

矩形断面トンネル築造技術「パドル・シールド工法」の開発(その1)

清水建設(株)	正会員	○金丸	清人
清水建設(株)	正会員	松浦	幸彦
カヤバシステムマシナリー(株)		河内	章
カヤバシステムマシナリー(株)	正会員	小高	宏幸
カヤバシステムマシナリー(株)		川井	貴史

1. はじめに

高速道路のランプ部や立体交差部、地下通路などでは、低土被りや各種埋設管の存在などにより、矩形断面形状による非開削トンネル施工のニーズが、昨今高まっている。本工法は矩形断面形状による、低土被り掘進時の合理的な掘削方法を目指して開発・実用化した。本稿では本工法と実証実験の概要を報告する。

2. 工法の概要

本工法のシールド機形式は密閉型泥土圧式である。カッタは円筒形の横軸にビットを装備し軸の回転によりビットで地山を切削する。カッタ面の縦方向には、カッタを複数配置している。チャンバーは最上段の1本のカッタには1つのチャンバー、2段目以下は複数のカッタ(2~3本)で1つのチャンバーで構成し、各チャンバーにはこの工法のポイントの一つであるパドルスクリーと従来の泥土圧式と同様にチャンバー内土砂排土のためのスクリーコンベアを装備している。パドルスクリーは、カッタで切削した土砂とカッタ付近で噴出させる添加材の攪拌混合および、攪拌



図-1 パドル・シールド工法イメージ図

混合した土砂をスクリーコンベアの取込口まで横移動させる機能を有している。各チャンバーのカッタからスクリーコンベアまで一体で前後にスライド可能な構造となっており、掘進時に最上段カッタをスライドしながらセグメント1リング分の長さまで掘進し、以下、チャンバー毎のカッタでスライド掘進を繰り返すことで、地表面の沈下を抑制する。図-1に当工法のイメージ図を示す。

3. 工法の特徴

工法の特徴を列記する。

- ① シンプルな軸付きの横配置のカッタの採用により、掘削機の製造コストが低減(従来の3割減)
- ② カッタの前方へのスライド機構を使用した段差形状の掘削により、上部カッタの先受け効果を発揮することで地表面沈下を抑制
- ③ カッタおよび背後のパドルスクリーの強制攪拌により、チャンバー内での土砂の均一な塑性流動化が得られ、安定した地山の保持が可能
- ④ 上下に独立した土砂チャンバーを保有し、緻密な土圧管理が可能
- ⑤ 汎用品のモータやベアリングなどを使用しているため、製造工期が従来の矩形シールドに比べ、大幅に短縮

キーワード：パドル・シールド工法、矩形断面、シールド

連絡先：〒105-8007 東京都港区芝浦 1-2-3 清水建設(株) 土木技術本部技術開発部 TEL 03-5441-0518

4. 実証実験

実証実験は平成22年3月12日から掘進を開始し4月3日に所定の掘進を終了した。

4. 1 目的

実証実験は、「矩形密閉型シールド機」を製作し、シールドトンネルを築造することで

- ① 浅土被り掘進時、周辺地盤への影響を抑制しながら、掘進可能であること
- ② 従来の泥土圧式掘削機と同等の掘削管理が可能であること

を確認し、併せて当シールド機による掘進時の技術的課題の把握と対応を実証する。

4. 2 実験概要

実証実験機は掘削断面が $2.1 \times 2.1\text{m}$ の大きさで、段差形状で掘削するため掘削部が上下2段に別れ、上段の掘削部は前後に50cmスライド可能な構造となっている。実証実験機を写真-1に示す。なお実験機の概要については(その2)で報告する。

実験の掘進線形は地表付近から5%の下り勾配で掘進し、 $R=150\text{m}$ の縦断曲線を経て1D(2.1m)の土被りで水平に掘進する。掘進延長は28m、掘削地盤は主にN値1程度の沖積シルト・粘性土である。図-1に掘進縦断線形を示す。

掘削方式は泥土圧式と同様で添加材に気泡を使用、切羽安定管理は掘進中、隔壁に取り付けた土圧計を常時監視し、スクリーコンベアの排土量を調整しながら所定の土圧を維持した。トンネルの覆工およびシールド機の掘進反力として矩形形状のスチールセグメントを使用した。

掘進は、上段掘削部を先行して50cm掘削し、本体と一体構造である下段掘削部は上段掘削部終了後シールドジャッキを伸張して掘進する。裏込めは可塑状裏込め材を使用し、下段掘進時に即時注入で行う。

計測は、地盤変状(地表面沈下量、地中変位など)、掘削機各機能(カッタトルク、推進力など)、計画線との変位(掘削機のピッチング・ローリング、セグメント変位など)を主に測定した。

4. 3 実験結果

最も重要な地上変状に関しては、以下の傾向が認められた。

極小土被り $0.4D(D$:シールド機外径)の地点において最大変位は切羽通過直後に発生し、シールド機テール通過後に収束する傾向が確認された。また、土被り $1.0D$ の地点においても上述した同様の傾向が認められ、最大変位は極めて微小であり、2地点ともシールド機幅、 2.1m 範囲内直上に集中している。

これより上段掘削部スライド機構の地盤変状抑制への有効性、およびシールド機の操作性が確認出来た。

5. おわりに

矩形断面シールドの課題は、円形シールドに比べトンネル築造コストが高いことである。従来のシールド機はカッタのベアリングに多くのコストと製作工期を必要とし、さらに矩形断面を切削するためには複雑な機構となり、シールド機製造コストを押し上げていた。本工法のシールド機は矩形形状を利用し、汎用品を使用可能としたことで、シールド機製造コストを低減し製作工期の短縮することができた。矩形断面シールドの適用範囲を広げたと言える。今後、この本工法が一般的に採用されるよう積極的に提案活動していく計画である。

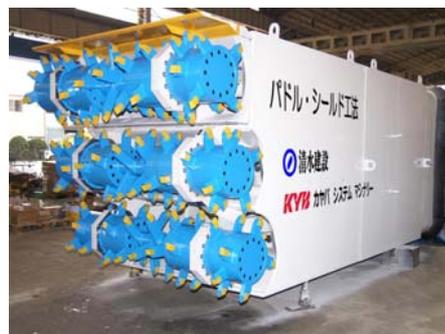


写真-1 実証実験機

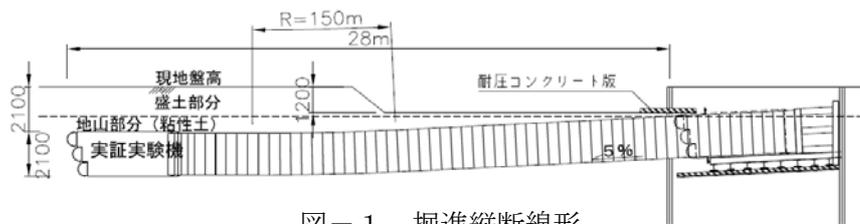


図-1 掘進縦断線形