

地層構造と風化特性を反映させた切土のり面の安定度評価について

九州大学大学院 学 ○宇多涼太郎

F 安福規之 正 石藏良平

1. はじめに

道路建設は制約された事業用地内で地山を切盛して施工せざるをえない場合があり、切土のり面の中には脆弱な地層からなるものや長大なものが数多く存在する。このため、切土のり面の長期安定性を考慮した上で点検箇所の優先度を設定するなど、維持管理の効率化を図ることが重要となる。

切土のり面は、不均質な自然地盤の掘削により形成されるため、岩種や地層構造、風化等により切土のり面の状態は多種多様であり、崩壊要因もさまざま考えられる。そこで高速道路では崩壊要因である風化に着目して全国 9 高速道路の 96 箇所の切土のり面を選定し、45 年間で 6 回の調査が実施された。その中でも弾性波探査が行われた箇所の計測データを用いて分析を行い、切土のり面の安定度の評価を実務的に高めるための取り組みが今もなお継続して行われている¹⁾。また、切土のり面の崩壊要因について地層構造も着目されており、林ら²⁾は 1ha 未満の小規模の地すべりは地層構造に関係なく発生しているのに対して、1ha 以上の地すべりは大規模なもののほど「地層の見かけの傾斜角が $0^\circ < \gamma < 40^\circ$ となる流れ盤構造」で発生している可能性について述べている。

このような背景からこれまで高速道路で実施されてきていたのり面の安定度評価手法に地層構造を組み入れる考え方を示し、その方法の有用性をこれまで NEXCO で実施された調査データを分析することで考察した。

2. 評価手法の概要

2.1 風化と切土のり面の関係性

切土のり面の表層から弾性波探査・速度検層を行うことで、図-1 のように表層から数十センチから数mのオーダーで弾性波速度(P 波)が低速度となる層が現れる。本報告では、これを風化帯と定義し、風化帯厚さ d を P 波が横断する時間を風化帯走時 t として、式(1)のように定義した。すなわち、この t が大きいほど風化の程度が進行していることを表現するものである。なお、指標は速度の次元を有することに留意が必要である。

$$t = \frac{d}{v} \cdots (1)$$

そして切土のり面傾斜角 θ は同じ風化量であれば急勾配ほど崩れやすいと考えられる。そして風化帯が平行に存在、弾性波速度 v が風化帯のせん断強さに比例すると仮定した場合、切土のり面の安定度 F は式(2)で表わされるとし、これをのり面の安定性を表す相対的な指標として定義した。これを本報では従来法として取り扱う。

$$F = \frac{v}{d \sin \theta} = \frac{1}{t \sin \theta} \cdots (2)$$

2.2 地層構造と切土のり面の関係性

切土のり面は図-2 のように分類でき、地層の見かけの傾斜角 γ は水平= 0° よりも流れ盤側に傾斜したときを正、受け盤側に傾斜したときを負とする。そして、式(2)に地層構造の特性を反映させるために本報では切土のり面の安定度 F' を式(3)のように提案する。これを本報では提案法として取り扱う。

$$F' = \frac{v}{d \sin \theta (1 + \sin \gamma)} = \frac{1}{t \sin \theta (1 + \sin \gamma)} \cdots (3)$$

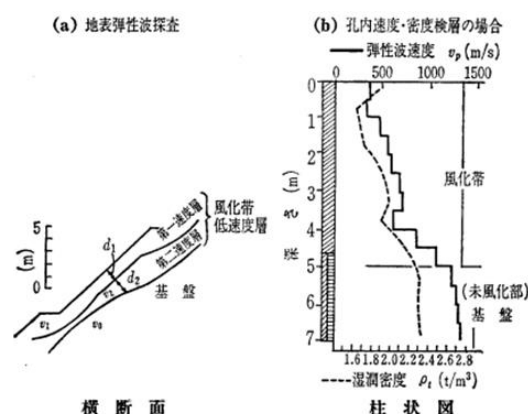


図-1：風化帯の査定方法¹⁾

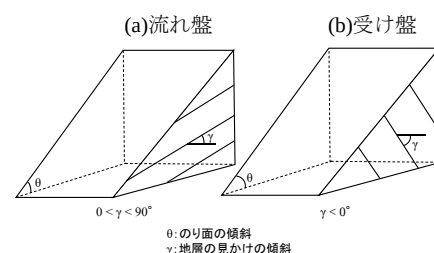


図-2：地層による斜面の分類

図-3 は提案法である式 (3) から(a)風化帯走時 t と(b)切土のり面傾斜角 θ の各パラメータを条件ごとに仮定し、地層の見かけの傾斜角をグラフの横軸にとることで、それぞれが安定度にどのように影響するか求めた。まず左図では t を一定間隔で増加させると安定度は大きく変化すること、また同じ t でも受け盤から流れ盤に移行することで安定度が低下することを表現している。次に(b)で θ を 5° ずつ変化させると安定度は低下するが(a) による影響に比べると相対的にその影響は小さく与える特色を有している。

3. 結果の比較と考察

本報では東名・中央高速道路の切土のり面³⁾を対象として安定度の評価を行った。その結果として図-4 に風化特性、図-5 に地層構造に着目した切土のり面の安定度を示した。まず、図-4 では風化帯走時の増加につれ、変状・崩壊が多く発生しており、風化と崩壊の関係性が確認できた。また受け盤は流れ盤よりも全体的に風化帯走時が大きい場合に崩壊が起きていた。そして、地層構造を反映させた式(3)で表される右図では γ によって流れ盤と受け盤で安定度に差が生じた。次に図-5 では γ と安定度の関係を示している。左図より崩壊(+・×)は流れ盤でのほうが多く発生した。しかし、同じ流れ盤の中で γ の大きさに関係なく発生していることから、右図のように $10^\circ \sim 30^\circ$ 程度の違いによって切土のり面の安定性に大きく影響はしないと考えられる。ただ実際には $\gamma = \pm 40^\circ$ 以上の切土のり面が存在するため、その点についても検討する必要がある。

4. まとめ

本研究は東名・中央高速道路の切土のり面の計測データを整理し、切土のり面の安定度評価に地層構造を反映させることで、地層構造と切土のり面の関係を示し、その安定度評価手法について検討した。また評価の妥当性を判断する上で、切土のり面の安定度がのり面状態と相関関係にあることが重要である。そのため、今回の結果で変状・崩壊のり面は全体的に低い安定度となっており、そして流れ盤は受け盤よりも崩壊の可能性が高いことから、安定度の評価にのり面内部の地層構造の特性を反映する考え方の有用性が示唆された。ただ、地層の見かけの傾斜角の $10^\circ \sim 30^\circ$ 程度の違いから変状・崩壊の可能性に大きく影響するものでないと考えられるため、今後は他のエリアでの計測データを基に同様の安定度評価を行い、比較検討する予定である。

謝辞：本研究を行うに際して調査データに際して、基礎地盤コンサルタンツ(株)の山下様、NEXCO 西日本(株)の浜崎様にご尽力頂いた。本研究の一部は、令和2年度～5年度科学研究費補助金(基礎研究(A)、課題番号：20H00266)の支援を受けて実施されたものである。以上。心より感謝いたします。

【参考文献】

- 1) 多賀直大, 田山聡, 奥園誠志, 八木沢隆哉: 長期追跡調査による切土のり面の風化の進行と安定性, 土と基礎 39-6(401), pp.41-47, 1991.3
- 2) 林一成, 若井明彦, 田中頼博, 阿部真郎: 地形・地質解析と有限要素解析の連携による地震時の地すべり危険度評価手法, 日本地すべり学会 Vol.48 No.1 pp.1-11, 2011年,
- 3) 日本道路公団試験所, 明治コンサルタント株式会社: 東名・中央高速道路切土のり面追跡調査第1回～第4回報告書, 1971.3～1985.3

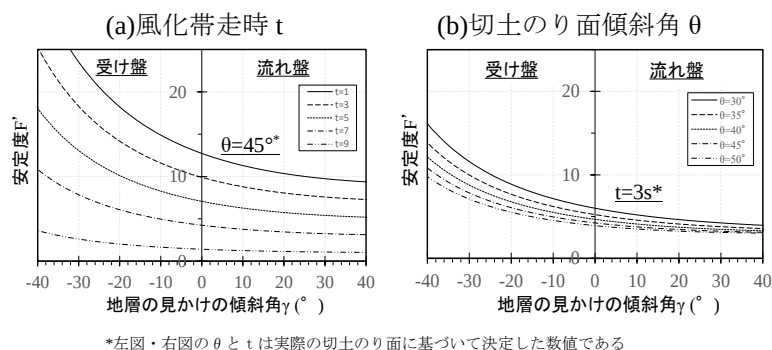


図-3：各パラメータと安定度の関係

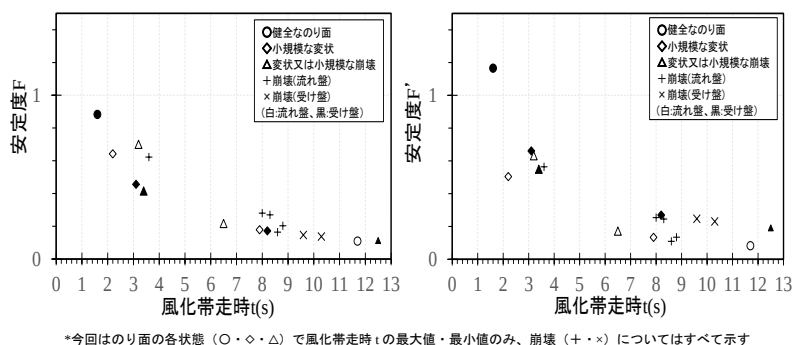


図-4：風化と安定度の関係(左:従来法, 右:提案法)

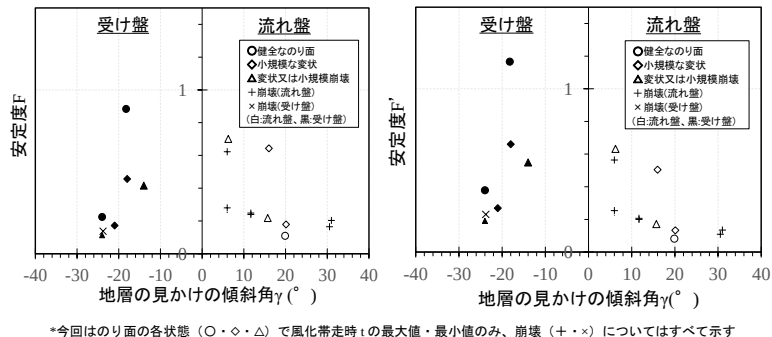


図-5：地層構造と安定度の関係(左:従来法, 右:提案法)