

トンネル背面空洞がトンネル覆工に及ぼす影響について

フジタ 正会員 ○吉川 和行
高環境エンジニアリング 正会員 秩父 顕美

1. はじめに

既設トンネルに近接した造成工事等の事例が増加しており、トンネル覆工は盛土・切土工事によって応力状態が種々に変化しトンネル構造の安定性に問題が生じる場合がある。一方、矢板工法で建設されたトンネルでは矢板が支障になって覆工と背面地山との間に空洞が残ることが多い。そこで、本研究では背面空洞の範囲がトンネル覆工に与える影響を解明することを目的に、上部盛土・切土によってトンネル覆工に発生する応力や内空変位から影響を検討している。本報では、そのうちトンネル上部切土に絞った数値解析による検討結果を報告する。

2. 解析概要

解析は、破壊接近度法による2次元非線形弾塑性FEMとした。図-1に解析モデルを示す。トンネルには鉄道単線標準断面(インバートなし、トンネル高さD=6.25m)を用い、単純化のため、解析モデルの切土幅は20m、切土深さは2mとした。解析の下方境界はトンネル下端より3D、側方境界はトンネル側壁より5Dとした。解析においては、地表面の切土を想定しており、トンネル土被りは10mである。ここで、覆工には平面要素を用い、覆工厚を35cmとした。なお、覆工にはトンネル掘削時の地山解放応力を負担させていない。地山の物性値¹⁾などの入力物性を表-1に示す。解析ステップは、①自重解析、②トンネル掘削(応力解放率100%)、③覆工打設、④上部切土である。解析パラメータは、図-2に例示する背面空洞の範囲とし表-2に示す。背面空洞の厚みは、30cmである。

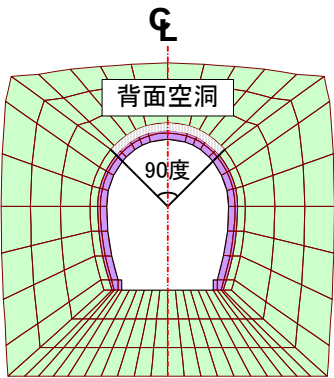


図-2 背面空洞の範囲

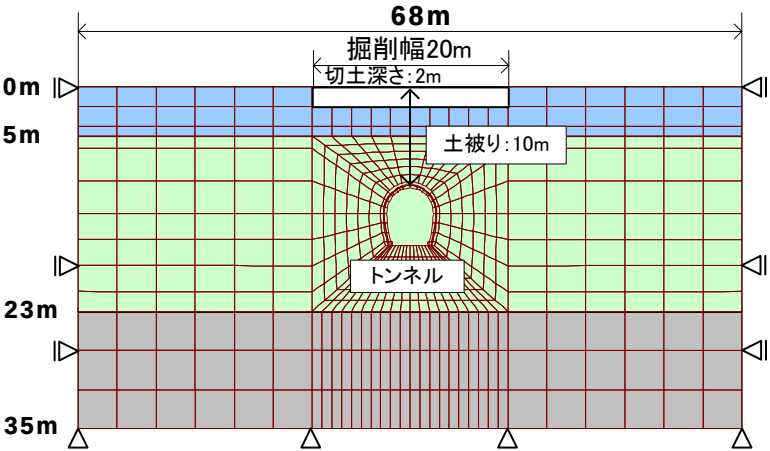


図-1 解析モデル

表-1 入力物性値

項目	地表面下の深さ	地山			覆工	裏込め材
		0～5m	5～23m	23～35m		
		N値10～30相当	N値30～50相当	N値50以上相当		
単位体積重量(kN/m ³)		16	18	20	23	12
変形係数D ₀ (MPa)		20	50	100	22000	80
初期ポアソン比ν ₀		0.35	0.35	0.35	0.2	0.2
粘着力C(MPa)		0.02	0.02	0.02	-	-
内部摩擦角φ(°)		30	35	40	-	-
最終変形係数D _f (MPa)		2	5	10	-	-
最終ポアソン比ν _f		0.45	0.45	0.45	-	-
弾性限界Rel		1.0	1.0	1.0	-	-
非線形パラメータn		2	2	2	-	-

表-2 解析パラメータ

項目		設定値
裏込め無し	背面空洞範囲	0° , 30° , 45° , 60° , 90° , 120°
裏込め有り	充填範囲	30° , 45° , 60° , 90° , 120°

キーワード：トンネル，背面空洞，数値解析，切土工事

連絡先：〒243-0125 神奈川県厚木市小野 2025-1 (社)フジタ 技術センター TEL 046-250-7095

3. 解析結果

図-3に背面空洞の範囲が90度の場合の上部切土によって覆工に発生する主応力分布を示す。これより、背面空洞が90度の場合、アーチクラウン付近では内空側の主応力が引張側にあることがわかる。

図-4に背面空洞範囲毎の上部切土によって覆工内空側に発生する縁応力分布を示す。これより、背面空洞の範囲による影響を見てみると、背面空洞が無い場合は、側壁においては引張側、アーチクラウン部付近で圧縮側の傾向を示すが徐々に背面空洞の範囲が大きくなるにつれ側壁部の引張応力は小さくなり、アーチクラウン部の圧縮応力も小さくなる。そして、背面空洞の範囲が90°を超えると側壁部

ではほとんど発生応力が無くなり、アーチクラウン部では引張側になることがわかる。一方、背面空洞を充填すると、応力値はすべて背面空洞が無い状態に戻ることをわかる。

図-5に背面空洞の範囲とトンネルの鉛直内空変位と水平内空変位の関係を示す。これより、上部切土による鉛直内空変位は、拡大する傾向にあるが背面空洞の範囲が小さい場合の方がより大きく拡大する傾向にある。一方、水平内空変位は、背面空洞の範囲が小さい場合(0~45°の場合)は縮小し、背面空洞の範囲が大きくなると拡大する傾向にある。

一般に、矢板工法で建設されたトンネルのアーチクラウン部は、覆工の充填が難しく巻厚不足や背面空洞が生じやすい傾向にある。そのため、上部切土によって覆工内面側に発生する応力が、トンネル背面空洞の範囲によって大きく変わることが本解析で確認できた。よって、トンネル上部掘削を行う場合は事前に可能な限りアーチ肩部にて確認孔を設け背面空洞の有無を含めて正確に背面空洞の範囲を把握する必要があるといえる。

4. まとめ

本数値解析結果から以下のことが分かった。

- ①上部切土によって発生するトンネル内空側の縁応力は、背面空洞の範囲が大きくなるにつれアーチクラウン部では圧縮側から引張り側へ、一方、SL部では引張側から圧縮側になる傾向にある。
- ②上部切土によるトンネルの鉛直内空変位は、拡大する傾向にあるが背面空洞の範囲が小さい場合の方がより大きく拡大する傾向にある。一方、水平内空変位は、背面空洞の範囲が小さい場合(0~45°の場合)は縮小し、背面空洞の範囲が大きくなると拡大する傾向にある。

参考文献

- 1) 日本鉄道建設公団：NATM設計施工指針，1996.2
- 2) 野城一栄，小島芳之：トンネルへの近接施工のパラメータ解析と近接度の判定基準の提案，トンネル工学論文集第15巻，pp. 89-97，2005.12

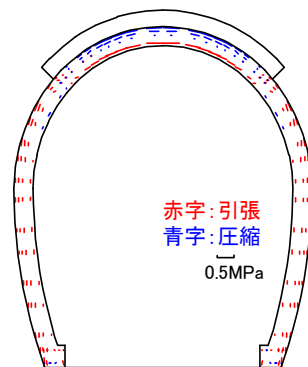


図-3 覆工の主応力(背面空洞:90°)

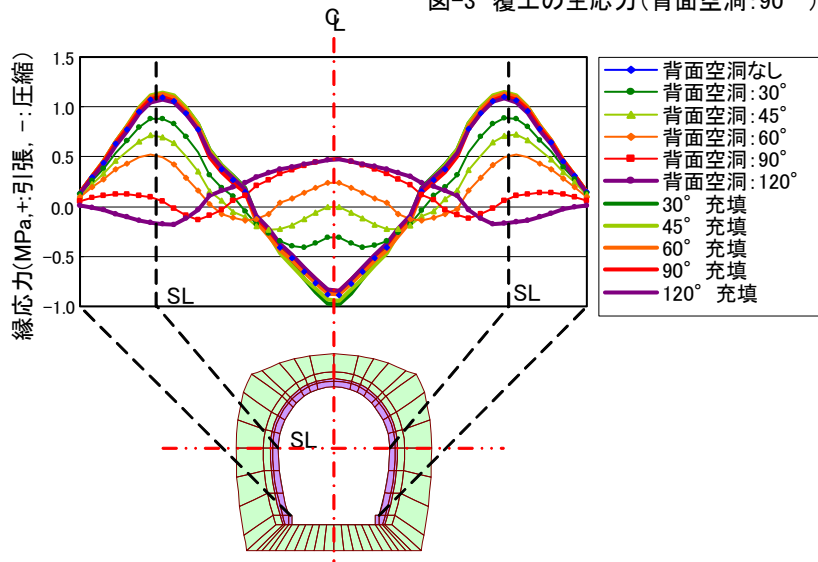


図-4 覆工内空側の縁応力

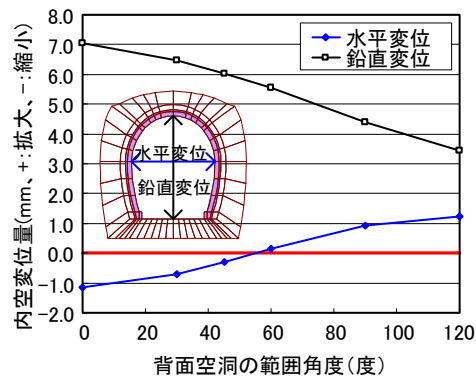


図-5 背面空洞の範囲と内空変位の関係