

分岐が可能な非円形シールドに関する考察

一 楕円＋単円連結分岐（前後・左右分岐）シールド工法 一

ハザマ 正会員 名倉 浩
同 正会員 ○井上 隆広
川崎重工業 正会員 野口 隆
新日本製鉄 萩原 政弘

1. 概要

現在、シールドトンネルは、多円形、矩形、楕円など断面が多様化している。これらの非円形断面形状は、地上の利用状況や既設地下構造物などの制約から開削が困難な場合や、用地幅・離隔など導入空間に制約がある場合に適用されることが多い。また、部分的に大きな内空断面が必要となる地下鉄の渡り線や高速道路の分・合流部への適用も考えられる。しかしながら、非円形シールドにおける最大の課題は、マシンや覆工のコストが高いという点にある。その解決手段として、親子シールド工法や単円連結シールド工法で実用化されている前後・左右

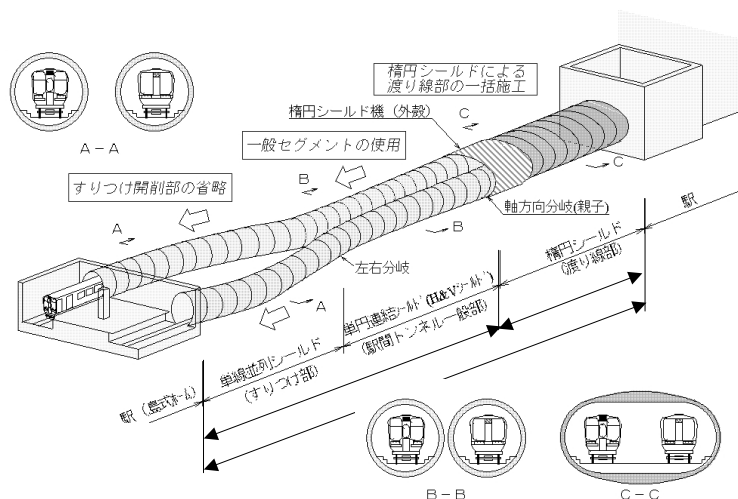


図-1 工法概要およびケーススタディ条件

表-1 検討条件

項目	検討条件
延長	総延長：1,500m 渡り線部：100m＋一般部：1,400m
一般部トンネル径	内空 $\phi 5,150$ mm以上×2本
渡り線部必要内空	幅 9,500 mm×高さ 4,500 mm以上
土被り	15m（一般トンネル部）
土質	洪積地盤（ $N \geq 30$ ）
地下水	GL-2m
覆工設計条件	全土被り土圧＋土水分離、一様剛性
用地幅	20m
駅構造	発進側：サイドホーム形式 到達側：センターホーム形式
その他	渡り線部直上に大型地下構造物があり、開削困難

分岐機能を非円形シールド機に組み込み、1台のシールド機で非円形断面およびその前後の円形シールド区間を掘進できる工法を考案した。本工法は、駅や渡り線と駅間トンネル、地下道路トンネルの分・合流部、共同溝トンネルの分岐部などに適用でき、非円形断面を含んだシールドトンネルのトータル的なコストダウンが可能になると考える。ここでは、本工法の可能性を以下に示す条件で机上で検討した結果、その有効性を確認したことを報告する。

2. 検討条件

検討対象としては、図-1に示す渡り線を含んだ延長約1.5kmの単線並列タイプの地下鉄道トンネルとした。検討条件を表-1に示す。渡り線部については、地表からの開削が困難であることを前提条件とした。

3. 覆工構造およびシールド機

(1) 覆工構造

一般部のセグメントは、 $\phi 5,700$ mm×桁高 275 mmのRCセグメントによる単線並列シールドとし、渡り線部の断面積の低減を図るため、単円連結シールド機の連結機構から最小離隔 250 mmとした。渡り線部については、単円連結シールドを包含し、かつ、幅 11mを越える大きなスパンとなることから、大きな曲げモーメントに対抗するため、左右のトンネル間の上下半についてはアーチ形状とした。その結果、渡り線部は幅約 11.8m×高さ約 6.9mの楕円のトンネルとなり、骨組み構造解析より、厚さ

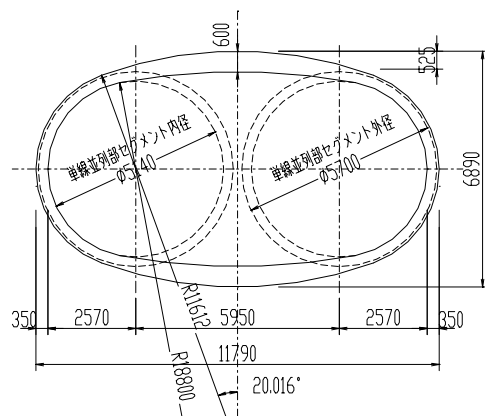


図-2 非円形部覆工構造

キーワード：シールド、非円形、楕円、分岐、覆工

連絡先：東京都北青山2-5-8 TEL：03-3423-2451 FAX：03-3405-1854

350（側部）～600（上下半アーチ部）mmの高耐力を有した合成セグメントであれば適用が可能であることを確認した。

(2) シールド機

選定した覆工構造と以下の主機能を有したシールド機について具体的に検討を行った。

- ①楕円形状の親機から連結した2台の単円シールドを前後方向へ分岐する機構
- ②内蔵した2台の単円シールドを主カッタとした楕円形状の掘削機構
- ③2台の単円連結シールド機の掘削機構と左右分岐機構

①の前後分岐については、親子シールド工法の考え方¹⁾を応用し、親機本体を発進立坑とみなし、その内部に子機前胴を内蔵することとした。また、親機隔壁に発進坑口となる内筒を設け、エントランスパッキンに相当する止水シールを設けることとした。カッタおよびチャンバーについては、構造・機構の単純化と分岐時の施工性から、単円×2、上下扇形部分の4つに独立させることとした。さらに親機・子機の一体化、推力・トルクなどの荷重伝達については、親子間をロッドで接続することとした。なお、楕円親機本体については、3次元FEM構造解析により板厚（ $t=100\text{ mm}$ ）を決定した。

次に②の楕円形状の掘削機構としては、2台の子機円形カッタ以外の部分の掘削方式が課題であり、扇状の偏心多軸カッタもしくは揺動型カッタの組合せで対応することとし、端部の掘り残しについては、掘進距離も短いことから、固定ビットおよび高圧ジェットで対応することとした。なお、泥水・泥土圧の両シールド工法について検討したが、上下扇部分の排土のしやすさから泥水シールド工法の方が適用性は高いと考える。また、③の軸方向分岐については、実績²⁾をベースに検討を行った。

以上の検討結果より、細かな分岐の手順、泥土圧シールドの場合における排土方法やエレクターなどに課題は残るものの、十分実用化は可能である。

4. 経済性および工期

検討条件とその結果をベースに、概略コスト試算を行ったところ、全線非円形シールド案より3割程度、渡り線部の非開削工法+単線並列シールド案や全線 $\phi 9\text{ m}$ 級複線断面・円形シールド案より1割程度コスト低減が可能であることを確認している。また、工期については、前後分岐に1ヶ月ほどかかるものの、全線 $\phi 9\text{ m}$ 級複線断面・円形シールド案とほぼ同程度である。

5. まとめ

非円形シールドのコスト低減を目指し、分岐機能を有したシールド工法を楕円形状で実績などにもとづき具体的に検討した結果、その有効性かつ適用性が高いことを確認した。なお、以下の課題については、より詳細に検討していくことが必要である。

- ①円形カッタ以外の部分の掘り残し対策と排土方法
- ②非円形部分の荷重・構造モデルの確立、合理的な覆工形状の選定、高耐力を有した覆工構造の具体化
- ③各種形状および分岐などが地盤に与える影響

（参考文献）

- 1)松尾・綿引・名倉：二段式シールド工法の適用について、トンネル工学研究論文報告集・第5巻、'95/11
- 2)高橋・増田・西松：世界初縦2連分岐式泥水シールド、トンネルと地下、'99/7

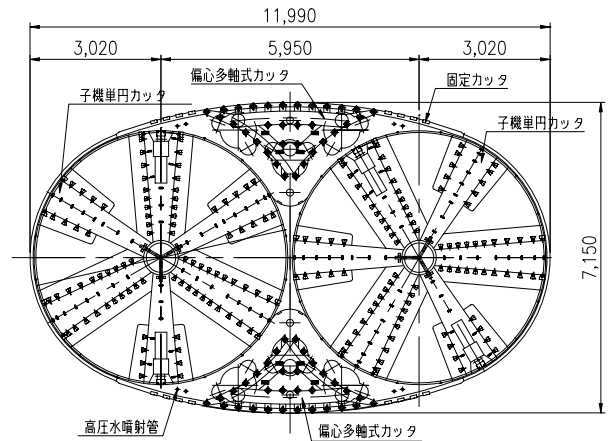


図-3 楕円形状カッタ（偏心多軸式カッタ併用）

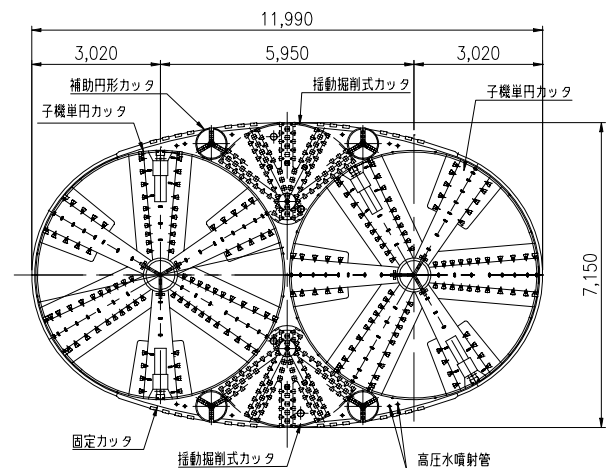


図-4 楕円形状カッタ（揺動式カッタ併用）