

間隙空気の圧縮を伴う不飽和鉛直浸透実験

山口大学 正会員 ○吉本 憲正 非会員 山田 菜生
 山口大学 正会員 兵動 正幸 正会員 中田 幸男

1. 目的 近年、ゲリラ豪雨などの集中的な降雨が頻繁に観測されている。このような豪雨などで大気と接する境界付近の飽和度が急激に増加する場合など、空気の自由な移動が妨げられる場合には、間隙空気の圧縮により空気圧が上昇すると考えられる¹⁾。その結果、地盤内に空気が封入された状態となり、場合によっては、有効応力の低下を誘発するという現象も考えられる²⁾。本研究では、間隙空気圧・間隙圧・飽和度の計測が可能な不飽和鉛直浸透実験を行い、間隙空気圧の発生に伴う地盤へ与える影響について調べた。

2. 実験概要 図-1 に不飽和鉛直浸透実験装置の概要を示す。カラムの高さは、750mm で、内 600mm が試料部分となる。試料部分の下部から上部へ 120mm 間隔で、テンシオメータ・空気圧計・土壌水分計が側面から差し込む形で4箇所設置されている。いずれも下部から No.1, No.2, No.3, No.4 である。カラムの下部には、排気排水バルブを設けており、これの開閉によって、境界条件 (Drained, Undrained) を制御している。試料には、豊浦砂 ($\rho_s=2.645\text{g/cm}^3$, 初期飽和度 $S_r=20\%$) を用い、相対密度・境界条件を変化させた実験を行った。その実験条件を表-1 に示す。各試験でカラム内の高さ 100mm 分の水を上部より流入・浸透させた後、水位が 0mm になった後、30 分放置し、再度、同様に水位高 100mm 分の水を上部より流入させている。

3. 実験結果及び考察 実験中の様子の一例を写真-1 に示す。写真に示すように実験の条件によっては、写真-1(a)に示すような空気層が形成される場合と、ほとんど変化が観測されない場合がある。本研究では、写真-1(a)のような状態を「空気層あり」、(b)を「空気層なし」と定義する。図-2 に排気排水条件 ($D_r=30\%$) における間隙空気圧と間隙圧の時間変化を示す。凡例中の数字は、計測器の位置を示している。1 回目の流入では浸透のみであったため間隙空気圧の上昇はほとんど観察されなかったが、2 回目の流入では空気層が観察され、間

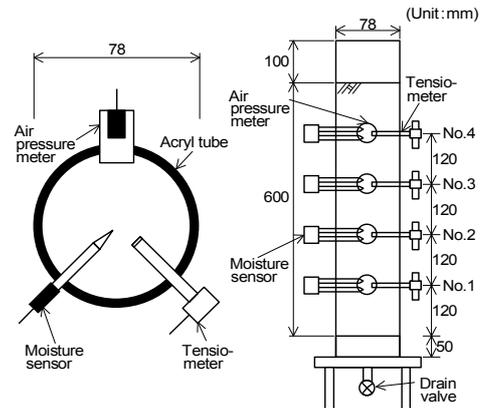


図-1 不飽和鉛直浸透実験装置の概要

表-1 実験条件

	S_r (%)	D_r (%)	Condition	Water Level h (mm)
Toyoura	20	30	Undrained	100
			Drained	
		50	Undrained	
			Drained	
		80	Undrained	
			Drained	



写真-1 実験中の様子

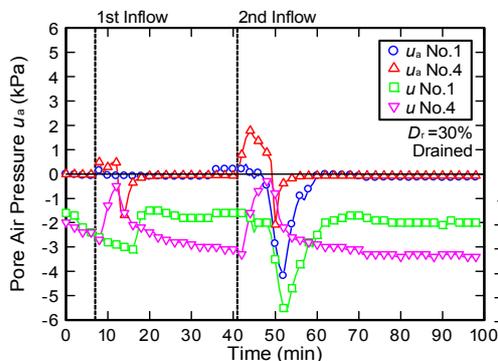


図-2 間隙空気圧、間隙圧の時間変化 ($D_r=30\%$, Drained)

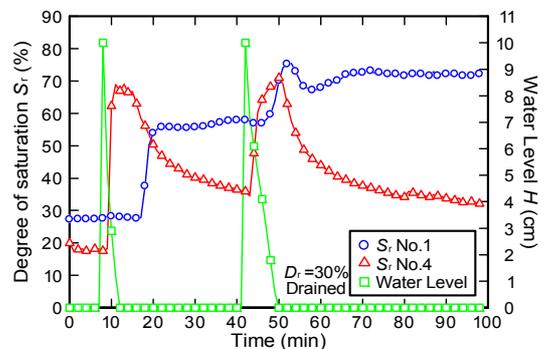


図-3 飽和度、水位の時間変化 ($D_r=30\%$, Drained)

キーワード 不飽和, 浸透, 間隙空気圧, 間隙圧, 飽和度

連絡先 〒755-8611 山口県宇部市常盤代 2-16-1 山口大学工学部社会建設工学科 TEL. 0836-85-9344

隙空気圧の上昇が認められた。これは1回目の浸透により、供試体の下部の飽和度が上昇したため、空気が閉塞されやすい環境が整ったことが原因と考えられる。同条件における飽和度と水位の時間変化を図-3に示す。間隙圧及び飽和度の結果より、一番上部の計測点である No.4 から順に反応しており、上部からの水の浸透が確認できる。

境界条件を変えた非排気非排水条件 ($D_r=30\%$) での間隙空気圧及び間隙圧の時間変化を図-4に示す。図より、水の流入により間隙空気圧、間隙圧ともに上昇し、一定の圧力を保持した後、圧力が減少し、ある値に収束する。また、1回目の流入では間隙空気圧は全ての計測点において一様に上昇した。これは初期飽和度が低く、間隙空気が試料の上部から下部まで連続していることによると思われる。図-5に同条件における飽和度と水位の時間変化を示す。排気排水条件(図-3)の場合と比較して、飽和度の値の上昇に時間を要していることから、境界条件の影響で水の移動に時間を要している。

水の移動速度の違いを検討するために、上部の水の流入速度と相対密度の関係を図-6に示す。ここで、流入速度 v は、水位高 $h=100\text{mm}$ の水を流入し始めてから、水位 0mm あるいは、定常に至るまでの時間 t (sec) で除した値 ($v=h/t$) とした。排気排水条件の1回目の流入では、いずれの相対密度においても、空気層は形成されないため、流入速度が速いが、空気層が形成される場合は、同じ相対密度であっても流入速度が $1/2\sim 1/3$ 程度まで減少する。また、それは初期の間隙空気の量が多い試料ほど顕著に減少している。このことから、相対密度や初期飽和度が一定であっても、空気層が形成されるか否かの違いで流入速度は大きく変化し、高い空気圧が発生するような不飽和地盤において、水の移動速度が一概に透水係数 k のみでは評価できないことが明らかとなった。

空気層が形成されることを踏まえ、それによる供試体の膨張量と最大間隙空気圧との関係を図-7に示す。図より、実験結果にばらつきはあるものの、最大間隙空気圧がある一定以上の値になると試料が膨張することが確認出来る。このような空気層の形成による試料の膨張は、間隙空気圧による影響で有効応力が低下したことにより生じた可能性がある。

4. 結論 不飽和鉛直浸透実験より、相対密度や初期飽和度が一定であっても、間隙空気圧の上昇により流入速度は大きく変化し、高い空気圧が発生するような不飽和地盤において、水の移動速度は一概に透水係数 k のみでは評価できないことが

明らかとなった。試料の膨張は、間隙空気圧の発生による有効応力の低下に起因している可能性が示唆された。

参考文献 1) 地盤工学会 不飽和地盤の挙動と評価編集委員会：不飽和地盤の挙動と評価, p.50, 2004. 2) 田中正：地中水に関する研究動向, 地下水技術, Vol.37, No.11, pp.1-11, 1995.

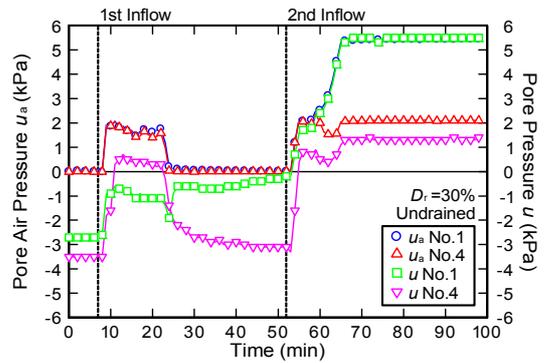


図-4 間隙空気圧、間隙圧の時間変化 ($D_r=30\%$, Undrained)

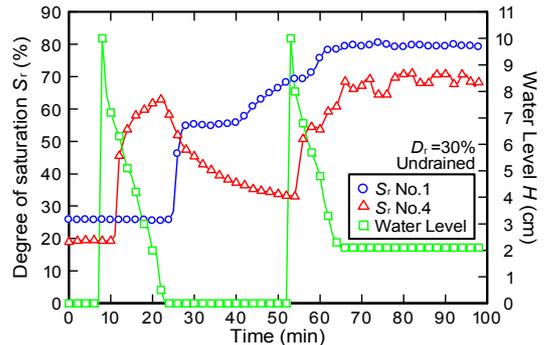


図-5 飽和度、水位の時間変化 ($D_r=30\%$, Undrained)

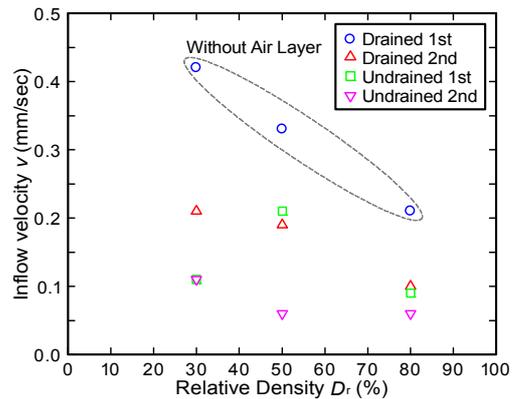


図-6 流入速度と相対密度の関係

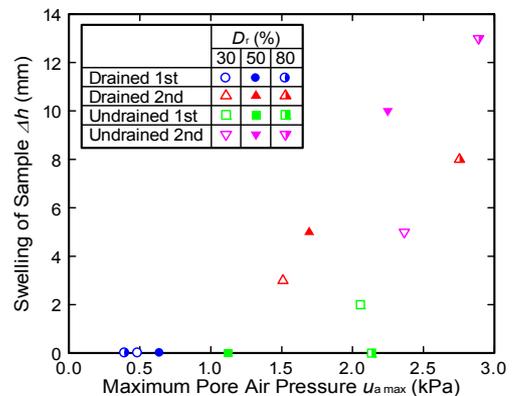


図-7 膨張量と最大間隙空気圧の関係