

九州大学 ○学生員 白石 亨男

九州大学 正 員 平田登基男

九州大学 正 員 内田 一郎

1. はじめに

締固め時やせん断時において粒子が破砕することは、高圧下の砂(三浦), ロック材料(赤司他), まさ土(橋本), 粗粒火山灰(谷口)などの研究によって明らかにされつつある。締固め時には、粒子自身が破砕することによって密度が増加することは容易に理解されるが、せん断時には粒子破砕がせん断強度にどのように影響を与えるのか、まだ十分に明らかにされているとは言えない。三浦は、せん断強度の成分を次のように3つの成分に分けて考えている。

(測定されるせん断強度 τ) = (粒子間滑り摩擦による成分 τ_s) + (ダイレイタンス効果による成分 τ_d) + (粒子破砕・再配列効果による成分 τ_c)

そこで筆者らは粒子間滑り摩擦成分を同じくする材料で、しかも、破砕する材料と非破砕材料のガラスビーズを用いて作ることができた。それによって粒子破砕の影響のみを調べることが可能となった。ここでは一面せん断およびねじりせん断時の粒子破砕特性を調べた。その結果について報告する。

2. 試料および試験機

用いた試料はT社製ガラスビーズでほぼ球形である。その比重および粒度範囲を表-1に示す。一面せん断試験は供試体径60mm、高さ20mm(A, B, C試料)と30mmがとれる改良型一面せん断試験機を用いた。ねじりせん断試験機は内径×外径×高さが60×120×32(mm)の大きさの厚肉円筒供試体をねじりせん断できるものである。

3. 試験方法

破砕材料のC, E試料と非破砕試料A, B, D試料が同じ粒子間摩擦角(ϕ_k)をもつかどうかを図-1のような方法を用いて調べた。その結果を図-2に示す。 ϕ_k は粒径によって変化するが報告されているが、ここでは粒径の差が小さいため、5試料とも粒子間摩擦角は $\phi_k = 12^\circ$ を示した。試験

は等体積せん断で体積変化も測定した。粒子破砕の測定法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) = 破砕した粒子の全重量(W_b) / 試料の全重量(W_t)

表-1 試料の諸性質

	材料	比重	粒 径
試料 A	非破砕	2.476	590 ~ 1410 μ
試料 B	非破砕	2.493	2 ~ 3.4 mm
試料 C	破砕		
試料 D	非破砕	2.497	4.5 ~ 5.5 mm
試料 E	破砕		

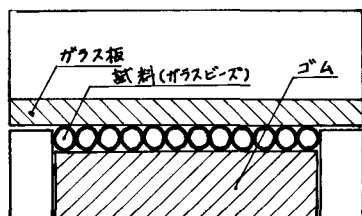
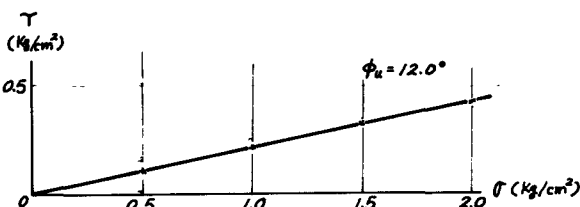
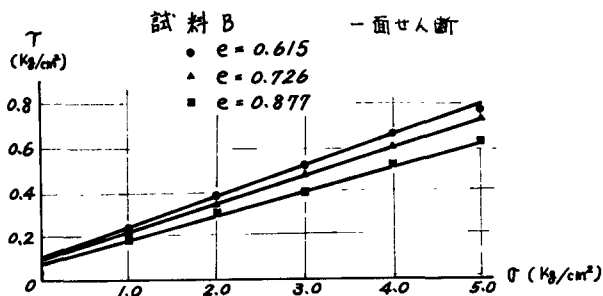


図-1 粒子間摩擦角測定装置

図-2 滑り摩擦の τ - σ 曲線図-3 非破砕材料の τ - σ 曲線

4. 試験結果

(1) 一面せん断試験結果

図-3に非破砕材料の一面せん断試験によるせん断強度と垂直応力との関係を示す。図-4には破砕材料のそれを示す。図-5には、同一間隙比におけるせん断強度の比較の一例を示す。図-6には粒子破砕率と垂直応力との関係を示す。

(2) ねじりせん断試験結果

図-7にはねじりせん断試験によるせん断強度と垂直応力との関係を示す。また粒子破砕率の関係を図-8に示す。

これらの結果から次のような事実が明らかになった。

(1) 粒子破砕が生じない時は τ - σ 曲線は直線を示すが粒子破砕が生じるとその直線性がなくなり、曲線となる。

(2) 粒子破砕により、せん断強度は同じか或いは強くなる。これは破砕により密度が一般には大きくなったためである。

(3) 粒子破砕は垂直圧が大きくなるほど増加し、その関係は下に凸の形状を示す。

(4) 粒子間のすべり摩擦試験によると摩擦角(ϕ)は 12.0° でその τ - σ 曲線は直線を示す。

5. むすび

同一滑り摩擦角をもつ破砕材料を作ることができ、粒子破砕の影響をより厳密に見出すことが可能となった。粒子破砕がグレイテンシー特性に及ぼす影響などを検討しとれらるを明らかにしていきたい。

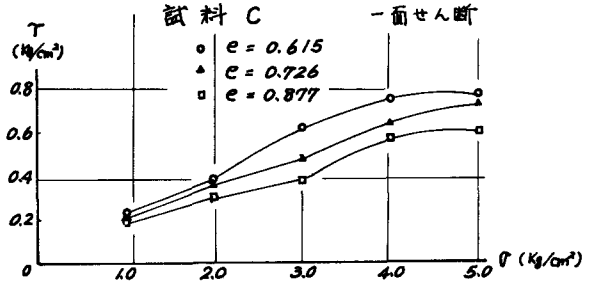


図-4 破砕材料の τ - σ 曲線

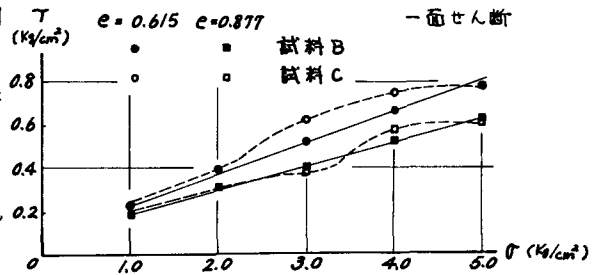


図-5 破砕非破砕材料のせん断強度比較

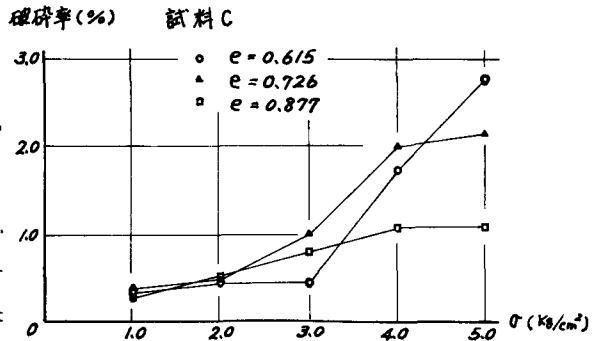


図-6 一面せん断過程の破砕率

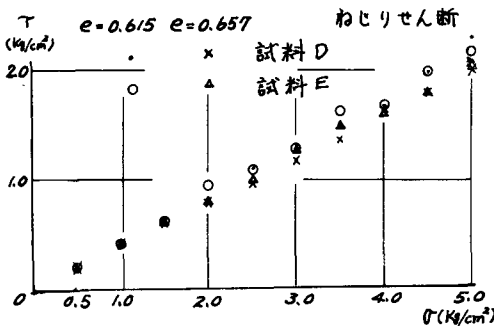


図-7 破砕非破砕材料のせん断強度比較

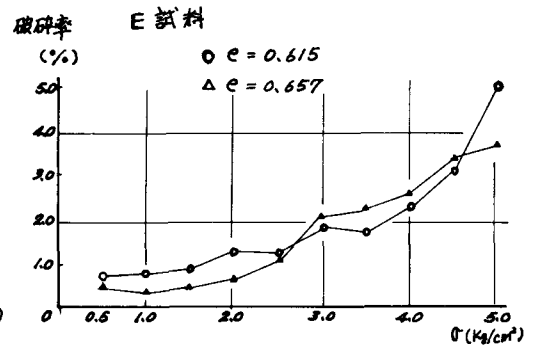


図-8 ねじりせん断過程の破砕率