

粘着成分の変化が斜面崩壊パターンに及ぼす影響に関する数値実験

鹿児島大学工学部 学生員 植村桂樹

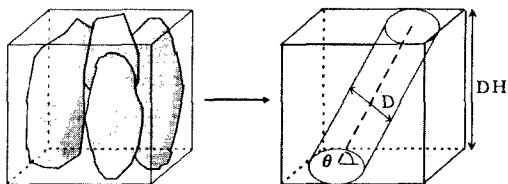
鹿児島大学工学部 正会員 北村良介

1. まえがき

北村らは不飽和・飽和浸透挙動を解析するための数値力学モデル(間隙モデルと称する)を提案している¹⁾。また、表層すべり型の斜面崩壊に対する解析手法の開発²⁾、粒状体として崩壊現象のシミュレーションプログラムの開発も行ってきた³⁾。本報告ではこれらの成果を有機的に結びつけたコンピュータプログラムを開発し、粒子間力の低下が崩壊パターンに及ぼす影響について若干の数値実験を行っている。

2. モデルの概要と計算手順

図-1 (b) は図-1 (a) に示す土粒子数個からなる土塊の間隙をモデル化したものである。図-1 (b) において管径 D 、管の傾き θ を確率変数としてそれらの変数の確率密度関数を導入すると、間隙比 e 、体積含水率 W_v 、不飽和・飽和透水係数 k 、サクシオン pF が次のように求められる¹⁾。



(a) 土粒子数個の土塊 (b) 間隙のモデル化

図-1 間隙モデル

$$e = \int_0^{\pi/2} \int_{-\pi/2}^{\pi/2} \frac{V_p}{V_c - V_p} P_d(D) P_c(\theta) d\theta dD \quad (1) \quad W_v = \frac{\int_0^{\pi/2} \int_{-\pi/2}^{\pi/2} V_p P_d(D) P_c(\theta) d\theta dD}{\int_0^{\pi/2} \int_{-\pi/2}^{\pi/2} V_c P_d(D) P_c(\theta) d\theta dD} \quad (2)$$

$$k = \int_0^{\pi/2} \int_{-\pi/2}^{\pi/2} \frac{\pi \cdot \gamma_w \cdot D^3 \sin \theta}{128 \mu (D/\sin \theta + DH/\tan \theta)} P_d(D) P_c(\theta) d\theta dD \quad (3) \quad pF = \log_{10} h_c = \log_{10} \left(\frac{4 \cdot T_s \cdot \cos \alpha}{\gamma_w \cdot d} \right) \quad (4)$$

V_p : 円管の体積, V_c : 素体積の体積, $P_d(D)$: D の確率密度関数, $P_c(\theta)$: θ の確率密度関数, DH : 素体積高さ, d : 間隙水を保持する最大管径, T_s : 水の表面張力, α : 管と水の接触角, γ_w : 水の単位体積重量, μ : 水の粘性係数。

図-2 に示した2粒子モデルを基に、土粒子レベルでの考察からサクシオンを粒子間力と関係づけることにより、粒子間力が次式で表される⁴⁾。

$$Fi = 2 \pi r' Ts + \pi r'^2 h_c \quad (5)$$

$$(r' + a)^2 = (a + \beta)^2 + \alpha^2$$

$$\alpha = r + \Delta r/2, \beta = r + \Delta r$$

ここに、 Fi : 粒子間力

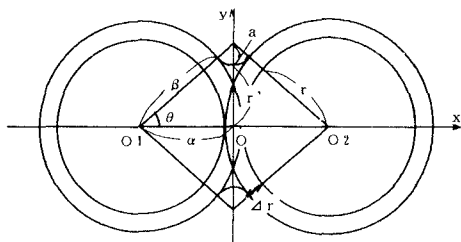


図-2 2粒子モデル

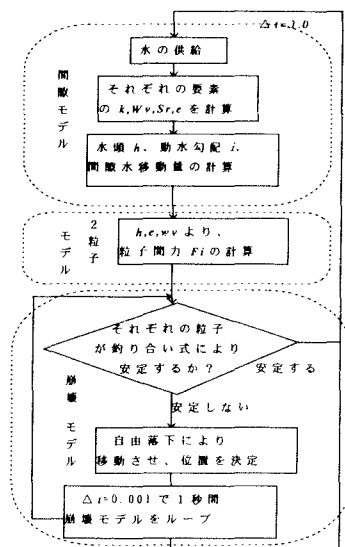


図-6 計算の手順を示したフローチャート

これらの式を用いて、斜面崩壊挙動のシミュレーションが可能となる⁵⁾。図-4は雨水の浸透挙動のシミュレーションのためのモデル斜面と分割された要素を示している。図-5は崩壊挙動のシミュレーションのためのモデル斜面を示している。図-6は計算の手順を示したフローチャートである。

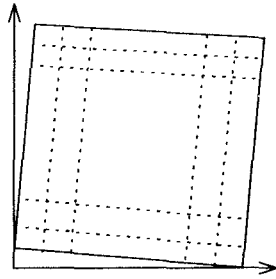


図-4 雨水の浸透挙動の
モデル斜面

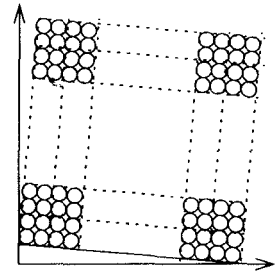


図-5 崩壊挙動の
モデル斜面

3. 数値実験結果とその考察

数値実験においては雨水の地表面からの浸透による崩壊を想定した計算を行なった。すなわち、雨水が図-3の上端から供給されるものとした。表-1は計算に用いた入力パラメータとそれらの具体値等をまとめて示している。図-7は崩壊の時間的変化の計算結果を示している。

表-1 計算に用いた入力パラメータとその具体値

浸透モデル				崩壊モデル	
素体積高さ (cm)	0.002	要素の数	100	粒子数 (個)	400
水の粘性係数 (gf/s/cm ²)	1.161×10^{-5}	要素の大きさ (cm)	4*4	粒子半径 (cm)	1.0
水の表面張力 (gf/cm)	0.075	傾斜角 (°)	3.0	反発係数	0.2
管径の平均 (cm)	0.0012	初期体積含水率	0.35	粒子密度	2.7
管径の標準偏差 (cm)	0.0008	降雨強度 (mm/10m)	20.0	粒子間摩擦角	30.0
管径 θ pdf の最低高さ	0.159	時間増分 (sec)	1.0	時間増分 (sec)	0.001

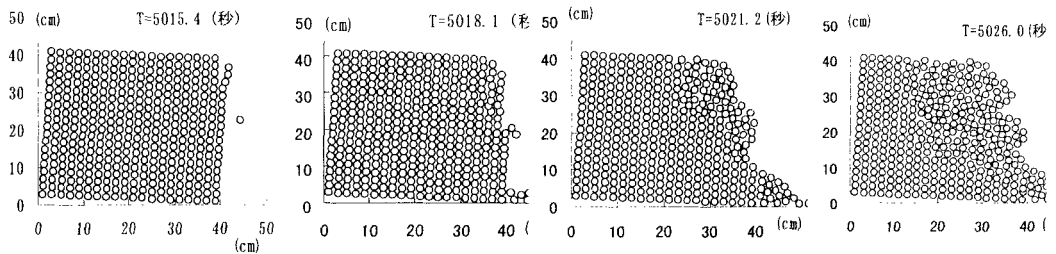


図-7 崩壊の時間的変化の計算結果

4. あとがき

斜面崩壊に関する北村研究室で行なっている成果をまとめたコンピュータプログラムの開発とそれを用いた若干の数値実験結果を示した。プログラムには種々の問題点があるが、土質実験、現地計測、現地調査による情報を組み込みながら、現実の斜面崩壊挙動を解析できるようにしていきたいと考えている。

謝辞：本研究に対して（財）米盛誠心育成会から研究助成をいただいた。ここに謝意を表します。

参考文献

- 1) 例えば、福原、北村：土木学会第49回年次学術講演会、第Ⅲ部、pp.206-207、1994。
- 2) 北村、山田：降雨と地震から危険斜面を守る地盤工学に関するシンポジウム、1997（投稿中）。
- 3) 木佐貫、北村、佐藤：土木学会第51回年次学術講演会、第Ⅲ部、pp.576-577、1996。
- 4) 山田、北村：土木学会第51回年次学術講演会、第Ⅲ部、pp.428-429、1996。