

液状化に関する模型振動台試験の排水を考慮した数値シミュレーション

港湾空港技術研究所 正会員 山崎浩之, 金田一広,  
九州地方整備局 永野賢次  
株式会社ジオデザイン 正会員 橋爪秀夫

1. はじめに

小型振動台実験を用いて,ゆるい砂の液状化について調べた.数値計算では,福武の提案した「おわんモデル」<sup>1)</sup>を用いて動的解析を行い,実験結果と比較した.

2. 振動台実験の概要

用いた試料は,相馬6号砂で,土粒子密度  $\rho_s=2.656 \text{ g/cm}^3$ , 最大密度  $\rho_{\text{min}}=1.521 \text{ g/cm}^3$  (最小間隙比  $e_{\text{min}}=0.746$ ) 最小密度  $\rho_{\text{min}}=1.172 \text{ g/cm}^3$  (最大間隙比  $e_{\text{max}}=1.266$ ) で,透水係数は  $k=1.0 \times 10^{-2} \text{ cm/sec}$  である.振動台試験装置を図1に示す.振動箱の下部に層厚15cmの碎石層を基盤層として設け,その上に基礎地盤として相馬6号砂を十分に締め固めて層厚20cmで作成した.基礎地盤の上に,Dr(相対密度)50%の地盤を作製した.図1のように間隙水圧計,加速度計を設置し,地表面の沈下は加振後にアクリルの土槽の外側から計測した.また,図中に示すように,初期地盤と加振後の地盤表面の沈下を計測するためにレーザー変位計を設置している.入力地震動は図2に示す.表1に相似則を示す.不規則波の継続時間について実験では約10秒であるが,実物では約150秒の継続時間になる.

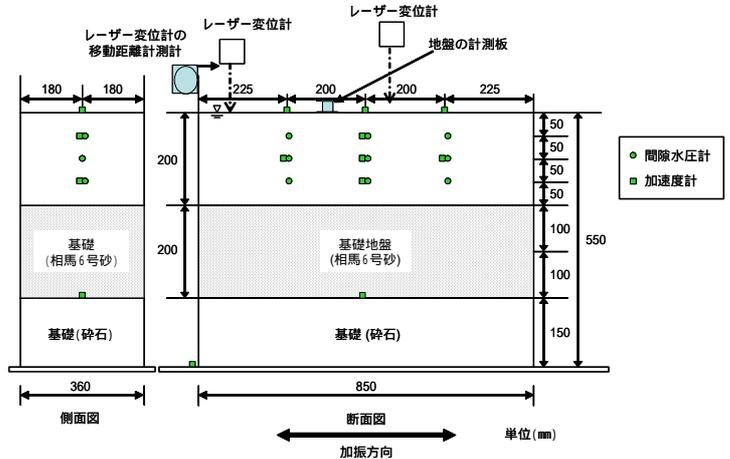


図1 振動台実験の概要

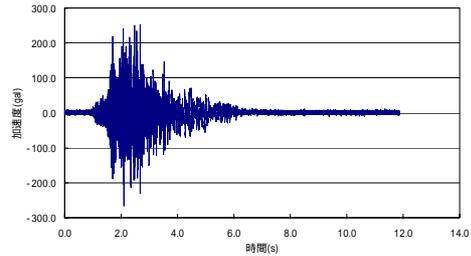


図2 入力地震動

表1 相似則

	実物 / 模型
距離	50
時間	$50^{3/4}$
加速度	1
質量密度	1

3. 土の構成モデル<sup>1)</sup>

おわんモデルについて簡単に示す.せん断ひずみを2つの諸量に定義している.

・合せん断ひずみ  $\Gamma = \sqrt{\gamma_{zx}^2 + \gamma_{zy}^2 + \gamma_{xy}^2}$  (1)

・ 累加せん断ひずみ

$G^* = \sum \Delta G^* = \sum \sqrt{\Delta \gamma_{zx}^2 + \Delta \gamma_{zy}^2 + \Delta \gamma_{xy}^2}$  (2)

合せん断ひずみ と累加せん断ひずみ  $G^*$ を組み合わせると,せん断

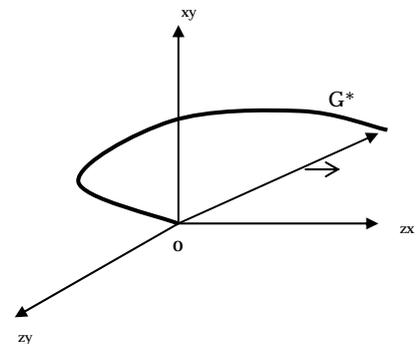


図3 ひずみ空間

キーワード: 振動台実験, 数値解析, 液状化  
連絡先: 〒239-0826 神奈川県横須賀市長瀬3-1-1 TEL 046-844-5054

ひずみと体積ひずみの関係を以下のように定義している .

$$\varepsilon_z^s = \varepsilon_T + \varepsilon_G, \quad \varepsilon_T = A \cdot \Gamma^B, \quad \varepsilon_G = \frac{G^*}{C + D \cdot G^*} \quad (3), (4), (5)$$

ここで、 $\Gamma$  : おわんを昇降する成分、 $\Gamma^B$  : おわんの底からあるところまでの高さを表す成分、 $G^*$  : おわん自体がせん断による攪乱とともに圧縮する成分、 $\varepsilon_z^s$  : せん断による体積ひずみ (ダイレイタンス) である。このモデルは、加振中に体積圧縮が可能となり、液状化解析に適用することで、継続時間の長い地震動の沈下挙動に有効である。

4. 実験結果と計算結果

表 2 入力定数 (Case 1)

表 2 (Case 1) に解析に用いたパラメータを示す。入力定数は土槽実験とあわせるように、基盤礫層、基礎地盤層、液状化層と 3 層に分けて与えた。パラメータの意味は参考文献に詳しい<sup>1)</sup>。液状化層は別途

	: 湿潤/飽和密度 (t/m <sup>3</sup> )	: 有効単体 (tf/m <sup>3</sup> )	基準拘束圧: $m_i$ (tf/m <sup>2</sup> )	基準せん断剛性 $G_{mi}$ (tf/m <sup>2</sup> )	A	B	C
液状化層-Dr50%	0.184982	0.81467	1	1107.0	-0.7	1.4	3.5
基礎-Dr100%	0.198245	0.94478	1	3478.5	-1.4	1.4	6.0
基盤-碎石	0.198245	0.94478	1	3478.5	-1.4	1.4	6.0
D	XL	0.5i	Cs/(1+e)	k/ w	n/Kw	hmax	
25	0.075	0.000158	0.006	1.30E-04	2.280E-06	0.24	
100	1.00	0.000158	0.006	5.70E-05	1.928E-06	0.24	
100	1.00	0.000126	0.006	5.70E-05	1.928E-06	0.22	

行っている同じ砂での中空ねじりせん断試験結果からパラメータを設定している。このパラメータを用いて行った正弦波の動的解析結果を用いて入力定数をキャリブレーションしている。表 2 の入力定数に対して、Cs/(1+e)を 0.001 としたものを Case2、k/ w を 4 倍したものを Case3 とした。

図 4 に沈下量、図 5 に過剰間隙水圧比の時刻歴を示す。過剰間隙水圧比には実験結果も示してある。なお、沈下量は加振終了後計測すると、 $4.0 \times 10^{-3}$ (m)であった。Case 1 では沈下量は実験に近いが、実験結果と比較して過剰間隙水圧の立ち上がりが遅く消散が緩慢になる。そこで、Case2 では過剰間隙水圧の立ち上がりを実験結果と合わせるようにしたが、沈下量が小さくなった。また、Case3 で、透水係数を 4 倍にして過剰間隙水圧の消散は確かに早くなったが、立ち上がりが緩慢になり、また沈下量も小さくなった。この過剰間隙水圧が緩慢になることは加振中に水圧が消散していることと等価で、Case 1 と比べて沈下も早く発生している。実験で計測した沈下量はまだ精度が十分でなく改善の余地を残しているが、加振中の過剰間隙水圧の消散で実験結果と類似する傾向が得られた。

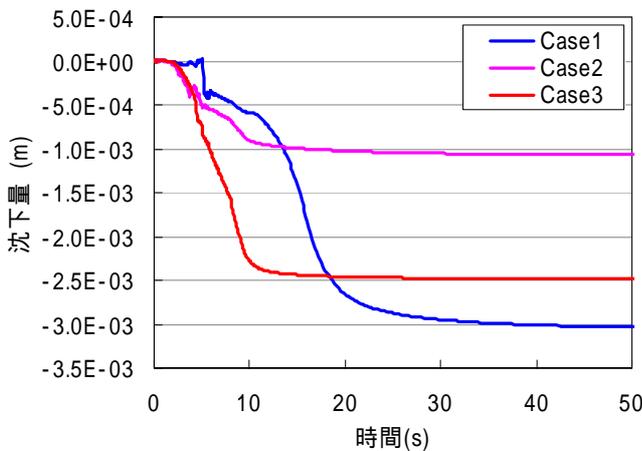


図 4 沈下量の時刻歴

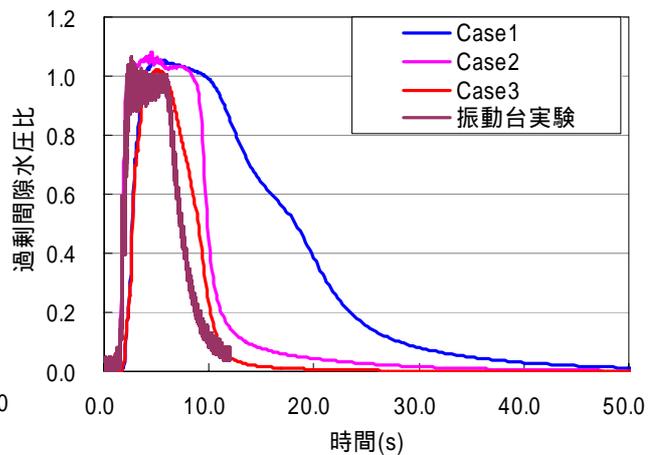


図 5 過剰間隙水圧比の時刻歴

参考文献 1) 福武毅芳(1997): 土の多方向繰返しせん断特性を考慮した地盤・構造物系の三次元液状化解析に関する研究、名古屋工業大学学位申請論文。