

急崖地すべり地での垂直縫地ボルトの調査・設計・施工

戸田建設(株)○原敏昭、(正) 杉内仁志

中日本高速道路(株)静岡工事事務所 岩井清彦、中村宗一郎

1. はじめに

新東名高速道路静岡第四トンネルは、3車線幅員、掘削断面積約180m²の扁平大断面トンネルである。その上り線東側坑口(施工終点側)は、大規模な崩壊跡地の上部に位置し、傾斜約40°前後の急斜面をなす。この急斜面の上層部には崖錐層及び亀裂の発達した強風化泥岩からなる不安定土塊が存在し、トンネル掘削による緩みの進行により坑口左側に分布する沢沿いに坑口周辺から順次上方に地すべりが発生するものと考えられた。当初設計時の事前調査に加えて追加調査を実施し、その結果をふまえて地山の安定対策を検討した。その結果、本トンネル終点側坑口の地すべり対策として垂直縫地ボルトが最適と判断され、約5,000m²ののり面に対し、1,935本のロックボルトを打設した。垂直縫地ボルト施工完了後、静岡第四トンネルの掘削を進め、のり面に変状を与えることなく、無事貫通させることができた。本論文ではのり面調査に基づく地形・地質、地すべり対策工の検討、トンネル掘削対策について述べる。

2. 地形・地質

静岡第四トンネル東側坑口部には、約40°の急斜面に崖錐層と脆弱な第三紀漸新世～中新世前期の付加帯である瀬戸川層群の泥岩、珪質泥岩が分布し、一軸圧縮強度は10～20N/mm²で亀裂質かつ強風化が進んでいる。トンネル坑口高さ付近には遷急点(傾斜が急になる点)があり、その遷急点より下部はすでに表層が地すべりを起こし落下している。また、図-1に示すように尾根付近には遷緩点(傾斜が緩くなる点)が存在する。すでに地すべりを起こして落下してしまったトンネル坑口部付近の地質状況から、本地域での地すべりは風化岩の塊状岩盤がすべり面に沿って一気に地すべりを起こすのではなく、上部の脆弱強風化珪質泥岩と基盤層の中硬質泥岩層の境界面をすべり面として下方より順次地すべりを起こし上方に連続して発生するものと推定される。このような地域では、地すべり地帯の全域での地すべり防止対策を行って中抜け地すべりを防止し、各所での地山の崩壊を防ぐことが全体地山の安定性を向上させることになると考えた。そこで、本地域で実施済みのボーリング調査結果の見直しと追加調査ボーリングによって得られた詳細な地質情報をもとに検討した結果、図-1に示すような不安定土塊が想定された。

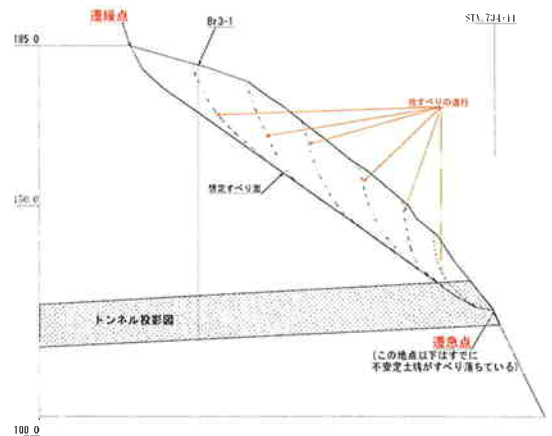


図-1 第四トンネル東坑口縦断面図

3. 地すべり対策工の検討

(1) 必要抑止力

不安定土塊は風化岩すべりで現況は運動を停止中の状態と考え、逆算により粘着力 c および内部摩擦角 ϕ を求めた。その結果、内部摩擦角 ϕ を30°としたとき粘着力 c は24.8 kN/m²となった。この値を用いて永久のり面の計画安全率 $F_s \geq 1.20$ を満足する抑止力を求めたところ、1201.2 kNとなった。

(2) 対策工の選定

本地域での地すべりは風化岩の塊状岩盤がすべり面に沿って一気に地すべりを起こすのではなく、上部の脆弱強風化珪質泥岩と基盤層の中硬質泥岩層の境界面をすべり面として、下方より順次地すべりを起こして上方に連続して発生するものと考えられる。このような地域では、地すべり地帯全域にわたる地すべり防止対策を行って、各所での地山崩壊を防ぐこと(中抜け地すべりの防止)が全体地山の安定性を向上させることになると考えた。

キーワード 垂直縫地ボルト, 地すべり対策, トンネル坑口, 補助工法

連絡先 〒461-0001 愛知県名古屋市中区泉 1-22-22 TEL. 052-951-8543

地すべり対策工としては、排土工、押さえ盛土工、垂直縫地ボルト工、抑止杭工、グラウンドアンカー工を比較検討した。急峻山地での施工性、既設下り線でのグラウンドアンカー工への影響など、当工事における種々の制約条件を勘案した結果、垂直縫地ボルト工が最適な対策工であると判断した。

(3) 垂直縫地ボルトの検討^{※1※2}・施工

すべりに対するせん断抵抗を付与する補強材にD32の異形棒鋼を用いた場合、1縦断面あたりの必要本数は、上下左右1.5mの打設ピッチで43本となる。垂直縫地ボルトの打設長は、トンネルより北側では現地測量で求めた地すべり主測線での縦断面で長さを定めた。また、トンネル断面及び南側では、現地測量で求めたトンネル測線での縦断面で打設長を定めた。垂直縫地ボルトの打設範囲については、トンネル断面内に垂直縫地ボルトが入ると、トンネル掘削によりボルトが切断されることから、トンネル断面内には垂直縫地ボルトは打設せず、上部に打設することによりせん断抵抗力を確保することとした。これらの各地点での垂直縫地ボルトの平均長さは15.0mで、最長18.5mとなる設計とした。図-2に垂直縫地ボルト打設平面図、図-3に縦断面図を示す。

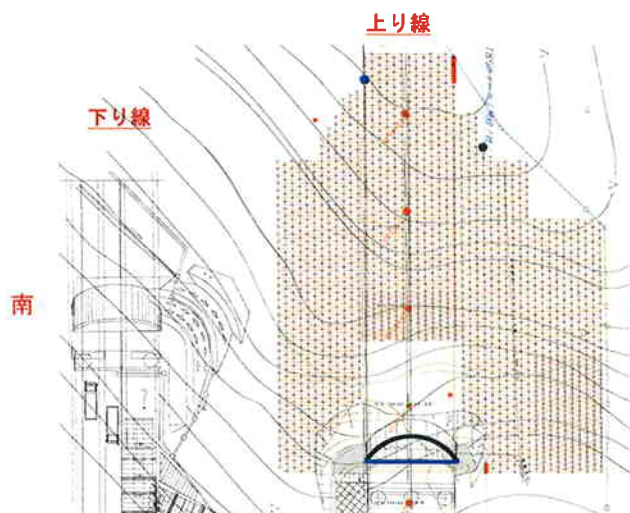


図-2 垂直縫地ボルト打設平面図

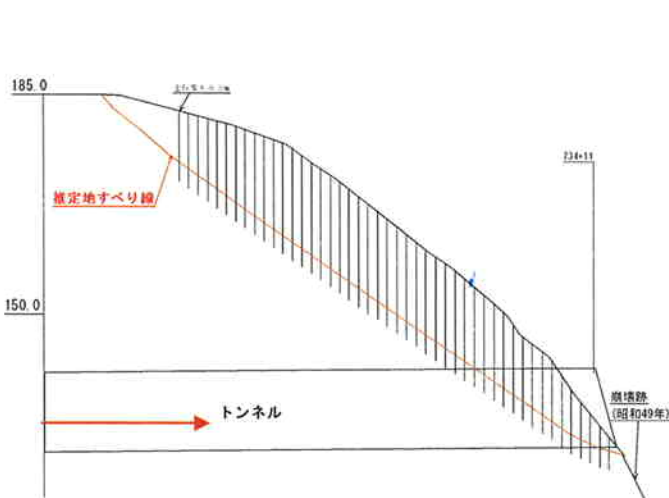


図-3 垂直縫地ボルト打設縦断面図

4. トンネル掘削対策

当トンネルの掘削は西側から掘進し、地すべり地にトンネルを貫通させるため、トンネル掘削の影響を地表面に与えず、地山の安定性を保つことが重要であった。そこで、地山状態を再確認しさらに有限要素法を用いて解析を行い有効な補助工法を比較検討した。その結果、グラウンドアーチの形成が困難と考えられるDⅢ区間において上半先進工法でAGFによる天端対策をとる上半先進工法が地上に対する影響が少ないとの結論を得た。さらに掘削時の変状対策として、低土被り部での支保工脚部の安定化をはかるために上下半脚部両側に増しロックボルトを4本ずつ、計8本を部分的に追加した。

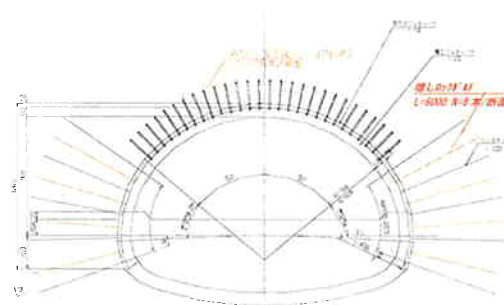


図-4 DⅢ区間支保パターン図

5. おわりに

垂直縫地ボルトを施工した坑口部のトンネル掘削に際して、三次元測量や伸縮計による地表面の動態観測、傾斜計による地中変位計測を実施して地すべり挙動を監視したが、いずれもトンネル掘削による影響は見られたものの地すべりと認められるような変状は無く、無事にトンネルを貫通させることができた。当現場での垂直縫地ボルトの設計・施工例が、今後の参考になれば幸いである。

【参考文献】

- ※1. (社)日本トンネル技術協会：補助工法の効率的な設計施工法に関する調査検討報告書（日本道路公団本社委託），平成11年3月 pp226-230, pp343-345
- ※2. 中田雅博，三谷浩二，城間博通，西村和夫，進士正人：現場計測による垂直縫地ボルト補強効果に関する基礎的研究；トンネル工学研究論文・報告書第6巻，1996.11