

1. まえがき

地盤と基礎との相互作用を解析するには、境界付近の地盤の変形挙動や摩擦特性を把握する必要がある。既報¹⁾では摩擦試験によって粒状材料と表面粗さの異なる剛板との摩擦抵抗について調べた。本報告では境界付近での粒状材料の変形の局所化とダイレイタンシー挙動について検討する。

2. 用いた試料と摩擦試験方法

実験に用いた試料は、アルミ棒積層体試料と粒状材料試料であるガラスビーズ、珪砂で、その物理的性質を表-1に示す。表中の A_{2D} は粒形の角張り度合いを表し、ガラスビーズのように球形の粒子では0で角張っている珪砂の方が高い値を示す²⁾。また、間隙比幅($e_{max}-e_{min}$)が大きい試料ほど粒子骨格構造の変形の自由度が高いことを意味する²⁾。粒状材料ではふるいを用いて空中落下法により地盤試料を作成した。

表-1 摩擦試験に用いた試料の物理特性

試料	D_{50} (mm)	U_c	Angularity A_{2D}	$e_{max}-e_{min}$	D_{max}/D_{min} (mm)/(mm)
アルミ丸棒	2.20		0		3.0/1.6
アルミ丸棒	3.90		0		5.0/3.0
珪砂(小)	0.900	1.45	675	0.34	1.180/0.425
珪砂(大)	3.082	1.54	760	0.29	4.750/3.000
Glass Beads	2.353	1.19	0	0.10	2.794/1.981

摩擦特性は、簡易一面せん断型の試験機を用いて鉛直応力一定の下で、表面粗さを調整した剛板と試料との摩擦試験によって測定している。アルミ棒と粒状材料に関する実験はそれぞれ2次元条件と透明なアクリル製せん断箱による平面ひずみ条件である。試験装置および試験方法は既報に詳しい¹⁾。基礎表面粗さは、アルミ剛板に直径1.6, 3.0と5.0mmの3種類のアルミ棒、砂試料やサンドペーパーの接着や鋸の刃状の溝によって調節している。表面粗さは表面の凹凸の最大高さ R_{max} (mm)で評価している¹⁾。また、試料の代表平均粒の半径 $D_{50}/2$ に対する相対的な基礎表面粗さを相対粗さ $R_{max}/(D_{50}/2)$ として定義する。粒子破碎の影響を小さくするために低い鉛直応力 $\sigma_v=50kPa$ とした。

3. 実験結果および考察

図-1は密詰め珪砂(大)の場合($Dr=90%$)の摩擦試験結果を応力比 σ/σ_v ~水平変位 D ~鉛直変位 h の関係を示している。図から分かるように基礎表面の粗さ R_{max} に関わらず非線形な挙動を示すが、 R_{max} が大きくなるにつれて発揮される応力比が高くなるるとともに垂直変位も膨張傾向が強くなっている。表面が滑らかな場合($R_{max}=0$)には、水平変位0.5mm以降で完全塑性的な挙動を示している。一方、相対粗さ $R_{max}/(D_{50}/2)$ 1で基礎が試料に対して十分に粗い場合には一様な挙動に収束し試料自体の特性を示すと考えられる。さらに、極限摩擦抵抗角 $\phi_B (= \tan^{-1}(\sigma/\sigma_v))$ と相対粗さとの関係を図-2に示す。全試料において図中の2直線で近似でき、相対粗さが1以上になるとほぼ一定の値を示し、土自体の摩擦角と同じになる。本実験の範囲では表面材料の材質よりも幾何学的粗さの影響が支配的である。基礎表面が滑らかな場合には土自体の摩擦角のほぼ2/3になっている¹⁾。

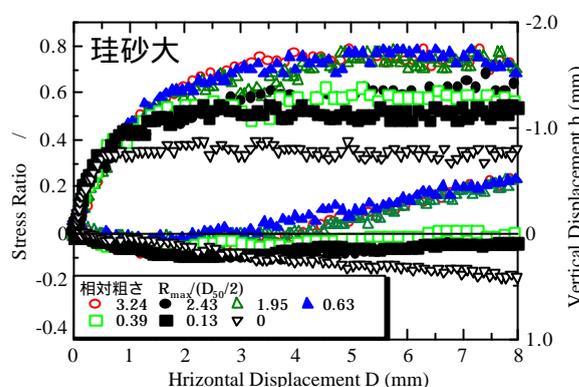


図-1 基礎境界での摩擦挙動

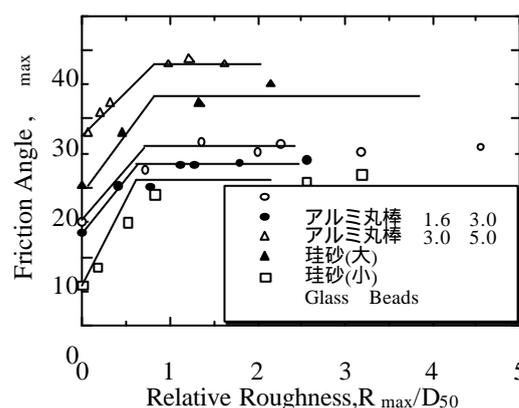


図-2 極限摩擦抵抗角と相対粗さの関係

つぎに基礎剛板境界付近の変形挙動を観察した結果、単純せん断型の変形の局所化によって、

キーワード： 摩擦、基礎、せん断強さ、せん断帯、ダイレイタンシー、粒径

連絡先： 〒466-8555 名古屋市昭和区御器所町 Tel.&Fax. 052-735-5497

せん断帯 (Shear Band) が基礎剛板に平行に発生するのが観察された。この領域の幅 t_{SB} が摩擦特性を支配している特性長と考えられる。図-3 はせん断帯に含まれる粒子数に相当する t_{SB}/D_{50} と相対粗さ $R_{max}/(D_{50}/2)$ との関係を示している。せん断帯幅は、極限摩擦抵抗角 β_B と同様に粗さとともに直線的に増加し、十分に粗くなれば一定を示す。また、低い剛板表面が滑らかな場合には、粒子 2 個程度の極薄い幅のみにせん断が集中している。十分に粗い場合のせん断帯幅 t_{SB}/D_{50} は、圧縮性の低いアルミ積層体では 8-9 個、ガラスビーズで 8 個、珪砂では 6 個と、粒子形状が角張っていて間隙比幅 ($e_{max}-e_{min}$) の大きい試料 (表-1 参照) ほど薄くなっており明瞭な変形の局所化が観察された。このような傾向は粒状試料のみがせん断を受けたときにもみられる³⁾。

図-4 (a, b) はそれぞれ珪砂 (大) とガラスビーズの摩擦試験で得られた応力比 σ/σ_0 ~ 水平・垂直変位増分比 h/D 関係 (ストレス・ダイレイタンスー関係) を示している。粒状試料のみの場合と同様に両者には直線性を示す領域がみられる。剛板表面が滑らかな場合 ($R_{max}/(D_{50}/2) = 0$)、硬化過程ではほとんどダイレイタンスー傾向はなくなだらかな圧縮性をもつため (図-1 参照)、図-5(a) ではダイレイタンスー比 $h/D = 0$ 付近では鉛直に近い直線になっている。一方、剛板表面が粗くなるにつれて、正のダイレイタンスー傾向が強くなるとともにストレス・ダイレイタンスー関係の傾きは急になることがわかる。いずれの試料においても同様な傾向がみられた。さらにストレス・ダイレイタンスー関係を代表する関係を直線で近似しその傾きダイレイタンスー係数 K' (図 4 中参照) と相対粗さとの関係を図-5 に示す。比較的粗い場合 ($R_{max}/(D_{50}/2) > 0$) では極限摩擦抵抗角 β_B とせん断帯幅 t_{SB}/D_{50} と同様な傾向を示している。表面が滑らかな場合との不連続性については今後検討を要する。また、粒子形状が角張っていて間隙比幅 ($e_{max}-e_{min}$) の大きい試料ほどダイレイタンスー係数が大きくなっている。

以上のことから摩擦抵抗、ダイレイタンスー係数が大きいほど、せん断帯の幅が小さく明瞭な発生特性がある。基礎表面と地盤材料との力学的相対粗さの定義や DEM などの数値解析によって摩擦抵抗の発現とせん断帯の発達メカニズムとの関係を明らかにしていくことが今後の課題である。

参考文献

- 1) 前田・水野(1999): 粒状材料と表面粗さの異なる基礎との摩擦特性, 第 34 回地盤工学研究発表会, pp457-458.
- 2) Miura, K., Maeda, k., Furukawa, M. and Toki, S.(1998): "Mechanical characteristics of sands with different primary properties," Soils and Foundations, Vol.38, no.4, pp.159-172.
- 5) 上野, 三浦, 谷瀬, 前田(1991): 第 26 回土質工学研究発表会, pp425-428.

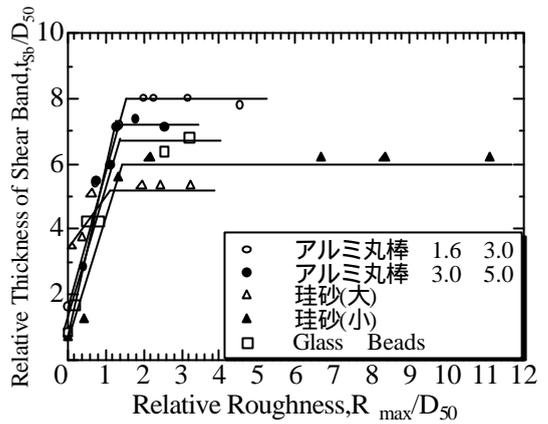


図-3 せん断層厚と相対粗さの関係

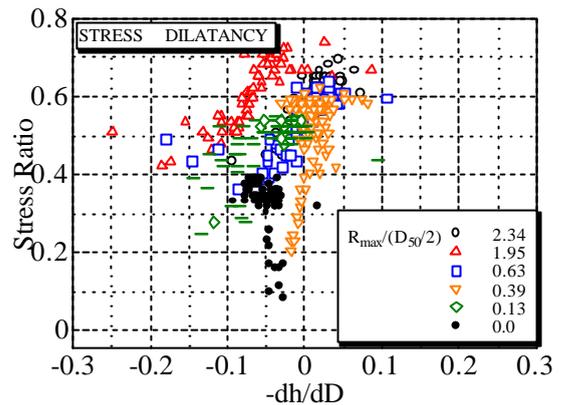


図-4 基礎境界でのストレス・ダイレイタンスー挙動 (a)珪砂 (大)

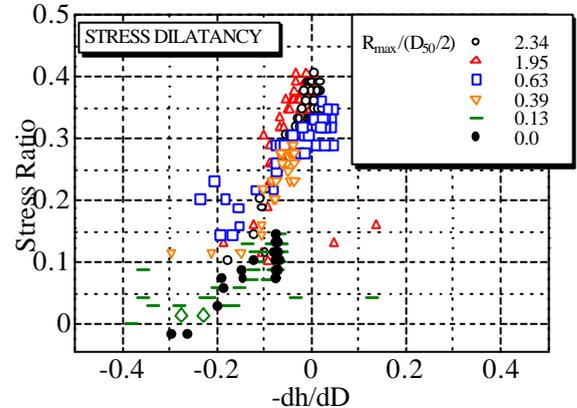


図-4 基礎境界でのストレス・ダイレイタンスー挙動 (b)ガラスビーズ

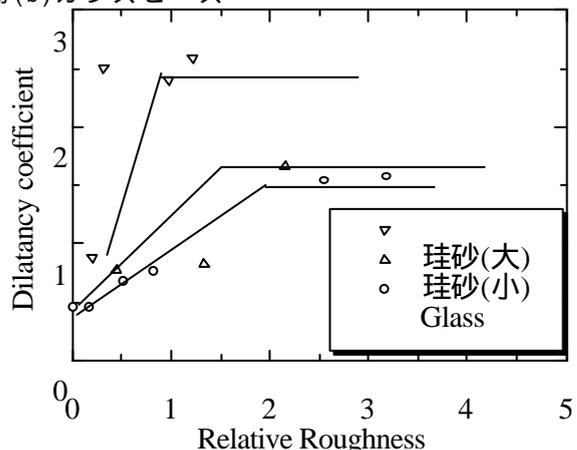


図-5 ダイレイタンスー係数と相対粗さの関係