

転圧締め施工時の出来形測定への LiDAR の適用性検討

安藤ハザマ 正会員 ○山田淳夫, 伊藤歩夢, 小栗光, 千々松正和

1. はじめに

低レベル放射性廃棄物の処分事業では、低透水層にベントナイト混合土を使用する計画となっている。これまで著者らは、ベントナイト混合土の締め管理における現場密度試験に代わる方法として、3D スキャナを利用する方法を検討してきた^{1)~5)}。この方法は敷均し後の密度と転圧前後の層厚変化から締め後の密度分布を推定するもので、これにより締めの面的管理が可能となる。

本研究は、3D スキャナに代わる測定機器として、システム整備費が安い LiDAR の適用性について検討する。本研究は LiDAR 搭載スマホ/タブレットと GNSS を組み合わせた出来形測定方法⁶⁾とは異なり、LiDAR の測定データから締め後の乾燥密度を推定する^{1)~5)}ことを目標とするものである。本研究の取組みを図 1 に示す。

2. 試験方法の概要

試験に用いた LiDAR の仕様を表 1 に、ベントナイトの基本特性を表 2 に、砂の基本特性を表 3 に示す。表 2 中のモンモリロナイト含有量はモンモリロナイトの純度が高いベントナイトの MBC (150mmol/100g) を基準とした。ベントナイトと砂を乾燥質量比 2 : 8、含水比 12% で混した。

LiDAR は写真 1 に示すように、屋内実験場の 2 階踊り場の手擦 (写真手前) に設置し、写真 2 に示す測定対象物を図 2 のように水平距離 10m ピッチで最大 40m まで配置した。LiDAR と測定対象物との高低差は 8.0m 程度で、レーザーの照射角度は 10° 以上を確保した。

測定対象物は角材で 1 辺 1.2m の枠組みの中にベントナイト混合土を配置したものを基本とした。その他、白黒の三角形を基調としたターゲットを、木製・金属・プラスチックの 3 種類の材質で準備した (表 4 上段)。40m 地点の高さ測定で点群が十分に確保できるように、測定時間は 9 秒間とした。

LiDAR の測定精度確認のため、同じ位置からのトータルステーション (以下, TS) を用いた測量も実施し、結果を比較した。

3. 材質と色調の影響評価

表 4 中下段に LiDAR によるターゲットの測定結果を示す。測定結果には、色の違いおよび材質の影響が見られた。色は白色部分よりも黒色部分の方が、LiDAR から離れているような測定結果となった。材質の違いでは、金属 > プラスチック > 木材の順で反射強度が大きくなった。これは、色や材質によってレーザーの反射強度に差が生

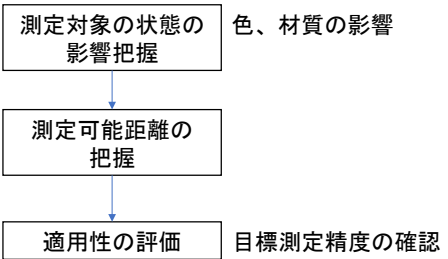


図 1 本研究の取組み

表 1 LiDAR の仕様

メーカー	型式	Livox Avia
外観		
	スキャン範囲	水平 70°/鉛直 77°
測定範囲	320m	
測定精度 (1σ)	20mm@20m	
測定角度 (1σ)	180°未満	
ビーム径	鉛直 0.28°/水平 0.03°	
重量	0.49kg	
寸法	91×61.2×64.8mm	

表 2 ベントナイトの材料特性

産地	青森県黒石
土粒子密度 (Mg/m³)	2.587
pH	10.2
MBC (mmol/100g)	89
モンモリロナイト含有量 (%)	59.3
膨潤力 (ml/2g)	19

表 3 砂の材料特性

産地	青森県三沢
土粒子密度 (Mg/m³)	2.73
細粒分含有率 (%)	0.2
最大粒径 (mm)	4.8
均等係数 U_c	4.2
曲率係数 U'_c	0.85

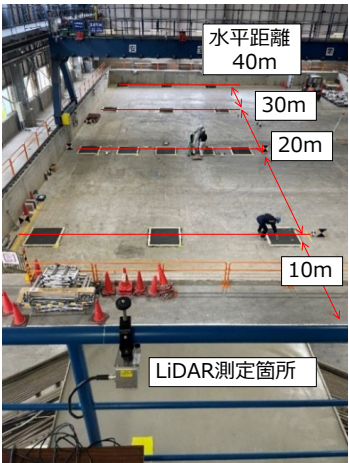


写真 1 測定箇所



写真 2 測定対象物の例

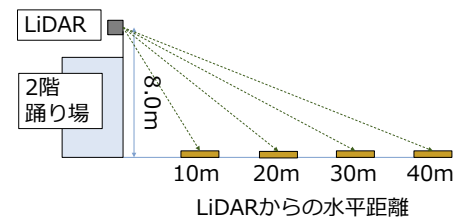


図 2 測定箇所の概念図

キーワード：放射性廃棄物, ベントナイト混合土, 出来形測定, LiDAR, 層厚管理

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

じ反射強度が弱いほど LiDAR から離れた測定結果になるためと考えられる。

4. LiDAR による出来形管理に向けた見通し

図 3 に LiDAR の点群データの例を示す。これは写真 2 に示した 1.2m 枠の表面へ照射した点群の断面図の一つである。材料の敷均し後と転圧後の各段階で測定した結果の高低差は確認できるが、点群がいわゆる天の川のように、幅 20mm 程度の帯状に分布している。そのため、LiDAR の点群データを加工せず、そのまま測量結果として使用することは困難であると思われる。

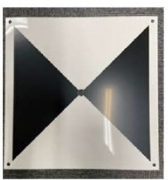
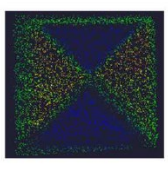
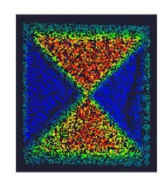
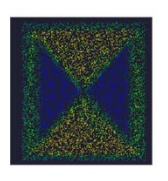
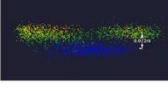
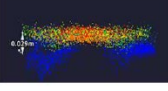
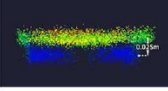
図 4 に LiDAR と TS による各施工段階における層厚の測定結果を示す。水平距離 40m 地点では、ベントナイト混合土表面の点群データは半分以上取得できなかった。コンクリート面ではデータ取得できているため、今回のベントナイト混合土表面における反射強度の弱さによるものと考えられる。図 4 のうち、敷均し厚（左）と転圧後厚さ（中）は LiDAR と TS の乖離が大きい。これは、施工前段階の初期値がコンクリート表面であったため、材質の違いによる影響が出たためであると考えられる。敷均し厚－転圧後厚さ（右）では、水平距離 20m までは差が小さい結果となった。すなわち、同じ材質の層厚変化は正確に把握できる可能性がある。この結果を平面上に示した結果を図 5 に示す。

5. まとめ

LiDAR の測定結果をそのまま表面高さの測量に適用することは現状では困難であるように思われる。しかし、施工の各段階の表面高さの差分である層厚の管理においては、水平距離 20m の範囲内で適用できる可能性が有ることがわかった。

【参考文献】 1) 石濱ほか；レーザースキャナによる放射性廃棄物処分施設の遮水層の非破壊密度推定,第 70 回年次学術講演会講演概要集,土木学会,CS12-016,2015, 2) 田嶋ほか；放射性廃棄物処分場における施工管理方法（その 2. 3D レーザー測量による高さ管理）,第 72 回年次学術講演会講演概要集,土木学会,VII-053,2017., 3) 山田ほか；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,第 72 回年次学術講演会講演概要集,土木学会,VII-057,2017., 4) Yamada et al. ; Method for Measuring Dry Density of Compacted Bentonite Mixture Soil Using 3D Laser Scanner data, WM2019 Conference, March 3-7, 2019, Phoenix, Arizona, USA, 19119, 2019., 5) 山田ほか；3D スキャナによる締固め密度推定方法の推定尤度に関する考察,第 57 回地盤工学研究発表会概要集,地盤工学会,21-8-2-05,2022., 6) 日経コンストラクション,2022.3.14, pp.35-37, 2022.

表 4 LiDAR によるターゲットの測定結果

材質	木製	金属製	プラスチック製
外観			
平面図			
断面図			

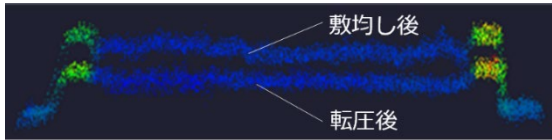


図 3 LiDAR の点群データの例

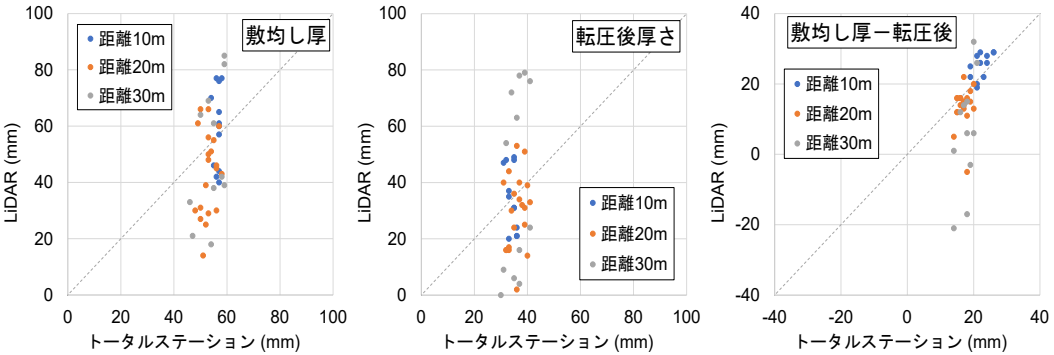


図 4 LiDAR とトータルステーションでの各施工段階における層厚の測定結果較

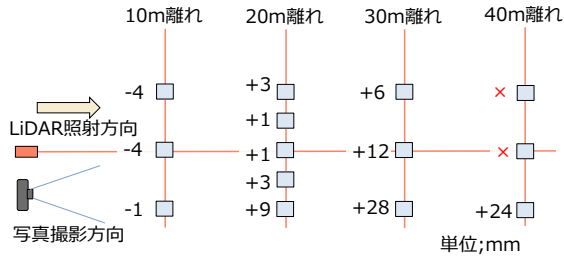


図 5 トータルステーションに対する LiDAR での層厚差