

1.はじめに

液状化の対策として今日までに数々の液状化対策工法が考案されてきたが、それらは主に大規模な土地開発と同時に行われるものであり、住宅一戸あたりに施工が施されることはなかった。それは地盤改良が高コストであったり施工機械が巨大なことが原因なのだが、これらの問題を解決し、戸建住宅ごとの施工が可能になれば、被害予想地域の液状化を綿密に防ぐことが可能になる。

2.研究目的

戸建住宅を対象とした対策工法として「排水パイプ工法」が提案されている。排水パイプ工法は側面に穴を開けた塩ビ管を地中に埋めることにより過剰間隙水圧の消散を促す工法である。実現化されれば、低コストであり、施工機械も小規模なことから戸建住宅に向けての利用が可能となる。従って本研究では排水パイプ工法の実現化に向けて、振動台模型実験を用いて性能評価を行うことを目的とする。

3.実験概要

3.1.実験ケース

CaseA:振動台模型実験に用いるパイプ模型が適切なものか判断する事前実験。

CaseB:排水パイプを正方形に配置し、ピッチを変更することによる性能の評価。

CaseC:既設構造物を想定し、構造物周辺に配置した場合の性能評価。

3.2.CaseA(事前実験)

CaseA では適切な模型パイプを用いるために 1) 排水が可能なパイプの径 2) パイプ底部を止めない場合の検証 3) パイプ側面の穴について適切な径、の三つの項目について検討を行った。

3.2.1 実験概要

実験で用いる土槽は L : 1100 mm × B : 300 mm × H : 400 mm, 地盤作製高さ 180 mm のものであり、水中落下法により相対密度約 40% の地盤を作成した。

実際の地盤改良で用いるものは塩ビ管であるが、本模型実験で用いるパイプの材料はシリコ

ン素材を選択した。剛性の高い素材をパイプとして用いると、地盤のせん断変形を抑制してしまい液状化を軽減してしまいう可能性がある。本研究は過剰間隙水圧の消散だけに着目して評価を行いたいので、あえて塩化ビニルより剛性が低いシリコン素材を選択した。この模型パイプを地盤に配置し、加速度を 60Gal, 150Gal, 250Gal になるように 3 回の加振を行いそれぞれについて観察を行った。

3.2.2 Case A の結果

パイプの直径は 7mm, 10mm, 15mm を選択した。7mm はパイプの摩擦抵抗により排水が確認できなかったが 10mm 以上であれば排水が可能であると確認できた。

パイプ底部を止めない場合はパイプ内に砂が混入し噴砂現象を助長してしまったので、底部を止めたパイプが適切だと分かった。

側面の排水穴は 2mm の径では砂の混入があり 1mm の径では砂の混入は確認されなかった。以上の結果パイプ模型はシリコン性で長さ 150mm 直径 10mm,側面の穴を 1mm とした模型を用いることにする。



3.3.CaseB (ピッチの違いによる評価)

通常ドレーン工法では正方形の頂点に沿った、格子状にドレーンを配置していく。ドレーンの改良効果を高めるには、ドレーンのピッチを狭めれば良いのだが、経済的負担が大きくなる。したがって本ケースでは、排水パイプのピッチの違いによる液状化対策効果を把握する実験を行った。

3.3.1 実験概要

模型パイプは CaseA で決定したものをを用いる。Case B の各ケースの地盤の相対密度は CaseA と同じ 40%程度である。パイプを正方形に配置した中心に間隙水圧計を深部 (9cm 地点), 浅部 (4.5cm 地点) の二か所に配置し、150gal の正弦波でピッチの違いによる水圧の変化を計測した。

表-3.3.1 実験ケース (Case B)

Case	目標相対密度 (%)	パイプのピッチ (mm)	パイプの本数	入力加速度 (gal)	地下水位 (mm)
B-1	40		0	150	180
B-2	40	50	4	150	180
B-3	40	100	4	150	180
B-4	40	150	4	150	180
B-5	40	200	4	150	180

3.3.2 CaseBの結果と考察

1)最大水圧と沈下量

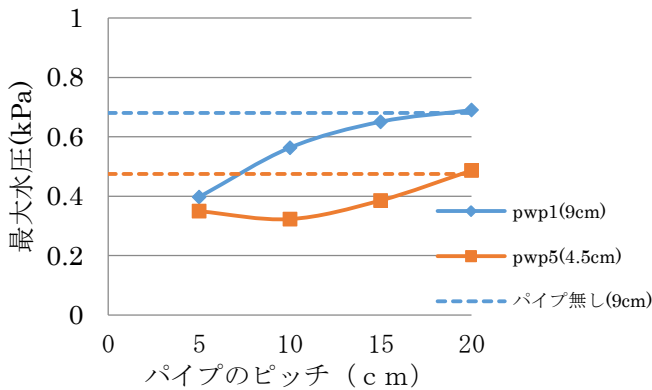


図 3.3.2.1 最大水圧

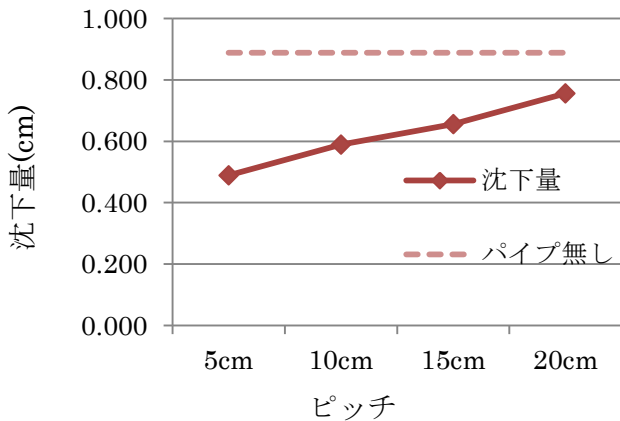


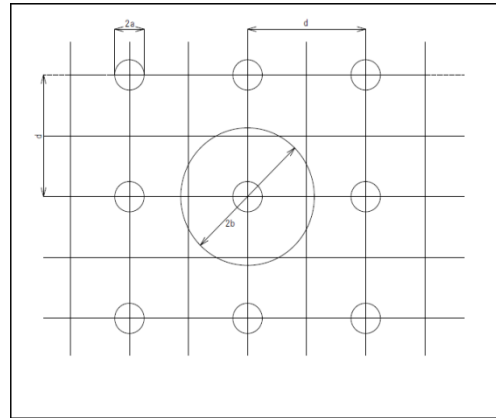
図 3.3.2.2 沈下量

最大水圧とピッチの関係では、ピッチが小さくなるほど最大水圧の減少が確認されたので排水パイプに効果があると把握できる。

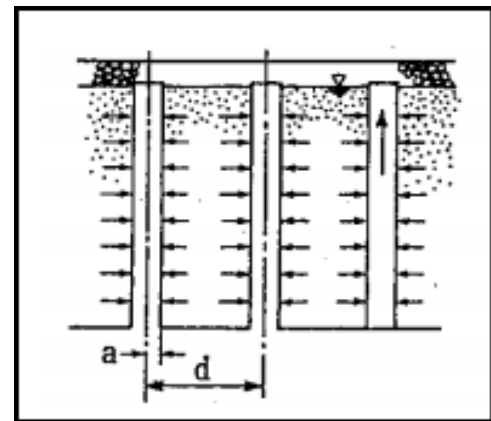
ピッチが 5cm の最も狭い場合は、深い所(pwp1-深さ 9cm)と浅いところ(pwp5-深さ 4.5cm)で同じ水圧となった。

沈下量も水圧と同様にピッチが小さくなるにつれて減少していることから、排水パイプの効果が出ていることが把握できる。

2)過剰間隙水圧と a/b の関係



a : パイプの配置 (正方形) $d=1.77b$



b : 断面図

図 3.3.2.3 打設間隔の設計

ドレーン工法の設計では過剰間隙水圧比に対する a/b (a :ドレーン半径, b :ドレーンの影響半径)を対応表から求める。ドレーンの影響範囲はドレーンのピッチ d から換算でき、正方形配置で $d=1.77b$ と換算できる。このようにして目標過剰間隙水圧比に対する、ドレーンのピッチを経済的となるよう決定するのだが、本研究もそれにならない同様のプロットを行った。

3) 過剰間隙水圧と a/b の関係図

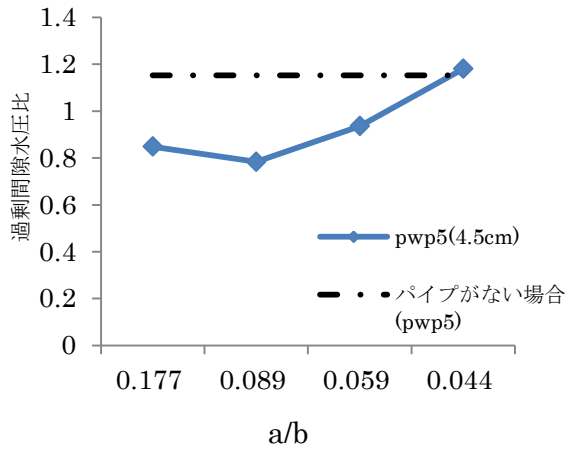


図 3.3.2.4 大水圧比(深い部)

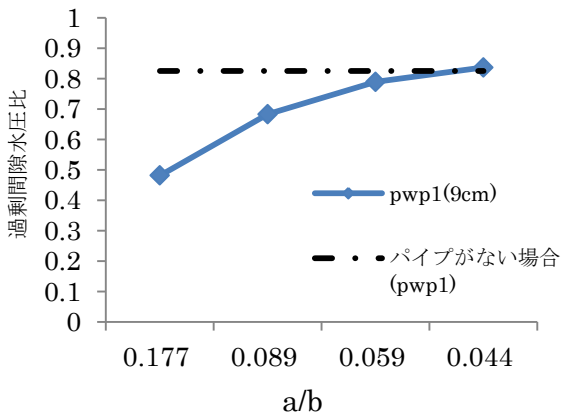


図 3.3.2.5 水圧比(浅い部)

深部では a/b が高い（ピッチの間隔が狭い）ケースで液状化していないことが把握できる。しかし、浅部では過剰間隙水圧比が最も低いところでも 0.8 と全体的にかなり高い傾向を示している。この結果からパイプ工法では表層部分では地盤改良の効果低いことが考えられる。水圧は高いから排水パイプの強い影響を与えられる可能性がある、液状化が発生しにくいと見える。従って、Pwp1 のところ(深い場所)はパイプの影響が強いから過剰間隙水圧比を消散される。液状化はほとんどしていない。

Pwp5 の場所は浅いから、水圧は低いから排水パイプの弱い影響を与えられる可能性がある、液状化が発生しにくいと見える。従って、Pwp5 のところ(浅い場所)はパイプの影響が強いから過剰間隙水圧比を消散される。液状化はほとんどしていない。

本研究ではパイプの半径 a を固定してピッチ

d だけ変える。ピッチ d が広くすると a/b も小さくなる。従って過剰間隙水圧比も大きくなる。つまり、本研究の設計法よりドレーン工法で用いられるのと同様な過剰間隙水圧比と a/b (a : ドレーン半径, b : ドレーンの影響半径) の関係図を作成することができた。

3.4. Case C (既設住宅とを想定した周辺配置)

施工機械が小規模である本工法は、施工スペースが狭いと予想される既設住宅においても適用が望まれる。従って本ケースでは既設住宅を想定した模型の周辺にパイプを配置し、効果があるか検討を行なった。

3.4.1. 実験概要

戸建住宅の模型は $200 \times 200 \times 78\text{mm}$ 重さ 2.06kg のものを使用する。幾何学相似則 $\lambda = 1/60$ とすると 444960kg , 144m^2 の建物になる。これは 44 坪程度の床面積をもつ RC 構造二階建ての住宅に 9m のパイプを埋設するスケールになる。地盤の条件や模型パイプ、加速度、水圧計の位置は Case B と同様である。

表-3.4.1.1 実験ケース (Case C)

Case	目標相対密度 (%)	建物有無	パイプの本数	パイプ配置	入力加速度 (gal)	地下水位 (mm)
C-1	40	無	8	建物周辺	150	180
C-2	40	有	0	無し	150	180
C-3	40	有	8	建物周辺	150	180
C-4	40	有	4	直下配置	150	180
C-5	40	有	4 穴無し	直下配置	150	180

3.4.2. Case C の結果

1) 配置の比較

表 3.4.2.1 最大水圧値

単位:kpa

	Case C-2 建物あり	Case C-3 (周辺配置)	Case C-4 (直下配置)
Pwp1	0.862	0.735	0.741
Pwp5	0.821	0.714	0.536

表 3.4.2.2 建物のケースの沈下量

単位: mm

	Case C-2 建物あり	Case C-3 (周辺配 置)	Case C-4 (直下配 置)
沈下量	2.378	2.156	1.300

Case C-2 建物ありと Case C-3 (周辺配置) の比較: 建物が載せる時は pwp5 の値は pwp1 の値に近くなる。建物の荷重の影響を与えられる。建物の荷重を追加するからは pwp5 の水圧も追加しているから高くなる。

Case C-2 建物ありと Case C-4 (直下配置) の比較: 沈下量がすごく下がるけれど、パイプの直下配置は排水の効果だけじゃなくて杭の効果もある可能性がある。

2) Case C-4 と Case C-5 の比較

表表 3.4.2.3 最大水圧

単位: kpa

水圧計	Case C-4	Case C-5
Pwp1 (深さ 9cm)	0.741	0.764
Pwp5 (深さ 5cm)	0.536	0.574

表 3.4.2.4 沈下量

単位:cm

	Case C-4	Case C-5
沈下量	1.300	1.478

最大水圧と沈下量を見ると水圧と沈下量は少しだけ下がるので、パイプの剛性(杭の効果)の影響を与えられるという結果を得られた。つまり、建物直下にパイプを配置したケースでは、パイプが建物を支えてしまう結果となったので、正確に測定することはできなかった。

4.結論

4.1CaseB

・Case B ではピッチが広がったらパイプによる消散効果が無くなって行き、水圧と沈下量の増加が確認された。

・ピッチが狭い場合は、深いところ(pwp1-深さ 9cm)と浅いところ(pwp5-深さ 4.5cm)で同じ水圧となった。

・ドレーン工法で用いられるのと同様な過剰間隙水圧比との関係図を作成することができた。

・深い場所ではピッチが最も小さいケースで液状化を防げたが、浅い場所では液状化に近い値となった。

4.2 CaseC

・周辺配置では液状化による沈下を防げない可能性が示唆された。

・建物直下にパイプを配置したケースでは、パイプが建物を支えてしまう結果となったので、正確に測定することはできなかった。

5.今後の課題

・現在のドレーンの設計法では a/b(a:パイプの半径/b:パイプの影響範囲)をプロットする方法を行っているが排水パイプを用いる本施工でも適用できるのかまだ疑問である。

・既設住宅を想定し、建物模型の周辺にパイプを配置する実験を行ったが液状化を完全に防ぐことはできなかった。今後はパイプの本数を増やすなどして、周辺配置でもパイプの効果ができるよう検討していきたい。

・建物模型の直下にパイプを配置した実験では、パイプが建物を支え正確なデータが得られなかったので、より柔軟な模型素材を使用するなど工夫し、再度実験を行いたい。