

掘削機外径の縮小・復元が可能な縮径TBMを開発 —マシン本体の地山拘束状態¹⁾解除における安全性の向上と作業期間の短縮—

戸田建設(株)(社長:今井雅則)は、トンネル掘削機(TBM)に機械的に径を小さくする機能を付加することで地山拘束状態から脱出することが可能となる掘削機(縮径TBM)を開発しました。

従来の地山拘束状態からの解除方法と比較して、工期を最大で約6分の1に短縮可能であり、危険を伴う人力による作業を機械化することで安全性が飛躍的に向上しました。なお、今回の技術開発にあたり、シールドマシン製造メーカーの川崎重工業(株)に技術協力をお願いしています。

※1) 地山拘束状態とは、地山の崩壊などにより掘削機が締め付けられ、掘削不能となる状態。

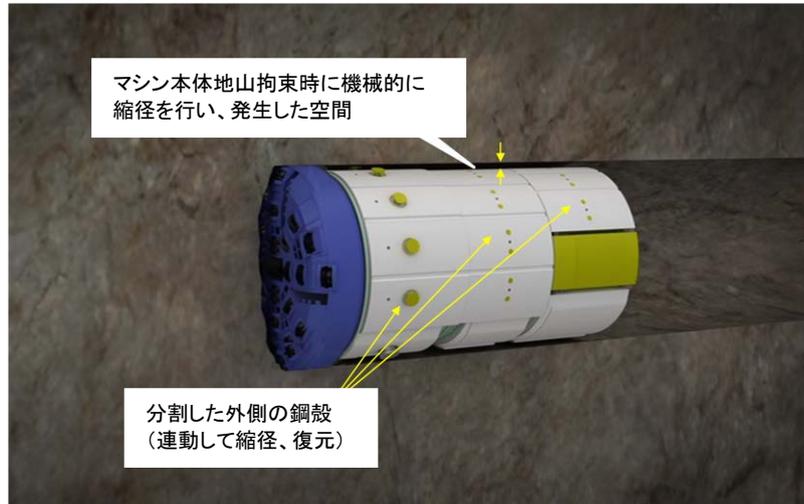


図-1 縮径TBMの機能(CG)

1. 開発の背景

従来の山岳トンネル掘削工法と比較し、高速施工が可能なTBMの欠点として、掘削地山の崩壊や硬岩切削時の岩ズリ付着等により、マシン本体が拘束され掘削不能となるリスクが挙げられます。

マシン本体が拘束された場合の従来の解除方法では、下記のような作業が必要でした。

- 1) 崩壊等を防止するため、掘削後方からマシン全体を覆う地盤に地盤改良注入を行います。
- 2) 人力によりマシン周囲の拘束状態の原因となっている土砂を取り除くために横坑を設置します。
- 3) 人力にて後方から順次マシン周囲の掘削を行い、支保工・矢板等でマシンを覆い、土砂を取り除きます。
(一般的にはマシン周長の上部2/3程度)
- 4) 拘束の原因となる土砂を取り除いた後、支保工等を撤去し再掘進し、拡幅部の充填を行います。



写真-1 拘束されたTBMの周囲を人力により拡幅する様子

従来のマシンの拘束を解除する作業は、上記手法のように危険を伴い長期間にわたる作業となるため工期やコストを圧迫することになります。これらを解決するためにマシン胴体を縮径させることで容易に拘束を解除することが可能な掘削機(縮径TBM)を開発しました。

拘束解除に必要な期間は、従来工法では1回あたりで約3ヵ月(当社試算)を要していましたが、縮径TBMを用いることにより約0.5ヵ月で解除可能となります。また、全ての作業をマシン内部で行うため安全性が飛躍的に向上します。

通常、TBMでのトンネル掘削は5km~10kmと長距離となりますので、掘削対象地質にもよりますが拘束の頻度は高く(1回/2km程度と予測)、縮径TBMを用いることによりコストの縮減にも繋がります。

2. 縮径TBMの特長

マシン径を小さくする構造上の特長は、次のとおりです。

- 1) 縮径TBMの本体は内側の内胴と外側の外胴の二重構造で構成されています。更に外胴は分割された鋼殻であり、各鋼殻に縮径（復元）ジャッキを装備することで所定の縮径量を確保します。
- 2) 機内から縮径（復元）ジャッキを操作することで全ての鋼殻が連動して作動します。
- 3) 内胴と外胴の空間には可動式のシールを装備し、土砂等の流入を防止します。
- 4) それぞれの鋼殻部に複数の土圧計を装備し、地山の締付け状況を検知しながら掘進します。

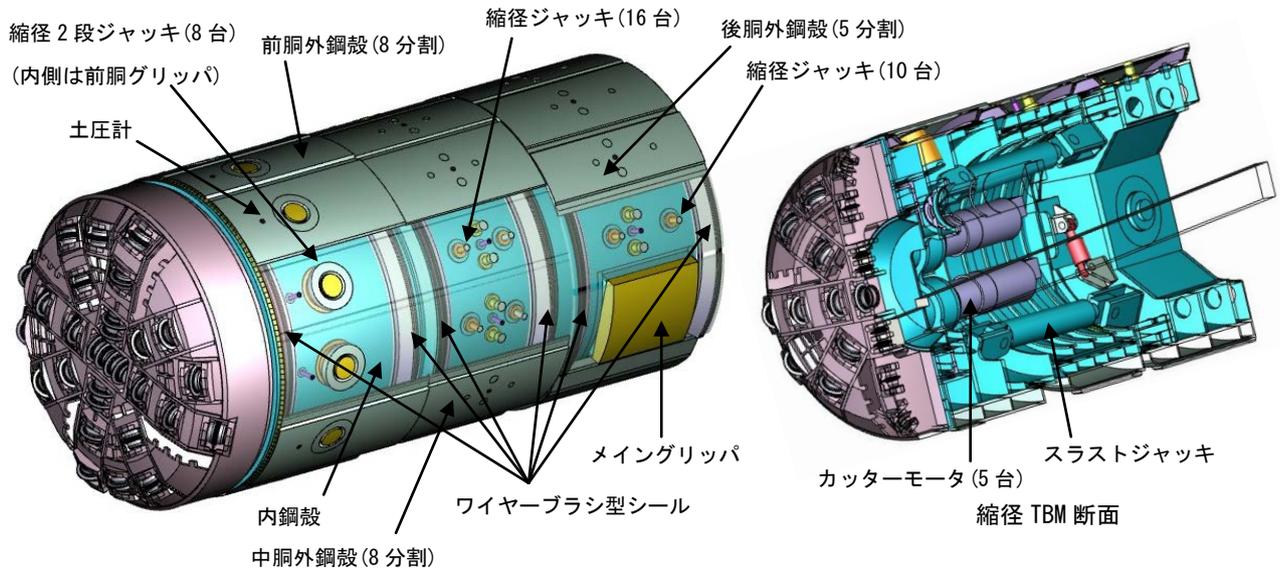


図-2 縮径TBM全体組立図

3. 縮径TBMの拘束状態解除方法

崩落性地山により縮径TBMが拘束された場合の拘束状態解除方法の一例を紹介します。

- 1) 掘削機後方からマシン全体を覆う地盤に地盤改良注入を行い、地山の崩壊等を防止します。(図-3②)
- 2) マシン胴体を縮径させ（マシン径3.5mで最大100mm(半径50mm)）、地山の拘束を解除します。(同③)
- 3) マシンを再掘進し、崩落性地山区間の掘進が完了したのちマシン径を復元します。(同④)

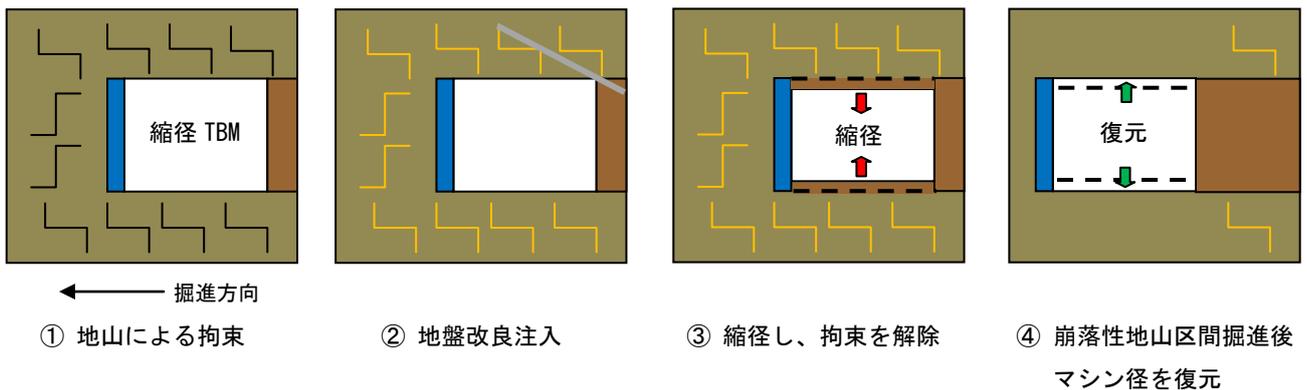


図-3 縮径TBMの地山拘束解除ステップ図

4. 今後の展開

TBMは、山岳トンネル工法と比較して4～5倍の高速施工が可能ですが、地山拘束という多大なリスクのある工法でした。そこで、縮径TBMを使用することにより工期を厳守し安全に山岳トンネルを構築することが可能となります。今後は、長距離のTBM掘削に展開していく予定です。