地すべりとトンネルの安全離隔に関する解析的検討

| 鹿島建設 | (株) | Æ | ○小泉 | 悠 | (独)土木研究所 | 藤澤 | 和範 |
|------|-----|---|-----|----|-----------|----|----|
| 鹿島建設 | (株) | Æ | 伊達 | 健介 | 鹿島建設(株) 正 | 李 | 済宇 |
| 鹿島建設 | (株) | Æ | 横田 | 泰宏 | 鹿島建設(株) 正 | 山本 | 拓治 |

1. はじめに

地すべり帯直下におけるトンネルの施工が新たな地すべりを誘発し、トンネルが被災する事例が報告されて きた¹⁾. これらの災害を未然に防ぐためには、地盤の物性やすべり面の深さに応じて、トンネルの位置を適切 に定め、計測により斜面の健全性を継続的に監視する必要がある. このような背景のもと、筆者らは、地すべ りによるトンネル等構造物被災の回避・軽減手法に関する研究に取り組んできた. 本論文では、すべり面とト ンネルの離隔が、地すべり帯およびトンネル周辺地山に及ぼす影響について実施した解析的検討の結果を報告 する.

2. 解析モデルの概要

解析モデルを図-1 に示す. 傾斜角 45°の急傾斜の斜面を検討対象とした. はじめに, 解析モデル全体で地盤 物性を等しいものと仮定し, すべり面およびトンネルは設定せずに, 粘着力および内部摩擦角を徐々に低減さ せながら, 斜面の自重解析を行った. その結果, 表-1 に示す物性値のとき, 図-2 に示すように, 斜面地表よ り約 10m 深い位置で, 塑性域が連続的に生じた. そこで, これを初生すべり面とみなし, 離隔 (すべり面か らトンネル壁面までの最短距離)を 0.5~3.0D (D:トンネル直径)の範囲でパラメトリックに変化させなが らトンネル掘削解析を実施した. 本解析により,トンネルの掘削位置が,地すべり帯およびトンネル周辺地山 の変形挙動に及ぼす影響について検討することが可能となる. ここで,トンネル直径 D については,標準的 な道路トンネルを想定し 10m とした. 数値解析コードは有限差分法 (FLAC)を採用し,地盤の構成則には Mohr-Coulomb の降伏基準に従う弾完全塑性モデルを用いた. また,トンネルの進行に伴い,切羽通過時には 初期応力の少なくとも 30%程度が解放される²⁾ものと想定し,応力解放率を 30%とした.

3. 解析結果と考察

離隔を 0.5D, 1.0D, 2.0D, 3.0D とした解析ケースについて、トンネル掘削後の塑性域の分布を図-3 に示す. 同図より、塑性域の進展は離隔に強く依存し、特に図-3(a)(離隔 0.5D)では、すべり面より深い位置で、新たな塑性域がトンネルを包括するようにして連続的に生じ、地表まで到達していることが分かる.これは、ト



キーワード 地すべり、トンネル、安全離隔

連絡先 〒182-0036 東京都調布市飛田給 2-19-1 鹿島建設(株)技術研究所 TEL 042-489-7706

ンネル掘削に伴う二次的で大規模なすべりの危険性を示唆するものと考えられ、図-3(b)~(d)(離隔 1.0D 以 上)では、この傾向は認められなかった. また、図-3(b)~(c)(離隔 1.0~2.0D)では、掘削に伴いトンネル の左肩部から進展する塑性域がすべり面まで到達するのに対して、図-3(d)(離隔 3.0D)では到達しておらず、 地すべりとトンネルの相互作用は軽減し、互いに独立した挙動を示す傾向となっている.ここで、図-3 にお ける塑性域の分布と掘削に伴う変位分布の相関性を検討するため、図-4において、離隔 0.5D および 2.0D で のトンネル掘削後の周辺地山の変位ベクトル分布を比較した. 図-4(b)(離隔 2.0D)では,変位ベクトルが 左右対称で, 天端沈下が卓越しており, トンネル掘削に伴う地山の一般的な変形挙動が示されている. これに 対して図-4(a)(離隔 0.5D)では、天端および右側壁部で斜面勾配にほぼ平行した変位が非常に大きく、ト ンネルの右上方から強い偏圧(地すべり荷重)の影響を受けていることが分かる. さらに, 離隔ごとの変形挙 動の差異を明確にするため、トンネル掘削に伴う天端および右側壁部での鉛直、水平変位を、それぞれ V₁、 H₁, V₂, H₂ (mm) とし, それらを土被りZ (m) で除した値と離隔の関係を図-5 に示した.変位を土被りで 除したのは、変位が解放応力、すなわち土被りの影響を強く受けるためである。同図より、いずれの指標から も,離隔が1.0Dから0.5Dとなるときに、トンネルと地すべりの相互作用による影響が急激に増加する一方で、 離隔 2.0D 以上でその影響が小さくなり、変位も収束傾向を示すことが分かる.以上のことから、今回検討対 象とした条件のもとでは、少なくとも 1.0D 以上の離隔を確保しなければ大規模な地すべりの発生とトンネル の被災が懸念され、2.0D 程度の離隔を確保することが合理的と考えられる.

4. まとめ

本論文では、はじめに、斜面の自重解析により初生すべりを再現し、すべり面とトンネルの離隔についての パラメトリックスタディを実施することで、トンネルの掘削位置が地すべり帯およびトンネル周辺地山に及ぼ す影響について検討した.その結果、検討対象とした条件では、離隔が1.0Dから0.5Dとなるとき、元のすべ り面より深い位置で新たなすべりが生じ、トンネル周辺地山の変形挙動が著しく変化することが分かった.今 回、限定された条件下での検討結果ではあるが、地すべり帯直下にトンネルを計画する場合、離隔の影響を適 切に評価したトンネル位置の選定が必要で、変形挙動に応じた計測器の配置が重要であることが分かった.

参考文献

- 1) たとえば、臼田芳彦、工藤和紀、神澤幸治、平野宏幸:地すべり対策区間におけるトンネル施工と地すべりの挙動、トンネル工学報告集, No.16, pp.149-156, 2006.
- 2) 日本道路公団試験研究所 道路研究部トンネル研究室:試験研究所技術資料, No.358, pp.3-21, 1998.



★:塑性域(せん断破壊により降伏),○:塑性域(引張破壊により降伏)