

土粒子の最大粒径に着目した土の強度定数に関する実験的評価

長崎大学工学部 学生会員 ○尾方 裕介
長崎大学大学院 フェロー会員 蔣 宇静

長崎大学大学院 正会員 杉本 知史
長崎大学大学院 正会員 李 博 学生会員 田中 利典

1. 研究の背景と目的

山岳・丘陵地帯で見られるように地山の風化により形成された地盤は様々な粒径の土粒子で構成されており、風化の程度がせん断強度にも影響を与えていると考えられる。そのため地山強度を推定する際にはこの影響を考慮することで、斜面の安定計算の精度向上につながるものと考えられる。

そこで本研究では実際の風化の程度を想定して粒径の異なる2種類の土を混合して一面せん断試験を行い、礫の粒度分布の変化が強度定数にどのような影響を及ぼすかを調べることを目的としている。

2. 対象試料の基礎データと実験概要

試料は多良岳周辺で採取した強風化の礫混じり粘性土を使用する。粘性土分としては採取した試料のふるい分けを行い、2mmふるいを通過するものを使用する。礫分は諫早市の採石場で採取した花崗岩を主体とするものを使用し、2~4.75mmと4.75~9.5mmと9.5~19mmの3種類を用意する。これらを乾燥質量比にして粘性土分50%に対して礫分50%を混合して作製した試料を図-1に示す一面せん断試験機を使用し強度特性を評価する。この一面せん断試験機は山口ら¹⁾によって開発されたもので、試験方法はまずせん断面の下部(30×25×5cm)を所定の締固めエネルギーにより作製し、その上にせん断箱(20×20×10cm)を設置する。次にその中に供試体を同様に作製し、試験機を設置する。载荷用ハンドルで垂直荷重をかけ、供試体をせん断する。また実験は図-2に示すような3種類の粒度分布で行う。2mm以下の試料で土粒子の密度 ρ_s は2.84g/cm³、2~19mm試料では2.64g/cm³をであった。これらから礫を混合した試料の土粒子の密度を計算して求める。各粒度分布での締固め試験の結果を表-1と図-3に示す。

3. 実験条件の決定方法

本研究では各粒度分布で乾燥密度を一定にして含水比のみを変化させた供試体を作製して一面せん断試験を行う。図-2に示すようにまず各粒度分布で締固め回数25回と15回の場合の締固め曲線と各飽和度の曲線

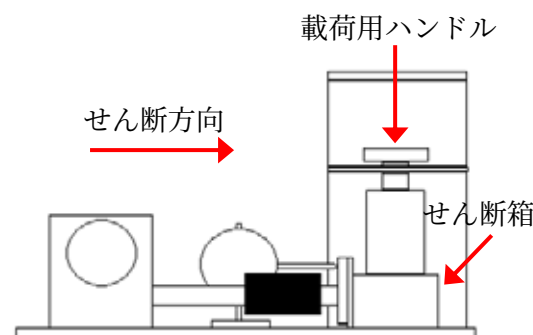


図-1 一面せん断試験機の模式図

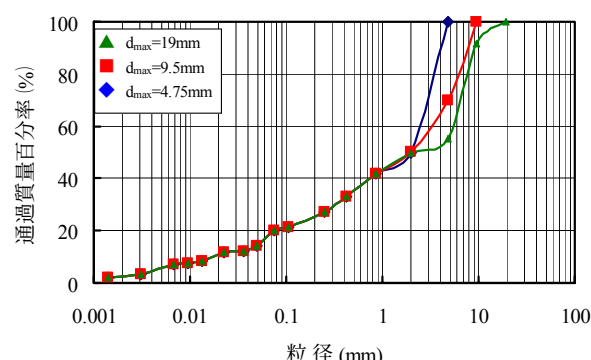


図-2 各最大粒径における粒径加積曲線

表-1 対象試料の物性値

$d_{max}(mm)$	$\rho_s (g/cm^3)$	$W_{opt} (%)$	$\rho_{dmax} (g/cm^3)$
4.75	2.73	22.5	1.65
9.5	2.73	20.7	1.66
19	2.73	22.9	1.63

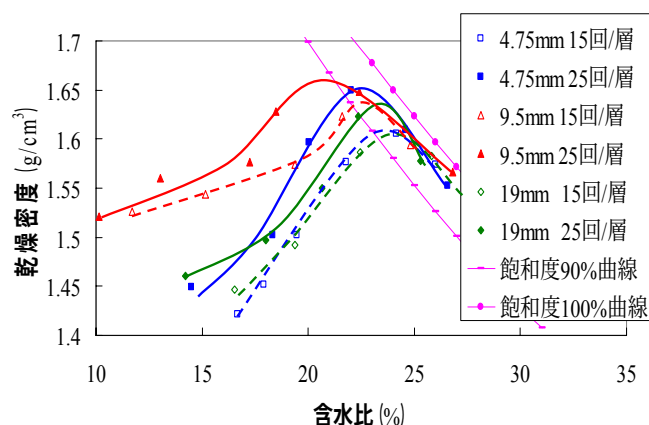


図-3 各粒度分布の締固め曲線

表-2 実験ケース

最大粒径 $d_{\max}$ (mm)	4.75	9.5	19
含水比 W (%)	20,23,24.8	18,21,22.5	20.8,24.1,26.2
飽和度 S_r (%)	78.2,90,96.9	71.4,83.3,90	77.7,90,97.9
垂直応力 (kPa)	3.7,7.5,11.2		

を描く。そして乾燥密度を一定としたときの締固め曲線との交点を求め、それぞれ含水比を3ケース設け、実験ケースとして決定する。その方法で3つの粒度分布の場合について実験を行う。各粒度分布で同様にして求めた含水比とそのときの飽和度を実験ケースとして表-2に示す。また垂直応力はそれぞれ土被り0.5 m、1.0 m、1.5 m 相当に設定した。

4. 実験の結果と考察

4.1 粘着力 c の変化

図-4 にせん断試験により得られた粘着力と飽和度の関係を示す。ここで $d_{\max}=19\text{mm}$ の試料の粘着力に着目すると、2.0~4.75mm、4.75~9.5mm、9.5~19mmの礫はそれぞれ土粒子の密度は変わらないので、同じ質量でも粒径が大きいものの方が表面積が小さく粘性土分同士が接する面積が増えるため、粘着力が大きくなると考えられる。また、図-3 と図-4 から締固め特性が良いものほど粘着力が小さくなっていることがわかる。これは締固め特性の良いものほど礫分と粘性土分の接する面積が増えたためと考えられる。これらのことから他のどの粒度分布よりも締固め特性の悪い $d_{\max}=19\text{mm}$ では相対的に粘着力が大きく、締固め特性の一番良い $d_{\max}=9.5\text{mm}$ では相対的に粘着力が小さく、締固め特性が $d_{\max}=19\text{mm}$ と $d_{\max}=9.5\text{mm}$ の間である $d_{\max}=4.75\text{mm}$ ではその中間となる粘着力となったものと考えられる。

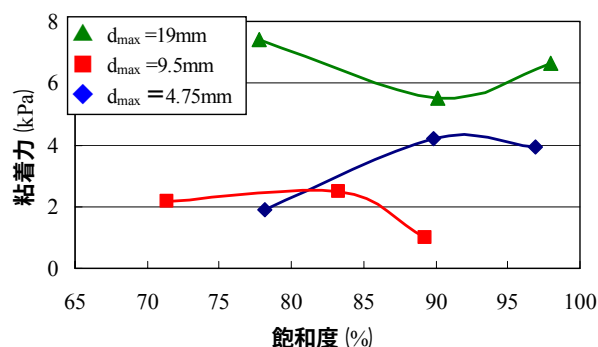


図-4 飽和度と粘着力 c の関係

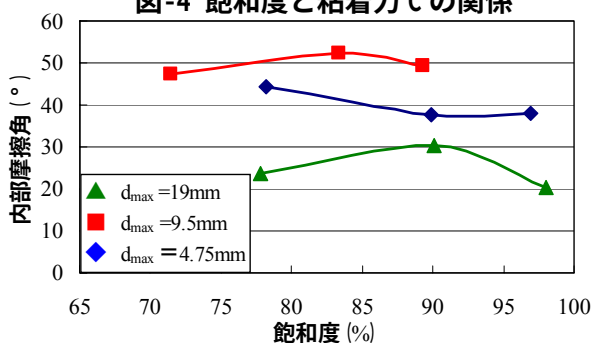


図-5 飽和度と内部摩擦角 ϕ の関係

4.2 内部摩擦角 ϕ の変化

図-5 にせん断試験により得られた内部摩擦角と飽和度の関係を示す。 $d_{\max}=4.75\text{mm}$ は締固め特性が悪かったため、うまく土粒子が噛み合わず内部摩擦角が全体的に小さくなったものと考えられる。 $d_{\max}=9.5\text{mm}$ は図-2 から分かるように本研究で行なった3ケースの実験において一番締固め具合がよかったため内部摩擦角が大きく生じたと考えられる。一方 $d_{\max}=19\text{mm}$ では相対的に締固め特性が悪いため土粒子の噛み合わせがあまり良くないので内部摩擦角が大きくならなかったと考えられる。また、どの粒度分布においても飽和度に関係なく内部摩擦角が概ね一定であった。

5. おわりに

本研究では礫の最大粒径の変化が強度定数にどのような変化を与えるかを検討した、粒度の変化が締固め特性と強度定数に想定以上に変化を与えることが分かった。また、いくつかの締固め曲線の関係と粒度分布から強度定数の関係性を明らかにすることができた。

参考文献 1) 山口 達也 他：原位置一面せん断試験機の開発と強度定数に基づく精度評価，平成21年土木学会西部支部研究発表会講演概要集(CD-ROM), pp.463-464,2009.