

転輪型 RI 密度計による密度計測とバックグラウンド計測の同時計測についての検討

ソイルアンドロックエンジニアリング(株) 正会員 ○森 安弘, 池永 太一, 中野 雄貴

大成建設(株) 正会員 青木 浩章, 後藤 洸一

大成ロテック(株) 正会員 城本 政一, 越村 聡介, 佐々木 恵

1. はじめに

筆者らは、実施工現場での締固め度管理を振動ローラに取り付けた RI (Radio Isotope) 計器 (転輪型と呼ぶ) で面的にかつ連続的に測定を行うことを目的として研究を行っている。現在、現場密度試験に用いられている RI 計器には、地中に線源を挿入し、地表に設置した放射線検出部までの間を計測する透過型と、線源、放射線検出部ともに地表にあり、測定対象内部で散乱し戻ってきた放射線を計測する散乱型がある。転輪型 RI 密度計は後者であり、線源として密封ガンマ線源を用いている。現場密度試験を行う際には、線源を計器から取り外し、自然界に存在するガンマ線 (バックグラウンド, 以下 BG と記す) を計測する必要がある。

転輪型 RI 密度計は固定された主軸と主軸に対して自由に回転する外管の二重構造となっている。主軸には検出部と線源部が固定され、両側からフタをする構造となっており、線源の着脱にはその都度、計器の分解と組立が必要である。(図-1) これには大きな労力が必要であるため、以前より検討を行ってきた密度計測と BG 計測の同時計測技術¹⁾を適用することにより BG のみ測定するモードの省略が可能であるか検討を行った。

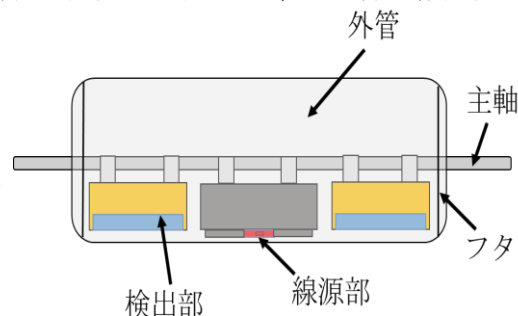


図-1 転輪型 RI 密度計の構造

2. 比較方法

転輪型 RI 密度計に用いたガンマ線源は Cs-137 (セシウム 137) である。Cs-137 の崩壊 (壊変) によって放出されるガンマ線のエネルギーは 662 keV であり、それ以下のエネルギー帯域にコンプトン効果によるスペクトルの広がりが見られる。また、土壤に含まれる主な放射性核種はウラン系列核種、トリウム系列核種、および K-40 (カリウム 40) である。全 2 者の自然含有量は著しく少ないため無視できる。すなわち BG 計測で得られる放射線カウント数の土質材料毎の差はそのほとんどが K-40 によるものである。K-40 の崩壊によって放出されるガンマ線のエネルギーは 1461 keV であり、Cs-137 と同様にそれ以下のエネルギー帯域にスペクトルの広がりが見られる。すなわち、図-2 に示すガンマ線エネルギー計測結果からも確認できるように、Cs-137 の干渉を受けない高いエネルギー帯域では Cs-137 の有無にかかわらず、BG 計測のエネルギースペクトルとほぼ等しい分布を示す。このことから、Cs-137 のスペクトル幅が大きい場合を考慮してエネルギーのしきい値は 900 keV とし、この 900 keV 以上のエネルギー領域スペクトルから BG 計測の全エネルギー領域を推定することができれば、Cs-137 を用いた密度計測と、本来は Cs-137 を取り外さなければならない BG 計測の同時計測が可能と考えられる。転輪型 RI 密度計による全エネルギー帯域での実測 BG カウント (cpm) と、線源装着時での 900keV 以上のエネルギー帯域を切り出した放射線カウント (cpm)で関係式 (回帰式) を作成し、両 BG 値が測定値 (湿潤密度) に与える影響を比較し検討を行った。

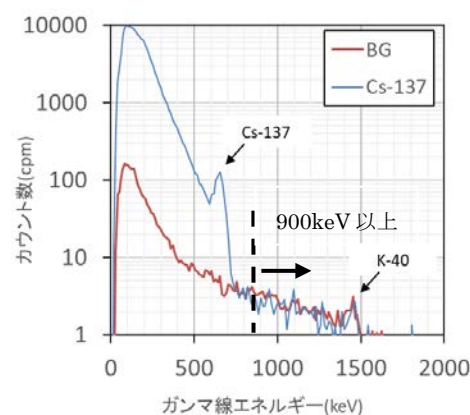


図-2 ガンマ線エネルギー計測結果

キーワード i-Construction, 散乱型 RI, バックグラウンド

連絡先 〒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

〒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

〒365-0027 埼玉県鴻巣市上谷 1456 大成ロテック(株) 技術研究所 TEL048-541-6511

3. 現場試験結果

全エネルギー帯域での実測 BG カウント(cpm)と、線源装着時での 900keV 以上のエネルギー帯域を切り出した放射線カウント(cpm)の関係式を図-3 に示す。両者の関係はおおむね図中に示した 1 次関数（直線）で表すことができる。図中の R^2 は近似直線の決定係数である。アスファルト舗装を除外し関係式を作成すると高い相関関係がある。アスファルト舗装で傾向が異なるのは、アスファルトの含有成分やアスファルト下の路盤による影響によるものと考えられる。

実測 BG を用いて算出した湿潤密度と、900keV 以上のエネルギー帯域での推定 BG を用いて算出した湿潤密度を比較すると非常に高い相関が得られた（図-4）。

次に両 BG を用いて算出したそれぞれの湿潤密度と、砂置換法で求めた湿潤密度の比較結果を図-5 に示す。転輪型 RI 密度計の湿潤密度から砂置換法での湿潤密度を減じた値を差とし、その標準偏差を求めた。実測 BG での標準偏差は $\sigma=0.072\text{g/cm}^3$ 、推定 BG での標準偏差は $\sigma=0.083\text{g/cm}^3$ となり、実測 BG を用いて算出した湿潤密度の方が、砂置換法に僅かながら近い結果となった。放射線を用いた測定器は、放射

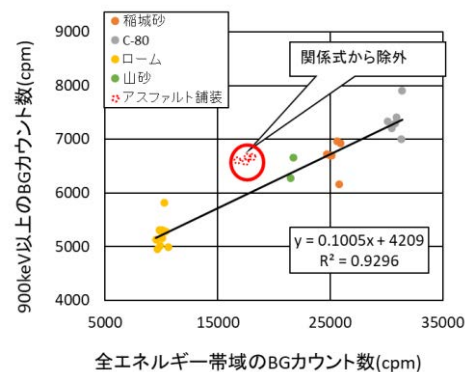


図-3 BG 関係式

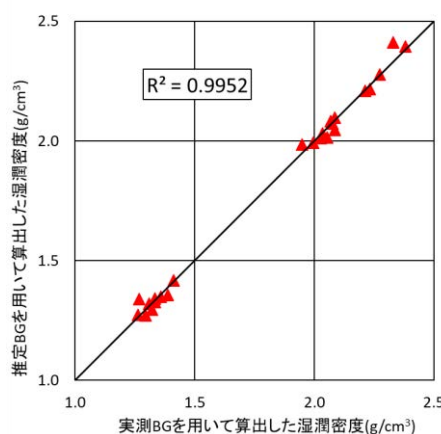


図-4 BG 毎で算出した湿潤密度の相関

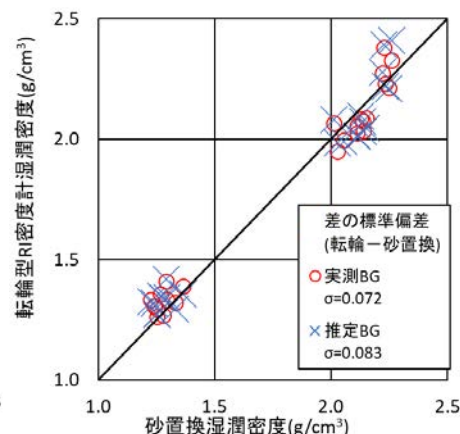


図-5 砂置換との比較

線の数の揺らぎ（単位時間あたりに崩壊（壊変）する原子核の揺らぎ）に起因する固有の誤差を持っている。これを壊変揺動誤差と言う。どちらの測定結果にもこの誤差を含んでいるが、推定 BG を用いた計測結果には、BG 値の変動という要因が加わったことが原因であると考えられる。

4. まとめ

推定 BG を用いた手法では実測 BG を用いた測定結果にわずかに及ばない結果となったが、線源着脱作業を省略できる利点を考慮すると十分に実用可能な技術である。昨今、建設現場での積極的な ICT 施工の活用が進められており、転圧作業、計測作業の自動化が進むと考えられる。転輪型 RI 密度計は振動ローラにけん引させて運用する。振動ローラ自動運転による作業者のいない自動計測において BG 計測の省略は必須事項である。今後もデータの蓄積、運用方法の改善により、測定精度及び関係式の信頼度向上を目指す。

参考文献

- 1) 池永太一, 松浦良信, 桑田岳治, 斎藤恵美, 小林泰三: 転輪型 RI 密度による密度計測とバックグラウンド計測の同時計測技術 土木学会 74 回年次学術講演会, VI-607, 2019
- 2) 森安弘, 池永太一, 青木浩章, 後藤洸一: 転輪型 RI 密度・水分計の測定精度向上の検討 土木学会 74 回年次学術講演会, VI-355, 2019
- 3) 門真正彦, 山下幹雄, 五十嵐隆士, 加藤和明, 稲田哲夫: ステップエッジを抽出するためのデータ平滑化とデコンボリューション法の検討