

東北大学 工学部 学生員 ○松井 淳  
 東北大学 工学部 正会員 岸野 佑次

1. まえがき

粒状体の変形局所化の研究を行うに当たっては、微視力学的観点からのアプローチが必要であると考えられる。本文は粒状要素法<sup>1)</sup>によるシミュレーションを通して粒状体の変形局所化の解析を行ったものである。特に、粒子間のすべりに着目し、これを拘束した場合とそうでない場合とを比較することにより、変形局所化のメカニズムについて考察した。

2. 解析方法<sup>2)</sup>

このシミュレーションに用いた粒状体モデルとその初期接触力分布を図-1に示す。粒子の単位重量を  $1.5 \times 10^3$  kgf/cm<sup>2</sup> とし、粒子数は244個、粒径は6mm、9mm、12mmの3種類、面積比は1:1:1とした。粒子間における法線及び接線方向のばね定数は1000及び700kg/cm<sup>2</sup>、すべりを許す場合の粒子間摩擦角は50°とした。境界条件は水平方向は拘束圧一定の応力制御、上下方向は変位制御とした。なお、上下刃せん断方向の条件については、下刃はすべりを拘束することにし、上刃における摩擦はないものとした。

さらに、水平方向の境界条件は、ゴム膜を介した拘束を想定し、鉛直方向を2000等分した各レベル毎に最外端の粒子を識別し、これにそのレベルの拘束圧を作用させようとした。この拘束圧の値は1kgf/cmとし、各载荷ステップにおける垂直変位増分は供試体の高さの0.1%とした。

3. 解析結果

図-2に粒子間のすべりを拘束した場合およびすべりを許した場合の応力比 ( $\sigma_1/\sigma_2$ ) - 垂直ひずみ関係を示す。二つの曲線とも垂直ひずみが0.6%のときに応力比がピークを迎えている。同図に示されているように、応力比の絶対値に差異はあるが、ピークを挟む全体的な傾向は類似している。次に、各载荷ステップにおける変位増分ベクトルのうち、代表的なものを図-3, 4に示す。すべりを拘束した場合(図-3)については、ピーク直後に同図a)のような顕著な変化パターンが見られた。これに対し、すべりを許

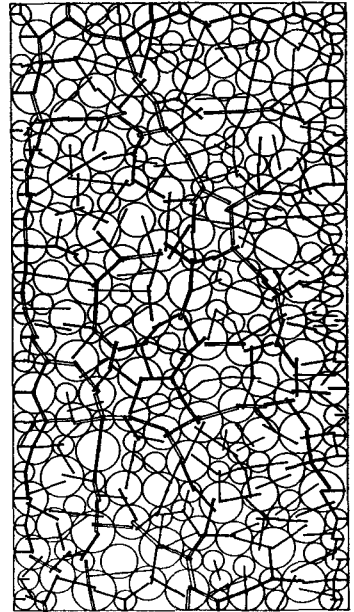


Fig.1 Distribution of Contact Forces at Initial State

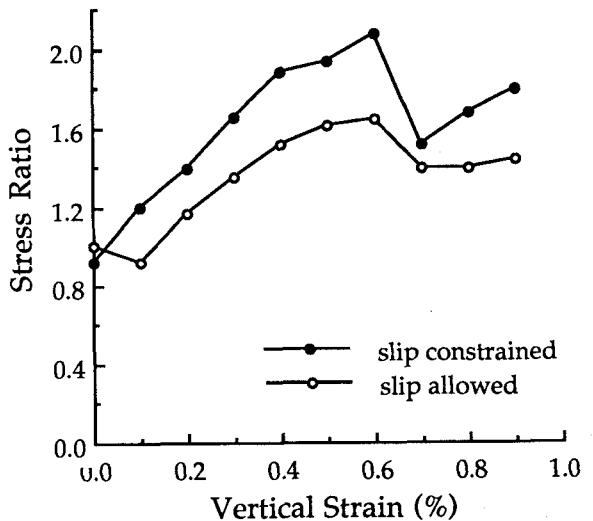


Fig.2 Stress-Strain Relationship

した場合(図-4)についてはピーク直前に同図a)のような変位パターンとなった。これらの図は明らかに変形の局所化を示唆している。大きく移動した左上の部分と残りの部分との境界部の傾きは55%前後で、すべりを拘束した場合の方が低めの値を示している。また、図-3, 4のb)には二つの場合それぞれについて、ピーク後の载荷ステップにおける典型的な変位増分ベクトル分布を示した。

4. 考 察

上述の二つのシミュレーション結果より、応力比がピークとなる時点における変形局所化についてはすべりを拘束した場合とそうでない場合についてほぼ同様の傾向があることがうかがえる。このことは、変形局所化の説明について必ずしも粒子間のすべりを前提とする必要がないことを示唆している。

ただし、図-3, 4のa)図に示されているようにすべりは変形局所化を早めることに作用していると考えられている。また、変形の局所化に伴って、すべりが助長されることになり、変形局所化発生後の変形パターンに違いが生じる。

すなわち、図-3, 4のb)図に示されるように、すべりを拘束した場合にはピーク直後までと異なった変形モードが出現するのに対して、すべりを許す場合には、それまでの変形モードに支配され、いわゆるせん断帯を形成する方向に進んでいることが観察される。

5. あとがき

本文に示したように、すべりは少なくとも応力比のピーク前後における変形局所化の主要因とはなっていないと考えられ、変形局所化を巨視的に捉える際には、このような微視的メカニズムを考慮した定式化を行うことが必要と考えられる。今後さらに種々の解析を進め、変形局所化の微視的メカニズムとその巨視的モデル化について検討を進めたいと考えている。

< 参 考 文 献 >

- 1) 岸野佑次:新しいシミュレーション法を用いた粒状体の準静的挙動の解析, 土木学会論文集 Vol.406/III-11, pp.97~106 (1989)
- 2) 松井 淳・末吉 守・岸野佑次:粒状体モデルによる変形局所化の解析とその考察, 東北支部講演会(1991)

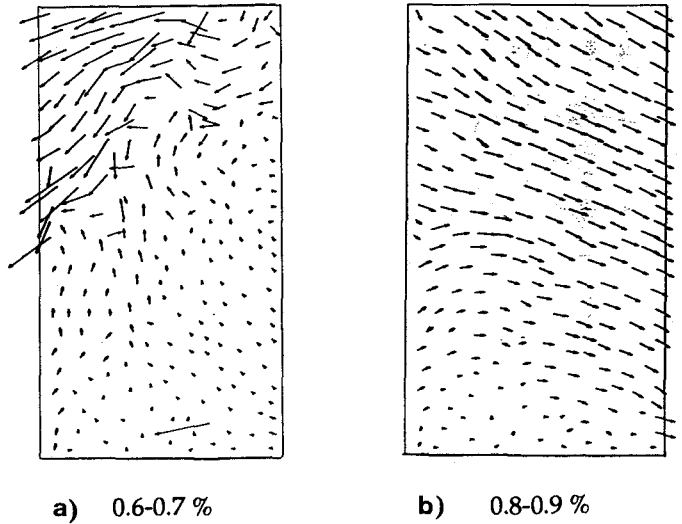


Fig.3 Incremental Displacement Vector (Slip constrained)

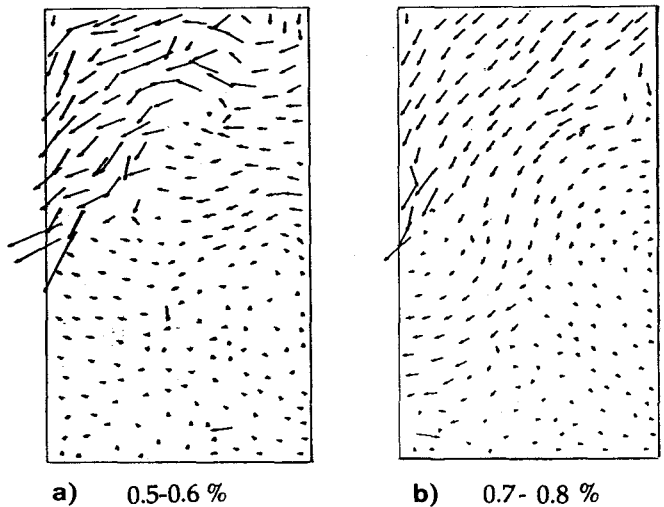


Fig.4 Incremental Displacement Vector (Slip allowed)