

非接触計測技術を利用したシールド計測自動化技術開発実績

鹿島建設(株) 正会員 ○紀伊吉隆
計測技研(株) 正会員 橋村義人

1. 背景および目的

シールドトンネル工事の施工は自動化が進んでいるが、その工事進捗に必要な出来形計測管理は人為測定や目視確認に未だ頼っているのが現状である。この現状に対し、2013年に開発した一次覆工の真円度自動測定システム(図-1)による真円度計測の自動化を実現した。引き続き、人為測定や目視確認している計測を自動化や数値化することにより安全性・生産性の向上を図り、自動化施工に繋げることが重要である。

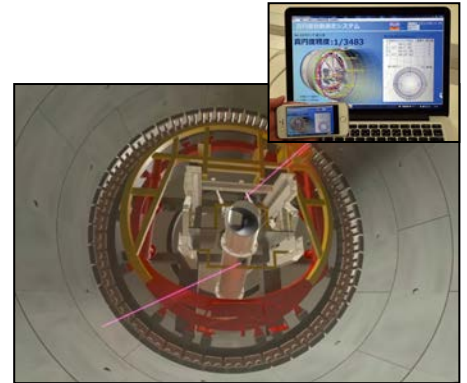


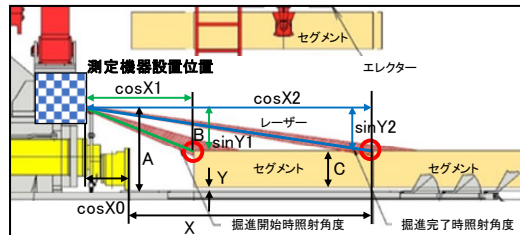
図-1 真円度自動測定システム

2. 計測技術概要

2.1 テールクリアランス計測技術

シールド工事におけるテールクリアランス測定は、シールドマシン内面側とセグメント外面側とのクリアランス(隙間)を計測することであり、トラブル回避に関する重要な計測項目である。テールクリアランスの計測技術は様々な技術が開発されて適用されているが、いずれもテール部からの裏込注入材やテールグリス等の異物によって、機器の破損や測定不能に陥るという課題がある。

このような背景から、高精度かつ確実性向上を目的として、図-2に示す非接触方式による測定技術を開発し、今回シールドマシンに実装してリアルタイム計測を実施した。



<算定式>

$$\begin{aligned} \text{テールクリアランス (Y)} &= A - \sin Y (1\sim 2) - C \\ \text{ジャッキストローク (X)} &= \cos X (1\sim 2) - \cos X0 \end{aligned}$$

図-2 テールクリアランス計測技術概要図

2.2 セグメント目違い目開き計測技術

セグメント組立手順を図-3に示す。各手順のうち、③微調整および④結合の作業は慎重なエレクター操作を要するが、現状は目視確認と定規を利用した組立を行っている。この微調整から結合に至る操作において、特殊な非接触センサーを利用し、セグメントの既組立ピースと組立ピースの段差(目違い)と隙間(目開き)を計測(図-4)して、微調整・接合作業を行い、更に遠隔操作による組立作業を可能とする技術である。

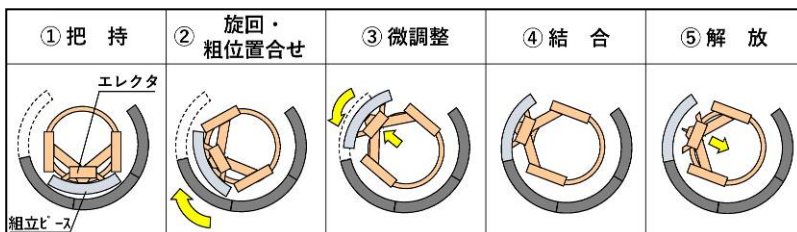


図-3 セグメント組立手順図



図-4 目違い目開き計測イメージ図

3. 計測技術開発実績

3.1 テールクリアランス計測技術

セグメントに見立てたモデルを使用した計測を実施した(写真-1)。掘進に伴い移動するセグメントを追従し

連絡先 〒107-8477 東京都港区元赤坂 1-3-8 鹿島建設(株)土木管理本部土木工務部 TEL03-5544-1111

て確認出来ており、テールクリアランスの計測が十分に可能と判断した。また、計測器をシールドマシンに装備する架台は微調整が可能な構造に加えて、1基の架台に4カ所の防振ゴムで受ける構造（図-5）とした。



写真-1 計測試験状況

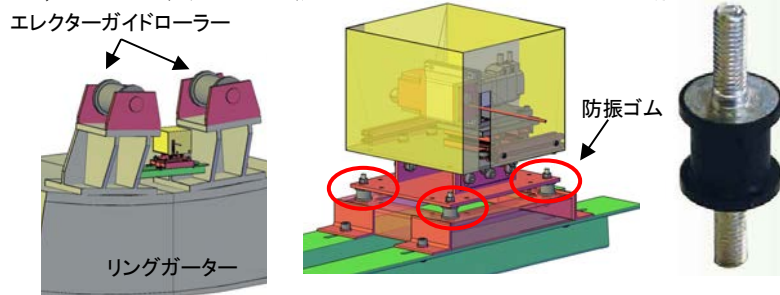


図-5 計測器取付架台図（振動抑制対策）

3.2 セグメント目違い目開き計測技術

適用する工事のセグメント外径 $\Phi 15.0\text{m}$ に対し、エレクターとセグメントピース（A・B・C・K）との位置関係と計測器の可視範囲を確認して、センサー設置台数と位置を確定した（図-6）。また、セグメント模型を製作し、カメラと計測器によるモニタリングと計測状況の確認（写真-2）を行い、適用性を判断した。

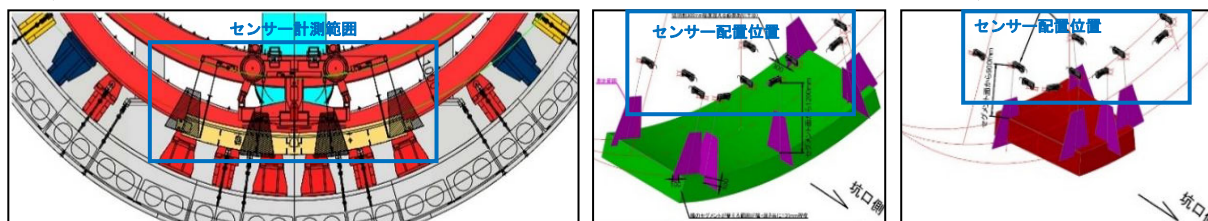


図-6 エレクター計測器配置およびセグメントピース計測計画図



写真-2 室内試験状況およびモニタリング計測状況

4. 現場適用実績

実工事の仮5R～本42Rの計47Rのシールド掘進にてテールクリアランス計測技術を適用した（写真-3）。その結果、人為測定と本技術による計測との差は3～12mmであった。この主な原因はシールドマシンの製作誤差によるものと考えられる。今回は、初期掘進時で掘進速度が10mm/minであったことから、今後は連続計測を実施して振動の影響有無を確認する予定である。

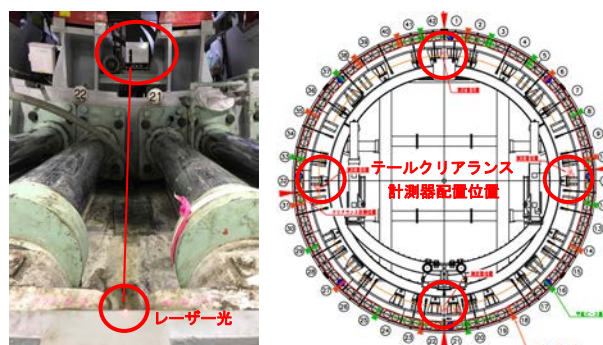


写真-3 テールクリアランス計測適用状況

5. まとめ

テールクリアランス計測技術は今後本格運用へ移行する。また、セグメント目違い目開き計測技術の実使用は、本掘進を開始する2022年夏頃からとなる。特に目違い目開き計測技術は実際に運用を始めるにあたり、エレクター旋回範囲の安全性を確保して、オペレーターの視認性や遠隔操作性とシールドジャッキとの連携を図っていく必要がある。この技術開発は、最先端計測技術を利用した目開き目違いの自動計測への第一歩であり、まずは省力化に繋げ、将来的にはAIを導入した自動組立への進化を検討していく。