

転輪型 RI 計器による締固め度計測 ～大粒径材料への適用～

大成建設(株) 技術センター 生産技術開発部 ○正会員 後藤 洸一、正会員 青木 浩章
ソイルアンドロックエンジニアリング(株) 機械部 正会員 森 安弘

1. 緒言

大成建設(株)・ソイルアンドロックエンジニアリング(株)・大成ロテック(株)が近年開発してきた「転輪型 RI 計器」(図-1)は、移動しながら非破壊で盛土などの締固め度を計測できる技術である¹⁾。本技術は既存の RI 計器による定置での破壊検査からの置き換えを目指して開発を進めており、様々な現場環境、材料条件などの元での実証を行っている。

既存の RI 計器による品質管理は、平成 8 年に建設省が示した管理要領(案)²⁾に則るか、それを参考にした基準に基づいて行われることが多く、同要領(案)では「径 10 cm 以上の礫を含む盛土材料の場合には、散乱型及び透過型 RI 計器による管理は行わないものとする」としている。これを踏まえ、転輪型 RI 計器も最大粒径 10 cm 未満の材料をターゲットとして開発・検証をしてきた。

一方、埋立工事やダム工事などにおいては 10cm を超える大粒径の材料がよく使われており、こうした材料においても本技術を適用する要望が高まっている。目下の課題は上記の管理要領(案)にもあるように、本技術の原理上、材料表面の不陸や空隙により密度を過小評価しやすく、大粒径材料においてより顕著となることである。

本稿では、転輪型 RI 計器の大粒径材料への適用性検討のために実施した実験と、得られた結果に対して検討したデータ処理の試みについて述べる。

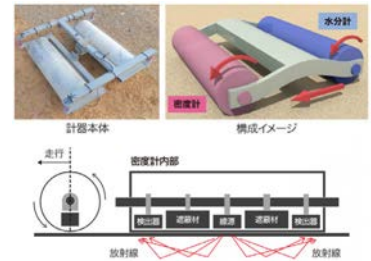


図-1 転輪型 RI 計器

2. 実験環境

大粒径材料の計測実験環境は、大成建設(株)で施工中の物件から選定した。本現場では粒径 300 mm 以下の岩砕材を用いた埋立工事が行われており、転圧機械は 19t 級の振動ローラである。実験では転輪型 RI 計器を転圧にも用いる 19t 級ローラに搭載し(図-2)、計測を行った。

計測実験は現場で通常実施する品質管理とは別におこない、工程上の都合で転圧を行ってからしばらく日数を経っていた。その間の施工や降雨の影響により、使用材料は図-3 に示すように、表面付近の細粒分が多い場所と少ない場所が混在する場合があります、(b)の場合は原理上締固め度を過小評価しやすい。

計測時の走行速度は本技術の他例と同じく 1 km/h とした。本技術では走行中継続的に放射線を計数し続け、一定距離または時間の経過ごとに区切りを与えてその区間における単位時間当たりの放射線計数値から密度と水分量を換算することができる。本実験では一定距離(2m)の経過ごとに区間を設定することとした。計測を実施したエリアは同一の施工日、施工法、材料産地のロットでおよそ 40m×25m (1000 m²) の矩形範囲であり、材料はよく乾燥した状態であった。



図-2 重機への搭載状況

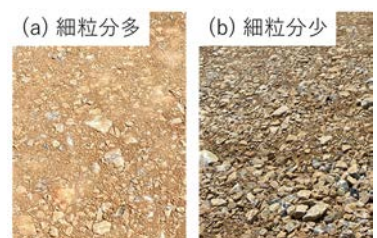


図-3 大粒径材料

キーワード i-Construction、品質管理、転輪型 RI 計器、非破壊連続計測、締固め度

連絡先 〒245-0051 神奈川県横浜市戸塚区名瀬町 344-1 大成建設(株) 技術センター生産技術開発部 TEL045-814-7247
〒561-0834 大阪府豊中市庄内栄町 2-21-1 ソイルアンドロックエンジニアリング(株) 機械部 TEL06-6331-6031

3. 実験結果

実験で計測した締固め度（292 データ）をヒートマップ化したものを図-4 に示す。図-4 では管理基準値未満の値が計測された箇所を赤色で示しているが、その全てが実際に締固め不足であるということではなく、不陸等で計器が計測面に密着していなかったケースや、材料表面付近に細粒分が少ない部分が局部的に存在したことで過小評価されたケースが含まれる。ほぼ十分な品質を満足する中に赤色のマークがまばらに散在している程度であれば外れ値として無視すべきであるが、局在的な集中がみられる場合には品質要求を満足していない可能性があるため確認をおこなうべきである。なお図-4 の赤色マーク部は、路盤の不陸や凹凸、図-3 の(b)のような細粒分が少ない部分が原因であり、締固め品質に問題はなかった。

実験結果には過大と思われる数値も含む。本技術は放射線の計数値が非常に低くなると密度を過大な値へ誤認する特性があり、特に盛土の端部や大きな不陸、重機の揺動によって計器が大きく（数cm以上）計測面から離れた場合にこうした過大値が記録された。

4. データ処理

本実証現場での品質管理基準値は平均値で 94.3%であり実験結果はこれを上回っているが、個々の計測結果には 90%を下回る明らかに異常な過小値や 110%を超える過大値と思われる結果も含まれる。

過大・過小の外れ値の取扱は様々に考えることが出来るが、図-5 より本実験結果が正規分布状（歪度 0.046、尖度 0.63）であることから、信頼区間を用いた処理を試みた。その区間設定も材料条件などによって個々に検討が必要で、一般に小粒径材料では広く、大粒径材料では狭くとすることが適当と思われる。図-6 に、1 σ 、1.28 σ 、2 σ 信頼区間を採用したときのヒートマップを示す。本例の場合、1.28 σ 程度が棄却と採用のバランスが良いようである。

別の考え方として、2 項分布の信頼度に拠る方法も考えられる³⁾。従来の RI を用いた管理では、本施工面積では 10 点の計測が標準である。仮に 10 点すべてが基準値を満足する場合、2 項分布における信頼度は 91.6%である。対して本実験の元データの信頼度は 93.2%であり、同等以上の信頼度といえる。

5. 結言

今回、(1)大粒径材料においても計測が可能であるが外れ値が増加すること、(2)統計的手法によるデータ処理における信頼区間および信頼度の検討例、の 2 点を示した。転輪型 RI 計器の大粒径材料への適用には、より確実に密着が可能な機構への改良とともに、統計的手法を用いた品質管理手法の確立が重要と思われ、今後も取組みを進める。

参考文献

- 1) 後藤洸一、青木浩章、池永太一、森安弘、越村聡介：転輪型 RI 密度水分計による自動締固め度計測～自動化振動ローラへの適用～、土木学会第 74 回年次学術講演会、VI-1138、2020
- 2) 建設省：RI 計器を用いた盛土の締固め管理要領（案）、建設省技調発 150 号、1996
- 3) 地盤工学会：土の締固め、pp.83-115、丸善出版、2012

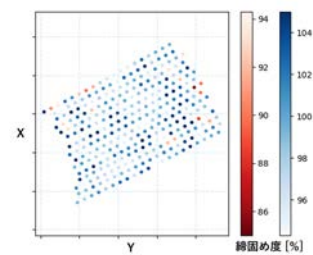


図-4 計測結果（元データ）

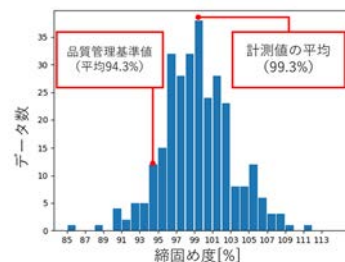


図-5 ヒストグラム

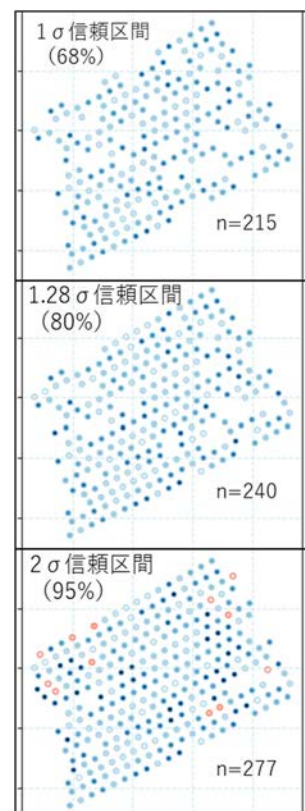


図-6 データ処理後の結果