

二層不飽和土の保水・浸透特性に関する一考察

鹿児島市役所（元鹿児島大学大学院） 正会員 ○松元真一
立命館大学 COE 推進機構 正会員 酒匂一成
鹿児島大学工学部 正会員 北村良介

1 まえがき

不飽和地盤内への雨水等の浸透挙動を解明していくためには、不飽和土中の水分量の変化を定量的に評価し、不飽和地盤の力学特性の解明が必要である。北村ら^{1), 2)}は保水・浸透特性の異なる二種の隣接する不飽和土の境界での土中水の流動について考察を加えた。

本報告では、酒匂³⁾が開発中のプログラムを用い、粒度分布や間隙比の異なる試料を組み合わせに依存して不飽和土中の保水・浸透挙動が異なることを明らかにし、考察を加える。

2 不飽和土の保水・浸透特性⁴⁾

図-1 は粘土と砂の透水係数～サクシジョンの模式図である。飽和に近い低サクシジョン領域（湿潤側）では、砂の透水係数が粘土より大きく、高サクシジョン領域（乾燥側）では粘土の透水係数が砂より大きくなる。一般に、成層地盤内の層境界での水分量是不連続になっているが、サクシジョン（負の間隙水圧）は連続するため、図-1 に示すように粘土と砂の不飽和透水係数の大きさがサクシジョンに依存して逆転する場合が生じる。また、Ross⁵⁾は乾燥側から湿潤側へ移行する時、2つの曲線の交点において Capillary Barrier が消滅するとしている。

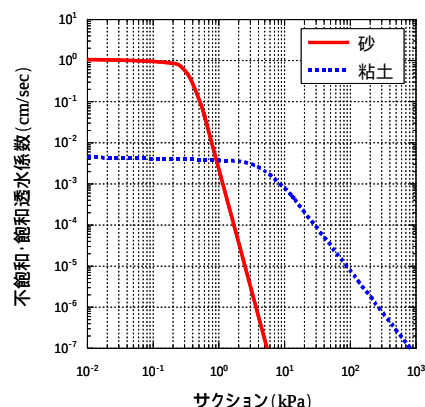


図-1 透水係数とサクシジョン関係の模式図⁴⁾

3 不飽和浸透シミュレーション

3.1 数値力学モデル³⁾

数値解析では、降雨に伴う斜面崩壊の予知を目指して酒匂が開発中のプログラムに含まれる数値力学モデル（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。間隙モデルから不飽和・飽和透水係数～サクシジョン関係が得られる。浸透モデルでは間隙モデルによって得られた計算結果を用いて 2 次元不飽和浸透解析を行い、層境界付近の浸透挙動について検討を行う。

3.2 間隙モデルによる保水・浸透特性の計算結果

豊浦砂、DL クレー、鹿児島市喜入前之浜町国道 226 号沿いで採取した試料（軟質しらす、火山灰質粘性土）の土質試験より得られた入力パラメータ（表-1 参照）を用いた計算結果及び考察について示す。

(1) 豊浦砂及び DL クレー 図-2 に豊浦砂及び DL クレーの計算結果を示す。実線は豊浦砂、破線は DL クレーの計算結果を示している。図より、サクシジョンの低い湿潤側においては豊浦砂の透水係数が DL クレーより大きく、サクシジョンの大きい乾燥側においては DL クレーの透水係数が大きくなっている。すなわち、サクシジョン 6.1kPa、透水係数 5.5×10^{-4} cm/sec 付近で、透水係数の大きさが逆転している。

表-1 入力パラメータ

試料	豊浦砂	DL クレー	軟質しらす	火山灰質粘性土
土粒子の密度 (g/cm^3)	2.640	2.680	2.608	2.623
水の表面張力 (N/m)	73.48×10^{-3} (水温 15 時)			
水の粘性係数 ($\text{Pa} \cdot \text{s}$)	1.138×10^{-3} (水温 15 時)			
間隙比	0.67	0.97	2.068	3.231
粒径加積曲線データ数	4	14	15	14
保水性試験データ数	14	9	8	8
透水試験データ数	10	6	1	1

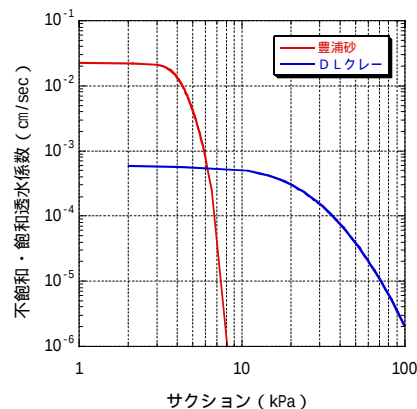


図-2 透水係数とサクシジョン関係（豊浦砂・DL クレー）

キーワード：不飽和土，締固め，浸透

連絡先：〒890-0065 鹿児島県鹿児島市郡元 1 丁目 21-40 鹿児島大学工学部海洋土木工学科北村研究室

また、これは図-1 で示した透水係数～サクシンの関係と同様な関係を示している。

(2)軟質しらす及び火山灰質粘性土 図-3 に軟質しらす及び火山灰質粘性土の計算結果を示す。実線は軟質しらす、破線は火山灰質粘性土の計算結果を示している。図より、2つの曲線は交差しておらず、2つの試料間においては乾燥側から湿潤側へ移行しても Capillary Barrier が発生しないと予想される。

3.3 浸透モデルによる不飽和浸透挙動の計算結果

図-4、5 に示すように解析領域は横 20cm、30° 傾斜させた層の厚さが 5cm ずつの 2 層の層状模型地盤を想定している。図-4 は、上層より DL クレー、豊浦砂となっており、図-5 は、上層より火山灰質粘性土、軟質しらすとなっている。境界条件は、上面を降雨条件(1mm/h)、底面と左側面を排水条件とし、初期条件は、乾燥状態を想定して全試料ともに 98kPa とする。

図-4 より、豊浦砂と DL クレーにおいては層境界の左側に浸潤面が到達してから 2 層目へ浸透が始まるまでの 1080 分間(18 時間)は、1 層目の DL クレーで水分を保持していることが分かる。一方、図-3 に示す透水係数～サクシンの関係が交差しなかった軟質しらすと火山灰質粘性土の組み合わせにおいては、図-5 に示すように 1 層目の火山灰質粘性土で水分を保持することなく、2 層目の軟質しらすへ浸透していることが分かる。

4 あとがき

本報告では、開発中のプログラムを用いて、Capillary Barrier の発生する土層の組み合わせの検討を行った。数値計算より、粒度の異なる 2 つの土の透水係数～サクシン関係が交差した場合には、乾燥側から湿潤側へ移行する際に Capillary Barrier が層境界で発生すること、曲線が交差しない場合は Capillary Barrier が発生しないことが明らかになった。今後は、数値計算で得られた Capillary Barrier が消滅するまでの時間の妥当性を土槽試験等により検討していきたいと考えている。

謝辞：本研究に対して科研費基盤(A)の援助をいただいた。ここに謝意を表します。

【参考文献】

- 1) 北村良介，中野裕次郎，松元真一：Capillary Barrier を応用した止水・乾燥技術について，第 40 回地盤工学会研究発表会，pp.861-862，2005.
- 2) 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 回年次学術講演会，pp.785-786，2006.
- 3) 酒匂一成：降雨による斜面崩壊の予知に関する研究，鹿児島大学大学院理工学研究科博士論文，2004.
- 4) (社)地盤工学会：不飽和地盤の挙動と評価，pp.10-35，2005.
- 5) Ross,B：The Diversion Capacity Barriers ,Water Resour.Res.,26(10),pp.2625-2629,1990.

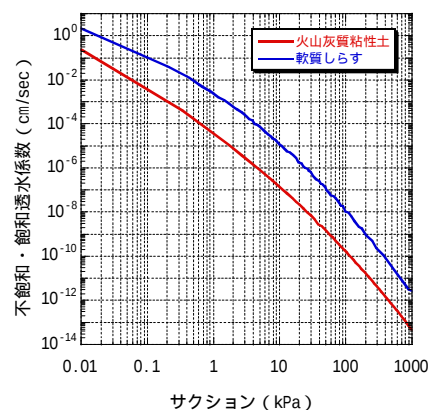


図-3 透水係数とサクシン関係(軟質しらす・火山灰質粘性土)

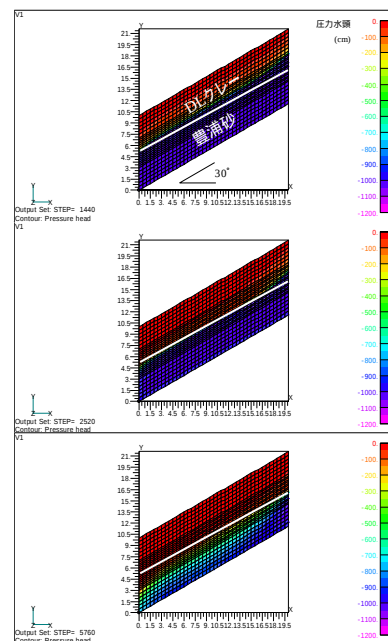


図-4 傾斜層状地盤のサクシン分布図(豊浦砂・DL クレー)

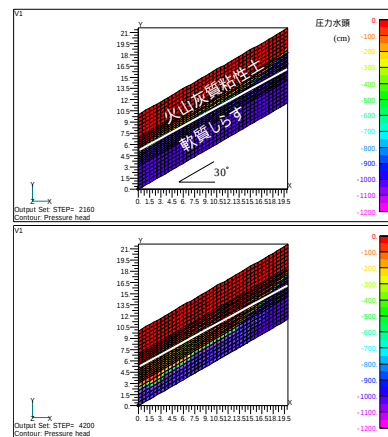


図-5 傾斜層状地盤のサクシン分布図(軟質しらす・火山灰質粘性土)