

III-B 113

MMST 工法における断面設計

首都高速道路公社 正会員 高野 正克
 同 上 正会員 長谷川和夫
 同 上 正会員 今井 正智

1. はじめに

MMST(Multi-Micro Shield Tunneling) 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し、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。これまで大断面矩形トンネルは開削工法によって行われてきたが、MMST 工法は同様な大断面矩形トンネルを非開削で施工できるので、都市部におけるトンネルの施工法としては非常に有利である。設計は、矩形断面であるため、通常の開削工法の開削モデルを基本として行う。しかし、MMST 工法と開削工法が大きく異なる点は、内部土砂の掘削時に外殻部躯体が既に構築されていることにある。したがって、内部土砂掘削に伴う除荷によるリバウンドが想定され、設計上考慮する必要がある。

本稿は、MMST 工法における設計手法を紹介するとともに、断面力の試算結果を報告するものであり、FEM 解析との簡単な比較も行っている。

2. MMST 断面の設計

図-1 に MMST 断面の設計の基本的な流れを示す。設計は、単体トンネルの設計及び MMST 外殻部の設計に大別される。単体トンネルの設計では、MMST 鋼殻を単体のシールド覆工体として平面骨組みモデルにより設計する。ただし、荷重ケースとしてはシールド施工順序による隣接シールドの影響を考慮して、図-2 に示す3つの荷重状態を想定する。

次に、MMST 外殻部の設計では、浮き上がりに対する安定計算を行った後、図-3 に示す平面骨組みモデルにより解析する。MMST 工法では、外殻部の躯体は全て地中で施工され、単体トンネル施工時を除きトンネル周辺の地盤の緩みは小さく、初期地山状態に近いと考えられるために、躯体への作用力の変化をバネ反力として表現する。このためモデルでは躯体の周囲に地盤バネを配している。また、躯体に作用させる外力は、通常の開削トンネルの設計に用いる土水圧のほかに、底版下面に掘削解放力を考慮している。この掘削解放力は、MMST 外殻部がすでに構築された地中において内部土を掘削する場合、

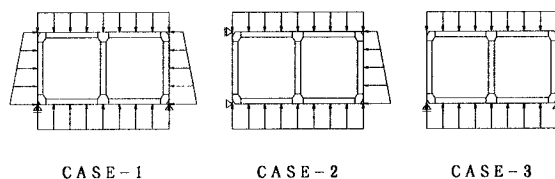


図-2 MMST 鋼殻の設計モデル

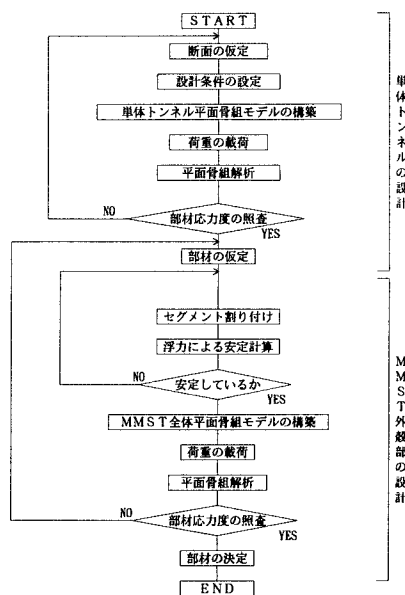


図-1 MMST 設計の流れ

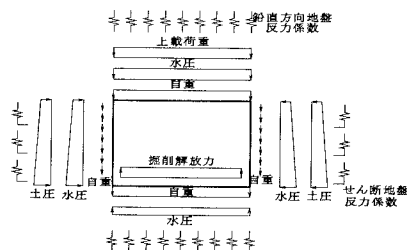


図-3 MMST 外殻部の設計モデル

それによる除荷に伴うリバウンドを表現するもので、内部土砂重量を最大値としている。

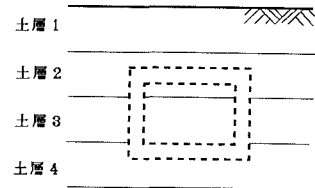
外殻部の平面骨組み解析により求められた断面力に対し、接続部はRC断面として設計される。同様にシールド部もMMST鋼殻を鉄筋に換算し、RC断面として設計する。ただし、MMST鋼殻は単体トンネル時及び外殻部構築後の双方において所定の強度を有しなければならない。

3. 断面力解析結果

上述した設計手法に基づき、3つの断面形状において平面骨組み解析（以下、フレーム解析）を行うとともに、FEM解析を行い比較検討した。FEM解析は図-4のように、初期地圧状態から一気にトンネル躯体の構築と内部土砂掘削した状態の2つのステップで解析した。図-5は、曲げモーメント分布の比較図である。断面形状の影響を見るために3つの形状（①断面：縦長、②断面：大断面、③断面：横長）について示している。頂版においては、支間中央部の曲げモーメント値は、頂版支間の長い②、③断面では、FEM

解析値<フレーム解析値の傾向がある。側壁の曲げモーメント値については、縦長形状の①断面の場合、隅角部はFEM解析値<フレーム解析値となっているが、逆に横長形状の③断面ではFEM解析値>フレーム解析値となる。底版においては曲げモーメント値は必ずしも一定の傾向にはない。以上のように断面形状によってFEM解析値とフレーム解析値に一定の傾向は見られないが、それぞれの解析手法による曲げモーメント値の差は顕著ではない。現段階においては、断面の設計ではフレーム解析とFEM解析の双方を行って断面力を判断するのがよいと思われる。今後は、現在首都高速道路公団が行っているMMST工法の試験工事の結果をフィードバックし、詳細に設計手法を検討する必要がある。

STEP 1（初期地圧設定）



STEP 2（トンネル構築＋内部土掘削）

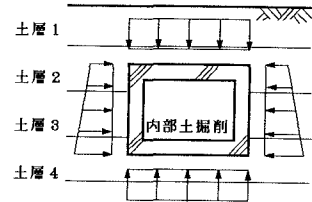


図-4 FEM解析ステップ

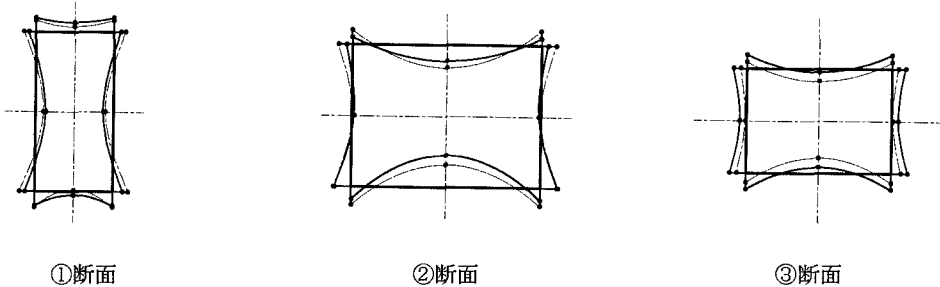


図-5 MMST 外殻部の曲げモーメント分布

———	FEM解析
- - - - -	フレーム解析

4. おわりに

MMST工法は、実績のないトンネル築造工法であり、施工手順が複雑であるために設計、施工上の課題は非常に多い。本稿では、MMST工法の設計手法について簡単に紹介した。首都高速道路公団では、MMST工法の実構造物による試験工事を行っている。この結果をフィードバックして、MMSTの設計手法について詳細に検討する予定である。機会があれば順次報告したいと考えている。