

地盤の間隙径分布が土粒子の移動と排水完了後の残留飽和度に及ぼす影響

前橋工科大学 学生会員 ○小山 まり
前橋工科大学 正会員 森 友宏

1. 研究背景と目的

昨今、台風や豪雨により人工造成地盤や斜面の崩壊が頻発している。その原因の一つとして、降雨浸透等による地下水圧の増減により土粒子が移動し、地盤内の密度が変化することで、地盤内の水理条件や強度が変化してしまうことが考えられている。本研究では、土粒子間の間隙径分布をパラメータとして、地下水位変動による土粒子の移動・流出、および、自然排水完了後の残留飽和度との関係について整理を行った。

2. 使用した試料

本研究では、試料としてヨナ土（東北地方、蔵王山由来の火山灰質砂質土）と、熔融石英（丸釜釜戸陶科株式会社:SiFOMN シリーズ:0.5-0.1）を用いた。ヨナ土と熔融石英の粒径加積曲線を図1に、両試料の顕微鏡写真を写真1に示す。

ヨナ土の締固め（JIS A 1210、A-a 法）による最大乾燥密度は 2.02g/cm^3 、最適含水比は 10.8%、熔融石英は粒径が均一であるため乾燥密度のピークは現れず、いずれの含水比においても乾燥密度は $1.20\sim 1.26\text{g/cm}^3$ であった。

3. 透水試験による土粒子の移動と間隙径分布の変化

3 段分割式（上、中、下段）の透水円筒（内径 10cm）を用いた変水位透水試験を行い、透水による透水円筒内の土粒子の移動の様子を観察した。土粒子の流出を考慮するため、透水円筒の上下にはポーラスストーンではなく有孔板を設置した。また、透水試験完了後、間隙径分布測定装置¹⁾（写真2 参照）を用いて、試験前後の間隙径の変化を求めた。

初期乾燥密度 1.468g/cm^3 でほぼ均質に締固めたヨナ土を飽和させ、水頭差 1.0~3.0m をかけて透水を行った。この時の透水係数は $1.50\sim 2.00\times 10^{-5}\text{m/s}$ であった。結果、水頭差 3.0m をかけた場合でも透水量は $2.6\text{m}^3/\text{s}$ と微量であり、透水円筒からの土粒子の流出は生じなかった。

しかし、透水円筒外への土粒子の流出は無かったものの、透水円筒内では土粒子の移動が生じていることが、3 分割の透水円筒（上、中、下段）の密度比較と間隙径分布計測から明らかとなっている。透水試験後の供試体の乾燥密度は上段 1.477g/cm^3 、中段 1.368g/cm^3 、下段 1.462g/cm^3 となった。初期乾燥密度は 1.468g/cm^3 であることから、透水円筒の中段部分の土粒子が上段および下段に移動したことがわかる。また、試験後の上、中、下段

の試料の粒径加積曲線を示したものが図2である。原土および上、中、下段のいずれも同じ曲線を示していることから、透水によって特定粒径の土粒子のみが移動したわけではなく、中段の土は均等に移動したことがわかる。

一方、上、中、下段の透水試験後の間隙径分布を求めた結果が図3である。この図からは、各段の供試体内で土粒子の分級が生じていることが読み取れる。間隙径分

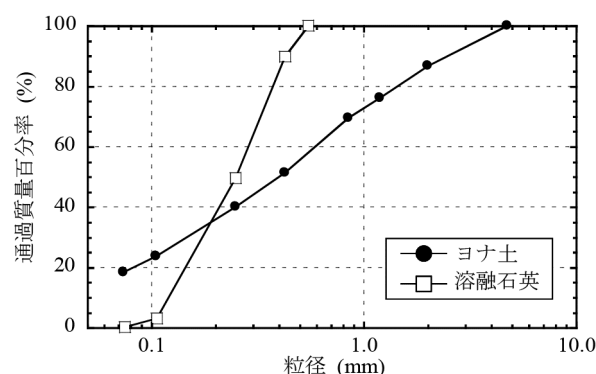


図1 ヨナ土と熔融石英の粒径加積曲線

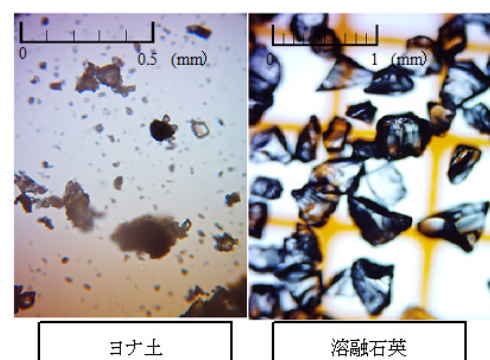


写真1 ヨナ土と熔融石英の顕微鏡写真

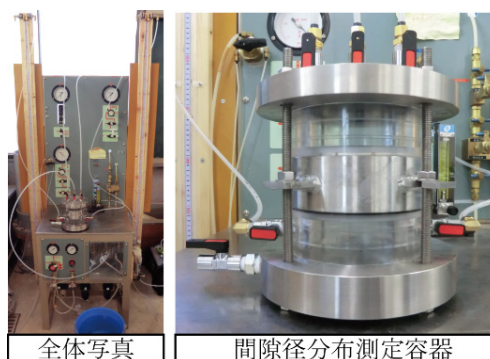


写真2 間隙径分布測定装置

キーワード 間隙径分布, 土粒子の移動, 不飽和土, 残留飽和度

連絡先 〒371-0816 群馬県前橋市上佐鳥町 460 番地 1 前橋工科大学 TEL 027-265-7308 E-mail : mori@maebashi-it.ac.jp

布測定装置は、地盤内の間隙を細管と仮定し、供試体の下から上へ空気圧をかけて細管内の水を排水するときの空気圧と水の表面張力との関係から、間隙径を算出するものである。図3では、中段に比べて、上段と下段の間隙径はより小さいという結果が得られているものの、前述の通り、上、中、下段の粒径分布は同等である。これは、上段、下段の供試体は粒径分布が同一であっても、供試体内部で層状に粒子の分級が生じていることを示唆している。粒径の小さな土粒子が層状に集まることで水や空気が流れ難くなっているものと推察される。これは、乾燥密度の調整だけを行い、透水試験を実施していないヨナ土の供試体の間隙径分布（図4参照）との比較からも示唆される。

4. 地盤の間隙径分布と排水完了後の残留飽和度

間隙径分布測定を行った後の供試体を自然排水状態におき、供試体からの自然排水が完了したときの残留飽和度を計測し、供試体の間隙径分布との関係を整理した。これは、排水暗渠等を設置したときの、排水停止時の地盤の飽和度を考えているのと同義である。

乾燥密度の調整だけを行い、透水試験を実施していないヨナ土の供試体の間隙径分布を図4に、熔融石英の供試体の間隙径分布を図5に示す。また、各試料における乾燥密度と残留飽和度、排水された推定最小間隙径を表1に示す。ヨナ土においては、乾燥密度 1.463g/cm³、1.419g/cm³、1.266g/cm³の試料における残留飽和度は、それぞれ 100.02%、94.15%、84.32%であった。排水された推定最小間隙径は 0.030~0.036mm の範囲に分布してい

る。一方、熔融石英における排水された推定最小間隙径は 0.038~0.050mm となった。熔融石英の推定最小間隙径がヨナ土よりも大きくなる理由として、写真1に見られるように、熔融石英の粒子の表面がより平滑であることから、メニスカス水の水膜厚が小さくなるためと考えられる。

以上のように、土の種類、粒径、乾燥密度を様々に変化させて間隙径分布と残留飽和度の測定を行ったが、自然排水が行われる地盤内の推定最小間隙径は 0.030~0.050mm であり、この間隙径に応じて自然排水による残留飽和度が決定されていると考えられる。

参考文献

1) 神谷浩二ら：「空気圧入法」による砂質土の間隙径分布の計測, 土木学会論文集, No.541/III-35, pp.189-198, 1996.

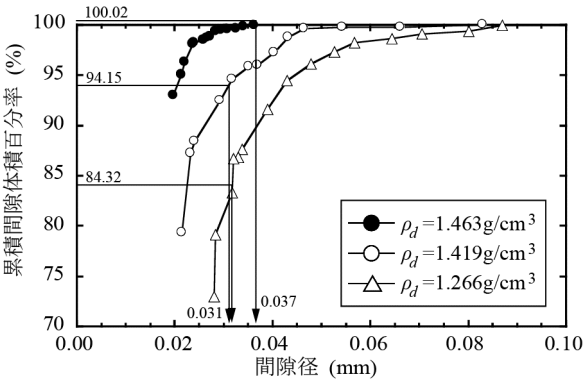


図4 ヨナ土（密度調整のみ）の間隙径分布

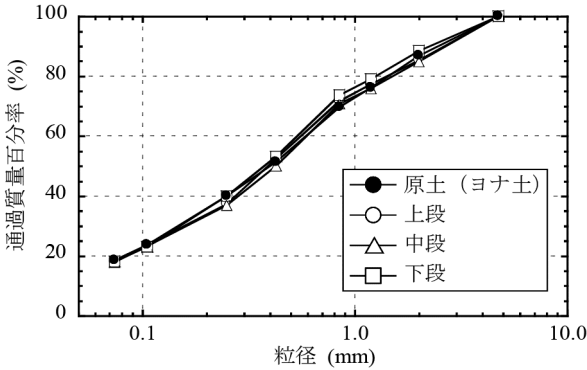


図2 ヨナ土の透水試験後の粒径加積曲線

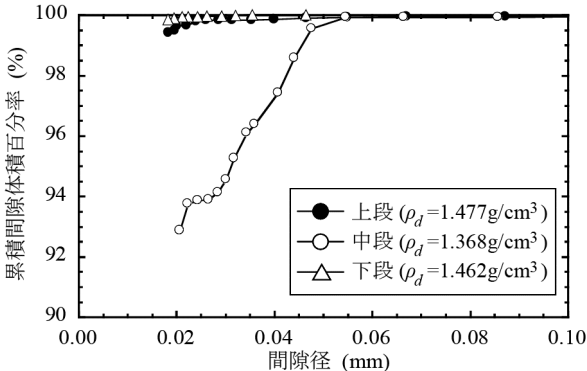


図3 ヨナ土の透水試験後の間隙径分布

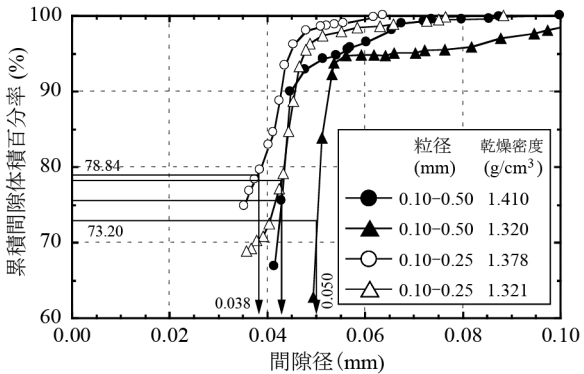


図5 熔融石英（密度調整のみ）間隙径分布

表1 各試料における残留飽和度と間隙径分布

試料	粒径 (mm)	乾燥密度 (g/cm ³)	残留飽和度 (%)	排水された 推定最小間隙径 (mm)
ヨナ土	無調整	1.463	100.02	0.037
		1.419	94.15	0.031
		1.266	84.32	0.031
熔融石英	0.10~0.50	1.320	73.20	0.050
		1.410	75.96	0.043
	0.10~0.25	1.321	78.10	0.043
		1.378	78.84	0.038