

飽和砂・粘土互層モデル地盤の液状化特性について

山口大学工学部 正会員 ○山本 哲朗 宇部高専 正会員 大原 資生
 山口大学工学部 石川 光雄 日本国土開発(株) 島原 善信

1. まえがき 飽和砂層および粘土層からなる全層厚約5mの互層地盤を想定して、粘土層が砂層の液状化抵抗に及ぼす影響をモデル地盤に対する液状化実験によって調べた結果がのべられている。

2. 実験装置および方法 今回試作した3連式のケルマン型せん断箱を実験に用いた(図-1)。せん断箱の仕様の詳細は先の論文を参照されたい¹⁾。

飽和砂・粘土互層モデル地盤は砂層と粘土層間で振動時に間隙水が自由に移動できるようにして作製した。その一つは表層から順に粘土層-砂層-砂層からなるモデル地盤(1)、他は砂層-粘土層-砂層からなるモデル地盤(2)である。各土層にはその表面で鉛直圧 $\sigma'_{v0}=9.8\text{kPa}$ 、 29.4kPa 、 49.0kPa を作用させた。

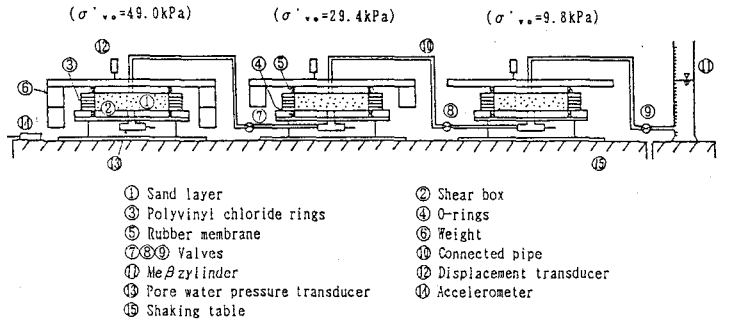


図-1 実験装置

飽和砂層としては相対密度 $Dr=55\%$ 程度の比較的ゆるめめの豊浦砂層を作った。飽和粘土層は次の方法で作った。粉末カオリンに液性限界 w_L の1.4倍で含水比 $w=70\%$ となるように脱気水を加えてスラリー状の粘土とした後、30分間真空脱気し、その後せん断箱の中に流し込んで詰めて段階的に圧密を行った。両粘土層の含水比 w は60.2~64.8%、単位飽和重量 γ_{sat} は15.9~16.2 kN/m^3 であった。豊浦砂およびカオリンの諸性質は表-1に示す。

表-1 試料の物理定数

	Toyoura sand	Kaolin clay
G_s	2.648	2.729
$D_{m,s}$ (mm)	0.85	0.075
D_{60} (mm)	0.21	0.003
U_c	1.70	—
$e_{m,s}$	0.944	—
$e_{m,c}$	0.610	—
w_L (%)	NP	49.7
w_P (%)	NP	25.9
I_P	NP	23.8
A	—	0.36

次に振動台を駆動してモデル地盤の3つの土層に周期1/3secで一定とし、振幅一定の正弦波状の水平加速度を与えて液状化実験を行った。加速度の大きさは水平震度 k_h に換算して0.09、0.13、0.17の3通りとした。本実験では各土層に与えられる応力比 τ/σ'_{v0} は同じになる。 τ は土層底面に作用するせん断応力である。

3. 結果および考察 図-2(a)、(b)はそれぞれモデル地盤(1)、(2)についての各土層に生じる間隙水圧 u 、体積ひずみ ϵ_v の時間的变化を示す。 k_h は0.13である。(a)図のモデル地盤(1)の場合には $\sigma'_{v0}=9.8\text{kPa}$ の粘土層に液状化に似た破壊が生じるが、その際に $\sigma'_{v0}=29.4\text{kPa}$ および 49.0kPa の砂層には間隙水圧は間隙水圧比 u/σ'_{v0} でそれぞれ0.34、0.20が発生し、いずれも $u/\sigma'_{v0}=0.5$ 以下であるため、両砂層には液状化は生じていない²⁾。粘土層に破壊が生じた後は、砂層からそれに間隙水が送り込まれるため粘土層が膨張し、砂層は沈下を生じている。

一方、モデル地盤(2)の場合には両方の砂層はほぼ同じ時間(繰返し回数)の時に液状化を生じているが、これは中間層の

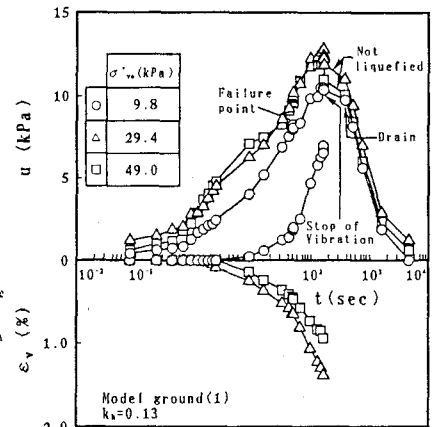


図-2(a) モデル地盤(1)の間隙水圧、体積ひずみの時刻歴

粘土層に液状化に似た破壊が生じてもその層が非排水層となるため、砂層の液状化抵抗は粘土層が挟在していることの影響を受けないと考えられる。

図-3はモデル地盤(1)、(2)の各砂層に液状化が生じるまでの繰返し回数 n_L と τ/σ'_{vo} (k_h にはほぼ等しい)の関係を示す。図中の ∞ は砂層に液状化が生じなかったことを表す。同図には比較のために個々の砂層すなわち要素砂層に対して得られた結果を実線で示す²⁾。この図からモデル地盤(1)においては $k_h=0.17$ のときには $\sigma'_{vo}=29.4\text{kPa}$ および 49.0kPa の砂層は液状化を生じているが、 $k_h \leq 0.13$ の場合には両方の砂層は液状化を生じていないことがわかる。鉛直圧比が0.56の2つの砂層からなるモデル砂地盤(3)の結果は図-3中に ∇ 印($\sigma'_{vo}=29.4\text{kPa}$ の砂層)、 \diamond 印($\sigma'_{vo}=49.0\text{kPa}$ の砂層)で示すが、両砂層の液状化抵抗は要素砂層のそれとほぼ同じであることがわかる。モデル地盤(2)の場合には $k_h=0.09$ のときの $\sigma'_{vo}=49.0\text{kPa}$ の砂層以外のすべての砂層には液状化が生じ、その液状化抵抗は要素砂層のそれと同じであることが注目される。つまり、粘土層が中間層の場合には、それが不透水層となり、砂層と粘土層間で間隙水の流入がほとんど生じないため、両砂層は要素砂層と同じ液状化抵抗をもつものと考えられる。

図-4は液状化後の排水圧密で生じたモデル地盤(1)の体積ひずみ ϵ_v の深さ方向分布を各震度毎に示す。図中には比較のため、要素砂層の液状化実験から得られた結果も示されている²⁾。この図から液状化を生じた砂層の沈下ひずみは液状化を生じなかった砂層の場合よりも著しく大きく、また粘土層の沈下ひずみは砂層のそれよりも小さいことがわかる。

4. まとめ 飽和砂・粘土互層モデル地盤の液状化実験から、粘土層が表層にある場合には下層の砂層の液状化抵抗は震度と両土層の鉛直圧の比に影響を受けることがわかった。一方、粘土層が2つの砂層の間にある場合には粘土層が破壊しても不透水層であるため、砂層の液状化抵抗は粘土層の存在には影響されない。

文献

- 1) 大原・山本(1989)：繰返しせん断を受けているときの砂の土圧係数について、土木学会論文集、第412号/III-12、pp. 89~97
- 2) 山本ら(1993)：モデル飽和砂地盤の液状化に関する振動台実験、第28回土質工学研究発表会講演概要集(投稿中)

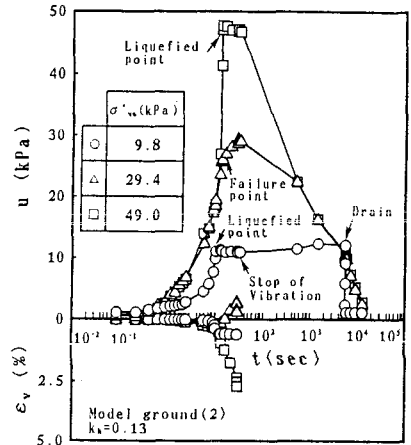


図-2 (b) モデル地盤(2)の間隙水圧、体積ひずみの時刻歴

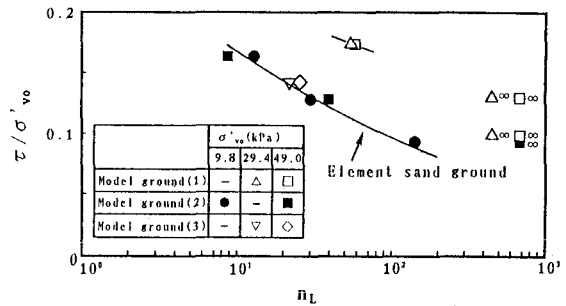


図-3 モデル地盤の液状化抵抗

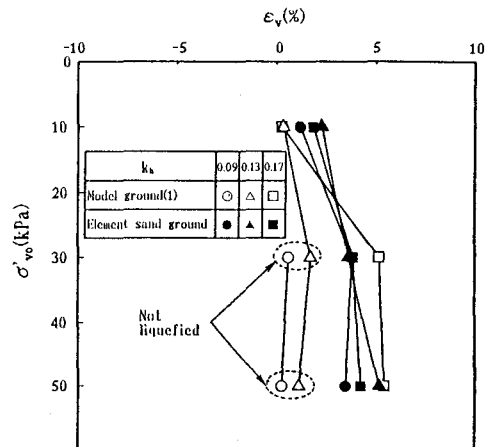


図-4 沈下ひずみの深さ分布