

盛土しらすの不飽和浸透挙動に関する一考察

鹿児島大学工学部 学生会員 ○藤崎賢次郎 鹿児島大学大学院 学生会員 松元 真一
応用地質（株） 宇都 洋一 鹿児島大学工学部 正会員 北村 良介

1.はじめに

降雨等が不飽和土に浸透していく過程（含水比の時系列変化）を定量的に評価する技術の開発は降雨等に伴う自然・切土斜面、道路・鉄道盛土、河川堤防の安定性評価に欠かせない。北村らは不飽和土・不飽和地盤への雨水の浸透挙動を定量的に評価するためのシステムを提案している¹⁾。また、酒匂らは不飽和浸透に関するコンピュータプログラムを開発している²⁾。

本報告では川内川河川堤防で採取したしらす（以下、堤体しらすと称する）の土質特性について述べ、酒匂らのプログラムを用いてしらす堤防への雨水の浸透挙動を想定した数値実験を行い、若干の考察を加えている。

2.試料の土質特性

数値実験では堤体しらすを想定している。堤体しらすを用いて粒度試験、土粒子の密度試験、土の締固め試験、土の保水性試験、透水試験を行った。

土粒子密度 ρ_s は 2.45g/cm^3 であり、一般的なしらすの土粒子の密度 $\rho_s=2.3\sim 2.5\text{g/cm}^3$ であること³⁾を勘案すると、平均的な値と言える。図-1で示す土の粒度試験結果においては、粒度組成は概ねスムーズな分布をしている。また、堤体しらすより堤体表層30cm部分の土羽土の方が、細粒分を多く含んでいることがわかる。

図-2で示す締固め試験においては、最大乾燥密度 $\rho_{d\max}=1.28\text{g/cm}^3$ 、最適含水比 $w_{\text{opt}}=24.4\%$ となった。また、含水比10%付近において、乾燥密度が一番低い結果となった。それは、土の締固め挙動と保水性に関連性があるため⁴⁾と考えられる。

3.数値実験

酒匂ら²⁾が提案している間隙モデルを用いると水分特性曲線と体積含水率～不飽和・飽和透水係数関係を導くことができる。表-1に入力パラメータの具体値を示している。これらの値を用いて計算された結果が図-3、4に土質試験結果（プロット）とともに実線で示されている。図-3において、体積含水率の低い領域を除くと、実測値と計算値はほぼ一致していることがわかる。また、不飽和・飽和透水係数の関係においては実験により得られた不飽和透水係数のデータとほぼ一致していることがわかる。図-4において、変水位透水試験によって得られたデータのみを用いて行った計算結果を示す。今後、土羽土について保水性試験を行い、水分特性曲線の検討を行っていきたいと考えている。

図-5は不飽和浸透解析に用いた解析領域を示している。境界条件として上面より降雨強度 10mm/h の雨水を供給、底面及び右側面を排水とする。また、図-5に示す天端と斜面の表面からの深さ12cm、24cm、36cm、48cmである●点において、サクシンの時系列変化が図-6、7に示されている。両グラフを比較するとサク

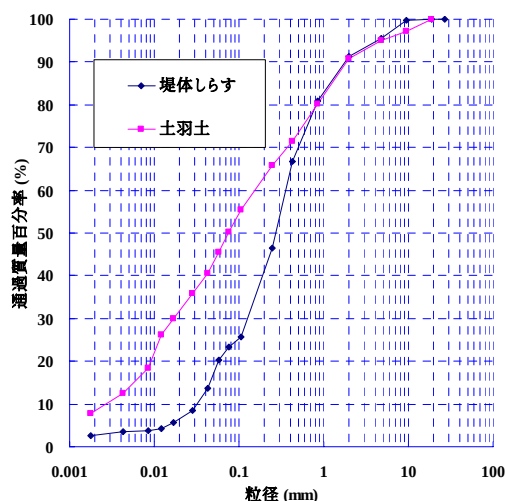


図-1 粒度試験結果

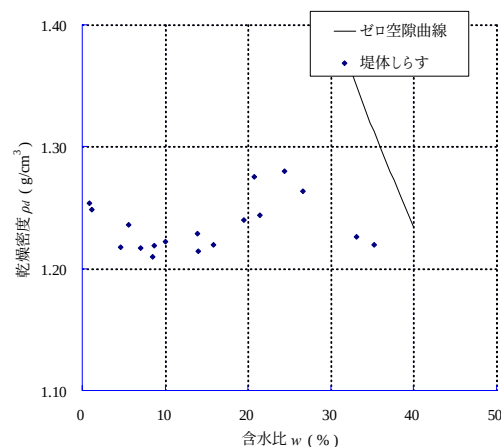


図-2 締固め試験結果

表-1 入力パラメータ

試料	堤体盛土しらす	土羽土
土粒子の密度 (g/cm³)	2.451	2.708
水の表面張力 (N/m) (水温15°C時)	73.48×10^{-3}	73.48×10^{-3}
水の粘性係数 (Pa·s) (水温15°C時)	1.138×10^{-3}	1.138×10^{-3}
間隙比	1.194	1.162
粒径加積曲線データ数	16	17
水分特性曲線データ数	9	0
不飽和・飽和透水係数データ数	6	1

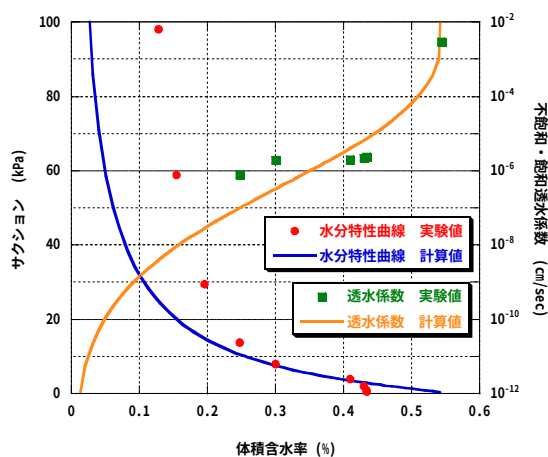


図-3 水分特性曲線と体積含水率～不飽和・飽和透水係数関係（堤体しらす）

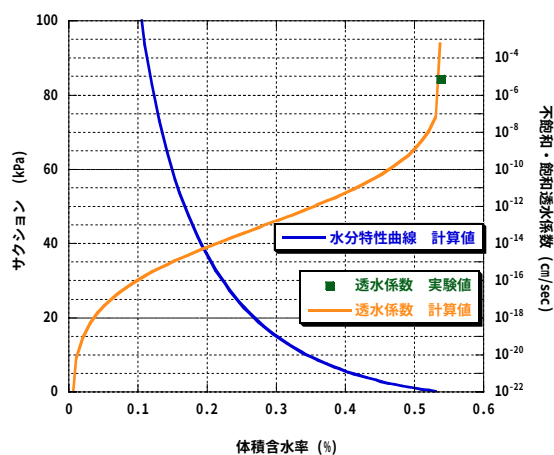


図-4 水分特性曲線と体積含水率～不飽和・飽和透水係数関係（土羽土）

ションが0kPa付近に到達する時間の差は地表面から24cmまではほとんど一致しているが、それ以降になると、天端の方が浸透するのに時間がかかっている。この理由として、右側面を排水と設定しているため、斜面の方へ流れやすくなっているためだと考えられる。また、異なる2つの土を用いているので、Capillary Barrierの効果を期待したが、12cmと24cmまでの浸透時間と24cmと36cmのまでの浸透時間の差がほとんどないため、今回の解析では、Capillary Barrierの効果はないと考えられる。

4. おわりに

本研究では、薩摩川内市にある堤体しらすの土質特性と数値解析の検討を行った。土質試験において、土羽土の各種土質試験結果を行い、そのデータを用いて浸透シミュレーションを行っていきたい。また、数値解析において、さらに解析領域を広げた方が、より正確なデータが得られると考えられる。今後の課題として、今回示した天端及び斜面付近の浸透挙動を考慮し、解析領域を広げ、雨水の排水状況の検討を行っていきたいと考えている。

本研究は科研費（基盤（A）、代表：北村）の援助を受けた。ここに謝意を表します。

【参考文献】

- 1) 松尾和昌、酒匂一成、北村良介：斜面崩壊予知戦略-南九州シラス地帯を例として-、自然災害科学、21-2、pp.25-33、2002.
- 2) Sako, K. and Kitamura, R.: A practical numerical model for seepage behavior of unsaturated soil, Soils and Foundations、46-5、pp.595-604、2006.
- 3) 応用地質(株)：しらす堤防強化対策現地実験業務 報告書、pp.53-59、2006.
- 4) 荒木功一：不飽和土の数値力学モデルに関する基礎的研究、鹿児島大学理工学研究科博士論文、pp.87-102、2006.

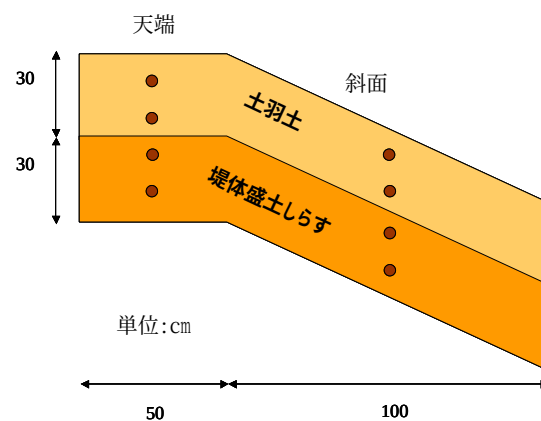


図-5 解析領域構造

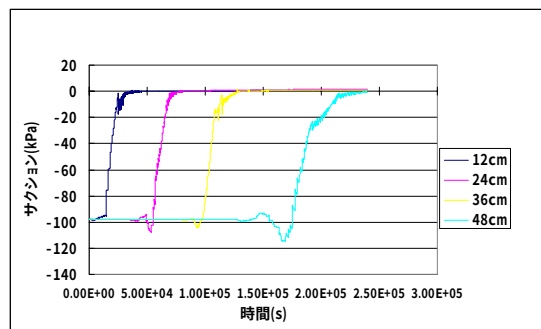


図-6 浸透モデル（天端）

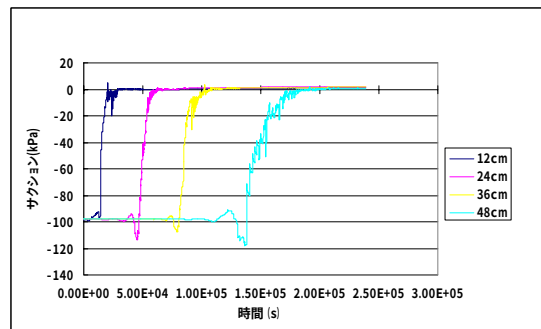


図-7 浸透モデル（斜面）