

DEM解析を用いたサンゴ礫混じり土の安息角シミュレーション

山口大学大学院 学生会員 ○中村 礼
 山口大学大学院 正会員 中田 幸男
 山口大学大学院 正会員 兵動 正幸
 山口大学大学院 学生会員 内野隆太郎

1. はじめに

サンゴ礁が死骸化したサンゴ礫を含んでいる土をサンゴ礫混じり土という。地盤工学的には特殊土に分類されており、未解明な点が多い。サンゴ礫を地盤材料として利用していく上で、サンゴ礫の特性を明らかにしていく必要がある。サンゴ礫は、形状がいびつでサイズが大きいことから、実験が困難とされている。そこで、簡易にせん断強度を評価することができる安息角¹⁾を有効に活用できないかと考えた。本研究では、DEM解析を用いて、柱状礫と球形砂の混合材料を用意し、安息角シミュレーションを行った。得られた結果を実測値と比較するとともに、微視的な考察を加えた。



写真1 サンゴ礫 写真2 チイビシ砂

表1 試料の物理的性質

	Gs	e_{max}	e_{min}
Chibishi Sand	2.734	1.254	0.819
Coral Gravel	2.845	1.848	1.324

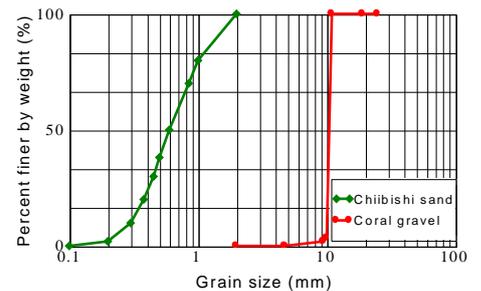


図1 サンゴ礫とチイビシ砂の粒度分布

2. 実験における安息角の測定

試料は沖縄県浦添市で採取したサンゴ礫及びチイビシ砂を用いた(写真1, 2)。サンゴ礫は直径約10mm、長さ約30mmに整えたもので実験を行った。各試料の物理的性質を表1に示す。また、粒度分布は図1のようになった。

安息角の測定方法は明確にされておらず、多種にわたる。また測定方法によって安息角の値に影響を及ぼす²⁾。本研究では、比較的測定しやすい排出法を用いた³⁾。排出法は、図2に示すように容器に試料を充填した後、容器を取り除き、試料を排出させ、崩れによってできる斜面の角度を測定するものである。図3に実際の測定手順を示す。容器は内径164.1mmのものを用いた。安息角は、円錐型の山に対し、頂点の高さと円錐の半径とで円錐の平均的な角度を計測することにした。円錐の高さを計測した後、サンゴ礫とチイビシ砂をふるいで分け、質量を測定し、円錐を形成したときのサンゴ礫含有率を求めた。

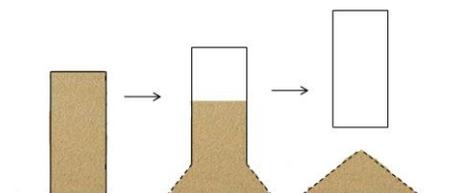


図2 排出法



図3 安息角測定手順

図4は排出法によって求めた安息角とサンゴ礫含有率の関係を示したものである。図には、チイビシ砂のみの結果を、サンゴ礫含有率0%の結果として、また、サンゴ礫のみの結果も記載している。安息角はサンゴ礫含有率が20%以上になると、チイビシ砂のみの結果よりも明らかに大きな安息角となった。サンゴ礫含有率が50%付近の結果は、ばらつきが大きいものとなったが、安息角が43°となり、サンゴ礫のみの結果にかなり近い値となった。

キーワード サンゴ礫, DEM, 安息角

連絡先 〒755-8611 山口県宇部市常盤台2丁目16-1 山口大学大学院理工学研究科 中田幸男 TEL0836-85-9341

3. DEM解析における安息角の検討

安息角測定時のサンゴ礫混合土の内部構造を微視的に検討するために、DEM解析を用いて再現実験を行った。サンゴ礫は図5に示すように5個の粒子に重なりを持たせ剛結させた柱状体として再現した。一方砂は5mm半径の球要素とした。解析で設定したサンゴ礫およびチイビシ砂、容器のパラメータを表2、3に示す。

シミュレーションは実験の方法を忠実に再現するように行った。図6(a)~(e)はシミュレーションの様子を示したもので、柱状体の含有率が20%の結果である。図6(a)は20%の柱状体と球要素を混合させたものを容器に発生させた様子、図6(b)は容器下部に自由落下で球状体と球要素を充填させた状況、図6(c)は充填させたところで上の容器を消去した状況、図6(d)は容器から排出後に崩れによって山が形成された状況である。この図6(d)における斜面角を安息角として求める。安息角は、実験と同様で、平均的な円錐の斜面角度とした。図4には、DEM解析で得られた柱状体の含有率と安息角の関係も示している。解析結果は、実験に比べ、小さめの値となった。この理由として、球要素を用いたことや粒径が大きいこと、柱状体の形状が均一であったことが考えられる。なお、解析においても、含有率20%を超えたあたりから、徐々に安息角が増加している。図6(e)は図6(d)の図について球要素および容器より外側の柱状体を消去したものである。含有率20%程度では、柱状体同士の接触が多少認められる。図7に柱状体の含有率と1柱状体あたりの接点数の関係を示した。含有率が増加すると、接点数が増加することが確認できる。含有率10%での接点数は2以下のため、柱状体同士が連結しているとはいえない。20%以上では、2より大きい値を示し、柱状体が連結していると考えられる。また、礫粒子の接点の増加が、安息角の増加に大きく関係していることが説明づけられる。

4. おわりに

本研究では、DEM解析を用いて、柱状礫と球形砂用意して安息角シミュレーションを行い、サンゴ礫含有率の変化が、安息角にどのような影響を与えるかをシミュレーション結果および実験値を比較し、微視的な考察を行った。安息角に与えるサンゴ礫含有率の影響は、20%を超えたあたりから明らかとなった。これは、礫含有率が大きくなるにつれて、礫粒子の接点が増加することによるものであることが示された。

【参考文献】

- 1) 松倉公憲, 恩田裕一, 安息角 : 定義と測定法にまつわる諸問, 筑波大学水理実験センター報告 No.13 27~35, 1989.
- 2) K.MIURA, K.MAEDA, S.TOKI : METHOD OF MEASUREMENT FOR THE ANGLE OF REPOSE OF SANDS, SOILS AND FOUNDATIONS Vol.37, No.2, 89-96, June 1997.
- 3) 中村礼他 : サンゴ礫混じり土の間隙比及び安息角に対する礫含有率の影響, 第50回地盤工学研究発表会, 2015.

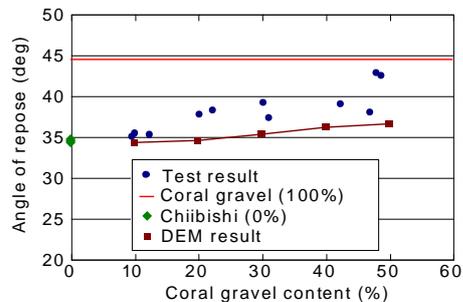


図4 サンゴ礫含有率と安息角の関係

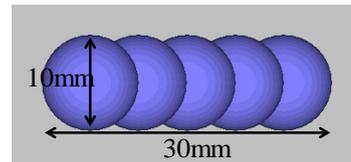


図5 サンゴ礫のモデル

表2 試料の解析パラメータ

Properties	Coral gravel	Chiibishi Sand
Grain size(m)	0.005	0.005
Length(m)	0.03	—
Density(kg/m ³)	2800	2800
Normal Stiffness(kN/m)	1.228 × 10 ⁶	1.228 × 10 ⁶
Shear Stiffness(kN/m)	1.228 × 10 ⁶	1.228 × 10 ⁶
Friction coefficient	0.5	0.5

表3 容器の解析パラメータ

Properties	cylinder
Radius(m)	0.08205
Height(m)	0.05
Normal Stiffness(kN/m)	1.0 × 10 ⁶
Shear Stiffness(kN/m)	1.0 × 10 ⁶
Friction coefficient	1.0

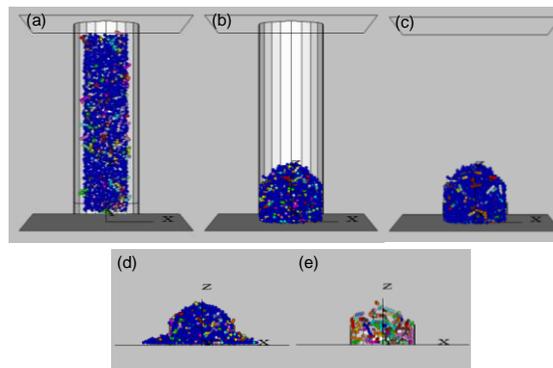


図6 安息角シミュレーションの様子

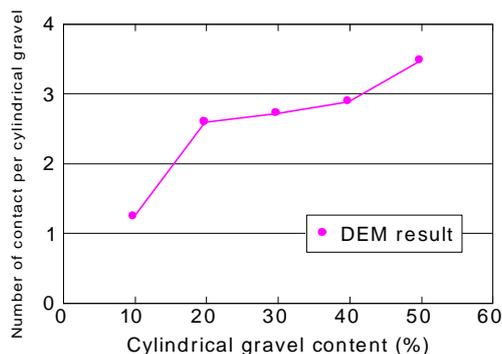


図7 柱状体の含有率と1柱状体あたりの接点数の関係