

愛媛大学大学院 学生会員 ○石川啓考

愛媛大学大学院 正会員 岡村未対

1. はじめに 動的遠心模型実験における土槽壁面の影響については、これまでにせん断土槽と剛性土槽を比較することで影響の程度が調べられている¹⁾。しかし、土槽中央部の地盤が壁面の影響を受けてないかを定量的に検討した事例はほとんどない。そこで、本研究では遠心模型実験装置を用いて液状化実験を行い、土槽中央部を水平一次元状態と仮定して求めた加振中の地盤中のせん断応力履歴を繰返し非排水三軸試験で入力し、過剰間隙水圧の応答を動的遠心実験と比較した。

2. 遠心模型実験 遠心模型実験では内寸で高さ 227mm×幅 430mm×奥行き 120mm の剛土槽に乾燥した豊浦砂を空中落下させて相対密度 50%の地盤を作製した。土槽全体に負圧をかけた状態で間隙の空気を二酸化炭素によって置換し、再び負圧をかけながらメチルセルロース水溶液を浸透することで地盤を飽和させた。メチルセルロース

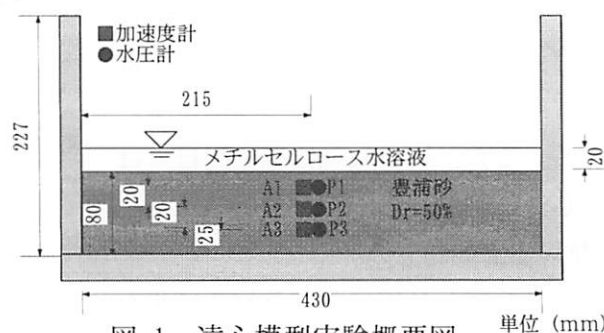


図 1 遠心模型実験概要図

表 1 実験条件 (遠心実験)

試料	相対密度 Dr (%)	地盤層厚 (mm)	飽和度 Sr (%)	遠心加速度 (g)	入力加速度 (実物換算)	
					加速度 (g)	振動数 (Hz)
豊浦砂	53	80	99.8	40	6 (0.15)	30 (0.75)

表 2 試験条件 (三軸試験)

case	試料	相対密度 Dr (%)	飽和度Sr (%)	有効拘束圧 (kpa)	背圧 (kpa)
casel. 1	豊浦砂	50.3	99.8	28	100
casel. 2		49.4	99.8	16	100

図 2, 図 3 は過剰間隙水圧と加速度の時刻歴である。地盤の浅部 (A1, P1) では、過剰間隙水圧比が 1 に達する 0.23 秒までは応答加速度が入力加速度に追随しているが、0.23 秒以降はこの深度の土が液状化したため加速度にスパイク状の波形が現れている。

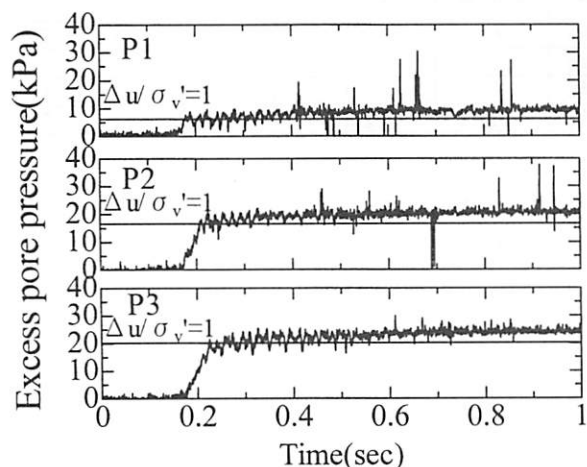


図 2 過剰間隙水圧の時刻歴

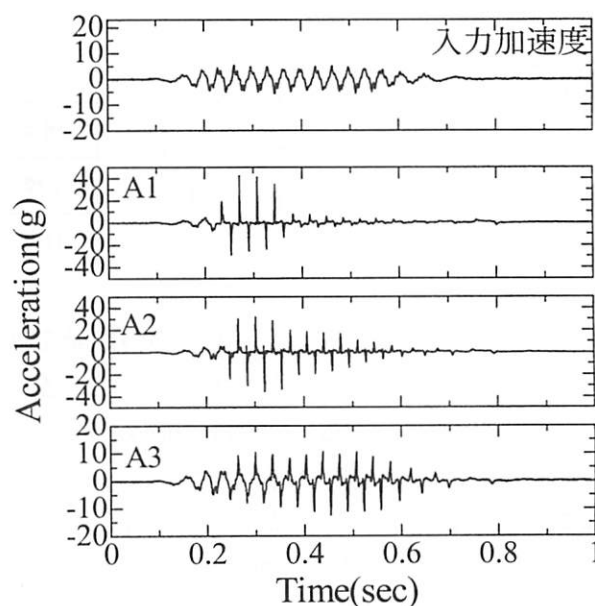


図 3 加速度の時刻歴

図4のように水平一次元状態の単位幅の土柱を仮定すると、深さ z の水平面に加わるせん断応力 τ は次式のようになる。

$$\tau = \rho \sum z_i a_i \quad (2.1)$$

ここで ρ は土の湿潤密度、 a_i は高さ z_i の土柱の水平加速度である。(本実験 $z_1=36\text{mm}$, $z_2=8\text{mm}$, $z_3=20\text{mm}$) 図5はこのようにして求めたせん断応力をそれぞれの位置の有効土被り圧 σ_v' で除したせん断応力比の時刻歴である。このせん断応力比は図4に示した各分割土塊内の加速度がほぼ一定と見なせることを前提として求めたものであり、地盤が液状化しスパイク状の波形が生じるときには妥当なものとは考えられない。そこで、全ての加速度計の波形が入力波形に追従していた0.23秒までのせん断応力の2倍を三軸試験の軸差応力として入力することにした。

3. 繰り返し三軸試験 供試体は空中落下法により、遠心模型と同じ密度となるように作製した。一定の時間供試体に脱気水を通水させた後供試体内に背圧を加え、この時ビューレットから供試体内に流入する水量から、ボイルの法則を用いて飽和度を算出した。供試体の飽和度は遠心実験の地盤飽和度に合わせた。細粒土を含まない砂が比較的低い拘束圧のもとで粒子破碎を起こさずにせん断される場合は、砂の液状化抵抗に振動数の影響は及ばないので²⁾、遠心実験でのせん断応力比時刻歴(図5)の時間を1000倍に伸ばし入力した。表2に試験条件を示す。三軸試験は遠心模型の2つの深度(z_1+z_2 および $z_1+z_2+z_3$)の応力状態を模擬した試験を行い、これらの深度の鉛直有効応力を有効拘束圧としてあたえ、せん断応力はそれぞれ τ_2 と τ_3 を与えた。図6に遠心実験の水圧計P3の水圧比と三軸試験で測定した水圧比を示す。地盤の浅部ほど加速度が増幅するためにせん断応力比が大きくなり、 τ_2 のせん断応力を与えた z_1+z_2 の深度の試験の水圧が $z_1+z_2+z_3$ 深度の試験より大きくなっている。遠心実験のP3で測定した過剰間隙水圧は、P3の設置深度を挟むこれらの2深度の土を模擬した三軸試験の過剰間隙水圧比の間にある。これより、水平一次元状態を仮定して求めたせん断応力は、模型地盤中央部の土が受けていた加振によるせん断応力と同等であるものと言え、模型中央部では地盤の液状化については土槽壁面の影響が無視し得るものと考えられる。

4. まとめ 本研究では壁面の影響が土槽中央部に及んでいないことを動的遠心模型実験と非排水三軸試験によって調べた。過剰間隙水圧比によって両者を比較した結果、土槽中央部は壁面の影響をほとんど受けていないことがわかった。

参考文献 1) 廣岡明彦、酒見卓也、川崎宏二、山本陽一、竹村次郎：遠心模型振動実験手法の現状と課題「時間に関する相似則と試料容器境界の影響に関する考察」、東京工業大学土木工学科研究報告書 No. 53

2) 吉見吉昭：砂地盤の液状化、技報堂出版

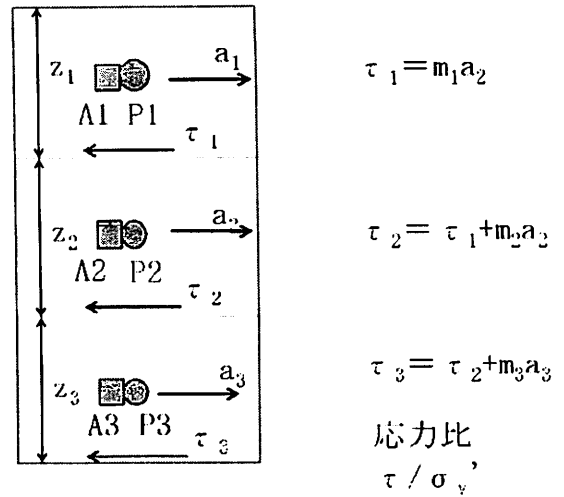


図4 せん断応力比算出

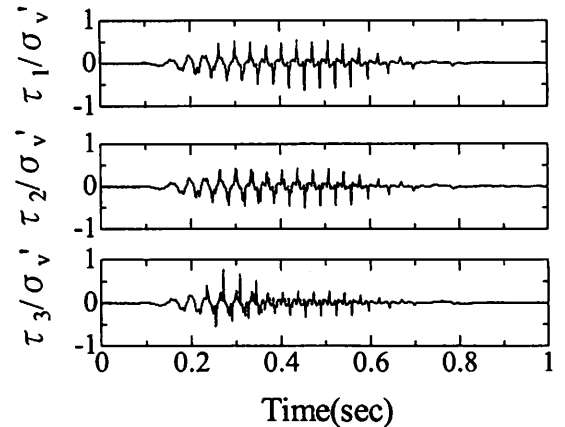


図5 せん断応力比の時刻歴

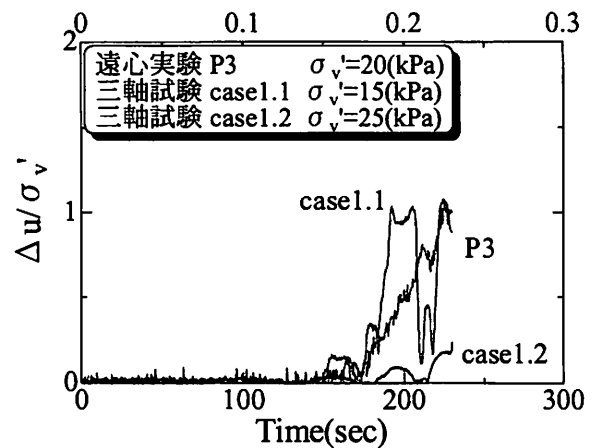


図6 遠心実験と三軸試験の水圧比