

変状・崩壊した法面における調査の選定と安定性評価について

株式会社荒谷建設コンサルタント 江口勝也

1. はじめに

近年多発する豪雨災害により、法面の変状・崩壊対策に関する業務は増加している。このような現場では復旧までに時間的余裕がなく、早期に対策工設計を完了させなければならない。そのため、現場特有の地質リスクを的確に抽出し、それに対応した調査手法の選定及び安定性評価が重要と考える。

長期間の観測を必要とする地中変位観測に対して物理探査等の調査を追加で実施し、地質リスクを視野に入れた法面の安定性評価について、事例を踏まえ報告する。

2. シナリオ設定と調査手法の選定

(1) 現地状況から判断される調査・解析のシナリオ

調査地は、高さ約2mの滑落崖を有する崩壊斜面であり、崩壊の末端部では地山起源の崩積土による土砂化が認められる。滑落崖背後では明瞭な遷急線が形成されており、その上下で斜面状況は異なる。崩壊背後（上方）斜面には地中変位を観測するためのパイプひずみ計が過年度に設置されており、観測結果からも地中変位は認められない安定的な山体である。

崩壊より下方では道路改良が進められており、将来的には重要度の高い幹線道路の法面となる場所である。

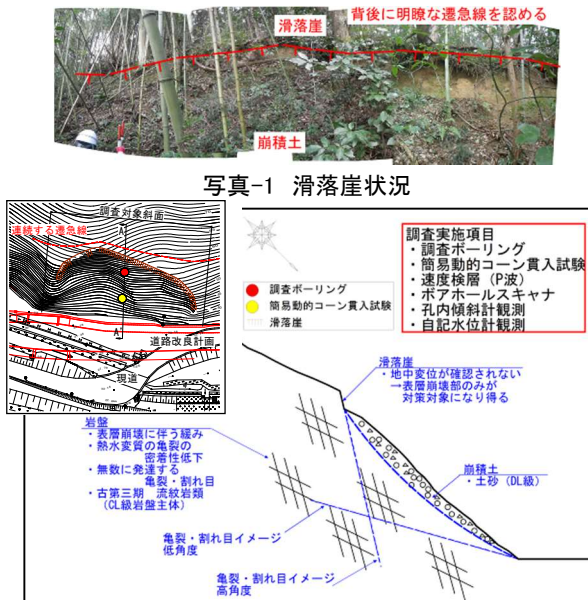


図-1 現地状況概要図(ノンスケール)

当該斜面の現状評価としては、表層崩壊後は安定的な(休止)状態であるといえる。地質評価及び制約条件を基に想定した、対策工検討に向けたシナリオを次に示す。

【現状の地質評価】

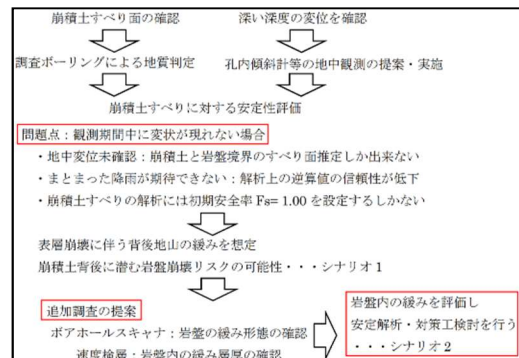
- ・表層崩壊は遷急線下方に限定される。
- ・崩壊背後（上方）斜面の状況は、蓄積された観測結果から安定土塊と判断される。
- ・滑落崖は、節理に富んだ崩壊面を呈しており、熱水変

質の影響を強く受ける。

【当該現場の要求事項】

道路改良工事に合わせ、当該崩壊斜面の安定性を評価し、必要となる対策工を検討する。業務対応期間は4ヶ月とし、調査及び対策工検討を行うものである。

【シナリオの設定】



(2) 調査結果に基づく分析

業務着手時の想定どおり、観測期間中は集中的な降雨が認められず、孔内傾斜計の地中変位も認められなかった。このため、岩盤内の崩壊リスクを評価する目的として、速度検層による深度方向の緩み分布域とボアホール解析による流れ盤構造のピークを組合せ岩盤内の緩み領域を特定した。

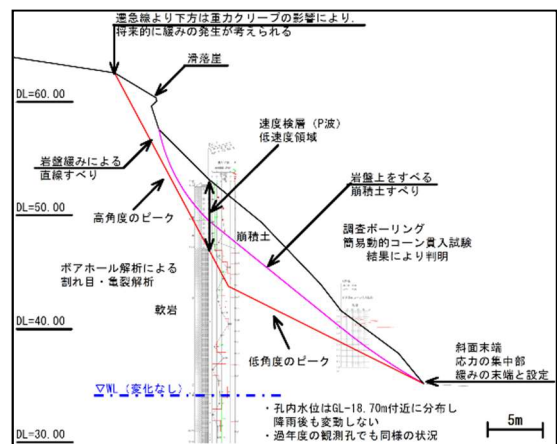


図-2 シナリオに基づく不安定領域の設定

ボアホール解析から2つの異なる割れ目のピークを、速度検層では崩積土との境界から2.5mの位置で低速度層を確認した。これら岩盤内の緩み層と応力の集中する斜面末端及び滑落崖背後の遷急線を結び、これを岩盤緩み領域に設定した。

(3) 斜面の安定性評価

安定性評価は、崩積土すべりと岩盤緩み(直線すべり)を設定し、これに対し逆算法による安定計算を行う。

初期安全率については、崩積土は釣り合い状態で休止しているため $F_s=1.00$ とし、岩盤緩みは風化岩すべりの下限値として $F_s=1.05$ をそれぞれ設定した。

表-1 崩壊形態別安定性評価結果

崩壊形態	初期Fs	γ (kN/m ³)	c (kN/m ²) 【逆算】	ϕ (°)	Pr (kN/m)
崩積土すべり	1.00	18.0	6.86	30.0	130.2
岩盤緩み	1.05	18.0	10.10	30.0	176.6

安定計算では、岩盤緩みの抑止力がクリティカルとなり、崩積土すべりより大きな抑止力であるため、これに対して対策工を検討する。これら緩み層については、法枠併用の鉄筋挿入工を計画し安定化を図るものとした。

(4) 地質リスクを踏まえた考察と成果

本事例で着目すべき点は、現場特有のシナリオに基づいた、調査手法の選定とそこに隠れた地質リスクの存在である。孔内傾斜計観測結果のみで斜面を評価すると、崩積土すべりに限定され鉄筋長は短くなり、現在よりも安価な工費となるが、緩んだ岩盤を安定層として判断していたことになる。また、観測期間を確保していた場合でも、地中変位が現れていたかは疑問が残る。

近年の激甚化する豪雨や震災などにより、このような潜在的緩み層が不安定化すれば、復旧に要する費用は多大なものになる。シナリオ設定に基づいた調査の実施により、短い調査期間でも安全に配慮した解析・対策工検討を行うことができたと考える。

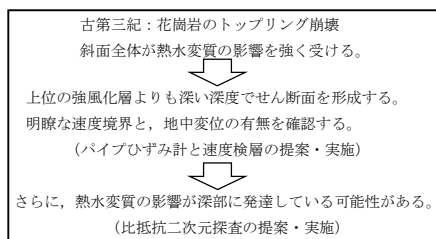
3. 対策工の安定性を検証した事例

次に、トップリング型に変状した切土法面の安定性について評価を行った事例を示す。



写真-2 トップリング崩壊現場(切土中法面)

(1) 変状シナリオと地質調査



(2) 地質調査の分析と対策工設計

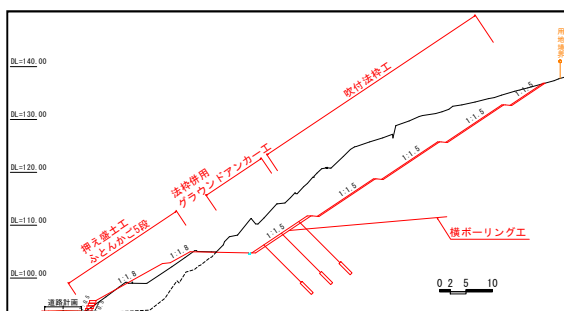


図-3 対策工標準断面図

- ・速度検層で確認した岩盤内の速度境界とパイプひずみ計の累積変位深度が合致するため、この範囲を緩み層と設定し対策工検討を行った。
- ・この想定した緩み層に対して、押さえ盛土+法枠併用のグラウンドアンカーにより安定化を図った。

(3) 法面を含む山体の安定性確認

比抵抗二次元探査により、深部に発達する低比抵抗帯が確認された。この低比抵抗帯の出現角度は、トップリングのせん断角度と整合するものである。低比抵抗帯を通過する大規模な擬似緩みを想定することで、法面对策だけではなく、切土整形時に想定される山体の不安定化も視野にいった。結果、切土整形時に発生する不安定化に対して、切りなおし勾配の選定と横ボーリングによる安全率の改善を図った。

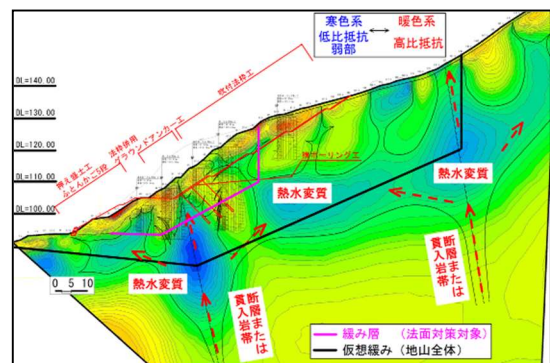


図-4 解析断面図

(4) 対策工の検証と成果

本事例では、比抵抗二次元探査を用いて崩壊法面～山体全体の評価を行った。速度検層の速度境界とパイプひずみ計の累積変位から法面崩壊部の評価を、山体の潜在的なリスクに対しては比抵抗二次元探査の結果から評価することができた。本事例のように熱水変質に伴う地盤の緩みやトップリング崩壊等の特異なケースでは、有効な調査方法であると考えられる。

4. おわりに

斜面崩壊や法面変状では、すべり面や緩み層、地中変位の有無を明確にしなければ、適切な安定性評価は出来ない。つまり、観測期間が確保できない現場で結論を導き出すには、シナリオ設定による踏み込んだ調査・解析を実施する必要がある。本事例のように物理探査等、様々な調査手法を活用し、潜在的な地質リスクを評価する事は、地質調査業の発展と技術力向上に繋がるものと考えられる。今後も、現場を観察する目を養い調査能力の向上に努めたい。

《引用・参考文献》

- (1) (社)日本道路協会:道路土工 切土工・斜面安定工指針
- (2) (社)地盤工学会:切土法面の調査・設計から施工まで
- (3) 関東地質調査業協会新編:ボーリング孔を利用する原位試験についての技術マニュアル
- (4) 島裕雅 古今書院:建設・防災・環境のための新しい電気探査法 比抵抗映像法