

地すべり直下のトンネルにおける動態観測と変状の監視方法

東日本高速道路(株) 正会員 村崎 慎一 森 俊介
(株)大林組 正会員 ○木梨 秀雄 中間 祥二
レヴェックスコンサルタント(株) 正会員 石松 辰博

1. はじめに

久留喜トンネルは、道東自動車道夕張～トマム間の夕張ICに隣接する全長481mのトンネルである。本トンネルの東側坑口部は、地すべり直下での施工となった。本報では、通常行う伸縮計や傾斜計による地すべり動態観測に、坑内での支保計測を組み合わせた一元管理方法と、地すべり面と交差するトンネルでの変状に関する計測管理方法について述べる。

2. 地質概要

図-1のように久留喜トンネルの地質は、新生代古第三紀の幌内層を基盤岩とし、その上位に未固結堆積物が分布している。幌内層は塊状均質な泥岩を主体として、一部に軟質な凝灰岩層を介する脆弱な地山である。また、未固結堆積物は、段丘堆積物、崖錐、地すべり崩積土などにより構成されている。東側坑口(図-1 右側)付近は、ホルカルクキ川の攻撃斜面となっており、過去に幅約60m、長さ約60m程度の崩落が発生した大規模な地すべり土塊が存在する。

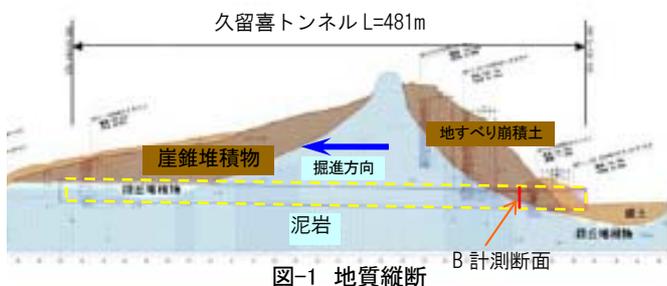


図-1 地質縦断

3. 地すべり対策工

東坑口部は活動の認められる地すべり斜面であったことから、写真-1に示すように押え盛土工により対策を施した。特



写真-1 東側坑口部の地すべり対策押え盛土工

に脆弱な区間では、トンネル掘削時の切羽安定対策として注込式長尺鋼管フォアパイルングおよび、鏡面安定対策として長尺鏡ボルトを適用した。

4. 動態観測工

当現場において厳冬期は風雪のため、急斜面上での手動計測は物理的に困難である。また、常時監視を実施しないと、地すべり進行の把握が遅れる可能性があり危険である。そこで坑外に設置した傾斜計、伸縮計および坑内において吹付けコンクリート応力測定を自動で行った。計測データは、JV事務所に随時転送されリアルタイム監視が可能である。計測値が各管理レベルを超過した場合には、現場に警報発令と計測担当者の携帯電話に通知することができる。図-2にシステムの概要を示す。このシステムはトンネル供用後も計測することが可能であり、施工から維持管理に移行しても地すべりの監視を続けることができる。また、二期線掘削の際の挙動計測にも利用可能である。

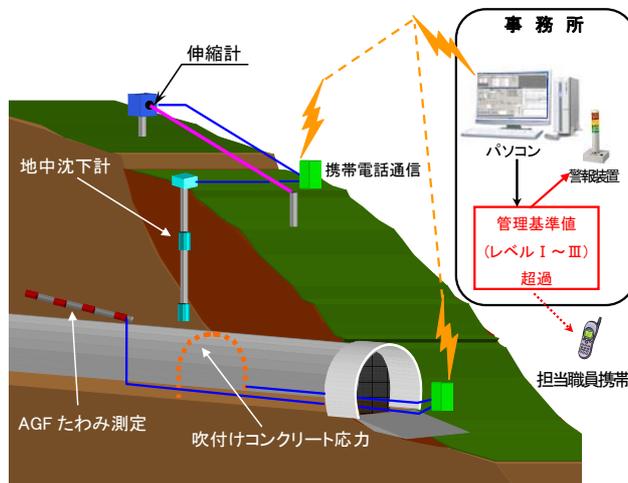


図-2 地すべりの自動監視システム

5. 変状挙動の管理方法

トンネル付近で地すべり挙動が生じた場合、坑内では地山変位に伴い各支保部材に変化が生じると考えられる。トンネル構築後は吹付けコンクリートが硬化しているため、坑内の変状が顕在化する前に一次支保の応力が急激に増大するものと考えられる。そこで、吹付けコンクリート応力の管理

キーワード 地すべり、自動計測、クリープ、破壊時間、応力増加速度

連絡先 〒068-0753 北海道夕張市登川1番地 大林・浅沼・JFE エンジニアリング特定建設工事共同企業体 TEL0123-53-8600

基準値を設定し、次の2段階で管理した。

【第I段階】吹付けコンクリートの発現強度増加過程

【第II段階】吹付けコンクリートの強度発現以降

第I段階では、吹付けコンクリートの強度発現を考慮して応力の絶対値により管理する。第II段階では、応力値で管理することに加え、早期対応を可能とするべく応力増加速度による管理値を設定した。

まず、齊藤らが示したひずみ速度とクリープ破壊時間の関係¹⁾より、地すべり時の3次クリープ予測曲線を図-3のように想定し、トンネルと交差するような地すべりの発生時には、吹付けコンクリートの応力曲線がこれと同様の関数で推移するものとして、図-4のように破壊時の応力曲線を設定した。一般に、伸縮計の管理基準値の「警戒・応急対策」²⁾では10~100mm/日であるが、当現場では、早期の変状把握のため、変位速度1mm/hr(2hr継続)を採用した。図-3の破壊時間9,095分は、この管理値1mm/hrに対応するもので、曲線は次のひずみ速度 $\dot{\epsilon}$ と破壊時間 t_r の関係式より求めた¹⁾。

$$\log t_r = 2.33 - 0.916 \log \dot{\epsilon} \quad (1)$$

式(1)で $t=t_0$ のとき $\epsilon=0$ として積分すれば次式のようにになる。

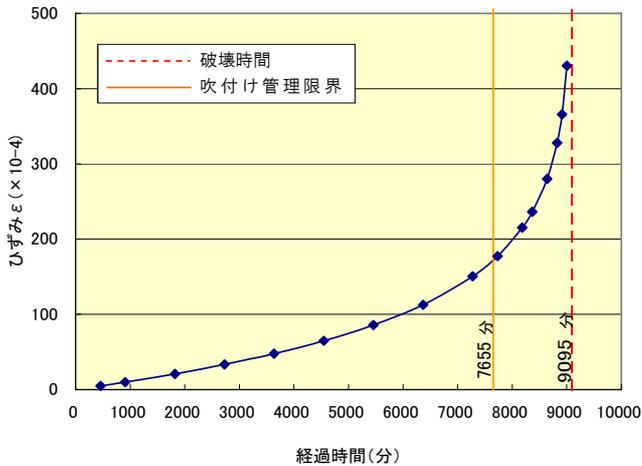


図-3 クリープひずみ曲線

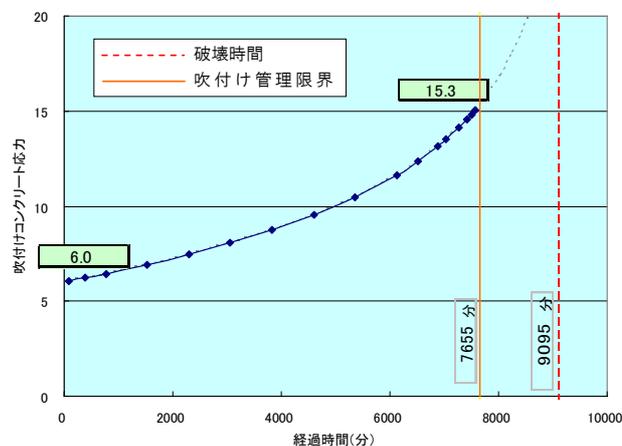


図-4 吹付けコンクリート応力曲線

$$\epsilon(t) = 213.8 \log \frac{t_r - t_0}{t_r - t} \quad (2)$$

図-4では第I段階に発生した応力値 $\approx 6\text{N/mm}^2$ を初期値 σ_{c0} とした。また、設計基準強度の85%(=15.3MPa)を許容値 $\sigma_{c,Lim}$ として、図-4の応力~時間関係を次式で表した。

$$\sigma_c = (\sigma_{c,Lim} - \sigma_{c0}) \times \epsilon(t) / \epsilon_0 + \sigma_{c0} \quad (3)$$

ここで、地すべり発生時の地山とコンクリートのひずみを等価と仮定した。また、 ϵ_0 は吹付けコンクリートの許容応力到達時ひずみ量である。この式(3)を微分して、許容応力到達時の応力速度を求めると1.3MPa/日となり、これを管理基準値とした。計測頻度は毎時1回である。

6. 計測結果

計測結果を図-5に示す。当初の応力は管理レベルI以下で、その後の応力増加速度はほぼゼロであった。当該現場では、結果的としては地すべり土塊が不安定となるような挙動は起こらず、トンネルへの影響は生じなかった。地すべりが想定される現場では、計測値の総量に加え、増加率を監視することが有効と考えられる。

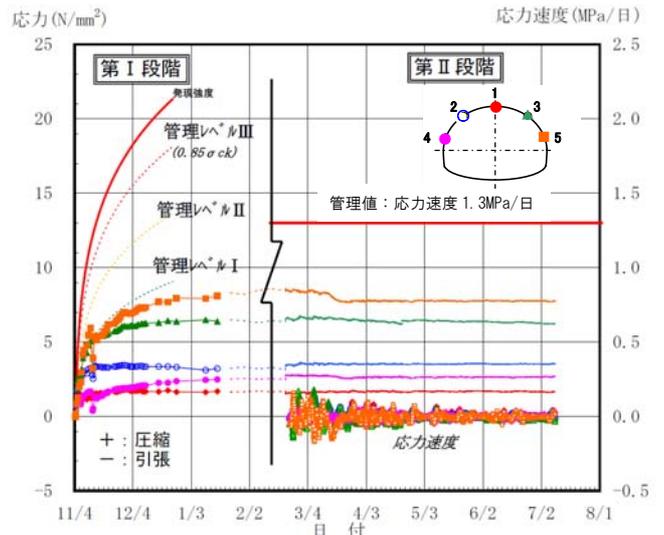


図-5 吹付けコンクリート応力の管理図と測定結果

7. おわりに

地すべり面がトンネルと交差するような場合、地表の地すべり計測のみならず、坑内計測を含めた一元管理による安全確保は有効である。今後は本手法に坑内変位等も取り込み、地すべり挙動に対して、より早期に対応できる一元管理システムを構築する計画である。

参考文献

- 1) 齊藤迪孝: 斜面崩壊時刻予測のためのクリープ曲線の適用、地すべり Vo.24, No.1, 1987
- 2) 東日本高速道路(株): 土工施工管理要領