

Ⅲ - A35

粒子構造の形成過程を考慮した混合土の変形解析

名古屋工業大学 正会員 前田健一
名古屋工業大学 学生員 ○山田信作

1. はじめに

中間土や混合土の力学特性を把握するには、マトリックス内での粗粒材側の粒子の粒子骨格形成状態を考慮する必要がある^{1),2),3)}。図-1に示すように、粗粒子がマトリックス部分に浮いているような状態では粗粒土の存在はほとんどマクロな挙動に影響しないが、粗粒子の割合が増加し境界間で粒子骨格が形成されると力学特性が大きく変化すると考えられる。本報告では、マトリックス内に粗粒子を発生させ、発生割合の変化に伴う粒子骨格形成と変形特性の変化について解析する。

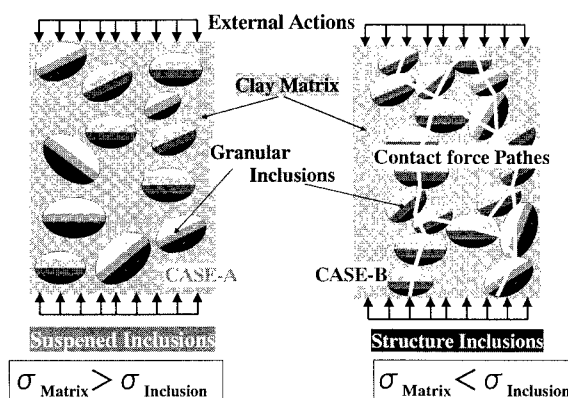


図-1 マトリックスに介在する粗粒子

2. 粒子骨格構造の生成と巨視的変形特性

の解析方法

本研究では粘土と砂の中間土やレキ混じり土を数値的に作成し、複合材料とみなすことで巨視的な非線形挙動を解析することを試みる。

- 1)図-1のように境界を有するマトリックス内に粗粒子群を重複することなく乱数を用いて所定の体積割合になるまで発生させる。
- 2)発生させた粒子が境界から境界までつながる骨格を形成しているか形成していないかを判別し、粒子骨格構造形成の部分と骨格を形成していない粒子を含んだマトリックス部分の二つに分ける。
- 3)各部分の変形特性および巨視的平均変形特性の算定方法の概略は次のようである。

- ・ 粒子骨格群の変形係数 $C_{ijkl}^{colm(i)}$: 接点配置を周期関数で置き換え周期的介在物⁴⁾が存在するとして均質化法で算定
- ・ 骨格を形成しない粒子 C_{ijkl}^I とマトリックス C_{ijkl}^M 部分との変形係数 C_{ijkl}^{M+I} :
骨格以外を新しいマトリックスと考える Self-consistent Method⁴⁾で粒子を介在物として算定
- ・ 全体の剛性 C_{ijkl}^{ave} :
新しいマトリックス C_{ijkl}^{M+I} と周期介在物である粒子骨格群 $C_{ijkl}^{colm(i)}$ とで平均剛性を算出。

- 4)巨視的剛性を算出し、巨視的応答を求め後に、マトリックス部分と粒子骨格部分とのに応力・ひずみを分担しそれぞれの変形解析を行う。
この作業を繰り返すことで、数値的に作成した土の非線形解析を行う。

キーワード： 混合土、粒子骨格構造、マイクロメカニクス、均質化法、弾性変形係数

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

3. 二次元の解析例

本節では、二次元において同粒径円形粒子を粒子の剛性 E^I の1/10に相当する等方マトリックス E^M に所定の粗粒子体積割合 f_g になるまで発生させて仮想材料を作成した。ポアソン比はいずれも $\nu^I = \nu^M = 0.3$ 、粒子間の摩擦係数は10（deg.）とし、発生させる粒子の最大数は10,000個とした。

図-2は、下部境界に接している粒子の個数 n_b とそのうち上部の境界まで骨格が達しているものの数を n_p として個数比 n_p/n_b をパーコレート度^{5), 6)}とし、粗粒子体積割合 f_g との関係を示したものである。図から分かるように、 $f_g < 0.6$ まではパーコレート度 n_p/n_b は0で骨格が形成されていないが、 $f_g > 0.6$ では顕著に骨格が生成されていることがわかる。また、図-3にみられるように粗粒子以外を間隙と考える骨格間隙比 $1/e_g$ の逆数も $f_g > 0.6$ から顕著な増加傾向を示している。

次に、図-4は平均剛性 E^{ave} とマトリックス部分の剛性 E^M の比と f_g の関係を示している。剛性 E^{ave} は f_g とともに大きくなるが、 f_g が小さい場合は変化は小さい。一方、骨格が形成される $f_g > 0.6$ から E^{ave} は変化割合がなり、骨格の形成によって剛性が顕著に高くなることが分かる。このような傾向は実験においても観察される⁷⁾。

4. おわりに

数値的に作成した中間土に関して変形解析を行った。本報告では円形粒子、2次元という制約された条件下で行ったが、今後は非円形で3次元解析を行う予定である。それによって、中間土、粗粒分を含む土や欠陥を含む土などのように内部構成によって顕著な力学特性の変化を示す地盤材料を評価することが可能であると考えている。

参考文献

- 1) 前田, 松岡, 山田(1999): 砂-粘土低塑性混合土の圧密および非排水せん断挙動, 第34回地盤工学研究発表会, [掲載予定].
- 2) 谷口・兵頭・中田・村田・黒谷(1998): 中間土の非排水せん断特性に及ぼす細粒分含有率の影響, 第33回地盤工学研究発表会, pp.685-686.
- 3) 大嶺(1992): 中間土の圧縮および強度特性に関する基礎的研究, 九州大学博士論文.
- 4) Nemat-Nasser, S. and Hori, M.: Micromechanics - Overall Properties of Heterogeneous Solids, Elsevier, 1993.
- 5) 小田垣考(1988): 浸透理論の基礎, 吉岡書店.
- 6) 坂口・畑中(1995): 2種類の大きさの粒子からなる粒状体のパーコレーション特性, 第30回土質工学研究発表会, pp.565-566.
- 7) Mitchell, J.K.(1976) "Fundamentals of soil behavior" New York, Willy.

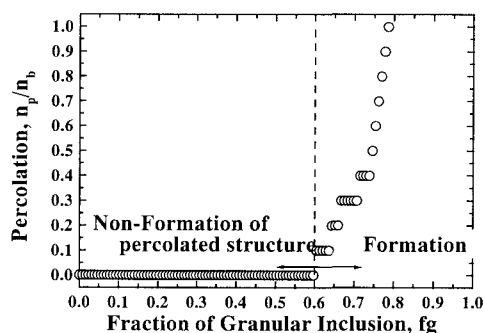


図-2 境界間粒子骨格形成度と粗粒子体積割合

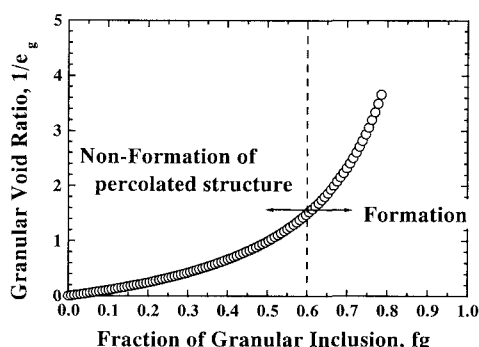


図-3 二次元における骨格間隙比と粗粒子体積割合

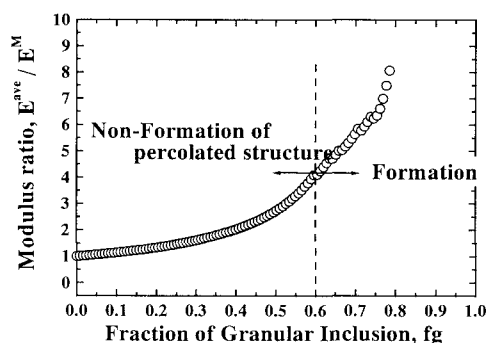


図-4 平均的剛性と粗粒子体積割合