

粒状体の浸透現象のモデル化について

鹿児島大学工学部 学生員 宇都洋一
同上 正員 北村良介

1. まえがき

南九州には、しらすと呼ばれる水に弱い火山堆積物が広がっている。このしらす斜面の安定性を評価する上で、不飽和浸透現象を定量的に表現できるモデルを確立することは緊急な課題の一つである。

本報告は、不飽和浸透現象の定量的評価を目的としており、前年度の間隙モデルによる数値実験の結果¹⁾を用いて、雨水等が土へ浸透していく現象をシミュレートしようとするものである。

2. 間隙モデル

図-1は、昨年提案された間隙モデルである。斜線部は二粒子間の土粒子部分、管径部は間隙部分をモデル化したものである。

このモデルでは、間隙の分布は管径 D 、管の傾き θ で表している。直方体(ここでは、素体積と称する)の高さ DH は平均粒径程度の長さを想定している。また、水分特性曲線におけるヒステリシスを表現するために、モデルパラメータ A を導入している。管径 D と傾き θ を確率変数とし、それぞれの確率密度関数を $Pd(D)$ 、 $Pc(\theta)$ としている。

このモデルを用いると間隙 e 、体積含水率 Wv 、不飽和透水係数 K' は、下記の式ようになる。この式に、表-1に示すパラメータを入力し数値実験を行った。図-2が水分特性曲線で、図-3が不飽和透水係数と体積含水率の関係である。入力パラメータの値は、しらすを想定した値である。

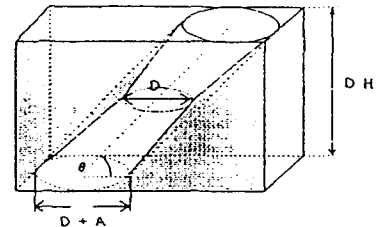


図-1 間隙モデル

表-1 入力パラメータ

入力パラメータ	入力値
素体積の高さ(cm)	0.005
管径の平均(cm)	0.01
管径の標準偏差(cm)	0.003
管の傾きのP.D.F最低高さ	0.159
パラメータA(cm)	0.001

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

$$Wv = \frac{\int_0^d \int_{-\pi/2}^{\pi/2} V_p \cdot Pc(\theta) \cdot Pd(D) \cdot dD \cdot d\theta}{\int_0^{\infty} \int_{-\pi/2}^{\pi/2} V_e \cdot Pc(\theta) \cdot Pd(D) \cdot dD \cdot d\theta} \quad \text{吸水過程}$$

$$Wv' = \frac{\int_0^{d+A} \int_{-\pi/2}^{\pi/2} V_p \cdot Pc(\theta) \cdot Pd(D) \cdot dD \cdot d\theta}{\int_0^{\infty} \int_{-\pi/2}^{\pi/2} V_e \cdot Pc(\theta) \cdot Pd(D) \cdot dD \cdot d\theta} \quad \text{脱水過程}$$

$$k = \int_0^d \int_{-\pi/2}^{\pi/2} \frac{D^2 \cdot \gamma \cdot \sin \theta}{32 \cdot \mu} \cdot Pc(\theta) \cdot Pd(D) \cdot dD \cdot d\theta$$

ここに、 μ は流体の粘性係数、 γ は流体の単位体積重量

$$V_p = 2\pi \left\{ \frac{1}{3} \cdot (A/DH)^2 \cdot (DH/2)^3 + \frac{1}{2} \cdot (A/DH) \cdot D \cdot (DH/2)^2 + D^2/4 \cdot (DH/2) \right\}$$

$$V_e = (D+A \cdot DH/\tan \theta) \cdot DH \cdot (D+A)$$

V_p : 管の体積、 V_e : 素体積の体積。

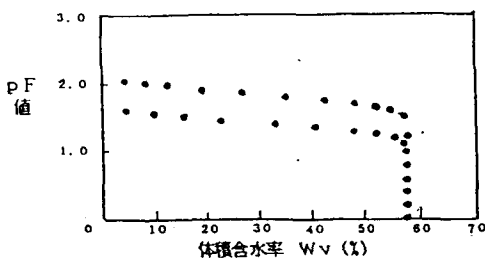


図-2 しらすの水分特性曲線

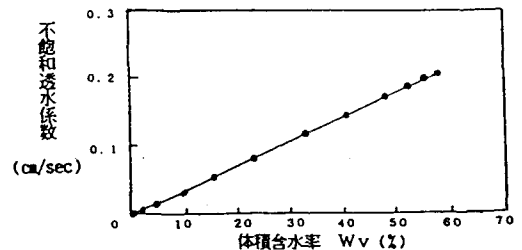


図-3 Wv-K'の関係

3. 不飽和浸透シミュレーション

不飽和浸透現象を定量的に評価するためには、時間を考慮した単位体積重量、サクション、粘着力などの変化を明らかにすることが必要である。

このシミュレーションでは、モデルでの数値実験から得た水分特性曲線、不飽和透水係数などの値を用いて、供試体をいくつかの要素に分割し、雨水等が浸透していくようすを時間の経過による各要素の体積含水率等の変化として求めている。

図-4は計算のフローチャートであり、流速はDarcy則を用いて求めている。図-5, 6, 7, 8はしらすについてのシミュレーション結果である。

図-5は時間の経過による各要素の体積含水率の変化を示している。図-6, 7, 8は、ある要素での時間の経過に伴う体積含水率、不飽和透水係数、動水勾配の変化を示している。

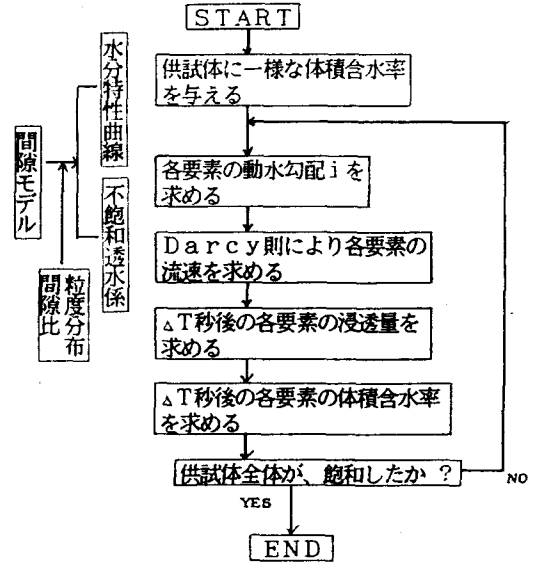


図-4 浸透シミュレーションのフローチャート

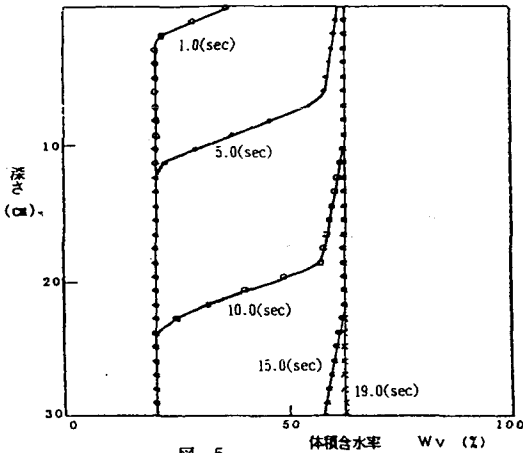


図-5

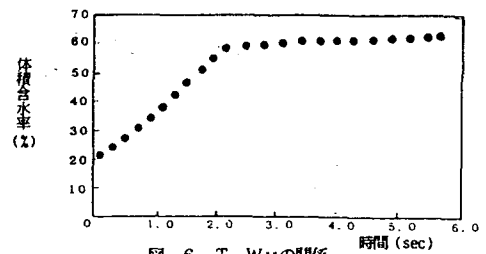


図-6 T-Wvの関係

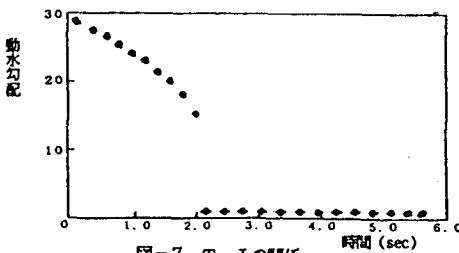


図-7 T-Iの関係

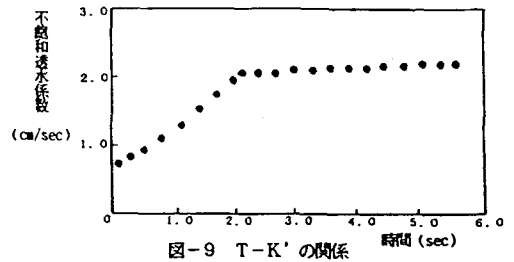


図-9 T-K'の関係

4. あとがき

この数値シミュレーションでは、浸透過程を一方向にしか表現しておらず、水分の三次元的な拡散を考慮していない。また、そのデータとなる間隙モデルも検討の余地を残している。今後これらの点について検討を加え、不飽和浸透過程を、定量的に表現し、目標としているしらす斜面崩壊における発生予知の基礎段階の研究を進めたいと考える。

～参考文献～

- 1) 北村、田口、新川：第24回土質工学研究発表会、pp.1627-1630, 1989