

III-164 砂の排水せん断特性に及ぼす粒度組成の影響

岐阜工業高等専門学校 正会員 ○吉村優治
長岡技術科学大学 正会員 小川正二
高松工業高等専門学校 正会員 土居正信

1. はじめに

土の力学的性質は、その材料である土の種類(土粒子の材質、粒度組成、形など=一次性質のうちの基本的要素)および状態(密度、含水量、骨組構造など=二次性質)によって決定される¹⁾。これまでの砂の変形、強度特性に関する研究の多くは、ある特定の砂(例えば、豊浦標準砂)を用いて、密度や含水比などの状態あるいは試験条件を変化させて行われており、一次性質がこれらの特性に及ぼす影響についての系統的な研究は少ない。ただし、最近になって、三浦他²⁾などは人工的に調整した約80種類の砂試料の変形・破壊挙動に及ぼす砂粒子の形状、破碎性および粒度分布などの影響を明らかにしている。本文は、一次性質のうちの粒度組成がせん断特性に及ぼす影響について述べたものである。

2. 試料の性質と試験条件

本研究に用いた試料は、図-1の粒径加積曲線に示すように平均粒径 D_{50} と均等係数 U_c が異なるように調整したGlass Beadsおよび砕砂である。図のように、粒径の影響は $D_{50}=0.202, 0.39, 0.745, 1.28\text{mm}$ (図中①~④, $U_c=1.32$)、粒度分布の影響は $U_c=1.32, 3, 5, 10$ (図中A~D, $D_{50}=0.390\text{mm}$)の各4種類について検討した。なお、全ての粒度分布は曲率係数 $U_c'=1.0$ で一定である。

せん断試験は、ひずみ制御(ひずみ速度 $=0.5\%/min$)方式の拘束圧一定圧密排水(CD)三軸試験で、拘束圧は $\sigma_c'=49\text{kPa}$ 、背圧は $B.P=196\text{kPa}$ である。なお、供試体は空中落下装置を用いて $\phi=50\text{mm}$ 、 $h=100\text{mm}$ に作成している。また、初期間隙比 e_0 、初期相対密度 D_{r0} は供試体セット時($\sigma_3=29.4\text{kPa}$)の状態である。

3. 試験結果および考察

いずれの試料においても軸差応力比 q/σ_c' -軸ひずみ ε_a 関係および体積ひずみ $\varepsilon_v-\varepsilon_a$ 関係は従来の研究と同様の傾向であり、密度の増加に伴う強度、剛性、ダイレイタンス量の増加が顕著に見られる。なお、本文で扱う内部摩擦角 ϕ_d は動員される最大値、変形係数 E_{50} は $q/\sigma_c'-\varepsilon_a$ 関係の $(q/\sigma_c')_{\max}/2$ と原点を結ぶ割線勾配を意味している。

図-2は粒径の異なるGlass Beadsおよび砕砂の ϕ_d と D_{r0} の関係を示しているが、 ϕ_d は D_{50} が $0.202\sim 1.28\text{mm}$ まで変化してもわずか 2° 程度しか変化せず、むしろ D_{r0} の増減に伴う変化量の方が大きい。これまで、粒子破碎性の点から一般には粒径が大きくなるほど ϕ_d は小さくなる

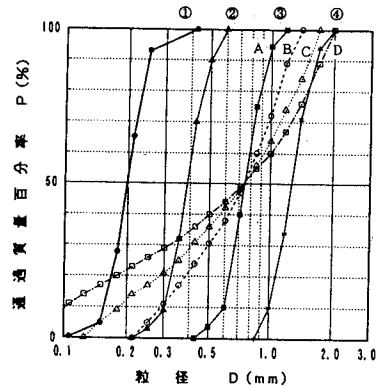


図-1 試料の粒径加積曲線

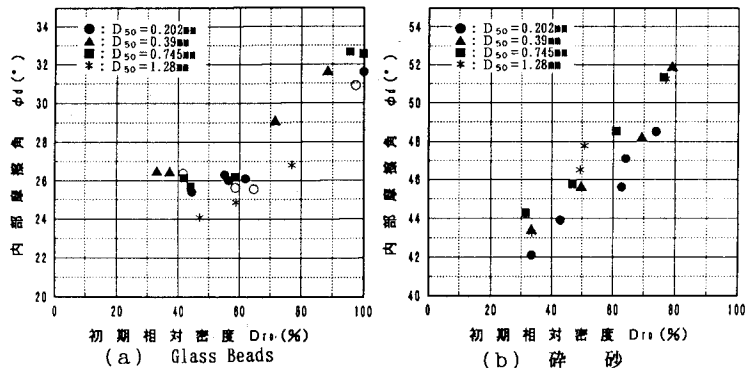


図-2 内部摩擦角に及ぼす粒径の影響 ($U_c=1.32$)

という報告³⁾⁴⁾⁵⁾がされてきたが、図-2からは必ずしもこのような傾向を読み取ることはできない。さらに、 ϕ_d への粒度分布の影響をみると、図-3に示すように U_c が大きくなると ϕ_d は若干小さくなり、その傾向は密詰めになるほど顕著である。この傾向は、最大粒径が63.5mmの河床砂礫

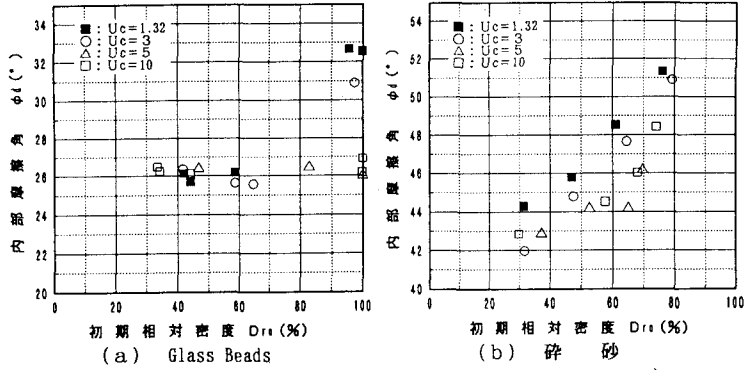


図-3 内部摩擦角に及ぼす粒度分布の影響 ($D_{50}=0.745\text{mm}$)

(円礫)と掘削すり(角礫)においても低い拘束圧 ($\sigma_c=3.0\text{kgf/cm}^2$ 程度以下) 条件下では、粒径のそろった材料の ϕ_d が粒度配合の良い材料の ϕ_d より大きくなるという岩片⁴⁾の報告とよく一致している。 D_{50} 、 U_c の影響のみではなく、粒子の形状の ϕ_d への影響をみるために、粒度組成(図-1の①)が等しく形状が異なる試料(丸い順にGlass Beads, 豊浦標準砂, 木曽川砂, 砕砂)の ϕ_d と D_{50} の関係⁶⁾を図-4に示すと、 ϕ_d は粒子の形状によって大きく変化することがわかる。

ただし、相対密度を介して粒度組成や形状の異なる試料の強度を比較することが適切であるかについては明らかではない。

一方、粒子形状の異なる試料の変形係数と余裕間隙比($e_0 - e_{min}$)の関係については既に報告⁶⁾しているが、平均粒径、均等係数、粒子形状の異なる試料の E_{50} と($e_0 - e_{min}$)の関係は図-5に示すようになり、変形係数 E_{50} は粒度組成や粒子形状には無関係に余裕間隙比によって一義的に定まるといえる。

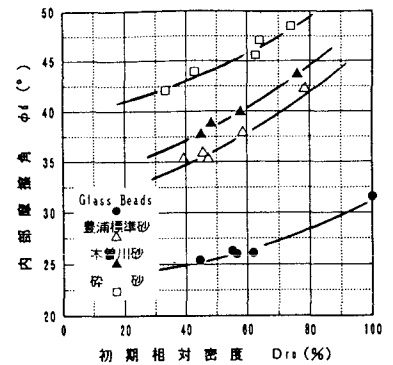


図-4 内部摩擦角に及ぼす粒子形状の影響 ($D_{50}=0.202\text{mm}$, $U_c=1.32$)

4. おわりに

今回の研究から、砂の粒度組成(粒径や粒度分布)が排水せん断強度に与える影響は粒子形状に比べ小さいこと、また、変形係数は余裕間隙比によって一義的に定まることが明らかになった。今後は、せん断過程におけるダイレイタンス量などについてさらに詳細な検討を加えていきたい。

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) 例えば、三浦均也・長谷川敬寿・松本吉英・土岐祥介：砂の力学的性質に及ぼす粒子形状および粒度分布の影響，北海道大学工学部研究報告，第149号，pp.11~24, 1991.2.
- 3) 小田匡寛：ロックフィル材料の試験と設計強度，土質工学会，pp.78~93, 1982.10.
- 4) 岩片透：粗粒材料の変形と強度，土質工学会，pp.300~322, 1986.5.
- 5) 前田健一・三浦均也・斎藤和弘・土岐祥介：砂の変形・破壊強度特性の相対密度依存性と一次的性質の影響，第26回土質工学研究発表会発表講演集，pp.449~452, 1991.7.
- 6) 吉村優治・阿部滋：砂の排水せん断特性に及ぼす粒子形状の影響について，第26回土質工学研究発表会発表講演集，pp.465~466, 1991.7.

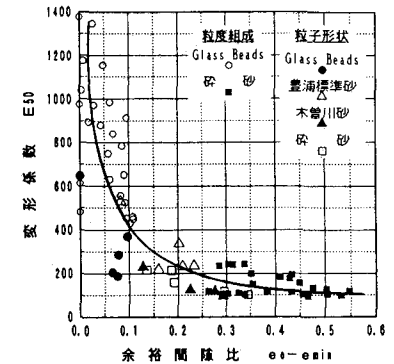


図-5 変形係数と余裕間隙比との関係