

九州産業大学 工学部 正会員 石堂 稔
 同上 同上 同上 永吉 亨
 同上 同上 学生員 O高橋 二郎
 同上 同上 同上 由元 一也

1. まえがき

砂は粒子の形状等により最大、最小間隙比が異なり、間隙比だけで詰まり方の程度を扱うことは問題がある。そこで、相対密度で砂の詰まり方を規定し、せん断強さなどにどのように影響するかを調べ、内部摩擦角、変形係数を相対密度と変数とする一般式としてとらえた。また、粒子形状の違いによる砂の三軸圧縮特性を比較検討したものである。

2. 試料および試験方法

試料は豊浦標準砂、相馬砂、砕砂(福岡県速賀郡産の宇山岩)の3種類を使用し、内径5.0 cm、高さ12.0 cmのふた割りモールドに所定の相対密度になるよう詰め、乾燥状態と飽和状態で圧縮排水(気)試験を行なった。側圧は、0.5 (49), 1.0 (98), 1.5 (147), 2.0 (196) kg/cm^2 (KPa)の4段階で、軸ひずみ速度は1%/minとし、きりびーがみられるか、軸ひずみが15%に達するまで圧縮した。試料の諸数値を表-1に示す。

3. 試験結果および考察

3.1 破壊ひずみ

図-1は、相馬砂と砕砂の破壊時の軸ひずみ ϵ_2 と相対密度 D_r の関係を示したものである。砕砂において、相対密度が大きくなると破壊ひずみが小さくなる傾向が明確に現われている。また相馬砂と砕砂では、破壊ひずみに大きな違いがみられ、相馬砂の破壊ひずみは比較的小さいのに対し、砕砂はかなり大きい。このことは、豊浦砂と砕砂においても同様の傾向が言える。これは試料の粒子形状に起因するものと考えられる。せん断に伴って破壊面の粒子が移動する際に、豊浦砂や相馬砂のような比較的小さい粒子の砂は、粒子移動しやすいが、砕砂のような角ばった粒子の砂は、粒子同志のひっかかりによって移動しにくいために破壊ひずみが大きくなるものと考えられる。

3.2 内部摩擦角

図-2は、内部摩擦角 ϕ と相対密度 D_r の関係を示したものである。砂の種類によ、く多少の差はあるが、相対密度の増加に伴って ϕ は大きくなり、ており、

表-1 試料の諸数値

	G_s	D_{max}	D_{min}	C_u	e_{max}	e_{min}
豊浦砂	2.641	0.840	0.216	1.59	0.986	0.611
相馬砂	2.634	2.000	0.700	1.35	0.922	0.568
砕砂	2.766	4.760	0.830	8.30	1.077	0.542

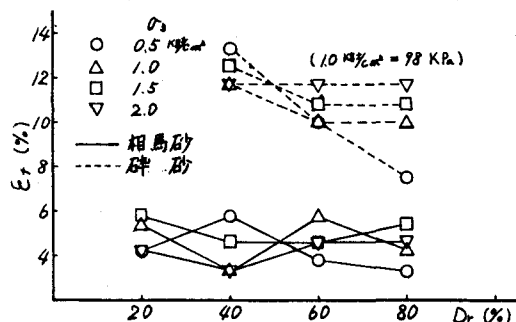


図-1 破壊時の軸ひずみ

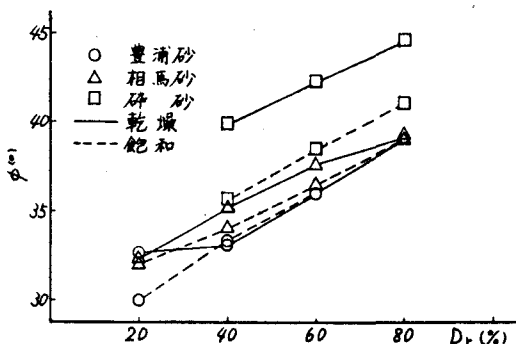


図-2 内部摩擦角

$\phi = a \cdot D_r + b$ という直線式で表わすことができる。各試料の係数 a, b は表-2に示す通りである。この結果は Meyerhof の関係式 $\phi = 0.15 \cdot D_r + (25^\circ \sim 30^\circ)$ とほぼ同様の値を示している。しかし砕砂は、 $b = 35.1^\circ$ と b の値がかなり大きくくなっている。これは Meyerhof の式は自然の堆積砂のものであるのに対し、砕砂は人工的に作られたもので一般の砂に比べ角ばりが大きいために、インターロッキング効果が大きくなったためと思われる。

次に乾燥状態と飽和状態を比較してみると、豊浦砂と相馬砂はほとんど変化はみられないが、砕砂は飽和状態での内部摩擦角が $3^\circ \sim 5^\circ$ 小さくなっている。このことは豊浦砂や相馬砂は水分の影響をあまり受けないが、砕砂は水分の影響が大きいことを示している。これは豊浦砂や相馬砂のような丸い粒子の砂は、接触面積や接点数が少なくかみ合わせ抵抗が小さいため水分の影響がそれほど大きくないのに対し、角ばった砂はインターロッキング効果が大きく、これが水分による潤滑作用を受けて大きな ϕ の低下を招くものと考えられる。

3.3 変形係数

図-3は、両対数グラフの横軸に側圧 σ_3 、縦軸に変形係数 E_{50} をプロットしたものである。相対密度と側圧に比例して変形係数 E_{50} が大きくなっている。このことから密度が大きくなるに従い、また側圧が大きくなるほど最大主応力差が大きくなり、応力-ひずみ曲線の立ちあがり急になることを示している。次に相対密度ごとにみるとほぼ平行な $E_{50} = K_m \cdot \sigma_3^n$ という直線であらわすことができる。 n の値はどの相対密度においても近似した数値を示すが、 K_m は相対密度の増加に伴って大きくなっており $K_m = \alpha \cdot D_r + \beta$ という関係がみられる。したがって変形係数は、 $E_{50} = (\alpha \cdot D_r + \beta) \cdot \sigma_3^n$ という D_r と σ_3 の関数であらわすことができる。 (D_r, E_{50}) は K_m による式) 各試料の α, β, n を表-3に示す。表より、 n はどの試料においても近似した値を示しているが、 α, β にはかなりの違いがみられる。砕砂は他の砂に比べ、かなり小さな値を示している。これは図-1に示すように砕砂は他の砂よりも破壊ひずみが大きく、応力-ひずみ曲線の立ちあがり緩やかなためである。

4. あとがき

本実験において、相対密度だけで種類の異なる砂の破壊ひずみ、内部摩擦角、変形係数を同様に扱うことは不適当で、粒子の形状がこれらに及ぼす影響はかなり大きいことがわかった。また変形係数は $E_{50} = (\alpha \cdot D_r + \beta) \cdot \sigma_3^n$ の式で表わすことができ、これらの関係式は数値計算等に利用するのに便利である。

(参考文献)

最上武雄編：土質力学 土質工学会：砂の相対密度と工学的性質に関するシンポジウム発表論文集。

前原慶三：砕砂のせん断に関する基礎的研究

表-2 各試料の係数

		a	b
豊浦砂	乾燥状態	0.148	27.2
	飽和状態	0.149	27.2
相馬砂	乾燥状態	0.114	30.4
	飽和状態	0.117	29.5
砕砂	乾燥状態	0.118	35.1
	飽和状態	0.135	30.2

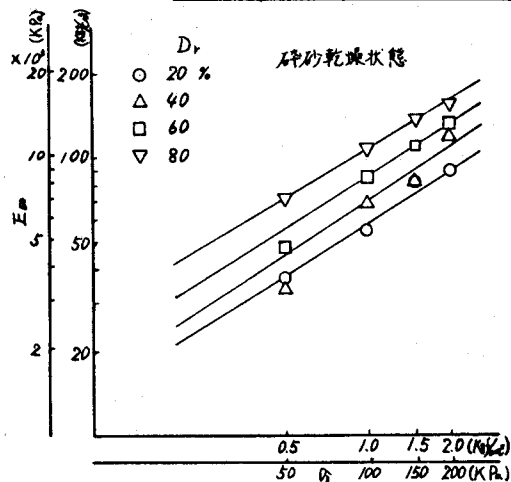


図-3 変形係数

表-3 各試料の係数

		α	β	n
豊浦砂	乾燥状態	8.98	-86.17	0.73
	飽和状態	4.72	185.13	0.77
相馬砂	乾燥状態	4.43	281.76	0.65
	飽和状態	2.74	370.10	0.57
砕砂	乾燥状態	0.83	39.05	0.63
	飽和状態	0.39	36.18	0.80