

第Ⅲ部門

まさ土の不飽和透水特性におよぼす風化度の影響

関西大学工学部

○学生会員 多田 信太郎

関西大学

正会員 西形 達明

(協)関西地盤環境研究センター

正会員 中山 義久

1.背景と目的

まさ土は盛土等の土木材料としての需要が高く、締固めて再構成したまさ土の力学的あるいは水理学的な研究は多くなされている。一方、自然斜面に存在するまさ土は、風化の度合いによって諸特性が大きく異なることや間隙構造が一様でないことから、不攪乱状態の試料による試験を行うことが重要になる。そこで、本研究では、できるだけ原地盤に近い状態を再現するために大型の不攪乱試料を用いた不飽和透水実験を行った。そして、降雨による斜面災害の予測の一つの指標として、風化度の違いが不飽和透水特性に与える影響について考察を行うことにする。

2.試験方法

不飽和地盤の透水特性を表す不飽和透水係数 k_{us} はDarcy則から流量と動水勾配の比で式(1)のように表される¹⁾。試験は、流量と圧力水頭が時間によって変化する非定常法を用いた。試料土中に10cm間隔に設置した2個の土壤水分計により土中の水分を測定し、これを積分することで流量を求め、また同様に2箇所測定したサクション値の差より動水勾配を算定した。次に、間隙径を表す毛管半径 R と間隙径分布を表す仮想毛管束の径の分布関数 $D'(R)$ については、それぞれ式(2),(3)より求めた²⁾。

$$k_{us} = \left(\int_{z_1}^{z_2} \frac{\partial h_p}{\partial z} dz \right) / \left(\frac{\partial h_p}{\partial z} + 1 \right) \quad (1)$$

$$R = 2\sigma / \rho gh_p \quad (2)$$

$$D'(R) = h_p / R \times (d\theta / dh_p) \quad (3)$$

ここで、 θ ：体積含水率[%]， h_p ：サクション[cmH₂O]， σ ：表面張力[N/m]， ρ ：水の密度[g/cm³]， g ：重力加速度[cm/s²]である。

図-1に本研究で用いた不飽和透水試験装置を示す。下部より供試体に徐々に給水することで飽和させた後、排水過程から試験を開始した。ここで、排水条件は重力排水とする。続いて、排水終了後に給水過程の試験を行った。これらの不飽和透水試験は不攪乱試料と攪乱試料の両方について実施し、これらの比較により不攪乱状態にあるまさ土の水理的特性を考察した。なお、攪乱状態のまさ土の間隙比は不攪乱状態にあるときと等しくなるように作成し、それぞれの値は表-1に示すとおりである。

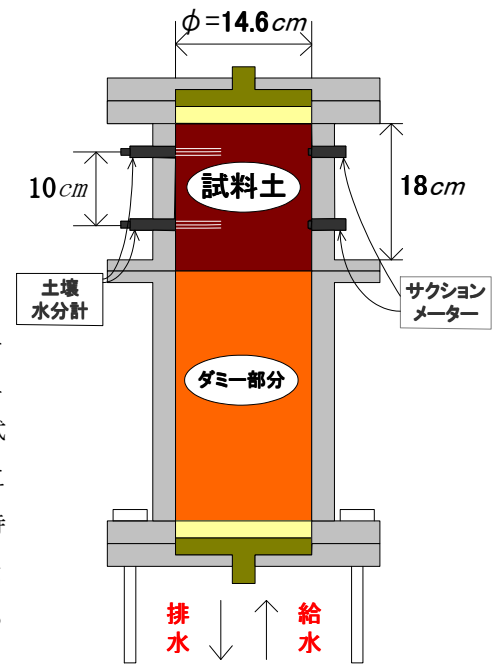


図-1 不飽和透水試験装置

3.試料の特性および風化度の決定

実験試料には表-1に示す不攪乱まさ土試料（まさ土1、まさ土2、まさ土3）を用いた。ここで、間隙比と各試料の採取場所の状況を考慮して、まさ土1の風化度が最も低く、まさ土3の風化が最も進んでおり、まさ土2はその中間にあるものと考えられることにした。

4.試験結果

図-2に風化度が最も小さいまさ土1における不飽和透水係数と水分特性曲線を示す。不攪乱試料は微細間隙が水を保持するため不飽和水係数は

表-1 試料の物性値

試料番号	間隙比	強熱減量	土粒子密度	湿潤密度	自然含水比
	e	$lg.loss[\%]$	$\rho_s[g/cm^3]$	$\rho_t[g/cm^3]$	$w_o[\%]$
まさ土1	0.49	3.9	2.74	2.03	12.9
まさ土2	0.54	2.4	2.70	1.94	10.3
まさ土3	0.63	3.9	2.73	1.89	18.3

Shintarou TADA, Tatuaki NISHIGATA, Yoshihisa NAKAYAMA

急激に減少し、攪乱試料に比べて排水・給水過程の水分特性曲線の差が少ない。これは、まさ土1の風化度が低いためにその不攪乱試料の骨格は比較的堅固であるが、攪乱試料は骨格が脆弱なため、透水時に間隙構造が変化したことが、原因として考えられる。

また、図-3には風化度が最も大きいまさ土3の試験結果を示す。まさ土3のように風化が進んだ試料では、不飽和透水係数は体積含水率とともに徐々に減少するようになる。これは両者の間隙径分布の違いが影響しているものと考えられる。

そこで、図-4,5にまさ土1およびまさ土3の間隙径分布を示す。まさ土1では、わずかなではあるが不攪乱試料の間隙径の分布幅が大きくなっており、攪乱試料は締固めによって間隙径の分布が一点に集中する傾向を示している。一方、風化の進んだまさ土3では、不攪乱試料は間隙径が幅広く分布し、さらに、粗大間隙の絶対量が多くなる。一方、攪乱試料は土粒子自体が脆くなっているため、間隙径の分布が一点に集中する傾向がより強くなる。これらのことが攪乱・不攪乱試料の透水特性に影響していると考えられる。

図-6には間隙比と不飽和透水係数との関係を示す。攪乱試料は間隙比の増加とともに不飽和透水係数の増加が緩やかになるのに対し、不攪乱試料では急激に増加していることがわかる。

以上の結果より、まさ土では風化が進行するほど攪乱試料・不攪乱試料の透水特性の差が大きく異なる。また、土構造の不均一性を考えると、できるだけ大型の試料を用いた試験が必要となる。今回、風化度の指標とした間隙比と不飽和透水係数の関係を考察したが、今後このような結果を数多く得ることで、まさ土の不攪乱試料の間隙比から降雨時の透水特性を推定し、斜面崩壊予測の一つの指標とすることができるものと思われる。

5.参考文献

- 1)地盤工学会不飽和地盤の挙動と評価編集委員会編：不飽和地盤の挙動と評価，地盤工学会，pp.11-84，2004.
- 2)土壌物理研究会編：土の物理学 - 土質工学の基礎 - ，森北出版，pp.219-233，1979.

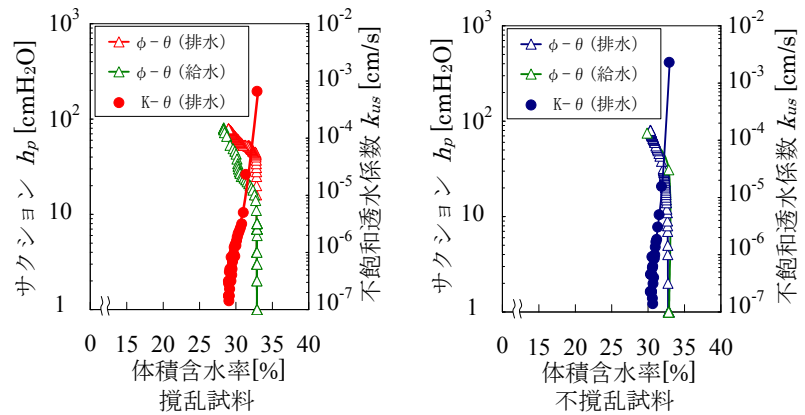


図-2 まさ土1の水分特性曲線および不飽和透水係数

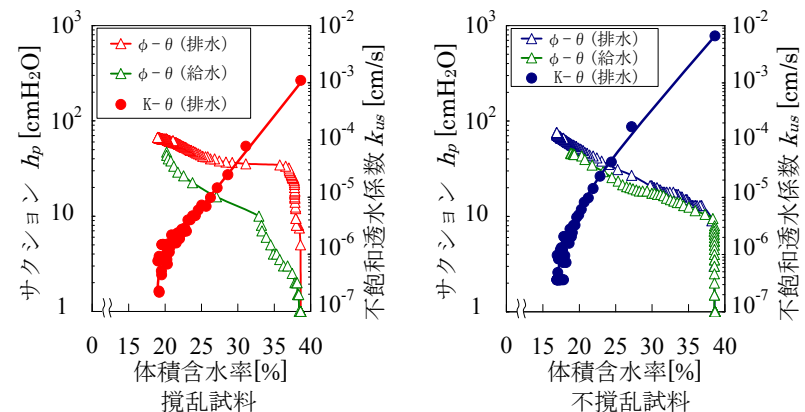


図-3 まさ土3の水分特性曲線および不飽和透水係数

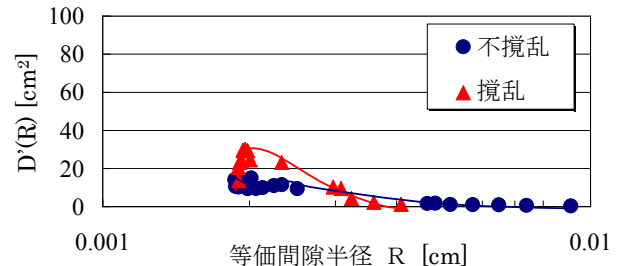


図-4 間隙径分布(まさ土1，風化度・低)

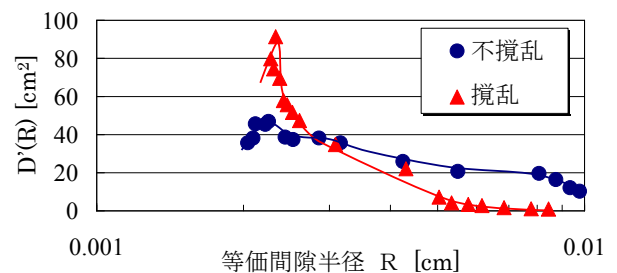


図-5 間隙径分布(まさ土3，風化度・高)

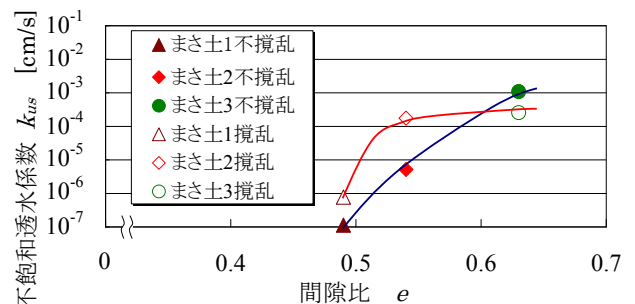


図-6 間隙比と不飽和透水係数