

Ⅲ - A70

レキ・砂・粘性土の液状化試験とシミュレーション解析

(株)大林組技術研究所 正会員 大井高志  
 同上 鳥井原誠  
 同上 平間邦興

1.はじめに 有効応力解析は長年にわたって研究されており、砂の液状化に関してはかなり正確に表現できるようになってきている。

一方、大粒径の砂レキや粘性土は、きれいな砂の液状化時の挙動とは、間隙水圧上昇やひずみ増加について、若干の違いがあるものと思われる。

本研究では、レキ・砂・粘性土が液状化する過程で、どのような特徴を持っているか明らかにし、要素シミュレーション解析で表現することを試みた。

2.試験および解析の条件 試験に用いた試料は3種類で、砂レキは川砂利と川砂を混合させたもの、砂質土は相対密度 50%に調整したもの、粘性土は与圧密  $1\text{kgf/cm}^2$  で再構成した試料である。各試料の粒径加積曲線を図-1に示す。

液状化試験は、粘性土および砂質土は中空ネジリせん断試験機を用い、砂レキについては、大型三軸試験機 ( $\phi 300 \times h 600\text{mm}$ ) を用いて行った。試験条件を表-1に示す。

要素シミュレーション解析には松岡モデル<sup>1)</sup>を用い、いずれの試料に対しても、2次元のせん断方向の応力経路で行った。

解析パラメータを表-2に示す。このうち、ダイレイタンスパラメータ $\lambda$ 、 $\mu$ については、繰返し回数3波目までは応力反転ごとに低減係数  $f_a$  を用いて補正している<sup>2)</sup>。今回の解析では  $f_a=0.7$  とした。また、硬化係数  $k_s$  についても、変相後に増加係数  $f_k$  を用いて補正している<sup>2)</sup>。今回の解析では  $f_k=1.15$  (粘性土は 1.05) とした。

3.結果と考察 図-2に試験および解析で得られた液状化強度曲線を示す。液状化強度は、粘性土が最も大きく、続いて砂レキ、砂質土の順である。解析結果は試験結果よりも若干勾配が急になっている。

図-3～図-5に試験および解析の間隙水圧・ひずみの時系列を示す。横軸は、液状化 ( $\gamma = 5\%$ ) に至った波数  $N_1$  で正規化している。

砂質土は、繰返し载荷の初期に間隙水圧が大きく増加する。また、完全液状化直前に再び間隙水圧が増加し、ひずみが急激に増えて液状化に達する。解析でも液状化、ダイレイタンス、砂質土、粘性土

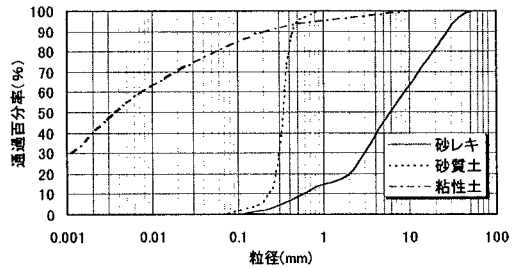


図-1 各試料の粒径加積曲線

表-1 試験条件

	砂レキ	砂質土	粘性土
試験種類	大型三軸試験	中空ネジリ試験	中空ネジリ試験
供試体寸法	$\phi 300 \times h 600$	$\phi 70, 30 \times h 140$	$\phi 70, 30 \times h 70$
載荷速度	0.1Hz	0.1Hz	0.02Hz
拘束圧	$3\text{kgf/cm}^2$	$1\text{kgf/cm}^2$	$2\text{kgf/cm}^2$
背圧	$2\text{kgf/cm}^2$	—	$1\text{kgf/cm}^2$

表-2 解析に用いたパラメータ一覧

	砂レキ	砂質土	粘性土
ヤング率 E	$2000\text{ kgf/cm}^2$	461	340
ポアソン比 $\nu$	0.3	0.3	0.4
内部摩擦角 $\phi$	$42^\circ$	38	38
間隙比 e	0.51	0.95	1.46
ダイレイタンスパラメータ $\lambda$	1.30	1.07	0.90
$\mu$	0.15	0.25	0.42
硬化係数 $k_s$	0.0003	0.0007	0.0002

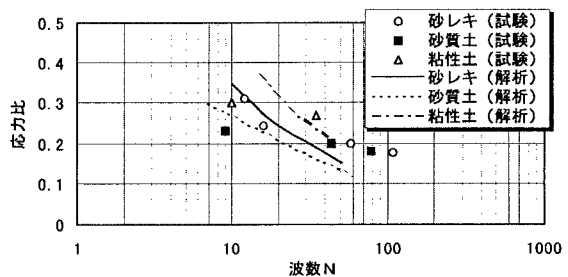


図-2 液状化強度曲線

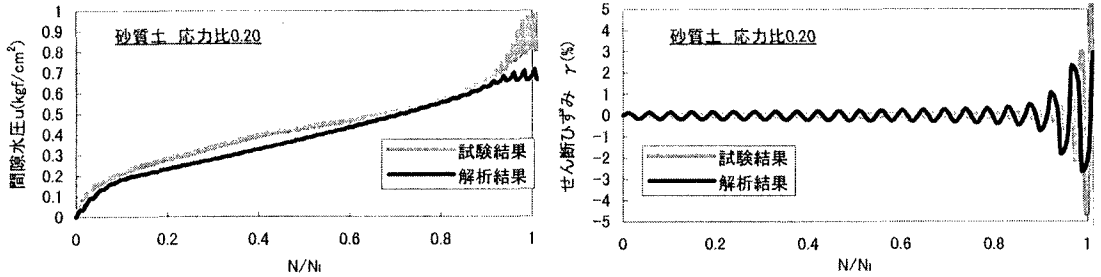


図-3 間隙水圧・ひずみの時系列(砂質土)

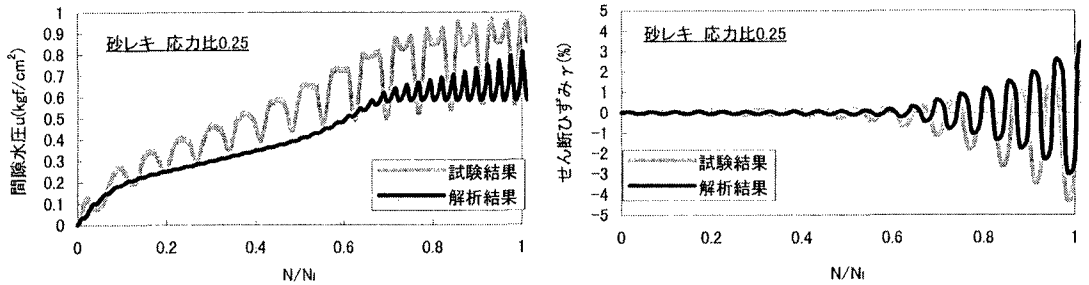


図-4 間隙水圧・ひずみの時系列(砂レキ)

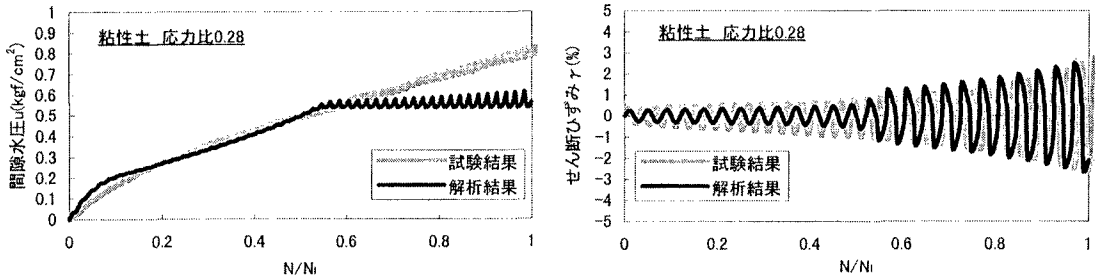


図-5 間隙水圧・ひずみの時系列(粘性土)

なり精度良く間隙水圧、ひずみの増加を表現できている。

砂レキは、砂質土と比べてひずみ増加が緩やかであり、解析でも同様の傾向を表現できている。間隙水圧上昇量は、グラフで解析の方が若干小さくなっているが、全体的な傾向はほぼ表現できている。

粘性土のひずみは初期の段階ではやや大きい、砂質土、砂レキほど急激な上昇傾向は見られない。水圧は試験結果では終始緩やかに増加しているが、解析では途中で水圧が増えにくくなっている。これは、変相後のひずみを試験結果に合わせることを優先してパラメーターを決定したためである。

#### 4. まとめ 今回得られたことを以下に示す。

- (1) 様々な粒径の試料を用いて液状化試験を行い、その挙動を要素シミュレーション解析で表現することを試みた。その結果、各試料の試験結果をおおむね表現することができた。
- (2) 今回の解析では、ダイレイタンシーパラメーターの低減係数  $f_a$  を 0.7、硬化係数  $k_s$  の増加係数  $f_k$  を 1.15 (粘性土では 1.05) としたが、この点については今後の追加検討が必要であろう。

**参考文献** 1) H.Matsuoka and K.Sakakibara: A constitutive model for sand and clays evaluating principal stress rotation: Soil and Foundation, Vol.27, No.4, pp.73~88, 1987

2) 伊藤、鳥井原、松田: 液状化解析で用いる地盤構成則に関する考察: 土木学会第 49 回年次学術講演会、1994