

染料を用いた摩耗検知装置の開発 —染料の適用性確認—

(株)大林組 正会員 ○今岡 洋輔 正会員 大前 慶恵
 正会員 松原 健太 森野 弘之
 東京大学 福井 類

1. はじめに

シールド工事において、許容摩耗量を超過したカッタービットで掘進を継続することは、カッター損傷などのトラブルを引き起こす原因となる。そのため、カッタービットの摩耗状況を把握し、掘進管理することが重要である。従来用いられている摩耗検知装置は、カッタービットからシールド機内に摩耗量を伝達するためのケーブルや配管が必要なため設置スペースに制約があり、とくに小口径シールドでは設置が難しいのが現状であった。そこで、ケーブルや配管が不要な、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、装置の概要および染料の摩耗検知への適用性を検証した基礎実験結果を報告する。

2. 染料を用いた摩耗検知装置の概要

本摩耗検知装置は、所定の摩耗量に達した際に、カッタービットから放出された染料が掘削土砂とともに排出され、掘削土砂の着色を確認することで摩耗量を把握できる。

(1) 染料の選定

染料は、掘削土砂とともに排土・回収されるが、地山に漏れ出た場合や残土処理後を考慮し、自然に害のない物性である必要がある。環境への影響等を考慮し、摩耗検知装置に使用する染料として地下水の流動調査等で使用される蛍光トレーサー染料を選定した。色は、黄緑色（主成分：ウラニン）と赤色（主成分：ローダミンWT）があり、視覚により確認できるうえ、視覚では確認できないような薄い濃度であっても、UVライトの照射により発光するため、染料の有無を確認できる（写真-1）。この蛍光トレーサー染料は、環境への負荷が小さく生分解性も有する。また、現場で使用するにあたり、水質分析により、排水基準および土壌環境基準を満たしていることを確認している。

(2) 染料搭載方法

把握したい摩耗深さ（摩耗検知量）に染料搭載部を連通させ、染料を搭載する。掘削時の切羽圧に対抗して染料を放出させる必要があるため、染料は加圧した状態で搭載する。染料搭載部および加圧部は、搭載量により、ビット内もしくはスポーク内に搭載する（図-1、図-2）。ビット内・スポーク内のどちらに搭載した場合でも、染料搭載部・加圧部をビット付近に集約して設置できるため、ケーブルや配管が不要となり、従来の摩耗検知装置よりも多くの個数を装備できる。

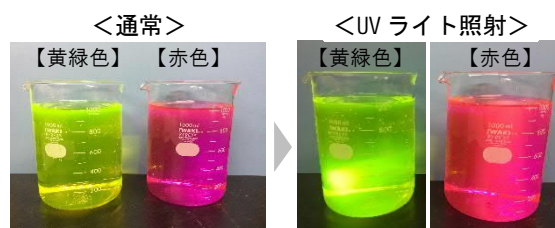


写真-1 蛍光トレーサー染料（水に添加）

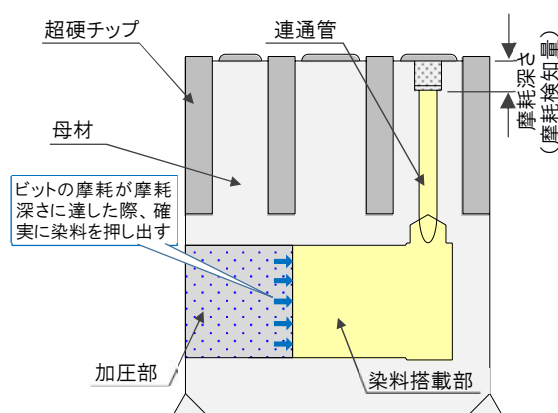


図-1 ビット内搭載例

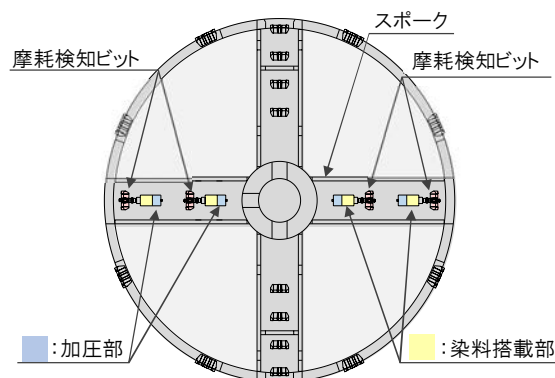


図-2 スポーク内搭載例

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

(3) 検知方法

ビットの摩耗により放出された染料は掘削土砂とともにシールド坑内へ排出される。染料の排出は、ベルトコンベヤーやずり鋼車、土砂ピットなどにおいて、職員や作業員の視覚確認による検知を基本とする。また、掘削土砂の画像分析を行うことで機械的にも検知可能である。シールド坑内の排出土砂運搬経路上にて、照度環境が一定である場所に、UV ライトおよびWEB カメラを設置する。UV ライトを照射した掘削土砂を撮影し、RGB 値を利用して画像分析する(写真-2)。UV ライトによる発光は周囲が暗い方がより強く発光すること、また RGB 値を利用して分析する場合、背景色が変わると正常に分析できないことから、検知機器は照度環境が一定である暗所や、暗室を作成しその中に設置する。

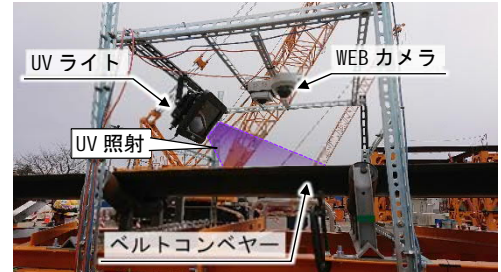


写真-2 検知機器設置例

3. 基礎実験 (染料の適用性確認)

(1) 目的

選定した蛍光トレーサー染料は、水流動調査に用いられている染料であり、水に混入した場合は判別が容易であるが、シールドの掘削土砂に混入した場合でも検知可能か検証した。

(2) 実験概要と結果

はじめに、含水比 12%の土に、気泡剤 (OL-10) を濃度 : 1.0%、発泡倍率 10 倍、添加率 20%で添加して気泡土 (容量 : 5 L) を作成した。次に、作成した気泡土へ蛍光トレーサー染料 (粉体) の赤色・黄緑色を投入して攪拌し、目視・UV ライトによる確認を行った。なお、気泡土の染料投入前の気泡土に UV ライトを照射したものを写真-3に示す。

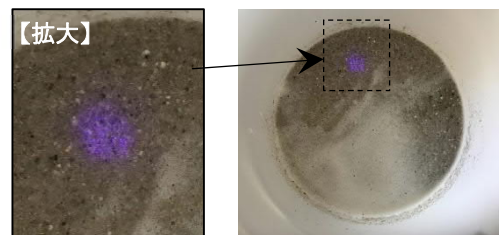


写真-3 気泡土に UV ライトを照射

表 - 1 気泡土への染料混入状況

	混入・攪拌後	UV ライト照射
赤 10 mg		
黄 緑 10 mg		

水 5 L に蛍光トレーサー染料 (粉体) を溶かす場合、赤色約 10 mg・黄緑色約 5 mg で十分に目視可能とされており、今回の実験では染料 (粉体) を各色 10 mg ずつ投入・攪拌した状態を調べた。染料を投入する前に比べて、赤色・黄緑色ともに着色し、染料の混入を視覚で十分検知できることが分かった(表-1)。なお着色は、土自体を着色しているわけではなく、気泡材や間隙水などの水に着色している様であった。また、UV ライトを照射すると、染料を投入する前は青紫色、赤色染料を投入した場合は蛍光ピンク色、黄緑色染料を投入した場合は蛍光黄緑色

に反応することが確認できた(写真-3、表-1)。次に、暗室で染料混入土砂に対して UV ライトを照射・撮影した結果を写真-4に示す。土砂や背景が黒く映るのに対し、蛍光トレーサー染料は赤色・黄緑色に発光しており、画像分析で十分に染料混入の判別が可能であると考えられる。

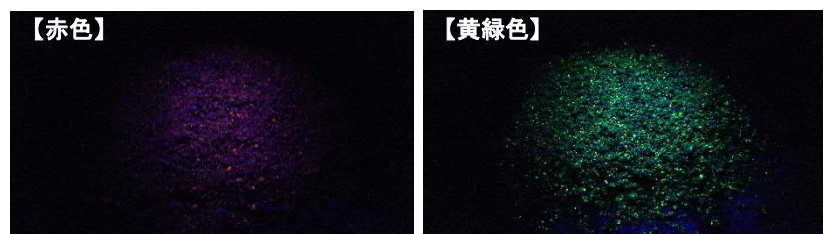


写真-4 染料混入土への UV ライト照射 (暗室)

4. おわりに

摩耗検知装置に用いる染料として、蛍光トレーサー染料が適用できることが基礎実験で分かった。『染料を用いた摩耗検知装置』が実工事に適用可能かを検証した実証実験結果については「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—」で報告する。