

斜面崩壊発生機構に関する一考察

鹿児島大学工学部 学生員 中村 年宏

鹿児島大学大学院 学生員 木佐貫 浄治

鹿児島大学工学部 正会員 北村 良介

1. まえがき

降雨に伴う斜面崩壊は、サクシオンに起因する粒子間力の中の粘着成分が雨水の浸透により低下、消滅するために発生することが定性的には知られている。しかし、土粒子レベルでの粘着力の定量的な評価法、およびその成果を取り入れた斜面崩壊の発生予知の手法は未だ確立されていない。

ところで、北村らはガラスビーズ、豊浦砂、しらすを用いた簡単な実験により粘着力を定量的に評価する手法の定義を試みている^{1),2)}。本報告では、従来の研究とは異なった立場にたち、土質材料は使わず、コンピュータを用いた数値シミュレーションにより、斜面崩壊発生機構の解明をめざしている。

2. シミュレーションモデル

図-1(a)は、一様な粒子が最緩に積み上げられた状態を示している。底面から順に第1層…第m層とすれば、粒子間、および粒子と底面の間にいくらかの摩擦力と粘着力を与えることにより、図-1(a)に示すような状態をコンピュータの中で作り出し、ディスプレイ上に表示することが可能である。今、粒子の質量を m 、半径を r 、重力を g 、粒子間の摩擦係数を μ 、また、第m層の左から n 番目の粒子を $P_n(m, n)$ 粒子 i と粒子 j の接点を P_{ij} と表示することにする。

図-1(b)は、図-1(a)に示した粒状体の右上部の粒子 $P_n(m, n)$ を取り出したものである。この粒子には図に示すように、粒子接点 P_{ij} には、粒子 i, j 間に働く荷重 M_{ij} と粘着力 T_{ij} が働いている。また、 P_{ik} にも同様に M_{ik} および T_{ik} が働いている。粒子が滑ろうとする時、各接点では接平面に平行な方向に摩擦力 F_{ij} および F_{ik} が働く。

粒子自身の自重による粒子間力を M_{ij} 、粘着力を T_{ij} 、正味の粒子間力を F_{ij} とすると次式が成り立つ。

$$F_{ij} = T_{ij} + M_{ij} \quad \dots (1)$$

Y, Z軸方向の力のつり合いは次のようになる。

$$Y \text{ 軸方向} : F_{ik} + F_{ij} \cdot \sin \theta = \mu \cdot F_{ij} \cdot \cos \theta$$

$$(\text{左辺} < \text{右辺の時安定}) \quad \dots (2)$$

$$Z \text{ 軸方向} : mg = F_{ij} \cdot \cos \theta + \mu \cdot F_{ij} \cdot \sin \theta + \mu \cdot F_{ik}$$

$$(\text{左辺} < \text{右辺の時安定}) \quad \dots (3)$$

点 P_{ik} 、でのモーメントのつり合いは次のように考える。

$$mg \cdot r \cdot \sin \theta = F_{ik} \cdot r \cdot \cos \theta$$

$$(\text{左辺} > \text{右辺の時安定}) \quad \dots (4)$$

点 P_{ik} に関しては、それ以下の接点が存在するので、モーメントのつり合いを考える必要はない。

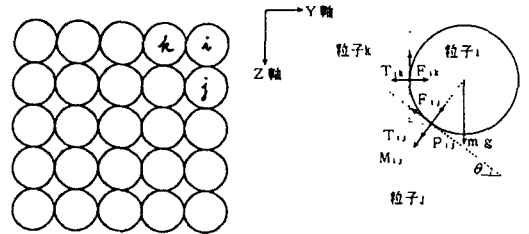


図-1: 粒子の初期状態と粒子に働く力

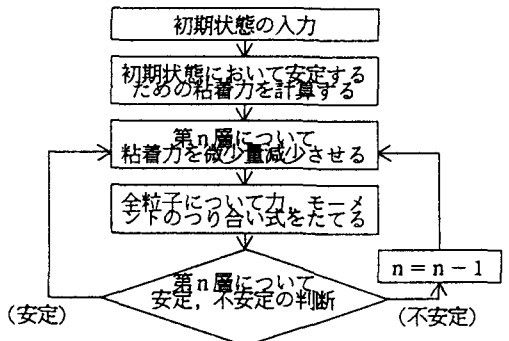


図-2: シミュレーションのフローチャート

上式中の粘着力 T_{ij} ($i, j=1, 2 \dots$)を変化させ、力の釣り合い、モーメントのつり合いが破れると粒子が動き出すことになる。図-2は上式を用いた、シミュレーションプログラムのフローチャートを示している。

3. シミュレーション結果

本報告では、表-1(a)に示すような粒子を想定し5層5列に積み上げる。このとき粒子を水平な面上に積み上げたら計算上は粘着力が無くても安定してしまうため、底面を1°傾けることによって粒子が崩壊するようにした。また、最下層の粒子は固定し、上層より粘着力を減少させ計算を行う。図-3に各計算ステップにおける粒子の状態と、各層の粘着力を示している。No.1は粒子の初期安定状態であり、粘着力が上層の方から低下する毎に粒子が不安定になり落下している（落下した粒子は省略）。そしてNo.6は最終的な安定状態である。

表-1:モデル(粒子)の諸元

丸棒の半径	1.00 (cm)
丸棒の密度	1.00 (g/cm ³)
摩擦係数	0.10
粘着力の減少量	0.01 (gf)

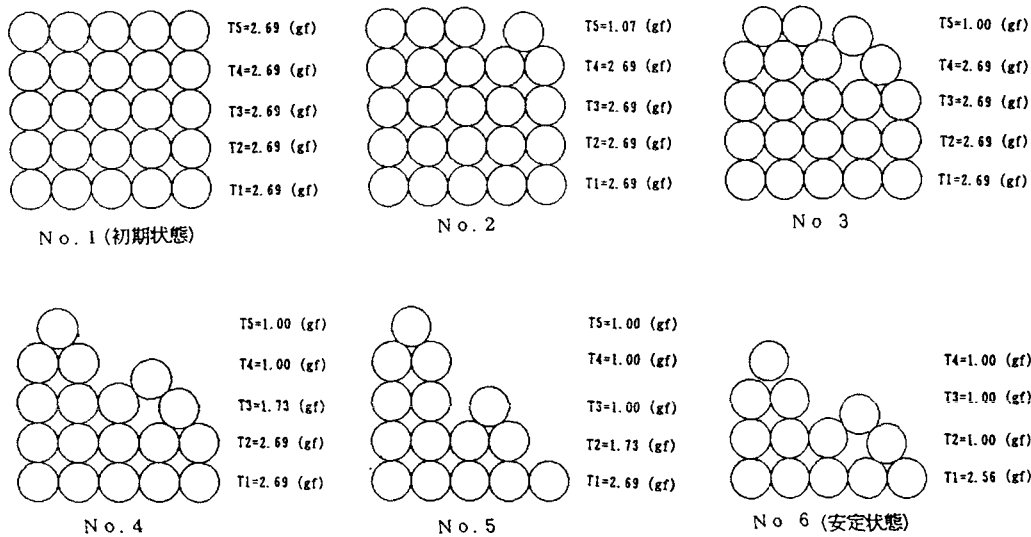


図-3:シミュレーション結果と各層の粘着力

4. あとがき

今回は、数値運動力学の立場から新しいモデルを提案し、降雨などの浸透により粘着力が低下し、崩壊する様子をシミュレートした。しかし、解決しなければならない課題は山積みされている。今後は、時系列で現象を表現できるようにプログラムの改良を行い粘着力の減少を透水係数などを用いて表現し、我々が行っている浸透に関する研究^{3), 4)}と結び付けて粒状体の浸透現象および崩壊・流動・堆積挙動を統一的に考察したい。

～ 参考文献 ～

1) 北村, 岡 : 第16回土質工学研究発表会, pp.193-196, 1981.
2) 北村, 田中: 第17回土質工学研究発表会, pp.1109-1112, 1982.
3) 藤安, 北村: 平成3年度土木学会西部支部研究発表会, 1992.3 (投稿中).
4) 木佐貫, 北村: 平成3年度土木学会西部支部研究発表会, 1992.3 (投稿中).