

不飽和二層地盤の浸透挙動に関する一考察

鹿児島大学工学部 学生会員 塩屋真帆
 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

地球表面を覆う陸上の土の大半は、土粒子実質部分と間隙を満たす水と空気からなる三相混合体である。地下水位以深の土、海底地盤の土中にも空気が含まれており、飽和度 100%という状態は地盤工学が対象とする実地盤の土には存在しないと言っても過言ではない。にもかかわらず、20 世紀までの土質力学は、不飽和土を対象とした三相系力学に真正面から取り組むことを避けてきた。近年、地盤工学の様々な分野で、不飽和土質力学の必要性が認識されるようになってきた¹⁾。北村ら²⁾は不飽和領域では水の供給量を少なくすると砂より粘土に選択的に浸透していくことを示した。本研究では、このような挙動をシミュレートするため、酒匂ら³⁾が提案する数値力学モデルを用い、不飽和領域における豊浦砂と DL クレーの仮想二層模型地盤の浸透解析を行っている。

2 不飽和土の保水・浸透特性

図-1, 2は細砂(74~420 μm)と粗砂(420 μm~2.0mm)の水分特性曲線と体積含水率~不飽和・飽和透水係数関係の模式図である。図-1 に示すように粗砂よりも細砂のほうがマトリックサクシオン(以下サクシオンと称す)が大きい。また、過渡領域において、水分特性曲線の勾配である比水分容量($\frac{d\theta}{dS}$,ここに、 θ :体積含水率, S :サクシオン)は、細砂のほうが小さくなっている。動水勾配は比水分容量の逆数に対応するので細砂のほうが大きくなる。飽和に近い低サクシオン領域では、粗砂の飽和透水係数が細砂より大きい。図-2 に示すようにサクシオンの大きい領域(つまり乾燥側)で粗砂より細砂が大きくなる。したがって、ダルシー則を適用すれば、乾燥状態では粗砂より細砂のほうが透水係数も動水勾配も大きくなり、細砂の浸透速度は粗砂より大きくなる。

3 浸透挙動のシミュレーション

酒匂ら³⁾が提案する数値力学モデルを用いて、数値力学モデルの計算を行う。数値力学モデルには、間隙モデル、浸透モデルが含まれる。本研究では、間隙モデルから水分特性曲線や体積含水率~不飽和・飽和透水係数関係を算出し、浸透モデルによって間隙モデルの結果を用いた 2 次元不飽和浸透解析を行い、前節で示した不飽和土の保水・透水特性について検討を加える。

3.1 間隙モデルの計算結果

間隙モデルで用いたパラメータを表-1 に示す。図-3 に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、図-4 に豊浦砂と DL クレーの体積含水率~不飽和・飽和透水係数関係を示し、それぞれ計算結果と実験結果との比較を行った。ここで、実線は豊浦砂、破線はDLクレーの計算結果を示し、 \square 印は豊浦砂、 \triangle 印はDLクレーの実験結果を示している。図-3 より豊浦砂では体積含水率の低い領域(0.05 以下)を除くと実験結果と計算結果はほぼ一致していることがわかる。DL クレーでは体積含水率の高い領域(0.4 以上)で計算結果は実験結果とずれていることがわかる。図-4 では実験結果のプロットがそれぞれ一つ(豊浦砂:定水

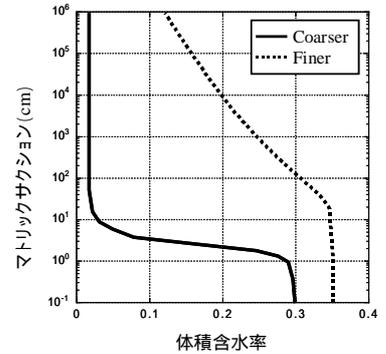


図-1 水分特性曲線

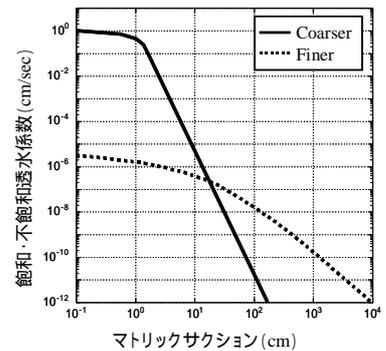


図-2 サクシオン~不飽和・和透水係数の関係

表-1 入力パラメータ

試料	豊浦標準砂	DLクレー
土粒子密度(g/cm ³)	2.64	2.68
水の表面張力(N/m) (水温 15 時)	73.48*10 ⁻³	
水の粘性係数(Pa·s) (水温 15 時)	1.138*10 ⁻³	
分割数	360	
円管の傾き のp.d.fの最低高さ 。	0.159	
間隙比	0.67	0.97
粒径加積曲線データ数	4	13

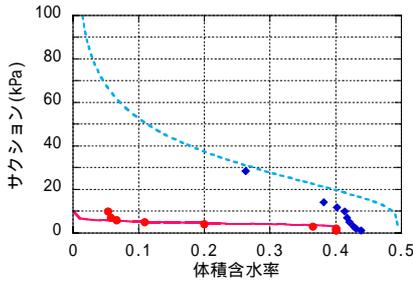


図-3 水分特性曲線

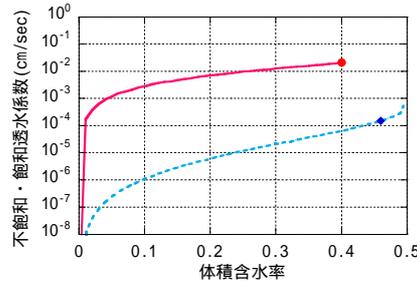


図-4 体積含水率～不飽和・飽和透水係数の関係

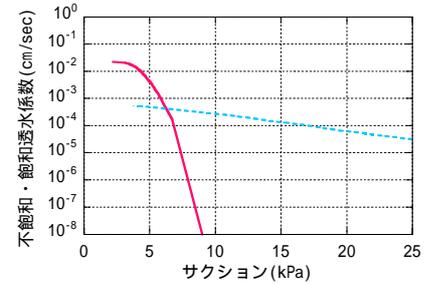


図-5 サクション～不飽和・飽和透水係数関係

位透水試験, DL クレー:変水位透水試験)であるため,それらのプロットに合うように体積含水率～不飽和・飽和透水係数関係を描いた。図-4 において,実験結果が飽和透水係数のみであるため,低い体積含水率領域におけるモデルの妥当性を検討することは難しい。図-1と同様過渡領域で豊浦砂の比水分容量がDLクレーより小さいということを表すことができた。

図-5 は豊浦砂とDLクレーのサクション～不飽和・飽和透水係数関係を示している。図より,豊浦砂とDLクレーの関係は図-2に示す粗砂と細砂の関係と同様に交差していることがわかる。

3.2 浸透モデルの計算結果

不飽和二層模型地盤の解析領域は縦 10cm,横 20cmとし,上層から 5cmをDLクレー,下層を豊浦砂とする。境界条件として,上面を降雨条件(0.06m/h),底面を排水条件とする。図-6に間隙水圧の時系列変化,図-7に圧力水頭分布図,図-8に透水係数分布図を示す。図-6において豊浦砂は,860分後に全ての深さで,およそ-5kPaとなっている。図-5に示すDLクレーと豊浦砂の交点部分のサクションと同じような値になっていることが分かる。図-7圧力水頭分布図でも,同様な値を示している。図-8においては,240分後では,DLクレーより豊浦砂の透水係数は低いが,860分後になると逆転している。このことは,図-5で示した関係が交差していることと対応している。

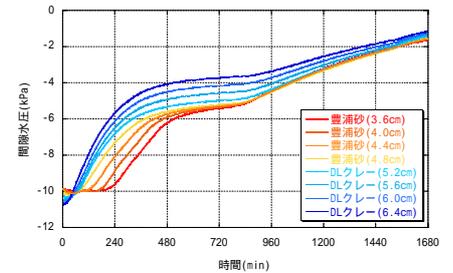


図-6 間隙水圧の時系列変化

4 おわりに

本研究では,不飽和領域における豊浦砂とDLクレーの不飽和二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。今後,不飽和二層模型地盤を傾斜させ,また,解析領域を大きくし,検討するとともに,実際の土を用いた模型地盤での浸透試験結果との比較・検討も行いたい。

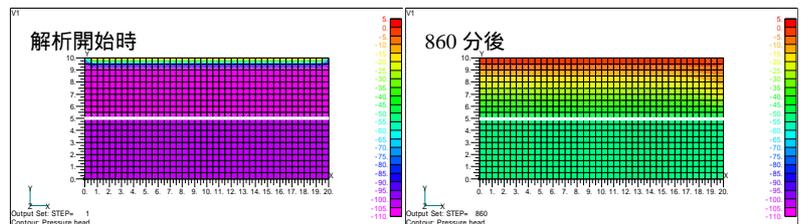


図-7 圧力水頭分布図

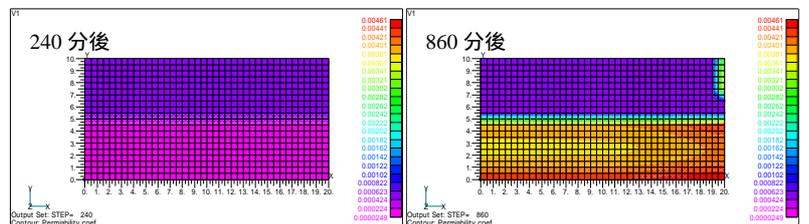


図-8 透水係数分布図

【参考文献】

- 1)地盤工学会編.不飽和地盤の挙動と評価,丸善,pp.143-188,2002.
- 2)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.
- 3)K.Sako and R.kitamura:A practical numerical model for seepage behavior of unsaturated soil,Soils and Foundatious(投稿中).