

固化処理形状に着目した液状化対策地盤の地震時挙動

九州大学工学部 学生会員 ○小林 正和 九州大学大学院 フェロー会員 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

液状化対策工法には各種の固化処理工法があるが、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⁾。本工法の実用例は少なく、改良範囲はセメント系固化処理工法の改良範囲を適用しているため、かなり安全側の設計がなされているのが現状であり、最適な改良形状について検討する必要がある。そこで、本文では、一定の改良率で、さまざまな固化処理形状に改良した、固化処理地盤を対象に振動台実験を行い、地震時の間隙水圧、応答加速度および地表面沈下量に着目して、最適な固化処理形状について検討した。

2. 内容

2.1 実験概要

図-1 に本実験で使用した模型土槽を、表-1 に実験ケースを、そして図-2 に各ケースにおける改良形状を示す。表-1 および図-2 の実験ケースは、既往の研究^{2), 3)}を踏まえ、改良率および改良形状を決定した。また、層状に改良したケースの改良ピッチとは、各改良体の鉛直方向の長さである。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。なお、図-1 のように、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。地盤を液状化する要素(未改良部)と液状化しない要素(改良部)の 2 つにモデル化した。未改良部は 5 号珪砂を使用し、水中落下法により相対密度 30%になるように調整した。改良部は、アルミ製の箱に薬液(エコシリカ)を入れた後、5 号珪砂を水中落下させて蓋で密封したもので、比重は未改良部とほぼ等しい。また、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載荷で行った。模型土槽には加速度計と間隙水圧計を図-2 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。

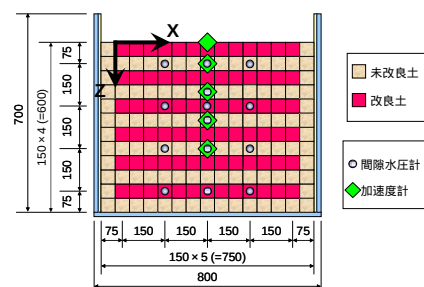


図-1 模型土槽

表-1 実験ケース

Case1	改良形状	改良率(%)	改良ピッチ(mm)
1	未改良	0	-
2	層状	50	50
3			100
4			150
5			300
6	チェッカー状	48	-
7	コマ状		-

2.2 実験結果および考察

図-3 に、300Gal 加振時の Case1-未改良、Case2-層状(50mm)、Case6-チェッカー状および Case7-コマ状の過剰間隙水圧比の最大値の深度分布図を示す。なお、以下では、深度 $z=0 \sim 300\text{mm}$ を浅部、深度 $z=300 \sim 600\text{mm}$ を深部とよぶ。また、Case7-コマ状は、設置した間隙水圧計の個数を考慮し、 $x=175\text{mm}$ の深度分布を示した。図-3 によると、深度 $z=75\text{mm}$ で、Case2-層状(50mm)も Case6-チェッカー状も 1 に至り、液状化した。一方で、Case7-コマ状は、最も間隙水圧が発生した深度 $z=375\text{mm}$ でも、0.3 程度で、液状化していない。以上より、浅部に改良部が集中するほど、過剰間隙水圧は抑えられた。

図-4 に、300Gal 加振時の Case2-層状(50mm)、Case6-チェッカー状および Case7-コマ状の深度分布図を示す。Case7-コマ状は、設置した加速度計の個数を考慮し、 $x=175\text{mm}$ の深度分布を示した。また、Case1-未改良は、200Gal 加振時以降、加速度計の設置状況が悪くなったため、示していない。なお、応答加速度倍率とは、各ケースにおける応答加速度を、入力加速度で除したものである。図-4 より、地表面に着目すると、Case7-コマ状は、Case6-チェッカー状の 1/5 程度、Case2-層状(50mm)の 1/3 程度に抑えられた。以上より、浅部に改良部、深部に未改良部が集中するほど、地表面の応答加速度は抑えられた。

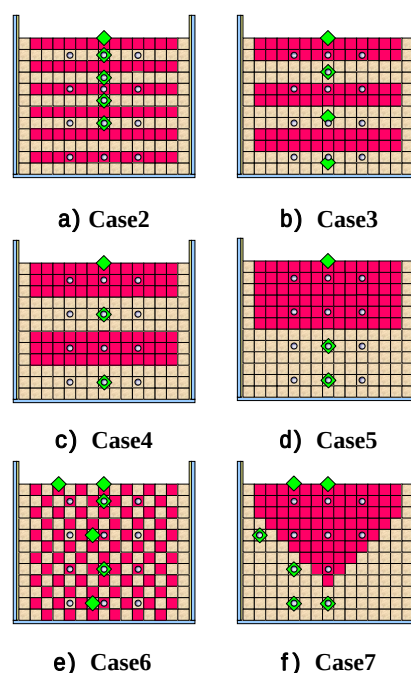


図-2 改良形状

図-5 に、300Gal 加振後の Case1-未改良、Case2-層状(50mm)、Case6-チェッカー状および Case7-コマ状の地表面沈下量の水平分布図を示す。図-5 より、Case7-コマ状は、Case6-チェッカー状の 1/10 程度、Case2-層状(50mm)の 1/5 程度にまで抑えられた。以上より、ほぼ一定の改良率 50%でも、改良形状の違いにより、地表面沈下量に差異が生じた。

図-6 に、300Gal 加振時における改良ピッチと平均沈下比および地表面の応答加速度倍率の関係を示す。ここで、平均沈下比とは、各ケースにおける平均沈下量を、未改良地盤の平均沈下量(33.0mm)で除したものである。図-6 より、まず、平均沈下比は、改良ピッチが増加するにつれ、Case2-層状(50mm)から Case4-層状(150mm)は増加する。しかし、Case5-層状(300mm)になると、急激に減少する。次に、地表面の応答加速度倍率は、改良ピッチが増加するにつれ、Case2-層状(50mm)から Case3-層状(100mm)は減少するが、Case3-層状(100mm)から Case4-層状(150mm)は増加する。しかし、Case5-層状(300mm)になると、再び減少する。以上より、今回の実験条件では、地盤の沈下と地表面の応答加速度の 2 つの観点から、150mm が最も不適な改良ピッチである。また、適切な改良ピッチも存在し、最も適切なものが 300mm、次に 100mm であると考えられる。

図-7 に、300Gal 加振時における浅部の改良率と平均沈下比および地表面の応答加速度倍率の関係を示す。ここで、浅部の改良率 50%における、平均沈下比の 3 つのプロットは、平均沈下比の大きい順に、Case6-チェッカー状、Case4-層状(150mm)、Case2-層状(50mm)である。また、応答加速度倍率の 3 つのプロットは、応答加速度の大きい順に、Case6-チェッカー状、Case2-層状(50mm)、Case4-層状(150mm)である。図-7 より、平均沈下比と応答加速度倍率は、概ね、浅部の改良率が増加すると減少する。以上より、地盤の沈下と地表面の応答加速度の 2 つの観点から、浅部の改良率は地盤全体の改良効果を検討する上で、重要な指標のひとつになると考えられる。

3. まとめ

- (1) 間隙水圧は、浅部に改良部が集中するほど抑えられ、また、地表面の応答加速度は、浅部に改良部、深部に未改良部が集中するほど、抑えられる。そして、地表面沈下量は、ほぼ一定の改良率 50%でも、改良形状の違いにより、差異が生じた。
- (2) 今回の実験条件では、地盤の沈下と地表面の応答加速度の 2 つの観点から、最も不適な改良ピッチなのが 150mm である。また、最も適切なものが 300mm、次に 100mm であると考えられる。
- (3) 地盤の沈下と地表面の応答加速度の 2 つの観点から、浅部の改良率は地盤全体の改良効果を検討する上で、重要な指標のひとつになると考えられる。

<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) 高橋直樹ら：液状化対策としての多層固化改良に関する振動台実験，土木学会論文集 C Vol.62 No.2，pp.502-518，2006.
- 3) 重岡知之ら：液状化強度のばらつきを有する改良地盤の地震時挙動に関する振動台実験，九州大学卒業論文，2006.

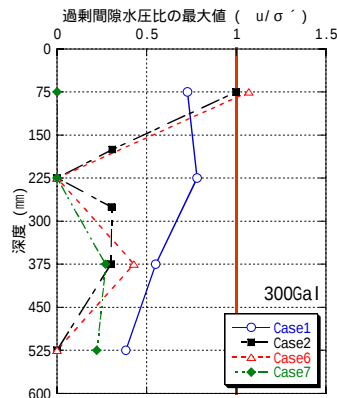


図-3 過剰間隙水圧比の深度分布図

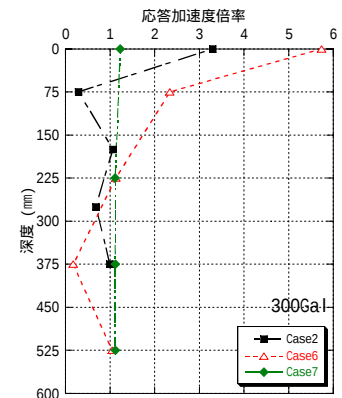


図-4 応答加速度倍率の深度分布図

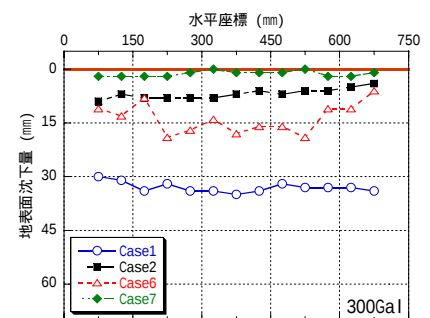


図-5 地表面沈下量の水平分布図

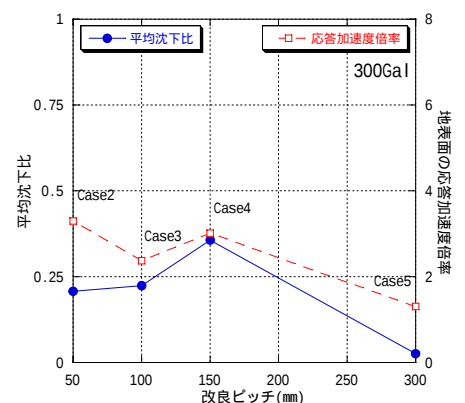


図-6 改良ピッチと平均沈下比および地表面の応答加速度倍率の関係

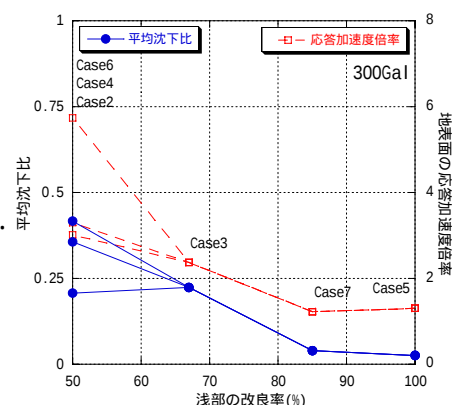


図-7 浅部の改良率と平均沈下比および地表面の応答加速度倍率の関係