

不均質な弾塑性地山中のトンネル掘削時の 吹付けコンクリートの応力分布に関する検討

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では、普段は区分された各地層の物性は均質と仮定される。しかし、実際には区分された地層の中でも物性は複雑に変動している。このため、解析・計測結果の評価において、この影響を考慮することが望まれる。これまで著者は不均質な弾性や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⁾。本報では不均質な物性分布をもつ弾塑性地山を対象にトンネル掘削時の吹付けコンクリートの応力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⁾

2.1 解析モデル トンネル形状と寸法を図-1に示す。図に示されるようにトンネルは馬蹄形(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⁽²⁾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 P_o 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 吹付けコンクリートについて 吹付け厚 0.1m , 弾性係数 5GPa , ポアソン比 0.25 とした。

2.4 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

地圧の三つの条件を組み合わせで全部で 18 ケースとした。不均質寸法 $\ell = 0.2\text{m}$ 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⁽³⁾ を使用した。

3. 解析結果と考察 地山強度比が $2.0, 1.5, 1.0$ の場合の吹付けコンクリートの軸応力分布を図-4に示す。図より不均質寸法が小さい場合は軸応力は細かな変動をするが、不均質寸法が大きい場合は全体としての変動が大きく変動量も大きい。また、地山強度比が小さい(=初期地圧が大きい)場合は軸応力が大きい。これは、掘削解放率を 80% と一定としたことによると考えられる。そこで、軸応力を初期地圧 P_o で正規化した軸応力分布を図-5に示す。図-4と同じ分布形状となることがわかる。ただし、軸応力の小さいところでは、地山強度比によらずほぼ同程度となるが、地山強度比が小さく塑性化の影響が大きいところでは軸応力が大きくなっている。

トンネル周辺地山の最大圧縮応力分布を図-6に示す。この図と図-5を比較すると、吹付けコンクリートの軸応力分布は地山の最大圧縮応力のトンネル壁面からの距離と連動していることがわかる。すなわち、トンネル周辺の塑性化が進展し地山の圧縮応力リングが壁面より離れると吹付けコンクリート軸応力も増加することがわかる。

4. おわりに

吹付けコンクリートの連続的な軸応力分布を計測することでトンネル周辺の不均質な地山の塑性化による影響を把握できることが考えられる。

参考文献 (1) 例えば、熊坂：土木学会第61回年講, 3-059, pp. 117-118, 2006. (2) アイダン・オメール, 他：土木学会論文集, No. 448/III-19, pp. 73-82, 1992. (3) ITASCA : FLAC3D version 3.1 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, 吹付けコンクリート

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

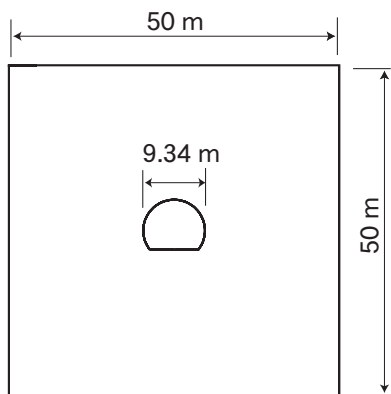


図-1 トンネル形状と解析領域

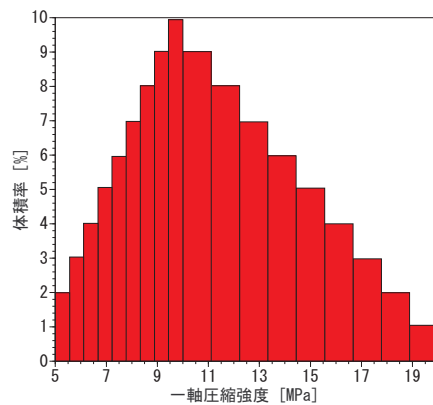


図-2 地山物性の分布

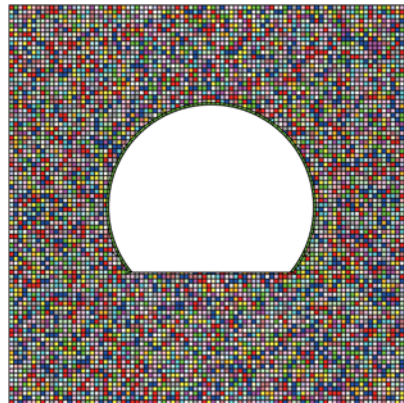
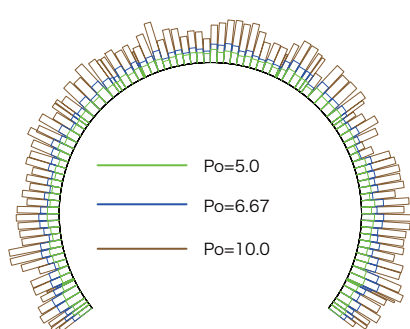
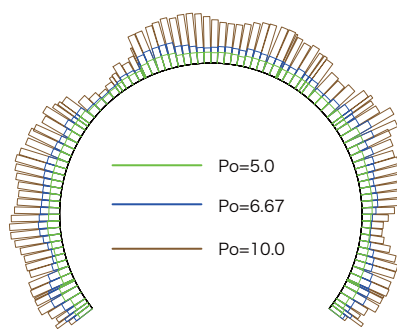
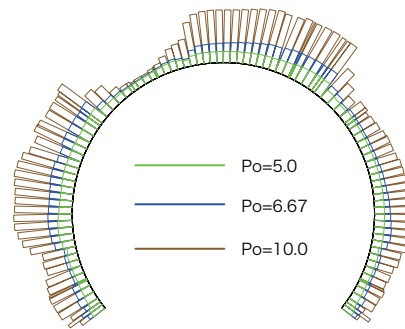
図-3 $l = 0.2\text{m}$ の地山物性の分布(a) $l = 0.2\text{ m}$ (b) $l = 1.0\text{ m}$ (c) $l = 4.0\text{ m}$

図-4 地山強度比 2.0, 1.5, 1.0 の場合の吹付けコンクリートの軸応力分布

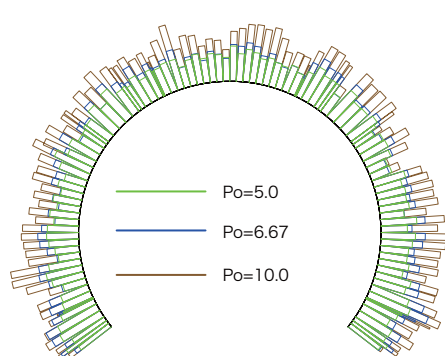
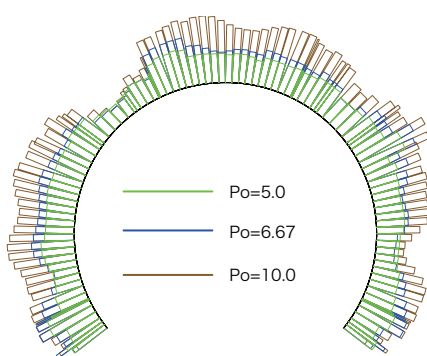
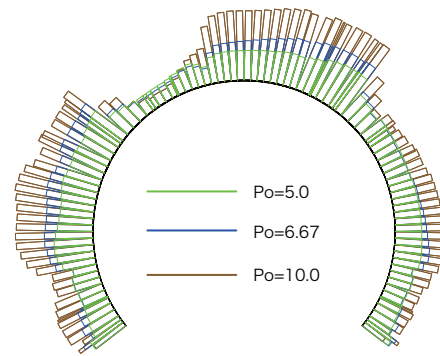
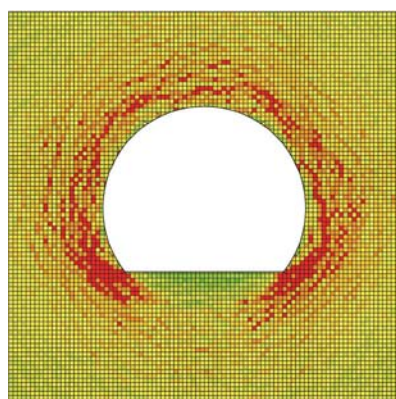
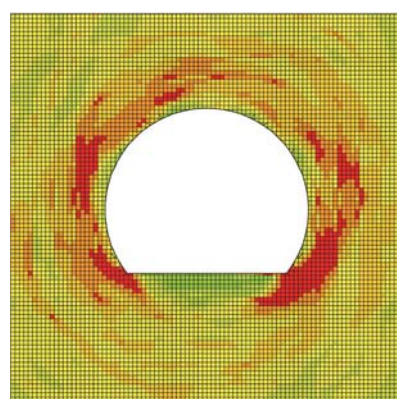
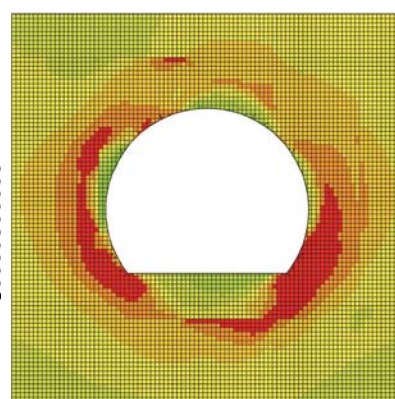
(a) $l = 0.2\text{ m}$ (b) $l = 1.0\text{ m}$ (c) $l = 4.0\text{ m}$ 図-5 初期地圧 P_o で正規化した吹付けコンクリートの軸応力分布(a) $l = 0.2\text{ m}$ (b) $l = 1.0\text{ m}$ (c) $l = 4.0\text{ m}$

図-6 初期地圧 10MP のときの不均質寸法 0.2, 1.0, 4.0m の最大圧縮応力分布