

トンネル掘削による地すべり斜面の挙動に関する数値シミュレーション

山口大学大学院 学生会員 ○今富公太 中矢和貴
山口大学大学院 正会員 清水則一
(独)産業技術総合研究所 正会員 船津貴弘

1. はじめに

わが国の道路建設においては、やむを得ず地すべり地にトンネルを施工し、難工事となる事例があり、その対策が課題となっている。しかし、トンネル掘削が地すべり挙動に及ぼす影響について予測することは難しく、そのメカニズムも明らかではない。

本研究では、ある現場において実測されたトンネル掘削による地すべり挙動を数値解析によって再現し、そのメカニズムを考察することを目的とした。

2. トンネル掘削による地すべり挙動の一例

図-1 は、坑口付近に地すべり斜面がある現場において、トンネル掘削によって地すべり挙動が現れた実測結果の一部である¹⁾。この現場では、地すべり対策として坑口に盛土を設け、一部に縫地を施工したが、トンネル掘削により、収束していた地すべりが、想定されるすべり面に沿って生じた。このような挙動は、一般的な有限要素法などの連続体解析手法によって再現することは困難であり、なんらかの適切な解析手法が必要である。

3. 数値シミュレーション

筆者らは、トンネル周辺の緩み領域の再現や、支保効果のメカニズムの理解に粒状体解析手法が有効であることを示している²⁾。ここでは、粒状体解析に基づいた解析コード³⁾を用いる。

3.1. 解析モデル

図-2 に、粒状体による斜面のモデルを示す。粒子の形状は直径 0.1~0.2m の円形で、斜面全般に一様に分布させている。また、解析に用いるパラメータを表-1 に示す。なお、図-2 において、点線枠内では地すべり挙動を現すために、枠外の領域にある粒子と比べて、粒子間強度を低下させる。

3.2. トンネル掘削による地山の変位

図-3 に、図-2 に示した斜面にトンネルを掘削するモデルを示す。なお、トンネル掘削は、トンネル内径を円形トンネルの中心に向けて均等に収縮させることによって

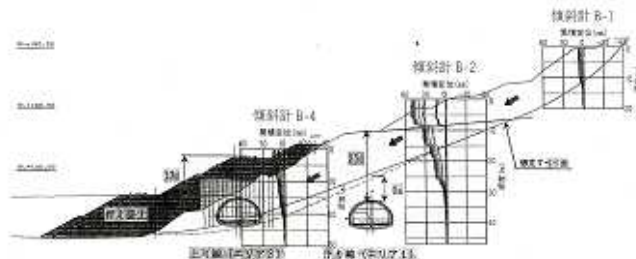


図-1 現場における実測結果¹⁾

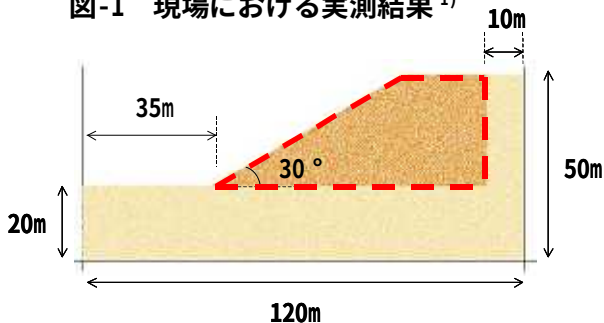


図-2 斜面モデル

表-1 入力パラメータ

Contact Bond (MN)			0.1
最大粒子半径 (m)			0.2
間隙率			0.15
ばね定数 (N/m)	粒子間	垂直方向	5.0×10^8
		せん断方向	2.5×10^8
	壁・粒子間	垂直方向	5.0×10^8
		せん断方向	2.5×10^8
粒子間摩擦係数			0.37
粒子密度 (kg/m ³)			2000
粒子間強度 (MN)	垂直方向強度		10
	せん断方向強度		

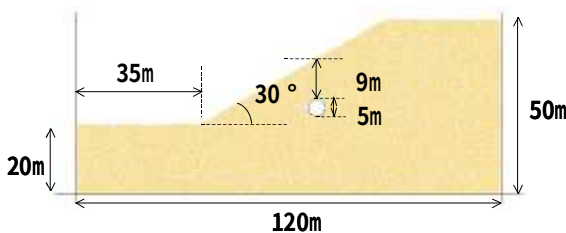


図-3 トンネル掘削モデル

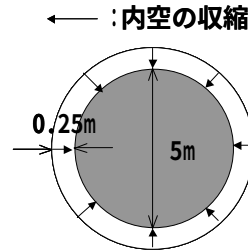


図-4 トンネル内空の収縮による掘削シミュレート

表現する（図-4 参照）。

図-5 に、トンネル掘削後の地表変位の推移を示す。トンネル掘削によって、沈下傾向にあった変位が、掘削の進行とともに斜面下方に向き、やがて地すべり的な変位となっていることがわかる。

図-6 は、地中傾斜計による計測変位を想定して、断面における粒子の変位を描いたものである。図-1 に示す実測結果とほぼ同様な変位となっている。

3.3. 考察

図-7 に、トンネル周辺の応力経路を示す。ここで、II の応力経路とトンネル直上の地表面変位に着目する。トンネル掘削によって、(c)のようにトンネル直上の変位がトンネル内空方向に沈下傾向にある時は、応力が低下している。しかし、応力が増加傾向に転じると、(d)～(e)のようにトンネル内空方向への沈下よりすべり変位が卓越する。これは、トンネルの掘削によって、一旦トンネル天端にゆるみが生じ、その後トンネル掘削変位が一定になり、緩み領域の応力が増加したため、移動しやすい方向に粒子が動き、すべり挙動を示したものと考えられる。

4. まとめ

本研究では、ある現場において実測されたトンネル掘削による地すべり挙動を再現するために、数値解析を行い、そのメカニズムを考察した。

参考文献

- 1) 田山聡, 竹國一也, 神澤幸司, 平野宏幸, 小土被りの大規模地すべり地帯を情報化施工で突破—第二東名高速道路 引佐第二トンネル—, トンネルと地下第 36 巻 3 号, pp.207-218, 2005
- 2) 清水則一, 安部達也, 澤江宏徳, 重田佳幸, 砂質地山トンネルの力学的挙動と支保効果のメカニズムについて, トンネル工学論文・報告集, 第 12 巻, pp.153-158, 2002.12
- 3) Itasca Consulting Group, Inc : PFC2D, ver.3.00

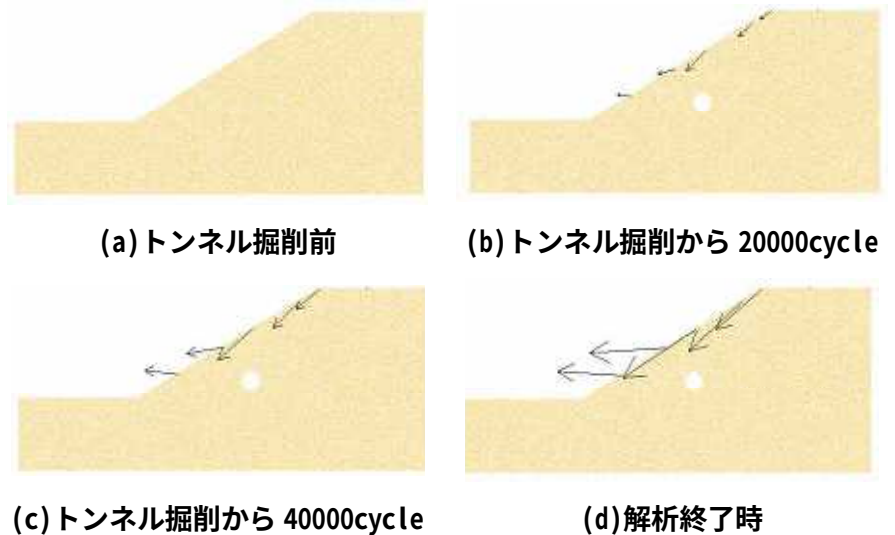


図-5 トンネル掘削による地表面変位の推移



図-6 断面における粒子の変位

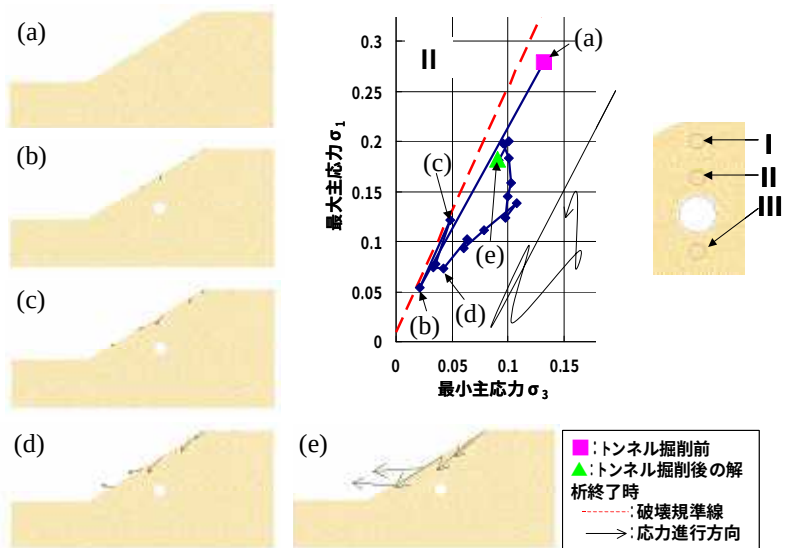


図-7 応力経路