## 難透水性覆土の施工後品質測定における簡易手法による乾燥密度測定と補正に関する検討

安藤ハザマ 正会員 〇山田淳夫,永井裕之,千々松正和 日本原燃(株) 浪岡翔吾, 工藤淳, 増田良一 東電設計(株)矢込吉則

### 1. はじめに

低レベル放射性廃棄物処分施設における難透水性覆土の施工後品質の測定に採取試料を用いる場合,採取箇所 を乱す懸念やある程度の測定時間を要するため、測定頻度を高密度にすることは現実的ではない.そこで広範囲 を非破壊で簡易的に乾燥密度を測定し測定頻度を上げる方法に関する検討を行った.本研究ではまず既往研究<sup>1)</sup> と同様の施工を行い,施工後の品質確認(乾燥密度と透水係数の測定)を行った.この結果と乾燥密度を簡易的 な測定方法(Soil Density Gauge(以下, SDG)や散乱型RI密度計のように非破壊的に測定できる手法)との比較を 行い適用性に関する評価を行った.また、3Dスキャナによる出来形測定結果より算出される施工高さの変化より 密度の変化を換算する手法についても合わせて評価した.

 $1.0 \times 10$ 

### 施工の概要

 $1.0 \times 10^{-1}$ 施工試験に用いた材料として,既往の検討<sup>1)</sup>と同様に Ca型ベントナイト (クニミネ工業・クニボンド RW) を乾 ŝ  $1.0 \times 10^{-1}$ 燥質量比で 30%混合したベントナイト混合土 (母材はコン 透水係数  $1.0 \times 10^{-1}$ クリート用細骨材)を用い,含水比も同様にω<sub>ont</sub>+4%(19%) とし, 敷均しは小型フィニッシャを用いて延長 10m, 幅 2m, 1.0 × 10<sup>-12</sup> 厚さ 100mm で実施した. さらに, 小型振動ローラ (1.5t 級)で転圧し、締固めを行った.振動転圧の前にコンバイ ンドローラによる予備転圧(無振動)を実施した.転圧後 にシンウォールサンプラーでコア状の試料を採取し、透水係数と 含水比,乾燥密度を測定した.含水比,乾燥密度とベントナイト 中のモンモリロナイト含有率から換算できる有効モンモリロナイ ト湿潤密度と透水係数との関係を図-1に、含水比と乾燥密度の関 係を図-2 にそれぞれ示す.透水係数は、変水位透水試験と背圧負 荷型(差圧型)変水位透水試験<sup>2)</sup>より求めた.

#### 3. 非破壊密度測定法の適用

施工後の密度測定法として、散乱型 RI 密度水分計および SDG による測定を適用した.これらの測定器は測定箇所の深度方向が 約20~30cm程度の深さの平均的な密度を測定するものであり、

測定される面積も測定器の大きさに依存し、30×40cm 程度の面積となる.通常、透過型 RI 密度水分計が適用さ れることが多いが、線源棒を 20cm 程度施工層に挿入する必要があるため散乱型のものを選択した.また、SDG は放射線ではなく電磁波を用いて土壌の密度・水分を測定する測定器である。測定ピッチは、延長 1m×幅 0.4m とし、施工境界付近の影響を除外するため、境界より 0.6m 程度離隔を取った.

図-3 に非破壊密度測定結果を示す. 比較のため, 図-2 から施工境界付近のデータを除外したものも併記した. コア試料を用いた測定結果と比べると、RI 密度水分計、SDG の結果ともばらつきの幅が大きくなっている.RI 密度水分計に関しては、含水比が高くなるほど乾燥密度は小さくなっており、定性的な傾向は合っているが、ゼ

連絡先:〒305-0822 茨城県つくば市苅間515-1 TEL: 029-858-8810 FAX: 029-858-8829 E-mail: yamada. atsuo@ad-hzm.co.jp

 $1.0 \times 10^{-13}$ 1.2 1.3 1.0 1.1 1.4 有効モンモリロナイト湿潤密度 (Mg/m³) 図-1 透水係数と有効モンモリロナイト 湿潤密度との関係 1.90 ゼロ空隙曲線 1.85  $(0.=2.709Mg/m^3)$ ີ້ 1.80 幔密度(Mg/ 1.75



log<sub>10</sub>(y) = 1.8098x<sup>2</sup> - 13.726x + 5.1592

1.5

1.6

 $R^2 = 0.9449$ 

キーワード:放射性廃棄物,難透水性覆土,乾燥密度,SDG,散乱型 RI, 3D スキャナ

ロ空隙曲線を越えるような値が測定された.SDG に関しては,含 水比の増加に伴い乾燥密度も増加するという通常とは逆の傾向と なった.そこで,既往検討<sup>3)</sup>で示された以下の式(1),式(2)で示す 補正式と表-1 に示す補正係数を適用し,図-4 に示すように再度整 理した.ただし,SDG の場合,乾燥密度の推定に対しての適用性 が低いことが確認できたので,補正からは除外した.この補正に より,コア試料との乖離が少なくなった.すなわち,適切に測定 値を補正することにより,広範囲を短時間で簡易的に乾燥密度を 測定する方法としての適用できる可能性があるといえる.

湿潤密度の補正式<sup>3)</sup> :  $\rho_{tRI} = (\rho_{tRI} - A)/B$  式(1)

含水量の補正式<sup>3)</sup>: ρ<sub>mRI</sub>=(ρ<sub>mRI</sub>-C)/D 式(2)

# 4. 出来形測定結果から密度を推定する方法の適用

3D スキャナにより施工範囲の出来形測定を行い,施工前後 での標高差から施工層厚を求め,敷均し後のかさ密度の測定値 とこの施工層厚を用いて転圧後の密度を推定した.敷均し後の かさ密度は層ごとの平均値(0.85~0.88(Mg/m<sup>3</sup>)程度)を用い た.このかさ密度の時の敷均し後の層厚が100mmであり,転 圧後の層変化率が0.5だった場合,転圧後の層厚は50mmであ り,乾燥密度の換算値は0.85~0.88(Mg/m<sup>3</sup>)/0.5=1.70~1.76 となる.その結果をプロットしたものを図-5に示す.コア試料 を用いて測定した乾燥密度よりもばらつきが大きくなる傾向



表─1 補正係数 <sup>3</sup>				
条件	А	В	С	D
湿潤密度 $ ho$ $_{ m tRI}$ $< 2.10 { m Mg/m}^3$	0.506	0.775	0.069	0.922
湿潤密度 $\rho_{tRI} > 2.10 Mg/m^3$	0.147	1		



となった.これは,敷均し後のかさ密度のばらつきも含まれているためであると推察される.そこで,図-6 に示 すように,3D 測量で推定した乾燥密度とコア試料の乾燥密度の比が転圧前後の層厚変化率ごとに変化することに 着目し,3D 測量で推定した乾燥密度に補正した結果を図-7 に示す.このような簡便な補正によって,3D 測量結 果も簡易的に乾燥密度を推定する手法となる可能性を見出すことができた.

# <u>5. まとめ</u>

簡易的に乾燥密度を測定する手法は,既往研究で報告されている手法や,転圧前後の層厚変化率に着目して測 定値を補正することによって,適用可能であることを示唆する結果が得られた.これにより,コア採取を行う必 要がある測定点の間を補間するのに,本論文で評価した簡易手法を適用し測定頻度を増やすことも可能となる.

【参考文献】1) 山田ほか;低レベル放射性廃棄物処分施設における難透水性覆土の施工の高度化の検討,第71 回年次学術講演会講演概要 集,土木学会,CS13-018,2016,2) 千々松ほか;低透水性材料の透水試験方法に関する検討,題60回地盤工学シンポジウム 平成28 年度 (2016 年度) 論文集,地盤工学会,2-1,2016,3) 永井ほか;難透水性覆土の品質確認へのRI 計器,SDG の適用性検討,題60回地盤工 学シンポジウム 平成28 年度(2016 年度) 論文集,地盤工学会,3-4,2016

