

斜面のモニタリングと数値力学モデルによる安定性評価に関する一考察

鹿児島大学大学院 学生員 ○島田龍郎、酒匂一成
鹿児島大学工学部 正員 北村良介
日本道路公団九州支社 内野雅彦、麻生洋幸

1.はじめに

南九州シラス地帯では、梅雨期や台風襲来期の豪雨による斜面崩壊が多発しており、多くの災害が発生している^{1),2),3)}。豪雨時のシラス斜面崩壊の要因としては、雨水が浸透し、土塊の自重の増加と含水比の増加によって起こるサクシジョンの低下であることが定性的に知られている。しかし、降雨時のシラス斜面の安定性を定量的に評価する方法は未だ確立されていない。

本報告は、北村ら⁴⁾が提案する数値力学モデルを用いて、斜面のある特定領域における実測地と数値計算値との比較を行い、数値力学モデルの妥当性を検討し、若干の考察を加えている。

2.間隙モデルの概要

図-1 は間隙モデルの概略図である。図-1(a)は数個の土粒子からなる土塊の一要素を想定したものであり、これを図-1(b)のように間隙部分を管径 D 、傾き θ の円管に、土粒子実質部分を円管以外の不透水部分に分けてモデル化した。このように土を不透水部分と円管に置き換えてモデル化したものを間隙モデルと称している。また、間隙モデルは間隙部の形状と大きさの不規則性を表すため、円管の管径 D と傾き θ を確率変数とし、それらの確率密度関数を導入している。その確率密度関数を用いることによって次式で示される物理量を表すことができる。

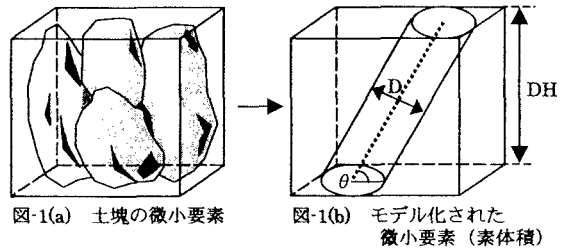


図-1 間隙のモデル化

$$e = \int_0^{\pi/2} \int_{-\pi/2}^{\pi/2} \frac{V_p}{V_e - V_p} \cdot Pd(D)Pc(\theta)d\theta dD \quad (1)$$

$$W_v = \frac{e(d)}{1+e} = \frac{1}{1+e} \int_0^{\pi/2} \int_{-\pi/2}^{\pi/2} \frac{V_p}{V_e - V_p} \cdot Pd(D) \cdot Pc(\theta)d\theta dD \quad (2)$$

$$s_u = \gamma_w \cdot h_c \quad \left(\text{ここに } h_c = \frac{4 \cdot T_s \cdot \cos \alpha}{d} \right) \quad (3) \quad k = \int_0^{\pi/2} \int_{-\pi/2}^{\pi/2} \frac{\gamma_w \cdot D^3 \cdot \pi \cdot \sin \theta}{128 \cdot \mu \cdot \left[\frac{D}{\sin \theta} + \frac{DH}{\tan \theta} \right]} \cdot Pd(D) \cdot Pc(\theta)d\theta dD \quad (4)$$

ここに、

e : 間隙比 V_p : 円管の体積, V_e : 素体積全体の体積, $Pd(D)$: 管径 D の確率密度関数, $Pc(\theta)$: 円管の傾き θ の確率密度関数, W_v : 体積含水率, s_u : サクシジョン, h_c : 毛管上昇高さ, T_s : 表面張力, α : 毛細管と水の接触角, γ_w : 水の体積重量, d : 間隙水を保持する円管の最大管径, μ : 水の粘性係数

3.間隙モデルによる数値計算結果

今回、始良郡溝辺町の計測地点を対象とし、深さ 1.60~2.50m から採取した極軟質シラスを用いて数値計算を行った。以下に、間隙モデルに使用した入力パラメータを表-1、数値計算と実測値の結果を図-2、図-3 に示す。

表-1 溝辺極軟質シラス 入力パラメータ

試料	溝辺極軟質シラス
土粒子の密度 (g/cm^3)	2.682
水の表面張力 (N/m) (水温 15℃ 時)	73.48×10^{-3}
水の粘性係数 ($\text{Pa} \cdot \text{s}$) (水温 15℃ 時)	1.138×10^{-3}
分割数	180
円管の傾き θ の p.d.f. の最低高さ c	0.159
間隙比	1.305
80% 通過粒径 D_{80} (cm)	0.036
20% 通過粒径 D_{20} (cm)	0.0001

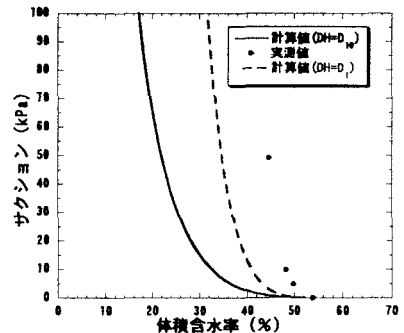


図-2 溝辺極軟質シラス 水分特性曲線

図-2 は水分特性曲線を表している。実線は間隙モデルの高さ $DH=D_{10}$ (10%通過粒径)の数値計算結果、破線は間隙モデルの高さ $DH=D_1$ (1%通過粒径)の数値計算結果、点は実測値を示している。図-2 より、実測値、計算値のいずれにおいても体積含水率が増加するにつれサクシオンが減少することが確認できる。また、 $DH=D_1$ は $DH=D_{10}$ より管径が小さく、間隙部分が小さくなりサクシオンの値が大きくなることからより実測値に近い結果を得た。

図-3 は体積含水率と不飽和・飽和透水係数の関係を表している。実線は透水係数の積分範囲が $0 \sim d$ の数値計算結果、破線は透水係数の積分範囲が $0 \sim 0.5d$ の数値計算結果、点は実測値を示している。図-3 より、数値計算結果は体積含水率が増加するにつれて不飽和・飽和透水係数が増加することが確認できる。また、数値計算結果は実測値とのずれが確認できるが、破線で示した透水係数の積分範囲 $0 \sim 0.5d$ の方が飽和での管径が半分になることから透水係数の積分範囲 $0 \sim d$ よりもより実測値に近い結果を得た。

4.2 次元浸透挙動解析

図-4 は、始良郡溝辺町での 2 次元浸透挙動解析を用いた時間雨量によるサクシオンの変化の数値計算結果と実測値である。今回は、2001 年 1 月 25 日のデータを用いた。図より、数値計算結果は実測値の時系列変化を定性的に表現できていることが確認できる。

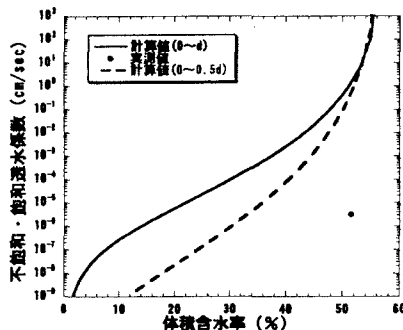


図-3 溝辺極軟質シラス

体積含水率～不飽和・飽和透水係数

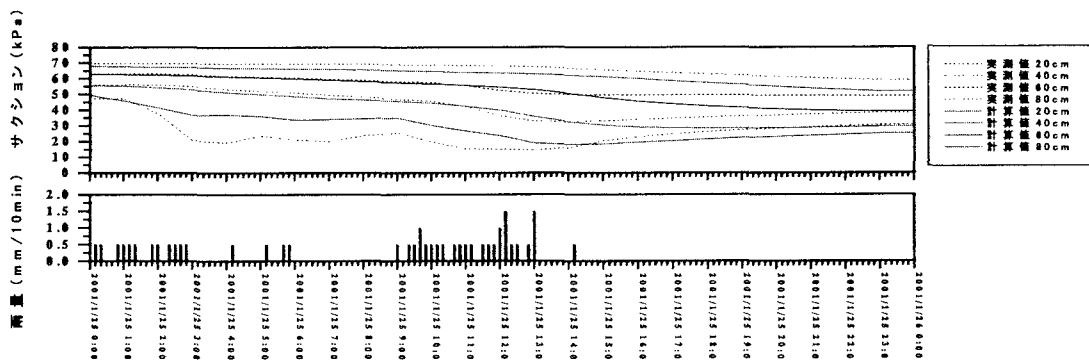


図-4 溝辺地区 時間雨量によるサクシオンの変化
(2001 年 1 月 25 日)

5. おわりに

本報告では、間隙モデルの概要と始良郡溝辺町での間隙モデル、浸透モデルの数値計算結果を示した。今後とも実測値により近い結果を出すため検討事項を着実に解決していき、数値力学モデルを確立していきたい。

謝辞：本研究に対して科研費（地域連携：No.12792009,基盤（B）：No. 13450196）の援助を受けた。ここに謝意を表します。

【参考文献】

- 1) 露木利貞ら：1986 年梅雨末期集中豪雨による鹿児島市内のシラス災害に関する調査研究、科研費報告書 (No.61020038)、1987.
- 2) 1993 年鹿児島豪雨災害調査委員会編：1993 年鹿児島豪雨災害一繰り返される災害一、土質工学会（現；地盤工学会）、1995.
- 3) 出水市土石流災害調査団：1997 年鹿児島市出水市土石流災害調査報告、地盤工学会、1998.
- 4) 北村ら：しらす斜面崩壊予知システム確立に関する基礎的研究、科研費研究成果報告書（基盤研究（B）(2) 課題番号：09555153)、2000.