

再利用可能な二重構造シールド掘進機の開発

中村秀雄・岸梅 博

現在、中大口径の上下水道管渠やトンネル等の工事では、シールド工法が活用されている。特に都市部においては、シールド工法の特徴の一つである「地上部分の占用を必要としない」という点において有用なために積極的に採用されているが、立坑の位置選定という点で、周辺環境等の理由により適切な位置選定が難しい状況である。このような状況を踏まえ、到達立坑の削減と、施工コストの減少を目的に DSR 工法は開発された。

本報文では、シールド工事における DSR 工法の特徴および、シールドマシンの特徴等について述べるものである。

キーワード：シールド工法、再利用、コストダウン

1. はじめに

一般的にシールド工法において、シールド再発進をしたい場合、従来は到達立坑による地上への引上げが必要であった。しかしながら、周辺の施工環境により到達立坑が築造できない場合や、土被りが深い場合などの理由で到達立坑の築造が大がかりなものになる場合は、再発進に多額の費用がかかったり、先行掘進に使用したシールドマシンを使っての再発進が不可能であったりする。

このような時にはシールド掘進機を埋殺しにし、新たなシールド掘進機を製作していた。また、計画路線の施工条件や、発進基地に適切な候補地がないことなどにより、シールド掘進機の本来の寿命まで使用することなしに、シールド掘進機を埋殺しにし、一部解体・残置する例も多く見られる。

このような現状に対して、DSR 工法 (Draw a Shield for Recycle System) では、シールド掘進機を二重構造にしてセグメント内を引戻し、シールド機の回収、再利用を容易に可能とすることで、コストダウン、周辺環境への配慮、計画時における発進基地位置選定の自由度向上といったメリットを特徴としている。

本報文では、後述する下水道工事で採用した DSR 工法の特徴、適用範囲及びシールドマシンについての概要を報告する。

2. 工法の特徴

DSR 工法は大別すると、

- ① 工費が削減できる
- ② 周辺環境への配慮

の2つの特徴がある。

まず、①についてであるが、これは本工法最大の特徴である「引戻し可能なシールドマシン」である、ということに起因する。

DSR 工法で使用するシールドマシンは、外胴と内胴の二重構造でマシンを製作し、原則的にすべての駆動部を内胴に配置する。先行掘進の到達後は、外胴を残置し、内胴部を1ユニットとして掘進後のセグメント内をバックさせて発進基地まで移動し、回収する。このことによりマシン製作費用のうちで大きな割合を占める駆動部をほぼ100%再利用する事が出来、再発進部分のために新たに製作するのは外胴部のみとなり、シールドマシンを残置する場合(一般的には約30%の再利用率)に比べて大きなコストダウン(DSR 工法の場合は約90%の再利用率)を可能とする。

続いて②についてであるが、マシン回収のための到達立坑を必要としないという特徴により、到達地点の道路占用や規制を必要とせず、そのため作業地域の交通に対しての影響、騒音・振動などといった工事による公害を低減させるといった面で周辺環境に対して優しいということである。

3. マシン概要

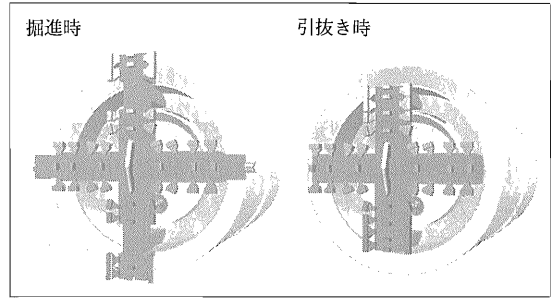
次に、DSR 工法で使用するシールドマシン（写真—1 参照）について説明する。東京都下水道局発注の「文京区本駒込一，三丁目付近再構築工事」で使用されている仕上げ内径φ 1,800 mm（シールドマシン外径φ 2,680 mm），泥土圧式シールドマシンを例にして，通常のシールドマシンと異なる点を中心に説明しよう。

（1）外胴部と内胴部（駆動部）の分離した構造

通常のシールドマシンと大きく異なる点は，駆動部を一つのユニットとして形成し，シールドマシン本体（外胴部分）と別な構造であるという部分が挙げられる。これは，掘進到達後に外胴部を残して内胴部のみを引戻すための構造で，外胴部は掘進到達後にその場に残置し，管渠の一部となる。

（2）カッタフェースの伸縮

掘進到達後，内胴外径（外胴内径）まで縮小し，引戻し時の作業性を向上する。また，先行掘進と再発進の径が異なる場合にも，掘削径の変更がカッタフェースの伸縮で行える。なお，径が小さい場合には，油圧による伸縮機構を設けずに先端

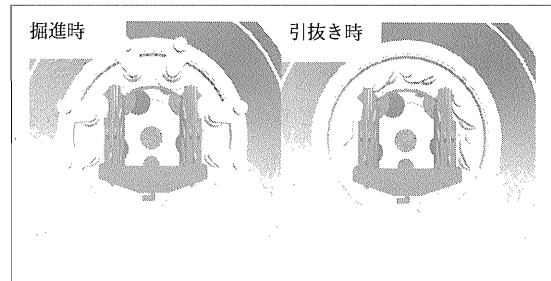


図—1 カッタフェース

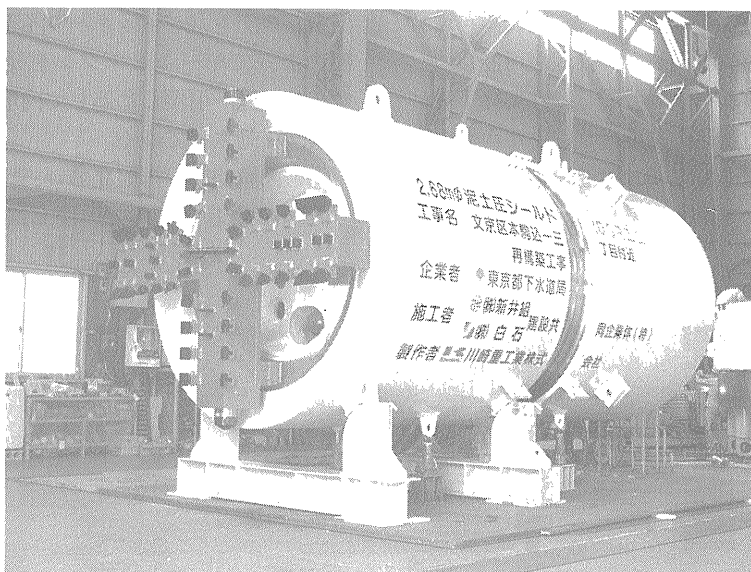
部分のみの取付け，取外しを人力にて行う場合がある。図—1 に伸縮時のイメージを示す。

（3）偏心対応ジャッキの回転，収納

シールドジャッキを偏心構造にしたことにより，内胴引戻しの際に偏心対応ジャッキが回転し，内胴径まで縮小・収納されることによって，



図—2 偏心対応ジャッキ



写真—1 DSR 工法シールドマシン

引戻し時の作業性を向上する。図-2に掘進時、引抜き時のイメージを示す。

(4) 内胴収納型走行装置と内胴反力システム

引戻しの際には、内胴より走行装置が出現し、内胴反力システムにより、セグメント内を走行、引戻しを行う。図-3にイメージを示す。詳細な引戻し方法については、後述の「施工手順」にて述べる。

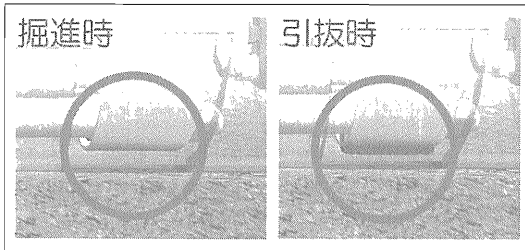


図-3 走行装置

その他、DSR工法に共通する特徴としては、

- ① 密閉型の泥水式シールド工法と、土圧式シールド工法のどちらにも対応可能である(図-4参照)。
- ② 先行・再発進工区での異径対応が可能
先行掘進工区と再発進工区のトンネル径が異なる場合でも、従来は2機のシールド機械が必要であったのに対して、外胴の径を変更し、駆動部を再利用する事によって対応が可能である。
- ③ 掘進途中での引戻し、再掘進が可能
内胴部分のみを一旦引戻し、作業終了後に再び前進し、掘進作業を行うことが可能である。長距離掘進の際に、掘進途中でのカットのメンテナンスを行う場合や、埋設、障害物

等が掘進路線上にあり、人力による撤去作業等を行わなければならない場合に対して有効である。

④ 対応径及び掘進可能距離

対応径は先行掘進工区(内胴回収工区)、再発進工区ともに、仕上がり内径 $\phi 1,800$ mm(シールド外径 $\phi 2,670$ mm)以上に適應する。最小曲線半径、掘進可能距離は、先行掘進、再発進ともに通常のシールド工法に準じる。

4. 施工手順(図-5参照)

DSR工法の施工は、以下のようにして行う

① 先行掘進

先行掘進を含めた掘進作業については、通常のシールド工法に準ずるため、説明を省略する。

② 到達

先行掘進到達後、カッタフェースの縮小(又は取外し)、スプレッドの取外し、偏心対応ジャッキの回転収納を行う。この時、内部の各装置も取外し、回収を行う。

③ 分離・移動

セグメント内に内胴反力装置を設置し、内胴に取付けて内胴を引戻す。この時、走行レールをセグメント内に敷設し、内胴と外胴分離後、走行装置をマシン本体より出してレール上に乗り、内胴反力システム(ジャッキ+ワイヤ又は鋼棒)の伸縮によってシールドマシンを発進立坑まで引戻す。この際、引戻しに応じて内胴反力システムは順次、移動させてゆく。

④ 内胴回収、再組立て

内胴を発進立坑まで引戻し後、状況に応じて

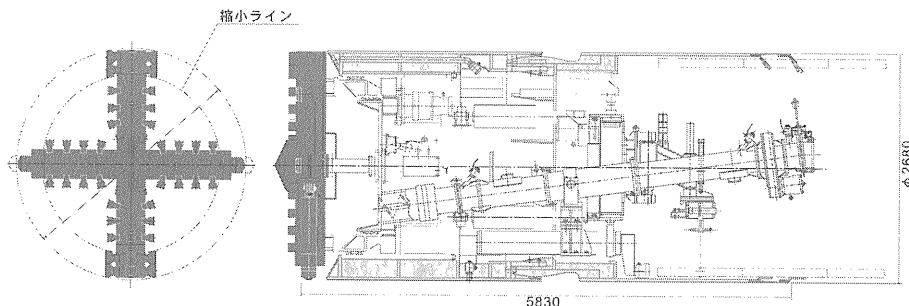


図-4 シールドマシン(泥土圧式;仕上がり内径 $\phi 1,800$ mm)

シールドマシンの整備(カッタ部分等の消耗品)を行い、再発進区間に用意した新規外胴を立坑内部に吊りおろし、外胴へ内胴を挿入する。その後、各種機器のシールドマシンへの取付けを行う。

⑤ 再発進

すべての設備を設置後、通常のシールド工法と同様にして再発進を行う。

5. 工法採用現場

DSR 工法の初めての採用現場として、東京都

下水道局中部建設事務所発注の「文京区本駒込一、三丁目付近再構築工事」がある。この現場の路線状況は、発進立坑から約117mを掘進し、既設管渠(第二白山幹線)に地中接合により接続する。そこから内胴を引戻し、再び発進立坑より571mを掘進(急曲線部16R含む)するという状況で、接合部は国道下であり、シールドマシン回収のための立坑設置が困難なこと、周囲を住宅地に囲まれ、発進立坑の設置位置が限定されることから、この工法が採用されるに至った。

写真-2、写真-3、写真-4、図-6及び表-1

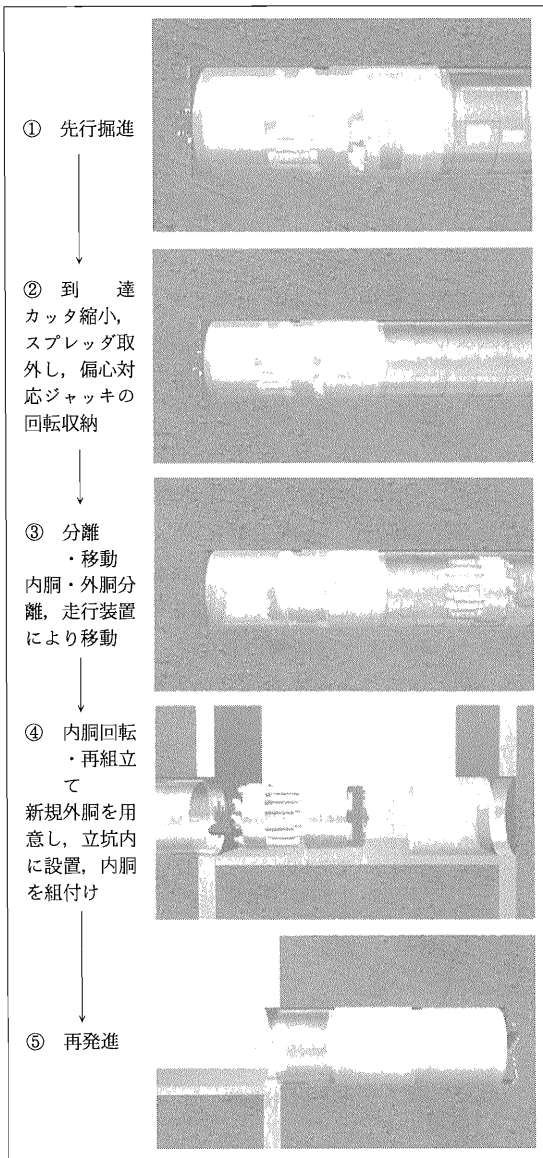


図-5 施工フロー

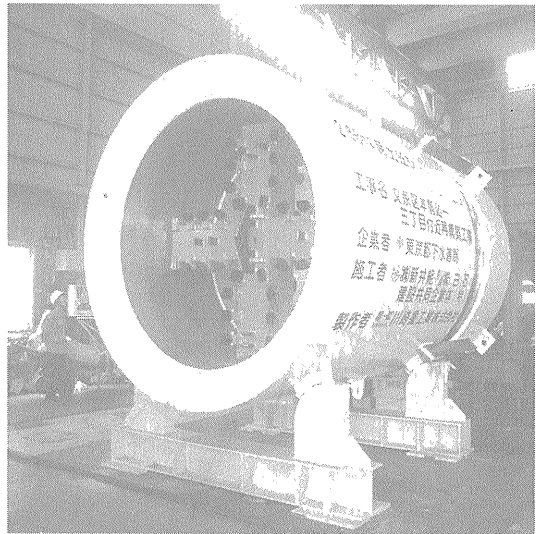


写真-2 引抜き試験(引抜き状況)

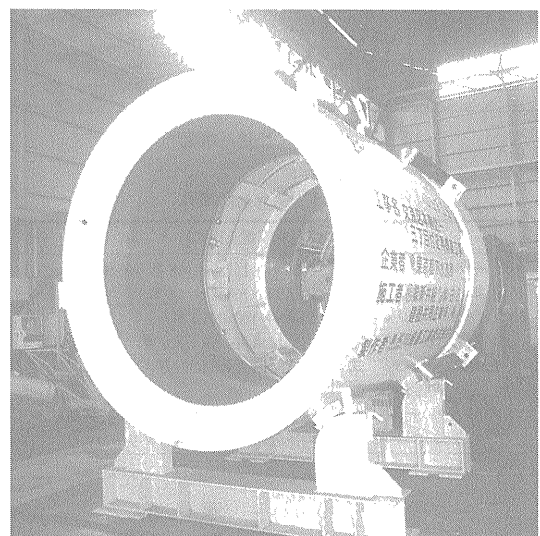
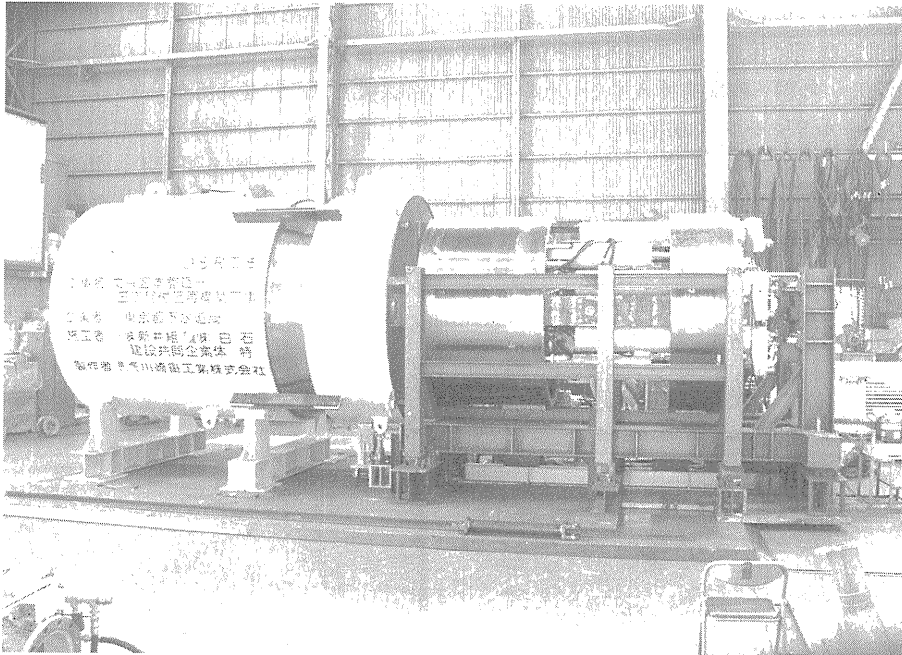
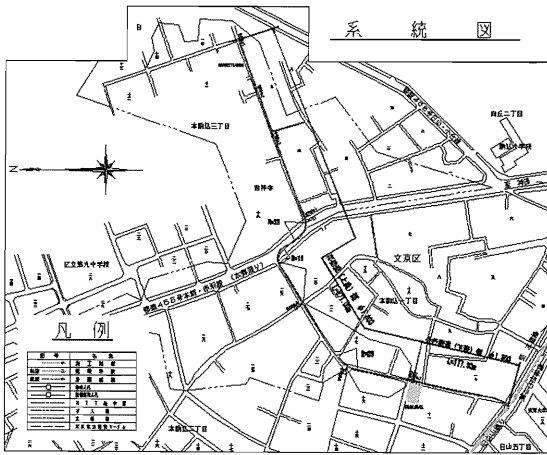


写真-3 引抜き試験(引抜き完了)



写真—4 引抜き試験 (引抜き完了 (背面))



図—6 路線系統図

表—1 マシン仕様表

| マシン仕様 (泥土圧式) | |
|--------------|-----------------------------|
| シールドジャッキ | 800 kN×1.150 st×8 本 (特殊) |
| 中折れジャッキ | 1,250 kN×350 st×4 本 |
| コピーカッタジャッキ | 60 kN×100 st×2 本 |
| 中折れ角度 | 右:12.5度, 左:7.0度, 上下:1.0度 |
| カッタ形式 | 全断面掘削正逆回転方式 |
| カッタ回転数 | 0~2.26 min ⁻¹ |
| カッタトルク | 280 kN-m (常用) 424 kN-m (最高) |
| スタクリュコンベア | 内径 260 mm 軸付きスクリュウ |

に当現場で使用されるシールドマシンの写真, 路線図及びマシン仕様を列記する。

6. おわりに

DSR 工法についての概要等を簡単に説明した。これからの時代, 土木工事においては発注者にとってはコストの縮減, 施工者には周辺環境等への配慮が今以上に求められてゆく時代になるといえよう。そのような情勢において, DSR 工法がその一助になることがあれば幸いと考えている。

J C M A

[筆者紹介]



中村 秀雄 (なかむら ひでお)
株式会社新井組
東京本店
土木設計技術部
設計課
課長



岸梅 博 (きしうめ ひろし)
株式会社新井組
東京本店
土木設計技術部