

粒状体のせん断特性に及ぼす粒子表面粗度の影響

岐阜工業高等専門学校
岐阜工業高等専門学校
名古屋市

正会員 吉村優治
学生員 ○池野友美
福井千晴

1.はじめに

砂のような粒状体のせん断特性は、材質、粒子寸法、粒度分布、粒子形状、表面粗度などの一次性質，あるいは密度、含水量、骨格構造などの二次性質によって決定されると言われている¹⁾。筆者らはこれまでに、せん断中の粒子破碎が無視できる応力レベルにおいては、粒状体の内部摩擦角は粒子寸法や粒度分布にほとんど影響を受けないこと²⁾など、さらに相対密度 Dr が同程度であれば粒子形状のみから内部摩擦角の推定が可能であること³⁾などを報告してきた。しかし、いずれの研究においても微視的には粒子形状の延長上にある表面粗度に関しては言及していない。

本報告では、試料にアルミ丸棒を用いた二次元モデルという極めて限られた条件下ではあるが、せん断特性に及ぼす粒子表面粗度の影響について検討した結果を述べる。

2. 粒子間摩擦角に及ぼす表面粗度の影響

粒状体のせん断強度を表す内部摩擦角 ϕ は、次式で求められることが知られている⁴⁾。

$$\phi = \phi_{\mu} + \theta \quad \cdots \cdots \cdots (1)$$

ここに、 ϕ : 内部摩擦角
 ϕ_{μ} : 粒子間摩擦角
 θ : 粒子接点角

式(1)の関係を利用すれば、次のようにアルミ丸棒の粒子間摩擦角 ϕ_{μ} を求めることができる。すなわち、図-1 に示すようにアルミ丸棒を最密状態に積み重ね、粒子接点角 θ は 30° である。したがって、図-2 のようにこれらのアルミ丸棒を上部載荷板と下部底板に最密 ($\theta = 30^{\circ}$) に並べて接着し、一面せん断試験により内部摩擦角 ϕ を測定すれば、次式により ϕ_{μ} が求まる。

$$\phi_{\mu} = \phi - \theta \quad \cdots \cdots \cdots (1)'$$

実験に用いた試料は、長さが 50mm、直径 5mm の表面が滑らかなアルミ丸棒と表面粗度が $500\text{ }\mu\text{m}$ (目の粗さが $500\text{ }\mu\text{m}$ の金属やすりでせん断方向に直角に削った) のアルミ丸棒である。これらの試料により図-2 に示す試験を行った結果、両者の ϕ_{μ} には全く差異のないことがわかった。また、筆者ら⁵⁾はこれまでも、同様に金属やすりでアルミ丸棒の表面粗度を $0 \sim 625\text{ }\mu\text{m}$ に変化させても ϕ_{μ} にはほとんど差が見られないこと、さらにそれらのアルミ丸棒の表面に粘着力のないオイルを塗り、表面を滑り易くした場合でも ϕ_{μ} には差が見られないことを報告している。

これらにより、粒子間摩擦角 ϕ_{μ} は粒子の表面粗度及び表面の状態 (滑らかさ) には影響されない材料固有値であると言える。

3.内部摩擦角に及ぼす表面粗度の影響

実験に用いた試料は長さが 50mm、直径 3mm と 5mm の 2 種径のアルミ丸棒を質量比で 3:2 に混合したものである。表面が滑らかなアルミ丸棒と粗度 $500\text{ }\mu\text{m}$ のアルミ丸棒の積層体を図-3 に示す簡易一面せん断

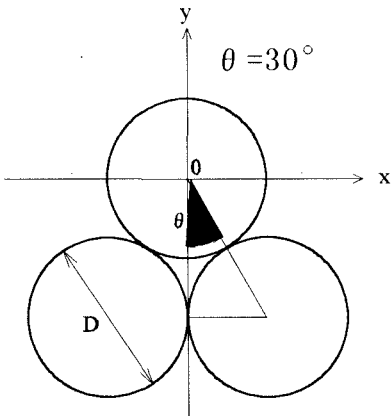


図-1 最密状態の粒子接点角

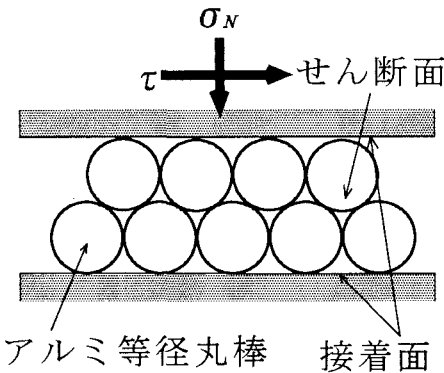


図-2 ϕ_{μ} 測定のための一面せん断試験

試験機にセットし、一面せん断試験を実施して内部摩擦角 ϕ を測定した。

図-4 は試験結果の一例であり、表面が滑らかなアルミ丸棒と粗度 $500\ \mu\text{m}$ のアルミ丸棒ではせん断中の垂直変位に差がないにもかかわらず、応力比には明らかな差が見られる。図-5 は垂直応力 σ_N を変化させて行った試験の内部摩擦角 ϕ をまとめて示したものであり、 ϕ は表面粗度 $500\ \mu\text{m}$ のアルミ丸棒積層体の方が大きくなっており、 7° 程度の差が見られる。

したがって、内部摩擦角 ϕ は粒子表面粗度の影響を受けると言える。

4.まとめ

アルミ丸棒を用いた二次元モデルという極めて限られた条件下ではあるが、せん断特性に及ぼす粒子表面粗度の影響について検討した結果、以下のことが明らかになった。

- ①粒子間摩擦角 ϕ_μ は粒子の表面粗度及び表面の状態（滑らかさ）には影響されない材料固有値である。
- ②内部摩擦角 ϕ は粒子表面粗度の影響を受ける。

今後は、粒子表面粗度が内部摩擦角 ϕ に影響を及ぼすメカニズム（例えば、せん断中の粒子の回転など）について検討する予定である。

謝 辞：本研究で使用した簡易一面せん断試験は名古屋工業大学社会開発工学科・松岡元教授のご厚意により借用させていただきました。また、松岡元教授、前田健一先生、水野大輔氏には有益なご助言とご指導をいただきました。ここに、感謝の意を表する次第です。

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・小川正二：粒状体の間隙比およびせん断特性に及ぼす一次性質の影響，土木学会論文集，No.487／Ⅲ-26，pp.99～108，1994.3.
- 3) 吉村優治・松岡 元：粒子形状に基づいた粒状体の内部摩擦角の推定法(第3報)，土木学会第52回年次学術講演会講演概要集(Ⅲ)，pp.50～51，1997.9.
- 4) 松岡 元：Defomation Characteristics of Soil，京都大学工学博士学位論文，1973.8.
- 5) 吉村優治・松岡元・上田雅章：粒状体のせん断強度の源に関する一考察—粒子表面粗度と粒子間接点角の影響—，平成5年度土木学会中部支部研究発表会講演概要集，pp.427～428，1994.3.

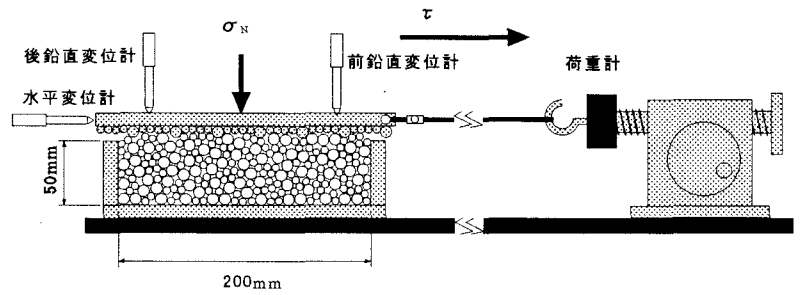


図-3 簡易一面せん断試験

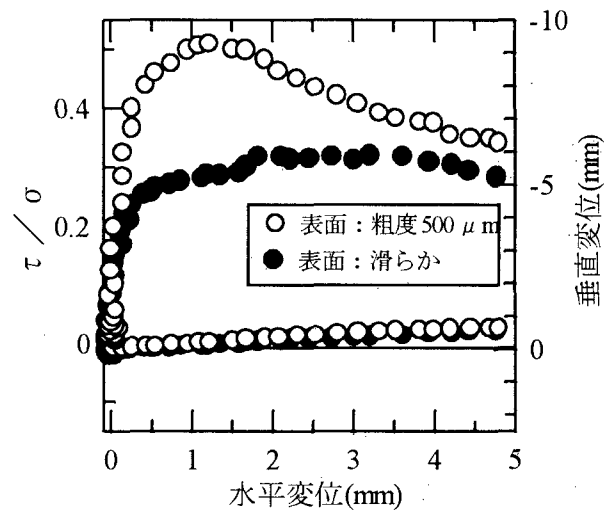


図-4 $\tau/\sigma \sim$ 水平変位 $\sim$ 垂直変位関係

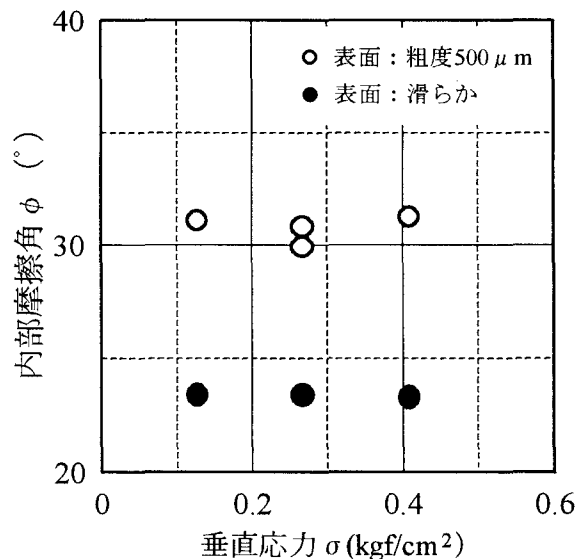


図-5 内部摩擦角 $\sim$ 垂直応力関係