

赤色立体地図を活用した急峻地形の地形解析

高村 直樹¹・隅屋 佑次¹・西山 英雄¹

高田河川国道事務所¹ 調査第二課 (〒943-0847 新潟県上越市南新町3番56号)

親不知道路事業の地質調査において、3次元データを活用した赤色立体地図による地形解析を行うことで、落石や地すべり等の様々な地質リスクを、広範囲に渡り効率的に把握した事例について報告する。

キーワード 赤色立体地図, 地質リスク, 3次元データ, 地形解析, 地質調査

1. はじめに

本事例は、親不知道路事業において、地質調査を行ったものである。事業箇所は海岸に面した急峻地形であり落石や地すべり等の様々な地質リスクが想定される箇所となっている。そこで地質調査に先立ち3次元データを活用した赤色立体地図による地形解析を行い、広範囲に渡り効率的に地質リスクを把握した事例について報告する。

構造物に著しい損傷を与えるため、常に補修が必要となっている。そのため、工事に伴う通行規制も非常に多い区間となっている。

また、急峻な地形から既存の道路は急カーブや縦断勾配が6%を超える急勾配が多いうえ、洞門などにより高さが4.1mに制限され大型の車両が通行できない区間となっている。

また、道路形状から冬期には降雪や凍結による車両の立ち往生が発生する箇所となっている。

2. 事業箇所の特徴

(1) 事業概要

現道の国道8号が昭和42年（1967年）に開通してから、およそ半世紀が経過した。広域道路、緊急輸送道路、重要物流道路としての機能が求められる重要な路線であるが、海岸沿いにある急峻な地形条件のため急カーブ・急勾配区間が多く、洞門や橋梁などの構造物は、塩害や波浪により老朽化が進行している。さらに、災害発生リスクが高く、雨量による事前通行規制などの課題を抱えている。

そのため、新たなルートによる抜本的な対策を進める事とした。この親不知道路が完成すると、一部区間で雨量による事前通行規制が解消され、通行制限のある車両の通行が可能となったり、集落などの孤立の心配や構造物の老朽化など様々な課題が解消され、地域経済の活性化や物流の効率化などの様々な効果が期待できる。

(2) 自然条件及び道路条件

建設後40年以上経過した本事業箇所の構造物は、海岸沿いにあり塩害や波浪による摩耗など自然環境が厳しく、

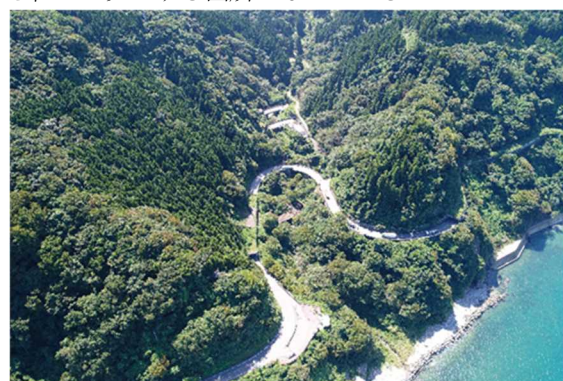


写真-1 交通の支障となる急カーブ



写真-2 急勾配により立ち往生した車両

(3) 災害のリスク

本事業箇所は土砂崩落等の災害リスクが高く、大雨による事前通行規制区間があり、たびたび通行止めが行われている。そのため、沿線集落等が孤立するなどの問題を抱えている。



写真-3 大雨による土砂災害と事前通行規制

(4) 地形

本事業箇所は、海岸に迫った急崖が見られその傾斜は50度を超える事もある。海岸に面した急斜面の上部には15度～20度程度の緩斜面や平坦面が形成されている。緩斜面に発達した溪流は、ほとんどがV字谷をなし溪床に岩屑が堆積されており、主要な谷はおおむね海岸線と直行するように刻まれている。



図-1 調査位置の地形

(5) 地質

本事業箇所に分布する地質は、白亜系～古代三系（約5,600万年前）であり、玄武岩質安山岩、ザクロ石デイサイト、無斑晶質安山岩やそれぞれの溶岩や火砕岩で構成される。

3. 地質調査で発見された地すべり地形について

実際に過年度業務において、図-2のような大規模な地すべり地形が確認されている。

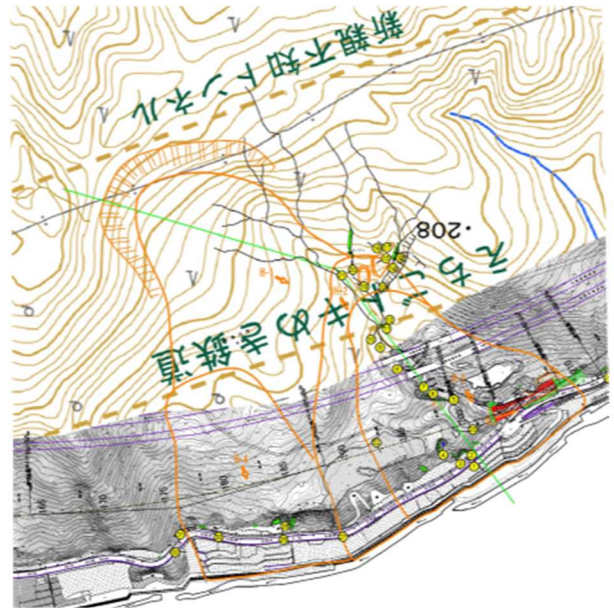


図-2 過年度業務において確認された地すべり地形

令和4年度に行った地質調査業務では、確認された地すべり箇所ではボーリング調査等を行い、その際に赤色立体地図を作成し、地すべり地形の解析を行った。

4. 赤色立体地図による地形解析

地すべり箇所の地形解析を行うにあたり、既存の航空LPデータから三次元表示した赤色立体地図を作成し、地形解析を実施した。

起点側トンネル坑口部にある地すべり地形（図-3参照）では全体がスギの植栽林となっており、航空写真等では地形が非常に分かりづらい状況であり、赤色立体地図での地形解析が有効的であった。

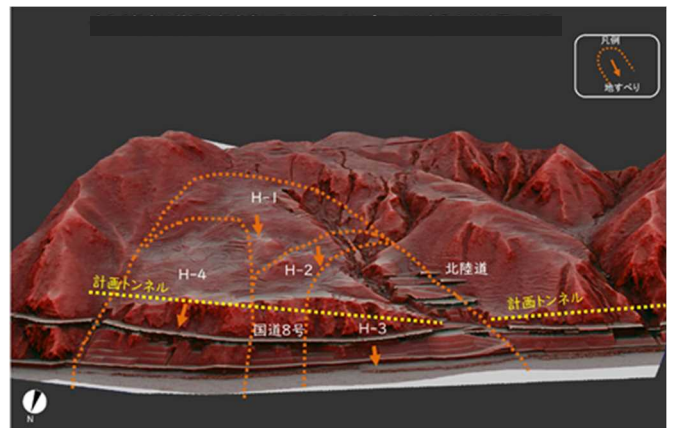


図-3 令和2年度に報告された地すべりブロックを転写

(1) 東側トンネル坑口部における地形解析

東側トンネル計画部付近には既存文献等において、凹状緩斜地形を示し、末端が海岸に達する大規模な地すべり地形が想定されていた。今回の地形解析結果を以下の①～③のとおり整理した。

①計画トンネル付近は海成段丘にあたり、崩壊、浸食により形成された地形である。

②現道は海食崖にあり、海成段丘や旧流路跡が赤崎川河床よりも高い位置にある。

③海成段丘面において地形の乱れは確認されないことが分かった。

以上より、当該箇所の地すべり地形については、海成段丘により形成されたことが示唆された。(図-4)

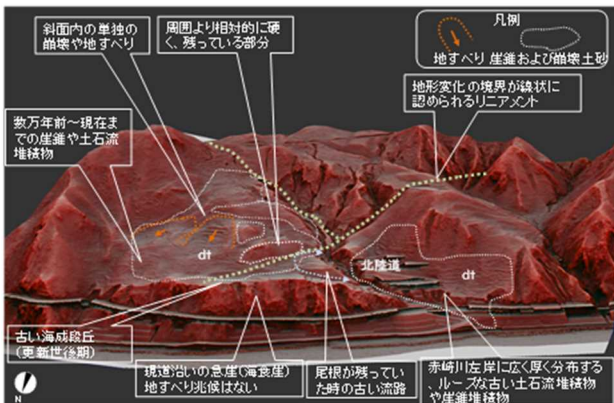


図-4 地形解析結果(東側トンネル部)

(2) 西側トンネル坑口部における地形解析

西側トンネル坑口部は、赤崎川の左岸に位置しており、土石流堆積物・崖錐堆積物が堆積している。地形解析結果は①～②のとおり整理した。

①左岸側は右岸側と比較して、溪岸侵食をあまり受けていない。

②河川の出口が狭いことから、未固結堆積物は、隆起に伴う崩壊や地すべり、土石流などによる地形変化、川底の侵食や左岸側の崩落・侵食により堆積したものと考えられる。(図-5)



図-5 地形解析結果(西側トンネル部)

5. 地形解析結果を踏まえた詳細調査の立案

赤色立体地図による地形解析結果を踏まえ、ボーリング調査を以下の通り計画した。

(1) 東側トンネル坑口部における地質調査

東側トンネル坑口部付近の緩斜面については、地形解析結果及び地表地質踏査結果から当該地形は地すべり地形ではなく海成段丘であることが示唆された。しかし、地すべり地形であった場合には、地すべりの末端は海岸まで達し、トンネルへ与える影響が大きいことから、すべり面の有無について確認するためのボーリング調査及び原位置試験を実施した。

(2) 西側トンネル起点坑口部における地質調査

西側トンネル坑口部については地形解析結果及び地表地質踏査結果から、未固結地盤(崖錐堆積物・土石流堆積物)が厚く堆積しており支持力不足となる可能性が高いため、今後の設計・施工計画のための基礎地盤情報を把握することを目的としたボーリング調査及び原位置試験を実施した。

6. 地質調査結果

(1) 東側トンネル坑口部の地質調査結果

ボーリング調査の結果、当該箇所においては大規模な地すべりを示すような脆弱部は確認されなかった。

計画トンネル付近の深度44mまでは概ねN値50以上を示す凝灰角礫岩・火山礫凝灰岩からなる弱風化層が分布する。深度44m以降は堅硬で一部に亀裂が発達するものの、全体に塊状・均質ですべり面となるような乱れや破碎、軟質化している部分は確認されなかった。(図-6)

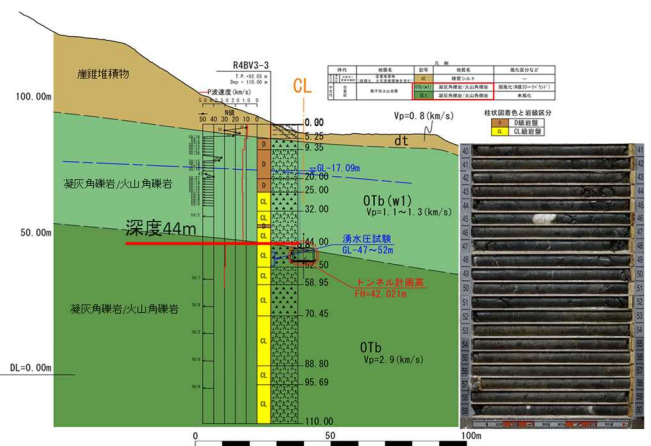


図-6 地質断面図(東側トンネル)

(2) 西側トンネル坑口部の地質調査結果

ボーリング調査の結果、当該箇所においてはトンネル地山は平均でN値20を示す岩塊玉石が混在する崖錐堆積物と平均N値13を示す土石流堆積物が分布する。この土砂地盤の分布深度は最大でGL-26.7mと厚く堆積している。基岩はN値300以上を示す凝灰角礫岩が分布する。(図-7)

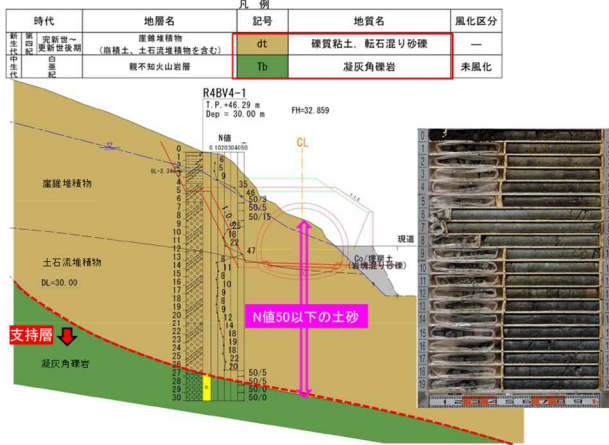


図-7 地質断面図(西側トンネル)

7. 地質リスクの検討

ボーリング調査結果を基に地すべり箇所の地質リスクを以下のとおり検討した。

(1) 東側トンネル坑口部における地質リスク

東側トンネル坑口部付近の地すべり地形において想定される地質リスクの要因として、N値50未満の固結粘土状を示す凝灰岩がトンネル上半～上部に分布していること、河川堆積物が坑口の南側にあること、地下水位がトンネル断面より高い位置にあることが挙げられる。これらの要因に起因する発生事象としては、切羽崩壊・アーチ部の土塊崩落、坑口斜面の崩壊、坑口付け斜面(擁壁)の安定性低下などが地質リスクとしてあげられる。しかし、当該箇所の地質リスクは発生確率は高いが、影響度は低いため、必要に応じて地質リスクの低減対策を行うべきと整理される。

(2) 西側トンネル坑口部における地質リスク

西側トンネル坑口部付近の地すべり地形において想定される地質リスクの要因として、赤崎川の左岸斜面に崖錐堆積物が広範囲に厚く分布していること。崖錐堆積物のN値が5～50であること、下位の土石流堆積物のN値が20以下であること、トンネルの坑門直下を基準として支持層まで15mであることが挙げられる。これらの要因に起因する発生事象としては、坑口斜面の崩壊、偏土圧、地耐力不足、切羽崩壊、落石による被害、近接構造物(洞門)への影響などが挙げられる。当該箇所の地質リ

スクは発生確率と影響度がともに高く、回避又は完全なリスク低減対策を講じる必要があると判断される。

8. 考察

今回の事例では、急峻な地形での地質調査業務において、赤色立体地図を用いて地形解析を行った。赤色立体地図を用いるメリットとしては2つ挙げられる。1つめのメリットとしては工期の短縮が挙げられる。本事例の場合、事業箇所の特徴として、急崖斜面により踏査が難航する点や、スギの植栽林の影響で空中写真判読が適さない。といった特徴がある。実際に本事例の地すべりブロックを地表踏査すると必要な面積は0.44km²となる。赤色立体地図を用いて地形解析をする事で0.04km²の地表踏査で解析が可能となり、従来の地形解析と比べて1.5～2ヶ月ほど工期を短縮する事が可能であると考えられる。(図-8)

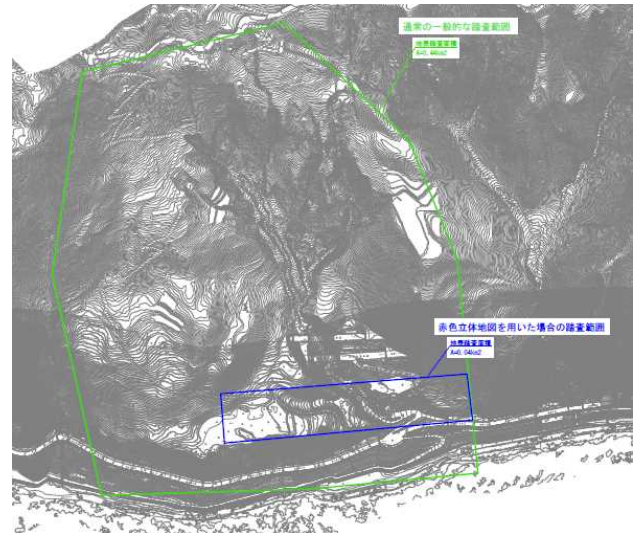


図-8 踏査面積の比較

2つめのメリットとして、経済性の高さが挙げられる。赤色立体地図を用いた地表踏査と通常地表踏査では面積に11倍の差があり、金額的にも赤色立体地図を用いる場合約30万円で通常地表踏査の場合約110万円と約4倍の差が生じる。結果だけで見ると、今回の赤色立体地図を用いた地形解析は、非常に有効的なものだったと考えられる。今後は本事例と違う条件においても赤色立体地図の利用が有効的かどうか、検討していく必要がある。

謝辞

本論文のとりまとめに際し、関係者の方々には多大なるご協力を賜りました。ここに感謝の意を表します。