

スパイラル杭とドレーンパイプを併用した 小規模構造物基礎の液状化対策工法に関する振動台実験

九州工業大学大学院 学生会員 ○日高亮 堀祐大 水口誉
九州工業大学大学院 正会員 廣岡明彦 永瀬英生

1. はじめに

1964年に広く発生した新潟地震の地震被害により、地盤の液状化現象が認識され専門的な研究が盛んに行われるようになった。以降、液状化に関する研究が進み、液状化対策も進んできたが、2011年に発生した東北地方太平洋沖地震で大規模な液状化現象が観測されている。今年度発生した熊本地震でも戸建住宅等の液状化被害が報告されていることから、未だに小規模構造物での液状化に対する有効な対策は行われておらず、早急な液状化対策が望まれる。そこで本研究では、液状化地盤上の小規模構造物の沈下対策として、スパイラル杭を構造物の基礎として用いる地盤改良工法に、盛土等の土工構造物の間隙水圧消散工法であるドレーンパイプを併用した新たな液状化対策工法に着目した。本研究ではこの工法による液状化抑制の際に、ドレーンパイプの設置本数の違いが液状化抑制効果にどのような影響を与えるかについて調べることを目的とし、重力場振動台実験を実施した。

2. 実験概要

図1に実験システムを示す。模型縮尺は1/10と設定し、地盤は豊浦砂を用いて作製し、液状化層を地盤上層に $Dr=40\%$ として層厚30cmで設け、非液状化層をその下層に $Dr=70\%$ として層厚5cmで設けた。模型地盤作製の際、地盤上部から60mm, 120mm, 180mmの深さの位置に加速度計と間隙水圧計を設置し、模型構造物の沈下量をポテンシオメータ、水平変位量をレーザー変位計で計測する。次に本研究における実験条件を表1に示す。尚、模型縮尺は1/10と設定し、模型構造物は一般的な木造住宅を想定し、床面積当たりの重量を 12.74kN/m^2 と設定している。振動台試験機に入力する入力波の加速度を350gal、加振周波数を11Hz、加振時間を約2.73秒に設定し、設置した計測器の値から液状化発生の有無を判定する。

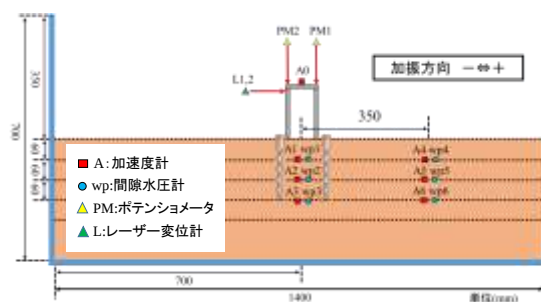


図1 実験システム

表1 実験ケース

	杭(本数)	ドレーン(本数)	最大加速度振幅(gal)
ケース1	0	0	343.3
ケース2		4	350.7
ケース3	4	0	358.6
ケース4		1	343.8
ケース5		4	372.4

3. 実験結果および考察

3.1 ドレーンパイプの有無による比較

ケース1,2を用いてドレーンパイプの有無による比較を行う。まず過剰間隙水圧比で比較を行う。本研究において、過剰間隙水圧比は過剰間隙水圧を初期有効土被り圧で除した値と定義しており、図2にケース1,2での構造物直下のwp1~wp3の過剰間隙水圧図を示す。ケース1では過剰間隙水圧の急激な上昇から液状化が発生したと推測できる。ケース2ではケース1に比べ、各過剰間隙水圧比の最大値が約50~65%程の値を示しており、また急激な上昇も見られないため、構造物直下地盤が液状化していないと読み取れる。これは施工したドレーンパイプが加振中に上昇する間隙水

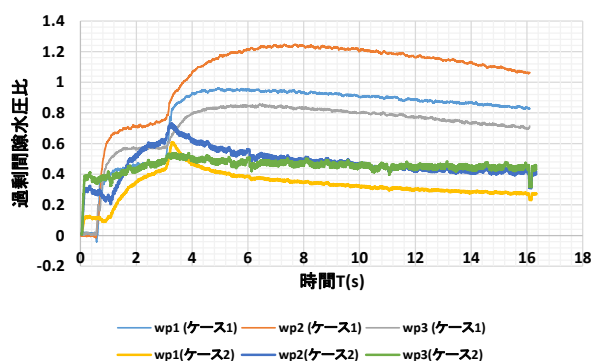


図2 過剰間隙水圧比図(ケース1,2)

を消散させることで過剰間隙水圧の上昇を抑制したためだと考えられる。

また、地盤及び模型構造物の鉛直変位、模型構造物の残留水平変位を表 2 に示す。この結果から無補強のケース 1 に比べドレーンパイプを施工したケース 2 では模型構造物沈下量は約 20% まで減少しているが、残留水平変位が約 45%増加していること

が分かる。模型構造物沈下量の減少はドレーンパイプを施工したことによる模型構造物直下地盤の液状化抑制の効果だと考えられる。また、模型構造物残留水平変位の増加は、加振中ドレーンパイプ上部口から排水される間隙水により、構造物周辺の地表面付近の地盤がより軟化したため、模型構造物が残留水平変位が増加したと考えられる。

3.2 スパイラル杭とドレーンパイプの併用による効果

ケース 3,4,5 を用いてスパイラル杭を杭基礎として用いた場合における、ドレーンパイプを併用した時の影響、並びにドレーンパイプの施工本数の違いによる模型構造物直下地盤への影響の比較を行う。まず、加振時とそれ以降の各ケース、各地点で計測された過剰間隙水圧比に注目することとし、図 3 はケース 3,4,5 での構造物直下の wp1~wp3 の過剰間隙水圧比の経時変化を示したものである。スパイラル杭の拘束範囲内だと考えられる wp2,wp3 に着目すると、ケース 3,4 おいて過剰間隙水圧の急激な上昇は観察され

ず、また最大値の値も 0.4~0.6 の範囲内にあることから液状化の発生を抑制していることが分かる。しかし、ケース 5 の wp3 では過剰間隙水圧の急激な上昇が観察されている。その要因の一つに、ドレーンパイプを施工した際、構造物直下地盤を乱してしまったことが考えられる。それに加えて wp3 の設定設置位置がドレーンパイプの長さよりも深い場所にあるので、過剰間隙水圧の消散が観察されなかったと推測される。同じ地盤の乱れの影響を受けたと考えられる wp2 で過剰間隙水圧の発生が抑制された理由として、ドレーンパイプの側面に wp2 が設置されており、ドレーン効果が発揮されたためだと考えられる。スパイラル杭の拘束の影響が少ない範囲にある wp1 の過剰間隙水圧比の値はケース 3 で約 0.9、ケース 4,5 で約 0.5 の値を示している。これよりスパイラル杭にドレーンパイプを併用することで、スパイラル杭の拘束の影響が少ない範囲で過剰間隙水圧の発生が抑制されていることが分かる。

また、表 2 を用いてケース 3,4,5 での地盤及び模型構造物の鉛直変位、模型構造物の残留水平変位の比較を行う。模型構造物の平均沈下量はケース 3,4,5 の順に増加していることが分かる。これは、ドレーンパイプの施工本数の増加に伴い増加しているためドレーンパイプの施工の際、模型構造物直下地盤を乱し、沈下を抑制できなかったと考えられる。模型構造物の残留水平変位はケース 3 で 4.0mm、ケース 4,5 で 3.5mm と近い値を示した。このことよりドレーンパイプを併用した方が残留水平変位を抑制するが、その抑制効果は僅かである。

4. 結論

(1) ドレーンパイプの有無について

ドレーンパイプを鉛直に施工することによる模型構造物直下地盤での過剰間隙水圧比の抑制効果が確認できた。

(2) スパイラル杭とドレーンパイプの併用工法について

スパイラル杭にドレーンを併用することでスパイラル杭の拘束範囲外でも液状化抑制効果が確認できた。しかし、ドレーンの本数を増加(1本→4本)させた実験については地盤の乱れを生じさせないような再実験を実施する必要がある。

表 2 鉛直変位及び水平残留変位

	地盤の 鉛直変位(mm)	模型構造物の 鉛直変位(mm)	模型構造物の 残留水平変位(mm)
ケース1	7.8	16.75	10
ケース2	4.1	3.5	14.5
ケース3	5	-0.75	4
ケース4	4.1	1.75	3.5
ケース5	4.5	3.5	3.5

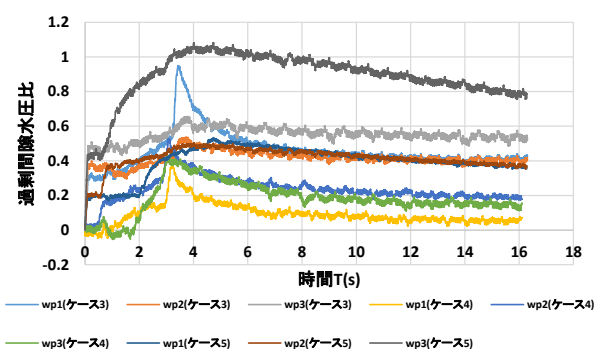


図 3 過剰間隙水圧比図(ケース 3,4,5)