

トンネル掘削の地すべりに及ぼす影響評価（第二東名引佐連絡路 引佐第二トンネル）

清水建設(株) 名古屋支店 静岡土木営業所 正会員 平野 宏幸
 清水建設(株) 土木事業本部 技術第二部 影山 久司, 山本 和義
 日本道路公団 静岡建設局 浜松工事事務所 正会員 田山 聡, 細野 泰生

1. はじめに

引佐第二トンネルは、第二東名と現存する東名高速道路をむすぶ連絡道路の一環のトンネルである。本トンネルは両坑口とも比較的規模が大きく、かつ、現在活動中の地すべり地帯に位置している。本報告は、下り線北坑口で遭遇した地すべり面下部のトンネル施工による地すべりと、トンネルの挙動について考察したものである。地すべり挙動はトンネル掘削により活動したが、トンネルの変形が収束すると沈静化した。

2. 従来の考え方

地すべり直下におけるトンネルの地すべりに及ぼす影響は、トンネル上方に $2D$ (D : トンネル直径) 区間をゆるみ部として、強度定数を低下させることで評価している¹⁾(図-1)。従来の矢板工法とは異なり、現在の山岳トンネルでは、よほどの押し出し性地山でないとトンネルのゆるみが $2D$ までは至らないことは、多くの地中内変位計測からも明らかである。また、強度定数の低下でトンネルの影響を評価する考えでは、一旦地すべりが発生した場合には、地すべり対策を行わないと地すべりは沈静化しないこととなる。

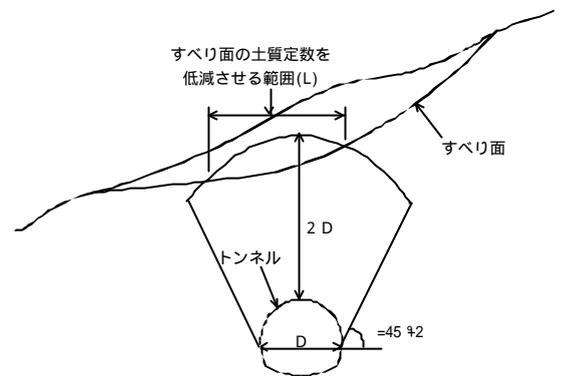


図-1 トンネルの影響範囲

3. 下り線と地すべりの関係

図-2 にトンネルと地すべりの位置関係を示す。掘削を行ったのは下り線で土被りは約 25m であり、推定地すべり線までの深さは約 8.5m の位置にある。また、B-1、B-2、B-4 は傾斜計である。これらの傾斜計はトンネル施工前から測定を開始している。トンネル掘削前の地すべり挙動は認められず、活動停止中の地すべりと認識されていた。地すべり全体の安定としては、トンネルの影響も考慮した押し盛土で計画安全率を確保している状況であった。したがって、地すべりはトンネル掘削による影響を受けないものと判断していた。

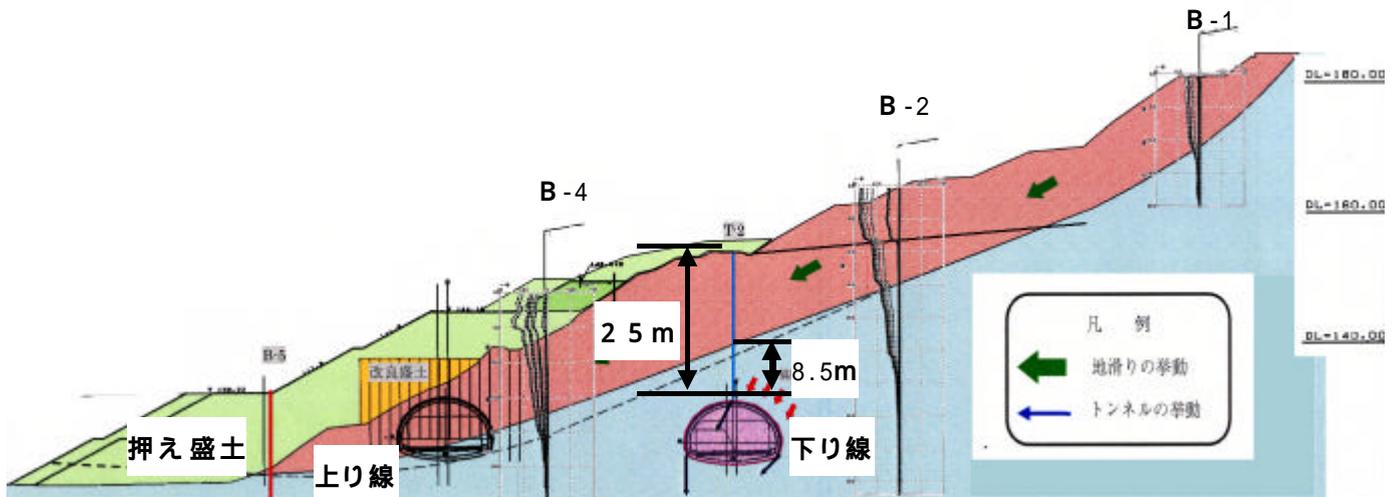


図-2 地すべりとトンネルの関係と傾斜計の位置

キーワード 地すべり, トンネル, 動態観測, 内空変位, ジョイント要素

連絡先 〒431-2224 静岡県引佐郡引佐町奥山 1220-1 清水・戸田・大日本土木共同企業体 TEL 053-543-0022

4．トンネルの内空変位と傾斜計の挙動

トンネルの切羽が地すべり主測線の約 30m（2D）手前から、B-1 傾斜計に変動が発生し、切羽が近づくにつれ増加し、切羽が主測線を通じた直後には、最大変動 0.69mm / 日(変動B)を示した。トンネルの変形は天端および脚部の沈下が卓越していた。図-3 に傾斜計と天端および脚部沈下の経時変化を示す。明らかに傾斜計の挙動とトンネルの沈下挙動は整合がとれている。インバート打設前はトンネルの沈下が進行し、インバート打設後トンネルの沈下が収束すると傾斜計も収束した。

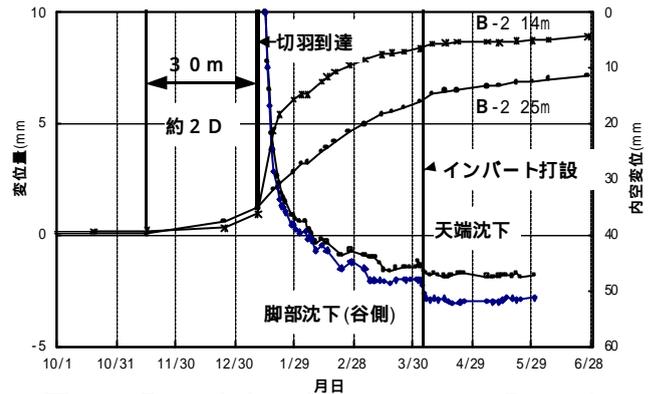


図-3 傾斜計とトンネル内空変位の経時変化

5．ジョイント要素を用いた地すべり挙動予測解析

下り線による地すべりへの影響は、インバートを施工し、トンネルの沈下を抑制すると地すべり挙動も沈静化したため局部的な地すべり挙動であると判断した。しかしながら、上り線は地すべり末端部かつすべり面を掘削する必要がある。そのため地すべりがどのような挙動を示すかを予測する必要があり F E Mにおいてすべり面にジョイント要素を設け、予測解析を実施することとした。

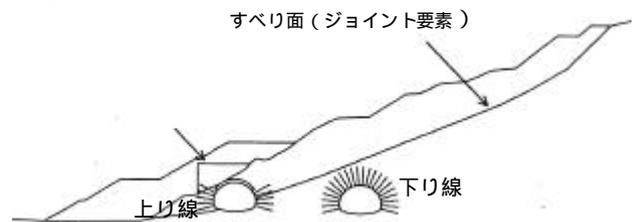


図-4 ジョイント要素によるモデル図

(モデル 図-4)

要素毎の局所安全率は強度定数を低下するのではなく、式-1により定義した。

$$S_F = (c + \sigma_n \tan \phi) / \tau \quad \text{-----(1)}$$

- S_F : 局所安全率
- c : すべり面粘着力
- ϕ : すべり面内部摩擦角
- σ_n : すべり面垂直応力
- τ : すべり面のせん断応力

全体の安全率は、各要素の局部安全率に要素長さを掛け合わせたものの和で評価した。図-5 より明らかにトンネル

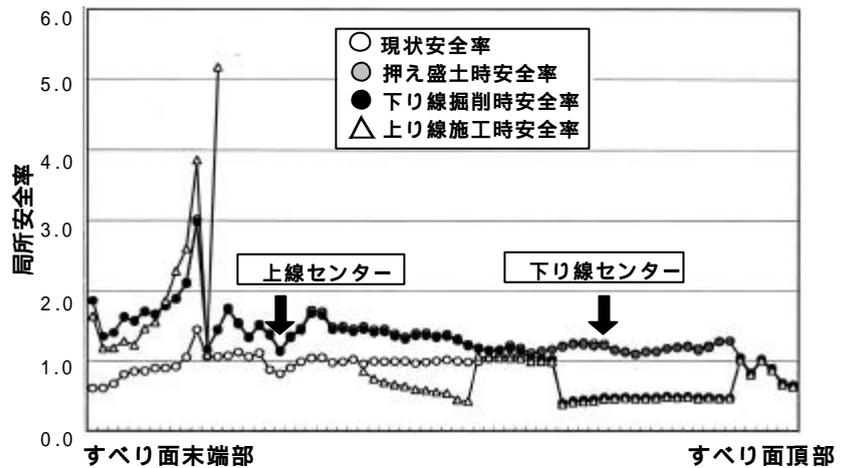


図-5 すべり面における局所安全率の分布

上部の局所安全率が低下していることがわかる。また、トンネルの沈下の収束と地すべりの収束が整合していることを解釈するには、トンネルの影響で強度定数が低下する考え方ではなく、すべり面の垂直応力が減少し局所すべりを誘発し、沈下が抑制されることにより垂直応力が増加していき収束したと考えるのが妥当である。また、上り線のようにすべり面を横切るトンネルへの影響を考慮する意味でも、本検討手法は有効であると想定できる。

6．おわりに

今回の地すべりは活動停止中のものであり、強度定数の低下も考えられるが、活動中の地すべりでは、すべり面はすでに残留強度まで低下していると考えられる。さらに有効応力状態では粘着力はほぼ“0”であり、影響を摩擦成分を主体として考える方が妥当である。また、このような考えをとることにより、トンネルが地すべりに及ぼす影響は、すべり面とトンネルの離れをも定量的に評価できると考えられる。

参考文献：設計要領第一集 土工編，平成 10 年 5 月，日本道路公団