

ズリ鋼車の土量計測システム

大成建設(株) 技術センター ○ フェロー会員 森田 泰司

1. はじめに

シールド工事において周辺地盤に与える影響で大きな要因となるのは、掘削土量の管理である。泥土圧シールドにおける掘削土の搬出経路は、スクリーコンベア → 後続台車上ベルコン（一次圧送ポンプ、圧送管） → バッテリーロコ運搬用の鋼車（以降ズリ鋼車と記載） → 立坑 → クレーン → 土砂ピットの順で、立坑上でバックホーによりダンプに積み込まれ、場外に搬出される。掘削土量の計測手法は、電磁流量計（スクリーコンベア）、超音波センサ（ズリ鋼車）、ロードセル（クレーン）などの計測機器を用いたり、ロータリーポンプやスクリーコンベアの回転数を計測し、掘削土量を算出する方法やベルトコンベア上を移動する土をカメラで捉え画像処理や超音波距離センサを用いて行う方法などがある。

2. 大成建設の土量計測技術

1991年にズリ鋼車走行上の横断方向に複数の超音波計・レーザー距離計を下向きに取付、ズリ鋼車入坑時に空車の底面をメッシュ状に計測し、出坑時には実車の天端を同様に計測し入坑時との差を計算し排土量を計測するシステム（写真-1）を開発、2017年には連続ベルコンを対象に光切断法を用いた土量計測（写真-2）を開発した（70回年次学術講演VI-003）。



写真-1. ズリ鋼車対応



写真-2. 連続ベルコン対応

3. 開発の背景

連続ベルコンを設置しない工事や第一ベルコンや後続台車上のベルコンに光切断装置が設置できない断面において、新たに2D-LiDARを用いてズリ鋼車上の土砂を検知し、土量を算出する高精度で安価なシステムを開発した（図-1）。

4. システムの概要

- ① 2D-LiDARはトンネル軸方向に直行する様ズリ鋼車軌道の上部に設置する。
- ② 距離センサはトンネル軸方向に平行するように軌道脇に2台設置する（図-2）。
- ③ 2台の距離センサにより、ズリ鋼車の入坑と出坑の判別とズリ鋼車の端部を認識し、2D-LiDARに計測開始の合図を送る。
- ④ ズリ鋼車入坑時、ズリ鋼車の残有土砂の数量を計測する。

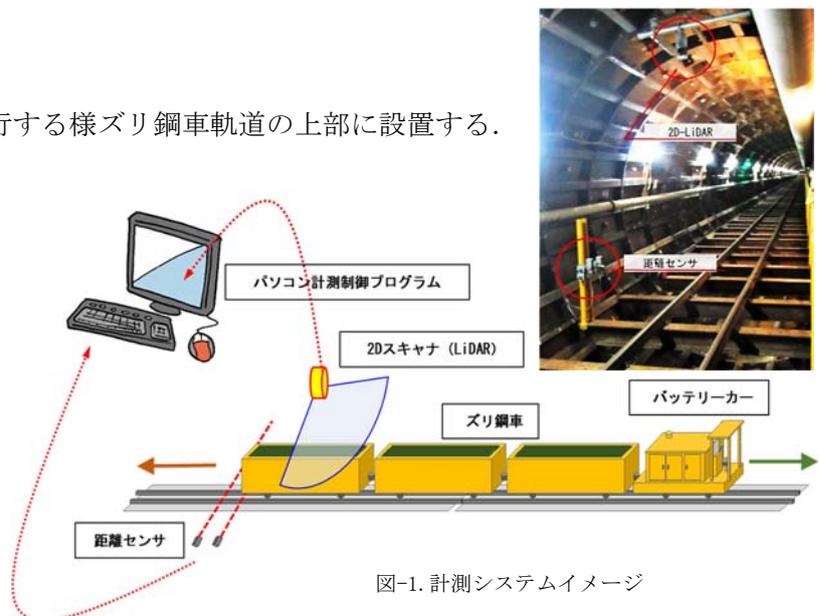


図-1. 計測システムイメージ

キーワード シールド工法, 掘削管理, 土量計測, ズリ鋼車, 2D-LiDAR,

連絡先 〒245-0051 横浜市戸塚区名瀬町 344-1 大成建設株式会社 技術センター TEL045-814-7229

⑤ ズリ鋼車出坑時，ズリ鋼車の積載土砂の数量を計測し，入坑時の残有土砂数量を加減し，掘削土砂数量を算出する（図-3）。

5. 実験結果

今回使用した2D-LiDARは，エッジ部分等レーザーが掠るような当たり方をする場合に不安定な測定値が出力される。現場実験においても，測定値のバラツキが発生した。

エッジ部分として，鋼車前端部直後と鋼車後端部直前の測定データが乱れることが判った。そこでスキャンデータが乱れやすい前端部と後端部付近のデータを使用しないように体積計測方法を変更し，データ欠損となる前端部と後端部のデータについて補間処理を行った。現場実験のデータを再計算したところ標準誤差

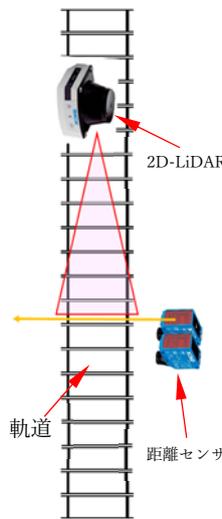


図-2. 機器配置図

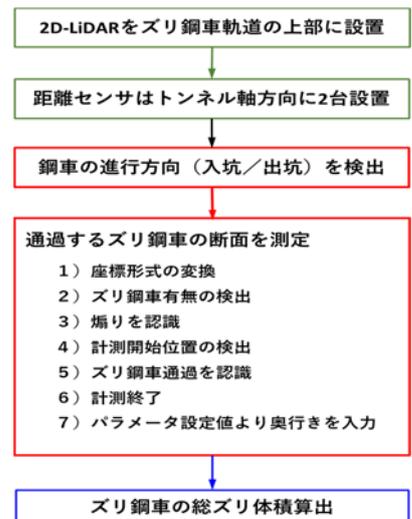


図-3. 計測フロー

0.00093，標準偏差は0.0028であった。入坑，出坑時の土量計測実験の一部を表-1に示す。ケース(1)ズリ鋼車の断面計測，ケース(2)(3)ズリ鋼車が満函で入坑し段ボール（既知の体積）を積んで出坑，ケース(4)ズリ鋼が空函で入坑し段ボール（既知の体積）を積んで出坑。ズリ鋼車の走行速度が3 km/h，6 km/hでも計測精度に差がないことも確認できた。次に，3両編成のズリ鋼車で，連結器上に土砂落下防止用のコンパネを使用（写真-5）しても計測が可能なことを確認した。

表-1. 土量計測実験（入坑、出坑時）結果

ケース	計測内容	呼称	実測値	計測値	計測誤差 %	走行速度 km/h	備考	参照
1	ズリ鋼車内空断面積	m ²	1.193	1.1979	+0.4	3.0		図-4
2	1両編成のズリ鋼車が満函	入坑 m ³	3.281	3.253		6.0		写真-3
	段ボール	出坑 m ³	0.140					
3	1両編成のズリ鋼車が満函	入坑 m ³	3.281	3.255		3.0		図-5
	段ボール	出坑 m ³	0.140					
	1両編成のズリ鋼車が満函+段ボール	出坑 m ³	3.421	3.400	-0.6			
4	1両編成のズリ鋼車が空函(容量=3.28m ³)	入坑 m ³	0.000	0.001		3.0	若干の残土あり	写真-4 図-6
	段ボール	出坑 m ³	0.156					
	1両編成のズリ鋼車が空函+段ボール	出坑 m ³	0.156	0.157	+0.6			

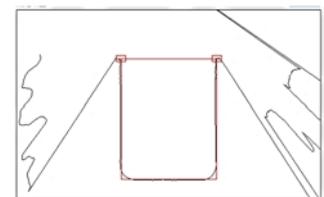


図-4. 2D-LiDAR 計測表示（空函）



写真-3. 模擬土砂設置状況（天端）

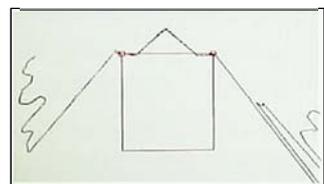


図-5. 2D-LiDAR 計測表示（模擬土砂天端設置）



写真-4. 模擬土砂設置状況（底部）

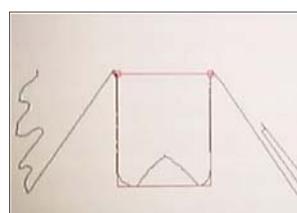


図-6. 2D-LiDAR 計測表示（模擬土砂底端設置）

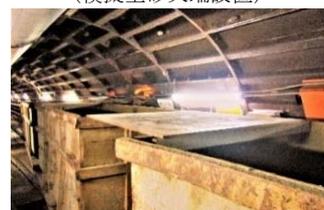


写真-5. 土砂落下防止用コンパネ設置状況

6. まとめ

本システムは，僅かな計測誤差でズリ鋼車上の土量計測が行え，小断面シールド工事に限らず，大断面でも使用できるシステムが完成した。2020年夏の運用予定で改善を行い，より良い施工管理に寄与して行きたいと考える。