

固形回収システムの実証

戸田建設(株)	正会員	清水 義治
(財)下水道新技術推進機構		野地 賢
(財)下水道新技術推進機構	正会員	曾我 誠意
戸田建設(株)		大隈 隆継

1. はじめに

建設産業は、我が国の資源利用の約 50%を建設資材として消費する一方で、産業廃棄物全体の最終処分量の 40%を超える量を建設廃棄物として最終処分しており、地球環境保全のため「資源循環型社会」の構築が求められている。現在、シールド工事から発生する掘削土は、一般的に土圧式および泥水式の二次処理土は産業廃棄物として処分する必要がある。このためシールド工事からの建設廃棄物を減量化するには泥水式シールド工法で一次処理することが必要となる。そこで著者らは、従来、大半が二次処理に回っていた粘性土層において、N値 10 以上の地山を対象に出来るだけ固形状態で切り出し、振動篩等で分離し、一次処理することにより産業廃棄物を低減することを提案した。

本報文ではシールド掘進機における切削方法に着目し、固形回収率（一次処理率）増加につながる切削制御について、実証データをもとに考察する。

2. 固形回収システム

固形回収量を最大とするには、排泥管内を輸送中に最も溶解しにくい状態で地山を切削する必要がある。その状態とは、体積に対する比表面積が小さい、流体輸送可能な最大の立方体（球体）に近い形状のことである。¹⁾流体輸送可能な最大径は排泥管径、ポンプのインペラの形状により異なり、例えば排泥管径 100mm、インペラが 2 枚羽根の場合 70mm となる。

固形回収システムでは、掘削される固形物がこの流体輸送可能最大径となるように、シールド掘進機のビットの配置を行い、掘進時にはシールドジャッキ速度、カッター回転速度を制御しながら掘進を行う。

つまり、固形回収システムの切削は図 - 1 に示すように行う。まず先行ビットにより溝状切削を行う。この先行ビットを流体輸送可能最大径の間隔で配置することにより切削される固形物の幅を制御する。次に、メインビットにより溝間の凸部を切り出すことにより、固形状態で地山を切削する。シールドジャッキ速度、カッター回転速度を制御することにより、固形物の奥行きを決定する。また、カッター回転速度により、裂断破壊面を制御し、固形物の長さを決定する。

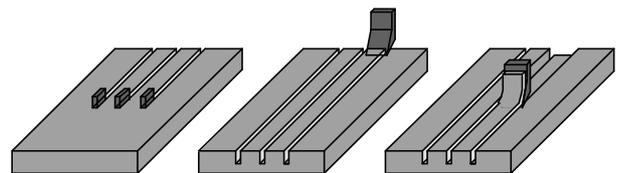


図 - 1 固形回収システムの切削イメージ

これらの複数のパラメータを相互に制御することにより、固形回収量が最大となるように掘削を行う。

3. 実証工事報告

東京都下水道局発注の千代田区外神田一、三丁目付近再構築工事では、N値 10 前後の粘性土層を泥水式シールドで、固形回収を行いながら掘進している。

本工事は 1 つの発進立坑から 3 方向に下水道の主要枝線を築造するものである。工事概要を以下に示す。

路線 : シールド機外径 3,080mm (仕上がり内径 2,200mm) 掘進延長 L = 379.0m

路線 : シールド機外径 2,270mm (仕上がり内径 1,500mm) 掘進延長 L = 607.1m

キーワード 泥水式シールド、環境保全、リサイクル、固形回収

連絡先 (東京都中央区京橋 1-7-1 TEL 03-3535-1585 FAX 03-3567-4852)

路線 : シールド機外径 2,270mm (仕上がり内径 1,500mm) 掘進延長 L = 493.5m

土 質 : 東京層第 2 粘性土層 (Toc2) N 値 7 ~ 15 程度 自然含水比 50 ~ 65% 程度

粒度構成比 砂 3 ~ 9%、シルト 62 ~ 78%、粘土 19 ~ 31%

路線 のシールド掘進機は、先行ビットを掘進方向に伸縮可能とし、溝状切削の深さを制御できるようにした。また、切削される固形物の奥行きを決定するビットの地山への切込厚 (図 - 2 参照) を所定の値に保つことができるようにした。つまり、掘進機の推進速度を検出し、それに応じてカッターの回転数を自動制御し、設定した所定の切込厚とする。

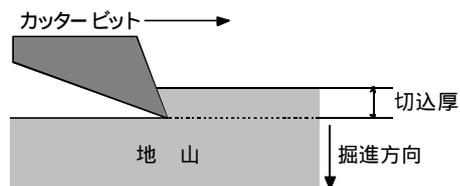


図 - 2 ビットの切込厚

路線 の固形回収率の推移を図 - 3 に示す。350m 以降の到達直前では掘進速度を落としたため、回収率が低下しているが、それ以外の区間では 40% 前後で推移しており、トータルでは 41.5% の回収率を得ることができ、設計値の 36% を満たすことができた。

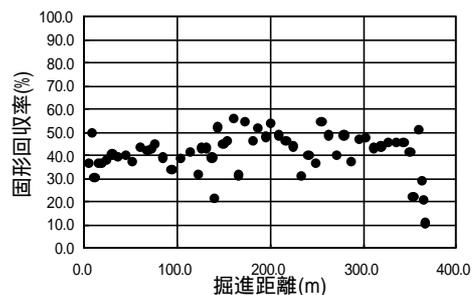


図 - 3 固形回収率の推移 (路線)

図 - 4 に切込厚を 20, 30, 40mm に設定したときの固形回収率の変化を示す。切込厚を大きくするに従って、固形回収率は高くなり、それぞれの平均値は 37.3%、40.7%、41.9% となった。切込厚をさらに大きくしたところ、排泥管が閉塞し、掘進不可能となった。すなわち、流体輸送可能な最大径で切削することが固形回収率を最大とすることがわかった。

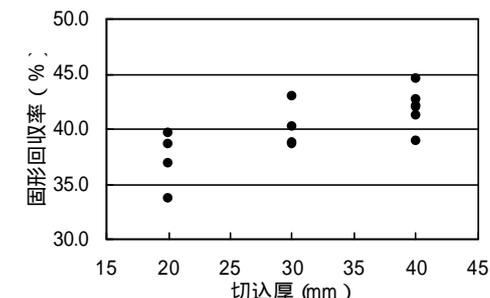


図 - 4 切込厚の影響

路線 のシールド掘進機は、固形回収の切削理論に従い、先行ビットをメインビットの両端に配置した。また、本機には路線のような可動ビット、自動切込厚制御は装着しなかった。

図 - 5 に固形回収率の推移を示す。掘進速度、カッター回転速度を手動制御し、切込厚ができるだけ大きくなるように掘進した。

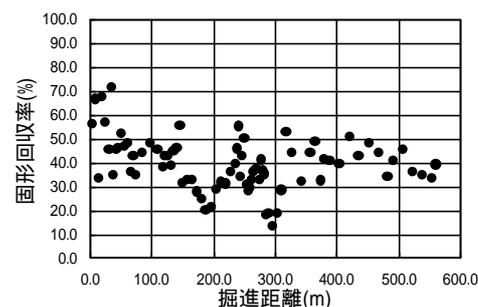


図 - 5 固形回収率の推移 (路線)

土質の変化が非常に激しかったため、固形回収率もばらつきが大きかった。発進直後は土質が比較的硬かったが、200m 付近と 300m 付近では非常に軟弱であったため、ばらつきは大きい、それ以外の区間では概ね 40% 前後であった。路線 と同様に設計値 36% に対し、掘進途中ではあるが 39.4% と上回っている。

両路線ともに土質の変化が激しく、流体輸送距離の増加による泥水中への溶け込みの増加については確認できなかった。

4. おわりに

今回の実証施工では、N 値が 10 前後の比較的軟らかい粘性土でも 4 割程度の固形回収率が得られることが確認できた。

さらに路線 では、排泥管を通常の 4 インチから 5 インチとし、流体輸送可能最大径を大きくすることで、輸送中の溶解対策を行っている。また、シールド掘進機は先行ビットを面板の円周方向にスライドさせ、溝状切削の間隔、つまり切削する固形物の幅を変化させ、固形回収率への影響を確認する予定である。

これらの結果をもとに固形回収率が最大となる、最適なビット配置、運転制御方法を確立したいと考えている。

参考文献

- 1) 清水義治, 篠田康弘, 小林卓矢, 吉田英: 粘性土の流体輸送時の溶解に関する基礎実験, 第 54 回年次学術講演会講演概要集第 6 部, p192-193, 平成 11 年 9 月