

粒状体のせん断特性に及ぼす粒度分布の影響に関する二次元一面せん断試験による検討

岐阜工業高等専門学校 環境都市工学科 (フェロー会員) 吉村優治
 岐阜工業高等専門学校 環境都市工学科5年 (学生会員) ○小倉 睦
 神戸大学工学部 建設学科 (正会員) 加藤正司
 伊藤忠テクノソリューションズ(株) (正会員) 榊原辰雄

1. はじめに

砂のような粒状体の力学的特性は、土粒子の材質、粒度組成、粒子形状などの一次性質、あるいは密度、含水量、骨組構造などの二次性質によって決定されると言われている¹⁾。筆者らはこれまでに、せん断中の粒子破碎が無視できる場合には、粒状体の内部摩擦角は粒子寸法や粒度分布にほとんど影響を受けず²⁾、粒子形状の影響が大きいこと³⁾、さらに相対密度 D_r が同程度であれば粒子形状のみから内部摩擦角の推定が可能であること⁴⁾を報告してきた。

地盤工学では粒度分布を評価する際に、縦軸に土試料全体の質量に対する通過質量百分率をとった粒径加積曲線が用いられる。筆者らの研究²⁾も同一粒子形状の試料を準備し、**図-1**に示すように均等係数 $U_c=1.32\sim10$ となるよう4種類に配合した時の内部摩擦角 ϕ (**図-2**)を評価したものである。しかし、**図-1**の粒径過積曲線の縦軸を土粒子全体の個数(ただし、個数は粒径を直径とする球として算出)に対する通過個数百分率に書き直したものが**図-3**であり、これらの粒度分布(通過個数百分率を縦軸にとった粒径加積曲線の個数均等係数 $U_{cn}=1.28\sim1.43$)に差があるとは言いがたく、むしろ相似粒度であると言える。

そこで本研究では、個数による粒度分布を変化させたアルミ丸棒試料を用いて、簡易一面せん断試験により粒度分布がせん断特性に及ぼす影響を検討した。

2. 実験概要

2.1 試料

実験に使用したアルミ丸棒は、表面が滑らかで長さ50mmであり、直径1.6, 3, 5mmの3種類を本数比で**図-4**に示す粒度分布になるように配合して試料とした。各試料の個数均等係数 U_{cn} は1.42(本数比1.6mm:3mm:5mm=1:9:0)、3.46(本数比1.6mm:3mm:5mm=0:4:1)、11.6(本数比1.6mm:3mm:5mm=7.7:1.3:1)である。

2.2 二次元一面せん断試験

最近、室内はもとより原位置でも簡易に粒状体のせん断強度を測定できる簡易一面せん断試験機が開発され、この試験から求まる内部摩擦角は三軸圧縮試験結果と近い値を示すことが報告⁵⁾されている。本研究で使用する二次元一面せん断試験装置は、**図-5**に示すようにこの簡易一面せん断試験機に電動モーターを取り付け(図右端)、せん断速度を一定に設定できるように改良したものである。**写真-1**は、せん断前にアルミ棒をパッキングしたせん断箱の様子を示したものである。この時にアルミ棒を緩詰めにはパッキングすることは難しく、本研究の全試験を通じて供試体はほぼ密詰め状態となっていると考えられる。また、アルミ棒の二次元一面せん断試験においても内部摩擦角 ϕ への速度依存性⁶⁾、上載応力依存性⁷⁾が指摘されているので、せん断速度は0.005mm/sec程度、全実験において上載応力 σ は17.50kN/m²に統一した。

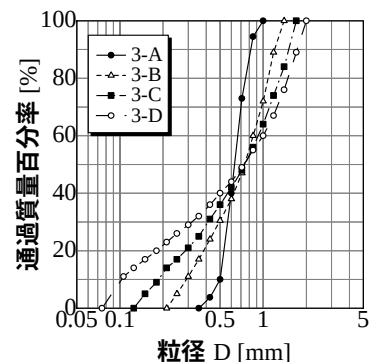


図-1 粒径加積曲線(質量)

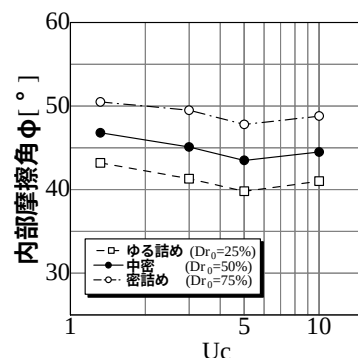


図-2 内部摩擦角と U_c の関係

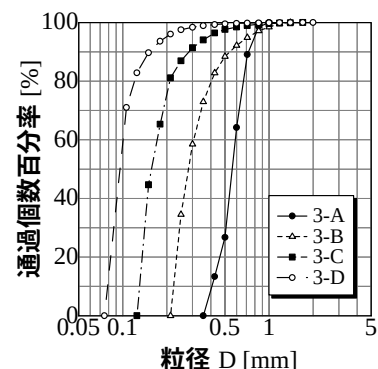


図-3 粒径加積曲線(個数)

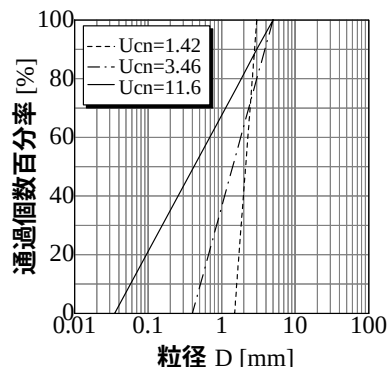


図-4 粒径加積曲線(本数)

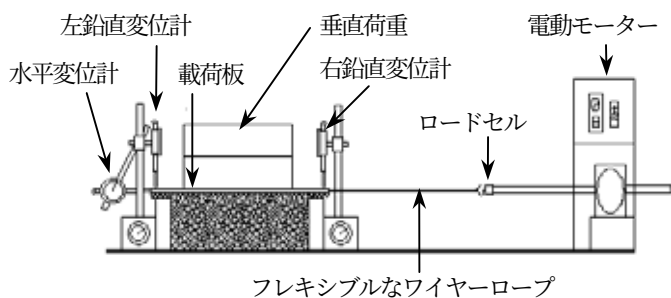


図-5 簡易一面せん断試験機



写真-1 せん断箱

3. 実験結果および考察

図-6 は各試料の二次元一面せん断試験結果の代表例を示したものである（ただし、鉛直変位は膨張を正とし、写真-1 のように2カ所で測定しているのでその平均値をプロットしている）。図-7 は試験結果から内部摩擦角 ϕ と個数均等係数 U_{cn} との関係をまとめたものであり、ばらつきは見られるものの U_{cn} の増加に伴い ϕ も増加傾向にある。また、破壊時の鉛直変位量 Δh_{ave} と U_{cn} との関係を示した図-8からは、大きなせん断強度を発揮する U_{cn} の大きな試料ほど鉛直変位は大きいことがわかる。図-9 はアルミ棒をパッキングしたせん断箱内の初期間隙比 e_0 を算出し、 U_{cn} との関係をプロットしたものである。2.2にも記したように本研究の全試験を通じて供試体はほぼ密詰め状態となっているが、 e_0 には差がみられ、 U_{cn} が大きく粒度分布の良い試料ほど e_0 は小さくなっている。

これらの実験事実から、個数均等係数で評価した粒度分布が良くなるほど、せん断初期の間隙比は小さく、せん断中の鉛直変位が大きいことから、大きなせん断強度を発揮するものと推察される。

4. おわりに

アルミ丸棒を用いた二次元一面せん断試験という限られた条件下ではあるが、粒状体の粒径過積曲線を個数通過百分率で描き、粒度分布を個数均等係数で評価すれば、内部摩擦角 ϕ は粒度分布が良いほど大きくなり、せん断初期の間隙比、せん断中のダイレイタンシー量との関係とも良好な整合性がみられる結果を得た。

参考文献

- 1) 三笠正人：土の工学的性質の分類表とその意義，土と基礎，Vol.12，No.4，pp.17～24，1964.
- 2) 吉村優治・小川正二：粒状体の間隙比およびせん断特性に及ぼす一次性質の影響，土木学会論文集，No.487/III-26，pp.99～108，1994.3.
- 3) 吉村優治・小川正二：砂の等方圧密およびせん断特性に及ぼす粒子形状の影響，土木学会論文集，No.487/III-26，pp.187～196，1994.3.
- 4) 吉村優治・松岡 元：粒子形状による粒状体の内部摩擦角の推定法，土と基礎，Vol.50，No.5，pp.20～22，2002.5.
- 5) たとえば，松岡 元・孫徳安・劉 斯宏・西方卯左男・寺元真司：小型および大型の一面せん断試験機の簡便な改良法，土と基礎，Vol.49，No.1，pp.21～24，2001.
- 6) 吉村優治・高山純平：アルミ棒を用いた二次元一面せん断試験によるせん断特性に関する研究，岐阜工業高等専門学校紀要，第41号，pp.69～74，2006.3/1.
- 7) 池野友美：粒子表面粗度が粒状体のせん断強度に及ぼす影響に関する研究，平成11年度岐阜工業高等専門学校環境都市工学科卒業論文，2000.2.

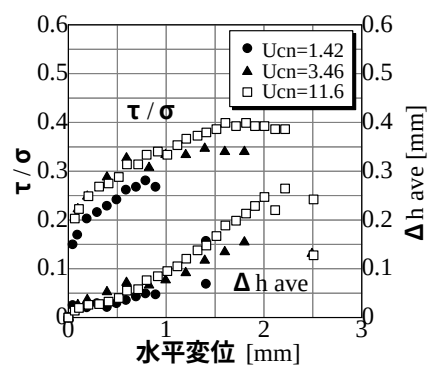
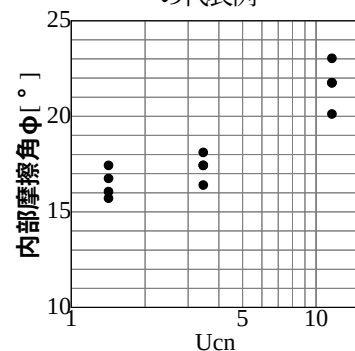
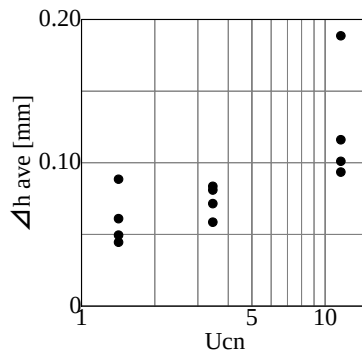
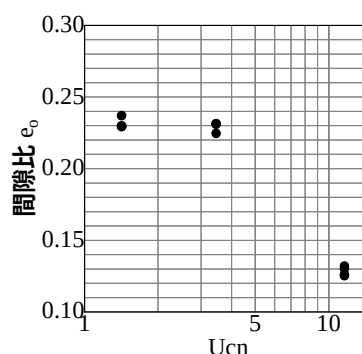


図-6 二次元一面せん断試験結果の代表例

図-7 内部摩擦角と U_{cn} の関係図-8 鉛直変位と U_{cn} の関係図-9 間隙比と U_{cn} の関係