

液状化防止工法間の効果比較

熊本大学工学部 正員 秋吉 卓
 熊本大学工学部 正員 松本 英敏
 八代工業高等専門学校 正員 淵田 邦彦
 熊本大学工学部 学生員 ○井下 一郎

1.はじめに 近年、液状化を防止する地盤改良工法として、締固め密度増大効果を利用したサンドコンパクションパイル(SCP)工法の実績が圧倒的に多いが、一方、簡易な施工法にもかかわらず、過剰間隙水圧の上昇を抑え、急激に消散させるグラベルドレーンパイル(GDP)工法も施工例が増えつつある。そこで本研究では、両工法による改良模型地盤の水平加振実験の結果と、2次元有効応力法に基づく液状化解析プログラム(NUW2)による結果とを比較してその妥当性を確かめるとともに、解析によりさまざまな施工条件における両工法の液状化防止効果を比較、考察する。

2.解析手法 本研究室では、井合氏²⁾らの理論に基づく2次元有限要素を用いた有効応力法による液状化解析プログラムNUP2を持っているが、ここではNUW2(Nonlinear u-w analysis in 2-dimensions)を開発し、解析を行った。

3.実験方法 解析の妥当性を確かめる実験としては図-1に示すような砂槽(幅1000mm×長さ1500mm×高さ1000mm)を用いたが、加振方向の側板には、砂のせん断変形が発生するように可動側板になっている。SCP工法においては、表-1に示す試料砂を用いて高さ約800mmまで水中落下法によりゆる詰め飽和砂地盤を作成し、この砂槽内に水圧計と加速度計を設置した。次にケーシングパイプモデル(内径70mm)を用いて、実際と同様な手順で、締固め加振力と杭間距離を変化させて、正方形配置の砂杭を16本施工し、6ケースの実験改良地盤を作成した。またGDP工法においては、あらかじめ正方形配置の塩化ビニールパイプ(内径70mm)を16本設置し、SCP工法と同様にゆる詰め飽和砂地盤を作成し、塩ビパイプの中に表-2に示す試料碎石を入れた後パイプを除去し、杭間距離を変化させて3ケースの実験改良地盤を作成した。実験中は、初期地盤と施工後に静的コーン貫入試験より、地盤剛性を求め、その後砂槽を振動数5Hz、加振時間20秒、入力加速度約120galで水平加振させた。

4.液状化解析プログラムによる検証 室内実験を解析するために、2次元有限要素モデルを用いて、砂槽中央部深さ300mmの点の過剰間隙水圧について比較したものが図-2、3である。これは、SCP工法の杭間距離250mm、締固め加振力18kgfとGDP工法の杭間距離250mmの過剰間隙水圧経時変化の一例である。SCP工法は解析値が実験値に比較的良い対応をしており、GDP工法に関してはグラフの形は若干相違しているものの、液状化判定に用いる最大過剰間隙水圧はおおむ

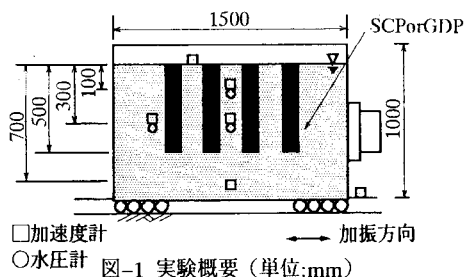


表-1 試料砂物性値

| | |
|-------------------|-----------------------|
| 土粒子密度 (t/m^3) | 2.862 |
| 最大粒径 (mm) | 2.0 |
| 最大間隙比 | 1.007 |
| 最小間隙比 | 0.666 |
| 均等係数 | 2.33 |
| 透水係数 (m/s) | 1.28×10^{-4} |

表-2 試料碎石物性値

| | |
|-------------------|----------------------|
| 土粒子密度 (t/m^3) | 2.981 |
| 最大粒径 (mm) | 12.0 |
| 透水係数 (m/s) | 6.9×10^{-2} |

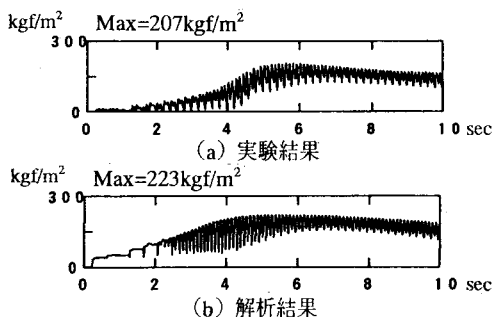


図-2 過剰間隙水圧経時変化(SCP工法)

ね近いものであり、十分対応できると思われる。

5.解析による工法比較と考察 解析に用いる改良地盤の初期せん断弾性係数として、GDP改良地盤では、模型地盤の静的コーン貫入試験から得られた1050

(tf/m^2)を用い、SCP改良地盤では波動累積プログラム³⁾WAP3のシミュレーションから得た剛性を用いて、液状化解析を行った結果(最大水圧)が図-4である。GDP工法では杭間距離による差はあまり見られず、液状化防止が不完全であることが分かる。一方SCP工法は、締め固め加振力により若干の差が見られるが、杭間比がほぼ3.0以下では液状化防止効果が現れている。この室内実験のモデルにおいては、GDP工法よりもSCP工法の方が液状化防止効果が大きいことが分かる。しかしGDP工法は、図-3のグラフからも分かるように、一端水圧が上昇しても消散が早く、図-5のように、GDPの杭長を長くし杭間距離を短くすれば、液状化防止効果を上げることが可能である。

また入力加速度別に液状化解析を行った結果が、図-6で、杭間距離150mm、杭長500mmのGDP工法と杭間距離150mm、締め固め加振力18kgfのSCP工法の結果をプロットしてある。GDP工法の方は、最大加速度60gal程度を境に急激に水圧が上昇しているものの、80gal以上は排水能力が安定しているせいか、あまり変化が見られない。一方SCP工法については、最大加速度120galまでは水圧が抑えられているものの、それ以上の加速度になると、締め固め効果が生かされなくなる。

6.おわりに 両工法について、室内実験地盤モデルについて解析し、その効果を比較した。その結果、プログラムNUW2は実験をうまく証明する事が示された。室内実験モデルにおいては、GDP工法は完全液状化には到らないものの、各種パラメータを変えても劇的な効果が望めない。一方、SCP工法では、その効果は入力の大さに依存するものの、杭間や締め固め加振力などのコントロールで相当防止効果を望めることが分かった。現場スケールでの比較については、ここでは省略する。

参考文献

- 1) S.Iai, Y.Matsunaga, and T.Takeoka, Strain Space Plasticity Model for Cyclic mobility, Soils and Foundations, Vol.32, No.2, JSSMFE, 1992.6, pp.1-15
- 2) S.Iai, Y.Matsunaga, and T.Takeoka, Analysis of Underdrained Cyclic Behavior of undere Anisotropic Consideration, Soils and Foundations, Vol.32, No.2, JSSMFE, 1992.6, pp.16-20
- 3) 秋吉、松本、上田、池上:SCP地盤改良のシミュレーション 平成5年度土木学会西部支部研究発表会講演概要集 1994.3.

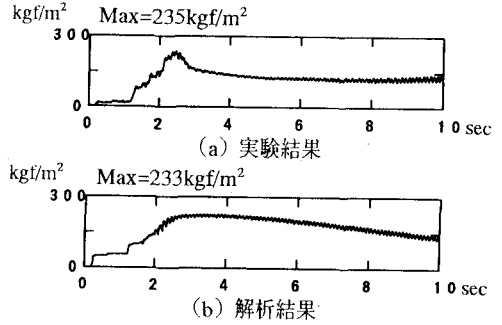


図-3 過剰間隙水圧経時変化 (GDP工法)

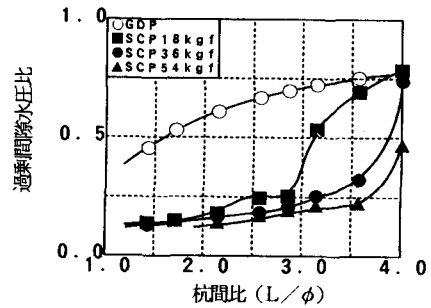


図-4 過剰間隙水圧比と杭間比L/φの関係

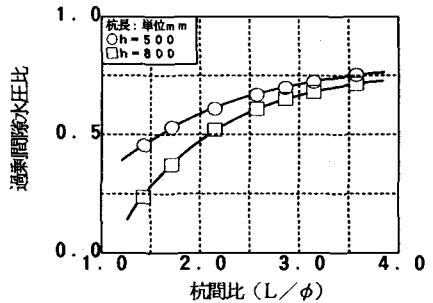


図-5 過剰間隙水圧比と杭間比L/φの関係 (GDP工法)

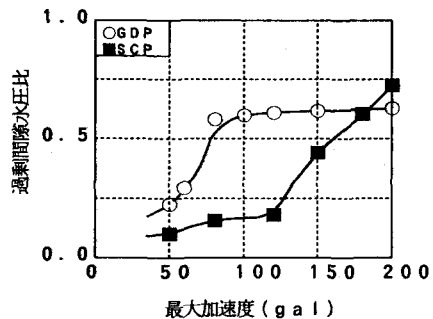


図-6 過剰間隙水圧比と入力加速度の関係