

面的調査による危険箇所抽出と対策工の計画事例

株式会社ダイヤコンサルタント ○鏡原聖史
 兵庫県神戸県民局六甲治山事務所 三宅昭仁、千坂竜一
 株式会社ダイヤコンサルタント 杉山直起、炭谷雅昭

1. はじめに

我が国では、毎年のように豪雨により自然斜面の崩壊が発生し災害となっている。広域な自然斜面のどの場所が危険であるか多くの研究者が精力的な研究^{例えば 1),2)}を行なっている。

一方、実務においては計画雨量を入力して斜面の安定性を評価し設計を行なっている事例は少ないと思われる。通常、2次元断面で力学的なバランスから相対的な危険箇所を特定して、対策工の検討を実施しているのが現状である。本報告は、面的に10m格子で分割した格子点で簡易動的コーン貫入試験を実施して、得られた土層厚をもとに危険箇所を抽出し、対策工の計画を実施した事例を紹介するものである。

2. 調査地概要

調査地は、兵庫県宝塚市玉瀬にある自然斜面で幅500m、標高差180m、傾斜40度の急峻な斜面で面積はおよそ6haである。地質は、有馬層群の溶結凝灰岩、流紋岩であり、落石災害等が顕著な地質である。現地踏査において、斜面上に不安定な浮石、転石が分布する箇所あるいは表層崩壊跡も認められた。このことから当該斜面の土砂移動形態は、①落石（浮石・転石）、②表層崩壊が想定される。また、大規模な崩壊については、空中写真判読や地すべり地形分布図³⁾を確認して明瞭な地形はないことを確認するとともに、別途実施したボーリング調査、弾性波探査で弱線となる構造がないことから、その可能性は低いと判断した。

3. 調査手法・安定解析手法

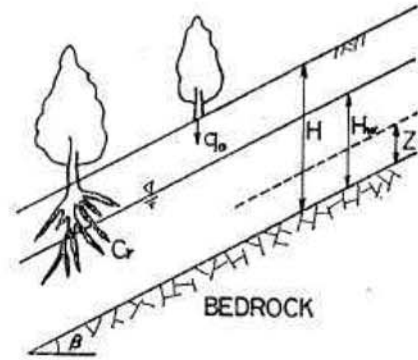
現地踏査から表層崩壊が予想されたため、表層崩壊の土層厚を面的に調査することを目的に、対象斜面を10m格子で分割して、その交点（549点）で簡易動的コーン貫入試験を実施した。崩壊地周辺で簡易動的コーン貫入試験を実施、崩壊厚と比較した結果、想定崩壊土層はNd<12程度であった。

この調査によって各格子点での想定崩壊土層厚が得られたことから、沖村（1985）を参考に、力学的解析手法を用いて安全率が低くなる箇所（危険場所）の抽出を行った。なお、計画雨量などの外力を設定していないことから降雨による地下水の集水性は考慮せず、常時の力学バランスで評価している。数値地形モデルは、測量によって求めた10mの格子点の標高を与え、先に述べた格子点の想定崩壊土層厚を入力することで作成した。次に、10m格子の標高から一次傾向面として平面近似した。近似された平面に対して最急勾配などを考慮して無限平衡斜面の安定解析⁴⁾（図1）を用いて安全率を求めた。なお、この安定計算に用いたせん断強度は、地質状況が大きく変わらないこと、相対的な力学バランスから危険箇所を抽出することを目的としているため、2箇所からサンプリングした試料の物理特性を確認し、1試料で一面せん断試験を行った結果から設定している。今後、室内試験結果のばらつきなどから適切なサンプル数について議論が必要がある。

4. 危険箇所と対策工計画事例

上述した方法で安定解析を実施し、求められた危険箇所を重ね合わせたものを図2に示した。危険箇所は現地踏査で確認した浮石、転石が分布している箇所と重なっている。斜面が急傾斜であることから、現地では露頭が認められるものの露頭周辺には崩壊土層が比較的厚く分布しているためこのような結果となっていると推察される。従って、今後、浮石周辺の崩壊土層が移動して浮石、転石を不安定化させるものと判断され、妥当な結果と考える。

対策工は、工法抽出、比較検討の上、不安定な浮石、転石の箇所は発生源対策を、表層崩壊が発生する可能性のある箇所は樹木を残したまま施工できる表層崩壊予防対策、両者が重なっている箇所は、現地踏査の結果を優先して落石発生源対策または表層崩壊予防対策を計画した。さらに落石発生源対策や表層崩壊予防対策はともにワイヤー間隔が0.5mであることから網目から小規模な落石が発生する可能性がある。そのため道路直近で落石を防護できる防護策柵を計画した（図3参照）。なお、対策工の構造諸元の決定には別途実施した二次元断面の安定計算、設計計算に基づいた。



$$SF = \frac{C_s + C_r + \{q_0 + (\gamma_{sat} - \gamma_w)(H_w - z) + \gamma(H - H_w)\} \cos^2 \beta \cdot \tan \phi}{\{q_0 + \gamma_{sat}(H_w - z) + \gamma(H - H_w)\} \sin \beta \cdot \cos \beta}$$

ここで、SF：安定率、 C_s ：土の粘着力、 C_r ：根茎による粘着力、 q_0 ：植生による上載荷重、 γ_{sat} ：土の飽和単位体積重量、 γ_w ：水の単位体積重量、 H_w ：基岩からの浸透水位、 z ：基岩からすべり面までの高さ、 γ_t ：土の湿潤単位体積重量、 H ：基岩から崩壊土層厚さ、 β ：斜面勾配、 ϕ ：土の内部摩擦角

図1 無限平衡斜面の安定解析⁴⁾

5. おわりに

およそ 6ha と広域な斜面を対象に 10m 格子点 549 箇所 で簡易動的コーン貫入試験を実施、さらにその結果をもとに数値地形モデルを用い危険箇所の抽出を行った。得られた危険箇所と現地踏査の結果を考慮し土砂移動現象に応じた対策工の計画を行った事例を紹介した。通常 2 次元断面で危険箇所を抽出して対策工を計画する機会が多いが、広域な斜面の場合、斜面を代表する測線の設定や、測線で計算した結果を平面展開する際に悩むことがある。本事例で紹介したように、斜面方向が異なり、地形が複雑な斜面を対象とする場合、10m 格子で抽出された危険箇所に 対策工を配置計画する方法は有効であると考えられる。

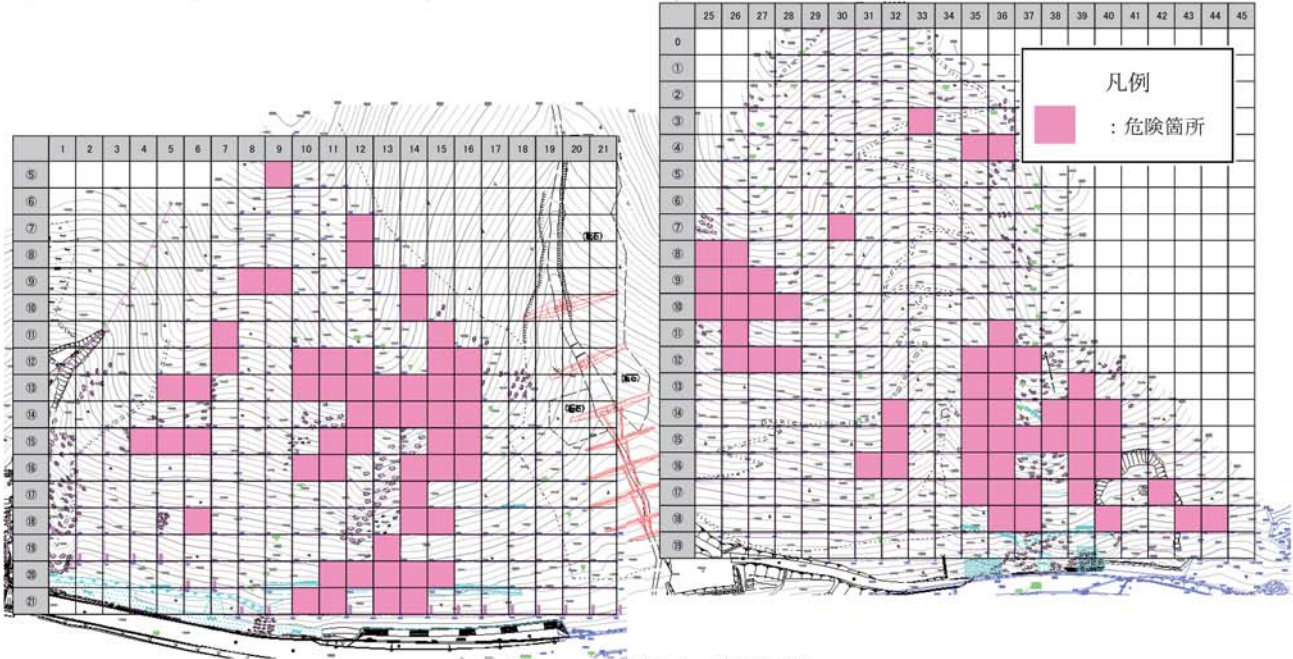


図 2 危険箇所の抽出結果

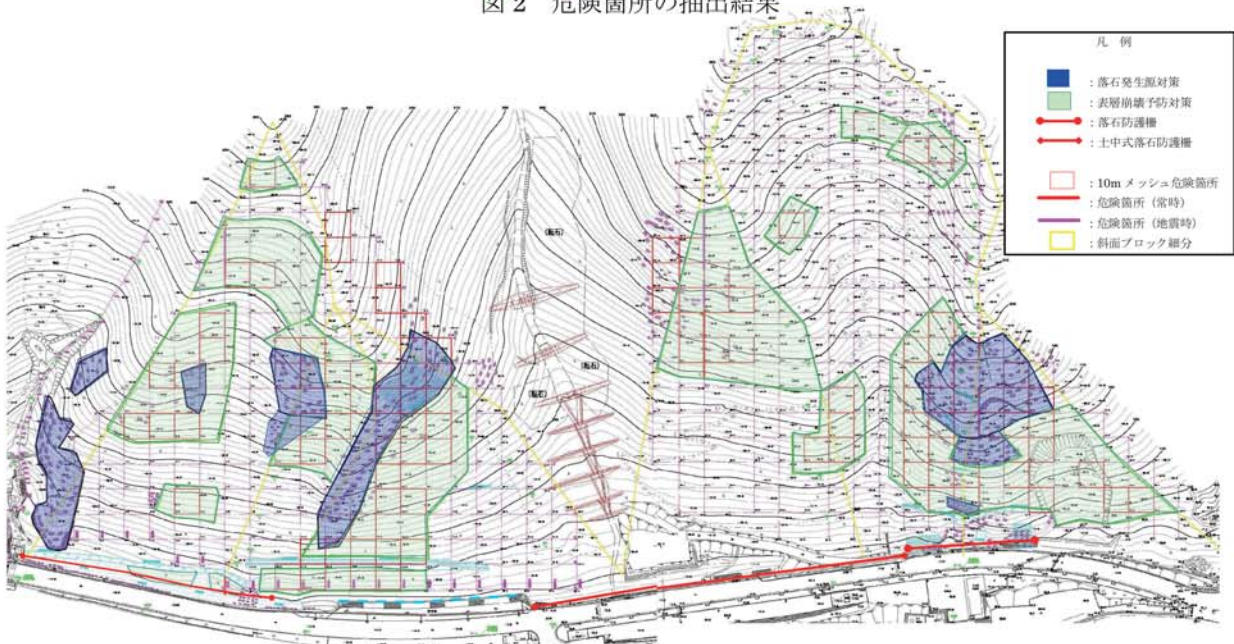


図 3 危険箇所の抽出結果に基づいた対策工の配置の例

参考文献

- 1) 沖村孝他: 数値地形モデルを用いた表層崩壊危険度の予測法, 土木学会論文集, 第 358 号, III-3, pp.69-75, 1985.
- 2) 独立行政法人土木研究所土砂管理研究グループ火山・土石流チーム: 表層崩壊に起因する土石流の発生危険度評価マニュアル (案), 土木研究所資料, 第 4129 号, 2009.
- 3) 防災科学技術研究所 WEB: <http://lsweb1.ess.bosai.go.jp/jisuberi/egeomap/top.htm> (2013.4.現在)
- 4) Davis, J.C.: Statistics and data analysis in geology, John Wiley, 550, 1973.