

ベントナイト碎石による処分場遮水工の施工管理 その2 現場密度管理

大成建設(株) 正会員 ○野本 裕, 後藤 洸一, 守屋 雅之, 小松 寛, 大久保 英也

1. はじめに

最終処分場における遮水工の補助工法として近年施工事例が増えているベントナイト碎石(通常層厚 $t=10\text{cm}$)の施工管理方法として, 参考文献 1) では, 散乱型 RI 試験機(以後, 散乱型 RI)による密度測定方法の有効性を報告している. 又, 参考資料 2) では, 敷均し厚と層厚の関係及びその再現性について報告している.

本報では, 実機レベルの試験を行い, 敷均し厚と密度の関係について検証するとともに, 転圧後におけるベントナイト碎石の現場密度管理方法として, 当社で開発した「転輪型 RI 密度水分計」(以後, 転輪型 RI)の適用性について検証した結果を報告する.

2. 転圧試験²⁾における転輪型 RI 測定

(1) 試験方法

参考文献 2) の転圧試験で, 敷均し厚と密度の関係について検証した. 密度計測は, 転輪型 RI を用いた. 転圧方法 4t(無振動, 有振動), 敷均し厚(13 cm, 14 cm, 15 cm), 転圧回数(2 回, 4 回, 6 回, 8 回, 10 回)を変えて転圧を行い, 図 1 に示す測定位置において, 沈下量計測と密度計測を実施した.

図 2 に示す「転輪型 RI」は, 密度計測用と水分計測用の転輪型筐体からなり, この 2 本それぞれの筐体内に, 放射線源と検出器とを備え, 材料中で散乱して検出器に入射した放射線の数で計測することで密度と含水量を求めることができる. 転圧密度はこれらの値から算出する.

(2) 測定結果

ベントナイト碎石の転圧に伴う厚さ(t)の変化は, 専ら空隙の変化によるもので, 含水比や単位面積当たりの土塊質量($M_s = \rho_{dN} \cdot t_N$, N : 転圧回数)の変化は殆どなかった. これにより, 転圧前後の乾燥密度と層厚との間に式①が成り立つことが確認できた. 式①を根拠として, 式②のように敷均し厚(t_0)と($\rho_{dN} \cdot t_N$)との相関を線形近似した. 乾燥密度(ρ_{dN})とそれに対応する層厚(t_N)は転圧回数毎に計測し, 測定点の($\rho_{dN} \cdot t_N$)の平均値を求めた. 無振動, 有振動及び両者を統合した全体の 3 ケースについて, 敷均し厚(t_0)と転圧 N 回後の乾燥密度と厚さの積($\rho_{dN} \cdot t_N$)との相関を図 4 に, 単回帰分析の結果を表 1 に示す. この結果から, 3 ケースとも概ね良好な相関を示し, 敷均し厚(t_0)と($\rho_{dN} \cdot t_N$)の関係には転圧方法の違いによる差は殆どないことが確認できた.

3. 現場密度測定方法の比較試験

(1) 試験方法

参考文献 2) の試験で確認した最適な敷均し厚 14 cm を目安とし, 試験ヤードにベントナイト碎石を敷設した後, 4 t 振動ローラで転圧(無振動, 有振動)を行った. 転圧回数(2 回, 4 回, 6 回, 8 回, 10 回)毎に, ベントナイト

キーワード 最終処分場, ベントナイト碎石, 現場密度管理, 転輪型 RI 密度水分計, 砂置換法

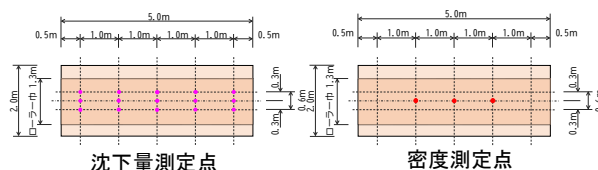


図 1 測定位置



図 2 転輪型 RI

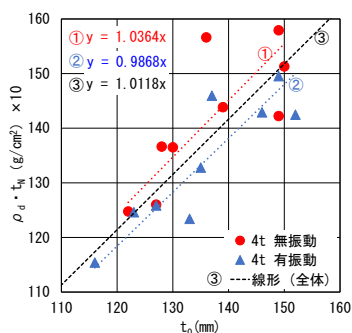


図 3 散乱型 RI

$$\text{式① } \rho_{d0} \cdot t_0 = \rho_{dN} \cdot t_N$$

ρ_{d0}, ρ_{dN} : 敷き均し時及び N 回転圧後の乾燥密度
 t_0, t_N : 敷き均し時及び N 回転圧後の厚さ

$$\text{式② } \rho_{dN} \cdot t_N = \alpha t_0$$

図 4 敷均し厚 t_0 と $\rho_{dN} \cdot t_N$ の相関表 1 敷均し厚 t_0 と $\rho_{dN} \cdot t_N$ の単回帰分析結果

転圧方法	単回帰式
① 4t無振動	$\rho_{dN} \cdot t_N = 1.0364 t_0$
② 4t有振動	$\rho_{dN} \cdot t_N = 0.9868 t_0$
③ 全体	$\rho_{dN} \cdot t_N = 1.0118 t_0$

碎石層に設けた測定位置において層厚と密度を測定した(図1右)．乾燥密度 ρ_d の測定は, 通常行う砂置換法に加え, 転輪型 RI と散乱型 RI による3種類の方法で実施した．

(2) 3種類の密度測定方法の比較

3種類の測定方法で求めた転圧回数毎の乾燥密度の平均値を図5に示す．無振動, 有振動共に3種類の測定方法がほぼ同様な値を示す結果となった．各測定方法の関係を明確にする為, 砂置換法とその他の測定方法との相関を求めたところ(図6), 転輪型 RI と散乱型 RI は砂置換法の測定値の $\pm 5\%$ 程度の範囲内で概ね良好な相関が得られた．

以上より, ベントナイト碎石の密度管理方法として, 砂置換法に加え, 転輪型 RI 或いは散乱型 RI による測定が有効であり, 特に転輪型 RI は, ベントナイト碎石を乱すことなく面的に迅速な測定ができる為, 日常の転圧管理として適切であると考えられた．

(3) 厚さと密度との相関の再現性

2. (2)と同様に, 敷き均し厚(t_0)と, 転圧N回後の乾燥密度と厚さの積($\rho_{dn} \cdot t_N$)との相関を線形近似した．無振動と有振動を統合した全体の相関を図7に, 単回帰分析の結果を表2に示す．この図表と, 2. で検討した転輪型 RI で測定した乾燥密度に基づく相関(図4, 表1)を比較すると, 転輪型 RI, 砂置換法の両者とも相関は, 概ね同様であり再現性は良好といえる．

4. 考察

本検討で示した乾燥密度と敷き均し厚の関係, 及び参考文献1)で確認した転圧回数と敷き均し厚との関係から, 必要な乾燥密度を得る為の転圧回数と敷き均し厚を設定できることを確認した．又, 転輪型 RI を用いた測定方法は, 薄層で施工されるベントナイト碎石に対しても適用可能で, 砂置換法の代替測定方法として十分利用可能であり, ベントナイト碎石を乱すことなく, 面的な密度管理ができる現場密度測定方法として有効であることが確認できた．

この転輪型 RI を用いた地盤締固めの品質管理システムは「T-iCompaction (図8)」として既に盛土施工等で実用化されているが, 今後, ベントナイト碎石の品質管理への展開を想定している．

参考文献

- 1) 守屋雅之・大久保英也・小松寛・須網功二・野本裕: ベントナイト碎石による処分場遮水工の実証試験, 第50回土木学会関東支部技術研究発表会, 2023
- 2) 宮田涼平・福田和久・大久保英也・小松寛・守屋雅之: ベントナイト碎石による処分場遮水工の施工管理 その1 転圧試験, 令和5年度全国大会 第78回年次学術講演会, 発表予定, 2023

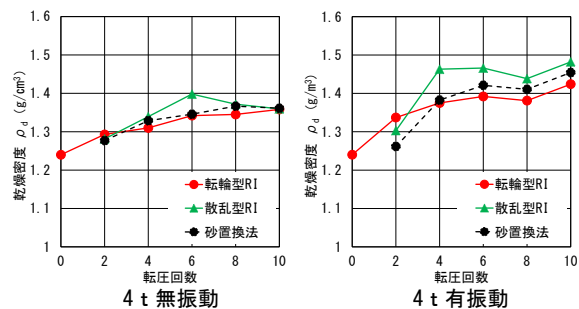


図5 3種類の密度測定方法の比較

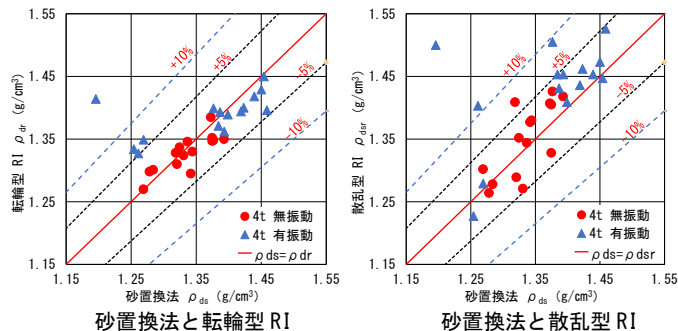


図6 砂置換法とその他の測定方法との ρ_d の相関

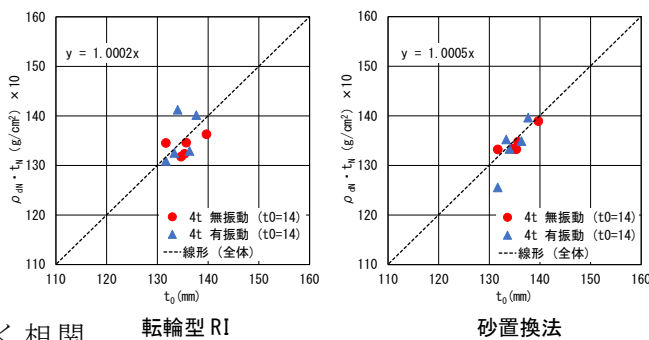


図7 敷き均し厚 t_0 と $\rho_{dn} \cdot t_N$ の相関

表2 敷き均し厚 t_0 と $\rho_{dn} \cdot t_N$ の単回帰分析結果

測定法	単回帰式
転輪型RI (全体)	$\rho_{dn} \cdot t_N = 1.0002 t_0$
砂置換法 (全体)	$\rho_{dn} \cdot t_N = 1.0005 t_0$

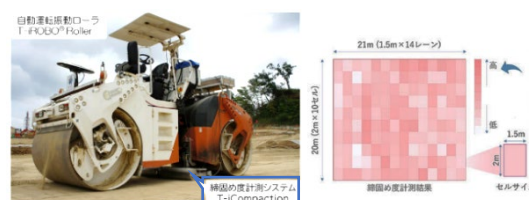


図8 T-iCompaction (当社技術)