

## 染料を用いた摩耗検知装置の開発 —実工事への適用性確認—

(株)大林組 正会員 ○大前 慶恵 正会員 今岡 洋輔  
 正会員 上田 潤 中本 淳  
 東京大学 福井 類

## 1. はじめに

現在、シールド工事で用いられている摩耗検知装置は、摩耗量を機内に伝達するケーブルや配管が必要なため、設置スペースの制約があり、とくに小口径シールドでは設置が難しい。そこで、ケーブルや配管が不要な構造の色や匂いを利用した摩耗検知装置を開発した。そのうち本稿では、色を利用した摩耗検知装置について、実工事で検知可能な染料搭載量を把握するための現場実験および摩耗検知装置を実機に搭載した実証実験結果を報告する。

## 2. 染料検知実験の概要

## (1) 目的

中口径・小口径のシールド現場にて、切羽へ注入した染料が、視覚および画像分析で検知可能かを検証する。また、その時の注入量から、必要な染料搭載量を把握する。

## (2) 実験方法

切羽に染料を直接注入し、ベルトコンベヤー、ずり鋼車、土砂ピットに排出される土砂の色を視覚および画像分析により確認する。染料は、蛍光トレーサー染料（液体）の赤色・黄緑色の2色を、既設の加泥ラインに手動ポンプを接続して注入した。なお、注入は掘進停止時のセグメント組立中に行った。注入量は、チャンバー内での染料がどれほど攪拌・分散されるのかの想定が困難なため、検知可否によりその後の注入量を増減させて確認することとした。実験を行った2現場の概要を表-1に示す。

表-1 対象シールド工場の概要

	土質(実験位置)	工法	シールド外径	チャンバー内体積	排土方法
現場①(中口径)	砂礫・シルト・礫混じり砂	泥土圧	φ4.53m	約11.67m <sup>3</sup>	ベルトコンベヤー+ずり鋼車
現場②(小口径)	粘性土	泥土圧	φ2.33m	約0.58m <sup>3</sup>	圧送ホース+ずり鋼車

## (3) 染料の確認方法

視覚による確認は、発進立坑にて、ずり鋼車を目視確認することとした。機械による確認は、2現場の排土方法が異なるため、現場①ではスクリーコンベヤー〜ずり鋼車間に設置されているベルコン上に暗室を設け、その中にUVライト・WEBカメラを設置して、ベルトコンベヤー稼動時に動画を撮影し、静止画像として1秒ごとに保存した(図-1)。現場②では、坑口から100m地点にUVライト・WEBカメラを設置し(写真-1)、ずり鋼車通過時に、坑内照明を自動で消灯して動画の撮影および1秒ごとの静止画像保存を行うシステムとした。画像分析は、撮影画像をRGB分解した後、緑色および赤色について指定したRGB値を基準に二値化し、二値化画像の輝度値平均(二値化処理後の白画素の割合)を取ることにした。輝度値平均に大きな変動が現れた場合、染料排出の可能性があると判断する。

## (4) 実験結果

**現場①:** ずり鋼車での土砂の目視確認、カメラの動画モニターでの目視確認、および静止画像の画像分析の全てで確実に染料を判別できた注入量は、赤色・黄緑色ともに200ccであった(図-2・3)。なお、ずり鋼車での土砂の目視確認は赤色20cc・黄緑色40ccでも十分に確認できた。砂礫分が多かったため、ずり鋼車運搬時

キーワード シールド, カッタービット, 摩耗検知, 染料, UVライト

連絡先 〒108-8503 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 TEL03-5769-1318

の振動により、間隙水とともに染料が表面に浮いてきたためと考えられる。また、カメラの動画モニター上では、同様に赤色 20 cc, 黄緑色 40cc にて、瞬間的に目視確認が可能であったが、静止画像として保存されておらず、画像分析では判別できなかった。これは染料がチャンバー内で拡散されず、集中的に排出されたため、染料が少量にも関わらず目視確認可能であったが、逆にバルコン上に染料混入土砂が連続的に流れなかったため 1 秒ごとの画像保存では保存できなかったと考えられる。

**現場②:** ずり鋼車で土砂の目視確認では、赤色 100 cc にて注意深く目視すれば僅かに確認することができた。粘性土のため、染料が粘土に包含された状態となり分離して表面に浮いてくることがなかったため、現場①に比べて目視確認が難しい結果になったと思われる。黄緑色 300 cc では、ずり鋼車で土砂の目視確認、カメラの動画モニターでの目視確認、および静止画像の画像分析の全てで確実に染料を判別できた(図-4)。現場②は小口径のため、現場①よりも少量で判別可能と想定していたが、今回の粘性土のように、間隙水が分離しにくい土質では染料搭載量を多くする必要があることが分かった。

### 3. 実証実験

#### (1) 目的

切羽圧作用下にて、本装置の染料搭載部・加圧部の構造により、染料を切羽へ確実に噴出できることを確認する。

#### (2) 実験方法

現場②のシールド機製作時に、摩耗検知装置を、黄緑色：摩耗量 10 mm, 赤色染料：摩耗量 35 mm にてスポーク内に装備(搭載量：300 cc)した。計画では約 0.9 km 掘進時に黄緑色、約 3.0 km 掘進時に赤色が排出される予定である。現在約 2.3 km を掘進中であるが、1.02 km 掘進時にずり鋼車および土砂ピットにて、黄緑色に着色した土砂が排出されていることを職員の視覚により検知できた(写真-2)。これにより、切羽圧下でも確実に染料を噴出でき、実工事に適用可能であることを実証できた。

### 4. おわりに

蛍光トレーサー染料は現場においても目視・画像分析の両方で確認することができた。しかし、土質により検知のしやすさが変わるため、検知摩耗量や染料搭載量は土質条件を考慮して計画する必要がある。また本装置は、切羽圧作用下でも染料を噴出でき、実工事に適用可能であることを実証できた。今後は、本装置を広く展開し、ピットの摩耗に伴う掘進トラブルの防止に貢献していきたい。

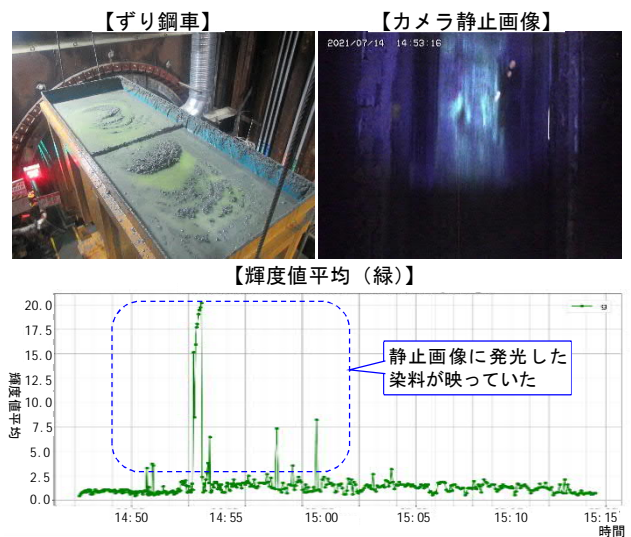


図-2 黄緑色 200 cc 注入結果(現場①)

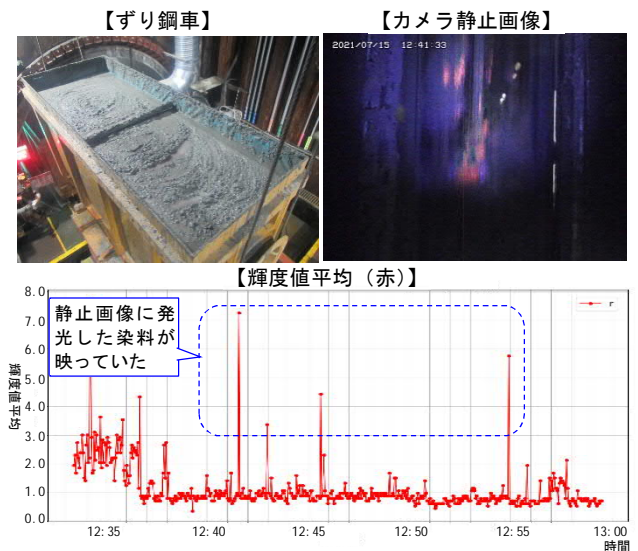


図-3 赤色 200 cc 注入(現場①)

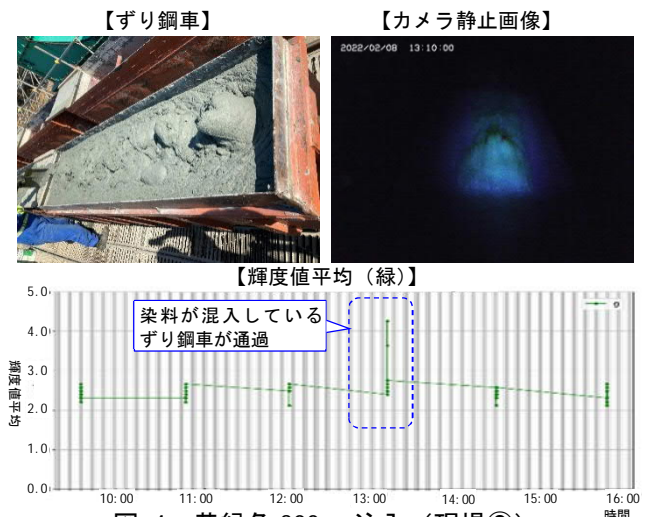


図-4 黄緑色 300 cc 注入(現場②)

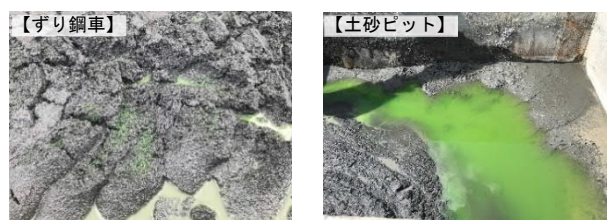


写真-2 シールド機搭載の摩耗検知装置より排出