MRIを用いた種々の不飽和材料の浸透挙動に関する考察

山梨大学工学部 学生会員 ○七澤 直斗
山梨大学大学院 学生会員 荒木 大輝
山梨大学大学院 正会員 荒木 功平
山梨大学大学院 非会員 舛谷 敬一
山梨大学医学部附属病院 非会員 熊谷 博司 坂本 肇 大西 洋

１．はじめに

近年，降雨により発生する土砂災害は深刻な問題となっている．土砂災害の多くは地盤に複雑な浸透が生じることにより，地盤が崩壊して発生する．不飽和土中の水が取り得るサクションの範囲は広く，土質だけでなく含水比によっても推移する．そのため，統一的に不飽和透水特性（不飽和透水係数など）を明らかにする方法はいまだ確立されておらず，複数の試験方法を組み合わせる必要があるのが現状である．

本研究では，MRI（核磁気共鳴画像法）を用いて不飽和土中の浸透挙動の可視化を行う．具体的には，MRI 撮像結果から取得した画素値を含水比に変換することで，定量的な時間～距離～土中水分関係を明らかにしている．

２．評価方法

2.1 水平浸透試験装置の概要

写真 1 は本研究で用いている水平浸透試験装置である．図-1 に，水平 [1)2)]浸透試験装置の模式図を示す．試験装置はリングセルとマリオットタンク，樹脂性バルブから構成される．MRI で撮像するために，試験装置はすべて，非金属の素材で構成したオリジナルの装置である．図-1 の水平浸透試験装置は，厚さ 10mm，内径 30mm のリングセルを 50 個（500mm）連結して用いている． 水平浸透試験における浸透方向は図-1 に示す x 方向である．

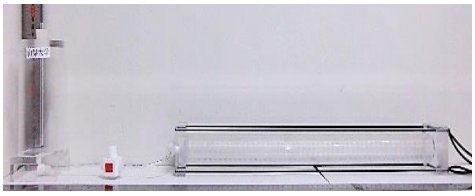


写真-1 MRI 用水平浸透試験

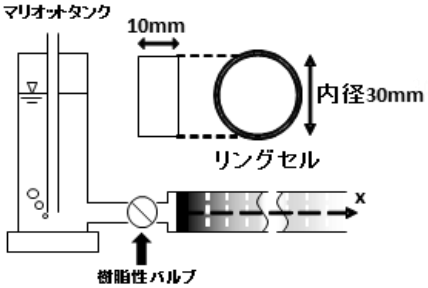


図-1 水平浸透試験装置模式図

2.2 試験方法

連結した，リングセルの内部に試料を密詰めにし，浸透させる．バルブを開いた時刻を試験開始時刻とする．浸透前線が所定の位置に達したときに，試験を終了する．

３．用いる試料

本研究では豊浦砂，カオリン粘土，真砂土を試料として用いる．図-3 に本研究に用いた，それぞれの粒径加積曲線を示す．図-2 から真砂土は細粒分から礫までの土が，広範囲にわたり組成されていることがわかる．本研究では，材料による粒度分布の違いが，どの程度浸透挙動に影響を及ぼすかを考察する．

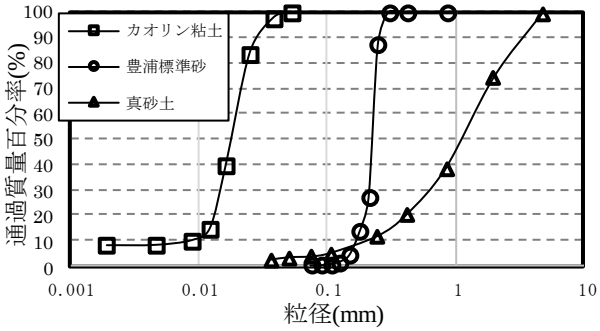


図-2 粒径加積曲線

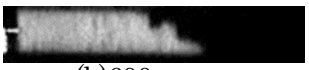
４．水平浸透挙動の観察

図-3 に豊浦砂，図-4 にカオリン粘土，図-5 に真砂土の水平浸透挙動を示す．真砂土に関しては撮像結果が目視しづらいので，浸透前線に点線を付加している．以下を見ると約 300 秒間での浸透距離は豊浦砂，真砂土，カオリン粘土の順に小さくなっていくことがわかる．以上より，細粒分含有率が大きくなるにつれて浸透速度が遅くなると考えられる．図-3，図-5 から豊浦砂と真砂土は浸透前線が斜めに分布していることがわかる．一方，図-4 からカオ

キーワード 不飽和，可視化，MRI，画素値，
連絡先 〒400 0016 山梨県甲府市武田 4-3-11 B-1-124 TEL：055-220-8528 E-mail：g17tc002@yamanashi.ac.jp

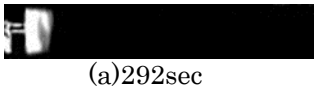
リン粘土では浸透前線が浸透方向に対して垂直に分布していることがわかる． すなわち，この浸潤前線の傾きは，材料の違いによる水分特性の違い，3cm 程度の厚さでも重力の影響は無視出来ないことを意味している．

(a)297sec


(b)600sec

(c)903sec

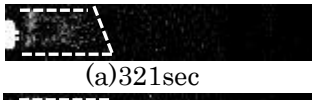
図-3 豊浦砂


(a)292sec

(b)616sec

(c)912sec

図-4 カオリン粘土


(a)321sec

(b)611sec

(c)901sec

図-5 真砂土

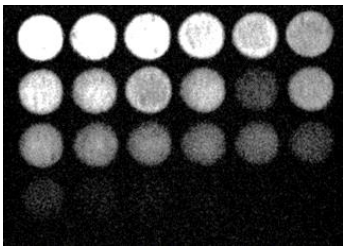


図-6 含水比調整試料

5．画素値変換法を用いた水分移動の数値的評価

MRI 撮像結果から浸透挙動の数値的評価を行う．図-6 に，豊浦砂の含水比をおよそ 1%ごとに 1～24%まで調整した指標の撮像結果を示す．図-7 に画素値と含水比関係における近似曲線の例を示す．決定係数 R^2 は 0.987，相関係数が 0.974 の高い値が得られたため，画素値と含水比の相関は高いといえる．この曲線を撮像された MRI 画像ごとに求めて，含水比に変換する．

図-8，図-9，図-10 に豊浦砂，カオリン粘土，真砂土に対して数値的評価を行った結果を示す．豊浦砂は実験開始から 903 秒で 200mm 浸透したが，真砂土はほぼ同時刻で 80mm であったので，浸透速度が遅いことが明らかである．また，図-8，図-10 より，真砂土は豊浦砂より低含水比で浸透が及んでいることが明らかになった．また，図-9 からカオリン粘土は 900 秒で約 50mm の浸透であることがわかり，豊浦砂や真砂土と比べて浸透速度が小さいことがわかる。これは，透水係数が小さいことが原因だと考えられる．

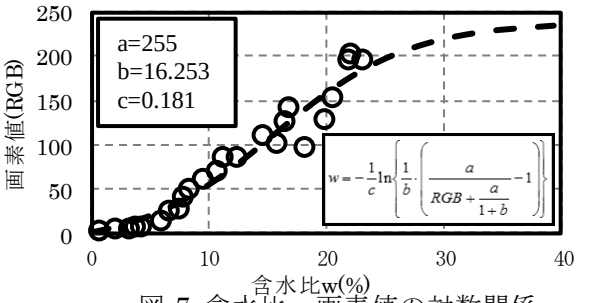


図-7 含水比―画素値の対数関係

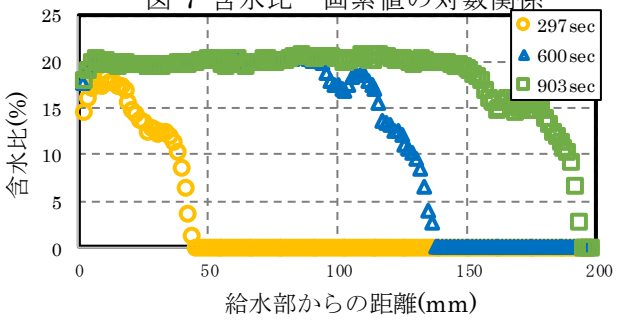


図-8 含水比―距離関係(豊浦砂)

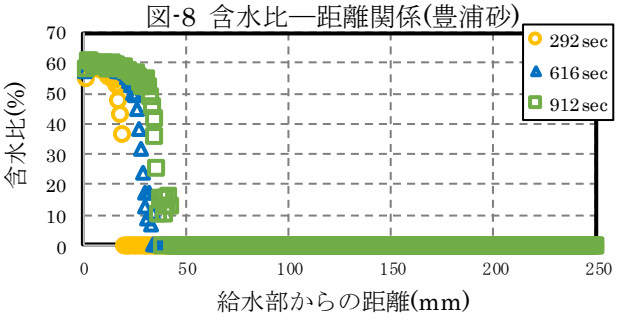


図-9 含水比―距離関係(カオリン粘土)

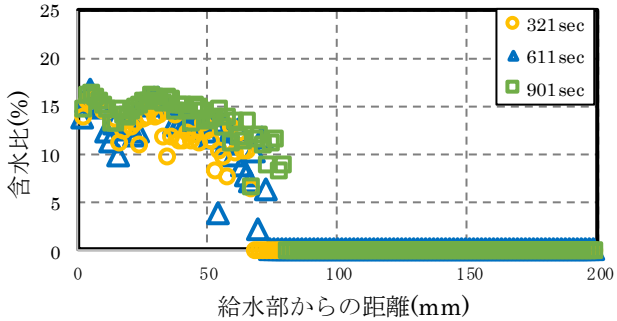


図-10 含水比―距離関係(真砂土)

6．おわりに

本研究では，豊浦砂，カオリン粘土，真砂土の浸透挙動の評価を行った．3 つの浸透挙動を観察した結果から，細粒分含有率が大きくなると浸透速度は遅くなることが考えられる．

また，真砂土の粒度分布は細粒分から礫までと広範囲であったので，二つとの差異性を考察した．真砂土と豊浦砂は 3cm 程度の厚さでも水分特性や重力の影響を無視出来ず，浸潤前線に傾きを生じることがわかった．また，真砂土は豊浦砂と比べると浸透速度は遅いのに加えて，比較的低い含水比状態で浸透が及ぶことを，MRI 撮像による可視化から明らかになった．

7．参考文献

1) 荒木功平，藤森弘晃，舛谷敬一，熊谷博司，坂本肇，大西洋：ＭＲＩによる土の保水・透水特性把握に向けた新たな試み，地域性を考慮した地盤防災減災技術に関するシンポジウム論文集，pp.43-46，2015.

2) Hiroaki Fujimori，Kohei ARAKI，Keiichi MASUTANI，Hiroshi KUMAGAI，Hajime SAKAMOTO，Hirishi ONISHI：Grasp and evaluation of the unsaturated seepage behavior of soil by using MRI，Geoenvironmental Disasters（2016）3:28，pp.1-5，2016.