

配列構造不整が飽和粒状体の間隙水圧の上昇に与える影響

豊橋技術科学大学 学生会員 小原 義史
同上 正会員 河邑 眞

1. はじめに

地震動による液状化現象は、粒子間に介在する間隙水が瞬時には排水されず間隙水圧が上昇し、粒子が詰まろうとするのを妨げるため、それに伴って有効応力が低下するというメカニズムによって発生する。このメカニズムから分かるように、この現象は粒子と間隙水の挙動に依存しており、的確に把握するにはまず微視的な現象を把握し、巨視的な現象との対応を考えることが必要である。

本研究は、液状化現象における微視的現象での粒子の配列不整が間隙水圧の上昇に及ぼす影響を知ることが目的に、土粒子・間隙水の2相モデルを考慮した3次元DEMを用いて数値シミュレーションした。解析内容として非排水条件のモデルに底面せん断解析を行い、内部粒子および間隙水圧の挙動を検討するものである。

2. 解析モデル

本研究で用いた解析モデルを図1に示す。モデルはX軸方向に18、Y軸方向に10、Z軸方向に6の境界の粒子要素によりせん断箱を仮定し、そのせん断箱内に粒径10mmの内部粒子要素をX軸方向に16、Y軸方向に8、Z軸方向に4の計512個、正規配列に充填している。

間隙率（間隙比）は、47.6%（0.91）となっている。間隙は全て水で満たされており、その移動は間隙間を結ぶ仮想パイプを通して生じることとなる。

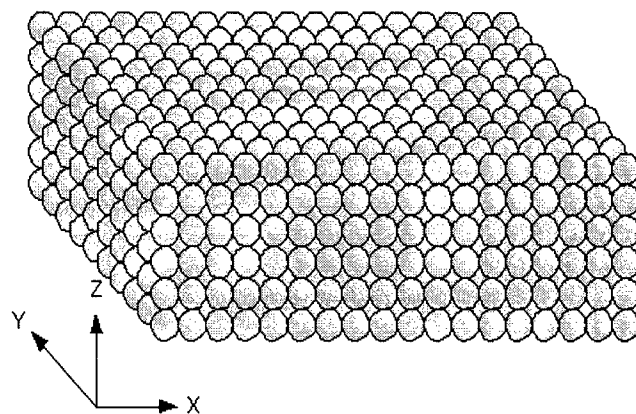


図1 解析モデル

3. 解析手法

本研究で用いたDEMは、個々の粒子要素の運動方程式を満足し、個々の要素の移動量を計算し要素間の力—変位側に従うことを条件に隣接する要素間接点での重なり量により接触力を求める。そしてこれに並行して、粒子の変位による間隙の体積変化と間隙水の移動による体積変化からの体積歪みに応じて間隙水圧の構成則により過剰間隙水圧を求める。この計算を繰り返し計算することで集合体の動的挙動を数値シミュレーションするものである。

解析過程は、以下の発生過程、圧縮過程、せん断過程の3つの過程によって構成されている。

1) 発生過程

発生過程は、せん断箱を構成する境界の粒子要素とせん断箱内に充填される内部粒子要素が作られる

過程である。

2) 圧縮過程

圧縮過程では、発生した粒子の上部境界の要素に一定の載荷荷重を加えることによって応力を与える過程である。載荷条件としては、一定の速度で上部境界に載荷力を徐々に加えていき、全応力 $\sigma=0.5$ [kgf/cm²]を得た時点で圧縮は終了する。この圧縮過程では、排水を許すことで圧密されている。

3) せん断過程

せん断過程では、X方向（水平方向）の変位制御によって繰り返しせん断を行う。せん断変位は、X方向に単純せん断を行うもので上部境界の要素を0で固定し、Z軸方向の長さに比例した、最大0.2cm/secのせん断速度を与える。このような方法により、せん断歪み3.0%から3.0%の間で繰り返し

せん断を行う。また、この解析では重力による影響は考慮していない。

本研究では、4 種類の解析モデルについて解析し検討を行った。type.1：すべての内部粒子の粒径が 10mm のモデル、type.2：type.1 モデルの任意の場所の内部粒子 8 個を粒径 9mm にしたモデル、type.3a ,type.3b: type.1 モデルの任意の場所の内部粒子 16 個を粒径 9mm にしたモデル。そして type.3a と type.3b は、それぞれ配置の傾向が一様な分布と偏っている分布という違いとする。

4. 結果と考察

図 2 の(a),(b),(c),(d)にせん断過程における標準化した間隙水圧の変化を示す。

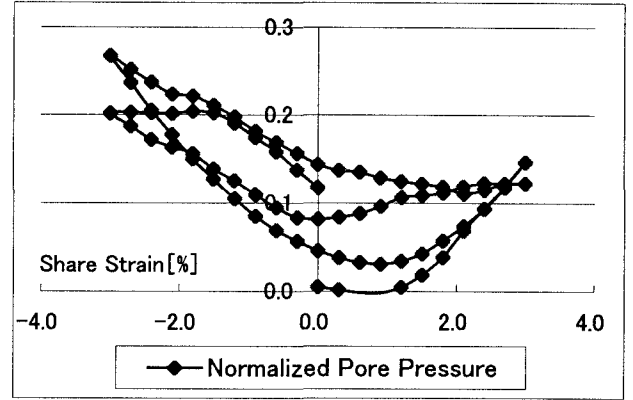
液状化現象は地震動の様な外力によって内部粒子の相対変位が増加し、そして粒子はより密に詰まろうとするため間隙水圧が上昇、有効応力が低下し、それに伴い内部粒子が浮遊したような状態になる現象である。本研究は、せん断箱内に同粒径の内部粒子を充填しており、これでは実質上粒子の相対変位がうまく表現されていない。そこでいくつかの内部粒子の粒径を変え、粒子の移動できる場所を作り出すことによって、より現実的な現象に近づけるため Type.2,3a,3b の様なモデルに対して解析を行った。結果、Type.1 に比べ Type.2,3a,3b は、より順調な間隙水圧の上昇を見ることができた。

個々の図に関して間隙水圧は、Type.2 は X 軸の正方向に比べて負方向の方が増加傾向は大きく、Type.3a は負方向より正方向の方が増加傾向は大きい、さらに Type.3b では両方向に同じ様な傾向が見られる。これは、内部粒子の配置の違いによりそれぞれ粒子の動きが違っていることが影響していると考えられる。

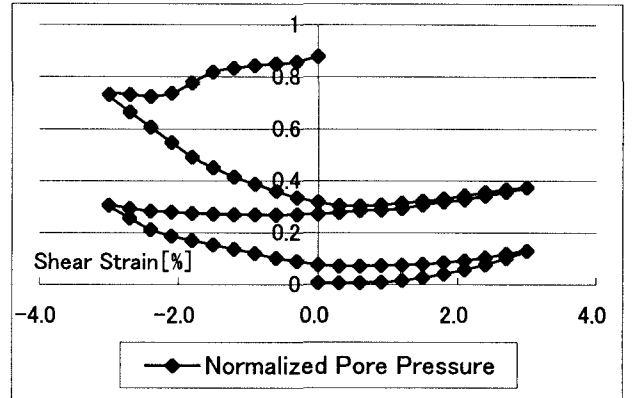
全モデルに関して片振りに注目して見ると、間隙水圧は、せん断歪みの载荷とともに上昇し、除荷とともに減少している傾向が見られる。

以上の解析結果より本研究で行った解析で、配列構造不整が間隙水圧上昇に大きな影響を与えることが確認できた。

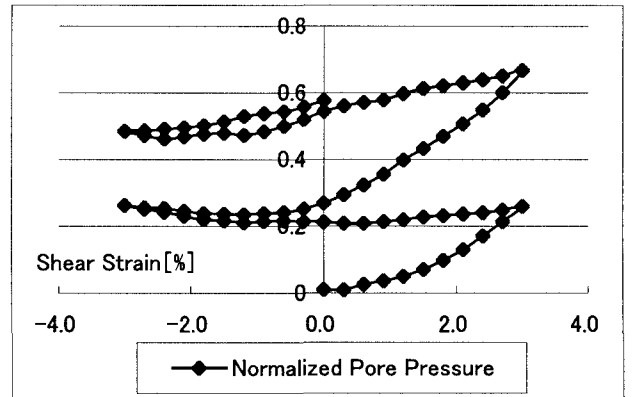
(参考文献) 中根幹久(2000)：ランダム配置の異なった粒径からなる飽和粒状体の 3 次元 DEM 解析



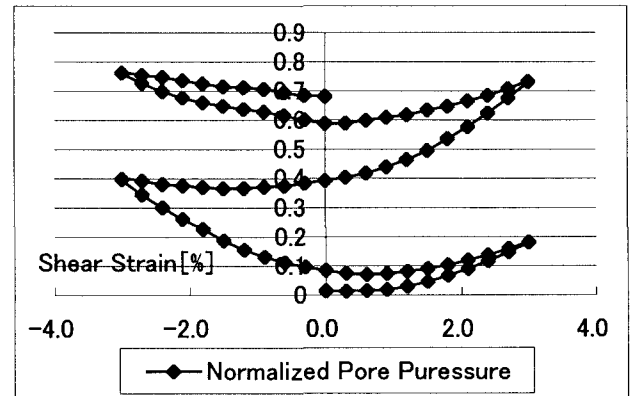
(a) Type.1



(b) Type.2



(c) Type.3a



(d) Type.3b

図 2 せん断過程における間隙水圧の変化