

地山特性の違いによるトンネル切羽挙動の把握

山口大学大学院 学生会員 ○森本 真吾
 山口大学工学部 正会員 進士 正人
 山口大学工学部 正会員 中川 浩二

1. はじめに

NATMでトンネルを施工する場合、切羽の安定性の確保が工事の安全性や経済性にとって極めて重要なポイントとなる。しかし、切羽の自立が困難になるほどの軟弱地山の切羽安定性の予測は難しく、切羽観察や、類似施工の事例を参考にした技術者の経験、または、定性的な判断にゆだねられているのが現状である。

本研究では、固結程度の低い砂質土、粘性土などの軟弱地山にトンネルを施工する場合を想定し、地山の物性値である粘着力(c)と内部摩擦角(ϕ)をパラメータとした3次元数値解析を行い、トンネル切羽近傍の変位挙動の傾向について検討を行った。

2. 対象とした軟弱地山のモデル化

地山等級DIIの物性値¹⁾を基準として、 c と ϕ を低下させその組み合わせにより、切羽の自立性が問題となるような砂質系と粘性土系の地山を表現した。解析で用いた物性値を表-1に示す。表-2は、 c と ϕ の物性値図に過去の文献や実験データより得られた物性状況を当てはめたものである²⁾。概ね ϕ がある程度高く、 c が低い場合(表の右上)は、砂、まさ土と言った砂質系の傾向が強く、 c がある程度高く、 ϕ が低い場合(表の左下)は、粘土やシルトといった粘性土の地質が多い。また、 c と ϕ が共に低い場合の地質状況はなく、実在しにくいものと判断できる。

図-1に解析モデルを示す。地山は、等方弾塑性体とした。土被りは上載荷重を加え100mを想定し、静水圧状態とした。トンネルは、日本道路公団により分類されている2車線道路トンネルの標準断面をモデル化した。

掘削手順は、重力解析の後、境界から中央までの距離3Dを一括掘削し、直後に切羽1m手前までインバートを含めた支保工を設置した。今回は1掘削による切羽近傍への影響をみるため、一括掘削による変位挙動に着目した。そのため、逐次掘削による影響を考慮していない。

表-1 解析物性値

	単位 体積重量	弾性係数	ポアソン比	粘着力	内部 摩擦角
	γ (kg/m ³)	E (MPa)	μ	c (MPa)	ϕ (°)
地山	2100	150	0.35	0.001 ~ 0.2	0 ~ 30
合成支保工	2509	8134	0.20	—	—
インバート	2400	22000	0.20	—	—

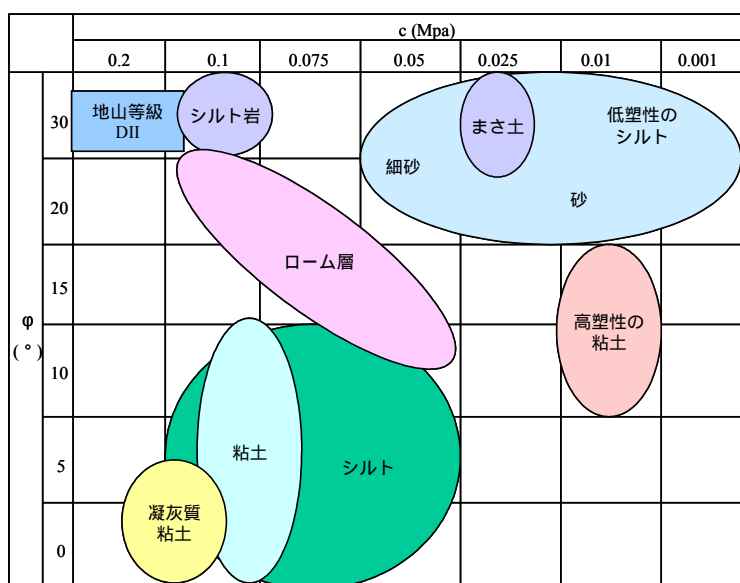


図-1 地質パターン

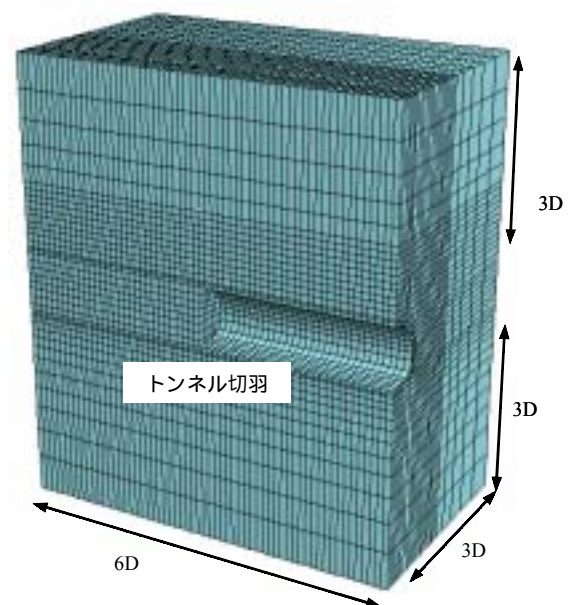


図-2 解析モデル

キーワード トンネル切羽, 数値解析, 粘着力, 内部摩擦角

連絡先 〒755-8611 山口県宇部市常盤台2丁目16-1 山口大学大学院 理工学研究科 TEL 0836-85-9332

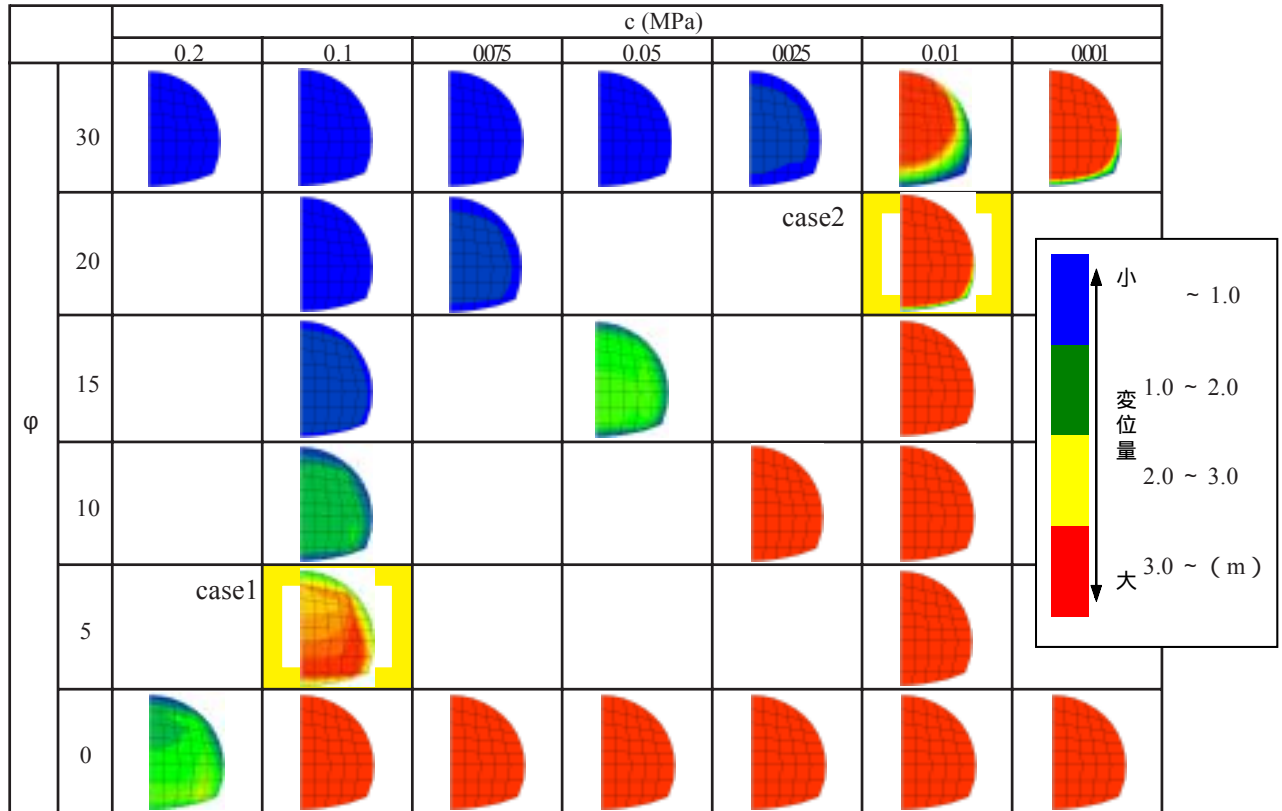


図-3 切羽面押し出し量コンター一覧表

3. 数値解析結果

粘着力と内部摩擦角を各々変化させた際の変形挙動について検討を行った。切羽を正面から見た変位分布を図-3に示す。DIIを含む図中の左上の物性値で行った解析結果では、相対的にあまり大きな変位では発生しないが、図の右下へ c と ϕ が低くなるにつれ変位量が大きくなり切羽面全体が押し出されている。

図-4は、図-3中の黄色で囲った $\phi=5^\circ$ 、 $c=0.1\text{MPa}$ (case1とする)と $\phi=20^\circ$ 、 $c=0.01\text{MPa}$ (case2とする)のそれぞれの切羽正面の変位分布図と横断面の切羽前方の挙動を示したものである。切羽正面の変位分布に着目すると、case1は切羽面下半からの変位量が大きく、case2は切羽面中央からの変位量が大きい。case2のように砂質系を想定した ϕ が大きく c が小さい地山は支保や周辺の地山により支えられ中央からの押し出し量が大いと考えられる。また、case1のように粘性土系地山を想定した ϕ が小さく c が大きな地山状態では、下半からの押し出しが大きくなるものと考えられる。横断面図に着目すると、case1は切羽前方からトンネルを包み込むように向かって地山が変位しており、case2は切羽直上の挙動が著しく大きくなっていることが読みとれる。これは過去の論文にもあるように砂質系地山をモデル化した実験と同様の傾向が得られた³⁾。以上より、本研究は物性の違いによる切羽挙動を表現できたと考えられる。

4. まとめ

本研究は、軟弱地山におけるトンネル掘削の安定性評価に向けた研究の第一歩として実施したものである。物性のイメージとよく合う挙動を解析で表現することができた。掘削補助工法も含めさらに研究を継続したい。

参考文献

- 1) 日本道路公団：設計要領第三集トンネル，1997.10.
- 2) 土木学会：トンネルにおける調査・計測の評価と利用，1987.9.
- 3) 久武勝保・村上敏夫・金澤賢次・角谷俊紀：トンネル切羽の崩壊挙動とそのCEM解析，土木学会第48回年次学術講演会概要集，-96，pp.246-247，1993.9.

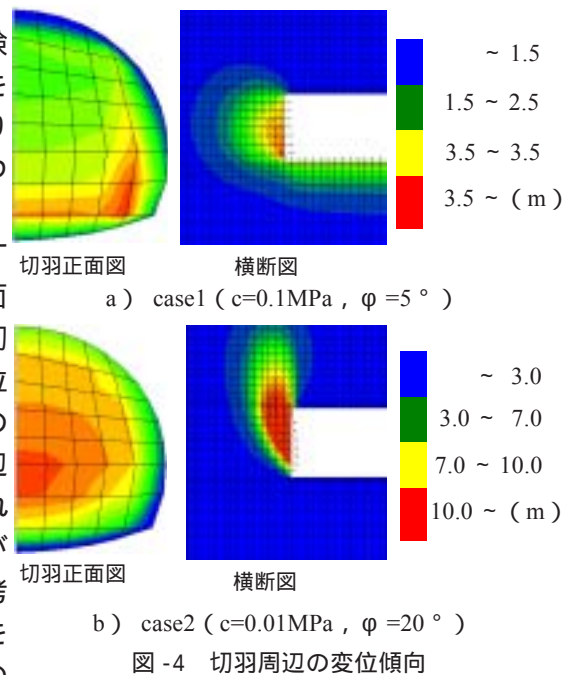


図-4 切羽周辺の変位傾向