

粒状体を活かす 数値シミュレーション技術 の現状と課題

名古屋工業大学 都市社会工学科
環境都市系プログラム 前田 健一

JSCE Applied Mechanics Division
Granular Mechanics Committee

Granular material (数十年前)、10年前～現在：

- 約40年前 DEM解析の始まり
 - ・落石解析の始まり、粒状体：十数個の粒子数
- 10年位前 計算可能な要素数の拡大開始
 - ・マイクロメカニクスとの共演：粒状体の応力ひずみと内部構造を捉える
 - ・魅力的なアニメーション...妄想の始まり
 - ・期待と失望(解析可能な要素数の壁)、きっと10年後には...
- 現在 意識改革の始まり：あのころの未来にたっているか？
 - ・マイクロメカニクスとのさらなる共演
 - ・実務、設計レベルでの導入が始まる...
 - ・解析の使い方への見極めと意識変化へ
 - ・解析対象とする「粒状体らしさ」の理解の必要性の再認識
- なぜ、DEM解析をするか
 - ・DEMでないと解釈できない現象：破壊、破壊後、剥離、...
 - ・昔は「粒子なんて細かいこと言ってもしょうがないじゃない」が少なからず
 - ・今は、「なぜ」「どうなっているのか」を知りたい、という要望が増えている
 - ・さらに、解析結果の分かり易い解説への要望、マイクロメカニクスとの共演⁴

Granular material 粒状体(離散体)としての視点

マイクロメカニクスの重要性：ミクロとマクロをつなぐ

ミクロ：粒子(とみなせるもの)と間隙(気体、液体)

接觸部：すべり、損傷

粒子：運動、回転、破碎

粒子特性

- ✓ 粒径、粒度分布
- ✓ 粒子形状、表面粗度
- ✓ 粒子強度

構造

応力鎖

連続体としての応力とひずみ(速度)

✓ 相変化： 固体的と流体的

✓ 弹性、塑性、粘性

2

Granular material 粒状体解析のいま(1)

粒状体らしさの発見と粒子特性へのこだわり－粒子形状－

画像解析

step=0

イマージベースにリアルな粒子を作成する

応力鎖の観察

（筑波大、松島直志 先生提供）

5

□ 粒子のごつごつが構造(応力鎖)を支える力学

Granular material 粒状体(離散体)としての解析の対象

粒子レベルからの解法

地理学から工学まで

✓様々なサイズ

✓広い時間スケール

土石流、落石、堆積、岩、断層、付加帶、地盤、侵食・洗掘、コロイド、コンクリート構造、堆積、波状化、流動、家具、廃棄物処分、構造物-地盤の相互作用

■ いろんな解析手法

■ 以下、汎用されている個別要素法(DEM)を中心で説明する

3

Granular material 粒状体解析のいま(2)

粒状体らしさの発見と粒子特性へのこだわり－粒子間摩擦－

Internal friction angle at failure, ϕ_f (deg)

Friction angle at contact point, ϕ_μ (deg)

Dense, $\sigma_{\text{eff}} = 0.1$ (MPa)

最密な供試体

完全に粒子回転を拘束した円形粒子集合体の強度限界

非円形粒子集合体の強度限界

円形粒子集合体の強度限界

（自由な粒子回転）

□ 粒子回転抵抗のマイクロメカニクスの必要性

Grain shape: c101, c102, c106, rotation constraint: s101

6

