

動的粒状要素法による粒状体の液状化解析

前橋工科大学 学生会員 ○富宇加尚紀
 前橋工科大学 学生会員 石原 一也
 前橋工科大学 フェロー会員 岸野 佑次

1. はじめに

地震時に発生する液状化はその発生条件が様々な要因に關与する複雑な現象である。本研究においてはせん断の振幅やせん断速度の影響を調べるために、これらのパラメータを変化させて、動的粒状要素法を用いたシミュレーション解析を行い考察した。

2. 解析方法

(1)粒状体モデル

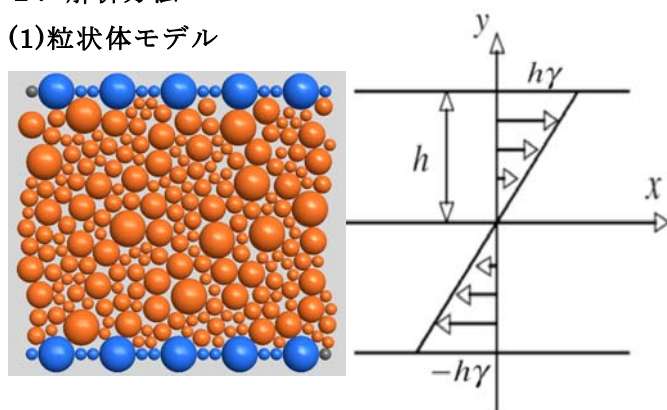


図-1 解析に用いた粒状体モデル

図-1 に示すように、上下の境界に $\phi 0.2$ と $\phi 0.6$ の組み合わせによる境界粒子を配置し、これらを水平方向に上下逆対称に移動させて、領域にせん断変形を与えることにした。内部粒子の数は 207 個 ($\phi 0.6$ -10 個、 $\phi 0.45$ -35 個、 $\phi 0.3$ -72 個、 $\phi 0.2$ -90 個) とし、領域の左右の境界条件は周期境界とした。

(2)繰り返し载荷方法

上下の境界粒子には、図-1 に示すように、せん断ひずみ γ に応じた変位 $h\gamma$ 及び $-h\gamma$ を与える変位制御とする。繰り返し载荷は、図-2 に示すように、せん断ひずみを $\gamma = \alpha \sin \omega t$ と変化させることにより与える。振幅は $0.02 \sim 0.10$ の間で変化させた。また、周期は 1 秒 (角振動数 $\omega = 2\pi$) を標準とし、振幅 0.10 の場合については、その他の周期についても調べた。液状化に至る繰り返し回数は条件によって大きく変わると考えられるので、いずれの場合も 50 サイクルとした。

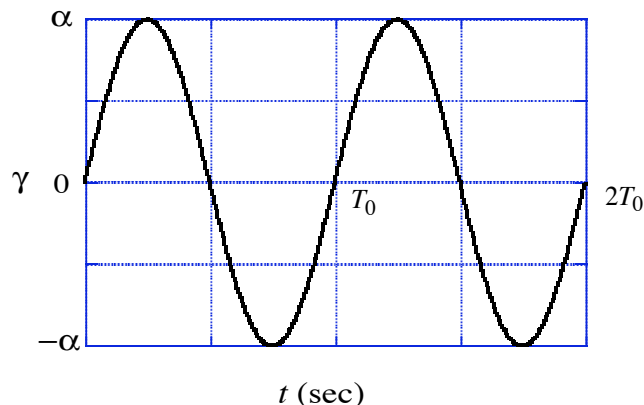


図-2 境界に与えるせん断ひずみ

3. 解析結果

せん断ひずみによる境界の制御に対応して、境界粒子に作用する接触力が変化する。この接触力の境界に沿う方向の成分よりせん断応力 τ 、境界に垂直な方向の成分より垂直応力 σ を算定した。

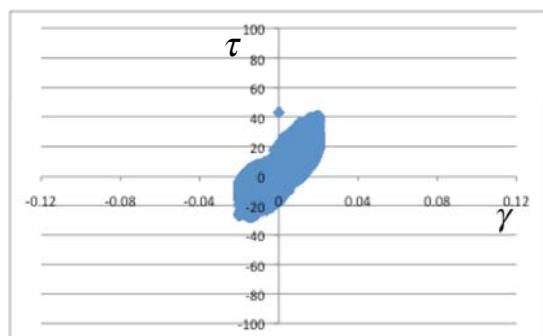
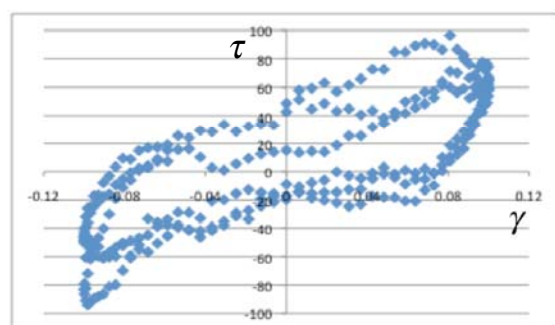
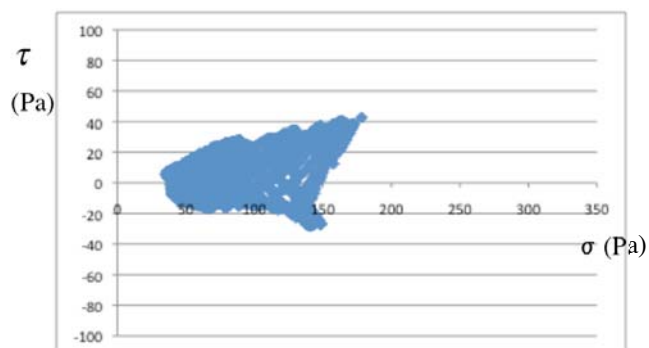
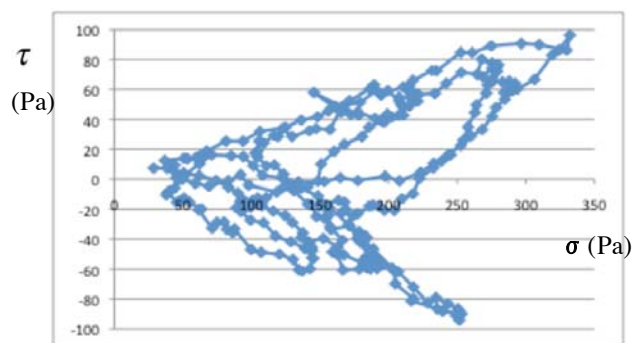
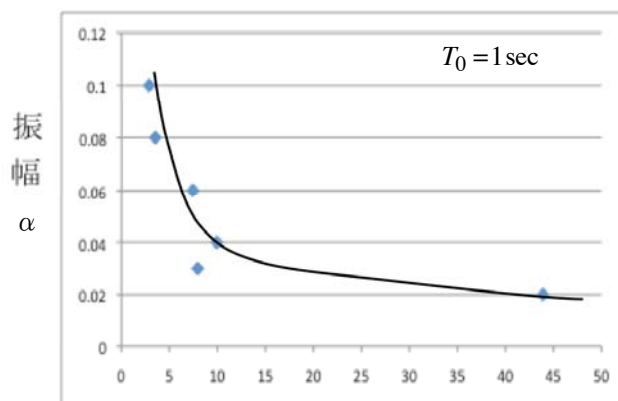
図-3 に、せん断ひずみの振幅 α が 0.02 と 0.10 の場合について、せん断ひずみ γ とせん断応力 τ の関係を示す。この図より、いずれの場合においても繰り返しが進むにつれてせん断ひずみに対するせん断応力の勾配が緩やかになっている。また、振幅の大きい場合には勾配の低下の速度が早い。

図-4 には垂直応力 σ とせん断応力 τ の関係を示す。この図より、振幅が大きい場合はより少ないサイクル数で垂直応力が 0 に近づく。上述のように、垂直応力は境界粒子に作用する接触力をもとに算定しているので、いわゆる有効応力とみなすことができる。有効応力の低下は液状化を意味するので、振幅が大きい方が液状化しやすいことがわかる。

その他のせん断ひずみ振幅の場合も含め、液状化の判定基準として、垂直応力が初期の値の $1/5$ に至るまでのサイクル数を用いることとした。その結果を図-5 に示す。この図より、振幅が増えるにつれ、液状化に

キーワード 動的粒状要素法、液状化、せん断振幅、せん断速度

連絡先 〒371-0816 前橋市上佐鳥町 460-1 TEL:027-265-7321 E-mail:kishino@maebashi-it.ac.jp

(1) $\alpha = 0.02$ (2) $\alpha = 0.10$ 図-3 せん断ひずみとせん断応力の関係
($T_0 = 1 \text{ sec}$)(1) $\alpha = 0.02$ (2) $\alpha = 0.10$ 図-4 垂直応力とせん断応力の関係
($T_0 = 1 \text{ sec}$)

サイクル数

図-5 液状化に至るサイクル数

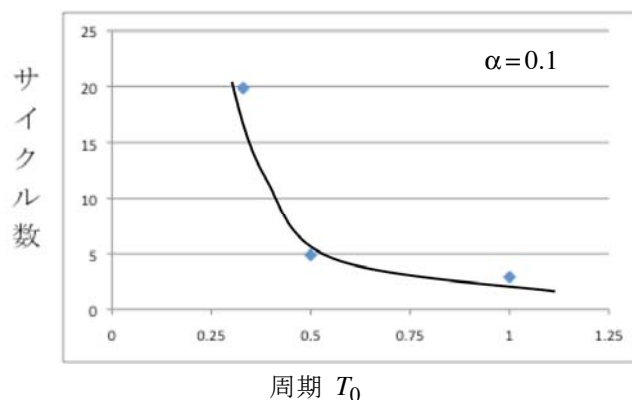
周期 T_0

図-6 液状化に及ぼす周期の影響

達するサイクル数が少なく、液状化の発生が早くなっていることがわかる。この関係は材料の疲労破壊における SN 曲線に類似の特性である。図-6 は液状化に及ぼす周期の影響を調べたものである。従来振動周期の液状化に及ぼす影響は少ないとされているが¹⁾、ここでは速いせん断速度に対しては液状化が起り難いという結果を得た。境界の移動が速い場合には 1 サイクル当たりの運動の伝達量が少ないためと考えられる。

4. おわりに

本文では動的粒状要素法により液状化に及ぼす繰り返しせん断の影響について調べ、振幅の影響については期待される結果が得られた。また、せん断速度の影響もあり得ることを示したが、今後、種々の粒子組み合わせや配列の粒状体モデルについて同様のシミュレーションを行うことが必要であると思われる。

参考文献

- 1) 吉見吉昭：砂地盤の液状化、技報堂 (1980)