

III-B 166 MMS T工法における弾性FEMステップ解析

建設技術研究所 正会員 小柳 悟
 同上 正会員 谷 和弘
 同上 正会員 小澤 優二
 首都高速道路公団 正会員 桜井 順

1. まえがき

MMS T工法は、トンネル外殻部を複数の小断面シールドにより先行掘削し、それらを相互に連結、外殻部躯体を構築した後、内部土砂を掘削して大断面トンネルとする工法である。本工法は、これまでに例のないものであるが、MMS T工法の設計上の課題のうち、地盤及びトンネル本体に着目すると以下のことが考えられる。

①複数の小断面シールドの掘削に伴う挙動、②外殻部躯体構築後の内部土砂掘削時の挙動、③施工ステップごとの挙動

このように複雑な施工に伴う挙動を把握するために、今回はFEMによる解析を試みた。

本稿は、このうち小断面シールドの施工順序を考慮した弾性FEMステップ解析による試算結果の一部を報告するものである。なお、ステップ解析との比較のために、図-1に示すような一括掘削解析の結果も併記した。一括掘削解析とは、上記に示した②のみに着目した場合である。

2. 解析モデル

解析モデルを図-2に示す。トンネル断面は全幅約34m、全高約27mの矩形断面であり、外殻部の構造厚さは2.5と3.5mで構成される。地表面から頂版までの深さは約7mであり、相対的に浅い。また、地層は良質な層が大半であり、トンネルの側壁中央部より下方は、洪積粘性土層に根入れされている。トンネルは左右対称であるため、1/2モデルとした。解析は弾性計算により行い、掘削による応力解放率 α を考慮して計算を行った。応力解放率の設定は極めてむずかしいものであるが、今回は、 $\alpha = 10\%$ として検討を行った。

3. 解析結果

1) 地盤の鉛直応力(σ_y)分布：トンネル底板直下の σ_y の施工順序に伴う挙動を図-3に示す。底板部と側壁下端部の小断面シールドトンネル（単体トンネル）を解放率10%で掘削し、MM

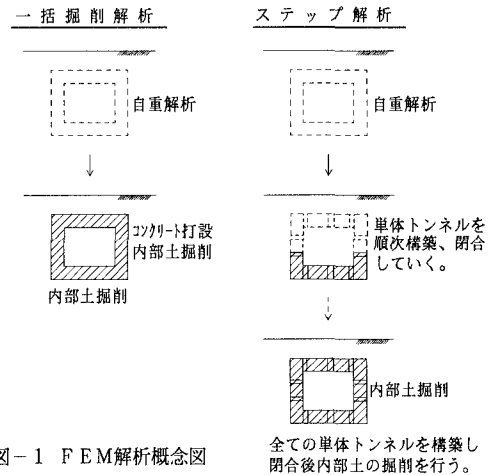


図-1 FEM解析概念図

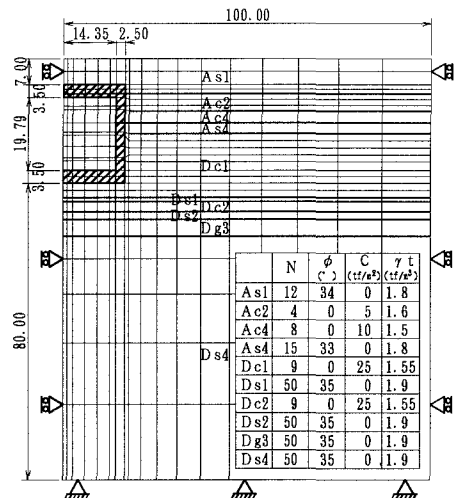


図-2 解析モデル図

S T鋼殻を設置した段階で残りの90%を解放させた時点で、初期応力状態から急激に応力が周辺の地盤に再分配される。②、③部では特に増減が著しい。また、接続部を掘削した場合、直下地盤の σ_y は若干減少するが、周辺地盤への影響は小さい。上床版構築直前まではほとんど応力の変動はみられない。コンクリート打設時には、地盤の鉛直応力が増加し、M M S T内部土砂を掘削する段階で大幅に応力が減少する。

- 2) 地表面鉛直変位分布：図-4に地表面鉛直変位分布図を示す。一括掘削解析では地表面が最大で2.9cm上昇し、ステップ解析では逆に3.2cm沈下する。一括掘削解析の場合は、単体のシールドトンネルの挙動を考慮していないため内部土砂掘削による変状のみが算出される。また、ステップ解析の場合、トンネル中央部と側壁部とに変位量の差が生じているが、これは個々の単体トンネルの挙動が独立しているためである。さらに、コンクリートの打設により下方に沈下するが、内部土砂掘削により上方に浮き上がる状況がみられる。
- 3) 曲げモーメント分布：部材に発生する曲げモーメントの分布図を図-6に示す。この曲げモーメントは外殻部の部材を一本の梁とみなした場合の値である。全体的にステップ解析の方が一括掘削解析に比べ小さな値となっている。特に底版中央部で顕著に表れており、一括掘削解析では2,031 tf・m、ステップ解析では1,440 tf・mとなり、ステップ解析の方が30%程度小さい。

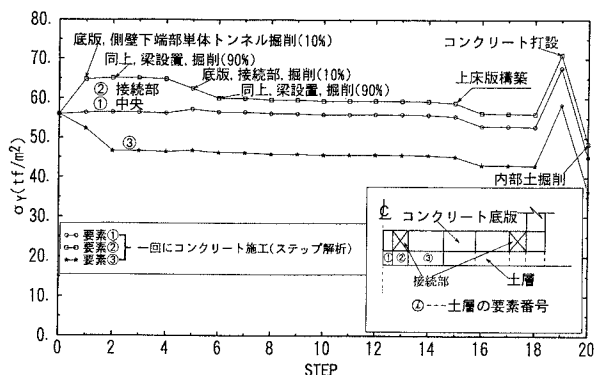


図-3. 施工順序に伴う鉛直地盤応力(σ_y)の変化図

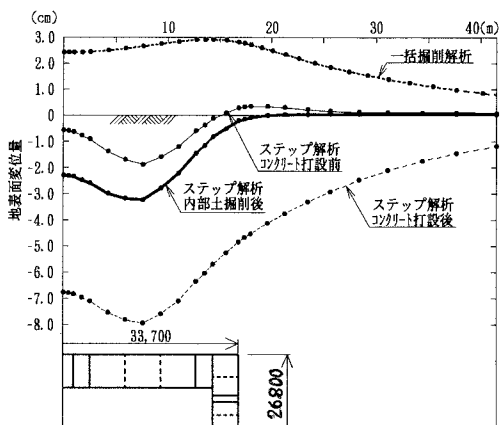


図-4 地表面鉛直変位分布図

4. まとめ

今回の検討により、以下のことが把握された。

- ① 地盤の鉛直応力分布：単体トンネルの掘削に伴い、掘り残し部分に応力が伝達され周辺地盤の間にかかなりの応力差が生じることがわかった。
- ② 地表面鉛直変位分布：ステップ解析と一括掘削解析との傾向の違いが把握できた。
- ③ 曲げモーメント：ステップ解析の場合の方が一括掘削解析の場合より小さな値となった。特に底版において顕著な傾向が表われた。

5. あとがき

今回は試算の一部を報告したにすぎないが、今後は応力解放率 α の影響、コンクリート打設時期の影響検討及び接続部の施工形式の違いによる検討等を実施する予定である。なお、M M S T工法による試験施工が実施されることになっており、実測値が得られた段階でさらに詳細な検討を行う予定である。

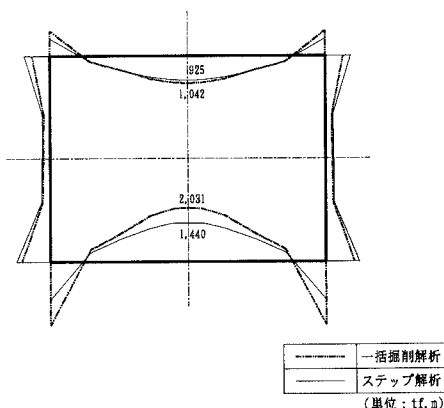


図-5 曲げモーメント分布図