

## 不飽和地盤の浸透数値解析に関する一考察

鹿児島大学工学部 学生会員 白石裕一  
 鹿児島大学大学院 学生会員 松元真一  
 鹿児島大学工学部 正会員 北村良介

### 1 はじめに

不飽和土質力学において Capillary Barrier とは粒度分布の異なる土を組み合わせることによって止水・乾燥状態を保持する層のことである。また、土の含水量と土中水のマトリックポテンシャルの関係を表す水分特性曲線や含水比(体積含水率)～不飽和・飽和透水係数の関係は粒度分布や間隙比に依存して異なる。北村ら<sup>1),2)</sup>は水分特性曲線、含水比(体積含水率)～不飽和・飽和透水係数の関係の差異を利用して不飽和土中の間隙水の流動を制御する技術(Capillary Barrier)の確立を目指し、数値シミュレーションプログラムを開発中である。

本研究では、開発中の不飽和浸透シミュレーションプログラムを用い、保水・浸透特性の異なる試料(豊浦砂と DL クレー)を層状に堆積させた状態で数値計算を行い、層境界付近の浸透挙動について考察を加えている。また、数値計算結果より Capillary Barrier システムを利用した版築構造物の築造技術を現代の不飽和土質力学に基づいて復興すること<sup>3)</sup>を目的としている。

### 2 数値解析モデル

数値解析モデルは、降雨に伴う斜面崩壊の予知を目指して酒匂ら<sup>3)</sup>が開発中のプログラムに含まれる間隙モデルと浸透モデルを用いている。間隙モデルの入力パラメータは室内土質試験(物理試験)等から簡単に求められる粒径加積曲線、土粒子密度、間隙比、間隙水の表面張力・粘性係数である。間隙モデルから水分特性曲線、不飽和・飽和透水係数関係が得られる。浸透モデルでは有限要素法による2次元不飽和浸透解析を行い、雨水の浸透挙動について検討を行なっていく。

#### 2.1 間隙モデルの計算結果

間隙モデルで用いた豊浦砂と DL クレーの入力パラメータを表-1に示す。間隙モデルから得られた豊浦砂と DL クレーの水分特性曲線と飽和度～不飽和・飽和透水係数の関係をそれぞれ図-1,2 に示す。このプロットは、それぞれ水分特性曲線と不飽和・飽和透水係数の実験値を示し、青の実線と黒の実線は、それぞれ水分特性曲線と不飽和・飽和透水係数の計算値を示している。

表-1 入力パラメータ

| 試料                         | 豊浦砂                    | DLクレー                  |
|----------------------------|------------------------|------------------------|
| 土粒子の密度(g/cm <sup>3</sup> ) | 2.640                  | 2.680                  |
| 水の表面張力(N/m) (水温15 時)       | 73.48*10 <sup>-3</sup> | 73.48*10 <sup>-3</sup> |
| 水の粘性係数(Pa·s) (水温15 時)      | 1.138*10 <sup>-3</sup> | 1.138*10 <sup>-3</sup> |
| 間隙比                        | 0.67                   | 0.97                   |
| 粒径加積曲線データ数                 | 4                      | 14                     |

図-1より、豊浦砂においては、水分特性曲線の結果を比較すると飽和度の低い領域(Sr=18%以下)を除いて、実験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-2より、DLクレーにおいては飽和度が高い領域(Sr=80%以上)で計算値は実験値とずれ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。

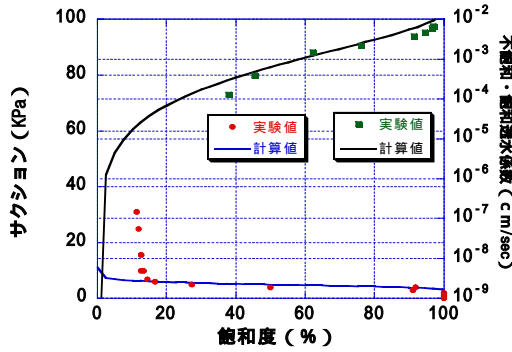


図-1 水分特性曲線および飽和度～不飽和・飽和透水係数の関係(豊浦砂)

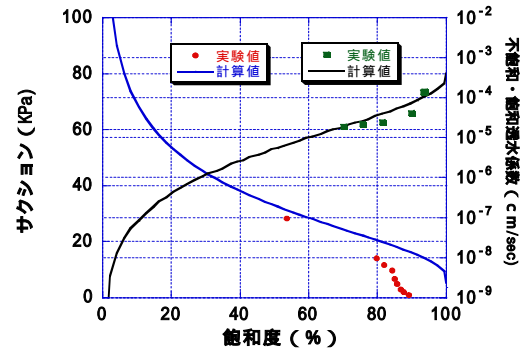


図-2 水分特性曲線および飽和度～不飽和・飽和透水係数の関係(DL クレー)

2.2 浸透モデルの計算結果

不飽和四層模型地盤の解析領域は縦 12cm、横 20cm、傾斜 30°とし、上層から DL クレー、豊浦砂、DL クレー、豊浦砂とする。境界条件は、上面を降雨条件(1 mm/h)、底面を排水条件とする。図-3、図-4、図-5、図-6 に地盤のサクシオン分布図を示す。傾斜層状地盤において、給水開始から、360 分後、4320 分後には、DL クレー層と豊浦砂層の境界に浸潤面が到達し、540 分後、4680 分後には境界面のほぼ全域に達している。

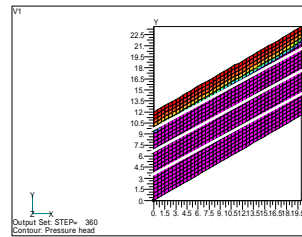


図-3 360 分

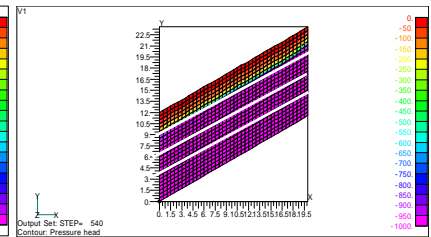


図-4 540 分

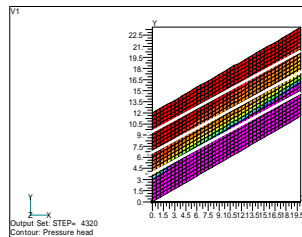


図-5 4320 分

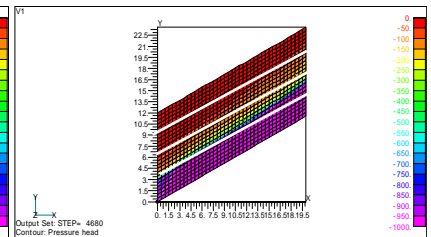


図-6 4680 分

また、360 分後から 540 分後、4320 分後から 4680 分後までの間、豊浦砂層にほとんど浸透していないことから、Capillary Barrier が発生していたと考えられる。上層の DL クレー、豊浦砂層に対して下層の DL クレー、豊浦砂層で発生した Capillary Barrier の時間が長いことがわかるが、原因として側面が排水条件であり、また傾斜角 30°という条件のため水分が排出され上層の DL クレーが含む水分量に比べ、下層の DL クレーが含む水分量が少なくなるのでこのような結果が得られたのではないかと考えられる。

3 おわりに

本研究では、不飽和領域における豊浦砂と DL クレーの不飽和四層模型地盤の数値シミュレーションを行い、不飽和土の保水・透水特性の検討を行った。解析結果より粒度の異なる豊浦砂と DL クレーを用いることで Capillary Barrier が発生することが分かった。

本研究に対して科研費(基盤(A), 代表: 北村良介)の援助を受けた。ここに謝意を表します。

- (参考文献) 1) 北村良介、中野裕二郎、松元真一: Capillary Barrier を応用した止水・乾燥技術について、第 40 回地盤工学研究発表会、pp.861-862, 2005
- 2) K.sako and R.kitamura:A practical numerical model for seepage behavior of unsaturated soil,and Foundations
- 3) 松元真一、北村良介: 不飽和土質力学に基づく版築技術の復興に向けて、第 61 回土木学会年次講演会 (部)、pp, 785-786, 2006