

41. 支障物撤去シールド工法の開発

㈱熊谷組：*直塚 一博，木戸 義和

1. はじめに

近年、シールド工法により構造物を構築する場合、既設構造物やその基礎が支障物としてシールド計画路線上に出現し、掘進の障害となるケースが増大しています。密閉型シールドで、切羽前方に支障物が出現する場合の対策方法としては、

(1)地上から撤去 (2)切羽安定対策を施し、切羽より撤去 (3)開削工法への変更 (4)中間立坑で開放型シールドに改造等の方法が行われています。しかし、これらの方法では、地上占有が確保できない場合や、作業の安全性や施工性の問題及び工期または経済性等に課題が残されています。

本工法は、シールドマシンで支障物を切断、撤去できこれらの課題を解決することを目的として開発を行いました。ここで、支障物撤去シールドを採用するにあたりその目的となる支障物の種類として以下のものがあげられます。

- ① 軟弱な埋立地に埋設されているドレーン材等の地盤改良材（ドレーン材）のような軟材
- ② 昔の護岸工事等の際に橋脚等の一部として使用されていた木杭等
- ③ H型鋼、鋼管柱、鋼矢板等の鋼材

このように大きく分類すると上記①～③に分けられますが、これら支障物の種類に応じて本文では、3種類の支障物撤去シールド工法を紹介します。

まず、上記①、②に対応可能なブレードカッター方式による支障物撤去シールド工法、上記②、③に対応可能な鼓型カッターによる支障物撤去シールド工法及び前面スライド式支障物撤去シールド工法に分類して順次紹介します。

2. ブレードカッター方式による支障物撤去シールド工法

(1) ドレーン材対応型シールド工法の必要性

過去に地盤改良材（ペーバードレーン、バックドレーン等）が施工されている埋立地盤で現在は滑走路等供用されている直下にトンネルを構築する場合、掘進と共にドレーン材をそのまま引きちぎると地中の土とともにドレーン材が引き込まれ大きな地表面沈下を誘発する懸念がありました。そこで、今回ドレーン材切断用の特殊装置をあらかじめシールド機に装備することで解決を図りました。



図一1 ドレーン材切断装置付シールド機

の背面摩擦を防止するため、硬化肉盛も施しました。

(3) 掘進状況

通常の地山掘削とドレーン材部の掘進状況の違いを表-1に示します。

表-1 通常地山部とドレーン材部の掘進状況

	通常地山部	ドレーン材部
日進量	10 Ring/day	8 Ring/min
掘進速度	25~30 mm/min	20~25 mm/min
地盤変状	-10~+10 mm	-10~+10 mm

施工の結果、推力、カッター

ルクなどのシールド機の負荷に関しても通常地山部、ドレーン材部の掘進の違いは確認できませんでした。これらは、ブレードカッターがドレーン材を良好に切断した

ためにシールド機に負荷がかからなかったものと考えられます。なお、

表-2 ブレードカッター稼働条件

ブレードカッター回転数	500 rpm
平均ジャッキスピード	22 mm/min
シールドカッター回転数	0.8 rpm

摩耗許容量となる稼働時間は実験により 280 時間となっており、今回の工事においては全稼働時間は約 500 時間であったので、途中1回ブレードカッターの交換を行い、計4枚(2枚×2組)使用しました。

3. 鼓型カッター装置による支障物撤去シールド工法

鼓型カッターを用いた支障物撤去シールド工法は、支障物切断用の鼓型形状のカッター1対(2基)と支障物切断時及び回収時に支障物を把持するための把持ハンド2対(2基×2対=4基)からなる切断・把持装置を面板部に装備した構造を有しています。支障物の切断は、この超硬チップを埋め込んだ鼓型カッター部を高速回転することによって行います。なお、カッターを鼓型としたのは、支障物切断時において支障物をつつみこむ構造とすることで支障物を安定させ効率の良い切断を行うことを目的としています。また、隔壁後部には支障物回収装置を装備し、切断後の回収ができるシステムを有しています。

図-6に鼓型カッター方式による切断装置図を示します。

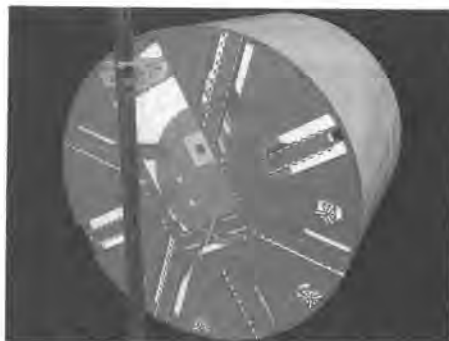


図-5 鼓型カッター方式による撤去概念図

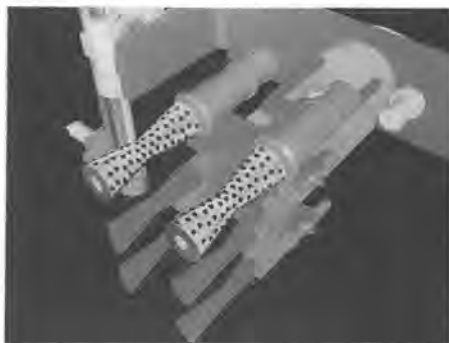


図-6 鼓型カッター方式による切断装置

(1) 支障物の切断、撤去、回収手順

①支障物探査

探査装置で前方の支障物を探査(電磁波による粗位置及びロッドによる精密位置探査)します。

② 1ピース切断手順

チャンバー内に格納された支障物切断装置を切羽側におこし支障物を把持ハンドにてつかみ、鼓型カッターを高速回転させて切断を行います。上部切断終了後、把持ハンドを外し、切断装置をチャンバー内に格納した後、180度面板回転方向に回転させます。再び切断装置を切羽側に起こして1ピース下部の切断を行います。

③ 格納

支障物を把持したまま本装置を90度チャンバー内に倒すことで装置全体をチャンバー内に倒すことで装置全体をチャンバー内に格納し、スライドゲート位置まで面板を回転させます。

④ 回収

支障物を把持した状態で、切断装置を上下にスライドさせることで回収ホール前方のスライドゲート前まで持ってきます。本状態で回収装置のアームを伸ばし支障物を切断・把持装置から受けとります。次に回収装置のアームを縮め回収ホール内に支障物を取り込み、回収ホール内のリフターを上げコンベア上に支障物を落とします。

この工程の繰り返しにより順次、支障物を切断・回収し、支障物がある程度貯留した後、スライドゲートを閉じ密閉状態として回収ホール内の泥水を抜いた後に後方ゲートから支障物を取り出します。

⑤ 最外周部支障物の切削による撤去

最外周部に残った支障物は、面板に複数装備のフライス型カッターで削り、ルート上の全ての支障物を取り除きます。なお、本シールドは鼓型カッターの機内交換システムを有しています。

切断開始



図-7 切断開始状況



図-8 回収ホール支障物貯留状況図



図-9 フライス型カッターによる最外周切削削削図

4. 前面スライド式切削装置による支障物除去シールド工法

(1) シールド機構造

本シールド工法は、カッターフェイスに前後スライド式のジャッキを内蔵する切削装置（切削装置には機械加工用の超硬チップを埋め込んだビットを複数装備）を面板の一部に採用している点に特徴を有しています。下図-10 で示す中心部楕円形状の前面スライド式中心部切削装置及び左右に装備されている扇形状の中外部切削装置も各々2本のジャッキを内蔵しており、支障物遭遇時に隔壁を反力としてこれらのスライドジャッキを前面に伸ばして、支障物に密着させ面板の回転でもって支障物の切削を行います。

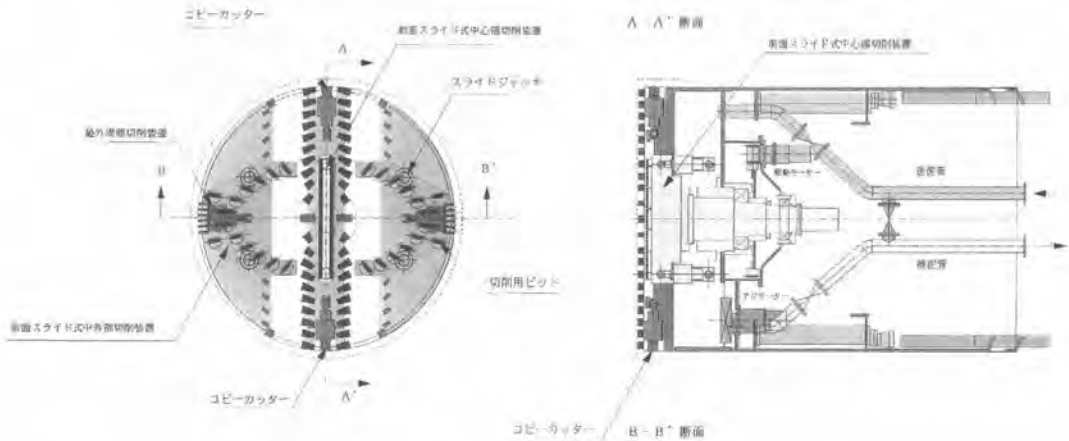


図-10 前面スライド式支障物除去シールド全体構造図

(2) シールド機の特長

2つの扇形状の前面スライド式中外部切削装置は、各々左と右回転用に切削用のチップを配置していますが、これは、左右に面板を回転させることにより効率的な切削を行うこと及びシールド機のローリングが発生したときに一方をカッター右回転もう一方を左回転時に切削できるチップの向きを考慮し配置す

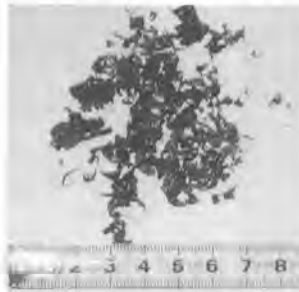


写真-1 カッター摩耗前切削屑

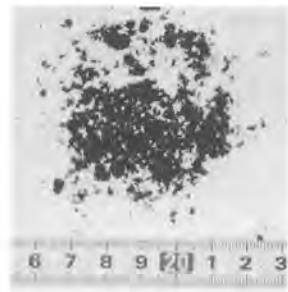


写真-2 カッター摩耗後切削屑

ることでローリングの修正を図ることを目的としています。また、カーブ施工時の支障物遭遇対策、もしくは最外周部の確実な切断を目的とし支障物最外周切削用スライドカッターを装備しています。また写真-1、2に示す切削後の切削屑は、細かく切削されるため、チャンバー内に土砂と一緒に取り込まれ回収され、スクリーコンベア（土圧式の場合）、もしくは排泥管（泥水式の場合）を通して地上まで搬出されます。したがって、本工法では特別な回収装置は不要であり、通常地山掘進と同様に回収が可能です。下表-2に鼓型カッター方式と前面スライド方式の比較表を示します。

表-2 鼓型カッター方式と前面スライド方式の比較表

	鼓型カッター方式	前面スライド方式
掘削外径	機械的駆動部分の多様性により制約を受け掘削外径φ8.00m程度以上	機械的な制約は、チャンバー内のジャッキのみであるため、小口径（φ2.00m程度）から採用可能
シールド形式	チャンバー内でのスライドを想定するため、泥水式に限定される	切削という概念から回収装置が不要となるため、泥水・土圧両タイプで採用可能
支障物の種類	木杭、H型鋼、モルタル杭、コンクリート杭等	左記に加え鋼矢板等
ビットの耐久性	耐久性能としては、H-200の場合10本程度 シールド機内からのビット交換が可能	耐久性能はチップの配置本数等により可変するが平均的にH-200で15本程度 ビット交換不可能
マシンコスト	2割以上のコストアップ	1割～1割5分程度のコストアップ

5. おわりに

近年のシールド工事の輻輳化により、支障物が出現する計画路線上にルートを選定せざるを得ないケースが多々見られます。支障物の撤去に当たっては、地上から引き抜いたり、地盤改良を施した上でチャンバー内に人が入ることによって人力で掘削、撤去しているのが現状であり、工期や安全面に課題が残されていました。本工法は、地上が占用できない場合や、作業の安全性に配慮して開発した画期的なシールド工法です。

今後、施工条件や地山の条件に応じて本工法の活用を図ると共に、多種多様な現場条件に対応できるように適切かつ確実な切削を行えるような改良を施し、過密化した都市空間の更なる有効需要に応じて採用できるシールド工法として用いられることを望みます。