

加圧傾斜式振動土槽による液状化土の変形挙動実験

東海大学大学院 ○小笠原康洋
 東京電力(株) 正会員 佐藤博
 東京電力(株) 正会員 土居賢彦
 東海大学海洋学部 正会員 川上哲太郎
 東海大学海洋学部 正会員 濱田政則

1. はじめに

1983年日本海中部地震において、液状化地盤の側方流動現象がはじめて工学的に認識された。液状化地盤の側方流動は、数100m四方のかなり広範囲の領域で発生し、その水平移動量は10m以上にも達することが確認されている。したがって、ライフライン施設等の地中構築物に及ぼす影響は重大であり、側方流動のメカニズム解明と予測手法の開発は、土木工学の立場からも重要な課題である。

そこで本研究では、側方流動のメカニズム解明を目的として、液状化土の変形挙動を定量的に把握するために、大型振動土槽による側方流動実験を行い、流動する地盤の変位量および速度分布を求めた。また、実地盤における流動特性を支配する要因として、地盤の相対密度、入力加速度、地盤の拘束圧および地盤の傾斜角が考えられ、これらをパラメータとして実験を行った。

2. 実験の概要

本研究に用いた加圧傾斜式振動土槽および計測装置の概要を図-1に示す。土槽本体の寸法は、長さ3.0m×高さ0.6m×幅1.0mである。また、本実験装置の特徴としては、①加圧用水槽(水頭差用)、ゴムシートおよび水密性土槽上蓋により、模型地盤に最大0.5kgf/cm²の拘束圧を作用可能②土槽端部に油圧ジャッキおよびヒンジが設置されており、土槽全体を最大4.2%傾斜可能である。

計測項目としては、①模型地盤中の地中変位量の測定(ターゲット(直径36mm球状)を深度方向に3個設置し、ワイヤーを介して変位計に接続し各変位量を連続的に測定)②間隙水圧の変動の測定(模型地盤全体の液状化状態をモニタリングするために、間隙水圧計を中央部3台、両端各1台設置)以上図-1参照③側方流動終了後の模型地盤表面の変位量(沈下隆起量)の測定を行った。

実験方法を概説すれば、①所要の層厚および相対密度の模型地盤作成(水中落下法)②所要の拘束圧・載荷③設定入力加速度にて加振④地盤全層液状化確認。⑤加振停止後、液状化状態維持を確認し土槽を傾斜⑥地中変位量および間隙水圧変動を測定⑦側方流動終了後排水し、地表面変位量測定となる。

3. 実験結果および考察

実験結果の一例を以下に示す。図-2は側方流動終了後の地表面変位を表したものである。横軸は模型地盤端部からの距離、縦軸は初期地表面からの変位量を、実線は初期の模型地盤表面形状を表し、●は変位量測定結果である。実験条件は、CASE-Aが初期相対密度 $D_r=33\%$ 、傾斜 $\theta=2.6\%$ 、CASE-Bが $D_r=$

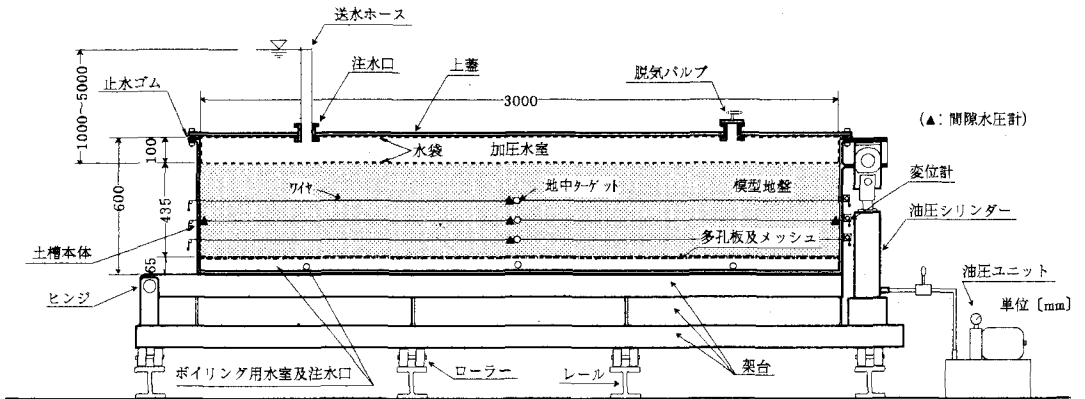


図-1 加圧傾斜式振動土槽および計測機器配置概要

31%, $\theta = 4.2\%$ 、CASE-Cが $D_r = 24\%$ 、傾斜 $\theta = 4.2\%$ である。また、CASE-B,Cの図中には、地中ターゲットおよび着色砂の変位より求めた、平均せん断ひずみの分布を示した。

各図より、側方流動終了後の地表面の形状は、土槽中央部に初期の傾斜をほぼ維持している領域が存在し、上下流側においてほぼ水平となっている。この傾向は全ケースに現れている。もし、液状化した地盤が流体的な挙動を示すとすれば、地表面は全体にはほぼ水平になるものと考えられるが、本実験の結果はこれとは異なるものとなっている。本実験結果の解釈として、地盤のせん断ひずみに依存した剛性の回復が生じているとも考えられる。すなわち、流動により地盤がある限界的なせん断ひずみに達するとダイレイタンスが生じ、過剰間隙水圧が減少することにより有効応力が増加して、剛性が回復するものと考えられる。

図中に示した、平均せん断ひずみの分布を見ると、上下流側に比べて中央部でのひずみは大きくなっていることがわかる。中央部のひずみの大きい領域では、液状化が早期に終結し剛性回復して初期傾斜が残り、下流側のひずみの小さい領域では、液状化が持続することにより、より水平に近くなるものと考えられる。

さらに、地盤の相対変位量は傾斜の大きさに依存しないことが、CASE-A,Bの比較よりいえる。また、CASE-BとCを比較してみると、液状化地盤の変位量および側方流動量は相対密度に影響されることがわかる。

図-3に、液状化後に傾斜を与えて流動させた場合と、傾斜なしの場合における間隙水圧の計測結果を示す(実験条件詳細図中参照)。これより流動開始点を境にして間隙水圧が下降しだしていることがわかる。傾斜させない場合では、流動開始点と同一時間以降も液状化は維持されている。

4. おわりに

本実験の結果より、液状化地盤の流動特性は、地盤の傾斜にはあまり依存せず、地盤内に発生するせん断ひずみおよび、相対密度等の土質条件がより支配的要因である可能性を示したが、今後より詳細な実験を繰返し、側方流動のメカニズムを解明したいと考える。

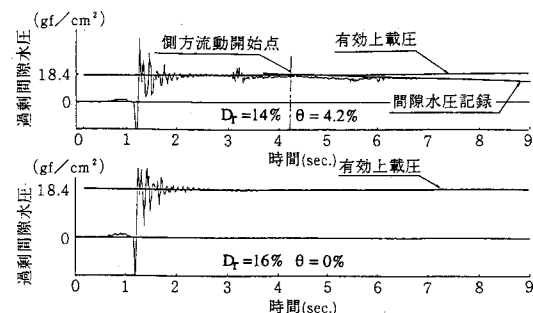


図-3 間隙水圧計測結果

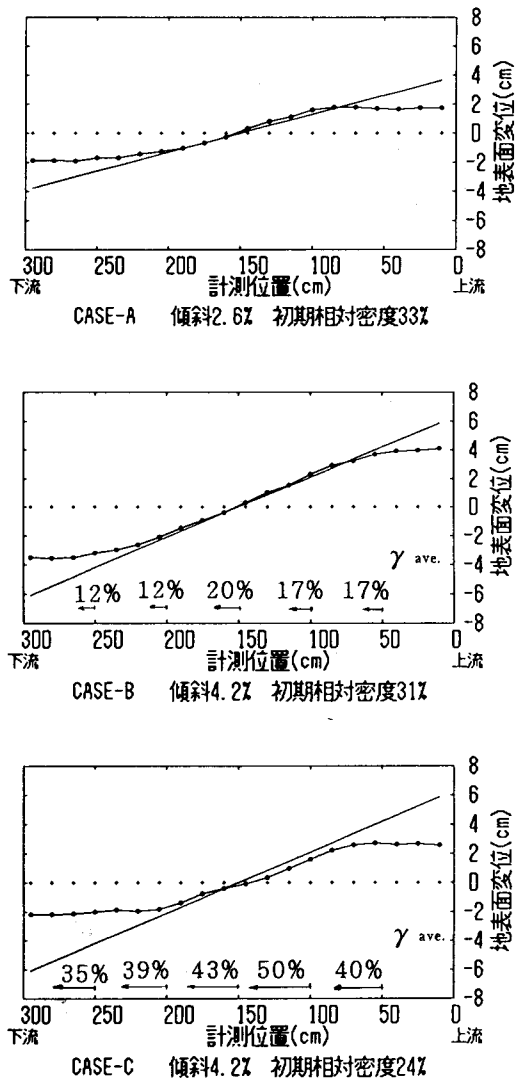


図-2 地表面変位および平均せん断ひずみ分布

(参考文献) 1)Hamada, M., et al., Liquefaction-Induced Large Ground Displacement, performance of Ground and Soil Structures during Earthquakes, 13th Int. Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering pp93~107, New Deichi, 1993.