

粒状体の粒度分布が内部摩擦角に及ぼす影響

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 建設工学専攻 (学生会員) 西川 竜太
 岐阜工業高等専門学校 環境都市工学科 (学生) 井上あかね
 神戸大学大学院 (正会員) 加藤 正司

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と密度、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⁾。

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。吉村²⁾は、粒度調整を行った Glass Beads および砕砂(図-1)を用いて三軸圧縮試験を行なった結果、図-2に示すように均等係数 U_c が増加しても内部摩擦角にはほとんど差がないことから、せん断強度に及ぼす粒度分布の影響は小さいと報告している。しかし、所³⁾は、この図-1を粒径加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すと、図-3で示すように通過個数百分率を縦軸にとった際の粒度分布に差があるとは言い難く、むしろ相似粒度であることが分かった。したがって、筆者ら⁴⁾は、縦軸に通過個数百分率をとった際の粒度分布を変化させたアルミ棒を用いて簡易一面せん断試験を実施し、二次元条件下ではあるが粒度分布がせん断特性に影響を及ぼすことを報告した。本研究では縦軸に通過質量百分率、通過個数百分率をとった両試料を用いて、三軸圧縮試験を実施し、粒状体の粒度分布が内部摩擦角に及ぼす影響について報告する。

2. 研究の概要

2.1 本研究に用いる試料

本研究で用いる試料は、過去に吉村²⁾、所³⁾の研究で粒度調整した砕砂(岐阜揖斐川町長瀬産:頁岩の岩片)に加え、個数によって粒度分布を調整した同一砕砂を使用した。

2.2 粒度分布の調整

これまでに吉村²⁾、所³⁾が使用した試料の粒径加積曲線を図-1に示す。このグラフの縦軸を通過個数百分率に換算したものが図-3である。図-1に示す粒径加積曲線の縦軸を通過個数百分率に置き換えたものが図-4となる。本研究では図-1の粒径加積曲線をもとに配合を行った4種類(均等係数 $U_c = 1.32 \sim 10$)の試料(3-A)~(3-D)及び図-4の粒径加積曲線をもとに調整を行った4種類(個数均等係数 $U_{cn} = 1.32 \sim 10$)の試料(3-A)'~(3-D)'を作成し、試験に用いた。

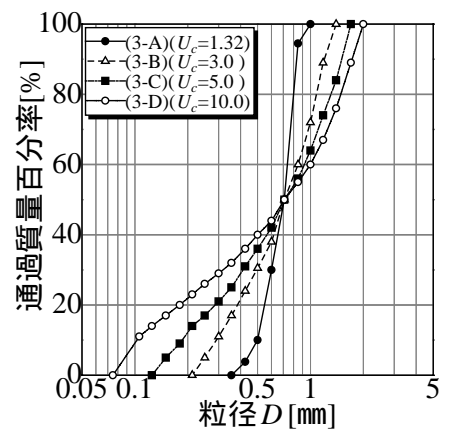


図-1 粒径加積曲線(質量)

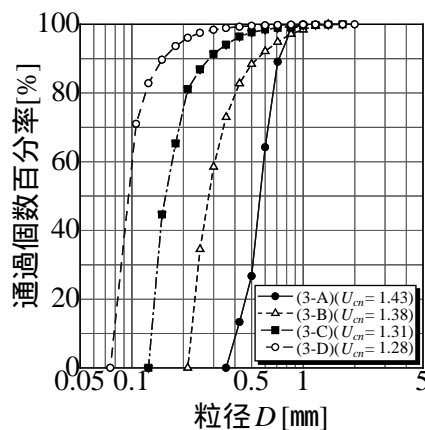
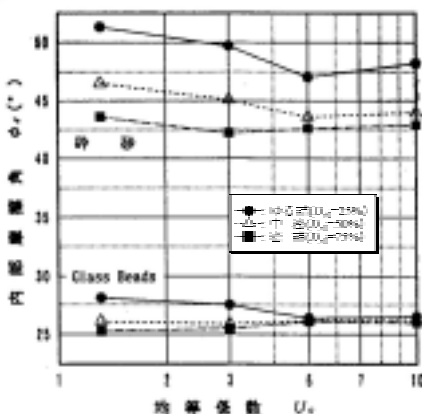


図-3 粒径加積曲線(個数)

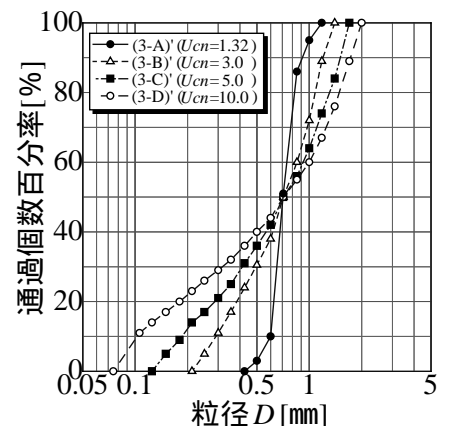


図-4 粒径加積曲線(個数)

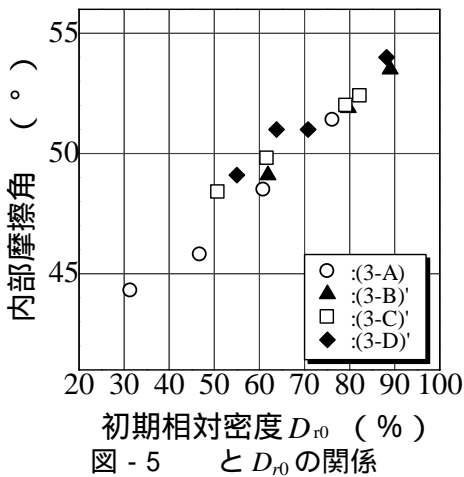


図 - 5 と D_{r0} の関係

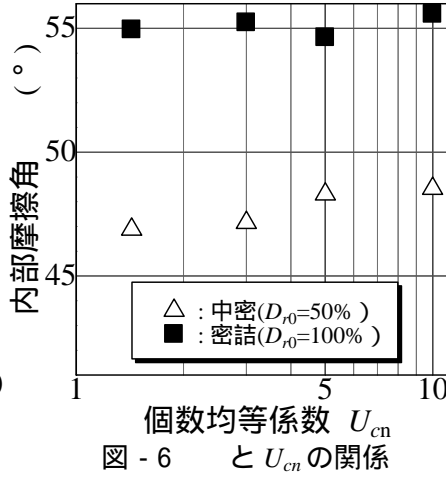


図 - 6 と U_{cn} の関係

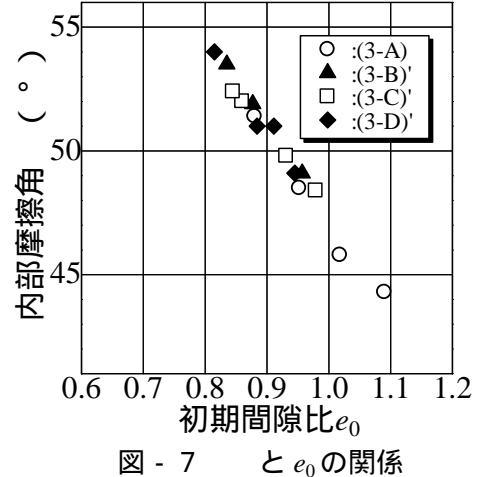


図 - 7 と e_0 の関係

2.3 三軸圧縮試験

実施した試験は排水三軸圧縮試験であり、バックプレッシャーは196kPaであり、有効拘束圧 $c' = 49\text{kPa}$ で圧密した後、0.5%/minのひずみ制御方式の拘束圧一定のCD試験とした。供試体は乾燥試料を空中落下法により、直径50mm、高さ100mmに作成した。

3. 結果と考察

図 - 5 は、内部摩擦角 と初期相対密度 D_{r0} の関係を示したものであり、いずれの試料においても D_{r0} が大きくなり試料が密になるほど増加している。この図から、中密状態 ($D_{r0} = 50\%$)、密詰状態 ($D_{r0} = 100\%$) の D_{r0} を読み取り、個数均等係数 U_{cn} との関係を示したのが図 - 6 である。この図から、 $D_{r0} = 100\%$ は、密詰状態では U_{cn} に依らず一定であるが、 $D_{r0} = 50\%$ 状態が緩詰めになるほど U_{cn} に依存し、 U_{cn} が大きくなるほど ϕ も大きくなる傾向にあるようである。

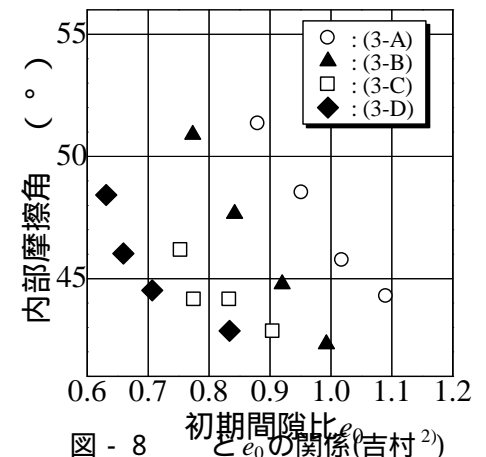


図 - 8 と e_0 の関係 (吉村²⁾)

図 - 7 は、図 - 5 に示す全データの ϕ と初期間隙比 e_0 の関係を示したものである。この図から、 ϕ は初期相対密度 D_{r0} 、個数均等係数 U_{cn} に依らず、 e_0 と比例関係にあるのがわかる。一方、図 - 8 は同じ砕砂により図 - 1 に示す4種類の粒径加積曲線(均等係数 $U_c = 1.32 \sim 10$)に調整された試料(3-A) ~ (3-D)の ϕ と e_0 の関係²⁾ である。この図からは、 ϕ と e_0 は試料毎にほぼ比例関係が認められ、同じ初期間隙比 e_0 であれば、均等係数 U_c の小さな試料ほど ϕ は大きくなっているのが明らかである。ただし、本研究で使用した図 - 4 の粒径加積曲線(個数均等係数 $U_{cn} = 1.32 \sim 10$)の4種類の試料(3-A)' ~ (3-D)'の均等係数は、 $U_c = 1.38 \sim 1.70$ であることから、均等係数 U_c と粒子形状が等しい試料においては、内部摩擦角 ϕ は初期相対密度 D_{r0} 、個数均等係数 U_{cn} に依らず、 e_0 と比例関係にあると言えるのかもしれない。

4. おわりに

粒状材料においては、縦軸に土粒子全体の個数に対する通過個数百分率をとり、粒径加積曲線を描いた際の粒度分布の違いは、内部摩擦角 ϕ に影響を及ぼし、その程度は緩る詰めほど大きいことが明らかになった。今後は、 ϕ と初期間隙比 e_0 との比例関係について詳細に検討したい。

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：砂のような粒状体の粒子形状と一次性質，二次性質に関する研究，長岡技術科学大学博士(工学)学位論文，1994.3．
- 3) 所 和美：粒状体のせん断特性におよぼす粒子形状と粒度分布の影響に関する研究，岐阜高専環境都市工学科平成9年度卒業論文，1998.2．
- 4) 吉村優治・小倉 睦・加藤正司・榊原辰雄：二次元一面せん断試験による粒状材料のせん断特性に及ぼす粒度分布の影響，地盤工学会中部支部第19回地盤工学シンポジウム論文集，pp.1～4，2007.8/3．