

トッピング変状が懸念される地質帯における リスク低減の取り組み

中村河川国道事務所 調査課 松本 裕太

道路事業では、斜面に隣接する道路の安全かつ快適な道路空間を確保するために、対象斜面の地質リスクを精度良く調査し、適切なのり面工によるのり面の安全確保と斜面災害を防止するための斜面安定工を検討することが求められる。そのためには、地形・地質条件、災害履歴、資料調査および現地踏査等から、効果的な地盤調査の立案が必要である。本論文は、過去に切土施工中に発生したトッピングに隣接する新規切土のり面に対する調査から解析、今後の課題について報告する。

キーワード 切土のり面、トッピング、資料調査、調査立案、安定勾配

1. はじめに

斜面に隣接した道路の安全かつ快適な道路空間を確保するためには、適切な切土工およびのり面保護工（以下、合わせてのり面工）によるのり面の安定確保、斜面災害を防止するための対策工（以下、斜面安定工）の実施が必要である。斜面災害には、崩壊・落石・地すべり・土石流等の様々な形態があり、いずれの場合も道路が被災したときには道路交通機能の麻痺だけでなく、周辺地域の生活、経済等に及ぼす影響も大きく、また人的災害につながる可能性もあるため、道路管理者としては斜面災害を未然に防止する努力が必要である。

しかし、斜面災害の発生については様々な原因が考えられ、また、いくつかの原因が重なって生じることが多いため、その形態も複雑で発生の位置・規模等も予測しがたいのが現状である。素因としての地質条件も複雑・不規則で把握が困難であり、また誘因としての降雨や地震等との相関も予測としていまだに不十分である。

したがって、のり面工のうち切土工の設計では、対象斜面の地質リスクを精度良く調査し、のり面勾配と必要なのり面保護工を技術的経験に基づき検討する必要がある。そのため、周辺の地形・地質条件、過去の災害履歴および同種のり面の実施等を資料調査および現地踏査等から概査し、これらを踏まえて物理探査、ボーリング調査・サウンディング、原位置試験、室内試験等の精査を効率的に立案することが重要となる。

本論文は、一般国道56号大方四万十道路四万十インターチェンジの建設予定地において、過去の施工中に発生したトッピングに隣接する新規切土のり面の調査および検討結果について報告する。

2. 地形・地質

(1) 地形

調査地は、土佐くろしお鉄道「中村駅」の西南約600m付近に位置し、標高65～67m付近を頂上とする島状の丘陵地である（図-1）。計画されている一般国道56号大方四万十道路は、令和2年7月に全線開通した中村宿毛道路の四万十インターチェンジと当該位置で接続するため、調査地ではランプ設置に伴う切土が計画されている。

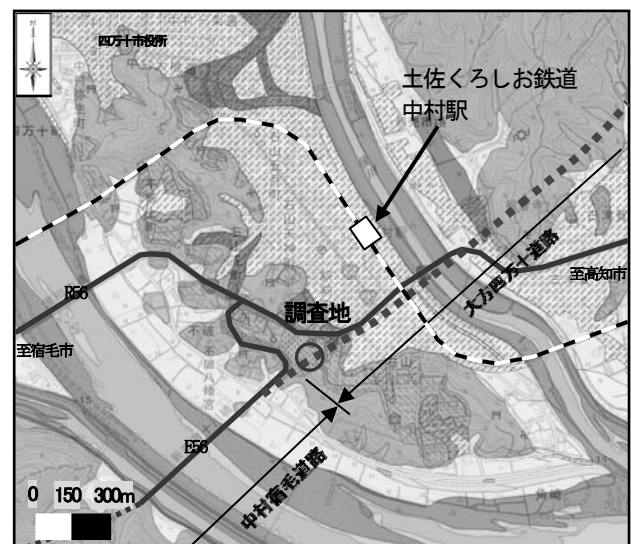


図-1 調査地周辺地形図

(2) 地質

調査地の基盤地質は、四万十帯北帯百笑層に区分される。

(図-2) 現地踏査によると、岩種は頁岩を主体とする砂岩・頁岩互層と頁岩に区分される。また、調査地周辺や斜面上には比較的硬質な岩盤が多く露出しており、土砂層は全体に薄いと推定される。層理面は、北傾斜と南傾斜が混在することが確認された(写真-1)。

また、調査地の北東向き斜面は、1970年代以降の国道や宅地開発に伴い大きく切土されているが、今までに崩壊等の斜面災害は確認されていないことから比較的良好的な地盤であると想定された。

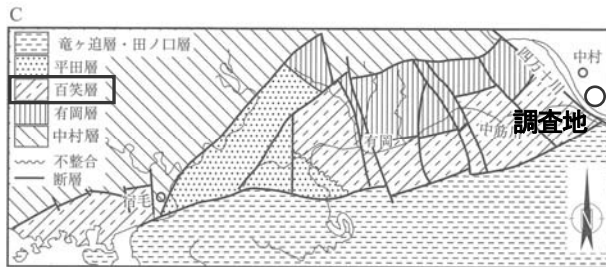


図-2 高知県宿毛中央部-四万十市中村の地質図



写真-1 調査地より南東側の切土面

3. 災害履歴

本格的なボーリング調査を開始する前に過去の中村宿毛道路四万十インターチェンジ施工時の状況を当時の担当者に確認したところ、2006年に実施された切土施工時に、トップリングが発生したことが判明した(図-3)。トップリングは、暫定切土のり面の最下段6段目の掘削完了時に発生しており、規模は幅約60m、高さ約40m程度である。変状後は山向きの小崖が複数発生し、切土のり面上方で最大4m程度の水平変位が確認されている(写真-2)。

誘因は、切土に伴う応力開放と連続降水量86mmの降雨とされている。素因は頁岩の層理面が切土のり面方向

とほぼ平行であったこと、傾斜が切土のり面に対して高角度の受盤構造を成すこと、切土のり面最下段に破碎質頁岩が帯状に連続して分布することとされている。

対策は、長期的に安全率1.2を確保することとし、排土が採用されている。



図-3 1971年の周辺地形図(S=1:8,000)



写真-2 トップリング状況(南西方向を望む 沖上氏撮影)

4. 調査結果

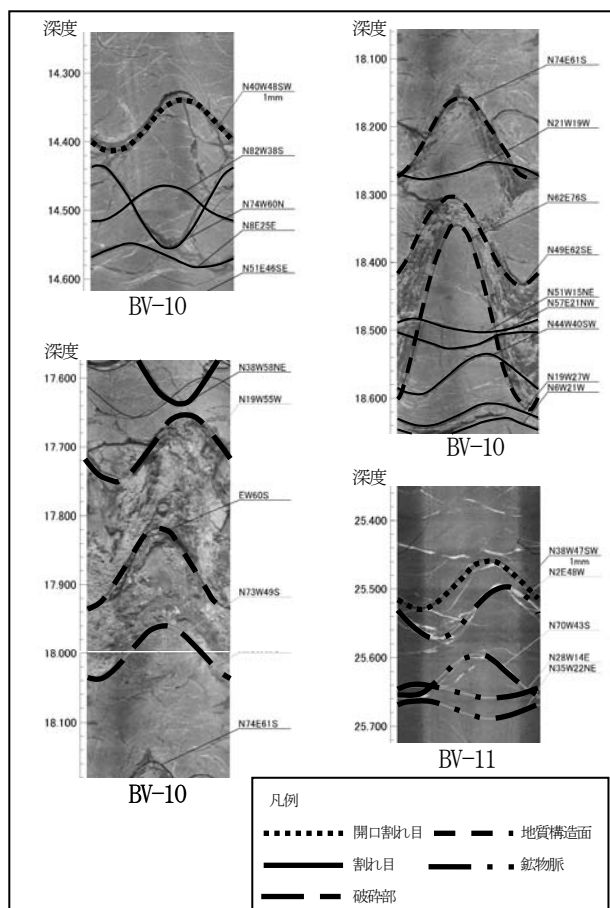
(1) 調査計画

文献調査や現地踏査により、調査地は土砂層が薄く、比較的硬質な岩盤が分布するが、潜在的にトップリングの素因となる層理面を有することが、切土のり面に対する地質リスクである事が確認された。

このため切土計画深度における層理面の走行・傾斜を明確にするため、過去のトップリングが発生した切土のり面と同方向でのボーリング孔3箇所、ボアホールスキャナーを実施することとした。ボアホールスキャナーの観測結果については、以下の5種類に区分して整理を行った(写真-3)。

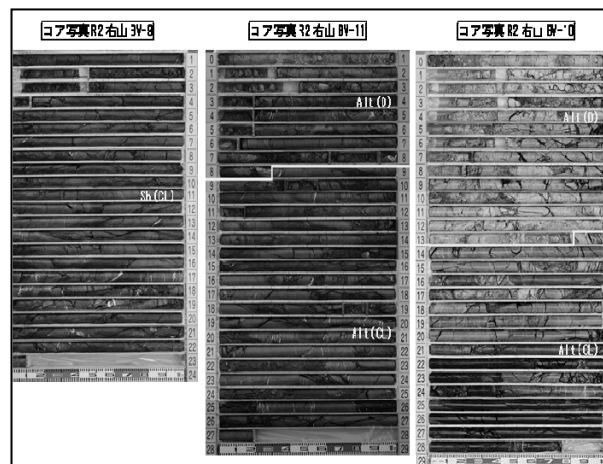
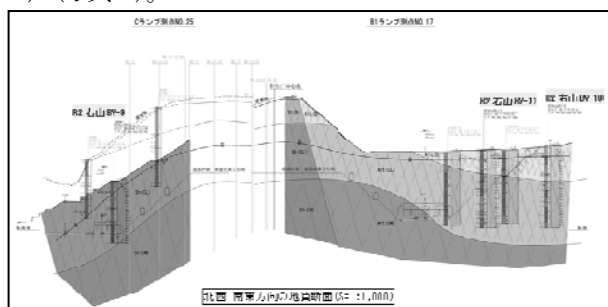
- ① 開口割れ目：画像上で1mm以上の開口が認められる割れ目。
- ② 割れ目：画像上で70%以上連続している割れ

- 目。
- ③ 破碎部 : 破碎した部分が 5cm 以上の幅を持つ場合。
- ④ 地質構造面 : 堆積中の層理・葉理、火山岩や深成岩中の流理離構造。本調査では基盤岩の層理面を対象
- ⑤ 鉱物脈 : 鉱物が脈状に割れ目を充填しているもの。



(2) 調査結果

ボーリング調査により、地表には層厚1m程度の土砂が分布するが、概ね岩盤で構成されていること、岩盤は頁岩と砂岩・頁岩互層に区分され、風化程度の違いからD級・CL級・CM級の3層に細分されること、層理面の走行は北傾斜と南傾斜が混在することが確認された(図-4)(写真-4)。



5. トップリング発生区間と安定勾配の検討

一般的なトップリングの素因・誘因を、以下に示す。

a) 素因

- ① 斜面や切土のり面の方向と層理面や片理面等の不連続面の走向が 30° 以下
- ② 不連続面が、斜面や切土のり面の傾斜に対して 90° 以上の高角度受け盤構造
- ③ 斜面や切土のり面の傾斜が 25° 以上
- ④ 斜面や切土のり面が、側部の拘束がなく開放された状態

b) 誘因

- ① 応力開放による地山の緩みの発生
- ② 雨水の浸透による間隙水圧の上昇

これらの素因・誘因を調査地に適用すると、災害履歴より不連続面は層理面、計画切土のり面は $S=1:1.0$ 、切土のり面の傾斜は 25° 以上、ランプ設置に伴う切土であるため内側切土は円錐状、外側はカップ状で切土両端が谷部まで到達するため、側面が解放された状態となる。

また、切土層厚が 10~20m 程度となる大規模な切土が計画されているため、応力開放により地山の緩みが発生すると推定される。したがって、トップリング発生が懸念されるのは、層理面の走向と切土のり面の交角が 30° 以下、且つ層理面の傾斜が切土のり面に対して 90° 以上の受け盤構造を示す区間であると判定され 3 区間が選定された(図-5・図-6)。

そして、安定勾配については、トップリングは、不連続面がせん断破壊することで発生するため、安全率 1.2 を確保する安定勾配として $S=1:1.24$ から 3 区間のり面勾配は $S=1:1.5$ を採用した(図-7)。

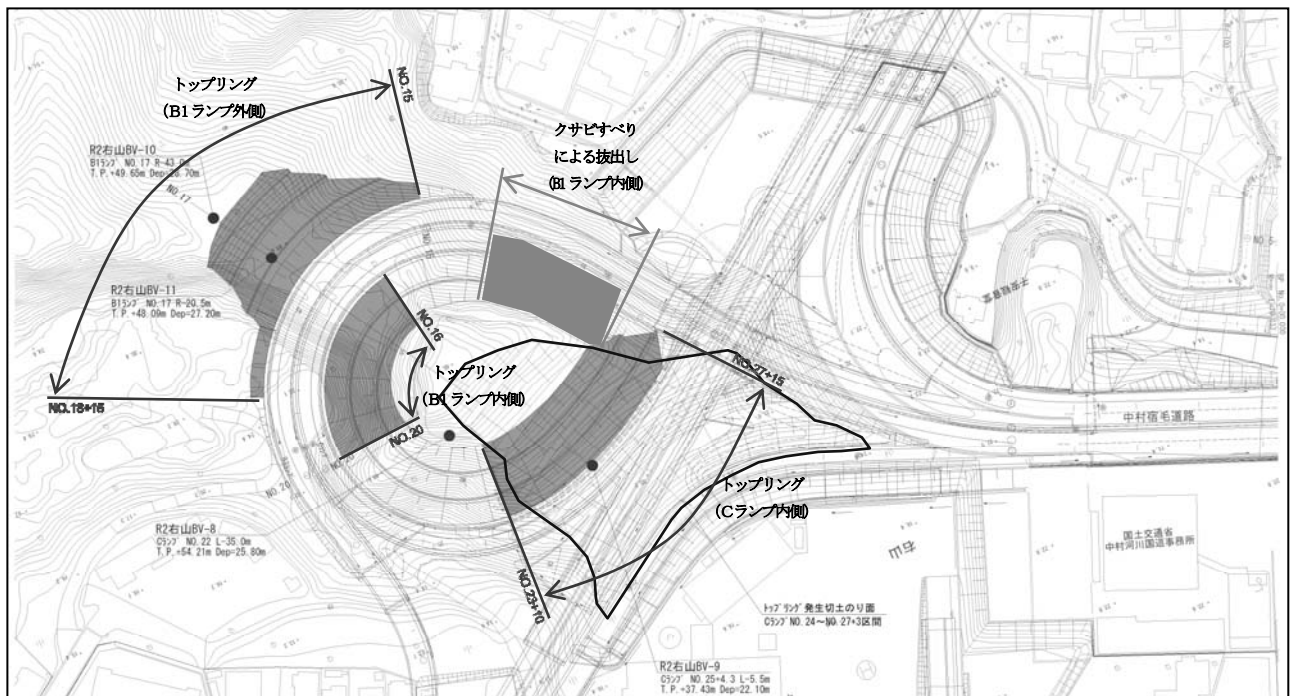


図-5 トッピング発生が懸念される区間

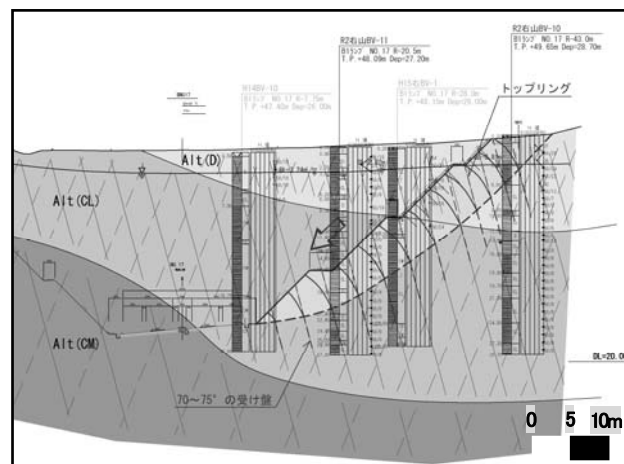


図-6 代表地質横断面図(測点 NO-17)

区 間	層理面 走向・傾斜(度)	のり面 との交角(度)	見掛け の傾斜(度)	変状	安定 勾配	のり面対策
B1 ランプ NO. 11+10.0~NO. 14 (内側)	N22~33E, 57~66N	66~83	15~40 流れ盤	クサビ すべり	1:1.0	吹付棒工
	N28~64E, 64~80S	77~90	10~45 流れ盤			
B1 ランプ NO. 14~NO. 15.0 (内側)	N22~33E, 57~66N	60~90	3~15 受け盤	—	1:1.0	植生基材 吹付工
	N28~64E, 64~80S	86~77	64~66 流れ盤			
B1 ランプ NO. 15~NO. 18+15.0 (外側)	N37E~E, 50~81S	0~30	70~75 受け盤	トッ プリ ング	1:1.5	植生基材 吹付工
B1・C ランプ NO. 16~NO. 20 (内側)	N25~52E, 67~83N	0~30	50~70 受け盤	トッ プリ ング	1:1.5	植生基材 吹付工
C ランプ NO. 20~NO. 23+10.0 (内側)	N22~33E, 57~66N	30~70	20~70 受け盤	—	1:1.0	植生基材 吹付工
	N28~64E, 64~80S	46~90	5~20 流れ盤			
C ランプ NO. 23+10.0~NO. 27+15.0 (内側)	N28~64E, 64~80S	0~30	70~75 受け盤	トッ プリ ング	1:1.5	植生基材 吹付工

図-7 B1・C ランプ区間の想定される変状と対策

6. おわりに

本調査地は、丘陵地内でのインターチェンジ計画地であり、方向の違う切土が計画されていたが、周辺では斜面災害の発生がないことから良好な地盤と考えられていた。今回の調査において聞き取り調査による過去の災害履歴が明確になり、個人所有の当時の資料からトッピングの状況などが確認することができた。そのため、精度の高い検討が実施可能となり、地質リスクの抽出及び効果的な調査立案につながったと考えられる。

近年、道路の供用後間もなくして、斜面崩落などが発生している。特に工事中に生じた斜面崩壊等は、資料として保存されていない場合が多く、供用後の管理面にも継続されない等が生じている。当事務所においても昨年度に供用開始した中村宿毛道路で供用開始前に切土部の湧水が確認され、対策委員会を設置し対策を実施した箇所がある。供用後も防災カルテを作成し、定期パトロールのほか、重点箇所として定期点検などを行っている。他事務所や中村宿毛道路の事例を教訓に、現在、他の工事中に生じた斜面崩壊等に関しても当時の検討資料を再整理し、防災カルテの作成に取り組んでいるところである。今後は、他の災害履歴などを参考に工事着手前から地質リスクを意識した調査計画を立案するとともに、既往調査や設計資料のほか施工記録等の系統立てた整理を行い道路の供用後も適切な管理が可能となるよう取り組んでいきたい。