

レーザー測距技術と幾何学計算を用いたテールクリアランス自動計測システム

西松建設株式会社 技術研究所 正会員 ○高原 裕介
 西松建設株式会社 技術研究所 正会員 田口 毅
 西松建設株式会社 関東土木支社 正会員 坪井 広美
 西松建設株式会社 関東土木支社 正会員 行川 起央

1. はじめに

シールド工事では、シールドのテール内でセグメントを計画線上に組み立てるため、シールドとセグメントの相対位置を正確に把握し、一定のクリアランス（隙間）を確保しておく必要がある。シールドの方向とセグメントの方向が異なると、シールドの後端部およびセグメント前方部におけるクリアランスが少なくなり、最終的にはシールドテールプレートとセグメントが競る状態となるため、セグメントに損傷や変形が発生する。これを防ぐにはテールクリアランスを継続的に計測管理することが求められ、人為計測の代わりとして様々な計測技術が開発されている。しかしながら、計測機器はシールドジャッキやセグメント等の可動部近傍に設置されることが多く、汚れや破損による計測値の欠損が懸念されている。

本稿はこうした可動部近傍を避けた位置にレーザー距離センサを複数配置し、これらの計測値と位置関係からテールクリアランスを算出するシステムの開発を行ったため、概要を報告するものである。

2. 計測原理

本システムにおけるレーザー距離センサの配置例を図1に示す。レーザー光はシールド機中心から外周に向けた8方向へ放射状に照射され、これを2断面、計16箇所（図1参照）に設置し、それぞれがテールプレートまたはセグメント内径までの距離をリアルタイムで計測している。

次にテールクリアランスの導出過程を示す。導出にあたり、縦断面の一部に注目した簡易モデルを図2に示す。図2における切羽側のF点でのテールプレート～セグメント外周間クリアランス TC_F はレーザー距離センサの計測値とセグメント厚から算出できる。同様にB点におけるクリアランス TC_B も算出され、 TC_F と TC_B の差を求めF点、B点の距離 L_{FB} で除すことにより単位距離あたりのクリアランス変化量が求められる。この変化量にB点からテールプレート後端部P点までの距離 L_{BP} を乗じる事で、 TC_B とP点におけるクリアランス TC_P との差が求まるため、 TC_P を以下のように表すことができる。

$$TC_P = TC_B + (TC_B - TC_F) \cdot \frac{L_{BP}}{L_{FB}}$$

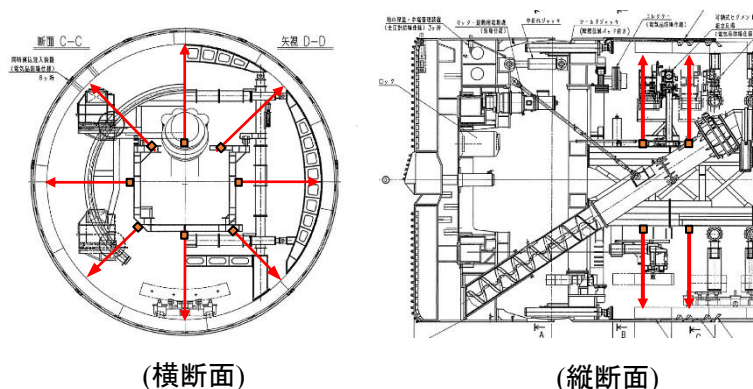


図1 レーザー距離センサ配置図

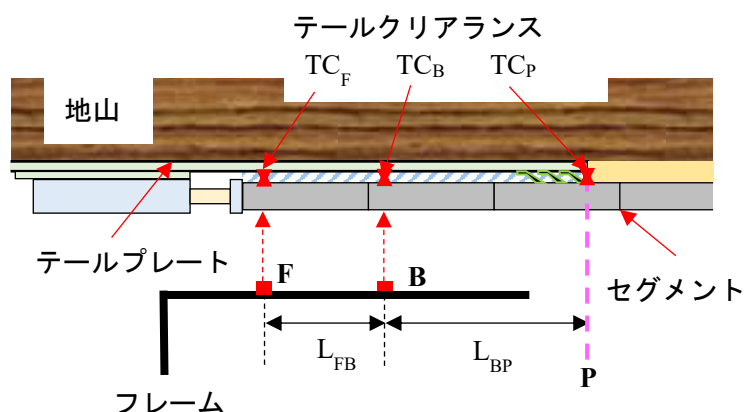


図2 テールクリアランス簡易モデル

キーワード シールド, テールクリアランス, レーザー測距, 品質管理

連絡先 〒105-6407 東京都港区虎ノ門 1-17-1 西松建設 (株) 技術研究所 TEL090-2546-8054

上式は直線施工における算出式となるが、曲線施工であってもセグメントの角度情報を反映することで算出が可能である。これにより本来計測が困難なシールドマシン後端部におけるテールクリアランスを非接触かつリアルタイムで監視が可能になる。

3. システムの概要について

本システムとシールド及び他システムとの連携並びにデータフローを図3に示す。テールクリアランスを定義するに必要なレーザー距離センサの設定、セグメント厚、セグメント角度等のデータは、図内に示すプラットフォームの総合管理システム（NS-BRAINS）がとりまとめ、配下のアプリケーションと共有している。本システムはそのアプリケーションの1つとして動作する。

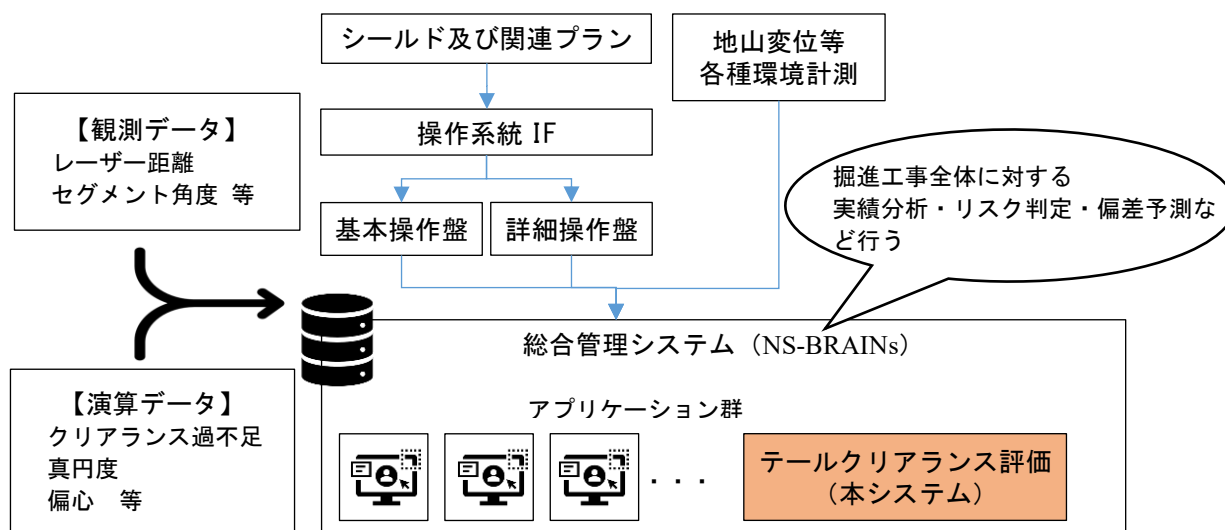


図3 本システムとシールド及び他システムとの連携並びにデータフロー

テールクリアランスのモニタリング画面を図4に示す。この画面はレーザー距離センサ測定値、クリアランス計測値、クリアランス変動グラフ、シールドマシンの簡易3Dモデルから構成され、計測データをリアルタイムで反映する。設計値との差をコンター図で表し、クリアランス不足部については暖色、過剰部は寒色を用いて3Dモデルに投影することで視覚的な評価を可能にした。また、3Dモデルにおいては必要に応じて視点を切り替える機能を持たせ、全方位からの目視確認を実現した。その他の機能としてセグメント真円度のモニタリング機能を実装している。計測にはレーザー距離センサを使用するため追加の設備が不要であり、こちらでもリアルタイムでの評価が可能である。

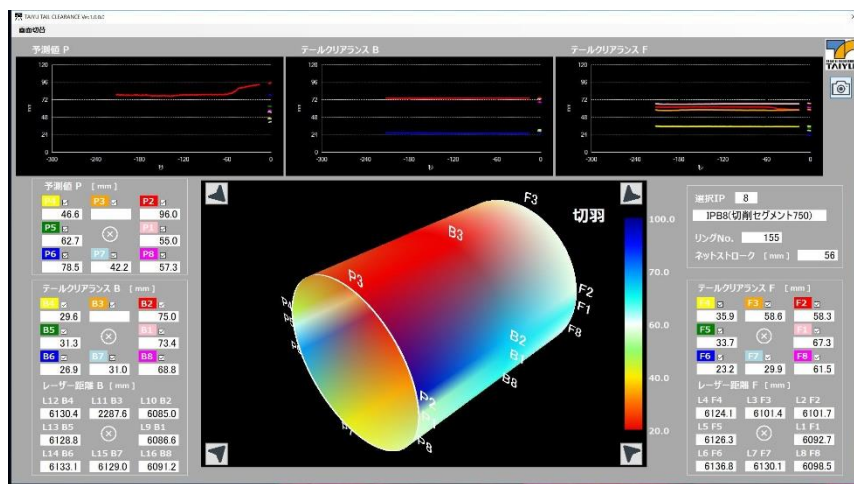


図4 テールクリアランスモニタリング画面

した。その他の機能としてセグメント真円度のモニタリング機能を実装している。計測にはレーザー距離センサを使用するため追加の設備が不要であり、こちらでもリアルタイムでの評価が可能である。

4. まとめ

レーザー距離センサを用いてテールプレート後端部におけるテールクリアランスを自動計測するシステムを実装した。本システムの使用によりセグメント前方部、テールプレート後端部におけるテールクリアランスの同時監視による競り・損傷の防止など品質管理の精度向上、人為計測にかかる時間の省略による省力化に寄与できると考えられる。