

第 部門 降雨時の斜面安定解析に関する基礎的研究

立命館大学理工学部

学生員 ○菅野 智之

立命館大学 COE 推進機構

正会員 酒匂 一成

立命館大学理工学部

正会員 深川 良一

1. はじめに

近年の異常気象により梅雨期や台風襲来時に集中豪雨が多発しており、それに伴う土砂災害が全国各地で増大している。立地条件や経済的な問題により斜面補強ができない地域では、斜面崩壊の発生が予想される豪雨時に避難勧告を行うシステム（斜面崩壊予知システム）を確立し、人的被害の低減に努める必要がある。斜面崩壊が起こる原因は、雨水の浸透による土塊の自重の増加、サクシジョンの低下に伴うせん断強度パラメータの一つである見掛けの粘着成分の減少、地下水位の上昇が挙げられる。本論文はそうした原因を考慮した斜面崩壊予知システムの確立の一端を担っており、極限平衡法に基づく斜面安定解析から得られる安全率を用いて適切な斜面崩壊の危険度予測が行えることを目標としている。そこで今回は室内モデル試験を行って、試験結果と安定計算結果の比較・考察を行った。

2. 室内崩壊土槽試験の結果と計算結果

試験条件を表 1 に示す。斜面勾配 45° の一層で構成された盛土において、時間降雨量 50mm/hour の注水を行うことにより、注水開始から約 115 分後に盛土右側の法先から崩壊し(写真 1 参照)、その後進行性破壊が進み、最終的に約 160 分後に写真 2 のような状態に至った。法先での崩壊の原因としては、盛土底面が非排水条件であったためと考えられる。

図 1 はサクシジョン低下に伴う見掛けの粘着成分の減少を考慮するため

に、試験盛土の初期条件で定圧一面せん断試験を行って得られた見掛けの粘着成分の値($=5.63\text{kPa}$)と飽和度 100% 時の見掛けの粘着成分を 0kPa と仮定して、その 2 つの値を線形に結んだものである。降雨により土中の含水状態が一樣に変化すると仮定して、Bishop 法¹⁾を用いて安定計算を行った(図 2)。Bishop 法を用いて得られた安全率と斜面崩壊の有無、Bishop 法を用いて得られた潜在すべり面(安全率が最小になった時のすべり面)と試験により得られたすべり面の形状を比較して、考察を行った。

表 1 試験条件

境界条件	上面	注水
	底面	非排水
	背面	非排水
	法面	注水
盛土条件	試料	山砂
	湿潤密度	$1.6(\text{g}/\text{cm}^3)$
	斜面勾配	45°
	含水比	5%
注水量	時間降雨量	$50\text{mm}/\text{hour}$



写真1 注水115分後



写真2 注水160分後

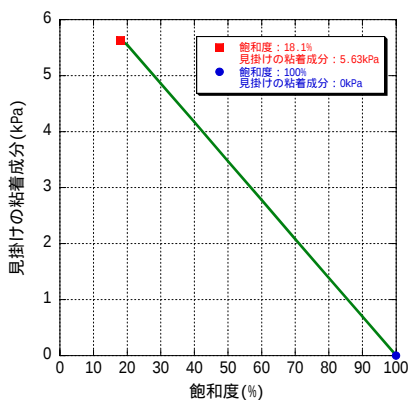


図1 飽和度と見掛けの粘着成分の関係

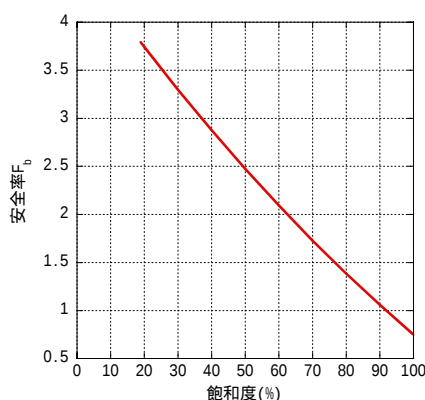


図2 飽和度と安全率の関係

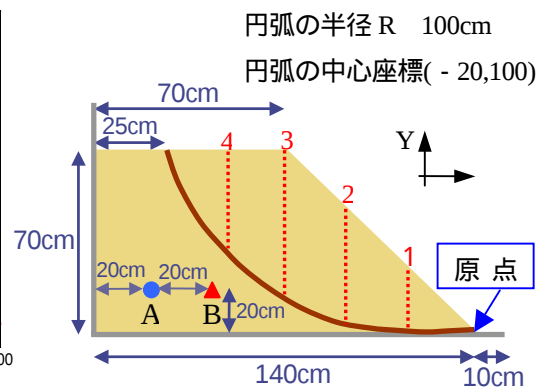


図3 潜在すべり面の位置

3. 考察

図4は、図3のA点・B点に土壌水分計を設置し、注水後の間隙水圧の時系列変化を計測したものである。注水後約110分後に間隙水圧が正圧付近に到達していることがわかる。そのため、崩壊発生時(約120分後)の飽和度は図5の保水性試験より得られた水分特性曲線を用いる

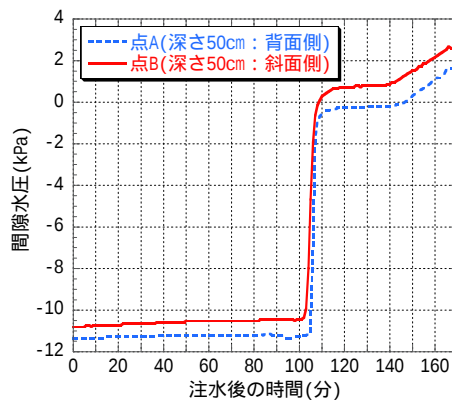


図4 間隙水圧の時系列変化

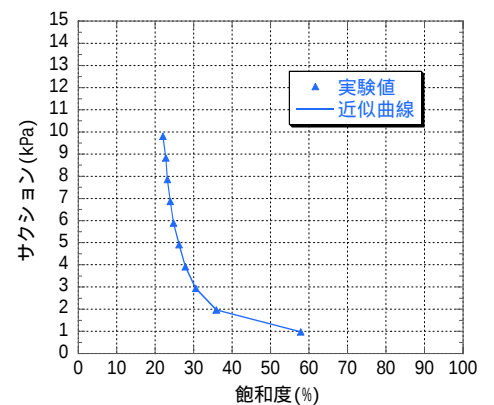


図5 水分特性曲線

と80%~100%程度と推定できる。よって飽和度が約85%以上で安全率が崩壊の基準とされる1.0~1.2を下回る計算結果(図2)が得られたことから、ある程度崩壊の発生を説明できていると考えられる。また計算で得られた潜在すべり面(図3)の上端の位置は背面から25cmで、これは進行性破壊終了時のすべり面の上端の位置(背面から20cm)と比較的類似していた。また法先での崩壊後、進行性破壊に至ったのは斜面が削られ、斜面の傾斜角が急になったことに起因すると考えられる。そこで、極限平衡法に基づく斜面安定解析を用いて、一度目の崩壊後の進行性破壊を評価することについて検討した。その方法として、図3のように潜在すべり面上の土塊を5つのブロックに分け、順次土塊を取り除いて安全率を求め、進行性破壊が進んだときの安全率の推移を調べた。その結果、法先での崩壊後、安全率がさらに低下していくことが分かった(図6)。計測データより法先での崩壊時の飽和度は80%以上と推定されるが、その場合法先での崩壊後の安全率は常に1~1.2を下回っており、ある程度進行性破壊が説明できていると考えられる。しかし本論文では、飽和度の増加に伴う見掛けの粘着成分の減少を図1のように線形と仮定しているため、今後不飽和せん断試験を行い、飽和度と見掛けの粘着成分の関係を求める必要がある。また、見掛けの粘着成分の値($=5.6\text{kPa}$)は、垂直荷重を30kPa、60kPa、100kPa

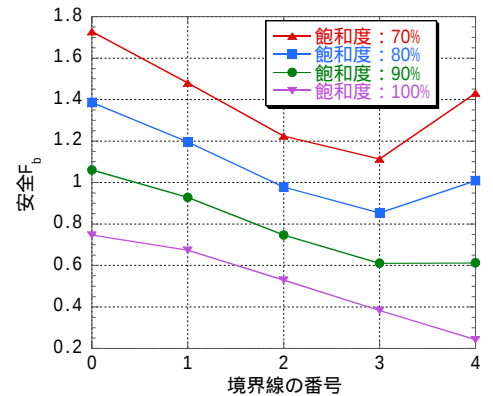


図6 安全率の推移

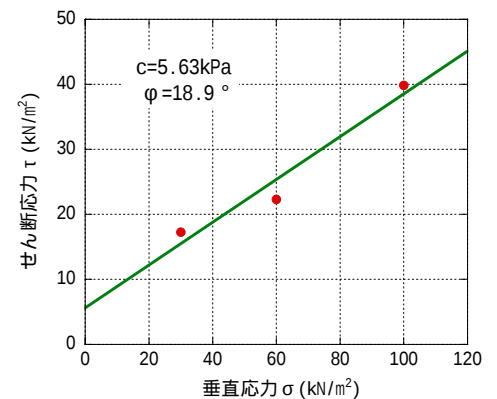


図7 一面せん断試験結果

にして圧密定圧一面せん断試験から得られた結果(図7)を用いた。しかし、本モデル斜面の大きさでは土にかかる垂直荷重が10kPaにも満たない。そのため今後、低拘束圧下での精度の良いせん断試験を行い、せん断強度パラメータである見掛けの粘着成分を決定することで、より精度の高い結果が得られると思われる。

4. 結論

極限平衡法に基づく斜面安定解析により盛土斜面の危険度予測を行った結果、ある程度崩壊を説明できる結果が得られた。また進行性破壊についても簡易的ではあるが、説明できたと思われる。しかし、今回は土中の含水状態が一様に変化すると仮定して、計測データを用いて計算を行ったが、雨水の浸透挙動を予測する飽和・不飽和浸透解析を行うことでいつ崩壊するか予測することが出来るようになる。そのため今後は本論文で用いた自作の安定解析プログラムと浸透解析プログラムをリンクさせて改良していきたい。また、精度の高い低拘束圧下での一面せん断試験やサクシヨンの低下に伴う見掛けの粘着成分の減少を適切に表現するモデルの構築により、降雨時の斜面安定解析の精度を向上させていく必要がある。

<参考文献>

- 1) 土質工学会：斜面安定解析入門，pp.49-51，1989．