砂層地盤における降雨時の斜面崩壊予測

北海道大学工学研究科 学生会員 〇久保田 勇貴 正会員 田中 洋行

学生会員 金子 広明

<u>1.はじめに</u>

豪雨に起因する斜面崩壊は、毎年のように発生している.特に、最近では異常気象の影響により、集中的な豪雨 が各地で発生している.また、日本の国土の約7割は山地、丘陵地が占めており、さらに新たな宅地開発が進むに つれて、土砂災害の発生するおそれのある危険な箇所も増加している¹⁾.このため、斜面災害の予測精度の向上は 緊急の課題である.斜面崩壊の発生を予測するために、気象庁では3段直列タンクモデルに基づく土壌雨量指数か ら、災害予測を行っている²⁾.しかし、この方法は過去の災害事例を基にしており、必ずしも地盤工学に基づいた 斜面崩壊のメカニズムから導かれたものではない.本研究では、縮尺模型地盤に大きな遠心力場を載荷することに よって実地盤と同様な応力状態の下で、模型地盤に降雨実験を行い、降雨時の斜面安定を調べたので報告する.

<u>2.実験概要</u>

2.1 遠心模型実験装置

本研究で用いた遠心模型実験装置は、有効半径 1.5m、最大加速度 150G、最大積載量 150kg の諸元を有する. 一方のプラットフォームに模型土槽(W45×D20×H40cm)を載せ、もう一方には土槽と同質量のカウンターウェイ トを載せる. 模型土槽には CCD カメラを 2 台設置し、カメラの映像はスリップリングを介し、また間隙水圧計な どの計測機器類のデータは無線で、それぞれ制御室に伝送される. 模型地盤への降雨は、遠心模型実験装置の外部 に設置した散水装置により遠心模型実験装置内に水を供給し、水を霧状に散布できる 3 つの散水バルブによって行 った. ノズルには「霧のいけうち社」の小噴量形充円錐ノズルを用いた.

2.2 模型地盤

実験の対象としたのは、表層が風化した斜面地盤で、風化した地盤を 砂層、風化していない基盤層をアクリル板で再現した.基盤層の斜面角 度は 30°,斜面長は 40.4cm,斜面高さは 20.2cm である(図-1 参照). この基盤層の斜面上に、直径が約 8mm の小型の間隙水圧計を設置する. 2.3 実験手順

風化層に用いた試料は、豊浦砂 ($\rho_s=2.64$ g/cm³) である.間隙水圧 計を取り付けた基盤層の斜面の上に、厚さが均一となるように豊浦砂を 最大乾燥密度 $\rho_{d max}$ の約 98%、飽和度 Sr=50% となるように締め固めた

(締固曲線は、図-2 に示す). さらに、透水性の影響を検討するために、 豊浦砂 100%の他に、豊浦砂と笠岡粘土 (*ρ*s=2.61g/cm³)の質量比が 95:5の試料も用いた.この場合には、別途行った透水試験の結果から、 豊浦砂 100%と比べて透水係数が約 1/10 となった.

斜面地盤が完成した後,遠心模型実験装置に模型土槽を取り付け,所 定の遠心加速度で載荷した.地盤内の水分移動が終了するまで載荷した. その後,降雨を模した散水を行い,実験中の斜面表面の様子や斜面崩壊 が生じる時刻を調べた.



45cm

透水性層

豊浦砂

5cm

1~7ch は間隙水圧計

5cm

キーワード:斜面 砂層地盤 遠心模型実験装置 所在地:北海道札幌市北区北13条西8丁目 北海道大学工学部

3.実験条件と結果

3.1 実験条件

本研究では、模型地盤の挙動は表-1 に示す相似則 に従うと考え、寸法と時間を実物に換算し、実験結 果を述べることにする.

昨年度までの実験³から,降雨時の砂層地盤にお ける斜面崩壊は,雨水の浸透により地下水面が上昇 し,地盤内の有効応力が低下することにより生じる ことがわかった.そこで,本研究では,斜面崩壊が 生じやすい地盤条件となる層厚 0.4m (実地盤換算) を対象とし,遠心加速度と降雨強度を表 -2 の条件で 実験を行った.

3.2 実験結果

降雨開始から模型地盤が崩壊するまでの時間と, 降雨強度をかけて積算雨量を求めた.崩壊までの時 間は,遠心模型土槽の内部に設置したデジタルビデ オカメラの映像をスロー再生(1/100秒単位)して 測定した.図-3,図-4は,降雨強度と積算雨量の関 係を表した限界雨量曲線である.降雨強度 5mm/hr の実験条件では,斜面が崩壊しなかったので,限界 雨量曲線は降雨強度が 5mm/hr に漸近すると考えら

表・1 遠心加速度N (G) における相似則

		実地盤換算
長さ	(m)	Ν
時間	(hr)	N ²
応力	(kPa)	1
降雨強度	(mm/hr)	1/N





れる.また,図-3には地盤条件が豊浦砂からなる地盤(以下粘土分 0%),図-4には,笠岡粘土を 5%加えた地盤(以下粘土分 5%)の実験結果を示したものである.ただし,粘土分 5%の場合には,遠心加速度は 40G だけで実験を 行った.

遠心加速度が 40~50G では,粘土分 0%における限界雨量曲線(図·3)は,遠心加速度によらずほぼ同様の傾向 が得られた.しかし,遠心加速度が小さくなると,崩壊までの積算雨量が増加する傾向が認められる.特に 20G で 得られた結果は,他の遠心加速度で行った結果と大きく異なる.この原因が,表-1 に示す相似則に問題があるのか, あるいは壁面との摩擦などの実験条件によるものかについては,今後の研究課題としたい.粘土分 5%における限 界雨量曲線(図-4)では,粘土分 5%のほうが,崩壊までに要する積算雨量が少ないことが分かる.

<u>4.まとめ</u>

本実験から,低い遠心加速度になると限界雨量曲線が異なることがわかった.この原因が,相似則に問題があるのか,Gが小さくなると模型地盤が相対的に大きくなり,その結果壁面との摩擦の影響が大きくなったのかについては、今後さらに考察を進めて行きたい.また,粘土分を多く含む地盤の方が崩壊しやすくなるとの傾向を得た.今後,さらに粘土分を増やして地盤の透水係数が斜面の崩壊にどのような影響を与えるかについて,明らかにしたいと考えている.

参考文献

1)国土交通省:平成19年度国土交通白書, <u>http://www.mlit.go.jp/hakusyo/mlit/hakusho/h20/index.html</u>, 2008.12.
2)気象庁:土砂災害警戒情報, <u>http://www.jma.go.jp/jma/kishou/know/bosai/doshakeikai.html</u>, 2009.3.
3)金子広明,田中洋行,工藤豊,久保田勇貴:遠心模型実験装置を用いた降雨時における砂層地盤における斜面安定,地盤工学会北海道支部,地盤工学会北海道支部年次技術報告集 第49号, pp.19-24, 北見, 2009年2月.