

地山の不均質性の違いがトンネル掘削時の変位挙動に及ぼす影響

山口大学大学院理工学研究科 学生会員 酒井大輔
山口大学大学院理工学研究科 学生会員 岡崎泰幸
山口大学大学院理工学研究科 正会員 進士正人

1. はじめに

現在、トンネルなどの地中構造物を建設する際、事前に数値解析を用いて、トンネル掘削時のトンネル周辺の応力状態と変形挙動の予測が行われる。その際、トンネル掘削解析では、地山物性を均質と仮定して行うことが一般的である。しかし、一般に地山の物性は均質ではなく、不均質なので、トンネル掘削解析を行う際、物性の不均質性がどの程度トンネル挙動に影響を及ぼすかを把握することが重要である。

そこで、既往研究ではモデル内の一軸圧縮強度の頻度分布を三角形分布に設定した。本研究では頻度分布を一定分布に設定して、発生頻度を変化させた地山にトンネル掘削解析を行った。その際、不均質性の程度と頻度分布を変化させることで、トンネル坑内の変位挙動に与える影響の相違について検討する。

2. 不均質性を考慮した数値解析シミュレーション

2-1. 解析モデル

本研究に用いる解析モデルを図-1に示す。解析モデルの解析領域は50m×50m、奥行きは0.25mとした。

2-2. 地山物性に関する不均質性の設定

地山物性は熊坂ら²⁾を参考に、基本物性を一軸圧縮強度(σ_c)10MPaとし、最大値20MPa、最小値5MPaとなるように設定した。また、他の物性値は5～10MPa、10～20MPaの間の数値を等間隔に8点を取り、すべての物性値を合計で19パターンとした。また、一軸圧縮強度の分布は乱数を発生させ、本研究では、図-2に示すように、体積率が一定となるよう

に設定した。図-3に示すように、既往研究³⁾では既往研究と同様の範囲内のモデル内の一軸圧縮強度の頻度分布を三角形に設定している。解析モデルは弾性体とし、弾性係数(E)・ポアソン比(ν)は次式(1)、(2)の川本・アイダンらによる軟岩における一軸圧縮強度との相関式¹⁾を用いて設定した。

$$E = 80\sigma_c^{1.4} \quad (1) \quad \nu = 0.25(1 + e^{-0.2\sigma_c}) \quad (2)$$

本研究における不均質性は、モデル内に存在する各物性値の要素の一边の大きさ(“最小均質寸法”と呼び、以下“l”で表現する。)で表現している。そこで、解析ケースはlを0.2, 0.4, 1.0, 2.0, 4.0mとし、それぞれのケースにおいて全て異なる物性分布のモデルを作成し、表-1に示すような解析ケースで解析を行った。lが0.2, 1.0, 4.0mのトンネル近傍の物性分布状態の例を図-4に示す。図-2, 4から、lが大きくなるにつれて、モデルに含まれる各物性値の要素数が少なくなるため、モデル全体の一軸圧縮強度のばらつきは大きくなるのが分かる。

2-3. 解析条件

解析モデル内の初期応力は5MPaの等方応力状態を仮定した。また、トンネル掘削時には地中深くの地盤であると仮定し、モデルのすべての面に面外方向の変位拘束条件を与えた。

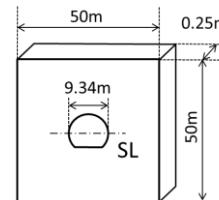


図-1 解析モデルの寸法

表-1 解析モデル数と最小均質寸法

最小均質寸法l(m)	モデル数
0.2	10
0.4	20
1.0	20
2.0	20
4.0	20

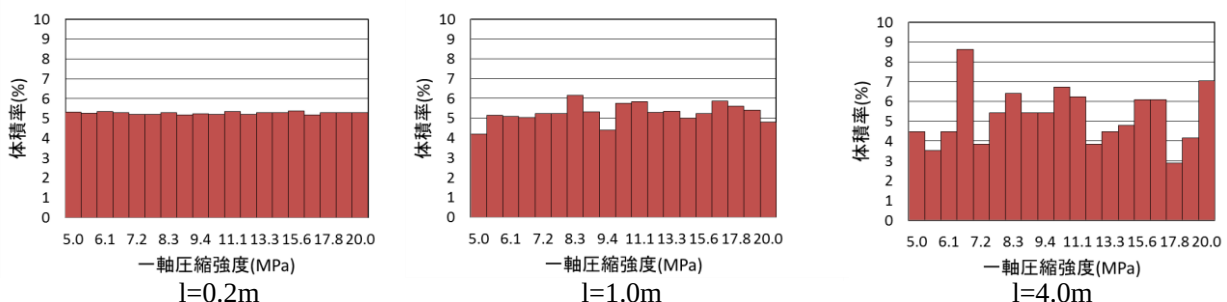


図-2 モデル内の一軸圧縮強度の頻度分布

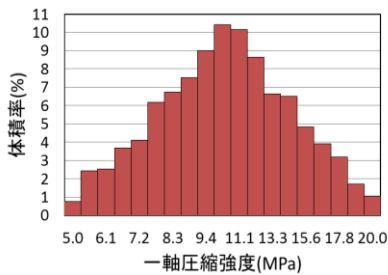


図-3 モデル内の一軸圧縮強度の頻度分布

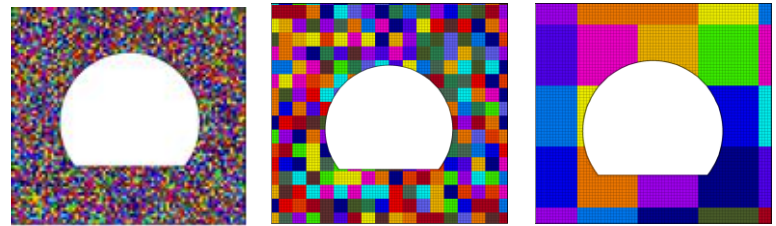


図-4 トンネル近傍の物性値の分布状態
(要素数 62500) (要素数 2500) (要素数 169)

3. 解析結果

本研究では、トンネル掘削解析後のトンネル SL の左部と右部の水平方向の変位の絶対値の和である内空変位に着目した。また、不均質岩盤モデル全体に一軸圧縮数値実験を行い、その応力 - ひずみ関係から不均質岩盤における全体の平均的な弾性係数を求めた。この弾性係数を“解析弾性係数”と呼ぶ。

本研究では、地山の不均質性と一軸圧縮強度の頻度分布の違いが内空変位に及ぼす影響を調べる。

図-5 に一軸圧縮強度の体積率が一定の場合と三角形分布の場合の内空変位と l との関係の比較を示す。

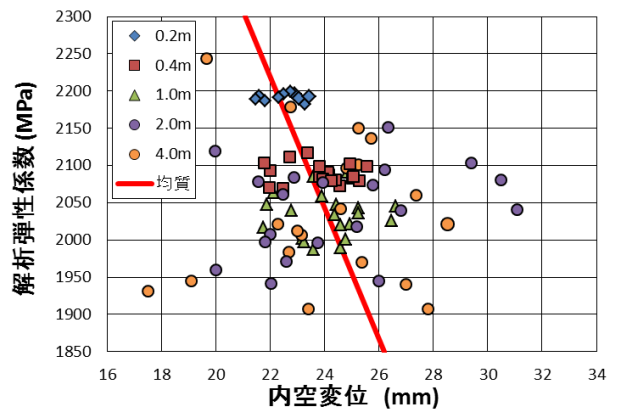
図-5 より、既往研究と同様に l が大きくなると解析弾性係数の平均値が減少する傾向が認められる。また、図-6 に標準偏差を用いて、それぞれの l を代表径で無次元化させた時の内空変位のばらつきの標準偏差を用いて示す。図-6 より、 l が大きくなると、内空変位のばらつきの標準偏差は大きくなる。また、図-5(a), (b), および 図-6 を比較すると、一軸圧縮強度の体積率が三角形分布より、一定分布の場合の方が、内空変位のばらつきの標準偏差のばらつきの標準偏差は大きくなることわかる。

4. まとめと今後の課題

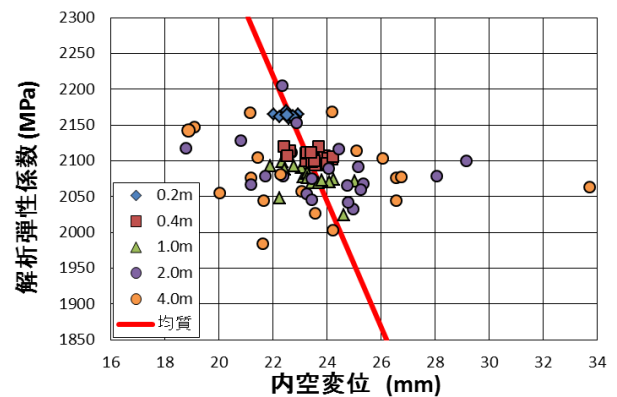
不均質性の程度と体積率分布の違いは内空変位と解析弾性係数に影響をもたらすことが分かる。

参考文献

- 1) アイダン・オメール, 赤木和之, 伊藤孝, 川本眺 万: スクィーミング地山におけるトンネルの変形挙動とその予測方法について, 土木学会論文集, No448/III-119, pp. 73-82, 1992
- 2) 熊坂博夫: 地山の不均質性の分布スケールがトンネル周辺の応力状態に及ぼす影響について, 土木学会第 60 回年次学術講演会概要集, 3-239, pp. 477-478, 205.



(a) 一軸圧縮強度の体積率が一定分布の場合



(b) 一軸圧縮強度の体積率が三角形分布の場合

図-5 内空変位と解析弾性係数の関係

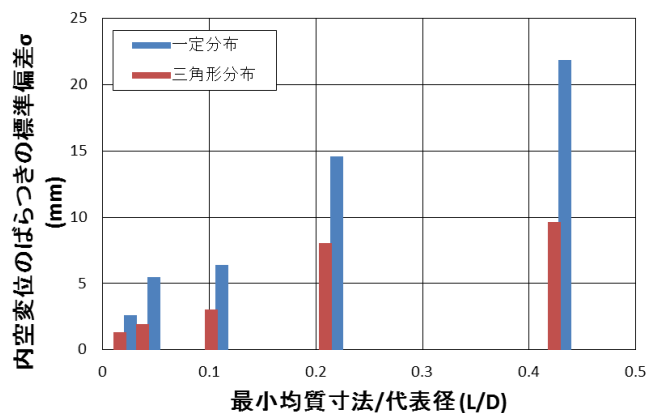


図-6 各頻度分布における内空変位のばらつき

- 3) 岡崎泰幸: 地山の不均質性がトンネル掘削時の内空変位挙動に与える影響, 卒業論文 2013 年