

表層固化処理した地盤の動的特性に関する振動台実験

九州大学大学院 学生会員○小林 正和 九州大学大学院 フェロー 善 功企
九州大学大学院 正会員 陳 光斉 九州大学大学院 正会員 笠間 清伸

1. 背景および目的

液状化対策の重要性が高まる中、近年では、薬液注入による浸透固化処理工法が開発されている¹⁾。本工法の実用例は増加しているものの、使用する薬液のコストは高価であるため、液状化層を全層改良する代わりに、一定層厚の未改良層を残した部分改良により使用する薬液量を抑えるといったコスト削減の確立が急がれている。

これまで著者らの研究グループでは、コスト削減につながる最適な地盤改良形状に関する研究成果により、構造物直下の地盤表層を重点的に改良することの有効性を確認した²⁾。本文では、図-1に示すように、地盤改良域と周辺地盤の境界領域に着目し、表層固化の層厚が変化したさいの周辺地盤の動的特性を調べることを目的として、模型地盤を用いた振動台実験を行った。

2. 内容

2.1 実験概要

図-2に本実験で使用した模型土槽の断面図を示す。模型地盤は12行×15列に分割し、各地盤要素を50mm(高さ)×50mm(幅)×300mm(奥行)で作製した。地盤を液状化する要素(未改良土)と液状化しない要素(改良土)の2つにモデル化し、未改良域および改良域を作製した。未改良域は5号硅砂を使用し、水中落下法により相対密度30%に調整した。改良域は、アルミ製の箱に薬液(エコシリカI)を入れた後、5号硅砂を水中落下させて蓋で密封した剛体模型を配列させて作製した。なお、比重は未改良域とほぼ等しい。

表-1に実験条件を、図-3に改良形状をそれぞれ示す。ここで、表-1の改良率とは、改良域の改良層厚を全深度(600mm)で正規化したものである。土槽の両端にクッションを設置し、波動の鉛直壁からの反射を低減した。振動台の加振は、3Hzの正弦波を10波ずつ100Gal~400Galまで100Gal単位で増加させるステップ载荷で行った。模型土槽には加速度計と間隙水圧計を図-3のように設置し、地表面の各要素では地盤の沈下量を測定した。なお、水平方向および鉛直方向に、それぞれx座標およびz座標をとる。

2.2 実験結果および考察

図-4に、400Gal加振時の最大過剰間隙水圧比の深度分布図を示す。図-4a)には改良域の側方の未改良域である $x=225\text{mm}$ での深度分布図を、図-4b)には改良域直下である $x=375\text{mm}$ および $x=525\text{mm}$ での改良率25%と50%の深度分布図を示す。図-4a)より、側方の未改良域($x=225\text{mm}$)にお

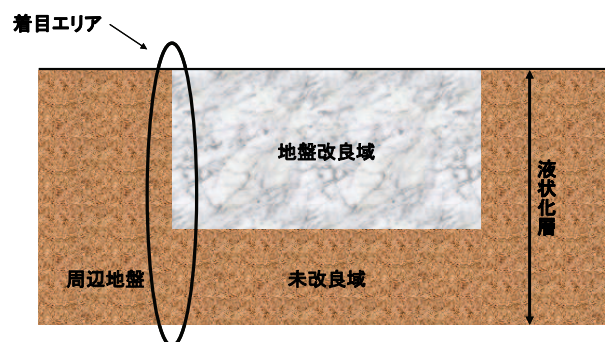


図-1 本実験のイメージ

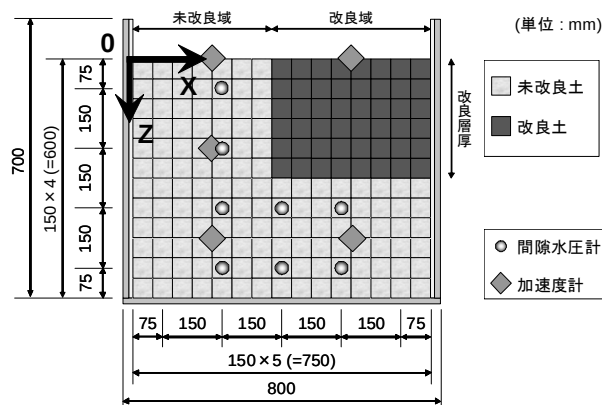


図-2 模型土槽

表-1 実験条件

改良域	剛体模型(5号硅砂+エコシリカ)
未改良域	5号硅砂
改良率 %	25, 50, 80, 100
入力加速度 Gal	100, 200, 300, 400
相対密度 %	30

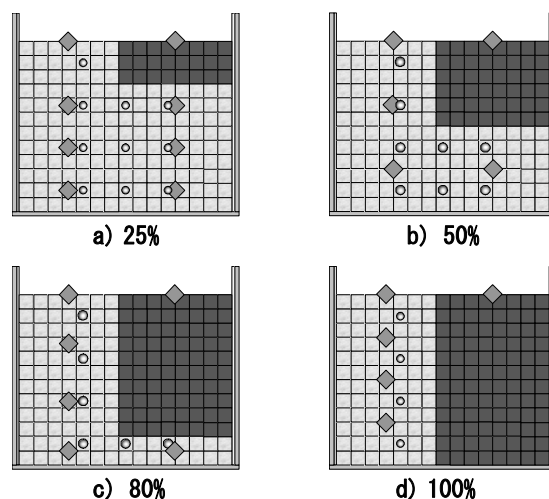


図-3 改良形状

る間隙水圧は、改良率によらず同程度であり、表層において液状化を生じた。また、その分布形状に差異はない。しかしながら、図-4b)より、改良域直下では、未改良域と改良域の境界($x=375\text{mm}$)よりも、改良域直下($x=525\text{mm}$)における間隙水圧が大きくなった。これは、加振による繰返しせん断により発生した間隙水圧が、未改良域と改良域の境界では未改良域へ向けて抜けやすいのに比べ、改良域直下では未改良域から比較的是なれているために抜けにくく、間隙水圧が蓄積することで値が大きくなったものと考えられる。

図-5 に、400Gal 加振時の側方の未改良域($x=175\text{mm}$)における最大応答加速度倍率の深度分布図を示す。なお、200Gal 加振時以降、液状化に起因して地表面に設置した加速度計が傾斜したため、値を示していない。図-5 より、全ての改良率において応答加速度は比較的小さな値を示し、最大でも 1.25 程度であった。80%改良は平均で 1 程度の値を示し、25%、50%および 100%改良は平均で 1.1 程度の値を示した。以上より、側方の未改良域において応答加速度は増加せず、改良率による分布形状の差異はほぼなかった。分布は全ての改良率において、深層ほど小さく、表層ほど大きい形状になった。深層は振動台とほぼ一体となって動くことで値が小さく、表層は液状化による影響を直接的に受け値が大きくなったものと考えられる。

図-6 に、400Gal 加振後の鉛直ひずみの水平分布図を示す。ここで、鉛直ひずみは、地表面沈下量を各水平位置における地盤の未改良層厚で除し、100 を乗じて算出した。図-6 より、改良率により分布形状にほぼ差異はないが、側方の未改良域では改良率によらず約 2%の鉛直ひずみが生じ、改良域直下では 80%改良を除き、改良率の増加に伴い減少した。図-6 の分布形状より、実際に固化処理を施した地盤では、未改良域との境界付近で液状化した未改良域に引きずり込まれるような沈下形状になると推測できる。

3. まとめ

本文では、表層固化処理を施した地盤を対象とした振動台実験から、間隙水圧発生特性、応答加速度倍率および液状化に起因する鉛直ひずみに着目して、周辺地盤の動的特性を調べた。以下に得られた結論をまとめる。

(1)改良地盤の側方にある未改良地盤において、加振時に生じる間隙水圧は改良層厚にはほとんど影響しないが、改良地盤直下の未改良地盤では中央付近ほど間隙水圧が蓄積しやすい。(2)側方の未改良域において応答加速度は増加せず、改良率による分布形状の差異はない。(3)地盤の液状化に起因して、未改良地盤に生じる鉛直ひずみは、改良層厚の増加に伴い減少する。

<参考文献>

1) 財団法人 沿岸開発技術研究センター：浸透固化処理工法技術マニュアル，2003. 2) 小林正和ら：地盤改良形状に着目した液状化対策地盤の地震時挙動に関する実験的考察，第 8 回地盤改良シンポジウム論文集，pp.267-270，2008.

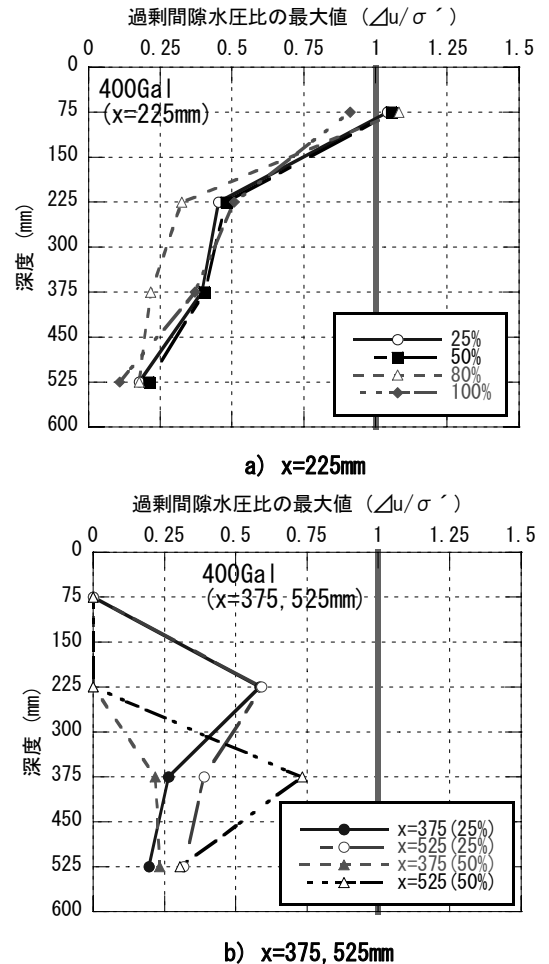


図-4 最大過剰間隙水圧比の深度分布

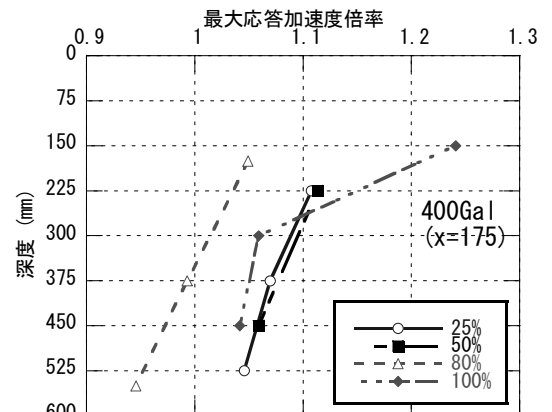


図-5 最大応答加速度倍率の深度分布

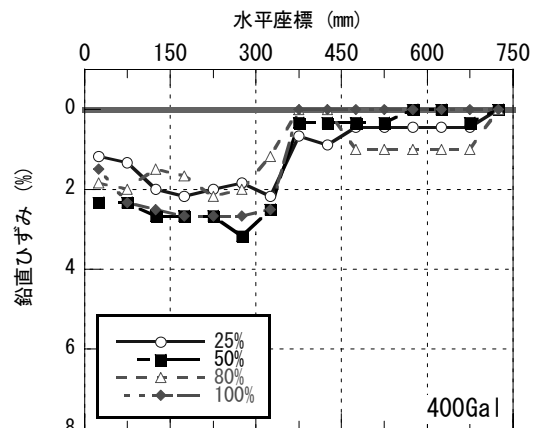


図-6 鉛直ひずみの水平分布