

Ⅲ-A24

砂質土の安息角とせん断抵抗角について

九州大学工学部 学○郭 理敏 F 落合英俊
同上 正 安福規之 正 大野司郎

1. はじめに：サンゴ・貝類の遺骸を起源とする石灰質堆積地盤では基礎の過大な沈下や十分な支持力が期待できないといった問題点が指摘されており、合理的な支持力評価法が望まれている。著者らは、このような石灰質地盤をはじめとする粒子破碎の顕著な地盤を対象とした設計パラメータの一つとして、等方圧縮条件における地盤材料の降伏応力と関係づけた実用的な破碎性指標を提案し、さらに、その破碎性指標を利用した強度パラメータの推定法を示している。

本報は、地盤材料の強度パラメータをより簡便に推定する方法として砂質土の安息角に着目することを試みた。まず、安息角の力学的背景を述べ、新たに作製した安息角測定装置を概説し、その装置を用いて求めた安息角と三軸試験から得られた強度パラメータの比較を検討する。

2. 砂質土のせん断抵抗角

砂質土の最大せん断抵抗角は低い拘束圧、高密度になるほどダイレイタンスが発揮されるため、相対的に大きなせん断抵抗角を示す。図-1に、(a)は豊浦砂の、(b)はDogs Bay砂の最大せん断抵抗角 ϕ'_{max} と平均有効応力 p' の関係を相対密度 Dr をパラメータとして示した。この図は、 p' の増加とともに ϕ'_{max} は ϕ'_{crit} に近づく、すなわち、拘束圧の増加と共にピーク強度は限界状態強度に近づくことを実験的に示したものである。また、この傾向は Dr が低くなるほど低勾配で近づくため、ここで、 Dr が非常に低い場合には ϕ'_{max} は ϕ'_{crit} とほとんど同じ値になるものと考えられる。

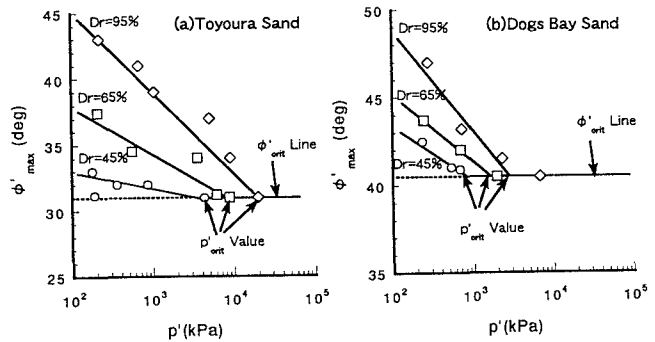


図-1 有効応力とせん断抵抗角の関係

3. 砂質土の安息角の力学背景²⁾

乾燥砂をロートからポアリングする時、砂山は多くの表面の薄い層が滑りながら形成される。その薄い層が滑りながら一時的に止まるという現象に着目すると安息角の力学は、図-2のような釣り合いが成り立っているものと考えられる。薄い層の滑りによる安息角は、図-2の斜面が無限だと仮定すれば、無限斜面の安定解析を用いて図-2中の式のように求められる²⁾。最小密度試験のようにロートをゆっくり上げる方法で形成される安息角は極めて緩い砂の低い拘束圧で発現する内部摩擦角といえる。

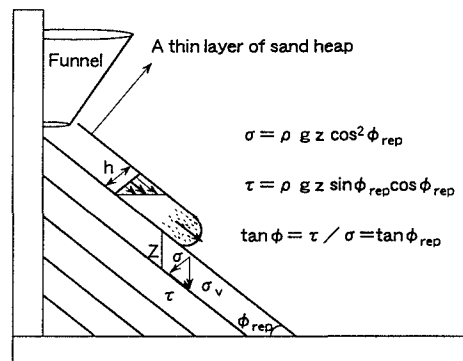


図-2 安息角の力学背景

4. 試料および試験

安息角測定試験は、粒子形状が異なる三種類の乾燥砂、すなわち、豊浦砂（T砂）、奄美砂（A砂）、Dogs Bay砂（D砂）を用いて実施した。試料の粒子形状は、相対的にD砂が扁平率が高く、T砂が球状に近い粒子形状を有している。

試験装置の概略を図-3に示す。アクリル板を用いることによって、安息角を二次元および三次元的に観察、測定

（破碎性）砂質土、せん断抵抗角、安息角、強度特性

可能とした。また、底版の摩擦の影響を無くするため、半円形の壁の中で砂同士の摩擦のみ生じるように工夫した。この装置の特長は 1)砂山の底面の大きさを直径5, 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90, 100cm まで大きく変えられること、砂山が大きくても中心が簡便にあわせられること、2)砂山の形が背面で直接見えること、3)電動モーターを用いてロートを上げる速度を正確かつ簡易に変えられることである。また、試験は半楕円の流出口を持つロートを用いて、ロート流出口から落差がないような低速で上昇させることによって砂山を形成させた。今回、砂山の大きさは底面の直径が 10, 20, 30, 40, 50cm の 5 種類を用いて安息角を求めた。

5. 安息角とせん断抵抗角

安息角は試験実施時に着目する角度によって大きく異なる。そこで今回は①砂の薄い層が砂山からあふれる直前の角度、②砂が流れやすい方向にあふれてしまった後の安定状態の角度、③カラーをつけて外した後の角度に着目した。図-4にはT砂とD砂における各々の角度の結果を示した。この図から砂の薄い層が砂山からあふれる直前の角度①が最も大きくなっていることがわかる。この場合、表面の薄い砂層が最も緩い状態であり、その層が滑る・止まるを繰り返し、形成した最大の山形である。他の②、③のような表層が流れ落ちた後の安息角は流れ落ちる際の外力によって削り取られるため、低い角度になった。特に粒子形状のアンギュラーな砂は表層滑りが生じることによって砂山は大きく削られるため、そのような砂の場合①の角度が最も力学的背景を反映した安息角と考えられる。また、図-4に示した安息角は底面直径の大きさが小さいほど大きい値を示しているが、ある大きさを超えると概ね一定に収束することがわかる。

安息角が緩く砂の低拘束圧下の内部摩擦角であると考え、2.節で示したせん断抵抗角の考察に基づき、図-5に各試料の安息角と限界状態抵抗角との比較を示す。T砂の場合、安息角が限界状態抵抗角より高い値を示しており、A砂とD砂は限界状態抵抗角より低い値を示している。

6. おわりに：粒状材料の内部摩擦角を反映した一つの実験モデルとして無限斜面の安息角を考え、その特性を実験的に考察した。安息角試験は短時間、低コストで実施可能であり、簡便に求められるが、実験方法によりその結果が異なることが多い。現在のところ、データが少ないため、安息角がせん断抵抗角と似ていることしかいえないが、簡便に求められる砂質土の強度パラメータの算定を目的として、今後さらに検討したい。

参考文献 1) 郭 ジョン敏, 落合英俊, 安福規之, 大野司郎, (1997), 砂の強度パラメータと破碎性についての一考察, 九州大学工学集報 Vol.70-4, pp. 307-314 2) Miura K., Maeda K., Toki S. (1997), Method of measurement for the angle of repose of sands, Soils and Foundations, Vol.37, No.2, pp89~96

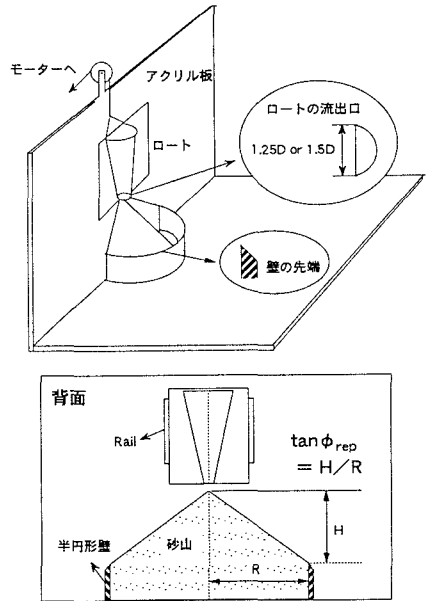


図-3 実験装置の概要図

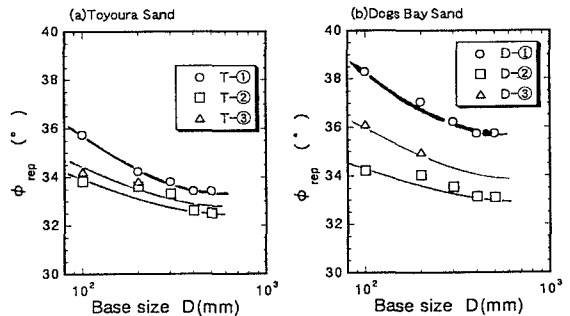


図-4 安息角と底面直径の関係

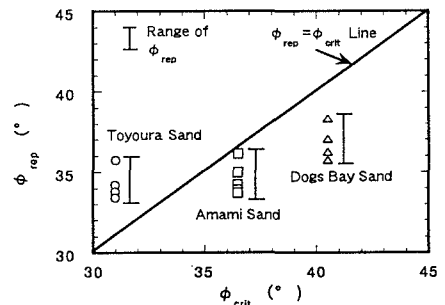


図-5 安息角と限界状態抵抗角の関係