

液状化実験における土槽境界と地盤飽和度の影響

ハイスピードコーポレーション (株) 正会員 ○庄司 登
愛媛大学大学院 正会員 岡村未対

1. はじめに

実地盤の地震時における液状化挙動を調べることを目的として、模型振動実験が行われている。その際に使用される土槽の多くは、加振中にも変形が生じない剛性の高いもの（以後、剛土槽と称す）である。しかし剛土槽では加振方向に垂直な壁面付近において土の変形が拘束されるため変形モードが異なり、壁面で反射波が生じるといった壁面の影響が顕著となり得る。壁面の影響を低減するため、剛土槽の壁面の内側に衝撃吸収材を貼りつけたり、壁面付近でも地盤がせん断変形できるようにせん断土槽が用いられたりしている。¹⁾ 本研究では遠心模型実験用のせん断土槽を開発し、壁面の影響について検討することを目的として、動的遠心模型実験を行った。

2. 実験概要

土槽にはせん断土槽と剛土槽を用いた。せん断土槽（幅 40.0cm×高さ 22.0cm×奥行き 12.0cm）は、ジュラルミン製のせん断フレームを 20 段積み重ねたもので、フレーム間にはリニアベアリングを設置し、摩擦係数を 0.04 まで低減した。フレームの重量は実験で用いる飽和地盤重量の約 30% まで軽量化し、また、50G の遠心力場で側方へのたわみを 0.5mm 以下とするために 4 箇所 に支柱を設置した。剛土槽（幅 43.0cm×高さ 22.7cm×奥行き 12.0cm）はアルミ製であり、側面の一部が透明のアクリル板のため、内部の挙動が確認できるようになっている。模型地盤は豊浦砂を用いて、空中落下法により地盤高さが実物換算で 10m、相対密度 $D_r=40\sim45\%$ となるように作成した。地盤内には加速度計、水圧計を設置した。間隙流体には水の粘性の 50 倍のメトロゾ水溶液を用いた。通水は、Case1, Case2 の実験では真空状態で行い、飽和度は 99.2% 以上であった。また Case3 の実験では大気圧下で通水を行い、飽和度を僅かに低く (98.3%) した。これは Case1, Case2 と比較するためである。実験は、愛媛大学のビーム型遠心模型実験装置を用いて行った。何れのケースでも遠心加速度 50G において、実物換算で振動数 1Hz の入力波で 2 回加振した。模型地盤の概要を図 1、実験条件を表 1 に示す。

3. 実験結果

図 2 は各ケースの P3, P5, P6 地点における過剰間隙水圧比の時刻歴を示している。深さ 3.0m の P6 地点では、何れのケースでも加振開始直後に過剰間隙水圧比が上昇し始め、最終

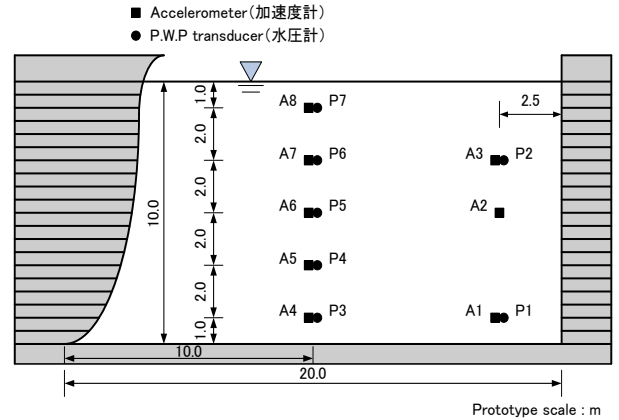


図 1 模型地盤概要図

表 1 実験条件

実験ケース	Case1	Case2	Case3
使用土槽	せん断土槽	剛土槽	せん断土槽
相対密度 $D_r(\%)$	41.9	44.1	42.5
飽和度 $S_r(\%)$	99.2	99.9	98.3
入力加速度(gal)	77.4,116.1	113.7,113.6	80.9,131.2

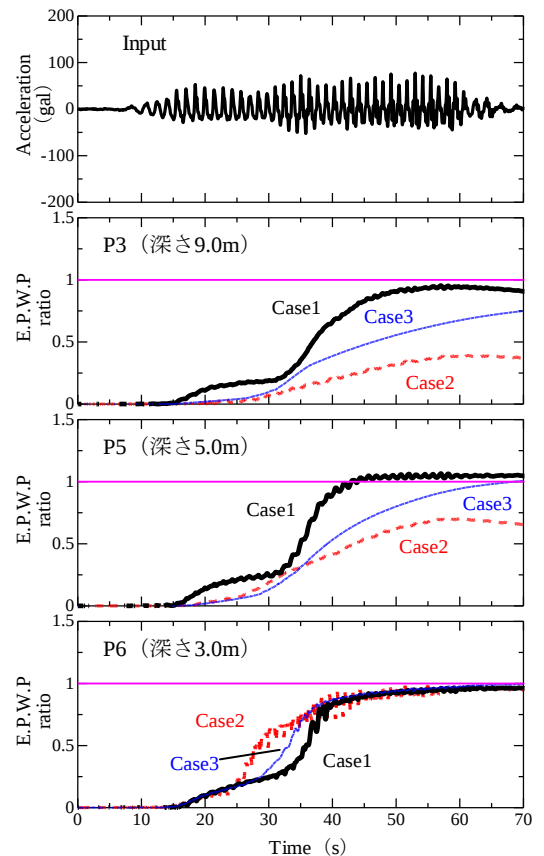


図 2 P3,P5,P6 地点-過剰間隙水圧比

的には1に達し、地盤が液状化した。深さ 5.0m の P5 地点では剛土槽を用いた Case2 において過剰間隙水圧比が 1 には達しておらず液状化していない。また、飽和度が Case1 と比べ 1%低い Case3 では水圧の上昇が緩やかになっている。深さ 9.0m の P3 地点では Case2 の水圧比はさらに小さくなっている。飽和度の低い Case3 でも液状化していない。図 3 は各ケースの深さ 9.0m の P1, P3 地点での過剰間隙水圧比の時刻歴である。P1 地点は最も壁面の影響を受け水圧が上昇しにくい地点である。何れのケースでも壁面付近の P1 地点の方が模型中央の P3 地点に比べ、上昇が緩やかであることが確認でき、せん断土槽でもこの地点では壁面の影響を強く受けていることが分かる。

せん断土槽の地盤内で発揮される液状化強度を評価するために、Case1 の結果を三軸試験から求めた液状化強度曲線²⁾と比較した。そのために、図 4 のように対象とする地点の応答加速度と鉛直応力よりせん断応力比を算出し、液状化発生に有効な繰返し波の数を設定した。図 5 にその結果を示す。三軸試験結果と良い対応を示しており、本研究で用いたせん断土槽が地盤の液状化挙動を概ね正確に再現できていることが分かる。

4. まとめ

本研究では、使用する土槽や飽和度などの条件を変えて、動的遠心模型実験を行い、それらの影響について検討した。

その結果、せん断土槽を用いた実験では深部の隅角部を除き、同様の過剰間隙水圧挙動が観察された。また、剛土槽を用いた実験では全ての地点においてせん断土槽と異なる水圧挙動となり、壁面の影響が大きいことが分

かった。また、せん断土槽内の地盤で発揮される液状化強度は三軸試験結果と良い対応を示した。

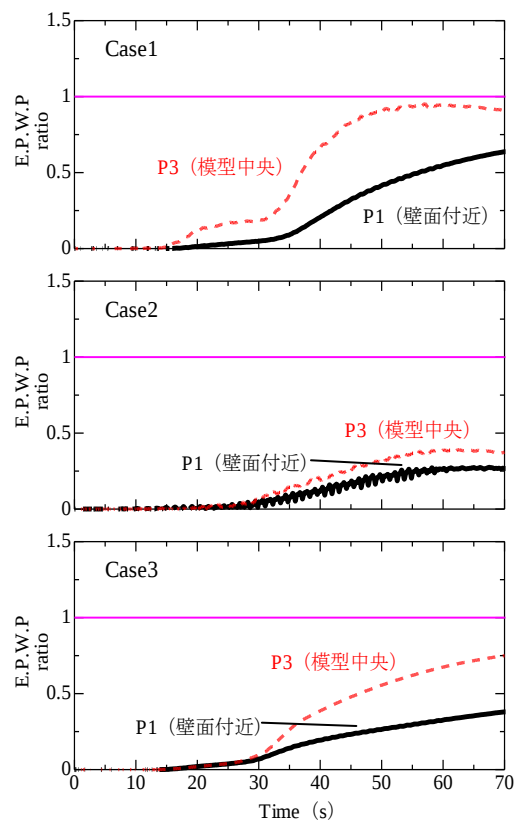


図 3 P1,P3 地点・過剰間隙水圧比

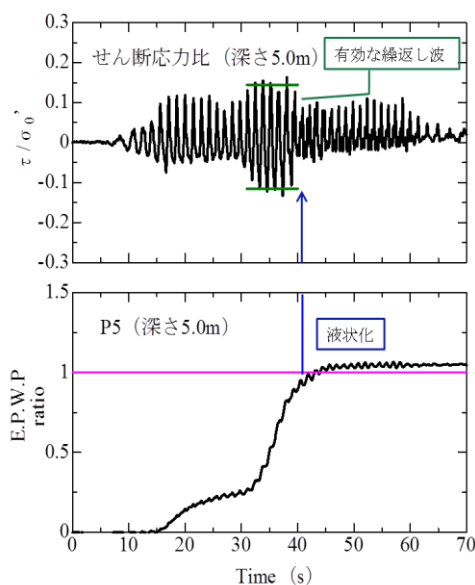


図 4 有効な繰返し波の設定

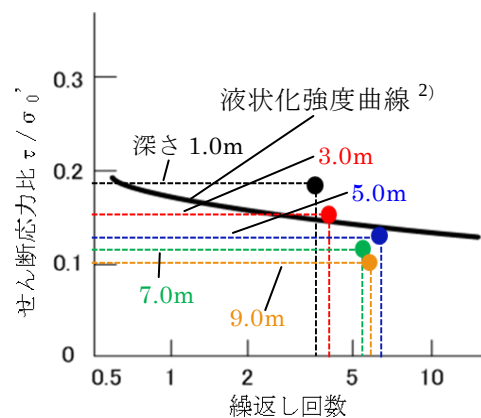


図 5 実験結果と液状化強度曲線

参考文献 1) 岡村未対, 竹村次郎, 上野勝利 : 2.遠心模型の相似則, 実験技術・利点と限界 (遠心模型実験 : 実験技術と実務への適応, 土と基礎, Vol.52, No.10, 2004 2) 土岐祥介, 龍岡文夫, 三浦清一, 吉見吉昭, 安田進, 牧原依夫 : Cyclic Undrained Triaxial Strength of a sand by a Cooperative Test Program, 土質工学会論文報告集, Vol.26, No.3, pp117~128, 1986