

## 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

(株) 大林組 正会員 ○西森 昭博 正会員 松原 健太  
 正会員 上田 潤  
 (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面の片当たりや K セグメントの挿入幅を適切に保てなくなり、継手周りでひび割れや欠けが発生することがある。そのため、シールドトンネルの真円度を測定してセグメントの組立にフィードバックし、変形が進行しないよう管理することが肝要である。しかし、シールドトンネルの変形モードは多様であり、上下左右の内空を測定しただけでは変形モードを把握するのが難しい場合がある。そこで、筆者らは ICT を活用した最新の計測技術により、変形モードを詳細に把握可能な真円度計測システムの開発を行っている。本稿では、開発したシステムの実験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、3D-全方位センサーを使用した計測システムである(図-1)。これまでの基礎実験では、パルスの影響を平準化することで、精度を向上できることを確認した<sup>※1</sup>。今回開発したシステムでは、2 台のセンサーを連動させ取得した点群データを自動で合成する方式を新たに採用した。これにより、シールドトンネル内に在る多数の設備によるデータ欠損部をカバーすることができる。計測装置には、車の自動運転に用いられる汎用型のセンサーを使用することで、コストダウンを図っている。本センサーの角度分解能は水平 0.1°~0.4°、垂直 2.0°、測定スピードは 5~20Hz であり、レーザークラス Class 1 Eye Safe、レーザー波長 903nm のタイプを使用している。

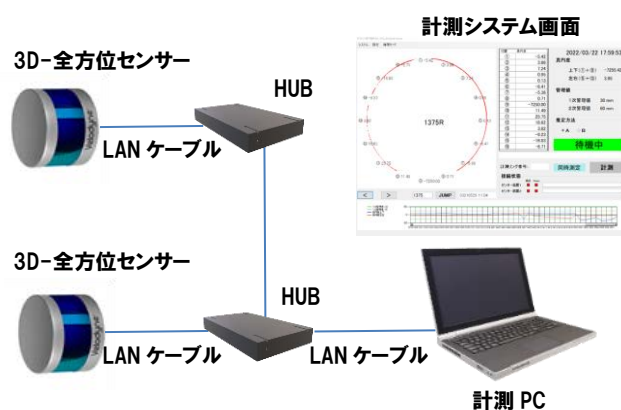
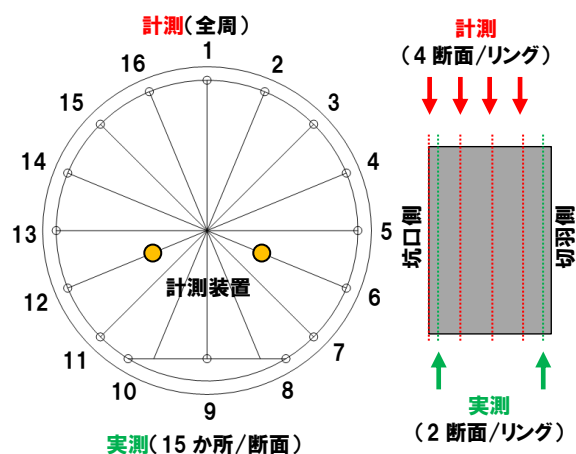


図-1 真円度計測システム構成

## 3. 真円度計測実験の概要

新たに導入した 2 台のセンサーの連動システムの精度を確認するため、シールドトンネル坑内において計測実験を実施した。真円度計測システムのセンサーをセグメント点検台車に設置し、RC セグメント 12 リングの計測を実施した。1 リングあたり 4 断面、1 断面あたり 2 回ずつ計測を行った。1 回の計測時間は、約 20 秒に設定した。

計測システムの精度を確認するため、トータルステーションによる実測も併せて実施した。トータルステーションの計測では、測距にはノンプリのレーザーを使用し、1 リングあたり坑口側と切羽側の 2 断面、1 断面あたり 15 か所の測定を実施した(図-2)。



※計測位置 9 はインパルトブロック設置後のため、計測位置 8,10 の平均値とした

図-2 真円度計測実験の概要

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

現場計測実験の状況を、図-3 に示す。計測装置をセグメント台車に設置し、台車を移動させながら所定の位置に停止させ、計測を実施した。計測装置の本体となる3D-全方位センサーは格納装置から伸縮装置によって前方にスライドし、計測を行うシステムを採用している。裏込め注入やその洗浄水などから計測装置本体を防護することで耐久性の向上に配慮している。

トータルステーションを用いた実測では、機械の設置、座標計算、真円度への換算など1断面の計測に1時間以上要するのに対し、本システムでは、電源のOn、Off時間および、計測装置のスライドを含め約1分で1断面の計測が可能である。坑内にある風管、ベルコン、配管などの設備により死角が生じるが、2台のセンサーから得られた点群データを重ね合わせる方式により死角を補い全周の計測が可能であることを確認した。

本計測システムによる計測結果と、トータルステーションによる実測結果の比較をレーダーチャートに示したグラフの一例を図-4 に示す。計測した12リングすべてにおいて計測値と実測値はほぼ一致していた。今回導入した、2台のセンサーを連動させる計測方式において、精度よく計測できることを確認した。計測したリングではシールドトンネルが斜め卵型に変形していることが分かる。本計測システムでは、16分割で真円度を計測・表示でき、上下左右の4分割での計測方法に比べ変形モードの把握が容易となる。

本システムの、計測値の信頼性を評価するため、1断面あたり2回ずつ計測を行った合計720回分の測定結果の差分をプロットしたグラフを図-5 に示す。同一断面における計測誤差のばらつきを示す標準偏差は $\sigma = 1.1\text{mm}$ であった。計測のばらつきが少なく再現性がよく、実測値との整合もとれており、計測システムの信頼性が高いことを確認した。

#### 5. まとめ

計測実験の結果、今回新たに導入した2台のセンサーを使用した計測システムにおいて、シールドトンネルの真円度を正確に計測でき、変形モードの把握が容易となることを確認した。今後、シールドトンネル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, 林, 東野: 点群センサーを使用したシールドトンネルの真円度計測装置の開発, 土木学会第75回年次学術講演会, 2020.9

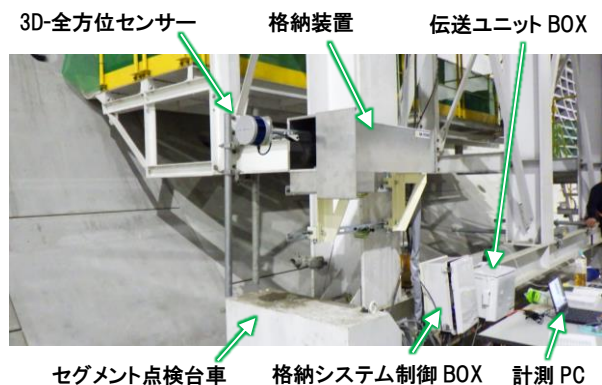


図-3 計測実験状況

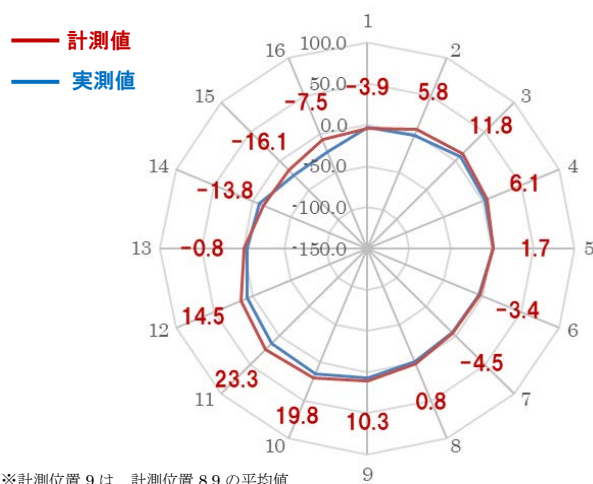


図-4 真円度計測結果

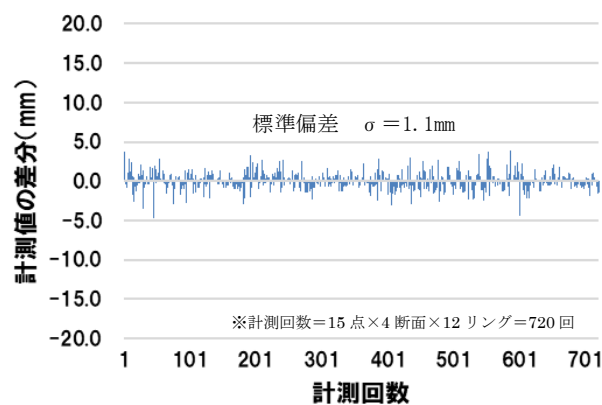


図-5 計測精度のばらつき