# MRI による不飽和土の浸透に伴う水分分布の把握に関する新たな試み

	山梨大学	学大学院	え 学生	E会員	○蕂	森	弘晃
	山梨大学	学大学院	λ I	E会員	荠	志木	功平
	山梨大学	学大学院	記 月	卡会員	夘	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	i 洋

## 1. はじめに

近年,降水に伴う地盤災害が多数報告されている.浸透に伴う斜面崩壊等の発生メカニズム解明が必要である<sup>1)</sup>.一般的に解析技術は,室内試験の再現により信頼性が確保され,現地盤に適用される.しかしながら,通常,解析結果の妥当性は室内試験により得られた試験後の巨視的な状態量との比較により確認がなされる.よって,試験途中の供試体内の挙動を可視化し,視覚的に面的かつ時間変化を把握できれば非常に有用である.

本研究では、医療用の MRI 装置を用いて、土の不飽和浸透挙動の可視化を検討している.また、MRI 撮像 結果から土の含水比を求め、室内試験で得られた含水比と比較・考察している.

### 2. MRI 用水平浸透試験装置の概要

MRI(核磁気共鳴画像法)装置とは、医療分野で病変の発見に用いられる、直接目視できない人体内部の撮像を行う装置である.また、長時間撮像を続けることが可能である.MRIにより土中の不飽和水平浸透挙動を可視化し、水分移動を把握できれば非常に有用である.

不飽和水平浸透挙動を把握するための試験装置は水分拡散係数をボルツマン変換法<sup>2)</sup>を用いて求める際に 用いられる.

写真-1 に MRI 用不飽和水平浸透試験装置,図-1 にその模式図をそれぞれ示す.厚さ 10mm,内径 30mm の リングセル 50 個とマリオットタンクからな

る定水位給水装置で構成される.

MRI 装置で用いることを考慮し, 試験装 置は全て非金属の素材から作製されている. セル同士テープと虫ゴムで固定したリング セル内に乾燥試料を密詰めし, 樹脂製バルブ を開き浸潤を開始させる.

## 3. 乾燥砂を用いた不飽和浸透挙動の観察

MRI 装置を用いて水平浸透試験の観察を行う. 図-2(a), (b), (c) に乾燥豊浦標準砂を用いて行った水平浸透試験吸水過程時 50, 531,920 秒後の MRI 撮像結果を示す. 左端が給水部で右方向に 浸透する. 試験は樹脂製バルブを開いた時刻を開始時刻とした. 水分が多いほど白く撮像される. リングセルの下には外形 50.7mm

(内径 47.4mm, 高さ 14.1mm)のシャーレを設置している. 含水 比 w が 10%を下回るとほとんど映らなくなる.

図-2(a)より,給水開始直後は浸透方向にほぼ直交し浸透が進む が,図-2(b),(c)のように時間が経つにつれ下側の浸透が速く進む. 30mm 程度の試料厚さでも重力の影響をうけることがわかる.浸 透の前線部では白と黒の境界が明瞭に表れている.

50.7 mm 50.7 mm 50.7 mm 50.7 mm 50.7 mm (w = 25%) (w = 20%) (w = 15%) (w = 10%) (w = 7.5%)(a) 50 秒後 . 0mm 50,7 mm 50.7 mm 50.7 mm 50.7 mm 50.7 mm (w = 25%) (w = 20%) (w = 15%) (w = 10%) (w = 7.5%)(b) 531 秒後 30mm 50.7 mm 50.7 mm 50.7 mm (w = 25%) (w = 20%) (w = 15%) (w = 10%) (w = 7.5%)(c) 920 秒後 図-2 縦断面図(豊浦標準砂)

試験装置模式図

キーワード MRI, 不飽和土, 可視化, 浸透, 保水性, 水分分布 連絡先 〒400-8511 山梨県甲府市武田 4-3-11-B-1-124 地盤工学研究室 TEL 050-220-8528



写真-1 MRI 用不飽和浸透 試験装置

# 4. MRIによる試料の含水比測定

MRI 画像から浸透挙動を面的 かつ連続的に把握できれば極め て有用である.

図-3 に含水比調整したシャ レの画素値と対数近似曲線を示<sup>410</sup> す.決定係数 R<sup>2</sup>は 0.9 前後の高 い値を得られたため画素値と含 水比の相関は高いといえる.なお, 含水比が0でも画素値は0でない ため対数近似を用いた.





図-4に含水比~距離関係について,鉛直方向の画素値を平均し, 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、セル毎に炉乾燥法で含水比を求めた結果 (以下,直接法)を示す.図-4より,MRI法と直接法の間には極 m

めて良好な関係が認められる. 直接法では含水比は 10mm 間隔で 得られるが, MRI 法ではそれより細かい間隔で得ることができる.

図-5(a), (b)に 531, 920 秒後の含水比~距離関係を MRI 法により 求めた結果を示す. ただし、「平均」の含水比は円筒鉛直方向の画 素値を平均し求めた値、「上部」・「下部」は円筒の上部(上から 7.8mm)と下部(下から9.1mm)の含水比~水平距離関係を示す。

図-5(a)の120mm~180mmにおける含水比~距離関係は「上部」 より「下部」の方が減少に転ずる位置が長いことがわかる.これは, 著15

「上部」より「下部」の水頭が高く、浸透が速く進んだためである. また、「上部」・「下部」は「平均」と比較し急激に減少している. このことは、浸透の前線部の右側と左側で含水比に大きな差がある ことを示している. 浸透前線は含水比の不連続境界といえる.



図-5(b)の 920 秒後では浸透の前線部が 250mm まで達している. 図-5 MRI 法による不飽和浸透挙動の評価 リングセルを連結させた水平浸透試験装置が 500mm の長さであるため中央付近まで到達した図-5(b)の方が境 界条件の影響を受けにくいと考えられる. 今後, 境界条件の影響を分析していきたい.

### 6. おわりに

本研究では、不飽和水平浸透試験の MRI 装置を用いた撮像を行った. MRI 装置による撮像から円筒下部で 浸透が速く進むことを確認した. MRI 画像から含水比を測定し, 室内試験の結果と比較し妥当性を確認した. MRI 法により, 室内試験では得られない円筒内の上部と下部の含水比の違いを得ることが出来た. 今後, 試 験装置内のより精緻な把握を行い,不飽和浸透挙動のメカニズム解明に貢献したい.

謝辞 : 本研究は, 国土交通省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. 参考文献

1) 荒木功平・川越清樹・山中稔・ハザリカヘマンタ・原忠・中澤博志・熊本直樹・齋藤修・酒井直樹:平成 26 年 8月豪雨による広島市土砂災害現地踏査・ヒアリング調査結果の速報,第11回環境地盤工学シンポジウム論文集, pp.83-88, 2015.

2) 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.

-324-