

不均質な弾性地山中のトンネル掘削における 吹付けコンクリートの応力分布について

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は、地層は均質と仮定される。しかし、一見、均質な地層とみなされる場合でも、実際にはその物性は複雑に変動している。このため、地山の均質性を仮定した解析や計測結果を評価する際には、この地山物性の変動が均質性を仮定した場合に対してどのような影響を及ぼしているかを把握することは重要と考えられる。著者はこれまで不均質な弾性地山中のトンネル掘削時の周辺地山における応力分布特性等について報告している^{(1),(2)}。今回は、不均質性を有する弾性地山中のトンネル掘削時の吹付けコンクリートに発生する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

2.1 解析モデル トンネル形状と寸法はインバートなしの複線トンネル(代表径：D=9.34m)とし、解析領域を50m×50mとした(図-1参照)。地山物性の分布を表現するため、基本要素寸法と形状は0.20m×0.20mの正方形とした。

2.2 地山物性の設定 地山物性は基本物性として一軸圧縮強度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)。弾性係数、ポアソン比は、川本・アイダンらの軟岩における一軸圧縮強度との相関式⁽³⁾を用いて設定した。また、今回は基本検討であることより弾性の地山による解析とした。

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の弾性材料とした。

2.4 初期地圧と応力解放率について 初期地圧は5MPaの等方状態を仮定し、領域内の要素に一樣となるように要素応力、境界応力を設定した。掘削時の応力解放率は80%と仮定した。

2.5 解析ケースについて 解析ケースは不均質要素寸法(ℓ)を0.2, 0.4, 1.0, 2.0, 4.0mの正方形とする5ケースとした。

3. 解析結果と考察

3.1 不均質要素寸法と最大変動率の関係

各不均質要素寸法(ℓ)の吹付けコンクリートの最大主応力分布を図-3に示す。図より、吹付けコンクリートに生じる応力は3～4MPaで、その変動は±30%程度となり、局所的な引張応力などが発生せず、不均質性による影響は極端ではない。これは、吹付けコンクリートが軸力部材として機能しているためと考えられる。

3.2 不均質分布寸法による吹付けコンクリートに生じる応力の変動率分布について

吹付けコンクリート応力の変動率 $v(\%)$ を参考文献(2)と同様に次式のように定義する。

$$v = (V_{he} - V_{ho}) / |V_{ho}| \times 100.$$

ここに、 V_{ho}, V_{he} は均質と不均質の値である。

不均質要素寸法(ℓ)が0.2と4mの吹付けコンクリートの最大主応力の変動率分布をそれぞれ図-4, 図-5に示す。図より、不均質要素寸法(ℓ)が小さい方が変化が大きいことがわかる。

3.3 周辺地山の応力状態との関係について

不均質要素寸法(ℓ)が4mの。トンネル周辺地山の最大圧縮応力の均質な場合からの差分値の分布状況を図-6に示す。図より、均質な場合に対して吹付けコンクリートの軸応力が高い部分は逆に地山応力が小さくなることがわかる。

4. おわりに

不均質性を有する地山における吹付けコンクリート軸応力は周辺地山の物性変動を敏感に反映していると思われ、今後さらに検討を進めたい。

キーワード：トンネル，安定解析，不均質性，不均一性

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

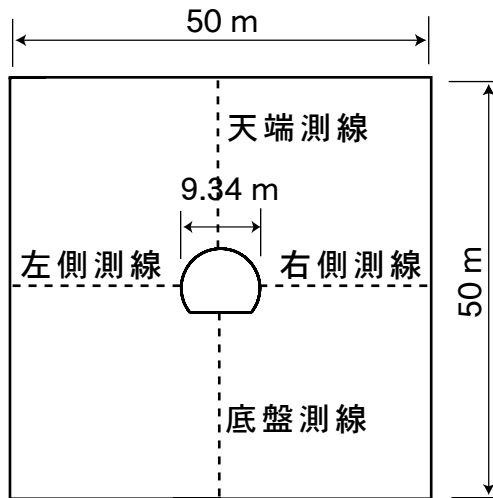


図-1 トンネル形状と解析領域

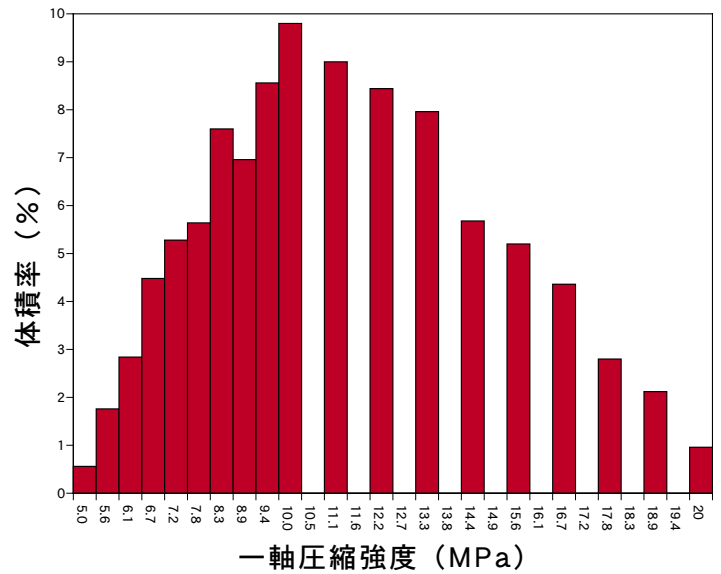


図-2 地山物性の分布

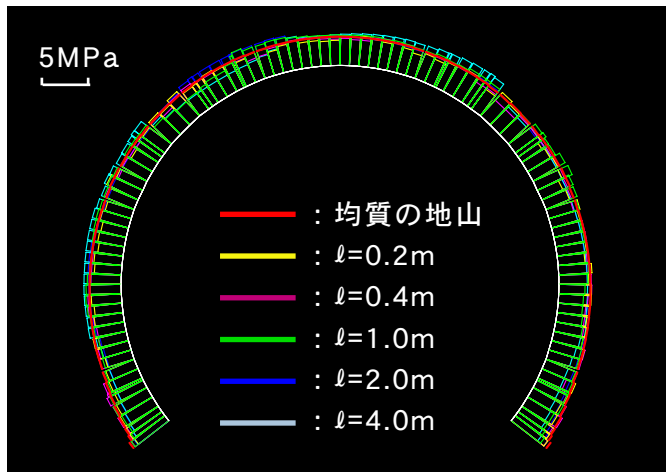


図-3 吹付けコンクリート最大圧縮応力分布図

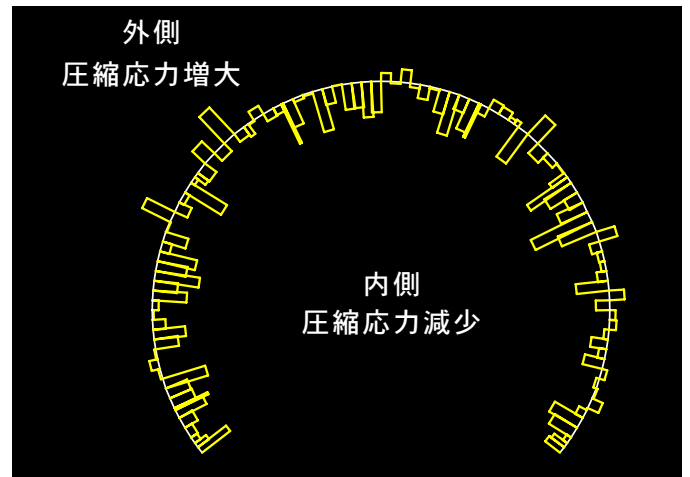
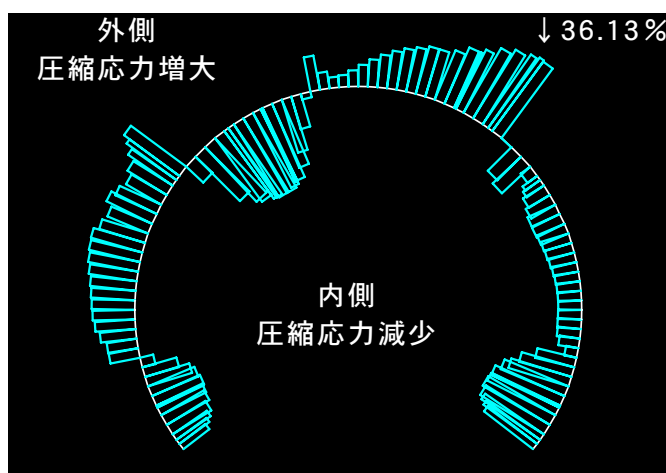
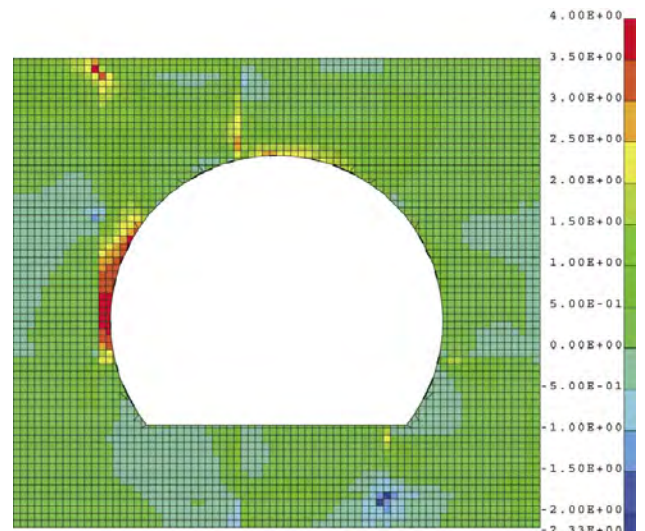
図-4 $l=0.2\text{m}$ の変動率布図図-5 $l=4\text{m}$ の変動率布図

図-6 トンネル近傍地山における最大圧縮応力の差分値（正の値：赤側が減少）

参考文献

- (1) 熊坂博夫：土木学会第59回年次学術講演会概要集, 3-100, pp.199-200, 2004.
- (2) 熊坂博夫：土木学会第60回年次学術講演会概要集, 3-239, pp.477-478, 2005.
- (3) アイダン・オメール, 他：土木学会論文集, No.448/III-19, pp.73-82, 1992.