

Ⅲ - 543

東京都心部の大深度地下における多目的トンネルに関する調査研究（その3） -土丹層におけるNATMの適用性の検討-

(株)フジタ 正会員 村山 秀幸
 佐藤工業(株) 正会員 木村 定雄
 早稲田大学理工総研 名誉会員 森 麟
 早稲田大学 正会員 小泉 淳

1. はじめに

東京都心部における大深度地下開発を考える場合、深度50～100m以深に厚く堆積する土丹層を利用することが、地盤沈下や地下水変動などの地盤環境の保全や耐震性あるいは、地下空間利用の拡張性を考慮する上で有利であると考えられる。本調査研究では、東京都心部の大深度地下開発を地下深度で区分せずに、土丹層中に構築する土木構造物にとらえ、主に多目的トンネルと立坑を合理的に構築する際の課題について検討している。前報^{1) 2)}では、トンネル計画ルートにおける土丹層の特性とシールドトンネルにおける合理的設計手法について報告した。本報告は、東京都心部における大深度地下多目的トンネル構築のうち、土丹層におけるNATMの適用性と利用形態について検討したものである。

2. 土丹層中におけるNATMの試設計

トンネル計画ルートにおけるNATMの適用性を検討する目的で有限要素法による弾塑性解析を行い、地山挙動ならびに支保部材の安定性を検討した。

1) 地盤条件

本試設計では、計画ルートにおいて土丹層の分布深度が代表的な場所として、港南地点の地盤条件を用いた。図1に本試設計におけるトンネル形状を示す。トンネル形状は馬蹄形とし、トンネル直径を $\phi 10\text{m}$ とした。図2に港南付近で実施したボーリング調査と室内試験で得られた地盤構成および地盤物性を示す。なお、地山条件およびトンネル形状は、前報²⁾のシールドトンネルにおける覆工設計と同様な条件としている。

2) 支保パターンの設定

支保パターンの設定は、地山条件から鉄道トンネルおよび道路トンネルにおける標準支保パターンを参考として、表1に示す支保パターンを採用した。なお、採用した支保パターンは、鉄道トンネルにおけるIパターン、道路トンネルにおけるD₁パターンに相当する。

3) 数値解析結果

表2に解析モデルと解析手順を示す。ここでは、支保部材としてロックボルトを施工しないケースにおける解析結果例として、図3に地山の局所安全率を示す。図より、地山には、安全率が1.0となる塑性領域は発生しておらず、側壁部に安全率1.2以下の領域が最大2.0m幅で発生していることがわかる。表3に支保部材の応力照査結果を示す。

以上の検討から、計画ルートにおけるトンネル掘削工法として、NATMを採用することが可能であると考えられる。

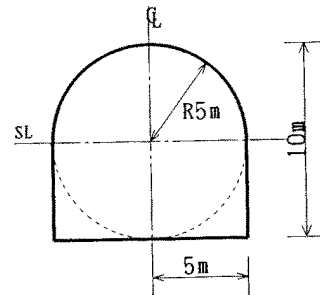


図1 トンネル断面

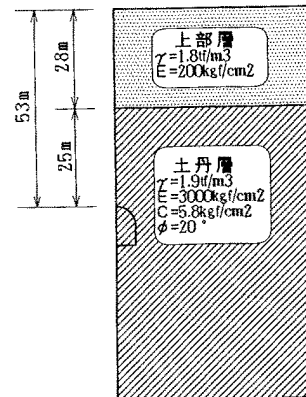


図2 地盤構成と地山物性(港南地点)

表1 支保パターン

アーチ・側壁部 吹付コンクリート 鋼製支保工: ビッチ ロックボルト: ビッチ	20cm H150, ctc 1.0m D25, L4.0m ctc (間・距) 1.0m
インバート部 吹付コンクリート	20cm

表2 解析モデルと解析手順

解析メッシュ	要素数739*節点数752 (H103m*W50m)
支保部材モデル	吹付コンクリート：平面要素 鋼製支保工：ビーム要素 ロックボルト：トラス要素
解析ステップ	STEP1: 初期地圧解析 (土盛り) STEP2: 上半掘削 (掘削相当外力50%) STEP3: 上半支保 (掘削相当外力50%) STEP4: 下半掘削 (掘削相当外力50%) STEP5: 下半支保 (掘削相当外力50%)

表3 支保部材応力照査

(単位: kgf/cm^2)

支保部材	位置	応力(最大主応)	許容応力度
鋼製支保工 (SS400)	天端	2,010	2,100
	脚部	1,140	
吹付コンクリート ($f'_{ck}=180$)	天端	35	105
	脚部	43	
	インバート	40	

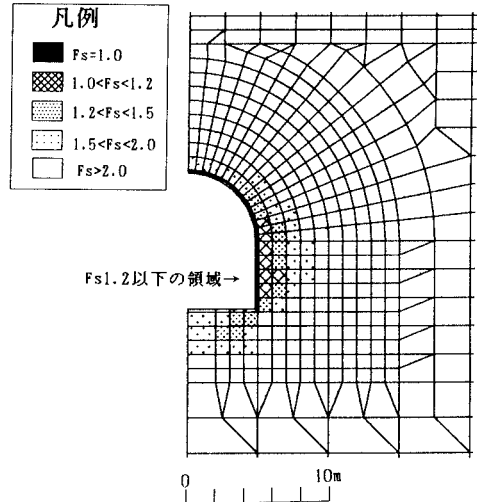


図3 弾塑性解析による地山の局所安全率分布

3. 計画ルートにおけるNATMの利用形態

掘削対象地盤である土丹層には、厚さ数10cm程度の未固結挟在砂層(サンドシーム)が、場所によってかなり多く存在することが知られており、この砂層が滞水層となり湧水が発生する可能性が十分であると予測できる。しかしながら、NATMでは完全に水密化をはかることは困難であると同時に、NATMはシールド工法と比較すると一般的に施工速度が遅いという問題がある。よって、トンネル本坑の掘削工法としては、シールド工法を採用する方が経済性・安全性の面から妥当であるといえる。

一方、立坑と多目的トンネルの交差部では、トンネルの利用形態によって、ある程度の規模を有する空間を確保する必要があると考えられる。しかしながら、大規模な立坑を構築することは、経済性および地上用地問題を考慮すれば困難であると予測される。よって、ある程度の空間を必要とする交差部では、拡幅・切拡をNATMによって施工し、必要な空間を確保することが現実的な方法であると考えられる。また、NATMは、地上用地の問題で立坑とトンネルが離隔する場合の連絡坑や将来多目的トンネルをネットワークとして整備する際の拡幅工法として有効であると考えられる。以上より、本計画ルートでは、NATMをトンネル標準断面以外の拡幅断面に採用することが適当であると考えられる。ただし、拡幅形状は多目的トンネルの利用形態を十分考慮すると同時に、施工時には湧水対策を考慮した補助工法を採用する必要があると考えられる。

4. おわりに

本報告は、東京都心部の大深度地下における多目的トンネルのうち、土丹層におけるNATMの適用性を検討し、トンネル工法としてNATMで対応可能であることを示した。しかしながら、NATMは、全体構想における経済性と対象地盤である土丹層に滞水層の存在が予想されることから、標準断面以外の拡幅断面に採用することが有利であり、その利用形態の一例を示した。今後は、全体構想を吟味し、拡幅・切拡が必要な具体的な場所と形状について検討すると同時に、施工時の対応として、湧水対策を考慮した補助工法を検討する必要があると考えている。

【参考文献】

- 1) 小林、村山、森、遠藤：東京都心部の大深度地下における多目的トンネルに関する研究調査（その1）、土木学会年次学術講演会、1995(掲載予定)
- 2) 木村、小林、野本、小泉：東京都心部の大深度地下における多目的トンネルに関する研究調査（その2）、土木学会年次学術講演会、1995(掲載予定)