

東北大学 学 佐山 貴宏 学生会員 佐々木 航平・正 森 友宏・フェロー 風間 基樹

1. はじめに

大規模造成宅地の谷埋め盛土基盤において,室内透水試 験から求めた谷埋め盛土の土の透水係数と, 原位置観測で の降雨開始から地下水位が変化するまでの時間から求めた 透水係数には大きな差が見られ¹⁾たことから、降雨による 水分が盛土内へ浸透するとき,水分の大部分は盛土内の透 水係数の大きい部分を流下していると考えられる²⁾.そこ で、本研究では高さ $2.0~{
m m}$ 、直径 $0.2~{
m m}$ の円筒模型供試体 ${
m Step 2}$ 上方からの降雨の入力 Rain を用いた水分特性試験を行い, 礫・空隙が不飽和地盤の水 分特性に及ぼす影響について検討した.

土柱法による土の水分特性試験 2.

2.1 試験条件

本研究では,原位置観測サイトと同じ宮城県仙台市内の 大規模造成宅地の谷埋め盛土の土を用いた,試験は礫分を **除いた**粒径 2 mm 以下の砂分のみのケースと粒径 9 mm ~ 粒径 53 mm の礫分を混入したケース,そして空隙を混入 したケースについて試験を行った.

試験供試体は,高さ2.0m,直径0.2mのアクリル円筒に 試料を入れて突固めを行い作成した(写真-1).また,混入 $ext{Step5}$ 上方からの降雨の入力 Rain した空隙は(写真-2)に示す.空隙要素は,3mm×3mm の穴の開いた5 cm×8 cm の樹脂製のネットに切込みを入 れて,サイコロ状にして作成した.

供試体の作成にあたって,2mm以下の砂分の乾燥密度 を制御した.供試体内の飽和度の経時変化を計測するため, G.L.=-1.9 (No.1), -1.7 (No.2), ..., -0.1 m (No.10) L 土壌水分計 (Decagon 社製 EC-5) を設置した.



写真—1 試験装置



写直-2 空隙



2.2 試験方法と手順

土柱法による試験は以下の手順で行った.また,試験ケー スの詳細を表-2.2に示す.

Step1 下方からの吸水

図-1-1)のように土柱の下端を地下水面と仮定し、サ クションのみによる下方からの吸水を行った、この過 程の最終状態から水分特性曲線の主吸水曲線を求めた.

表-2.2の降雨強度を模擬するように水を滴下した. この過程は、乾燥状態から降雨を浸透させた時の水の 不飽和浸透の様子を観察するために行った.

Step3 飽和透水試験

図-1-3)のように土柱の下から上へ透水させ,上部か ら排水を行った.ここでは飽和透水係数を求めた.

Step4 下方からの排水 Drainage

飽和透水試験によって土柱全体が飽和した状態から, 上部は大気開放として下方から排水を行った.この過 程の最終状態から水分特性曲線の主脱水曲線を求めた.

降雨条件は Step2. と同様である.



2.3 各ケースの水分特性曲線

図-2 に, Step1-Step4より得られた各ケースの水分特性 曲線を示す.Case3 では,乾燥した砂分に空隙を混入する と,空隙内に砂分が多量に侵入してしまうため,砂分の初 期飽和度を約20%に設定することで侵入を防いだ.

図-2 を見ると,砂分の乾燥密度が1.05 g/cm³ である Case1, Case2, Case3では,水分特性曲線にさほど大きな 違いは見られない.つまり水分特性曲線の形状に礫·空隙 の影響は受けないと言える.

一方,砂分の乾燥密度が1.20 g/cm³である Case4 は,同 じ礫分混入の Case2 と比べて主吸水曲線が地表面側にシフ

	土の種類	砂分の乾燥密度	降雨強度	step1	step2	step3	step4	step5
	(体積比)	(${ m g/cm^3}$)	($\mathrm{mm/h}$)	(day)				
case1	砂(100%)	1.05	10	5.9	8	2.3	5.8	7.9
case2	砂+礫(80%:20%)	1.05	10	6.1	11.1	2.3	6	5
case3	砂+空隙(80%:20%)	1.05	3	7.8	13	9	13	5
case4	砂+礫(80%:20%)	1.20	$0.75 \sim 3$	10	22.9	13	14.6	7

トし, さらに主排水曲線が高飽和度側にシフトしている.こ れは砂分の密度の増加に伴いサクションが増加したため, 主吸水曲線では水位の上昇が見られ,主排水曲線では高飽 和度を保持する力が大きくなったと考えられる.つまり水 分特性曲線の形状は,砂分の乾燥密度の影響を受けている ことがよくわかる.



2.4 飽和度の時刻歴

図-3,図-4,図-5,図-6は各ケースの飽和度の時刻歴 を示したものである.Case1,Case2,Case3を比べると, 飽和度の時刻歴は礫分や空隙分に関わらず似た形状となっ ているのが分かる.砂分の乾燥密度の違うCase4を見てみ ると,一度飽和度が上昇するとそのまま長時間高飽和度を 維持した形状となっている.これもサクションの増加が原 因と考えられる.



2.5 不飽和状態での透水速度

表-2,表-3はG.L.-0.9mでの各ケースの乾燥降雨過程, 飽和排水過程における飽和度の時間変化率(dSr/dt)を表 したものである.また,図-7,図-8は表-2,表-3をグラ フにして示したものである.

図-7 を見ると,低飽和度状態から高飽和度状態へ移行 する乾燥降雨過程においては,砂分中の礫・空隙が水の浸 透の障害となって浸透速度に影響を与えていることが分か る.つまり,水はそのほとんどが砂分中を移動し,浸透し ていくと考えられる.

一方,高飽和度状態から低飽和度状態へ移行する飽和排水過程においても,礫、空隙が水の浸透の障害となっていることがわかる.飽和排水における浸透速度は,乾燥降雨 過程とは異なり,同じ砂分乾燥密度では礫>空隙となっている.これは,飽和状態では空隙内に水が充満しているため,水の絶対量が多く,浸透速度に影響を与えているため だと考えられる.

また,砂分の乾燥密度を大きくすると,浸透速度はさら に遅くなっている.乾燥降雨過程では,砂分が密になった ことで土粒子の間に水が浸入しにくくなったためだと考え られる.飽和排水過程では,サクションの増加により土粒 子の間に水を保持する力が強くなったので,浸透速度が遅 くなったと考えられる.

表-2 乾燥降雨飽和度時間変化率

	乾燥降雨過程 (/sec) G.L-0.9 m						
飽和度	0.2	0.4	0.6	0.8			
case1	1.40×10^{-2}	$1.55{ imes}10^{-2}$	$1.38{ imes}10^{-2}$	2.54×10^{-3}			
case2	3.04×10^{-3}	2.15×10^{-3}	$3.56{\times}10^{-4}$	-			
case3	3.81×10^{-3}	3.94×10^{-3}	6.49×10^{-4}	1.27×10^{-4}			
case4	1.28×10^{-3}	1.34×10^{-3}	1.12×10^{-4}	4.80×10^{-5}			

表-3 飽和排水過程飽和度時間変化率

	飽和排水過程(/sec)G.L-0.9 m							
飽和度	0.8	0.85	0.9	0.95				
case1	7.77×10^{-5}	4.85×10^{-4}	2.84×10^{-3}	2.74×10^{-3}				
case2	4.86×10^{-5}	$6.47{\times}10^{-5}$	$1.39{ imes}10^{-3}$	-				
case3	4.75×10^{-5}	$1.11{\times}10^{-4}$	1.11×10^{-4}	$6.65{\times}10^{-4}$				
case4	-	1.60×10^{-4}	4.80×10^{-5}	4.80×10^{-5}				



. 結論

- 1. 土の水分特性曲線は礫·空隙に関わらず砂分の乾燥 密度の違いに影響を受ける.
- 2. 乾燥降雨 · 飽和排水過程において, 礫 · 空隙は水の 浸透の障壁となっている.
- 3. 不飽和地盤内の水の浸透は,砂分の乾燥密度,透水 速度に支配される.

参考文献

- 千葉 崇,森 友宏,渦岡 良介,風間 基樹,神谷 研志:原位 置観測記録に基づく谷埋め盛土地盤内の水分分布の推定,第 44 回地盤工学研究発表会,2009.
- 2) 森 友宏,千葉 崇,渦岡 良介,風間 基樹:谷埋め盛土地盤 における降雨に伴う水分変化と地震応答特性,日本地震工学 会論文集,第10巻,第4号,2010.