

九州大学 正会員 内田 一郎
同上 正会員 平岡 登喜男
同上 学生員 ○安東 貞一郎

1. はじめに

締固めやせん断時に粒子破砕が生じることがある。たとえば高圧下の砂、ファルダムに使用される礫や岩質材料、寸さ土、粗粒火山灰などである。これらの粒子の破砕性は、工学的性質に少なからず影響していると思われる。粒子破砕が工学的性質に及ぼす影響について多くの研究がなされているが、その定量的な把握は十分とはいえない。筆者らは、粒子破砕が、せん断強度特性に与える影響について調べた。

なお、実験は、次の理由で模擬材料としてガラスビーズを使用した。

リー (Lee) とシード (Seed) は、せん断強度成分を次のように分けている。

$$\begin{aligned} (\text{測定されるせん断強度}) = & (\text{スベリ摩擦による強度}) + (\text{ダイレイタンシー効果}) \\ & + (\text{粒子破砕と再配列効果}) \end{aligned}$$

この式において、粒子破砕は、ダイレイタンシー効果にも影響を与えると考えられるから、右辺の第2項と第3項は、粒子破砕効果としてまとめられる。そこで、右辺の第1項と同じくする材料で、しかも、破砕する材料と破砕しない材料を用いるとせん断時における粒子破砕の影響のみを調べることが出来ると思われる。そこでガラスビーズを熱処理することによって破砕材料の試料を作り、また、未処理のものを非破砕材料とした。これらの試料を用いて粒子破砕のせん断特性へ与える影響を調べた。

2. 試料および試験方法

用いた試料は、丁製ガラスビーズでほぼ球形である。その諸性質を表-1に示す。用いた試験機は、三軸圧縮試験機である。試験は、圧密排水状態で行なった。既試体の尺寸は、直径×高さ50×125(mm)で、試料の初期状態は、最大間げき比 (e_{max}) でセットした。5.0% まで8分間圧密してから、側圧を0.5 kg/cm^2 から0.5 kg/cm^2 毎層加えてせん断した。

表-1: 試料の諸性質

破砕性	比重	粒 径	相 対 密 度		引張強度 (MPa)
			e_{max}	e_{min}	
非破砕	2.555	4.5 ~5.5	0.762	0.652	1.23
破 砕	2.555	4.5 ~5.5	0.762	0.652	4.07

3. 試験結果および考察

図-1は、せん断中の側圧 (σ_3) と粒子破砕率 (B) の関係を示したものである。粒子破砕率の求め方は

いくつか提案されているが、ここでは、次式で求めた。
粒子破砕率 (B) = $\frac{\text{破砕した粒子の全重量}(W_b)}{\text{試料の全重量}(W_t)}$
側圧 (σ_3)

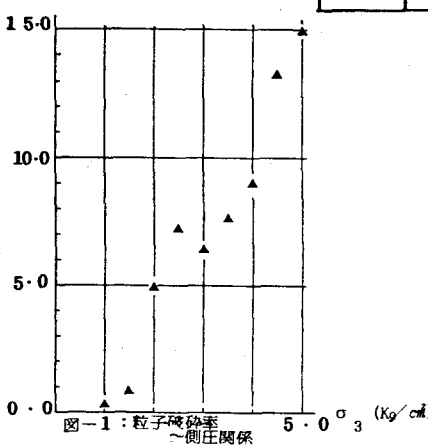


図-1: 粒子破砕率と側圧関係

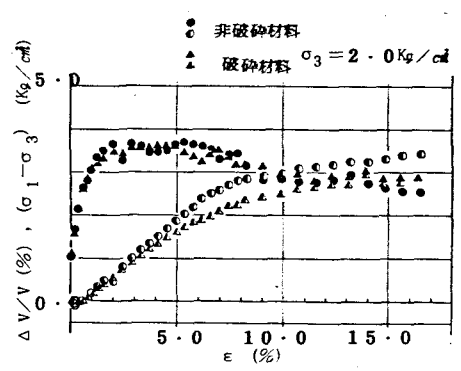


図-2: 軸差応力～軸ひずみと体積ひずみ～軸ひずみ関係

と粒子破研

率(B)が
ほぼ直線関
係にある。

図-2.

図-3は、
それぞれ、
側圧 $\sigma_3 =$
2.0 気圧、
 $\sigma_3 = 5.0$ 気
の時の、破
研材料と非
破研材料の

軸差応力 $\sigma_1 - \sigma_3$ (%)
軸ひずみ関
係と体積ひ

ずみ ϵ (%)
軸ひずみ関
係と体積ひ

ずみ ϵ (%)
軸ひずみ関
係と体積ひ

ずみ ϵ (%)
軸ひずみ関
係と体積ひ

ずみ ϵ (%)
軸ひずみ関
係と体積ひ

ずみ ϵ (%)
軸ひずみ関
係と体積ひ

ずみ ϵ (%)
軸ひずみ関
係と体積ひ

ずみ ϵ (%)
軸ひずみ関
係と体積ひ

ずみ ϵ (%)
軸ひずみ関
係と体積ひ

ずみ ϵ (%)
軸ひずみ関
係と体積ひ

ずみ ϵ (%)
軸ひずみ関
係と体積ひ

ずみ ϵ (%)
軸ひずみ関
係と体積ひ

ずみ ϵ (%)
軸ひずみ関
係と体積ひ

ずみ ϵ (%)
軸ひずみ関
係と体積ひ

ずみ ϵ (%)
軸ひずみ関
係と体積ひ

ずみ ϵ (%)
軸ひずみ関
係と体積ひ

ずみ ϵ (%)
軸ひずみ関
係と体積ひ

ずみ ϵ (%)
軸ひずみ関
係と体積ひ

ずみ ϵ (%)
軸ひずみ関
係と体積ひ

ずみ ϵ (%)
軸ひずみ関
係と体積ひ

ずみ ϵ (%)
軸ひずみ関
係と体積ひ

ずみ ϵ (%)
軸ひずみ関
係と体積ひ

ずみ ϵ (%)
軸ひずみ関
係と体積ひ

ずみ ϵ (%)
軸ひずみ関
係と体積ひ

ずみ ϵ (%)
軸ひずみ関
係と体積ひ

ずみ ϵ (%)
軸ひずみ関
係と体積ひ

ずみ ϵ (%)
軸ひずみ関
係と体積ひ

ずみ ϵ (%)
軸ひずみ関
係と体積ひ

ずみ ϵ (%)
軸ひずみ関
係と体積ひ

● 非破研材料
▲ 破研材料 $\sigma_3 = 5.0 \text{ Kg/cm}^2$

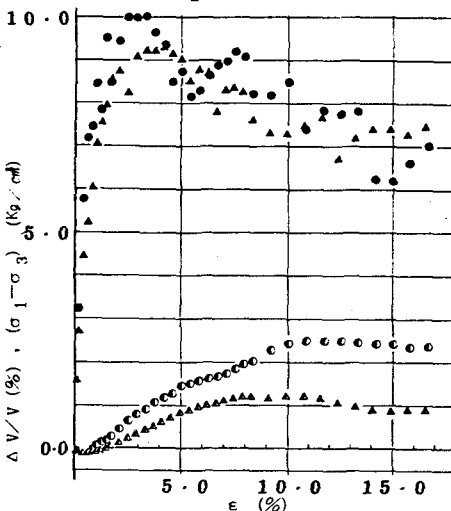


図-3: 軸差応力～軸ひずみ関係
と・体積ひずみ～軸ひずみ関係

○ 非破研材料
△ 破研材料

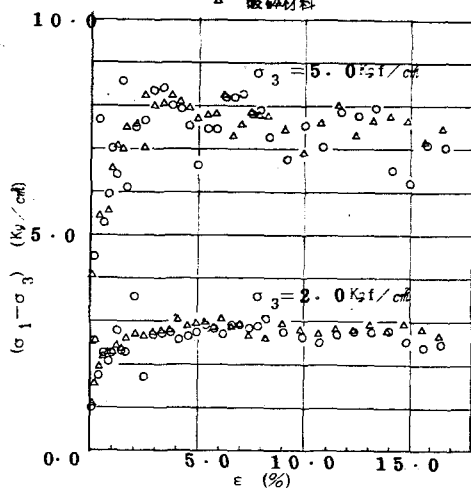


図-4: エネルギー補正を考慮した
軸差応力～軸ひずみ関係

ずみ ϵ (%)
軸ひずみ関
係と体積ひ

ずみ ϵ (%)
軸ひずみ関
係と体積ひ

ずみ ϵ (%)
軸ひずみ関
係と体積ひ

ずみ ϵ (%)
軸ひずみ関
係と体積ひ

ずみ ϵ (%)
軸ひずみ関
係と体積ひ

ずみ ϵ (%)
軸ひずみ関
係と体積ひ

ずみ ϵ (%)
軸ひずみ関
係と体積ひ

ずみ ϵ (%)
軸ひずみ関
係と体積ひ

ずみ ϵ (%)
軸ひずみ関
係と体積ひ

ずみ ϵ (%)
軸ひずみ関
係と体積ひ

ずみ ϵ (%)
軸ひずみ関
係と体積ひ

ずみ ϵ (%)
軸ひずみ関
係と体積ひ

ずみ ϵ (%)
軸ひずみ関
係と体積ひ

ずみ ϵ (%)
軸ひずみ関
係と体積ひ

ずみ ϵ (%)
軸ひずみ関
係と体積ひ

ずみ ϵ (%)
軸ひずみ関
係と体積ひ

ずみ ϵ (%)
軸ひずみ関
係と体積ひ

ずみ ϵ (%)
軸ひずみ関
係と体積ひ

ずみ ϵ (%)
軸ひずみ関
係と体積ひ

ずみ ϵ (%)
軸ひずみ関
係と体積ひ

ずみ ϵ (%)
軸ひずみ関
係と体積ひ

ずみ ϵ (%)
軸ひずみ関
係と体積ひ

ずみ ϵ (%)
軸ひずみ関
係と体積ひ

ずみ ϵ (%)
軸ひずみ関
係と体積ひ

ずみ ϵ (%)
軸ひずみ関
係と体積ひ

ずみ ϵ (%)
軸ひずみ関
係と体積ひ

ずみ ϵ (%)
軸ひずみ関
係と体積ひ

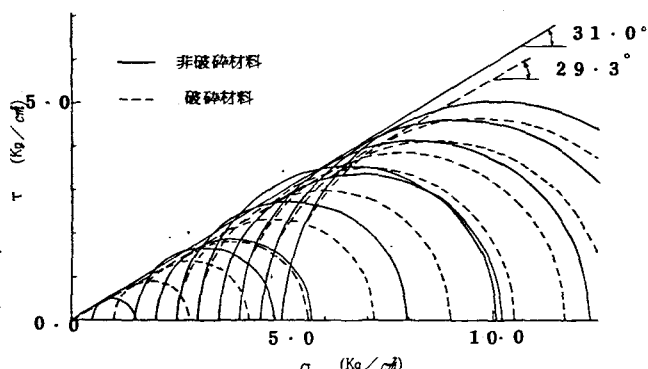


図-5: ピーク強度におけるモール応力円

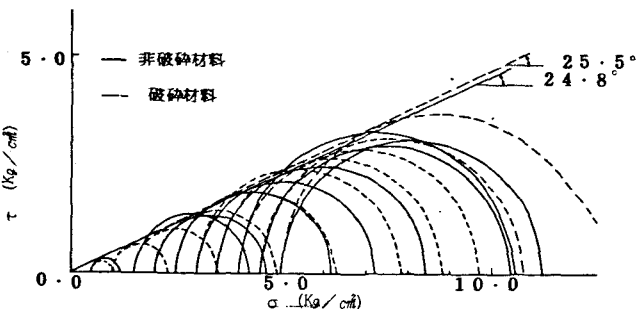


図-6: 残留強度におけるモール応力円

図-5, 図-6は、それぞれ、ピーク

強度と軸ひずみ15%における残留強度

とによってモール円を描いている。図-5においては、非破研材料の方が大きな摩擦角を持つが、図-6におい

ては、単になっっている。これも粒子破研によって生じた小さな粒子による再彫削効果の影響と考えられる。

非破研材料と破研材料との比較では、初期の破研で非破研材料の方が強度が大きい。しかし、破研材料の密度

増加の影響が現れる軸ひずみが大い領域では、破研材料の方が強度が小さくなる傾向にあるようだ。

4. あとがき、さらに、実験を重ねて、この問題をさまざまな角度から検討していきたい。