては便利な測定ツールとなりうる。

一方、ダムや道路など土構造物の盛土工事においては、土質材料による盛土の品質管理を行うために水分の管理、含水比管理がなされている。含水比自体が絶対的な品質を決定するわけではないが、締固め密度に直接影響を及ぼすことから施工時の重要な管理項目の一つに位置づけられている。

そこで、盛土工事における土質材料の含水比管理にリモートセンシングを適用するための基礎調査として、盛土材料を用い、特に最適含水比に着目して土の含水比と分光反射特性の関係を比較検討したので報告する。

### 2. 測定用サンプルの準備

#### (1) 使用材料

供試材料にはフィルダム現場のコア用盛土材を4種類使用した。これらの盛土材は細粒材と粗粒材を混ぜて使用するブレンド材である。これらの粒度分布と締固め試験結果を表.1に示した。実験に使用する材料は、実際に使われるブレンド比で混合したものを、19.1mm以下にふるい分けした材料を使用した。

#### (2) 測定用サンプルの作成

測定用サンプルは次の方法で、含水比を調整し作成した。

- ①風乾状態の含水比測定後、事前に行われていた締固め曲線を参考にし、最適含水比を中心にして、2～3%程度の間隔で6ケース程度の含水比のサンプルが得られるように、各々水を加え均一になるよう攪拌した。
- ②各サンプルをそれぞれ容器に入れ、手で軽く締め固めた後、上部の余分な土を削りとり平らに均して、表面がなるべく乾かないよう屋外に運搬し測定を行った。なお分光反射の測定終了後、各サンプルの含水比を測定した。

### 3. 分光反射特性の測定

今回の実験では近赤外域を測定対象としており、蛍光灯などの人工照明ではこの波長域をほとんど持たないため、天候（快晴）の安定している昼間、影の影響を受けない屋外で測定を行った。測定機器は、フォトダイオードアレイ式の分光放射輝度計である。分光反射の測定波長範囲は、380nm～1070nmの可視域および近赤外域である。この仕様を表.2に示した。

表.1 使用材料

|     |                          | 1     | 2     | 3     | 4     |
|-----|--------------------------|-------|-------|-------|-------|
| 粒度  | 礫分 %                     | 29    | 37    | 36    | 42    |
|     | 砂分 %                     | 32    | 33    | 20    | 38    |
|     | シルト分 %                   | 32    | 30    | 20    | 20    |
|     | 粘土分 %                    |       |       |       |       |
| 締固め | 最大乾燥密度 g/cm <sup>3</sup> | 1.850 | 1.795 | 1.646 | 1.414 |
|     | 最適含水比 %                  | 15.6  | 14.8  | 20.6  | 32.5  |

表.2 分光放射輝度計の仕様

|        |                                                |
|--------|------------------------------------------------|
| 製品名    | PR714 SpectraScan Systems<br>(PHOTO RESEARCH社) |
| 測定波長範囲 | 380nm～1070nm                                   |
| 波長精度   | +/- 4nm                                        |
| 波長分解能  | 4nm以下                                          |
| 輝度精度   | ± 4%                                           |
| データ分解能 | 12bit A/D                                      |



写真.1 測定状況

キーワード リモートセンシング、含水量、盛土、分光反射、近赤外線

〒229-11 神奈川県相模原市田名曾根下3062-1 TEL 0427-63-9511 FAX 0427-63-9503

各種類ごとにサンプルを並べ、表面の分光反射強度を4nm間隔でサンプリングした。また、サンプルの反射率を算出するため、サンプルの測定とはほぼ同時に基準板の放射強度を測定した。基準板には、測定機器専用の光をほぼ全反射する塩化バリウム性の白色板を使用した。測定状況を写真1に示した。測定終了後、各サンプルの表面付近の含水比を炉乾法により測定した。

#### 4. 実験結果

各土質材料の各サンプルの分光反射率を、 $\text{分光反射率} = \text{サンプルの分光反射強度} / \text{基準板の分光反射強度}$ により算出し、それらの中から400、500、600、700、800、900、950、1000nmの各反射率と、含水比の関係を図.3に示した。

どの土質材料とも、最適含水比付近から乾燥側では、含水比が高くなると反射率が下がるという関係が認められた。しかし、最適含水比より湿潤側になると、No.3を除く3つ土質材料では上昇傾向が見られた。

また、相関図の勾配、すなわち含水比に対する感度は、可視域に比べ800～1000nm付近の近赤外域が高く、一般的に知られている950nm付近が水分によく反応する（水分吸収率が高い）ことと同じ傾向が見られた。

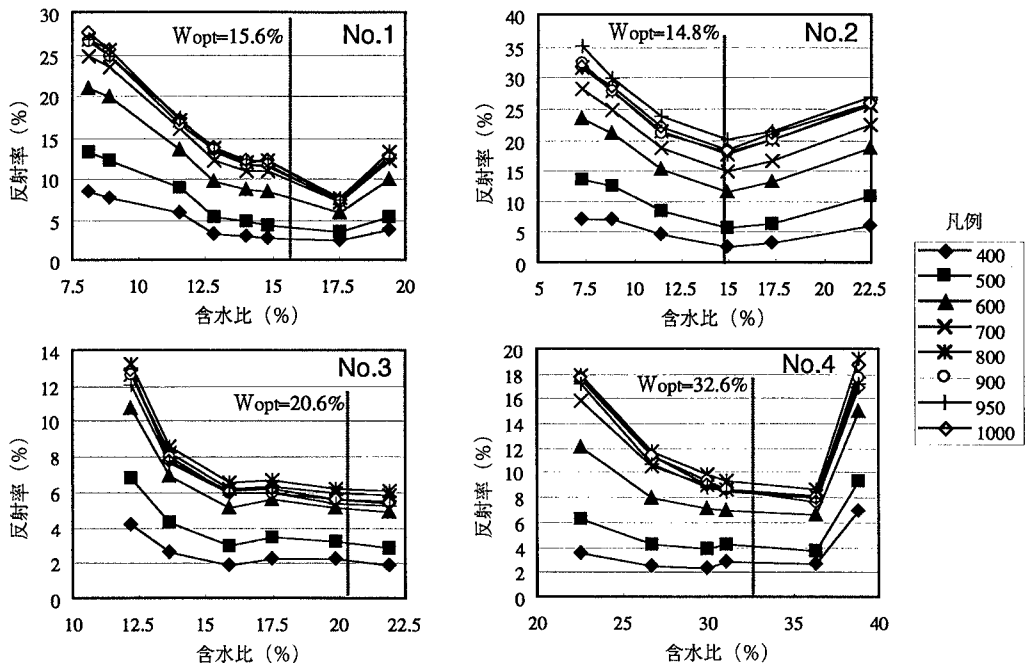


図.3 分光反射率と含水比の関係

#### 5. 考察

以上の結果から、盛土工事の施工および品質管理という観点からリモートセンシングの利用を図る場合、最適含水比より乾燥側であれば、分光反射特性により盛土材表面の水分状態を定量的に捉えられる可能性があり、800～1000nm程度の近赤外線がこれに有効であると推察される。また、最適含水比より湿潤側における反射率の上昇は、ある程度の水分量を越えると水分が表面に浮き出ることにより反射率が増加することが原因と考えられる。

今回の測定は適度に締め固められ、表面の凸凹が少ないという限定された条件の基で行った。したがって、実用性の調査のため、水分以外の土の状態による影響等を調査することが今後の課題である。

謝辞) 本実験にご協力をいただいた、アジア航測(株)水谷氏、山野氏、また、材料入手にご協力いただいた、東急建設(株)森田氏に紙面を借りて厚く御礼申し上げます。

(参考文献)

- 1) 土質試験の方法と解説, 土質工学会
- 2) 土の締め固めと管理 (土質基礎工学ライブラリー36), 土質工学会編
- 3) 山本他、分光反射特性による九州の表層土壌水分の推定, 農業気象, 1990.11