

不均質な弾塑性地山中のトンネルにおける 地中内変位分布に関する検討

清水建設 技術研究所 正会員 熊坂博夫

1. はじめに

トンネルの安定解析や計測結果の評価において地層は均質と仮定されるが、実際には複雑に物性は変動している。このため、結果の評価に際し、この影響を考慮することが必要である。著者はこれまで不均質な弾性および弾塑性地山におけるトンネル掘削時の挙動について報告している^{(1)～(5)}。本報では不均質な物性分布をもつ弾塑性地山におけるトンネル周辺の地中内変位分布について予備的検討を実施したので報告する。

2. 解析条件^{(1), (2), (3), (4), (5)}

2.1 解析モデル トンネル形状と寸法および測線を図-1に示す。トンネルは無支保の馬蹄形(代表径: $D = 9.34\text{m}$)とし、解析領域を $50\text{m} \times 50\text{m}$ とした。要素寸法と形状は、一辺が 0.2m の正方形とした。

2.2 地山物性と初期地圧の設定 地山は Mohr-Coulomb の降伏基準による完全弾塑性体とし、弾性係数, ポアソン比, せん断強度, 内部摩擦角はそれぞれ一軸圧縮強度 σ_c との相関式⁽⁶⁾を用いて設定した。この強度分布は、基本の σ_c を 10MPa とし、最大値, 最小値がそれぞれ, $2, 1/2$ 倍となる三角形分布を仮定した。(図-2参照)なお、引張り強度はゼロとした。

初期地圧は基本とした一軸圧縮強度 σ_c に対して地山強度比が $2, 1.5, 1$ となる $5, 6.67, 10\text{MPa}$ とし、等方圧状態とした。

2.3 解析ケースについて 不均質寸法(ℓ)を $0.2, 0.4, 1.0, 2.0, 4.0\text{m}$ と均質地山の6モデルと初期地圧の3つの条件を組み合わせる全部で18ケースとした。 $\ell = 4.0\text{m}$ の場合のトンネル周辺地山の物性分布を図-3に示す。

なお、解析コードは FLAC3D⁽⁷⁾ を使用した。

3. 解析結果と考察 水平(右側), 天端, 底盤の各測線における地中内変位分布を図-4～図-6に示す。なお、図の変位分布は均質な物性の地山条件の解析から得られる各測線の壁面変位で正規化した。これらの図より以下のことがわかる。

- ・地中内変位は、各測線や不均質寸法とは無関係に、壁面より単調に減少する。
- ・同一測線, 同一の不均質寸法の場合、正規化した変位分布形状は地山強度比に影響をあまり受けず、ほぼ同じ分布形状となる。なお、壁面近傍で分布形状の相違は大きくなる。
- ・物性の変動スケール(不均質寸法)による変位分布形状の相違が比較的顕著に現れているのは、底盤測線である。このことから、分布形状はトンネル形状の影響を受ける可能性があると考えられる。

区間ひずみの分布を図-7に示す。均質な地山の区間ひずみで正規化した場合を図-8に示す。図-7より、塑性領域内では不均質な物性分布によるひずみの変動が大きいことがわかる。ただし、図-8に示されるように、変動率では弾性領域と降伏領域でも変わらないことがわかる。

4. おわりに 地山の挙動を直接計測できるのは変位やひずみであり、これを用いた不均質性の推定も今後の課題の一つと考えている。

参考文献 (1) 熊坂: 土木学会第59回年講, 3-100, pp. 199-200, 2004. (2) 熊坂: 土木学会第60回年講, 3-239, pp. 477-478, 2005. (3) 熊坂: 土木学会第61回年講, 3-059, pp. 117-118, 2006. (4) 熊坂: 土木学会第62回年講, 3-151, pp. 301-302, 2007. (5) 熊坂: 土木学会第63回年講, 3-317, pp. 633-634, 2008. (6) アイダ・オメール, 他: 土木学会論文集, No. 448/III-19, pp. 73-82, 1992. (7)

ITASCA: FLAC3D version 3.0 User's Guide.

キーワード: トンネル, 安定解析, 不均質性, 不均一性, 弾塑性地山

連絡先: 〒135-8530 東京都江東区越中島3-4-17 TEL: 03-3820-5557 FAX: 03-3820-5959

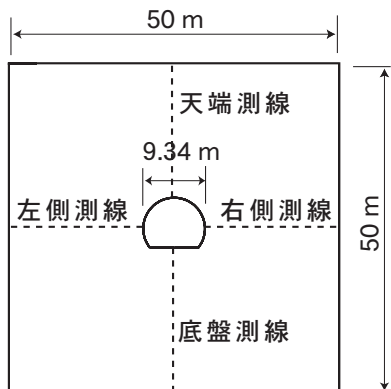


図-1 トンネル形状と解析領域

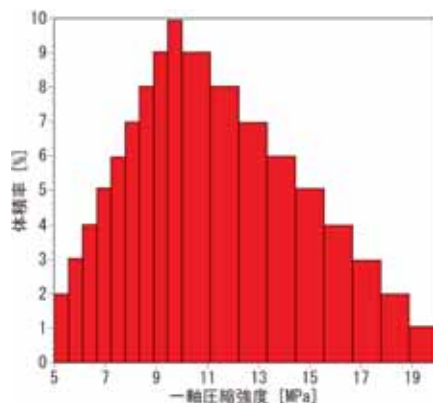


図-2 地山物性の分布

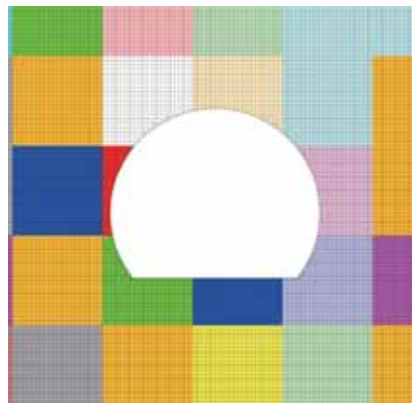
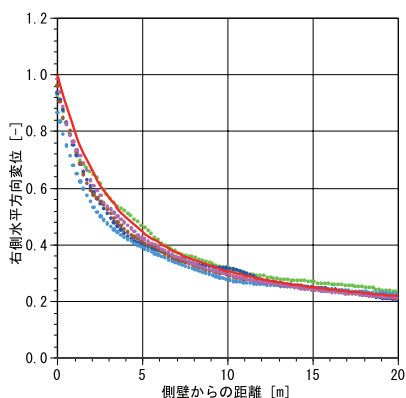
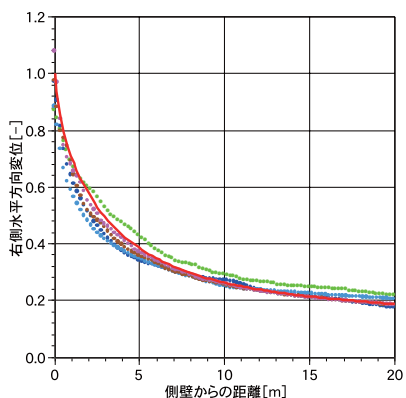


図-3 $l = 4\text{m}$ の地山物性の分布

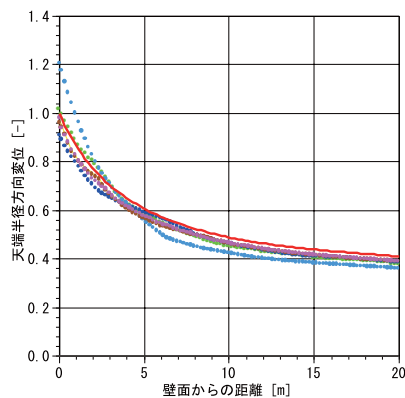


(a) 地山強度比 : 2

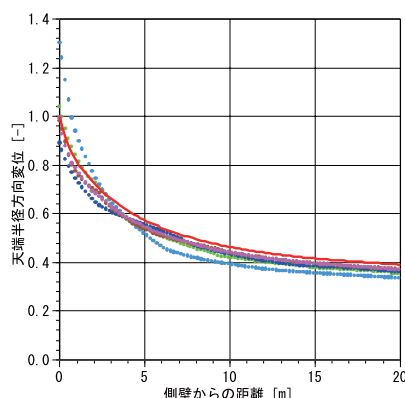


(b) 地山強度比 : 1

図-4 右側測線

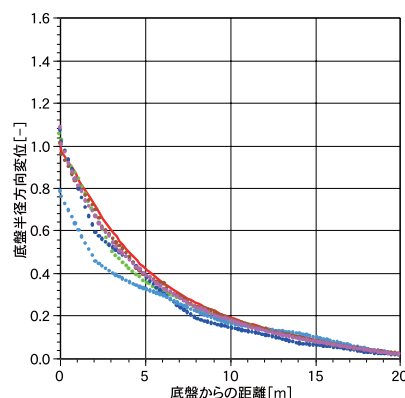


(a) 地山強度比 : 2

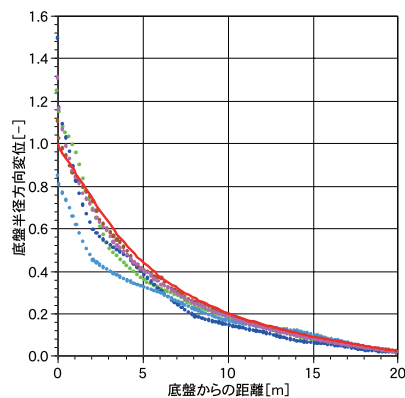


(b) 地山強度比 : 1

図-5 天端測線



(a) 地山強度比 : 2



(b) 地山強度比 : 1

図-6 底盤測線

(注1) 図-4 ~ (注2)
図-7 の凡例 図-8 の凡例

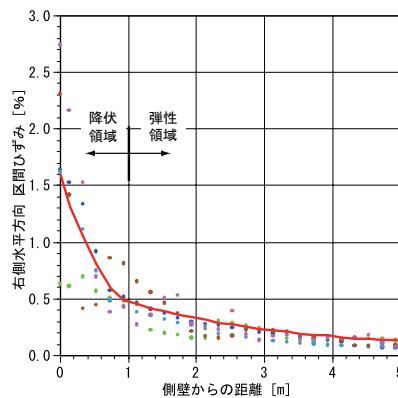
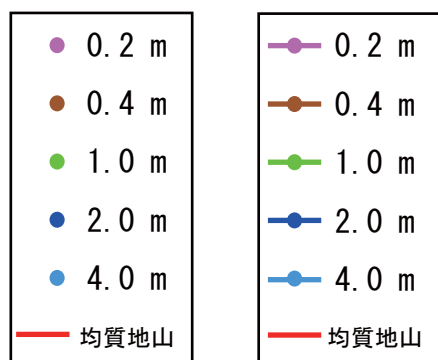


図-7 区間ひずみ分布
(右側測線, 地山強度比 : 1)

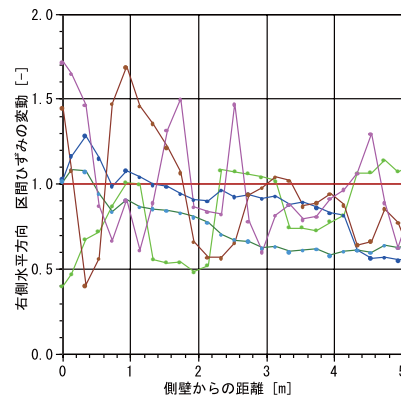


図-8 区間ひずみの変動
(右側測線, 地山強度比 : 1)