

RGB 赤外線センサーを用いたシールドテールクリアランス測定装置の開発

(株)大林組 正会員 ○西森 昭博

(株)大林組 正会員 藤岡 大輔

(株)大林組 正会員 上田 潤

1. はじめに

シールド工事では、セグメント組立てスペースの確保、テール部での止水性の確保およびセグメントのせりの防止等の観点から、テールクリアランスを適正に保ちながら掘進を行うことが重要である。テールクリアランスを適正に保つには適度な頻度で測定を行う必要があり、これまでに様々なテールクリアランス測定装置が開発されているが、コストや耐久性の面で課題が残っている。そこで筆者らは、安価に入手可能な RGB 赤外線センサーを利用し、シールドの掘進作業中に損傷を受けにくい位置から測定可能なテールクリアランス測定装置の開発に取り組んでいる。本稿では、測定装置の概要と測定実験について報告する。

2. テールクリアランス測定装置の概要

RGB 赤外線センサーは、カラー画像を撮影する RGB カメラと、測定装置から対象点までの深度を測定する赤外線深度センサーからなるデバイスで、撮影対象の三次元点群データを取得することができる。本開発では、Windows での開発環境が整い、安価に入手が可能な Microsoft 社の Kinect v2 を使用している(図 1)。この装置の RGB カメラの解像度は 1920×1080 、深度センサーの解像度は 514×424 で、いずれもフレームレートは 30fps である。深度測定には TOF 方式が採用されており、深度の測定範囲は $0.5 \sim 8.0\text{m}$ である。

RGB 赤外線センサーを使用したテールクリアランスの測定方法を、図 2 に示す。RGB 赤外線センサーをシールドジャッキ根元のリングガーダー部に設置し、セグメントとスキンプレート内面の点群データを取得する。点群データの座標値を元に、セグメント内面からスキンプレート内面までの垂直距離を計算し、そこからセグメントの厚さを差し引き、テールクリアランスを算出する。

3. 室内測定実験

RGB 赤外線センサーは測定精度に関して明確な規定がなく、既往の研究も少ない。そこで本開発形態での測定精度を調べるため、室内実験を行った(図 3)。床面をスキンプレート、木箱をセグメントと想定し、測定対象物から $0.8 \sim 3.2\text{m}$ の離隔をとり、測定装置の高さを変えることで赤外線の入射角度を変化させながら測定を行った。その結果、測定深度 3m 、入射角 10° 程度までは問題なく点群データを取得することができ、測定精度もおおむね $\pm 3\text{mm}$ 以内に収まることを確認した。

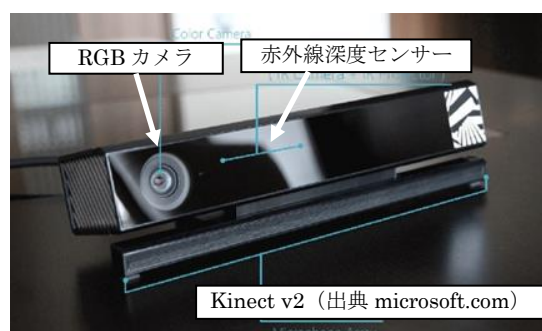


図 1 RGB 赤外線センサー

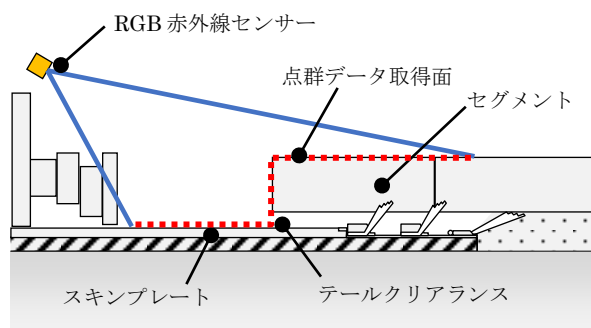


図 2 テールクリアランスの測定方法

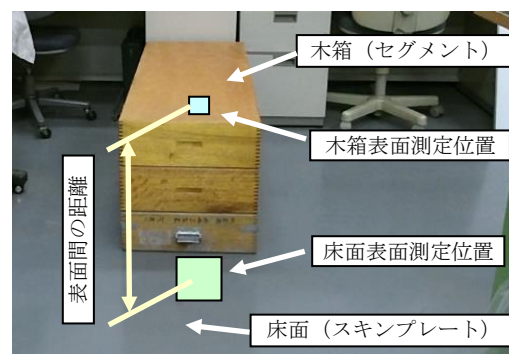


図 3 室内実験状況

キーワード シールド, テールクリアランス, 測定装置, RGB 赤外線センサー

連絡先 〒108-8502 東京都港区港南 2-15-2 品川インターシティ B 棟 株式会社大林組 TEL03-5769-1318

4. 現場測定実験

(1) 実験の目的と方法

実際のシールドマシンにおけるテールクリアランスの測定精度を確認するため、現場測定実験を実施した。測定実験には、外径 5.6m のシールドマシンを用い、実際の掘進中に測定した。本測定区間のセグメントは厚さ 250mm、幅 1200mm の鉄筋コンクリート製セグメントであり、スキンプレートは内面にさび止め塗装が施してある。測定装置は、リングガーダー部に設置し、掘進終了時点においても赤外線の入射角度を 10°程度確保できる高さに固定した (図 4)。

(2) 実験結果

測定実験中に取得した点群データを図 5 に示す。点群データを見やすいように、3D モデルを回転させ視点を変えている。測定位置付近のスキンプレートおよびセグメントについては、点群データが鮮明にゆがみなく取得できている。赤外線の鏡面反射や多重反射の影響によるデータ異常はみられず、今回の現場環境での測定が可能であることを確認した。

ジャッキストローク (以下、JS と称す) が 800mm、1700mm の時点での実測値と測定サイクル 30 回分の測定値を図 6 に示す。本実験における測定 1 サイクルの所要時間は約 1 秒であり、約 30 秒間の測定値である。測定値の変動を示す標準偏差は JS = 800mm の時が 0.73mm、JS = 1700mm の時点で 1.21mm であり、テールクリアランス測定装置として十分に使用できる変動である。この時点でのテールクリアランスの実測値は、それぞれ 28mm、32mm であり、測定値とおおむね一致している。

測定装置の設置位置を変えて、4 回の掘進において合計 16 回の測定を行った。1 回の測定毎に 30 サイクル分の測定を行い、合計 480 個のデータを取得した。その時の実測値と測定値との差の分布状況を示すヒストグラムを図 7 に示す。今回取得したデータはほぼ正規分布しており、このデータ全体の平均値は -0.11mm、標準偏差は 2.15mm であった。個々の測定精度でも十分に使用できる範囲であり、平均処理を加えることでさらに高い精度を確保できることを確認した。

5. おわりに

RGB 赤外線深度センサーを用いたテールクリアランス測定装置の測定実験を実施した。実験の結果、今回の測定環境においては、十分にテールクリアランス測定装置としての測定精度を確保できることを確認した。今後は、ノイズ処理や平均化処理をくわえさらなる精度の向上を図るとともに、異なる環境下での精度の確認や実用化に向けて仕様の検討を進める予定である。

参考文献

- 1) 中村匠, 木村元 : KinectV2 センサーを用いた現場合わせ管の計測システムの開発, 日本船舶海洋工学会講演会論文集 Vol.21, 2015
- 2) Microsoft Developer <https://blogs.msdn.microsoft.com/cdn devs/>

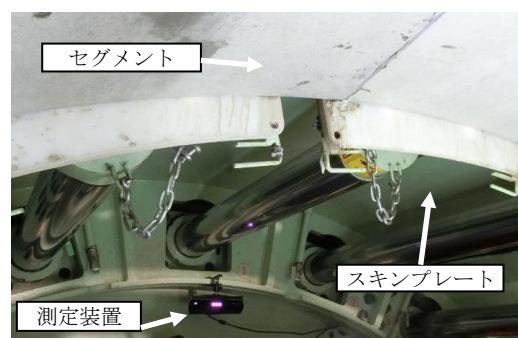


図 4 測定装置設置状況

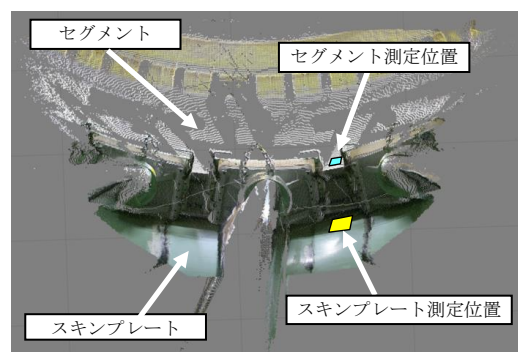


図 5 点群データ取得状況

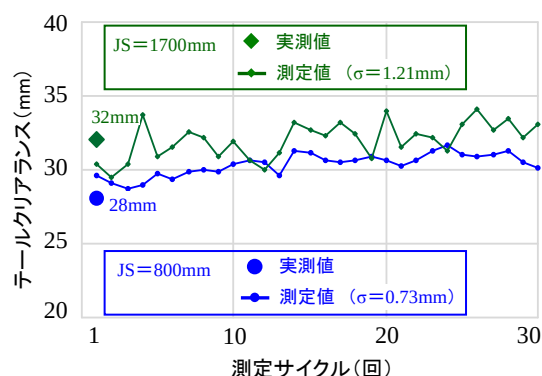


図 6 テールクリアランスの測定結果

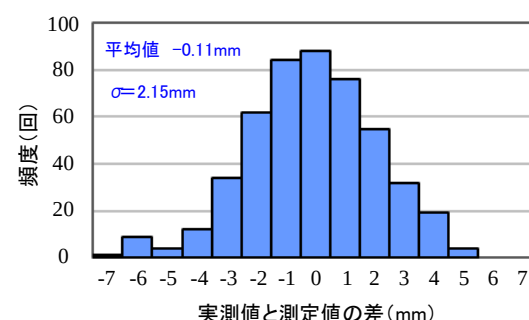


図 7 実測値と測定値の差の分布状況