

構成則の違いによるトンネル掘削時の挙動解析

応用地質 正会員 ○桑島 滉
正会員 工藤 優衣
正会員 奥井 裕三
正会員 國村 省吾

1. はじめに

山岳工法で建設されるトンネルの支保設計を数値解析で実施する場合に、トンネルの建設される周辺環境、例えば岩種、地山等級や土被りなどにより、周辺に与える影響や支保構造への影響を適切に評価することは容易ではない。さらに現状では、解析コードやモデル化手法で統一性がない。本報文では、トンネル支保設計のための数値解析において、トンネル周辺のモデル化に着目し、地山挙動への影響について、構成則、土被りをパラメータとして数値解析を実施したので報告する。

2. 解析条件と解析ケース

対象としたトンネルの断面は NEXCO 標準設計図集のⅢ-a 断面とし、トンネル掘削は補助ベンチ付き全断面工法とした。数値解析は二次元有限要素法で実施した。解析ケースは表 1 に示すように地山構成則と土被りをパラメータとし、地山構成則は、弾性、弾塑性は Mohr-Coulomb の破壊基準に従う弾完全塑性体、非線形弾性は電中研方式とした。土被りは、低土被りから 100m までの深度を想定して 1D (D:掘削幅)、2D, 50m, 100m とした。境界条件は、上面は地表面として自由、側面は鉛直自由・水平固定、下面は鉛直・水平固定とした。地山の初期応力は、鉛直方向については土被り厚さ相当の自重を作用させ、水平方向については NEXCO のトンネル数値解析マニュアルに従い土被りにより側圧係数を変化させて設定した。ただし、土被り 1D の場合は側圧係数を 0.5 とした。入力物性値は、地山物性値を NEXCO における DⅡ地山相当の一般値、支保部材もトンネル数値解析マニュアルの一般値とした。表 2 に主な入力物性値を示す。図 1 にトンネル周辺部、図 2, 3 に解析モデルとして土被り 1D の場合と土被り 100m の場合を示す。

表 1 解析条件

地山構成則	弾性, 弾完全塑性, 非線形弾性(電中研方式)
土被り	1D (D=11.1m), 2D, 50m, 100m

表 2 主な入力物性値

	要素	弾性係数 N/mm ²	ポアソン比	粘着力 N/mm ²	内部摩擦 角(°)	単位体積 重量kN/m ³
地山(DⅡ)	平面	150	0.35	0.2	30	21
地山(DⅡ)-s	平面	150	0.35	0.2	25	21
地山(S1)	平面	20	0.35	0.02	30	16
吹付け	平面	6000	0.2			
鋼アーチ支保工	ビーム	210000				

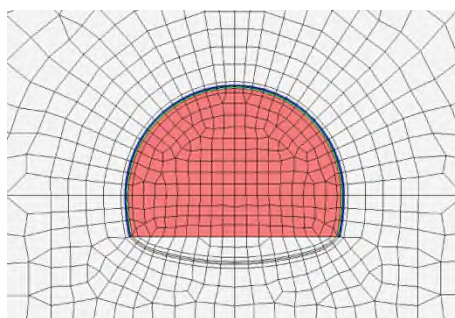


図 1 解析モデル(トンネル周辺)

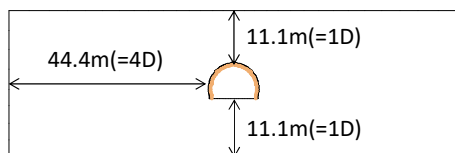


図 2 解析モデル(土被り 1D)

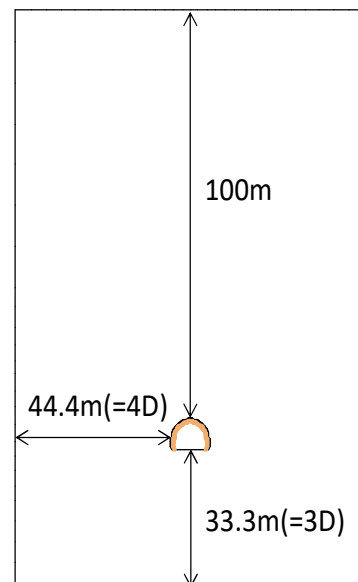


図 3 解析モデル(土被り 100m)

キーワード トンネル, 数値解析, 地山構成則, 支保設計

連絡先 〒277-8688 埼玉県さいたま市土呂町 2 丁目 6 1 番 5 号 応用地質株式会社

TEL : 048-652-4956

3. 解析結果

地山物性 D II の場合
変位分布を図 4 に示す。

- ・低土被りの土被り 1D
や 2D 場合については、
構成則による変位の差はほとんど見
られない。
- ・土被り 100m では、
構成則による変位の
差が見られ、変形の
影響範囲の大きさは
弾塑性（非関連）＞
非線形＞弾塑性（関
連）＞弾性となった。

ここで、土被りが小さい場合の構成則による影響の差異を把握するため、より悪い地山条件（JRTT の S1 等級）で、土被り 1D について解析を実施した。その結果の変位分布を図 5 に示す。構成則による変位の差が明らかとなり非線形が大きい。

次に土被り 100m の場

合で c 地山として内部摩擦角を小さくした場合（D II-s）の変位分布を図 6 示す。変形の影響範囲はかなり拡大した。さらに c 地山において、水平内空変位に着目し弾性解析との変位比率を図 7 に示す。トンネル側方の影響は土被り 50m までは構成則での差異は小さいが、100m の場合は弾塑性が非線形より大きい。

4. まとめ

トンネル周辺環境の地山状況の違いに着目し、構成則と土被りをパラメータとして数値解析を実施した。

- 1) 土被りが小さく地山がかなり悪い場合において、塑性化が広範囲に進展する場合は、非線形弾性解析の場合が周辺地山に与える影響は大きい。しかし概ね弾性領域にある場合には構成則による結果はほとんど差がみられない。
- 2) 土被りが大きい場合は弾塑性解析の場合が周辺地山に与える影響は大きい。

以上のように、トンネルの建設される周辺環境、例えば岩種、地山等級、土被りに対して、地山のモデル化により得られる結果が異なることから、モデル化には注意を要する。

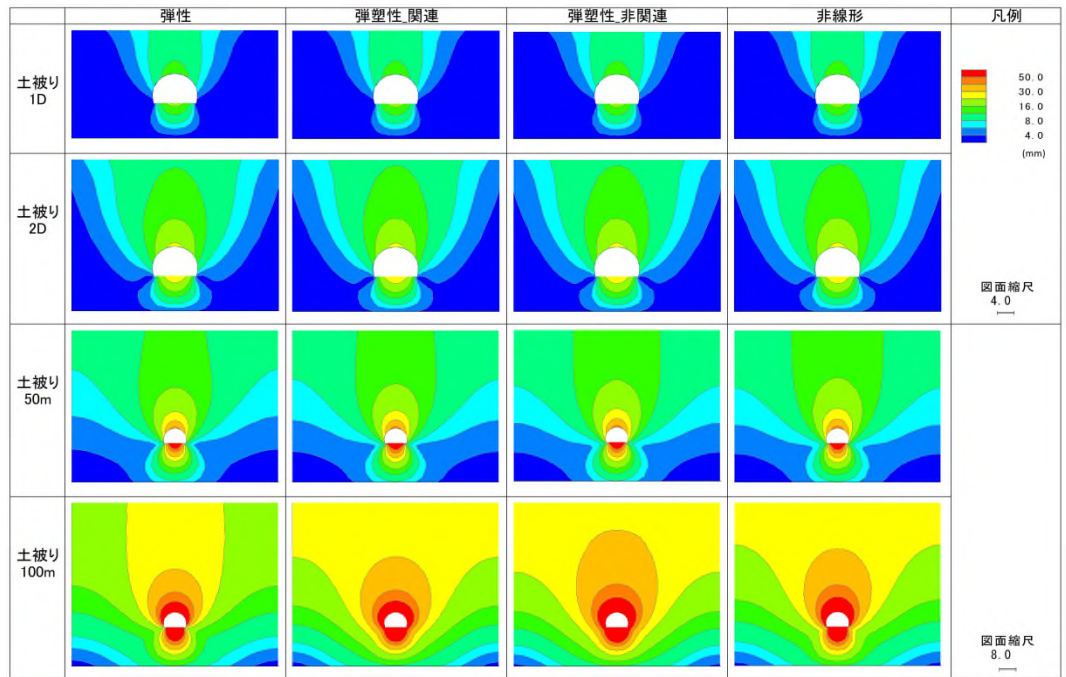


図 4 変位分布(地山等級 D II)

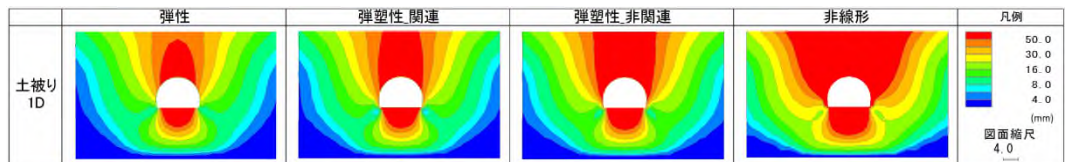


図 5 変位分布(地山等級 S1)

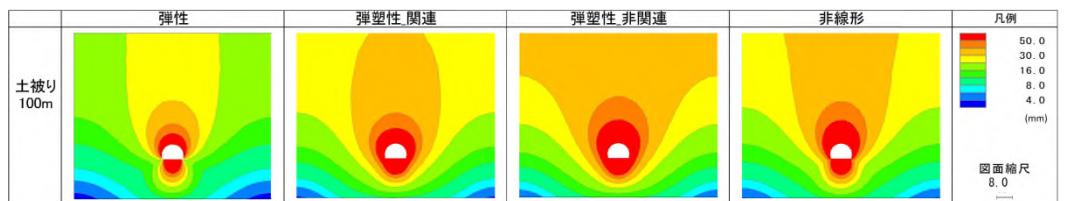


図 6 変位分布(地山等級 D II-s)

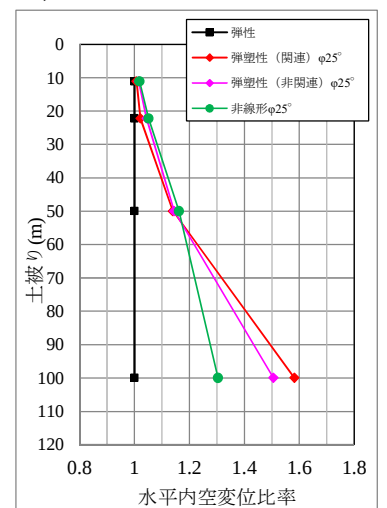


図 7 水平内空変位比較
(c 地山)