

シールドトンネルにおける ICT を活用した真円度計測システムの開発（その2）

(株) 大林組 正会員 ○西森 昭博 正会員 上田 潤
正会員 アフシャニ アレリザ
(株) TBM システムズ 前川 泰光

1. はじめに

シールド工事では、セグメントの真円度が低下すると、継手周りにひび割れや欠けが発生することがある。そのため、セグメントの真円度を測定して組立にフィードバックすることが肝要である。しかし、シールド機の後方部には後方台車や設備が密集しており、真円度の測定を行うことが難しい。そこで、筆者らは ICT を活用した最新の計測技術により、セグメント組立直後の真円度を自動で計測可能なシステムの開発を行っている。本稿では、掘進中のシールドの切羽において計測実験を行った結果について報告する。

2. 「シールド真円度計測システム」の概要

「シールド真円度計測システム」は、車の自動運転に用いられる汎用型の 3D-全方位センサーを使用した計測システムである¹⁾。シールドの切羽付近となるセグメント組立位置には、エレクター、後方作業デッキ、スクリーコンベヤー、その他配管類などが密集しているため、1 か所から全周を見渡すことが難しい。そこで、2 台の計測センサーを用いて左右 2 か所から計測を行う方式を採用している(図-1)。計測センサーの相対位置を事前に計測しておき点群データを重ね合わせることで、死角となる点群データ欠損部を補い全周の計測が可能となる。

計測時には、エレクター、後方作業デッキ、フィーダー、スクリーコンベヤー等の設備の点群データも同時に取得されてしまい、計測の障害となる。本計測システムではこれらの不要な障害物の点群データを自動でカットできるノイズ処理アルゴリズムを導入し、計測精度の向上を図っている。

3. 真円度計測実験の概要

本計測システムを用いて、掘進中のシールドトンネルの切羽において計測実験を行った。計測センサーは、エレクターと後方作業デッキの間の 200mm ほどの隙間を選定し、エレクターの旋回に干渉しない位置に設置した。

計測センサーを後方作業デッキの支柱に固定し、ローリング、ピッチング、軸方位を調整した(図-2)。それと同時に、計測センサーの位置を測定し、シールドトンネル中心に対する計測センサーの相対位置を決定した。計測は、ジャッキスピード 20~40mm で掘進を行っている最中に行い、掘進開始時から掘進終了時までストローク 100mm 毎に実施した。

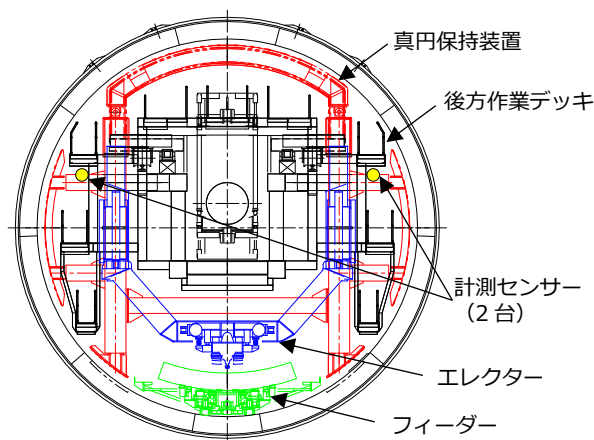


図-1 計測センサー設置位置

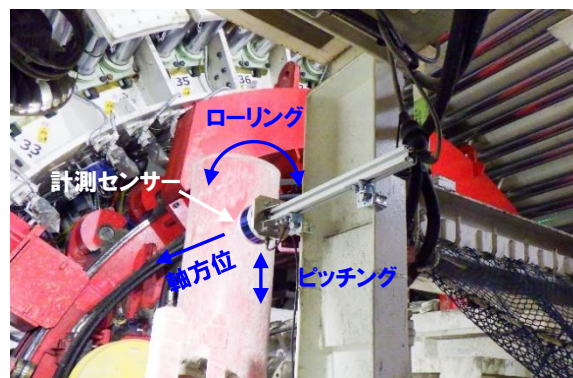


図-2 計測センサー設置状況

キーワード シールドトンネル, 真円度計測, ICT, 自動化, 品質向上, 時間短縮

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) 大林組 TEL : 03-5769-1318

4. 現場計測実験結果と評価

計測時に取得した点群データを図-3に示す。2台の計測センサーから取得した点群データは、計測センサー及びチャンネルごとに色を変えて表示している。左右センサーで計測した点群データが、上半および下半において正確に重なっている。2台の計測センサーの相対位置の設定と、2台のセンサーから得られた点群データの重ね合わせ処理方法が適切であることを確認した。ノイズ処理前のトンネル内部に点在している点群データは、後方作業デッキ、フィーダー、配管類等の設備が計測されたものである。ノイズ処理後の点群データにはこれらの不要なデータが全てカットされており、本システムで採用しているノイズ処理方法が適切であることを確認した。

最小二乗法を用いて推定したシールドトンネルの中心から各点群までの半径方向の距離を計算し、真円度を算出している。真円度の表示は、16分割した範囲毎に平均値化した値を用い、レーダーチャートにプロットしている(図-4)。1回の計測時間20秒、計測データの処理・計算・表示に要する時間が約10秒、合計約30秒で1断面の計測を実施している。掘進時の振動の影響を受けずに、リアルタイムに計測可能であることを確認した。

0°、45°、90°、135°、180°、225°、270°、315°方向について、1リングの掘進中におけるストローク100mm毎の真円度の推移を図-5に示す。このリングでは、ストロークが進むにつれ、セグメント内空が少しずつ縮小していく状況が確認できる。縮小変化が始まるのはジャッキストロークが400mmを超えた付近からであり、セグメントがテールブラシにかかり外側からテールシール圧が作用しはじめるタイミングと一致している。切羽において、セグメント内空の微細な変化を捉え、真円度を精度よく計測できることを確認した。

5. まとめ

ICTを活用した真円度計測装置を用いて、掘進中のシールド現場で計測実験を行った。その結果、設備が密集している切羽において、2台のセンサーを用いることで全周を計測できることを確認した。また、掘進中においても振動の影響を受けずに、ストロークに応じた微細な変化も精度よく計測できることを確認できた。今後、シールドトンネルにおけるセグメントの真円度計測ツールとして、広く活用していきたいと考えている。

参考文献

- 1) 西森, 松原, 上田, 前川: シールドトンネルにおける ICT を活用した真円度計測システムの開発, 土木学会第 77 回年次学術講演会, 2022.9

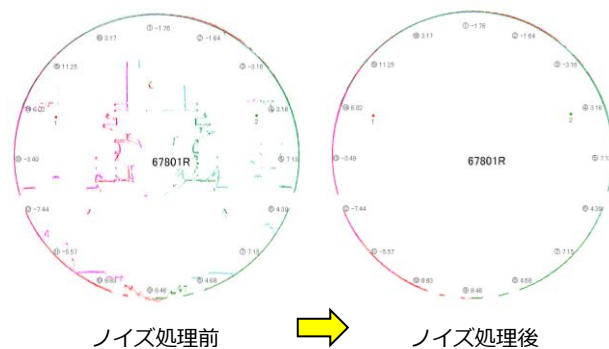


図-3 計測点群データ

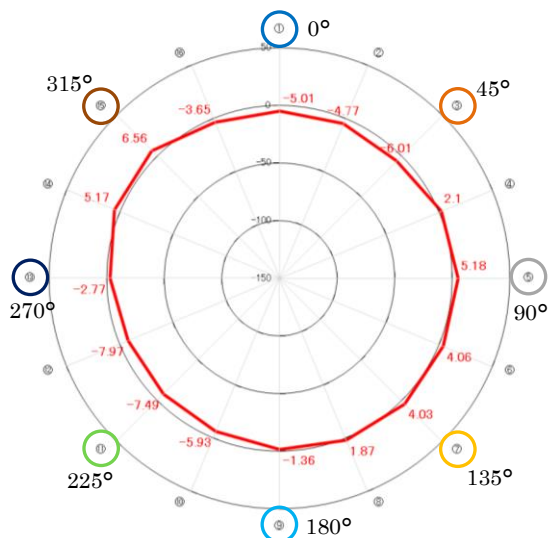


図-4 計測結果レーダーチャート表示

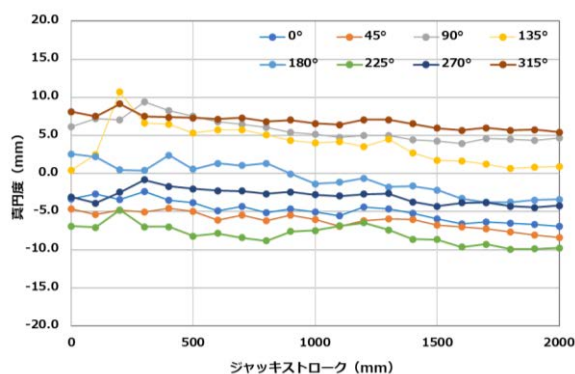


図-5 掘進中の真円度の推移