MRI による不飽和浸透挙動の把握と評価の試み

山梨大学工学部 学生会員 〇板倉洋介

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

地表近傍の地盤は、平常時、不飽和(空気を含んだ地盤)であるが、豪雨時は雨水が浸透し、空気と置換し ていく.不飽和地盤の複雑な浸透挙動の研究に関心と理解を広く得ていくため、近年の地盤防災では住民への 「知らせる努力」が求められている.直感的で視覚的な試験手法が必要である.学術的にも長時間に及ぶ不飽 和土の吸水過程を面的に簡単に可視化する技術が確立されれば極めて有用性が高い.

本研究では、新たな不飽和土の浸透試験方法を開発すべく、山梨大学医学部附属病院の MRI(核磁気共鳴 画像法)装置を用い、不飽和浸透挙動の直感的で視覚的な把握を試みている.また、MRI 画像から土の含水 比等の評価を試みている.

2. MRI 用不飽和浸透試驗装置概要

写真-1 に MRI 用不飽和水平浸透試験装置,図-1 にその模式図を示す.リングセル

(厚さ10mm,内径30mm)50 個と定水位 給水装置から成る.MRI(核磁気共鳴画像 法)で撮影できるようにするために全て非 金属性の部品で構成している.



3. MRIによる不飽和浸透挙動の把握の試み

樹脂製バルブを開いた時刻を開始時刻とする. 左端が給水側で右方向に浸透する過程を撮影する. 水分が多いほど白く表示される. リングセルの下には,外径 50.7mm(内径 47.4mm,高さ 14.1mm)のシャーレを設置し,含水比 w=25%, 20%, 15%, 10%, 7.5%の試料を詰めている.

図-4(a), (b), (c)は乾燥豊浦砂を用いた 320, 620, 920 秒後の吸水過程時の撮影結果を示している. ただし, 砂鉄分 (質量比で全体の約 0.4%) は除いている. 乾燥密度は 1.6mg/mm³程度である.

図-4 をみると、含水比 w が 10%を下回るとほとんど映らなくなる様子がわかる.また、下側ほど浸透が進んでいることがわかる.30mm 程度の高低差でも重力の影響を受けることがわかる.また、浸透部について、 白く映る領域と黒い領域の境界が明瞭に認められる.以下、この境界を浸透線と称する.浸透線では不連続な 含水比変化が発生していることを示唆している.

図-4(c)をみると、約 210mm の位置に丸く黒い部分が見られた. 空気のトラップと考えられる. このことは 浸透線で不連続な変化が水分と空気の速やかな置換を妨げたことが要因と考えられる.



キーワード MRI 不飽和土 可視化

連絡先 〒400-0016 山梨県甲府市武田 4-3-11-B-1-124 山梨大学工学部 TEL. 055-220-8528 E-mail: karaki@yamanashi.ac.jp

図-5(a)~(c)に乾燥ガラスビーズ(粒径 0.2mm, 土粒子の密度 2.497mg/mm³)を用いた 317, 617, 917 秒後の撮影結果を示す.ただし試料が撥水したため水頭を 10mm 与え浸潤した.図-4(a)~(c)と図-5(a)~(c)をそれぞれ比較すると,水頭を与えたにも関わらず,ガラスビーズの浸潤が遅かった.豊浦砂の 50% 通過粒径が概ね 0.2mm であることを考えれば,この浸透特性の違いは粒径よりも材料の親水性・撥水性の影響と考えられる.





図-6(a)~(d)は乾燥豊浦砂の 667 秒後~852 秒後(約1分毎)の約 190mm の位置における横断面を示している.図-6 から,リングセ ルの外側から浸透していることがわかる.特に内部に左上部に向か って空気のトラップと考えられる丸く黒い部分があらわれている.

図-7(a)~(d)は乾燥ガラスビーズの 1673 秒後~1860 秒後(約1 分毎)の約130mmの位置における横断面を示している. ガラスビ ーズは浸透にほとんど進捗が見られなかった.

このような横断面や縦断面など任意断面を長時間継続的に撮影で きるのは MRI の利点である.

(a) 667sec (b) 728sec (c) 790sec (d) 852sec (b) 728sec (c) 790sec (d) 852sec (c) 790sec (d) 1860sec (c) 1798sec (d) 1860sec (c) 77 横断面

(ガラスビーズ, x = 約 130mm)

4. MRIによる不飽和浸透挙動の評価の試み

MRI 画像から不飽和浸透挙動を非破壊で連続的に評価できれば極めて有用である.

図-8 は含水比調整したシャーレの最大画素値と対数近似曲線を示す.決定係数 R² が 0.9 以上あり,画素値 と含水比の相関は高いことがわかる.なお,含水比が0でも画素値0にならないため対数近似を用いた.

図-9 は豊浦砂の含水比~距離関係について,鉛直方向の画素値を平均し,図-8 の対数近似式により含水比 に変換した結果(以下,MRI法)と,不飽和浸透試験装置を分解しセル毎に含水比を求められた結果(以下, 直接法)を示す.図-9から,MRI法と直接法の間には極めて良好な関係が認められることがわかる.

図-10はMRI法による不飽和浸透挙動の評価結果を示す.図-4(a)~(c)がT320,T620,T920に対応し,図-5(a)~(c)がG317,G617,G917に対応する.連続的に含水比~距離関係を評価した.



3. おわりに

MRI による不飽和浸透挙動の把握と評価を試みた.第一に,不飽和地盤中の浸透挙動を非破壊で連続的に MRI 画像として視覚的に取得した.その結果,空気のトラップ挙動などが捉えられた.第二に,MRI 画像か ら含水比等の評価を行った.その結果,既往の実験結果と良好な関係が示された.

謝辞:本研究は、国土交通省の河川砂防技術研究開発公募地域課題分野(砂防)および山梨大学の平成27年度戦略・公募プロジェクトー研究 プロジェクトー(スタートアップ研究支援)の援助を受けた.ここに深甚の謝意を表す.

ノロンエ 参考文献

1) 荒木功平・村山啓太・安福規之・大嶺聖・ハザリカヘマンタ: 粒度分布を反映した赤土等の土砂流出量算出のモデル化に関する研究, 第9回 環境地盤工学シンポジウム論文集, pp.213-216, 2011