

カメラとレーザー光を利用したシールドテールクリアランス自動計測装置の開発

戸田建設株式会社	正会員	○中山	卓人
戸田建設株式会社	非会員	市川	政美
戸田建設株式会社	非会員	山崎	友誉
株式会社きんそく	非会員	伊藤	憲二

1. はじめに

シールド工事では、とくに急曲線施工においてシールドテール部でのセグメントのせりを防ぐため適正なテールクリアランスを確保することが重要となる。テールクリアランス計測は、人の手によって行われることが一般的で、セグメントごとに測定する必要があり手間を要する。従来のテールクリアランス計測装置として角度センサーによる接触型自動計測装置などがあるが、セグメントとの衝突による破損や装置の汚れにより測定不能となることがあり耐久性に課題がある。

そこで、カメラとレーザー光を利用した非接触型の新たなテールクリアランス自動計測装置を開発した。これは損傷や汚れを受けにくい場所に設置が可能で、シールド掘進中にリアルタイムで測定が可能である。本稿では、計測装置の概要と室内測定実験、シールド現場での測定実験結果について報告する。

2. テールクリアランス自動計測装置の概要

写真-1 に本計測装置外観を示す。本計測装置は、高さ 150mm、幅 100mm、奥行き 150mm であり、テールクリアランス部を撮影するカメラとレーザー照射装置で構成される。カメラには一般的な WEB カメラ（有効画素数：約 200 万画素、撮影距離：30cm～無限遠）を使用した。レーザー照射装置として、小型レーザーモジュール（LD 素子波長：635nm、出力：クラス 2 相当、1mW 以下）を使用した。

図-1 に本計測装置の測定状況を示す。本計測装置の測定方法は、以下のとおりである。

- ①：レーザー照射装置よりレーザー光を測定するテールクリアランス部に照射し、カメラにてレーザー照射した状態のテールクリアランス部を撮影する。
- ②：画像解析を行い、あらかじめスプレッターに取り付けたスケールマーカを検出する。1 ピクセルあたりの実距離を算出し、補正パラメータ A を算出する。
- ③：画像解析を行い、レーザー光のみを検出したデータとする。このデータを座標化し直線 a、直線 b を生成する。直線 a、b の交点とセグメントの端点を拡大し、クリアランス部分のピクセル数 B を算出する。
- ④：補正パラメータ A とクリアランス部分のピクセル数 B からクリアランス距離 C を算出する。



写真-1 テールクリアランス自動計測装置

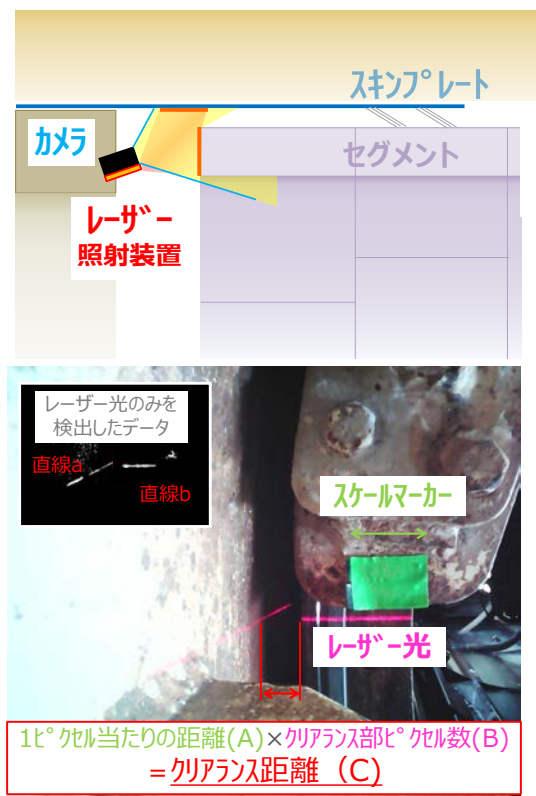


図-1 テールクリアランス測定

キーワード：シールド、テールクリアランス、計測装置、カメラ、レーザー

連絡先 戸田建設株式会社 東京都中央区八丁堀 2-8-5 TEL0120-805-106 FAX03-3551-8912

3. 室内測定実験

本計測装置の測定精度を確認するため、テスト機を製作し模擬テール部による室内測定実験を実施した。写真-2に室内測定実験状況を示す。実験条件は、測定距離 750mm、テールクリアランス 33mm とした。本計測装置の測定値とテールクリアランスの設定値を比較し、本計測装置の測定精度を確認した。測定の結果、照度による測定誤差が大きく $\pm 6\text{mm}$ 程度となった。そこで、更なる画像解析プログラムの精度向上を図ることとした。

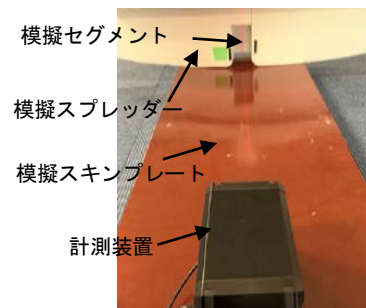


写真-2 室内測定実験

4. シールド現場測定実験

4-1 実験概要

実際のシールド機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、シールド現場において本計測装置の測定実験を実施した。セグメント幅は 900mm、セグメント厚は 75mm、テールクリアランスは 34mm である。測定はセグメント組上がり時、押終わり時にそれぞれ 1 回の測定を行い、6 リング分（リング No.1792～1798）測定を行った。測定精度の目標値は、 $\pm 3\text{mm}$ とした。図-2に現場測定実験状況を示す。

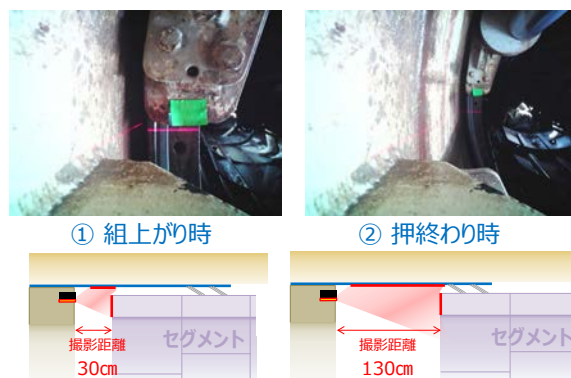


図-2 現場測定実験

4-2 実験結果

(1)組上がり時

図-3 に組上がり時のテールクリアランス測定結果を示す。リング No.1797 ではカメラレンズへの水滴の付着により測定誤差が -6mm となったものの、その他の測定ではおおむね計測値が実測値と一致し、高精度で測定することができた。

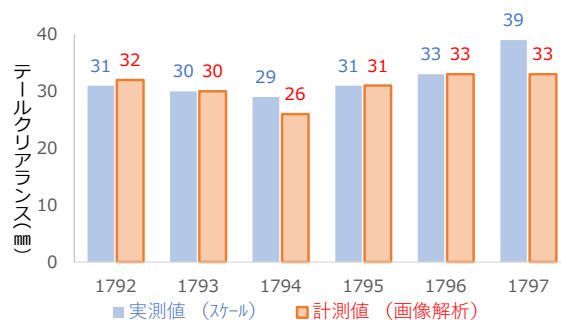


図-3 現場測定実験結果（組上がり時）

(2)押終わり時

図-4 に押終わり時のテールクリアランス測定結果を示す。リング No.1793 のみ誤差なく測定できたが、それ以外の測定では解析不能や誤差が大きく、測定精度が低下する結果となった。

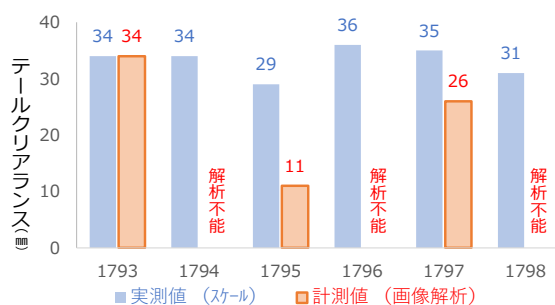


図-4 現場測定実験結果（押終わり時）

(3)考察

中央監視室で常時計測データを検証すると、掘進開始時の測定精度はよいが、距離が進むとともに測定誤差を生じることがわかった。その原因として、以下のことが考えられた。①押終わり時にレーザー光が突起物（テールブラシ固定用の丸鋼）に当たり反射する場合があります、この反射光の影響で解析不能となった。②セグメント側面が濡れており、レーザー光の反射が拡散し誤差が大きくなった。③測定位置の光量が想定照度より明るかった。今後これらの原因に対する対策を検討していく。

5. おわりに

カメラとレーザー光を利用した非接触型の新たなテールクリアランス自動計測装置を開発し、計測装置の概要と室内測定実験、シールド現場での測定実験結果について報告した。今後は、今回の現場測定実験により明らかとなった課題に対して改良を行い、より高精度な計測装置の開発、実用化に向けて取り組む予定である。