

道路トンネル分岐合流部の構築工法（ウィングプラス工法）の開発 ～その2：トンネル構造の検討～

(株) 間 組 正会員 ○小倉 靖之
JFE エンジニアリング(株) 正会員 小林 暁
青山機工(株) 配野 均

1. はじめに

ウィングプラス工法は、道路トンネル分岐合流部を非開削で構築する工法であり、切り拡げ防護工として高剛性の先受けアーチシェル（以下、先受けアーチと称する）をシールド掘進と同時に施工することが特長である¹⁾。本検討では地盤条件を仮定して先受けアーチの試設計を行うとともに、本工法により構築する分岐合流部のトンネル覆工構造について試設計を行った。また、切り拡げ施工による周辺地盤への影響を確認するためにFEM解析を実施した。

2. 検討条件

図-1に示すように土被り40m、地下水位GL-15mの上総層群に構築される分岐合流部を仮定して検討を行った。図-2に分岐合流部完成時のトンネル覆工構造を示す。

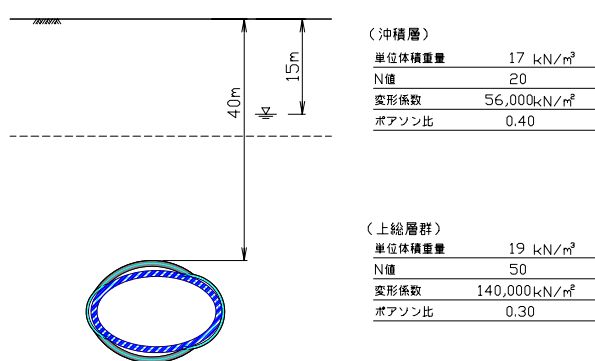


図-1 検討断面

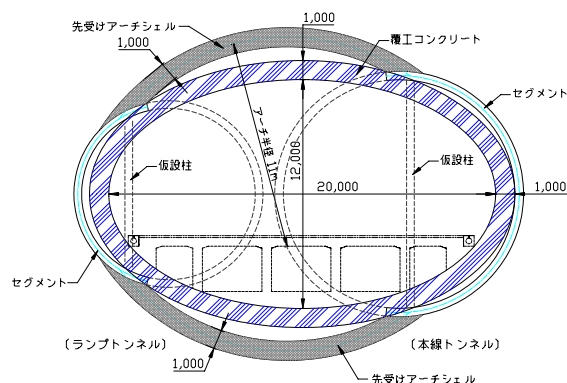


図-2 トンネル覆工構造

3. 先受けアーチシェルの試設計

切り拡げ掘削時の先受けアーチは、掘削過程ごとに徐々に変形が蓄積、増大していくと考えられる。先受けアーチは、そのどの過程においても安全に地山を支保する機能を果たすことが要求されるため、無筋コンクリートでは安全性に懸念がある。そこで、曲げ強度、引張強度、せん断強度、タフネスなどの特性の向上が期待できる鋼繊維補強コンクリートを用いることとした。また、アーチ形状については、アーチ半径が小さいほど曲げモーメントが低減されるため構造上有利となる傾向にあるが、その一方、弧長が長くなり、施工や機械的な面からは厳しい条件となる。本試設計では、最終的な覆工形状を考慮してアーチ半径を11mに設定した。なお、切り拡げ掘削時は、支保工として本線トンネル、ランプトンネル内に仮設柱を設置する。

以下に、最終掘削時の骨組み構造解析の結果（図-3参照）と応力度照査の結果を示す。この結果より、先受けアーチの部材厚が1.0m、コンクリートの設計基準強度（ f_{ck} ）が30N/mm²で構造が成立することを確認した。今回の条件では、内縁側においても引張応力が作用しない結果であった。

- ・ 外縁側応力度 $\sigma_o = 6.57 \text{ N/mm}^2 \leq 7.5 \text{ N/mm}^2 (= f_{ck}/4)$
- ・ 内縁側応力度 $\sigma_i = 0.79 \text{ N/mm}^2 \leq 7.5 \text{ N/mm}^2 (= f_{ck}/4)$

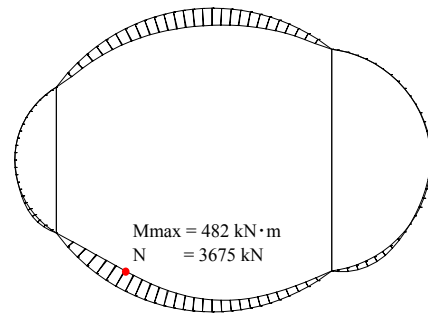


図-3 曲げモーメント図

キーワード シールド、道路トンネル、分岐、合流、切り拡げ、先受けアーチ

連絡先 〒105-8479 東京都港区虎ノ門2-2-5 ㈱間組 土木事業本部技術第一部 Tel:03-3588-5761

4. 覆工の試設計

本線トンネル，ランプトンネル，先受けアーチに囲まれた大規模な構築空間が確保できるため，覆工構造の自由度が広がる．本試設計ではその空間を最大限に利用した楕円形の覆工構造を考える．覆工完成時の骨組み構造解析の結果（図-4 参照）と応力度照査結果（表-1 参照）を以下に示す．軸力が卓越した応力状態であり，覆工コンクリートの部材厚が 1.0m，コンクリートの設計基準強度（ f_{ck} ）が 40N/mm^2 ，D29(@150mm)の複鉄筋で構造が成立することを確認した．また，本試設計ではセグメントを構造部材として評価していないため，仮設部材として扱うことができ，セグメント部材の低減が期待できる．

表-1 応力度照査結果(単位: N/mm^2)

	M max	M min
曲げ圧縮応力度 σ_c	$13.6 \leq 14 \text{ --- OK!}$	$10.9 \leq 14 \text{ --- OK!}$
鉄筋引張応力度 σ_s	$129.6 \leq 180 \text{ --- OK!}$	$44.0 \leq 180 \text{ --- OK!}$
鉄筋圧縮応力度 $\sigma_{s'}$	$-166.6 \leq 200 \text{ --- OK!}$	$-140.6 \leq 200 \text{ --- OK!}$

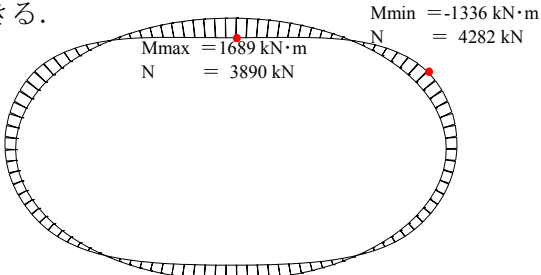


図-4 曲げモーメント図

5. 影響解析

本工法を用いた場合の周辺地盤への影響を確認するために 2 次元弾性 FEM 解析を実施した．解析ステップおよび応力解放率は図-5 のとおりである．図-6 に解析により得られたステップごとの地表面沈下量を示す．切り上げ後の沈下量は 20mm であり，覆工構築後の最終沈下量は 27mm である．また，傾斜角はそれぞれ最大 1/1,900，1/1,400 程度であり地上への影響は小さいものと考えられる．切り上げ掘削による影響に注目した場合，その沈下量は 11mm であり，切り上げ幅が 20m 以上の大規模掘削であることを考えると，高剛性である先受けアーチの効果が表れているものと考えられる．なお，解析条件として先受けアーチのヤング係数を 28kN/mm^2 ，部材厚さを 1.0m としている．

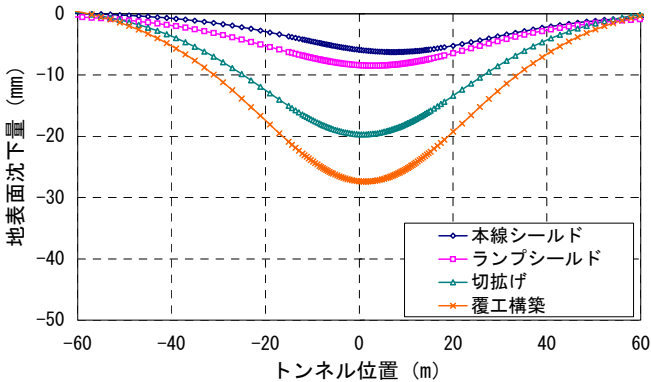


図-6 地表面沈下量

解析ステップ		応力解放率
1	初期応力状態	
2	本線シールド/先受けアーチシールド	10% (掘削)
3		90% (セグメント設置)
4	ランプシールド	10% (掘削)
5		90% (セグメント設置)
6	切り上げ掘削	100%
7	覆工構築	100% (仮設柱撤去)

図-5 解析ステップ

6. まとめ

- ・先受けアーチは，アーチ形状（半径）の選定により曲げモーメントを抑えることができるので，経済的な部材設定が行える．仮定した地盤条件ではアーチ半径 11m，部材厚 1.0m， $f_{ck}=30\text{N/mm}^2$ で構造が成立する．
- ・先受けアーチにより大規模な構築空間が得られるので覆工構造の自由度が広がる．仮定した地盤条件では，楕円形状の覆工構造とすることで，部材厚 1.0m， $f_{ck}=40\text{N/mm}^2$ の鉄筋コンクリートで構造が成立する．
- ・先受けアーチは，その形状効果と高剛性であることから，切り上げ掘削時の周辺地盤への影響を抑制する効果が大きいと考えられる．

【参考文献】

- 1) 藤本ほか：（その 1：ウィングプラス工法の概要），土木学会第 60 回年次学術講演会，第 6 部門投稿中
- 2) 小林ほか：（その 3：アーチ掘削実証実験），土木学会第 60 回年次学術講演会，第 6 部門投稿中