

III-43

大口径シールドトンネルの掘進に伴う
周辺地盤変状解析

首都高速道路公団 正会員 松下 雅行
同 上 正会員 中西 禎之
同 上 正会員 小笠原政文

1. はじめに

過密化した都市内の開発においては、周辺環境の保全等から、貴重な都市空間として地下空間の利用が重要な課題となってきた。

このような昨今の状況から、首都圏の新しい環状道路の一つである中央環状線の西側部分を形成する、首都高速中央環状新宿線においても、トンネル構造を採用しているが、その路線の一部にシールド工法を適用した場合、線形上の問題から、①小土被り、②近接施工、③急曲線施工等の課題が挙げられている。

本報告では、①の課題、小土被りシールドであることに起因して、過剰泥水圧による切羽安定及びシールド通過に伴う上部地山の挙動（施工実績調査から影響があることが判明）が問題となるため、この2項目に関する検討結果を報告するものである。

2. 解析手法

切羽安定に関する検討は、シールド停止時をモデル化し、また、シールド通過に伴う上部地山の挙動に関する検討は、シールド掘進時をモデル化し、それぞれ2次元縦断方向 FEM解析を実施した。

解析断面としては、図-2に示すような断面を選定した。

また、解析は地盤の非線形性を考慮しており、地盤及びトンネルは平面ひずみ要素とした。

3. 解析モデル及び解析手順

解析モデルを図-3に示す。なおシールドマシン及びセグメントと地山の境界には、ジョイント要素を用いた。

〔解析1〕 切羽安定に関する解析は、シールドマシン前上方の地山の挙動の経時的な変化を把握する目的で、切羽には過剰泥水圧を作用させ、シールドマシンおよそ1機長にあたる10Ring分を解析した。

その解析手順は図-4に示す通り、1Ring分掘削終了後毎の解析を行い、それを10回繰り返した。

〔解析2〕 シールド通過に伴う上部地山の挙動に関する解析は、マシン全長にわたり摩擦が切れた時のマシン上部の地山の挙動を把握するため、図-5に示す解析手順のSTEP-2を繰り返し、マシンと地山の摩擦が完全に切れる（ジョイント要素が切れる）荷重まで、ジャッキ推力を増加させた。

解析ケースとしては、マシンと地山の摩擦係数をパラメータとして、0.1, 0.3, 0.5 の3ケースを抽出し、解析を実施した。

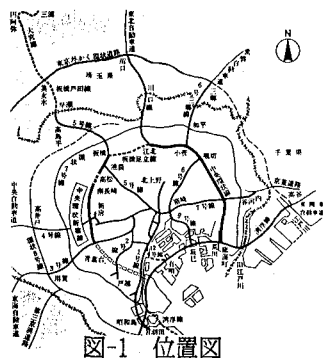


図-1 位置図

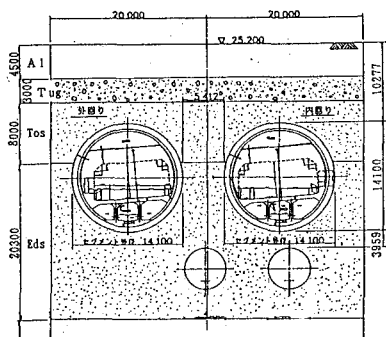


図-2 検討断面

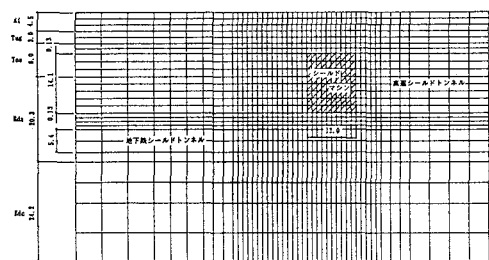


図-3 解析モデル

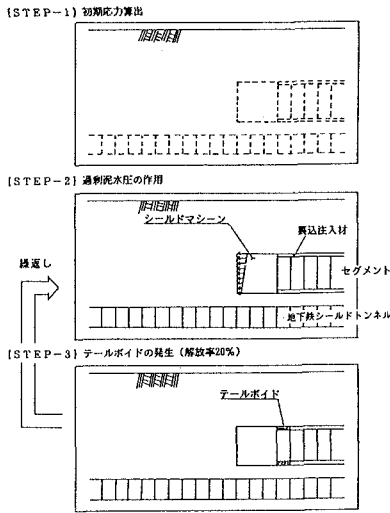


図-4 切羽安定 解析手順

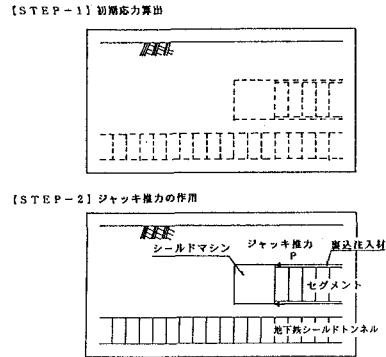


図-5 地山挙動 解析手順

4. 解析結果

1) 切羽安定に関する解析結果のうち、5 Ring掘削終了時の地盤の安全率を例として図-6に示す。

10 Ring掘削終了時においても、地盤に塑性域の発生は無い。また、切羽に過剰泥水圧が作用し、切羽前方の地盤は一時的な圧縮状態となるが、1, 3, 5及び10 Ring掘削終了時の安全率を比較すると、切羽の通過とともに地盤の応力が解放され、安全率が低下するものと考えられる。

2) シールド通過時に関する解析結果のうち、摩擦係数 0.5 のケースの地盤の安全率を図-7に示す。

図-7から、マシン上部において、塑性域が発生しており、地盤の安定が損なわれていることがわかる。しかし、その範囲は小さく、上部地山への影響は小さい。また、摩擦係数が 0.1, 0.3 のケースでは塑性域は発生していない。

5. おわりに

シールドトンネル掘進の際の、実際の挙動を考えると、泥水圧が作用した状態でシールド機に推力を与えることになるが、今回の解析結果からは、摩擦係数 0.5 のケースの場合だけ地山に塑性域が発生しているが、その範囲は小さく、泥水式シールドを考えると泥水がシールド機周囲に回り込み、摩擦係数が 0.5 よりも低下するものと考えられるため、小土被りに対する地山の安定性について確認できたと思われる。

今後、〔解析1〕と〔2〕を同時に解析し、地山の安定性についてさらに検討を加えたいと考えている。またマシンと地山との挙動に関しては、現在1/30の模型実験を進めており、その結果については機会を見て報告したい。

最後に、本検討は、「中央環状新宿線トンネルの設計施工に関する調査研究委員会」で報告されたものであり、今田徹委員長をはじめとして、熱心に審議された委員各位及び幹事各位に、深く感謝の意を表すとともに、日本シールドエンジニアリングの大泉英俊氏にも厚く御礼申し上げる次第です。

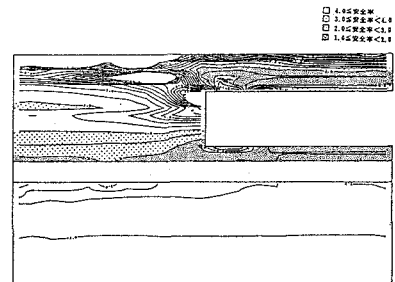


図-6 地盤の安全率図（5 Ring掘削終了時）

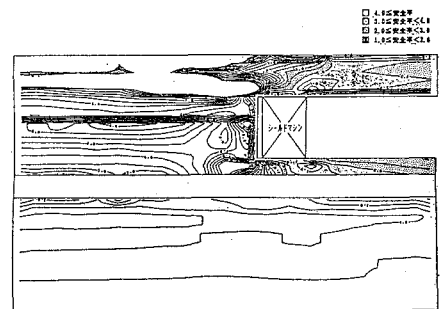


図-7 地盤の安全率図（摩擦係数 0.5）