

コンター画像を用いたシールド掘削土砂の連続評価技術

(株)大林組 ○正会員 山崎 啓三 正会員 山田 祐樹
正会員 中筋 真紀 正会員 小枝 千尋
佐藤 圭吾 海野 大希

1. はじめに

トンネル工法のひとつであるシールド工法は、シールド機を用いた機械式掘削であり、他工種に比べて、機械化はかなり進んでいるが、未だに自動運転にまでは至っていない。当社でもシールドの自動化施工への挑戦として「大林インテリジェントシールド (OGENTS)」の開発を進めており、その要素技術のひとつとして、掘削土砂性状の連続評価を行っている¹⁾。今回、郡山市上下水道局発注の小原田貯留管築造工事において、掘削土砂性状の連続計測を試みた。本稿では、その概要と計測結果について述べる。

2. シールド工事の概要

小原田貯留管築造工事は、近年増加しているゲリラ豪雨による浸水被害軽減対策として施工されたシールド外径φ4530mm、掘削延長L=1398.4mの泥土圧シールド工事である。対象となる地質断面および計測区間を図-1に示す。今回は掘削延長1070m(1065R)付近から1340m(1285R)付近の約270m区間において、本技術による試計測を行った。計測の対象とした区間の地質は、洪積礫質土が主体であり、1185R以降、徐々に洪積粘性土層が現れている。

3. 掘削土砂性状の連続評価技術の概要

泥土圧シールドの掘削では、シールド機から検出される様々なデータを監視しながらシールド機を運転している。一方、掘削土砂の性状は、職員による確認や比重計測などは行われているものの、連続的な計測データはなく、記録としても残されていないのが現状である。また、オペレータにより掘削時の操作が異なるなど、同一の指標で連続評価することは困難であった。そこで、シールド掘削の自動化を実現するために必要となる掘削土砂性状の連続評価手法として、掘削土砂の高さ計測結果から出力したコンター画像を対象とした画像処理技術の検討を行った。

本技術では、シールド掘削土砂をずり鋼車に積載するためのベルトコンベヤー上部にスキャナ装置を設置し、スキャナ装置で計測した掘削土砂の高さ計測結果を基に1秒ごとにコンター画像(図-2)と掘削土砂の最高高さ、最低高さを出力する。ここで、掘削土砂高さとは、ベルトコンベヤーの幅方向の中心線上の計測高さである。出力したコンター画像は、色検出機能によりコンター画像中の青色、水色、緑色、黄色、赤色領域を検出するとともに、色ごとの面積割合を出力する。次に、色検出等による画像処理の出力結果と掘削土

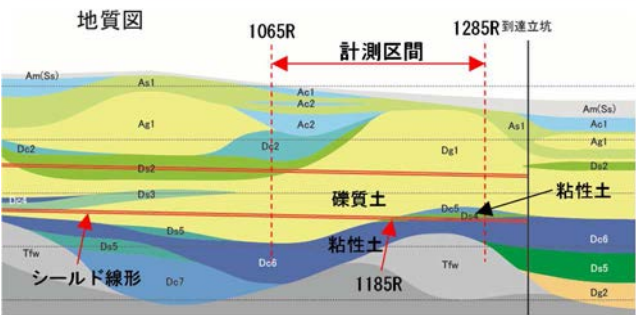


図-1 地質断面図と計測区間

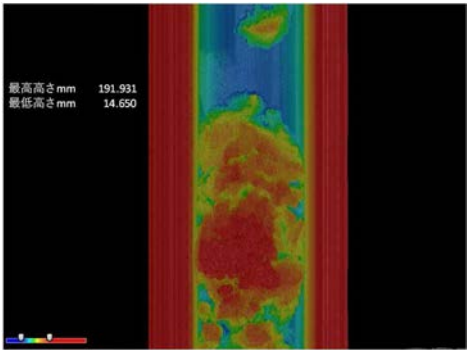


図-2 コンター画像の例

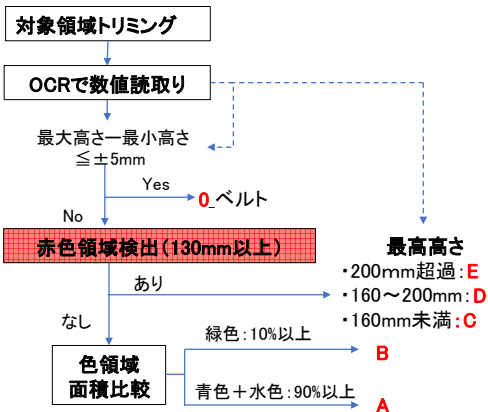


図-3 性状推定ロジックフロー

キーワード 泥土圧シールド、掘削土砂、ベルトコンベヤー、コンター画像、画像処理

連絡先 〒108-8502 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 TEL 03-5769-1057

砂の高さ計測結果を組み合わせ、0（ベルト）、A（軟弱土）、B（砂質土）、C（粘性土混じり砂質土）、D（粘性土）、E（硬質粘性土）の6区分に分類する性状推定モデルを作成し、試計測を試みた。図-3に性状推定モデルのロジックフローを示す。

4. 土砂性状の連続推定結果と掘進データの比較

作成した性状推定モデルによる性状推定結果の出力例を図-4に示す。画像処理の対象領域検出、OCR（光学文字認識機能）、赤色検出機能、色領域割合算出機能を組み合わせることで、図-3のロジックフローに基づき適切な推定結果が得られることを確認した。

図-5に1065Rから1285Rまでの各リングの性状推定結果を示す。性状推定結果は0（ベルト）を除いた5区分の割合を示している。一部データの欠損がみられる箇所は収録用PCのエラーによるものである。

また、グラフ中にはシールド掘進時の各リングの平均推力の変化を併せて示している。性状推定結果に着目すると、1065～1190RはA（軟弱土）～C（粘性土混じり砂質土）の推定結果が卓越していたのに対して、1190R以降はD（粘性土）、E（硬質粘性土）の割合が増加していき、1260R以降は再びA（軟弱土）～C（粘性土混じり砂質土）の推定結果の割合が上昇する傾向が見られる。図-5のグラフ下部には、実際の排土状況を目視により評価した結果を示している。1190Rまでは砂質土が主体であったのに対し、1190R以降は粘性土が増加し、噴発気味の土砂と粘性土の塊が交互にみられるようになっており、コンター画像による推定結果の変化と概ね一致している。次にシールド推力に着目すると、1185Rまではシールド推力が7000～8000kNで推移しているのに対し、1190R以降は4000kN程度まで低下した後、1260R以降は再び上昇しており、土砂性状の推定結果は、シールド推力の変化とも良い対応を示している。なお、今回計測の対象とした区間ではシールド掘進時の速度はほぼ同一であった。

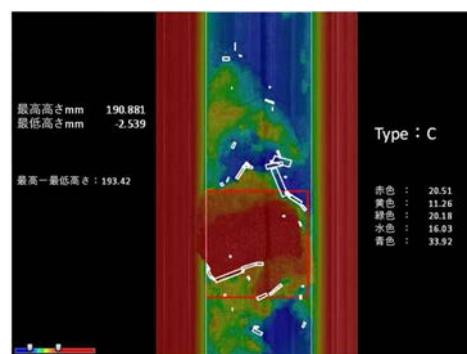


図-4 推定結果の出力例

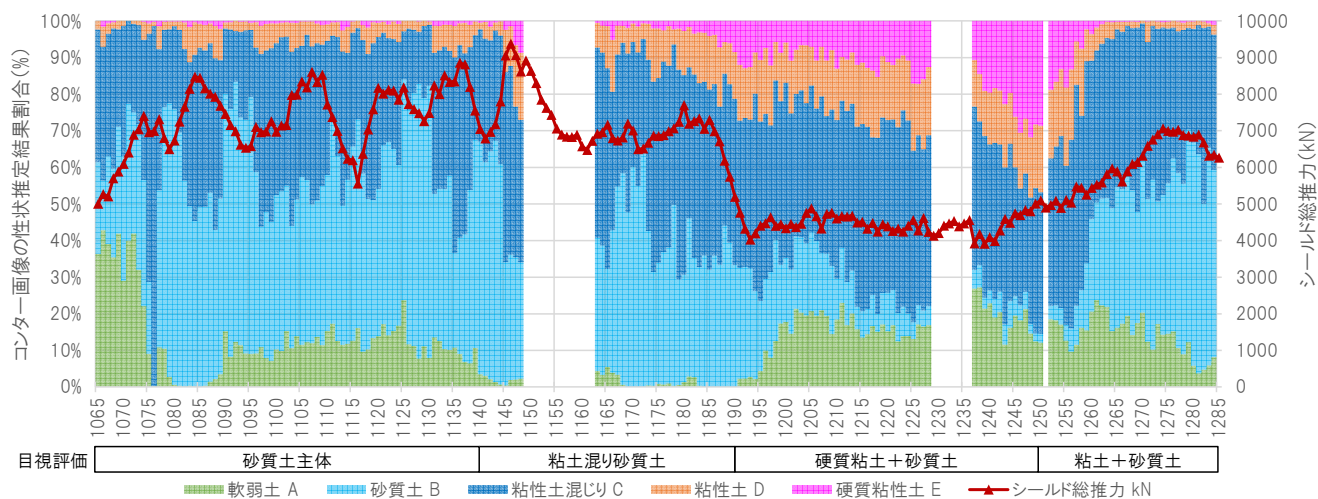


図-5 各リングの性状推定結果

5. まとめ

本稿では、小原田貯留管築造工事において試行した掘削土砂性状の連続計測結果について述べた。作成した推定モデルを用いて連続計測を行うことにより、土砂性状の変化を評価できることがわかった。今後は、土質の異なる掘削土砂への適用性を確認するとともに、掘削土砂の性状管理項目であるコーン指数やスランプなどの評価指標との関係性の評価を積極的に進め、シールド掘削の自動運転技術の実用化に向けて検討を進めていく予定である。

参考文献

- 1) 山田，山崎，中筋，東野，青山，佐藤：シールド掘削土砂の連続評価技術の開発，土木学会第77回年次学術講演会，2022.9