

Ⅲ－10

砂の摩擦特性に関する実験的研究

八戸工業大学 学生員 ○樋下 豪
 八戸工業大学 学生員 豊島 一也
 八戸工業大学 正会員 金子 賢治
 八戸工業大学 正会員 熊谷 浩二

1. はじめに

砂などの粒状材料の巨視的な力学特性は、粒子間の摩擦特性に支配される。また、粒状体の微視的変形特性を把握するために、剛体粒子と粒子間摩擦モデルを用いた離散解析手法が用いられる。本研究では砂粒子と砂粒子の間の摩擦特性を把握するために、砂を付着させた板同士に鉛直応力を作用させ、強制的に水平方向の相対変位を与えることで摩擦係数を計測し砂の摩擦係数を測定し、相対速度や鉛直圧力と摩擦係数の関係について検討した。

2. 実験の概要

実験に用いた摩擦試験装置¹⁾を図-1に示す。台車と鉛直荷重軸に砂を接着剤で付着したアクリル板を設置し、所定の鉛直荷重を作用させることで砂を接触させる。台車にスクリュージャッキで水平方向の強制変位を与え、5kNのひずみゲージ式ロードセルで水平方向荷重を測定した。なお、砂粒子をアクリル板に付着させているので、粒子回転は拘束されていることになる。本研究では、表-1で示すように鉛直圧力と载荷速度を変化させ、摩擦係数との関係を検討する。また、結果のばらつきが予想されるため、それぞれのケースについて5回ずつ実験を行った。本研究で行った実験は、完全な2つの粒子間での摩擦特性を測定したものではなく、直接的に2粒子間の摩擦係数の絶対値を把握できるものではないが、相対速度や鉛直圧力との関係の傾向を把握することができると考えられる。なお、実験には、青森県八戸

表-1 試験条件

ケース名	载荷速度 (mm/s)	鉛直圧力 (MPa)
1-1	4.0	0.1
1-2	12.0	
1-3	20.0	
1-4	28.0	
2-1	4.4	0.2
2-2	12.0	
2-3	20.0	
2-4	28.0	
3-1	4.4	0.3
3-2	12.4	
3-3	20.0	
3-4	28.0	
4-1	4.0	0.4
4-2	12.4	
4-3	20.4	
4-4	28.4	

市の馬淵川河口付近で採取した砂を用いた。三軸試験から求めたこの砂の摩擦係数は、 33° である。

3. 摩擦係数の定義

図-2に実験から得られる典型的な例としてケース1-1の相対変位と摩擦係数の関係を示す。ここで、摩擦係数 ν を鉛直荷重 F_N と水平荷重 F_T の比として次式で定義する。

$$\nu = F_T / F_N \quad (1)$$

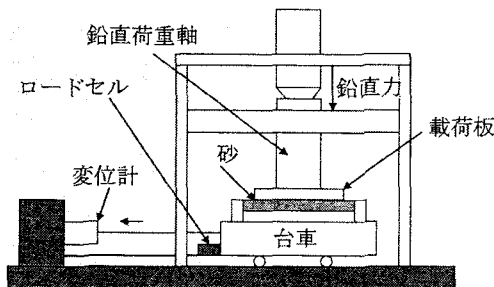


図1 摩擦試験機

載荷初期には摩擦係数は相対変位に比例して上昇し、ピークに至り、ピーク直後に摩擦係数はいったん急激に減少し、ある値で安定するといった一般的な摩擦法則と類似した結果を示す。本研究で行った他のケースでも同様の結果が得られている。本研究では、摩擦係数 μ の最初のピークを静止摩擦係数 μ 、ピーク後の安定した部分の平均値を動摩擦係数 μ' とする。

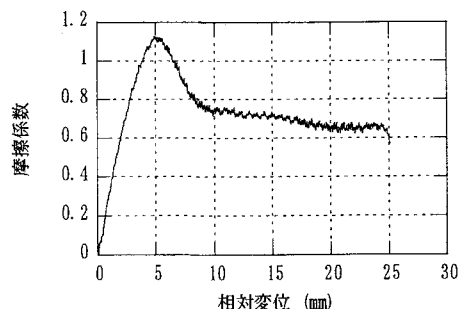


図-2 相対変位と摩擦係数の関係

4. 結果と考察

図-3、4に一連の試験で得られた結果を元に算出した静止摩擦係数と動摩擦係数と鉛直圧力の関係を示す。各摩擦係数は、5回ずつの試験結果の平均値を求めている。

図-3 より、静止摩擦係数に関して鉛直圧力に対して一定の値にはならず、圧力が増加するのに伴って小さくなるのがわかる。また、載荷速度の違いによる摩擦係数の顕著な違いは見られない。図-4 より、動摩擦係数に関しても鉛直圧力の増加に伴い若干減少する傾向をしめている。図-3、4を比較して、いずれのケースにおいても、動摩擦係数と静止摩擦係数は同じ値とはならないことがわかる。特に載荷速度が遅く、静的に近いような載荷においても動摩擦係数は静止摩擦係数と比べて小さくなっていることがわかる。

本研究においては、以上のような結果が得られたが、同条件の実験でも摩擦係数の値が数十%程度ずれる場合もあり、結果のばらつきは非常に大きい。各ケース5回という実験回数で平均値を求めているが、さらに回数を増やして実験を行う必要もあるように感じられる。

5. 終わりに

本研究では、砂を付着させた2枚の亚克力板に相対変位を与えることで砂の摩擦特性の検討を試みた。その結果、静止摩擦係数および動摩擦係数に与える圧力や載荷速度の影響をある程度把握することができた。また、静止摩擦係数と動摩擦係数の関係について整理することができた。今後の課題として挙げられる同一試験条件での実験回数を増やすことは現在行っており、結果の安定性や精度向上を試みている。また、摩擦係数に与える水の影響を調べるために、砂と砂の間に水が入った場合の摩擦試験も現在行っている。なお、粒径や粒子形状などの幾何学的な因子と摩擦係数との関係を整理することも今後の課題である。

参考文献

- 1) 三部、高橋、三浦：砂と氷の摩擦係数および変形氷固結層の強度に関する室内実験、八戸工業大学卒業論文、2002。

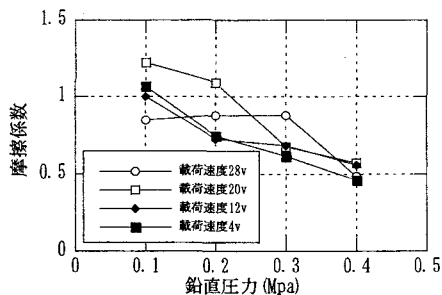


図3 静止摩擦係数

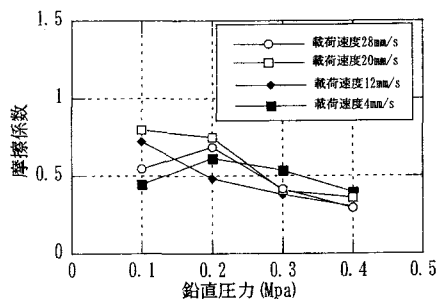


図4 動摩擦係数