

比抵抗法および散乱型 RI 水分計による締固め品質面的評価の試行

鹿島建設(株) 正会員 ○岡本道孝 松本聡碩 福島 陽 岡本遥河 田中恵祐 古本浩一 中島悠介

1. はじめに

筆者らは、キャパシタ型電極と称する装置を用いて土構造物の比抵抗を計測することで、その締固め品質（空気間隙率）を容易かつ面的に計測する手法（以下、比抵抗法）を提案している¹⁾。また、別報²⁾では、散乱型 RI 水分計を移動させながら土構造物の体積含水率を従来の手法（透過型 RI による計測など）と同等の精度で容易かつ面的に計測することが可能であることを報告した。

本報では、これまで個別に適用性を確認してきた比抵抗法および散乱型 RI 水分計を、盛土工事の盛立面において同時に適用し、その締固め品質（乾燥密度および含水比）を面的に評価した結果を報告する。

2. 締固め品質面的評価の概要

図-1 に、比抵抗法と散乱型 RI 水分計を組み合わせた締固め品質算出フローを示す。はじめに、キャパシタ型電極を用いて盛土の比抵抗を計測し、空気間隙率 v_a を算出する。次に、散乱型 RI 水分計を用いて盛土の体積含水率 θ を計測する。 v_a 、 θ および JIS A 1202（土粒子の密度試験）によって得られる盛土材の土粒子密度 ρ_s の間には、以下の式(1)が成立する。式(1)より、計測範囲全面の乾燥密度 ρ_d が得られる。さらに、 ρ_d と θ の関係を表す式(2)より、計測範囲全面の含水比 w が得られる。

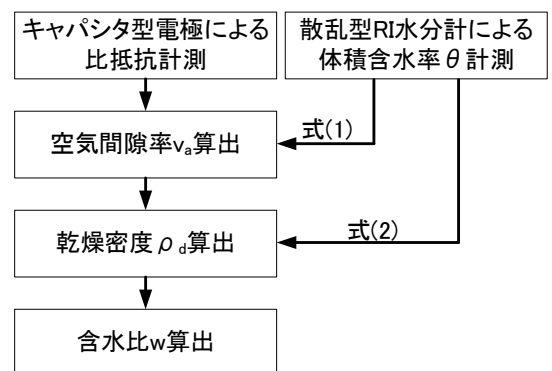


図-1 締固め品質算出のフローチャート

$$\frac{v_a}{100} + \frac{\theta}{100} + \frac{\rho_d}{\rho_s} = 1 \quad (1)$$

$$\frac{\theta}{100} = \frac{\rho_d}{\rho_w} \times \frac{w}{100} \quad (2)$$

3. 面的評価を試行した盛土

盛土材は、関東ロームを主体とする礫まじり粘土質砂である。これを、1層あたりの仕上がり厚さが0.2mとなるように10t級振動ローラで8回転圧した盛土において面的評価を試行した。以下で述べるいずれの計測も、この盛土のうち長さ約25m、幅約3mの同一の範囲を対象として実施した。

4. 比抵抗法による空気間隙率の面的評価

はじめに、盛立面上でキャパシタ型電極を約0.2m/s（0.7km/h）で移動させながら比抵抗を計測して、 v_a の面的評価を行った。計測状況を図-2に示す。ここで使用したのは、別報³⁾の通り、電極板をバネで転圧面に押し付けることで不陸に追従し易くし、比抵抗を安定して計測できるように改良した装置である。比抵抗のサンプリング周波数は1Hzで、約25mの区間を移動中に123点の計測値を得た。この計測値は、GNSSによる測位データと紐付けて保存した。なお、比抵抗と v_a の相関関係（検量線）は、同一地点における透過型RIの計測値とキャパシタ型電極の



図-2 比抵抗計測状況

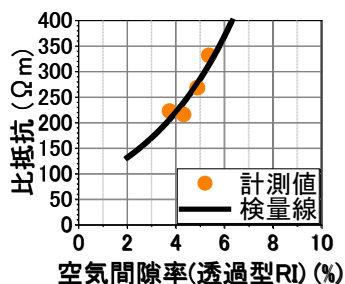


図-3 比抵抗と v_a の関係

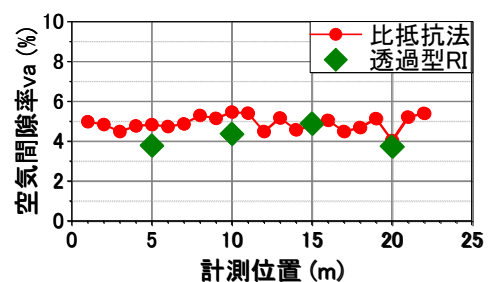


図-4 v_a の計測結果

キーワード：締固め品質管理、比抵抗、RI法、電気特性

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

比抵抗計測値の比較によって確認した。検量線を図-3に、算出した v_a を図-4に示す。図-4における比抵抗法の結果は、1m区間平均をプロットしたものである。図-4には、比抵抗法の測線上で実施した透過型RIによる v_a の計測結果も併記した。比抵抗法から得られる v_a は、透過型RIによる計測値と概ね同等であった。ただし、透過型RIの計測深度は0.2mであるが、比抵抗法の計測深度は約1.0mであることから⁴⁾、両者の値の同一性については更なる検討が必要である。

5. 散乱型RI水分計を用いた体積含水率の面的評価

次に、比抵抗法の測線上において、散乱型RI水分計を用いた θ の面的評価を行った。別報²⁾の通り、水分計の移動速度が速くなると計測精度が低下するため、盛立面上を約0.2m/s (0.7km/h)で移動させた。 θ のサンプリング周波数は10Hzで、約25mの区間を移動中に1641点の計測値を得た。この計測値は、GNSSによる測位データと紐付けて保存した。散乱型RI水分計によって計測した θ の1m区間平均値と、同一測線上で実施した透過型RIによる θ

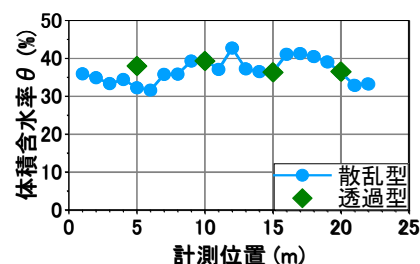


図-5 θ の計測結果

の計測結果を図-5に示す。散乱型RI水分計による θ の計測結果は、透過型RIによる計測結果と概ね合致した。

6. 締固め品質の面的評価の試行

式(1)および(2)を用いて、前述した v_a および θ の面的評価データから締固め品質(ρ_d および w)を算出した。そのヒートマップを図-6および図-7に示す。ヒートマップのメッシュは1m四方である。ヒートマップには、締固め品質の面的評価データと透過型RIの計測値との差分を併記した。 ρ_d の面的評価値は、透過型RIの計測値に対して概ね $\pm 0.05\text{g/cm}^3$ 以内に収まっている。また、 w の面的評価値は、透過型RIの計測値に対して概ね $\pm 2.5\%$ 以内に収まった。以上のように、比抵抗法と散乱型RI水分計を組み合わせた盛土の面的評価手法によって、締固め品質の面的分布を従来手法と同等の精度で取得することができた。

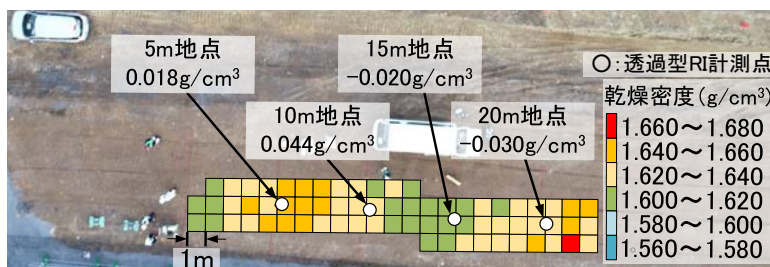


図-6 ρ_d のヒートマップ

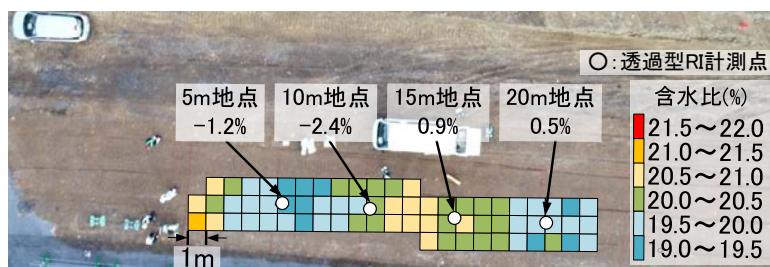


図-7 w のヒートマップ

5. おわりに

盛土の空気間隙率 v_a および体積含水率 θ を、キャパシタ型電極および散乱型RI水分計によって移動計測し、その結果から締固め品質(乾燥密度 ρ_d および含水比 w)の面的評価を試行した。その結果、従来手法(透過型RI)では困難であった、締固め品質の面的分布の取得を実現した。今後は、計測精度の更なる向上やデータの集積を進めるとともに、締固め品質の面的評価に対応した品質管理規格についても議論も進めていきたい。

参考文献

- 1) 松本ら：土工の工場化に向けた電気特性による盛土の全量品質管理 II:比抵抗の計測による盛土の乾燥密度の評価, 土木学会第76回年次学術講演集, pp.113-114, 2021.
- 2) 松本ら：盛土締固め品質の面的評価のための体積含水率の面的計測手法, 土木学会第78回年次学術講演集, 2023. (投稿中)
- 3) 福島ら：比抵抗によるCSG現場密度の面的評価(その2), 土木学会第78回年次学術講演集, 2023. (投稿中)
- 4) 松本ら：キャパシタ型電極の比抵抗計測深度に関する実規模検証実験, 土木学会第77回年次学術講演集, VI-190, 2022.