

まさ土斜面を用いた室内降雨浸透試験結果に対する2次元不飽和浸透解析

立命館大学 正会員 ○ 酒匂 一成
 立命館大学大学院 学生会員 菅野 智之
 立命館大学 正会員 深川 良一, 安川 郁夫
 鹿児島大学 正会員 北村 良介

1. はじめに

これまでに降雨時の表層すべり型崩壊に対する斜面安定性の定量的評価手法について研究を行っている。降雨時の表層すべり型崩壊の主な原因として、1) 雨水の浸透によるすべり土塊自重の増加、2) 含水量増加に伴う見掛けの粘着成分 c の低下、3) 地下水位の上昇に伴う浸透力の増加などが挙げられ、斜面安定性の定量的評価を行うためには斜面内の不飽和浸透挙動を把握することが重要であるといえる。本研究では、これまでに実施してきたまさ土斜面を用いた室内降雨浸透試験結果に対して、2次元不飽和浸透解析を行い、試験結果と計算結果の比較および今後の課題について考察を行った。

2. 室内降雨浸透試験概要

今回の室内降雨浸透試験では、斜面勾配 60° の2層構成の盛土斜面に、時間降雨量 50mm/hour を与え、降雨による不飽和地盤内の浸透現象および崩壊現象について観察した¹⁾。表-1に境界条件・盛土条件などの試験条件、図-1に斜面形状と計測機器の設置箇所を示している。本試験では、試料として信楽産まさ土を用いた。盛土条件は、A層、B層の湿潤密度をそれぞれ 1.6g/cm^3 と 1.8g/cm^3 として、密度差により潜在すべり面を形成している²⁾。斜面内の間隙水圧および含水量を計測するために、テンシオメータおよび土壌水分計(EC-5)を設置した。境界条件として、試験土槽内の底面と背面には、止水シートを敷き、非排水条件とした。また、側面には斜面崩壊時の側面摩擦を低減させるためにテフロンシートを貼り付けた。降雨条件として、上面と法面に時間降雨量 50mm/hour 相当の注水を行った。

3. 2次元不飽和浸透解析

表-1 試験条件

降雨条件	50mm/hour		
境界条件	上面		注水
	法面		注水
	底面		非排水
	背面		非排水
盛土条件	A層	初期含水比(%)	5.0
		湿潤密度(g/cm ³)	1.6
		斜面勾配(°)	60.0
	B層	初期含水比(%)	5.0
		湿潤密度(g/cm ³)	1.8
		斜面勾配(°)	45.0

表-2 入力パラメータ

試料		信楽産まさ土	
土粒子の密度(g/cm^3)		2.628	
間隙比	A層	0.725	
	B層	0.533	
フィッティング係数	I_{pt}	SWCC	k
		42.78	25.3
	B層	42.78	25.3
		42.78	25.3

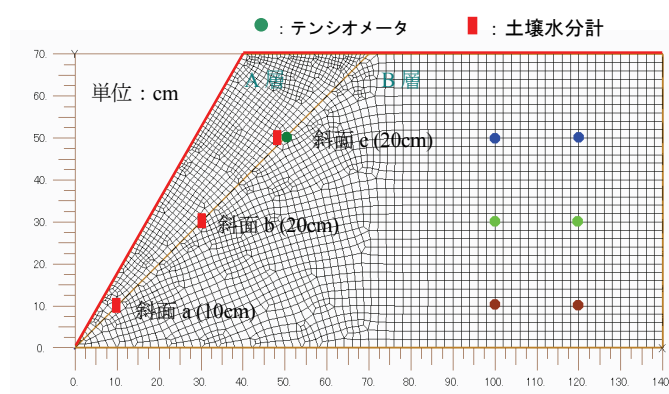


図-1 斜面形状および計測機器設置箇所

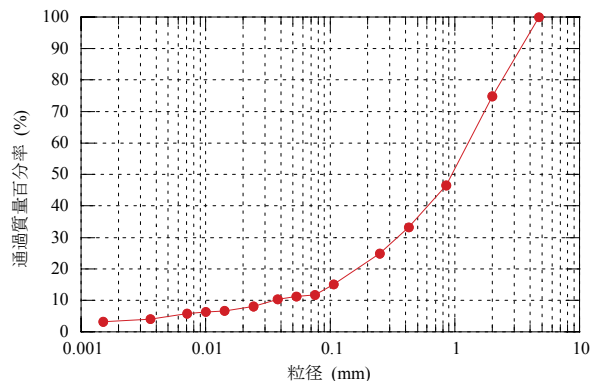


図-2 粒径加積曲線

キーワード：不飽和浸透，降雨，斜面

連絡先：〒525-8577 滋賀県草津市野路東 1-1-1 TEL：077-566-1111(8753)

本研究では、不飽和浸透流の支配方程式として、Richards の式を用いて、有限要素解析を実施した。図-1 に解析領域を示す。また、表-2、図-2 に各層における入力パラメータを示しており、間隙モデル³⁾を用いて、水分特性曲線および不飽和・飽和透水係数を算定した。それらの結果を図-3、図-4 に示す。図中の丸印は、A 層についての保水性試験

（水頭法）および飽和透水試験結果を示しており、A 層については実験結果に対してフィッティングを行った。B 層については、実験結果が無かったため、A 層におけるフィッティング係数を用いて算定した。それぞれの図より、計算結果は、基盤層を想定して作成した密度の高い B 層の方が A 層に比べて水分保持特性が大きく、透水性が低いという傾向を示していることがわかる。

図-5 に間隙水圧の時系列変化の実験結果と計算結果を示す。図より、法先部（斜面 a(10cm)）における間隙水圧の変化傾向は、実験・計算結果とも同様な変化をしていることがわかる。しかし、計算結果において間隙水圧の反応が早くなっている。これは、間隙モデルで得られた透水係数の高飽和度領域の値が実際よりも大きく評価されること、実験時の降雨量が場所によりばらつき、設定値（50mm/hour）よりも小さくなっていたことが原因と考えられる。また、中腹部（斜面 b(20cm)）については、計算結果では約 27 分後に僅かに反応しているが、実験結果とは異なっている。これは、間隙モデルで得られた透水係数の低飽和度領域の値が実際よりも過小評価されているためではないかと考えられる。

4. おわりに

本論文では、まさ土斜面を用いた室内降雨浸透試験結果に対して、2 次元不飽和浸透解析を行い、モデルの妥当性の検討を行った。今後、浸透解析に用いる水分特性曲線・不飽和透水係数について、室内土質試験のデータ蓄積を行い、数値力学モデルの妥当性の評価および改良を行っていく必要があると考えられる。謝辞：新潟大学・森井俊弘教授、岡山大学・竹下祐二准教授に貴重なアドバイスを頂きました。ここに謝意を表します。

参考文献

- 1) 須田剛文，酒匂一成，里見知昭，深川良一：降雨による表層すべり型崩壊を対象としたモデル斜面崩壊実験，第 43 回地盤工学研究発表会，2008（投稿中）。
- 2) 北村良介，酒匂一成，加藤俊二，水島俊基，今西肇：降雨時シラス斜面の浸透・崩壊に関する室内土槽試験，地盤工学ジャーナル，Vol.2，No.3，pp.149-168，2007。
- 3) K. Sako and R. Kitamura: A practical numerical model for seepage behavior of unsaturated soil, Soils and Foundations, Vol.46, No.5, p.595-604, 2006。

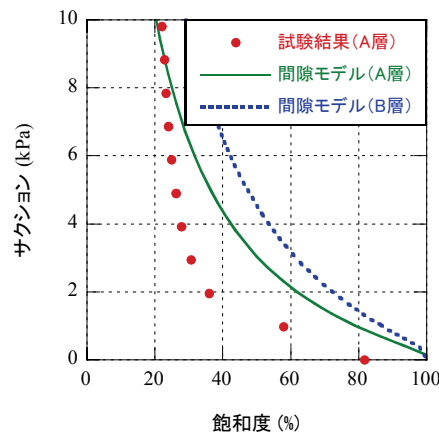


図-3 水分特性曲線

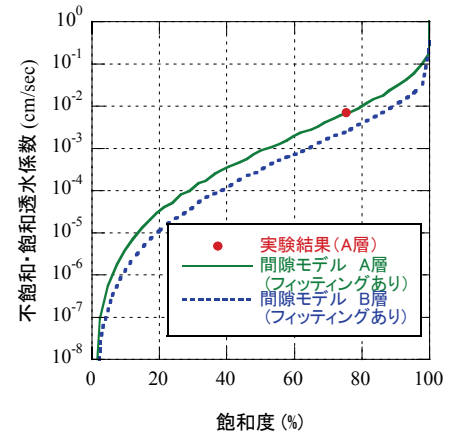


図-4 不飽和・飽和透水係数

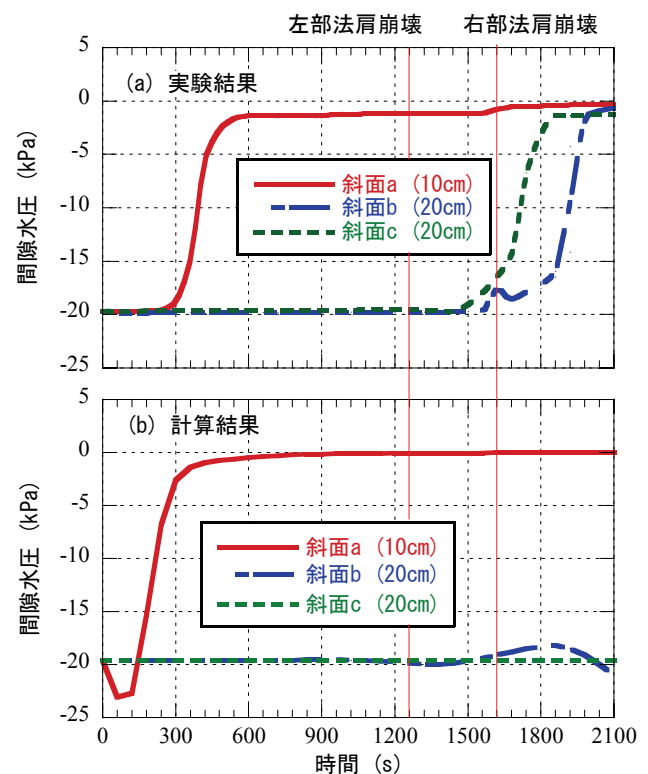


図-5 間隙水圧の時系列変化