

異粒径混合の粒状集合体における配位数に関する研究

前橋工科大学 学生会員 ○仙田 勇人
 前橋工科大学 正会員 森 友宏

1. 研究の背景と目的

これまで、不飽和土の強度を把握するためには現場ごとの強度測定を行うしかなく、飽和度によって強度がまちまちであるため、強度を設計に組み込むことは難しかった。従来の逆解析的な不飽和土の強度予測から一歩前進し、豪雨時の斜面崩壊の余裕度を把握するため、飽和度に応じた事前の強度推定手法の開発が期待されている。不飽和土の強度は主に土粒子間に懸架するメニスカス水の液架橋付着力によって左右され、その液架橋付着力はメニスカス水の曲率半径に影響を受ける、そのため、液架橋付着力を直接的かつ定量的に評価するためには、対象とする地盤内部の土粒子の三次元配列を知る必要がある。

本研究では粒子配置の三次元座標を実測し、粒子の配位数の確率分布を求めることで、地盤の土粒子間の空隙径分布や土粒子間に懸架するメニスカス半

径の推定に必要な基礎データを収集する。

2. 実験手法

直径が異なる球の集合を考える場合、粒子径の混合比が変化すると、粒子同士の接触数は大きく変化する。理解を促すために、2次元での配位数の変化の例を図1に示す。小粒子が混入すると、混入する割合によって大粒子(赤)に着目した時の配位数、小粒子(緑)に着目した時の配位数が変化している。

発泡ビーズ $\phi 12\text{mm}$ と $\phi 6\text{mm}$ 、 $\phi 25\text{mm}$ と $\phi 6\text{mm}$ を体積比で制御して混ぜ、柔らかいネットに入れ、液体糊ポリビニルアルコールを使用し供試体を接着する。それぞれの供試体の大きさに対応したアクリル箱に発泡ビーズを半分まで入れ、そこに糊付けした供試体を入れる、さらにその上に発泡ビーズを入れ、上載圧 1.78 kN/m^2 となるよう重錘を載せ乾燥させる。

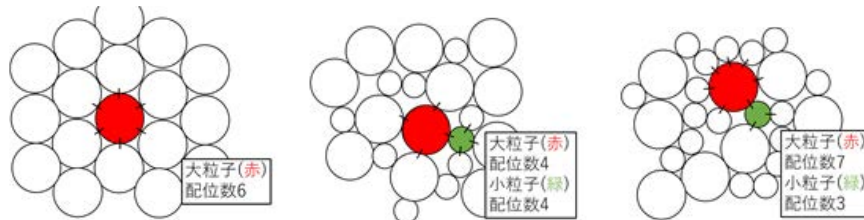


図1 大小2種類の粒子における混合比に応じた配位数の変化

表1 粒径 $\phi 12\text{mm}$ と $\phi 6\text{mm}$ の混合比と充填率

		$\phi 12\text{mm}:\phi 6\text{mm}$				
比		40:60	66:33	80:20	90:10	100:0
充填率		60.56	62.12	62.2	62.01	62.4

表2 粒径 $\phi 25\text{mm}$ と $\phi 6\text{mm}$ の混合比と充填率

		$\phi 25\text{mm}:\phi 6\text{mm}$			
比		66:33	80:20	90:10	100:0
充填率		69.96	65.29	56.82	65.55

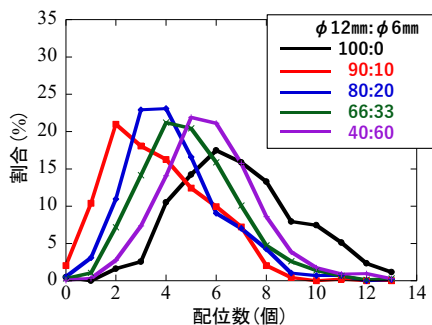


図2 粒径 $\phi 12\text{mm}$ と $\phi 6\text{mm}$ の混合比と配位数

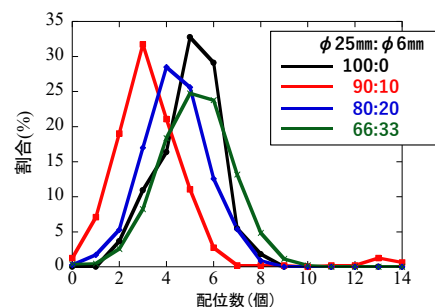


図3 粒径 $\phi 25\text{mm}$ と $\phi 6\text{mm}$ の混合比と配位数

キーワード 粒子充填, 配位数, 三次元座標, 異粒径混合粒子群, 粒子間接触点数

連絡先 〒371-0816 群馬県前橋市上佐鳥町460番地1 前橋工科大学 TEL: 027-265-7308 E-mail: mori@maebashi-it.ac.jp

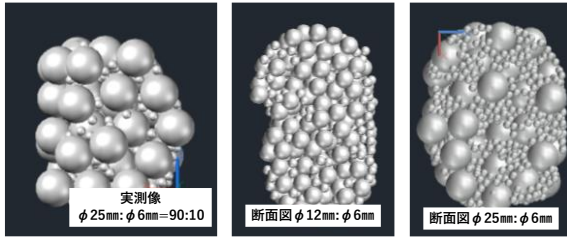


図4 供試体の実測像と断面図

供試体作成後、フライス盤とレーザー距離計を用いて、発泡ビーズの中心座標 (x, y, z) の悉皆調査を行う。x, y 座標値はノギス法, z 座標値はレーザー変位計で計測する。座標の計測精度は各々0.1mmである。供試体の最外郭の粒子はそれよりも外側の粒子が存在せず、配位数の計測には適さないため供試体を破壊しないよう気を付けて取り除く。

3. 実験結果および考察

粒子群の座標の悉皆調査における粒子群の混合比と充填率の結果を表1, 表2に, 粒子群の配位数の結果を図2, 図3に示す。

表1を見ると, 粒径比2:1 (φ12mm:φ6mm) の場合, 混合比が変化しても充填率は約62%で一定である一方で, 図2に示されるように混合比によって配位数の分布は大きく異なる。配位数の平均値は混合比(φ12mm:φ6mm)100:0で最も大きく, 90:10でいったん最小となった後, 小粒子の比率が大きくなるにつれて配位数が大きくなっていく。

表2を見ると, 粒径比4:1 (φ25mm:φ6mm) の場合, 混合比90:10において充填率が極端に低くなる。また, 混合比66:33では充填率が約70%となる。これらの結果は表1の粒径比2:1 (φ12mm:φ6mm) の結果とは全く異なる。これは図4の実測像のように単一粒径に少量の小粒子を混ぜていくと大粒子の構造を邪魔するように小粒子が混ざるため, 構造内に空隙が発生したためと考えられる。図3を見ると, 小粒子の割合が増加すると共に配位数の平均は増加し, ピークが下がる裾野が広がっている。

また, 図2は裾野が広くピーク低い形になっているのに対し, 図3は狭くピークが高い形となっている。これはφ25mm:φ6mmでは小粒子の数が圧倒的に多いので大粒子の配位数の影響をほとんど受けていないためだと考えられる。混合比90:10を除き,

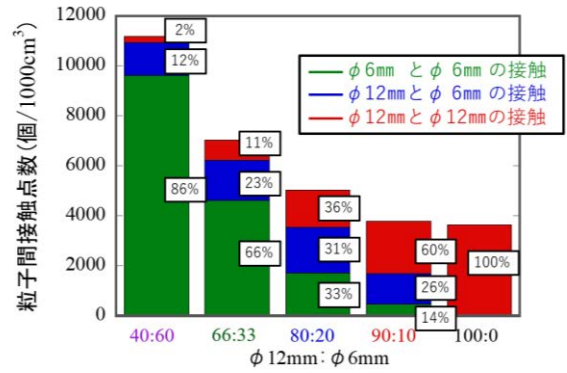


図5 1000cm³の粒子間接触点数(φ12mm:φ6mm)

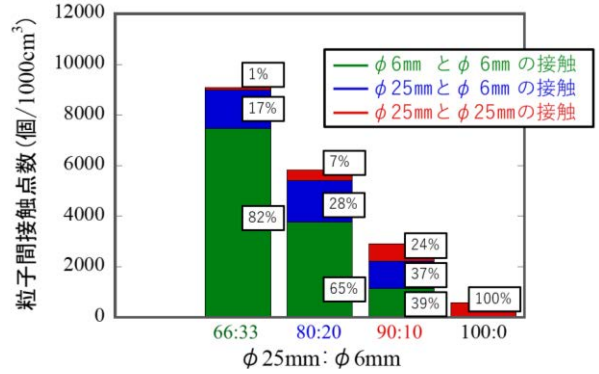


図6 1000cm³の粒子間接触点数(φ25mm:φ6mm)

φ12mm:φ6mmの充填率はφ25mm:φ6mmより低い。これは図4の断面図を比較したようにφ12mmとφ6mmは粒子の大きさが近いので密に詰まっているのではないかと考えられる。

図5, 図6は1000cm³あたりの粒子間接触点数と小粒子同士, 小粒子と大粒子, 大粒子同士の接触の内訳の割合を示したグラフである。接触数に関して, 66:33, 80:20はφ25mm:φ6mmの方が多く, 90:10ではφ12mm:φ6mmが多い。これは表1, 表2の充填率より妥当といえる。100:0では12mm球と25mm球の体積に大きな差があるのでこのような結果となった。また, φ25mm:φ6mmでは小粒子に関わる接触が大多数を占めているが, これは構造内の大粒子の絶対数が極端に少ないことが原因と考えられる。

4. まとめ

- 1) 配位数の平均値は粒径比に関わらず単一粒径が最も大きく, 90:10でいったん最小となった。その後, 小粒子の比率が大きくなっていくにつれて配位数が大きくなり, 全体の配位数が細粒分の配位数に大きく影響を受ける。
- 2) 混合粒径における接触点数は充填率に影響を, 球種毎の接触の内訳は粒径比の影響を強く受ける。