

液状化対策における最適な地盤改良形状に関する研究

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、間隙水圧挙動および地震時沈下特性に着目して、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インターバルとは、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 号硅砂を使用し、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 I)を入れた後、5 号硅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。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-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。

2.2 実験結果および考察

図-3 に、300Gal 加振後の未改良地盤と本実験ケースの中で層状(改良インターバル 50mm)、チェッカー状およびコマ状の鉛直ひずみの水平分布図を示す。ここで、鉛直ひずみとは、各ケースにおける地表面沈下量を地盤の未改良層厚で除し、100 を乗じたものである。図-3 より、チェッカー状は、沈下抑制効果が最小であり、平均で未改良地盤の 4/5 程度にしか抑えられなかった。一方、コマ状は、沈下抑制効果が最大であり、平均で未改良地盤の 1/13 程度、チェッカー状の 1/10 程度、層状(50)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ため、改良率に代わる新しい指標が必要であると言える。

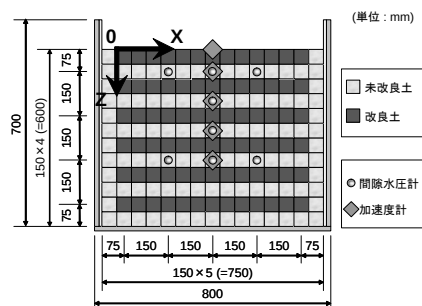


図-1 模型土槽

表-1 実験ケース

Case	改良形状	改良率(%)	改良インターバル(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		—

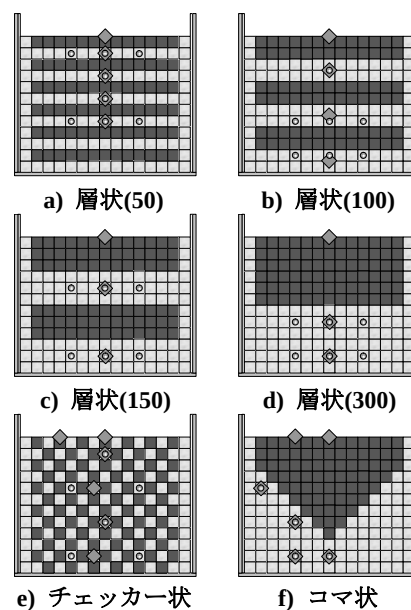


図-2 改良形状

液状化, 地盤改良, 振動台

〒819-0395 福岡市西区元岡 744 番地 防災地盤工学研究室 TEL 092-802-3383

図-4 に、各改良形状における未改良部分の過剰間隙水圧比の平均値と平均鉛直ひずみの関係を示す。各ケースにおいて、100Gal～400Gal までの4点をプロットした。図-4 より、未処理地盤に着目すると、過剰間隙水圧比の増加とともに、鉛直ひずみも増加し、200Gal 加振時に、過剰間隙水圧比は 0.8 を超え、液状化に起因して平均鉛直ひずみは大きく増加した。その他の改良形状についても同様の傾向があるため、液状化に起因した地盤の沈下量を低減させるには、過剰間隙水圧が大きくなる箇所を集中的に改良することが効果的であると考えられる。そこで、本文では、未処理地盤における過剰間隙水圧比の平均値が 0.75 以上となる領域を、液状化性領域とよぶ。また、この液状化性領域の改良率を、地盤改良効果を示すひとつの指標とし、以下では、地盤の沈下の観点から考察した。

図-5 に、300Gal 加振後の、液状化性領域の改良率と平均沈下比の関係を示す。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-5 より、液状化性領域の改良率がともに 50%のケースで、最大 0.2 程度の差はあるものの、液状化性領域の改良率が増加すると、平均沈下比は、概ね減少する。以上より、液状化性領域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、このことは、液状化性領域($\Delta u/\sigma' > 0.75$)を重点的に改良することの妥当性を示唆する。さらに、以下では、層状に改良したケースにのみ着目し、改良インターバルを指標とし、同様に地盤の沈下の観点から考察した。

図-6 に、300Gal 加振後の、改良インターバルと平均沈下比の関係を示す。図-6 より、層状(150)が最大であり、150mm は沈下抑制効果が最小の改良インターバルであることがわかる。以上より、今回の実験条件では、地盤の沈下の観点から、150mm が改良効果最小のインターバルであり、一方、300mm が改良効果最大のインターバルであることがわかる。

3. まとめ

- (1)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ため、改良率に代わる新しい指標が必要であると言える。
- (2)液状化性領域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、このことは、液状化性領域($\Delta u/\sigma' > 0.75$)を重点的に改良することの妥当性を示唆する。
- (3)今回の実験条件では、地盤の沈下の観点から、150mm が改良効果最小のインターバルであり、一方、300mm が改良効果最大のインターバルであることがわかる。

<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。

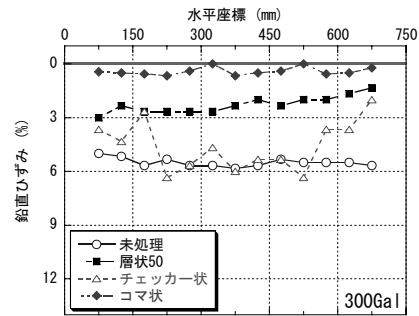


図-3 鉛直ひずみの水平分布図

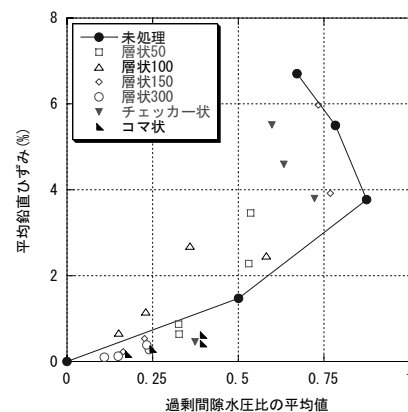


図-4 未処理部分の過剰間隙水圧比の平均値と平均鉛直ひずみ

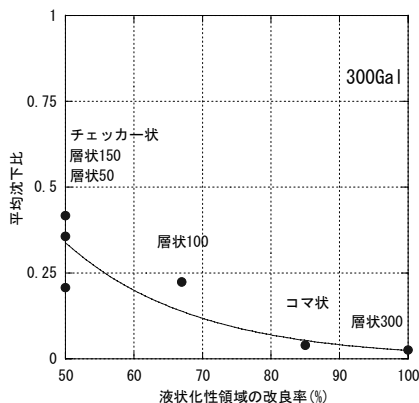


図-5 液状化性領域の改良率と平均沈下比

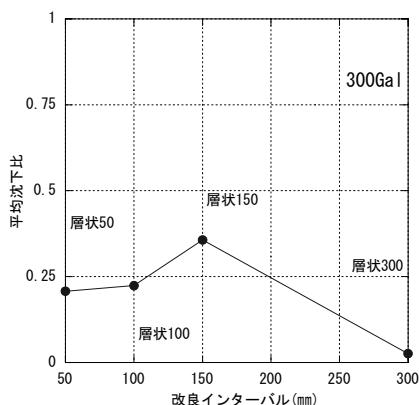


図-6 改良インターバルと平均沈下比