

斜面崩壊の素因と降雨の影響を考慮した急傾斜地の安定性評価について

長崎大学大学院工学研究科 学生会員 ○犬尾智樹 フェロー会員 蔣 宇静
長崎大学大学院工学研究科 正会員 大嶺 聖 正会員 杉本知史

1 研究の背景と目的

日本には急傾斜地崩壊危険箇所指定された斜面が多く存在しており、人的・経済的な理由により対策が思うように進んでいない現状にある。そこで、当該箇所を効率的に管理するとともに、数多くある急傾斜地の中から対策優先度を決定しなければならないが、斜面安定性を評価するためには素因と誘因に分けて考慮する必要がある。そこで、本研究では急傾斜地の現地調査によって得られた情報を基に急傾斜地防災データベースを構築する。また、斜面形状や地盤の強度といった素因や降雨条件といった誘因を考慮した数値解析を実施し、ケーススタディによってデータを蓄積することで斜面の安定性を評価する。これらを組み合わせることによって、急傾斜地の維持管理の効率化と対策優先度の順位付けにおける意思決定に役立てることを目的とする。

2 急傾斜地防災データベースの構築

現在、急傾斜地崩壊危険箇所の調査状況、災害および対策工の実施の有無などに関する情報は紙媒体として保管されており、その量が膨大であることから、データの円滑な蓄積・更新・検索・分析に問題が生じている。そのため、当該箇所の調査結果を電子化したデータベースを構築し、維持管理の効率化を図る必要がある。

本研究では、急傾斜地点検で用いられる紙面の調査票を基に、FileMaker 社の“FileMaker Pro”を用いてコンピュータ上で情報を入力できる電子調査票を作成した。現地調査の際には無料アプリケーション“FileMaker Go”をインストールしたタブレット PC に電子調査票を取り込んで持参することで、直接、点検結果を入力することができる。また、入力された情報は現地から持ち帰り次第、データベースに取り込むことができる。本データベースによって、管理者は目的に応じた管理を行い、利用者は膨大な情報の中から必要に応じた情報の検索や閲覧、更新等が容易となるため、急傾斜地の効率的な維持管理に寄与することができる。

3 降雨の影響を考慮した数値解析

3.1 解析条件の設定

対策工を施工すべき急傾斜地の優先度決定や施工計画のため、データベースに蓄積された情報から崩壊危険度が高いと判断される斜面を選定する必要がある。ここでは、数値解析により崩壊の素因となる地形や地盤の強度だけでなく、斜面崩壊の代表的な誘因である降雨条件を変化させたケーススタディを実施する。なお、本解析ではケース数が非常に多いことから、簡易的な解析手法である単相流による飽和 - 不飽和浸透流解析を行う。

素因および誘因の解析条件は表-1、表-2 のように設定し、せん断強度低減法¹⁾に基づいてそれぞれの安全率を求め、斜面の安定性を定量的に表現することで対策優先度の順位付けが容易となる。解析モデルは図-1 に示すように各解析条件の値に合わせて形状や物性値を変更できるものを使用する。表層土の物性値はマサ土を想定しており、西田ら²⁾による既往の研究から設定した。また、崩壊形態は斜面災害事例の大半を占める表層崩壊を想定し、基盤岩の物性値はすべり面が生じないように値を設定した。降雨条件については H30 西日本豪雨時の国土交通省砂防部による調査

表-1 表層土の解析条件およびケース設定値

斜面形状	設定値
風化土層厚 h (m)	0.50, 2.0
斜面高さ H (m)	10, 30, 50
傾斜角 α (deg)	【凹型, 直線, 凸型】 30-50, 40-40, 50-30
傾斜角 β (deg)	
物性値	設定値
粘着力 c (kPa)	5, 10, 20
降雨条件	設定値
降雨強度 R (mm/hour)	0, 10, 30, 50, 70, 100
降雨時間 t (hour)	1, 3, 6, 12, 24, 48

表-2 共通の入力物性値

入力物性値	表層土 (弾塑性体)	基盤岩 (弾性体)
透水係数 k (m/sec)	2.05×10^{-5}	5.10×10^{-7}
間隙率 n (%)	0.4	0.13
変形係数 E (MPa)	200	300
ポアソン比 ν	0.3	0.15
乾燥密度 ρ_d (kg/m ³)	1600	2300
内部摩擦角 ϕ (deg)	30	-

結果から、斜面崩壊が多数発生した総降雨量 400mm 以上となるように各降雨強度に対する降雨時間を設定する。初期飽和度は岡田ら³⁾の手法を参考にして、対象斜面の飽和度分布が定常状態になるまで 0.636mm/hour の雨量を 3 日に 1 日の割合（長崎市の年平均雨量を 1857.7mm としたときの日平均雨量）で与える予備解析を実施することで設定した。

3.2 解析結果と考察

ここで、解析結果の一例（ $h = 2.0\text{m}$, $H = 30\text{m}$, $c = 20\text{kPa}$, $\alpha = 50^\circ$, $\beta = 30^\circ$, $k = 2.05 \times 10^{-5} \text{ m/sec}$ ）における安全率の経時変化を図-2 に示す。これによると、安全率は降雨強度が大きいほど早く低減し、かつ小さくなった。また、これらの変化は図-3 に示される斜面内（中腹部）の間隙水圧の変化を良く反映していることが分かる。さらに、各降雨強度で一定時間が経過すると降雨が続いても安全率は変化しなかった。これは浸透水の流入量が釣り合い、表層内部の浸透水が定常状態になったためと考えられる。これにより、斜面が崩壊する限界降水量が存在し、それ以降の降雨では崩壊しない。また、最終定常時の安全率が 1 を上回る場合は降雨時にも安定性を保てるほどの強度を有しているといえる。

しかし、今回のモデルでは降雨強度 100mm/hour 以外で安全率が 1 を下回ることにはなかった。これは簡略化のため单相流による解析を行ったこと、そしてサクションによる見かけの粘着力の増減について評価していないことで、安全率が低減する様子を十分に再現できなかったためと考えられる。

3.3 斜面安定性評価への適用

算定した安全率を安定性評価に適用する上で、ケース数の多さから効率的な解析手法が必要となる。そこで、降雨影響を考慮した安全率分布図（図-4）を解析結果に基づいて作成することで、降雨時の斜面安定評価を容易に行うことができる。また、評価したい斜面の条件に最も近い分布図がデータベース上で表示されるように設定する。

4 結論

本研究をまとめると以下の①～④の通りとなる。

- ① 急傾斜地防災データベースを構築することで、効率的な維持管理と安定性評価を可能にする。
- ② せん断強度低減法によって急傾斜地の安定性を定量的に表現することで、対策優先度の順位付けが容易となる。
- ③ 斜面が崩壊する限界降水量が存在し、それ以降の降雨では崩壊しない。また、最終定常時の安全率が 1 を上回る場合は降雨時にも安定性を保てるほどの強度を有しているといえる。
- ④ 安全率分布図を活用することで、降雨時の安定性評価が可能となる。

これにより、多くの急傾斜地崩壊危険箇所に関する情報を効率的に管理し、対策工を施工する優先度の意思決定に役立つことが期待される。今後はサクションの影響も評価し、より実現場に合う数値解析手法を目指す。

参考文献

- 1) 犬尾智樹, 蔣宇静, 森尾宣紀, 大嶺聖, 杉本知史: 急傾斜地防災のためのデータベース構築と適用, 土木学会全国大会講演概要集, III-069, pp. 137-138. 2018.
- 2) 西田一彦, 青山千彰: 物理強度特性からみた乱さないまさ土の分類, 土木学会論文集, 第352号, III-2, pp. 159-168, 1984.
- 3) 岡田勝也, 岩崎昭次, 杉山友康, 村石尚: 豪雨時の盛土の安定性解析のための定常地下水位の推定, 第34回地盤工学研究発表会, pp. 2121-2122, 1999.

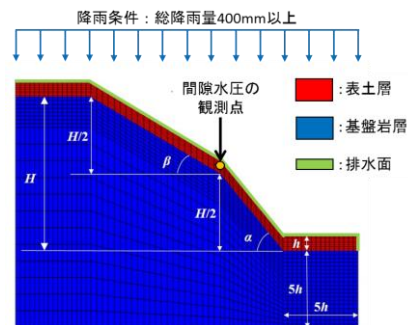


図-1 解析モデルの概要

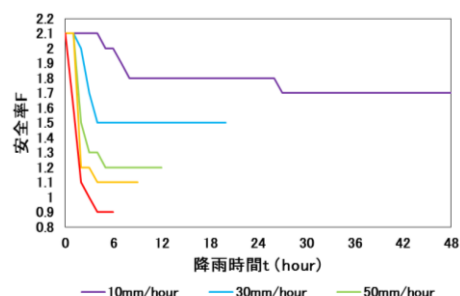


図-2 安全率の経時変化例

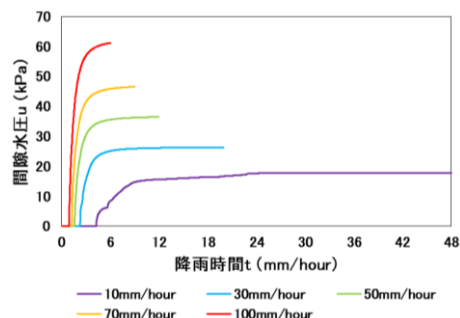


図-3 間隙水圧の経時変化例

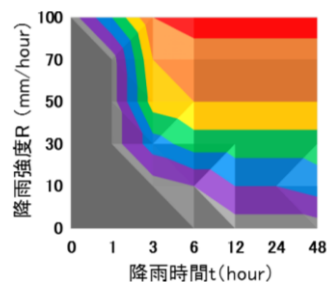


図-4 降雨時の安全率分布図