

岐阜工業高等専門学校 正会員 ○吉村優治

高松工業高等専門学校 正会員 土居正信

長岡技術科学大学 正会員 小川正二

1. はじめに 砂のような粒状体のせん断特性は、土粒子の材質、粒度組成、粒子形状などの一次性質および密度、含水量、骨組構造などの二次性質によって決定される¹⁾。これまでの砂の変形、強度特性に関する研究の多くは、豊浦標準砂などの特定の砂を用いて、密度や含水比などの二次性質あるいは試験条件を変化させて行われてきたのに対して、筆者らはこれまでに一次性質がせん断特性に及ぼす影響についての系統的な研究^{2) 3) 4)}を進めてきた。本研究は、粒子形状の異なる砂のダイレイタンシー特性について述べたものである。

2. 試料の性質と試験条件 実験には、図-1に示すような同じ粒度分布($D_{50}=0.202\text{mm}$, $U_c=1.32$)に調整した粒子形状のみが異なる四種類(Glass Beads, 豊浦標準砂, 木曽川砂, 砕砂)の試料を用いた。各試料の材質の硬さはほぼ等しく、モースの硬度ではおおそGlass Beadsが6.5, 豊浦標準砂が7, 木曽川砂が6.5, 砕砂が6.5であり、いずれも堅硬である。なお、粒子の形状を表す“凹凸係数 Fl^* ⁴⁾は、投影断面の外周長が ℓ , 断面積が a の粒の形状係数 $f=a/\ell^2$ を円の形状係数 f_c で除した係数で、 $Fl^*=f/f_c=4\pi a/\ell^2$ で示され、完全球の場合に1.0であり凹凸の度合いが激しくなるほど小さい。

せん断試験は、ひずみ制御(ひずみ速度 $=0.25\%/min$)方式の拘束圧一定圧密排水(CD)三軸試験で、拘束圧は $\sigma'_c=49, 98, 147\text{kPa}$, 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作成し、直径 $\phi=50\text{mm}$, 高さ $h=100\text{mm}$ である。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($\sigma'_c=29.4\text{kPa}$)の状態である。

3. 試験結果と考察 $\sigma'_c=49\text{kPa}$ で実施した中密な状態($D_{r0}=57.9\sim 62.7\%$)の各試料の軸差応力比 q/σ'_c , 軸ひずみ ε_a 関係および体積ひずみ ε_v , ε_a 関係は図-

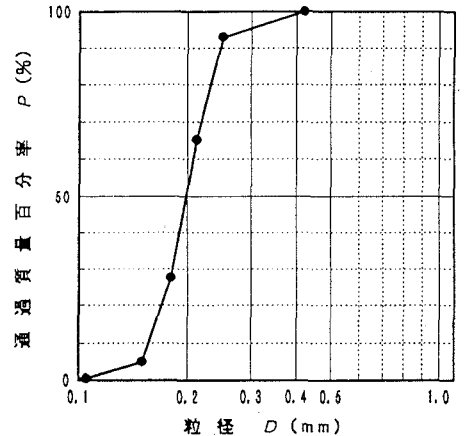
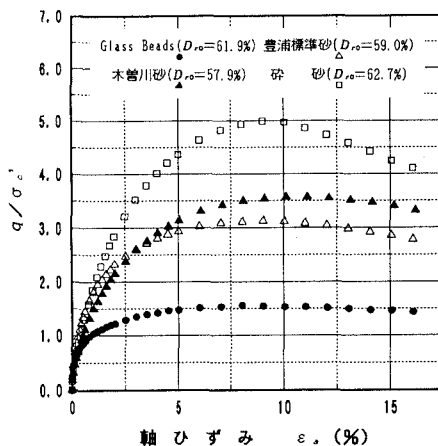


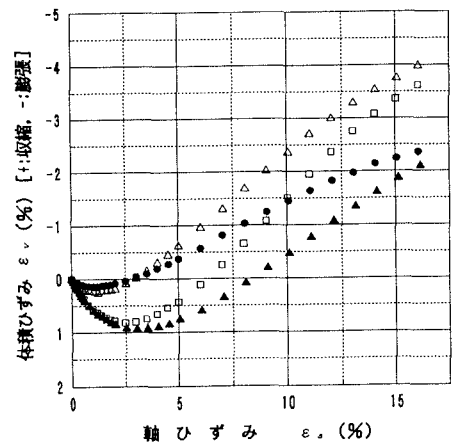
図-1 試料の粒径加積曲線

2のとおりであり、粒子形状の違いによって強度、剛性、ダイレイタンシー量は著しく異なることがわかる。

また、 $\sigma'_c=49\text{kPa}$ で実施した砕砂のストレス R -ダイレイタンシー D 関係を示した図-3をみると、若干の



(a) q/σ'_c - ε_a 関係



(b) ε_v - ε_a 関係

図-2 中密な状態の実験結果例

密度依存性および切片（定数項）が見られる。ここで、 R は応力比 σ_1/σ_3 、 K はダイレイタンシー係数、 D は主ひずみ増分比 $=-2d\varepsilon_3/d\varepsilon_1=1-d\varepsilon_v/d\varepsilon_a$ である。他の試料についてもこれと同様の関係

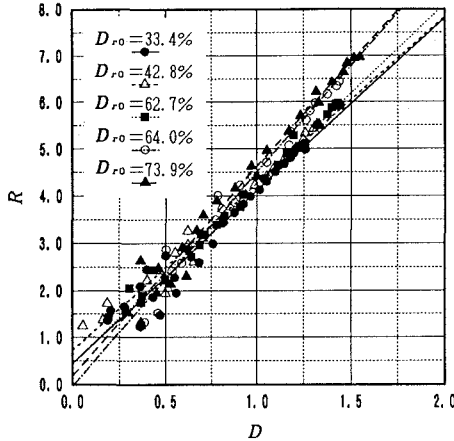


図-3 $R-D$ 関係(砕砂, $\sigma'_c=49\text{kPa}$)

があるが、いずれの場合も拘束圧依存性は認められなかった。各試料の3つの拘束圧について求めた K と初期相対密度 D_{r0} との関係を見ると図-4のようになり、せん断中のストレーダイレイタンシー関係は粒子形状に大きく影響されることがわかる。また、若干ではあるが K には密度依存性も認められる。

一方、破壊時のストレーダイレイタンシー D_f 関係は図-5のとおりであり、破壊時においてもせん断中の $R-D$ 関係と類似の傾向が認められ、 R_f-D_f 関係を原点側へ延長すると切片 K_f はいずれの場合もほぼ零となり、しかも密度による差は見られない。したがって、この破壊時のダイレイタンシー係数 K_f は土の状態に関係のない、その土に固有の定数であり、図-6に示した K_f と凹凸係数 FU の関係のように、粒子形状が丸くなると K_f は小さくなり、その減少割合も FU が小さくなるにしたがって小さくなる。ただし、この K_f は図-3、4に示したようなせん断途中の K の値に比べて、若干大きく

4. おわりに 筆者らのこれまでの研究で、砂の内部摩擦角は粒度組成に比べて粒子形状の影響を大きく受けることがわかってきているが、これらの関係には粒子間摩擦角と今回明らかになった FU の違いによるダイレイタンシーの差違が大きく関係していると考えられる。したがって、今後は粒度組成がダイレイタンシー特性に及ぼす影響など、さらに詳細な検討を行いたい。

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・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. 3) 吉村優治・小川正二・土居正信: 砂の排水せん断特性に及ぼす粒度組成の影響, 第47回年次学術講演会講演概要集(Ⅲ), pp. 368~369, 1992. 9. 4) 吉村優治・小川正二: 砂のような粒状体の粒子形状の簡易な定量化法, 土木学会論文集, No. 463/Ⅲ-22, 1993. 3(編集集中).

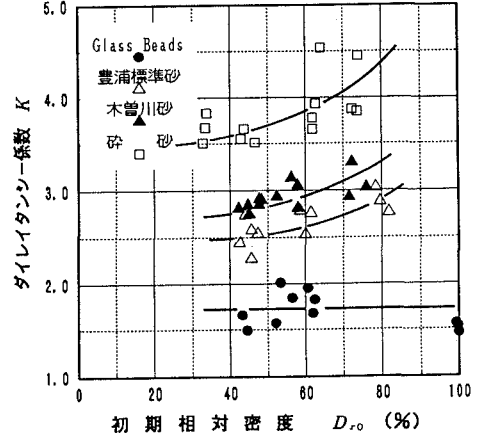


図-4 $K-D_{r0}$ 関係

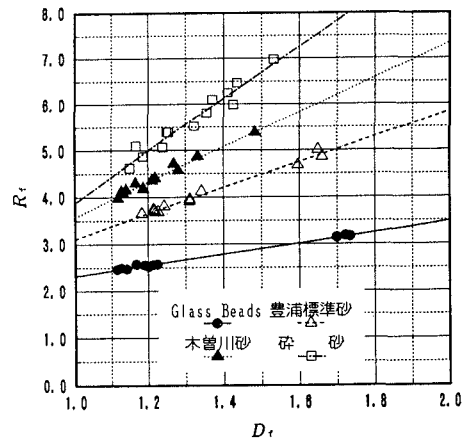


図-5 R_f-D_f 関係

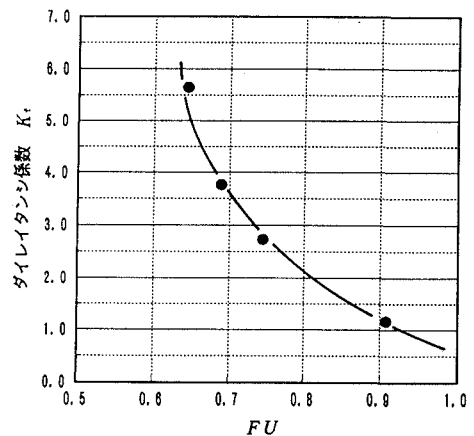


図-6 K_f-FU の関係