

解析による支保設計・沈下予測に関する考察

(財)鉄道総合技術研究所 新井 泰*)
 ハ°シフィックコンサルタンツ(株) 松長 剛***)
 日本交通技術(株) 杜 世開***)

1. はじめに

山岳工法を都市部の非開削工法として適用する事例(いわゆる都市 NATM)が増えているが、その設計体系については都市部の適用に特化した定型的な設計法は未だ無く、各事例毎に類似設計や解析設計を基本として様々な設計が行われている。そこで、筆者らは、設計・施工実績調査、数値解析等を通じて安全かつ合理的な設計法の確立を目指しており、本報告では解析による設計・施工事例の分析および三次元シミュレーション解析の結果から、解析による支保設計・沈下予測に関する知見について述べる。

2. 設計・施工事例に関する分析

検討に先立ち、当初設計に解析設計が適用された都市部山岳工法トンネルの事例を抽出し、支保設計・沈下予測に関する分析を行った。調査の対象としたトンネル・工区の条件は「立地条件：都市部および都市近郊」「地山条件：未～低固結の堆積地山」とし、鉄道の事例を中心に 52 トンネル・工区についてデータの収集を行った。

図-1 は、当初設計における FEM 解析の予測値と施工時の計測値を比較し、設計上の見かけの安全余裕を示したものである。1)

【設計・施工事例の分析結果】

天端沈下：当初設計における予測値は、計測値よりも大きくなっており、都市部山岳工法トンネルでは沈下に対する設計上の安全余裕を高く設定していることがわかる。

吹付け応力：天端沈下と比較すると、予測値と計測値の差が大きく、予測値以上の応力が測定された事例も少なくない。

したがって、当初設計において FEM 解析の結果を活用する場合は、予測したい内容を予め明確にしておく必要があると言える。

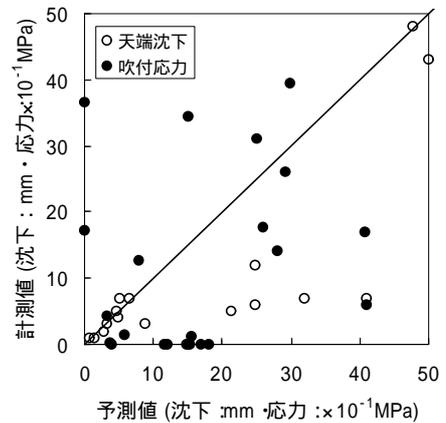


図 - 1 天端沈下の計測値と予測値

3. 三次元シミュレーション解析による検討

次に、下記条件で施工された都市部山岳工法トンネルの三次元シミュレーション解析を行い、解析による予測値と計測値の相関について検討した。

【対象トンネルの主な条件】

対象地盤：表層...凝灰質粘土 N 値 5 前後
 切羽...砂質土 N 値 10 ~ 30

掘削工法：上半先進工法

支 保：スリットコンクリート系先行支保

吹付け全周 15cm、鋼製支保工 125H

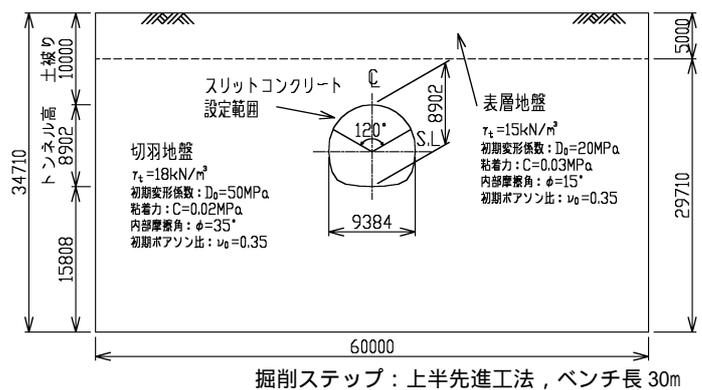


図 - 2 解析モデルおよび解析条件

都市部山岳工法トンネル 支保設計 解析設計 計測値 三次元解析

*) 〒185-8540 東京都国分寺市光町 2-8-38 TEL 042-573-7266 FAX 042-573-7248

**) 〒163-0730 東京都新宿区西新宿 2-7-1 TEL 03-3344-1903 FAX 03-3344-1906

***) 〒110-0005 東京都台東区上野 7-11-1 TEL 03-3842-9219 FAX 03-3842-9172

(1)沈下の予測値と計測値について

地表面，天端上部 1 m（地中内水平傾斜計による）および天端における沈下量に着目し，予測値と計測値を図-3のように整理した．なお，天端沈下については計測時の先行沈下分を考慮して，切羽位置において解析結果を補正した．

【沈下に関する予測値と計測値の相関性】

- ・切羽到達直後の天端沈下に着目すると，施工では未固結地山特有の急激な沈下傾向が現れているが，解析（弾塑性モデルを適用）では当該現象を再現できていない．
- ・天端 天端上部 1 m 地表面の順で掘削箇所から離れるほど，予測値と計測値の乖離が大きくなり，従来の FEM 解析では共下がり表現できないことが分かる．

(2)支保応力の解析値と計測値について

一般に都市部山岳工法トンネルでは標準支保パターンの適用が困難であり，解析設計を適用する事例が原則的に多い．そこで，都市部山岳工法ではトンネル構造体の一部としてみなされることもある吹付けコンクリートの応力に着目し，解析値と計測値の比較を試みた．（図-4 参照）

【支保応力に関する解析値と計測値の相関性】

- ・両者では，応力値のオーダーこそ近くなっているが，部位によっては圧縮・引張が逆転している．
- ・アーチ右肩部においては，計測値が解析値を上回っている．
- ・上半先進工法を想定した解析では，支保モデル設置段階の異なる S L 部において応力が集中している．

以上のように，沈下に関して安全側の設計を行っていても，支保応力に関しては計測値が予測値以上となる場合がある．また，解析で得られる支保応力については，解析上の特徴を踏まえて着目部位ごとの応力照査が必要になると言える．

4.まとめ

都市部山岳工法トンネルの設計・施工事例の分析，三次元シミュレーション解析を通じて，解析による支保設計・沈下予測に関して，以下に示す知見が得られた．

- (1)当初設計では，変位に対する安全余裕を高く設定している場合が多いが，支保応力については予測値と計測値のバラツキが大きく，施工において予測以上の計測値が発生する場合もある．
- (2)未固結地山における共下がり，局所的な支保応力の発生など，都市部山岳工法特有の現象と解析上の課題を踏まえた上で解析結果を吟味し，設計に反映させる必要がある．

以上の知見を踏まえて，今後は都市部山岳工法トンネルの特徴を反映させた支保設計手法を提案するとともに，当初設計で FEM 解析を適用する場合の留意点についても検討課題と位置付け，検討を進めていく予定である．

最後に，設計・施工に関する技術資料を多数ご提供頂きました各事業者の方々に深甚なる謝意を表します．

1：都市部山岳工法トンネルの支保設計諸元に関する実績調査および分析，新井，大石，松長，第 55 回年次学術講演会ほか

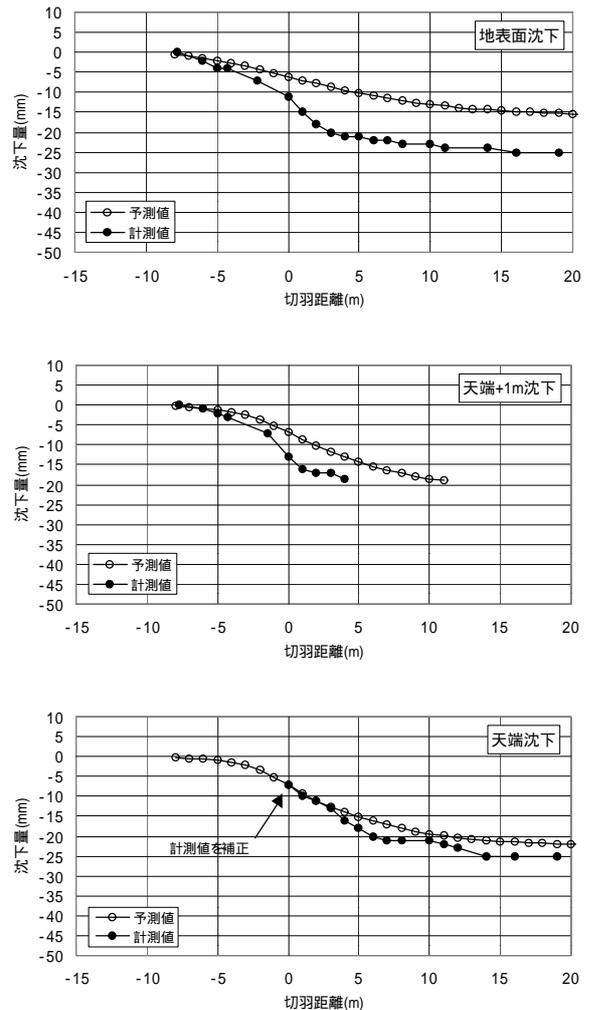


図 - 3 沈下の予測値と計測値の比較

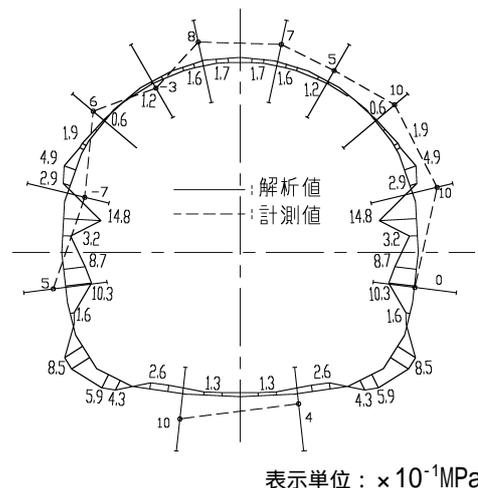


図 - 4 支保応力の解析値と計測値の比較