

土壌成分の違いによる斜面崩壊降雨強度予測式の予測精度に関する実験的検証

金沢工業大学 学生会員 ○石金 達也
金沢工業大学 正会員 有田 守

1. はじめに

地球温暖化の影響によって、発生する温室効果ガスによる地球表面の気温が上昇している。気象庁(2016)によると過去40年間で1時間降水量50mm/h以上の短時間強雨が増加しているが、台風の発生数や発生割合には大きな変化変動が見られないと指摘しており、台風の大型化が予想される。また国土交通省(2010)によると、過去30年間の土砂災害の発生件数も短時間強雨同様に増加しており、台風の大型化が大きく影響していると予想される。土砂災害における斜面崩壊は表面土層だけが崩れ落ちる表層崩壊が多く、深層崩壊に比べて短時間での降雨強度が大きい程発生しやすい為、台風の大型化を考慮するには表層崩壊の予測手法が重要である。現在、内田ら(2009)の研究では、地下水位を定常状態と仮定し、基本的に実測が可能な条件として土層の単位体積重量、土層厚、斜面勾配、粘着力、内部摩擦角、透水係数、集水面積のみで構成されている比較的簡易な表層崩壊危険度予測式(1)が提案されている。

$$r_c = \frac{K_s \tan I \cos I \{c - \gamma_t h \cos I (\sin I - \cos I \tan \phi)\}}{A \{ \gamma_w \cos I \tan \phi + (\gamma_s + \gamma_t) (\sin I - \cos I \tan \phi) \}} \quad (1)$$

ここで、 K_s は飽和透水係数、 I は斜面勾配、 c は粘着力、 h は土層厚、 ϕ は土の内部摩擦角、 A は集水面積、 γ_w は水の単位体積重量、 γ_s 、 γ_t はそれぞれ飽和状態と不飽和状態の単位体積重量である。野馬(2017)らによればこの予測式によって求めた最小定常崩壊発生降雨強度 r_c の室内実験における妥当性を評価した結果、降雨強度の大きさと崩壊までに要した時間の違いを確認でき、この予測式が妥当であることを確認している。しかし、この研究では全てのケースで標準砂を使用しており土壌成分の違いが考慮されていない。そこで本研究では、土壌成分の違いにおける最小定常崩壊発生降雨強度 r_c の更なる妥当性を評価することを主とし、崩壊までに要した時間や連続雨量の検討を行うことを目的とする。

2. 実験装置及び実験概要

実験に用いる降雨装置及び土層を図-1に示す。降雨装置は降雨の滴下周期と滴下時間を5つに分かれている滴下空間ごとに制御でき、滴下周期は0.1sから20.0sの間、滴下時間は0.005s間隔まで設定可能である。降雨は、ノズルから雨滴が滴下するものであり、全体で6864本のノズルが設置されている。実験の土槽は、幅:0.5m×長さ:3m高さ:0.6mの大きさのものを使用した。底面と側面は鉄製であり、側面の片方をアクリル板とすることで斜面崩壊に至る過程を視覚的に捉えられるようにした。



図-1 降雨装置及び土層

本実験では、野馬(2017)らの研究で使用した標準砂との土壌成分の違いを比べるため、飽和透水係数が標準砂より大きい川砂と、飽和透水係数が標準砂より小さい真砂土を用いてそれぞれ斜面を形成し、内田ら(2009)の式で求めた最小定常崩壊発生降雨強度を参考に降雨を発生させ、斜面の様子を観察した。また降雨装置によって発生させる降雨強度は、実験ごとに1分間の滴下量から算定し、実験を行う。斜面は土槽内に設置した45°の傾斜を持つ土台の上に斜面を形成し、土層厚は0.15mで一定とした。粘着力、内部摩擦角は逆推定する手法を用いて算出し、それぞれの単位体積重量は算定した体積含水率との関係をもとに設定した。飽和透水係数は定水位試験を実施した結果、川砂で0.00087m/s、真砂土で

0.00015m/s であった。集水面積は斜面部と斜面上部の面積を等高線長さ 1m あたりに換算し、1.28m で一定とした。また斜面内に土壌水分計を上端部、斜面上部、斜面下部、下端部の深さ約 0.14m のところに設置し、実験中の体積含水率の変化を計測した。土壌水分計は 2 本のプローブを有し、全ての土壌や非土壌、広い塩分濃度でも高い精度で測定できるものを使用する。図-2 に斜面の断面図及び土壌水分計の設置位置を示す。

3. 実験結果及び考察

本実験では斜面にひび割れが生じた場合に表層崩壊が発生したとし、その 10 分後に実験を終了した。実験を行った結果、川砂を用いたケースでは実験開始から 30 分頃、真砂土を用いたケースでは実験開始から 100 分頃に崩壊が見られ、どちらのケースでも斜面上部付近にひび割れが生じた。図-3、図-4 にそれぞれのケースでの体積含水率を示し、表-1 に斜面崩壊発生に要した降雨時間と降雨強度、連続雨量を示す。降雨強度、降雨時間、連続雨量を比べると、川砂と真砂土で違いが出ていることが分かった。川砂は飽和透水係数が大きく、土層に降雨が溜まりやすい。川砂は崩壊が発生した 30 分頃には体積含水率の変化が殆ど見られない程体積含水率の増加が早く、その分崩壊発生が早くなったと考えられる。逆に真砂土では飽和透水係数が小さく、土層の最深部にまで降雨が伝わり辛い。実験でも開始 20 分で変化が殆どない程体積含水率の増加が遅く、崩壊発生までに時間がかかったのだと考えられる。

4. まとめ

本実験では川砂と真砂土を用いて内田ら(2009)の手法の検証を行った。それぞれの土壌条件で求めた降雨強度で実験した結果を野馬ら(2017)の研究で行った標準砂での実験と比較すると、川砂は崩壊時間が早く、真砂土は崩壊時間が遅くなり、崩壊の時間の違いを確認した。飽和透水係数が大きくなる程、降雨強度も大きくなり、崩壊時間が早くなることから、土壌成分の違いにおいても内田ら(2009)の手法が妥当であると考えられた。今後土壌成分の違う砂を用いて妥当性を検討する際には、土壌成分の違いによる最小定常崩壊発生降雨強度を比較する必要がある。

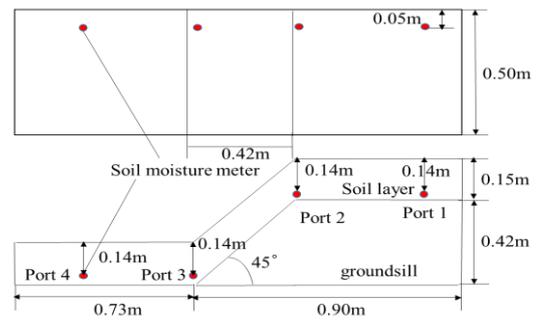


図-2 斜面の断面図及び土壌水分計の設置位置

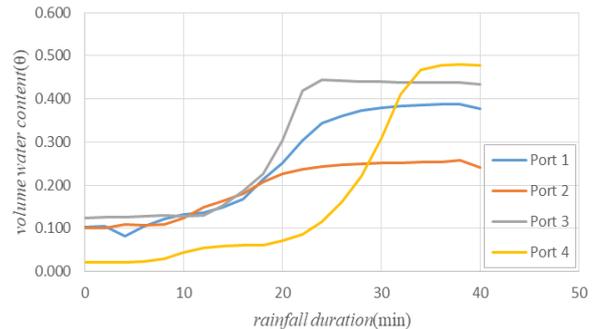


図-3 川砂での実験における体積含水率の変化

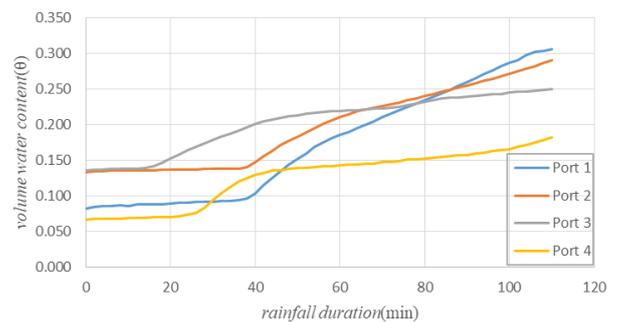


図-4 真砂土での実験における体積含水率の変化

表-1 崩壊発生に要した降雨時間と降雨強度、連続雨量

	Duration (min)	Intensity (mm/h)	Continuous rainfall (mm)
River sand	30.0	55.2	27.6
Granite soil	100.0	9.6	16.0

5. 参考文献

- 1) 内田太郎, 盛伸行, 田村圭司, 寺田秀樹, 瀧口茂隆, 亀江幸二: 場の条件の設定手法が表層崩壊発生箇所の予測に及ぼす影響, 砂防学会誌, Vol.62, No.1, pp.23-31, 2009.
- 2) 野馬沙央里, 有田守: 表層崩壊危険度予測手法における最小定常崩壊発生降雨強度と連続雨量に関する実験的研究, 平成 28 年度土木学会中部支部研究発表講演概要集[CD-ROM], (公)土木学会中部支部, 2017. 03.