

圧密地盤におけるシールド掘削解析の感度分析

(公財) 鉄道総合技術研究所 正会員 ○木股 浩孝, 仲山 貴司, 津野 究, 焼田 真司

1. はじめに

シールド掘削時の周辺地盤の変位量を求める場合、応力解放法による二次元弾性FEMが迅速に解を得られる有効な手法として用いられてきた¹⁾。しかし、このような手法は砂質土で比較的短期間に変位が収束する場合を想定したものであり、粘性土の場合には精緻にシールド掘削を解く手法は広く知られているものの²⁾、迅速に解を得られる簡便な手法が一般的でないのが現状である。

そこで、著者らは応力解放法概念に基づく土水連成解析による簡便な手法について検討してきた³⁾。今回は、この手法を用いて粘性土層の透水係数、応力解放率をパラメータとした感度分析を行ったので報告する。

2. 圧密地盤における解放法

本研究では、圧密地盤における解放法を図-1のように仮定した。通常の応力解放法であればトンネル外周要素を内向きに引っ張ることができるが、土水連成解析では過剰間隙水圧分布を得る必要があるため、まず、初期応力解析で自重を作用させた状態で過剰間隙水圧を消散させる。次に、周辺地盤が主動的にトンネル側に変位するようトンネル内に解放率に応じたバネを設置する。解放率は内空変位量の解放量に基づき100%解放した場合と解放しない場合(0%解放)の比率で定めるものとした。なお、この方法では切羽の土水圧による過剰間隙水圧の増加は考慮していない。

3. 感度分析

地盤およびライニングの物性値を表-1に、解析モデルおよび境界条件を図-2に示す。ライニングの寸法は外径6900mm、厚さ480mm、土被りは15mで粘性土層は地表から31mまでとした。ライニング、地盤ともに8節点平面ひずみ要素でモデル化している。モデル上面のみを非排水境界、その他は排水状態とした。自重を作用させた後は2000年間過剰間隙水圧を消散させ、掘削からライニング設置までは0.125日とした。

解析結果の一例として、地盤の透水係数が 1.0×10^{-6} m/sec、解放率100%のときの掘削時の過剰間隙水圧のコンターを図-3に示す。トンネル側方には正の過剰間隙水圧、トンネル上下には負の過剰間隙水圧が生じて

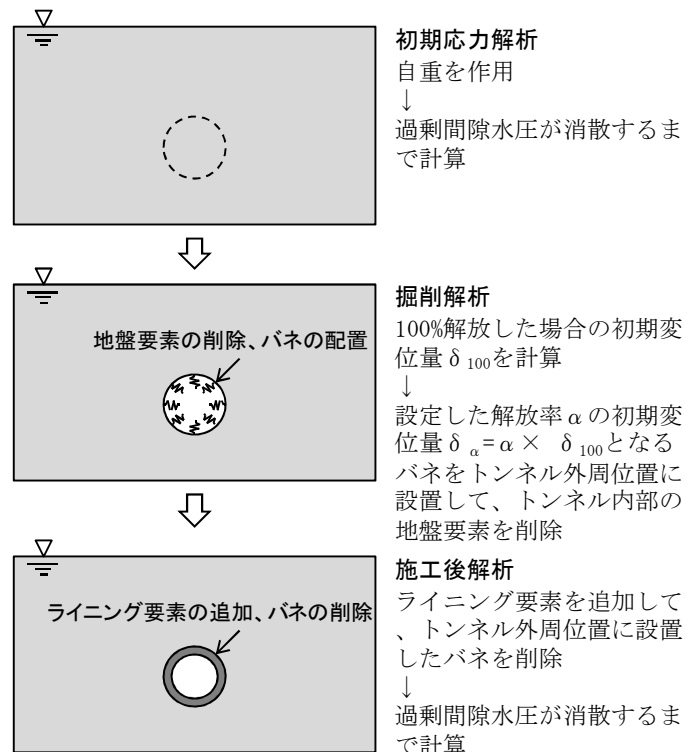


図-1 圧密地盤における解放法概念

表-1 解析条件

	地 盤		ライニング
	粘性土層	基盤層	
弾性係数	3000kN/m ²	40000kN/m ²	39×10 ⁶ kN/m ²
単位体積重量	18kN/m ³	18kN/m ³	25kN/m ³
ポアソン比	0.35	0.43	0.17
透水係数	1.0×10 ⁻⁶ (m/s) 1.0×10 ⁻⁷ (m/s) 1.0×10 ⁻⁸ (m/s)	1.0×10 ⁻⁸ (m/s)	—

キーワード シールドトンネル, 数値解析, 圧密

連絡先 〒185-8540 東京都国分寺市光町 2-8-38 (公財)鉄道総合技術研究所 構造物技術研究部 トンネル TEL 042-573-7266

いることがわかる。

また、地盤の透水係数が $1.0 \times 10^{-6} \text{m/sec}$ のときの解放率と内空変位の経時変化の関係を図-4 に示す。解放率が小さいほど、トンネルに作用する土圧が大きくなるため初期の内空変位量が大きくなるが、掘削時に生じる過剰間隙水圧が小さく、後続変位量は小さくなる。

4. 透水係数および解放率の影響

図-5 には透水係数ごとにトンネル内空変位（鉛直変位）の増加量が 0.01mm/月 以下となる時点を示した。透水係数が 10^{-6}m/sec であれば解放率の差による影響は小さく、5 カ月程度で増加は収束する。透水係数が小さくなるにつれて収束に要する期間は長くなり、透水係数 10^{-8}m/sec 、解放率 100% のケースでは約 7 年間を要する。

本解析は透水係数のみをパラメータとしたため、図-6 に示すように初期変位量に対する収束後の変位量の増分は各々の解放率でほぼ等しいが、解放率が大きいほど増分は大きくなる。したがって、透水係数が小さく、解放率が大きいほど、内空変位の増分と収束に要する時間が大きくなり、収束の判定が難しくなることが伺える。

5. まとめ

本研究では、これまで検討してきた圧密地盤の解放法を用いたパラメータスタディを行い、透水係数および解放率が内空変位の収束時期や変位量に及ぼす影響を把握した。一般にトンネル工事の事後計測は砂質地盤のように短期間で変位が収束する場合には 1 カ月程度、粘性土のように変位の収束に長期間を要する場合には 3 カ月程度など、区切りを設けて計測データの考察が行われるが、本研究の解析方法が、このような期間の設定を行う際の一助となれば幸いと考える。

参考文献

- 1) (公財) 鉄道総合技術研究所：都市部鉄道構造物の近接施工対策マニュアル，H19.
- 2) 赤木寛一，小宮一仁：有限要素法によるシールド工事の施工過程を考慮した地盤挙動解析，土木学会論文集，vol.481，III-25，pp.59-68，1993.
- 3) 焼田真司，仲山貴司，小西真治，赤木 寛一：シールドトンネルのひび割れ進展過程に関する一考察，土木学会論文集 F1 (トンネル工学) 特集号，vol.67，No.3，pp.109-116，2010.

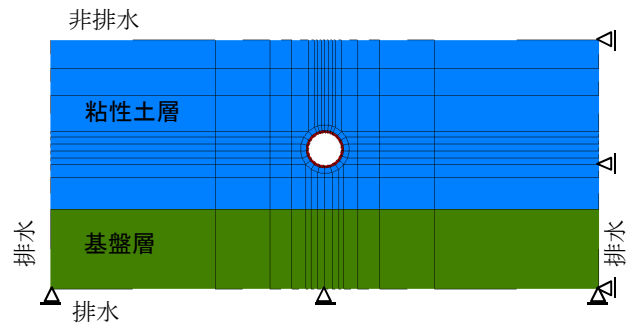


図-2 解析モデルおよび境界条件（施工後）

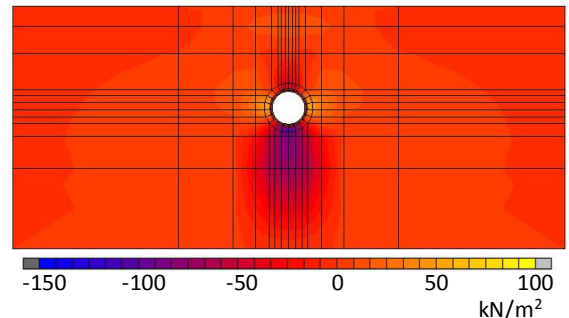


図-3 過剰間隙水圧分布の一例

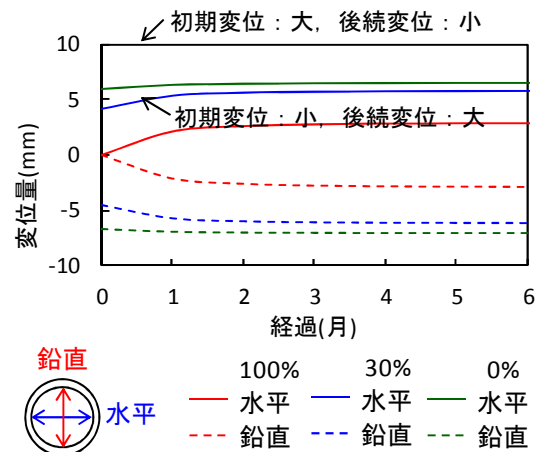


図-4 内空変位の経時変化

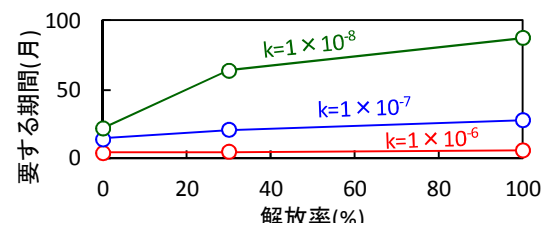


図-5 鉛直変位の収束時期

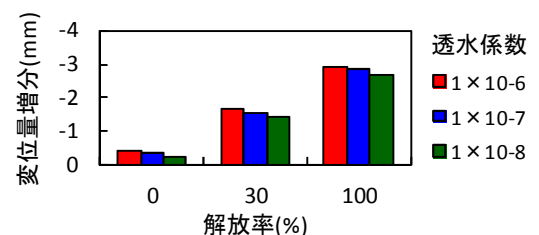


図-6 収束時点での鉛直変位量の増分