

表面粗さの異なる鋼材と粒状材料の大変形時までの摩擦特性

九州大学大学院 学○賀来貴彦 F 落合英俊 正 安福規之 正 大嶺 聖 正 中島通夫

1.はじめに

地盤材料と構造材料の相対変位で生じる摩擦特性を把握することは、杭の周面摩擦力など境界面摩擦力の評価において重要であり、地盤内部のせん断特性と関係づけて把握することが必要である。また、変形量に着目した多段階設計法の考え方をふまえると¹⁾、変形に着目した摩擦特性を把握することが工学的に重要となる。本研究は、地盤材料の粒度分布の違いと鋼材の表面粗さの違いに着目し、地盤材料と鋼材の境界面で発揮される初期変形から大変形までの摩擦特性について検討したものである。

2.リングせん断試験装置と試験方法

試験はリングせん断型試験装置を用いて行った。リングせん断試験は、原理的には、連続したせん断面に無限大のせん断変位を与えることができ、大変形での特性を把握するのに適している。供試体寸法は、リングの周面摩擦の影響や半径方向のひずみの不均一性をできるだけ軽減できるように、外径 300mm、内径 200mm、高さ 40mm とした。試験条件は供試体外周の変位速度を 3.0mm/min、上下リング間の隙間を 0.15mm とし、隙間からの試料漏れを防ぐためにリング内周に Skirt を設けた。Skirt は厚さ 0.1mm の OHP フィルムをメンディングテープで固定したものである。試料と鋼材の摩擦試験ではせん断箱の下半分に厚さ 20mm の鋼材を設置した。この摩擦試験には表面粗さの異なる鋼材を用いており、各鋼材の表面粗さは $R_{max}=10,200,500,1000\mu m$ である。実験試料には、相似粒度 ($U_c=1.5$) に粒度調整してある粒子形状が球形のガラスビーズを 3 種類と、Lee の定義する Shape Factor が 0.94 程度のシリカ砂 ($U_c=1.5$) を用いた。図-1 に試料の粒度分布を示す。図中には D_{50} の値も記している。試験はいずれも鉛直応力 $\sigma'_n=100kPa$ 、相対密度 $Dr=50\%$ の条件で行った。

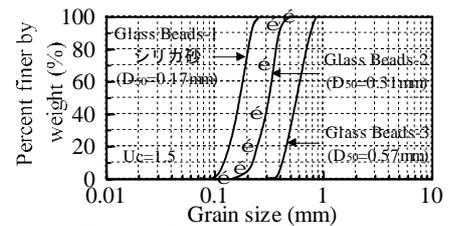


図-1 試料の粒径加積曲線

3.試験結果及び考察

図-2 は、ガラスビーズと鋼材の摩擦試験におけるせん断応力比 τ/σ'_n - 水平変位 H 関係を示したものであり、図中の(b)は(a)のせん断初期 10mm を拡大したものである。表面が滑らかな鋼材($R_{max}=10\mu m$)を用いた摩擦試験結果を太線、表面が粗い鋼材($R_{max}=500\mu m$)を用いた摩擦試験結果を細線で示している。表面が滑らかな鋼材を用いた場合、 τ/σ'_n はせん断初期に線形的に増加し、1mm 程度の変位で折れ曲がりを示し、その後一定の値に残留する。一方、表面が相対的に粗い鋼材を用いた場合、 τ/σ'_n はせん断初期に線形的に増加し最大値を示した後、軟化して一定の値に残留する。以上のように鋼材の表面粗さが異なると、その摩擦挙動も異なる。粒子形状が異なるシリカ砂を用いた場合も同様である。図-2 中には τ/σ'_n が明確な折れ曲がりを出す点を A 点、大変形を与えた残留時の点を B 点として示している。以下では便宜上 A 点の値をピーク値、B 点の値を残留値と称する。図-3 は、ガラスビーズと鋼材の摩擦試験における、A 点、B 点での摩擦角 ϕ'_s と平均粒径 D_{50} の関係を示したものである。A 点、B 点ともに、 D_{50} が大きい試料を用いた時ほど、 ϕ'_s は相対的に小さな値を示している。図-4 は、ガラスビーズと鋼材の摩擦試験に

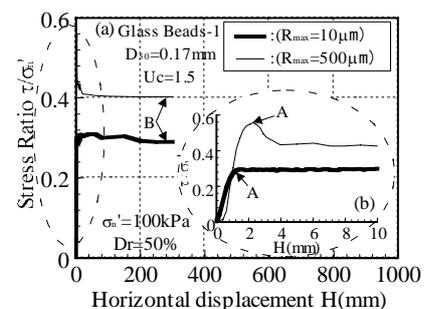


図-2 せん断応力比-水平変位関係

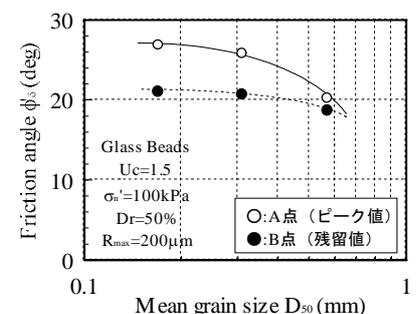


図-3 摩擦抵抗角-平均粒径関係

キーワード：摩擦特性、表面粗さ、平均粒径、大変形、リングせん断

連絡先：〒812-8581 福岡市東区箱崎 6-10-1 Tel.092-642-3286 Fax.092-642-3285

おける、A点、B点での摩擦角 ϕ'_s と鋼材の表面粗度 R_{max} の関係を示したものである。A点、B点ともに、表面が粗い鋼材を用いた時ほど、 ϕ'_s は大きな値を示している。図-5は、シリカ砂と鋼材の摩擦試験における、A点、B点での摩擦角 ϕ'_s と鋼材の表面粗度 R_{max} の関係を示したものである。結果は ϕ'_s の大きさが異なるものの図-4の場合と同様の傾向を示している。図-3、4、5の結果から、A点、B点の ϕ'_s には、鋼材の表面粗さと試料の平均粒径が相互に関係していると判断される。図-6は、ガラスビーズと鋼材の摩擦試験における、A点、B点での摩擦角 ϕ'_s と相対粗さ R_{max}/D_{50} の関係を示したものである。相対粗さは試料の平均粒径に対する鋼材の表面粗さの比として定義される³⁾。B点において、相対粗さが0~1の範囲では R_{max}/D_{50} とともに ϕ'_s は増大し、 R_{max}/D_{50} が1を超えると ϕ'_s は一定値を示すようになる。図-7は、シリカ砂と鋼材の摩擦試験における、A点、B点での摩擦角 ϕ'_s と相対粗さ R_{max}/D_{50} の関係を示したものである。A点、B点ともに、相対粗さが0~2の範囲では R_{max}/D_{50} とともに ϕ'_s は増大し、 R_{max}/D_{50} が2を超えると ϕ'_s は一定値を示すようになる。図-8は、A点での ϕ'_s とB点での ϕ'_s の比、 ϕ'_{sr}/ϕ'_{sp} と R_{max}/D_{50} の関係をまとめたものである。いずれの試料においても、 R_{max}/D_{50} が大きくなるにつれて、 ϕ'_{sr}/ϕ'_{sp} は小さくなり一定値に収束する。また、ガラスビーズとシリカ砂とで ϕ'_{sr}/ϕ'_{sp} の値が異なるひとつの要因として粒子形状の違いが考えられる。図-9は、 ϕ'_{cv} (残留状態での試料の内部摩擦角) に対する ϕ'_{sr} (B点の摩擦抵抗角) の比、 ϕ'_{sr}/ϕ'_{cv} と R_{max}/D_{50} の関係を示したものである。いずれの試料においても、 R_{max}/D_{50} が大きくなるにつれて、 ϕ'_{sr}/ϕ'_{cv} は大きくなる。つまり R_{max}/D_{50} が大きくなるにつれて ϕ'_{sr} は ϕ'_{cv} に近づくこととなる。

4. 結論

本研究で得られた結論をまとめると以下の様である。1)試料の平均粒径に対する鋼材の表面粗さの比として定義されている相対粗さは、変形に着目した摩擦特性を評価する上で有効である。2)相対粗さの増加とともに、ピーク時及び残留時における摩擦角は増加し、ある値に収束する傾向を示す。3)ピーク値の摩擦角に対する残留値の摩擦角の比は、相対粗さの増加とともに減少し一定値に収束する。4)相対粗さの増加とともに、 ϕ'_{sr} は ϕ'_{cv} に近づく傾向にある。

【参考文献】

- 1) 日下部 治：基礎構造物設計法の変遷に思う、土と基礎、Vol.48, No.9, pp.1-3, 2000
- 2) 賀来, 落合, 安福, 大嶺, 中島：粒度分布に着目した粒状材料と鋼材の大変形時における摩擦特性, 土木学会西部支部研究発表会講演概要集, 第III部門, pp.436-437, 2001
- 3) 前田, 水野：粒状材料と表面の異なる基礎との摩擦特性, 第34回地盤工学研究発表会講演集, pp.457-458, 1999

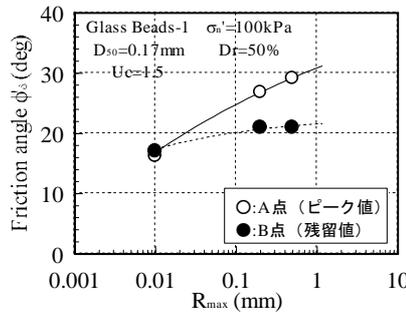


図-4 摩擦抵抗角-表面粗度関係

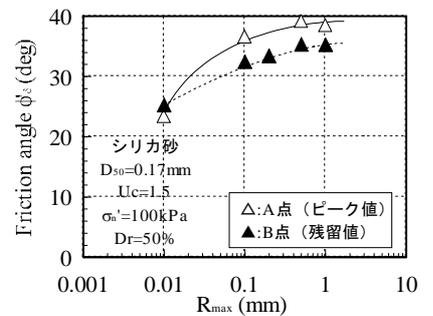


図-5 摩擦抵抗角-表面粗度関係

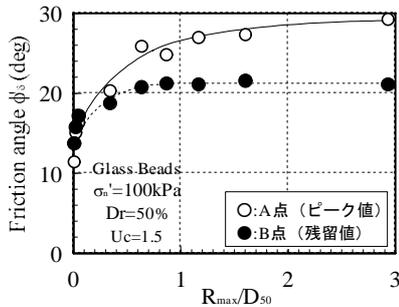


図-6 摩擦抵抗角-相対粗さ関係

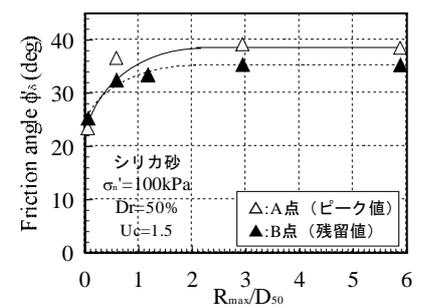


図-7 摩擦抵抗角-相対粗さ関係

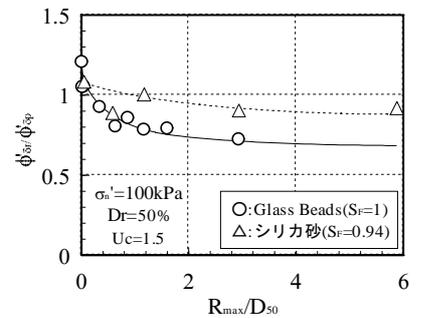


図-8 ϕ'_{sr}/ϕ'_{sp} -相対粗さ関係

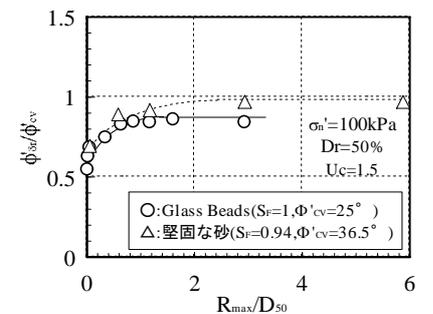


図-9 ϕ'_{sr}/ϕ'_{cv} -相対粗さ関係