

2、3の液状化防止工法の効果比較

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
 若築建設(株)設計部 正員 兵頭武志
 熊本大学大学院 学生員 ○井下一郎

1. はじめに

液状化対策のうち、地盤改良により液状化の発生を防止する工法としてサンドコンパクションパイル（SCP）工法や、グラベルドレーンパイル（GDP）工法などが用いられている。また近年、両工法の原理を兼ね備えた締固めグラベルドレーンパイル（GCP）工法が提案されている。そこで本研究では、これらの3つの液状化防止工法の効果について井合氏¹⁾の理論に基づいて開発した2次元有効応力法による液状化解析プログラム NUW2²⁾を用いて、室内実験及び実際の施工例について比較、検討した。

2. 実験方法

本研究に用いた解析プログラムの妥当性を検討するために、模型実験を行った。実験装置は図1に示す様な飽和砂槽を用いた。さらにこの砂槽の加振方向の側板には、砂のせん断変形が発生しやすいように可動側板にした。

SCP工法においては、砂槽内に加速度計と水圧計を設置し、水中落下法により高さ約800mmのゆる詰め飽和砂地盤（相対密度 $D_r \approx 20\%$ ）を作成した。この地盤にケーシングパイプ（内径70mm）を16本正方形配置で静的圧入し、試料砂を投入しながら、ケーシングパイプを振動させ締固めを行い、SCP改良地盤（ $D_r = 60 \sim 80\%$ ）を作成した。またGDP工法は、あらかじめ正方形配置の塩化ビニールパイプ（内径70mm）を設置し、SCP工法と同様にゆる詰め飽和砂地盤を作成し、塩パイプの中に試料碎石を投入した後、パイプを引き抜いてGDP改良地盤を作成した。またGCP工法は、GDP工法と同様に塩パイプを設置し、試料碎石を投入しながら、ケーシングパイプの突棒により振動締固めを行いGCP改良地盤を作成した。また実験時には、初期地盤と改良地盤にコーン貫入試験を実施し地盤剛性を求めた。その後砂槽を振動数5Hz、加振時間20秒、入力加速度約100galで水平加振させた。

3. 締固め及び液状化解析プログラムの検証

室内実験を解析するために、2次元FEMモデルを用いて砂槽中央部深さ300mmの点での過剰間隙水圧比 u' の最大値をプロットした結果が図3である。同図には室内実験では行われていないケースについても解析を行っているが、実験結果の図2と比較すると、3工法とも良い対応をしており、解析の妥当性が示されている。

4. 室内モデルでの工法間の効果比較

SCP工法およびGCP工法は、施工することにより地盤剛性が変化するため、本研究室が開発した波動累積プログラムWAP3³⁾を用いて、模型地盤から得られた初期せん断弾性係数 G_0 を、施工後のせん断弾

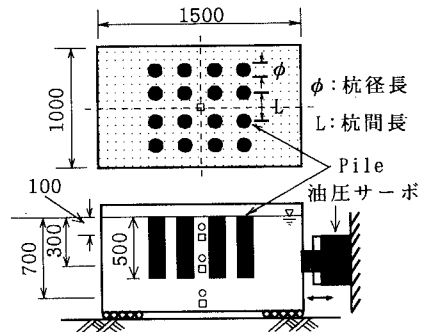


図1 室内実験砂槽図（単位：mm）

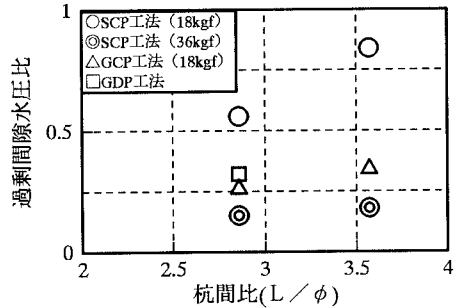


図2 過剰間隙水圧比と杭間比の関係（実験）

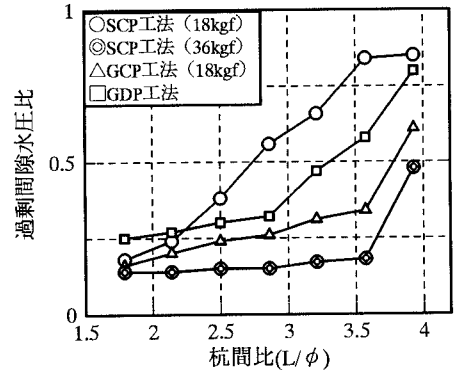


図3 過剰間隙水圧比と杭間比の関係（解析）

性係数 G までシミュレートした。この改良後の G の地盤に対して、プログラム NUW2 を用いて液状化解析を行った結果（最大水圧）が図 3 である。いずれの工法においても、杭間距離が短い場合にはあまり違いがないが、杭間距離が長いときは、締固め加振力を増大させてやることにより、十分効果を発揮する事が分かる。また GCP 工法は排水と締固め効果のため、低い締固め加振力でもかなりの液状化防止効果を示している。

5. 実地盤モデルでの工法間の効果比較

これまでの模型実験やそれに対する解析結果から考えると、SCP 工法と GCP 工法はかなり液状化防止効果が高く、両者とも有効な工法であったが、次に実地盤モデルで解析を行ってみた。締固めプログラム WAP3 により実施工例（杭間距離 2.0m、締固め加振力 60.4 ton、振動数 9.3Hz、加振時間 60sec）の条件で行い、そのシミュレーション結果より得たせん断弾性係数 G が図 4 である。さらに、入力加速度はエルセントロ地震波形の N-S 成分の最大加速度を 130gal と 200gal にし、0.01 ステップで 10 秒間かけ、深さ 8m と 12m 地点における過剰間隙水圧を比に直した結果が図 5 である。

これを見ると、先ほどの室内実験とその解析結果と同様に SCP 工法と GCP 工法は、GDP 工法や無対策に比べかなりの液状化防止効果を示している。しかし深さによる液状化防止効果の違いは、図 4 に示した細粒分含有率 F_c や初期の地盤剛性などの大小に起因するものと考えられる。

また入力加速度の違いにより、SCP 工法と GCP 工法は同様に有効な液状化防止効果か、わずかに SCP 工法が過剰間隙水圧比 u^* を抑えて安定していることがわかる。

6. おわりに

今回の解析結果から、GCP 工法は SCP 工法とほぼ同等であり、液状化防止効果については、実地盤モデルの物理特性の違いが液状化防止効果に敏感に反映することがわかった。今後は様々な地盤モデルについて解析を行い、その地盤に最も効果のある工法が選択できる方法を確立していきたい。

<参考文献>

- 1) S.Iai, Y.Matsunaga, and T.Takeoka, Strain Space Plasticity Model for Cyclic mobility, Soils and Foundations, Vol.32, No2, JSSMFE, 1992. 6, PP.1-15.
- 2) T.Akiyoshi, K.Fuchida, H.Matsumoto, T.Hyodo, and H.L.Fang, Soil Dyn. and. Earthq. Eng. Vol. 32, No.5, 1993, pp.299-307.
- 3) 秋吉 卓、洲田 邦彦、松本 英敏、兵頭 武志、方 火浪：サンドコンパクションパイル工法による地盤剛性改良の動的評価について、土木構造・材料論文集、第 8 号、1992、pp.51-60.

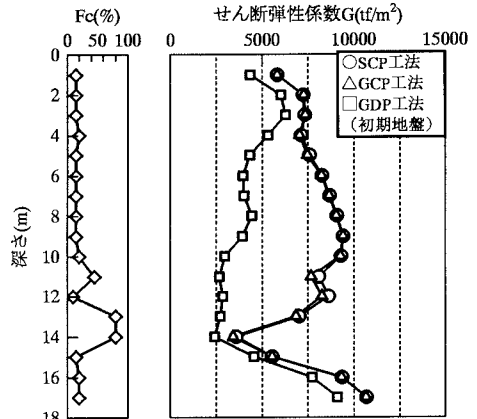


図 4 過剰間隙水圧比と杭間比の関係（解析）

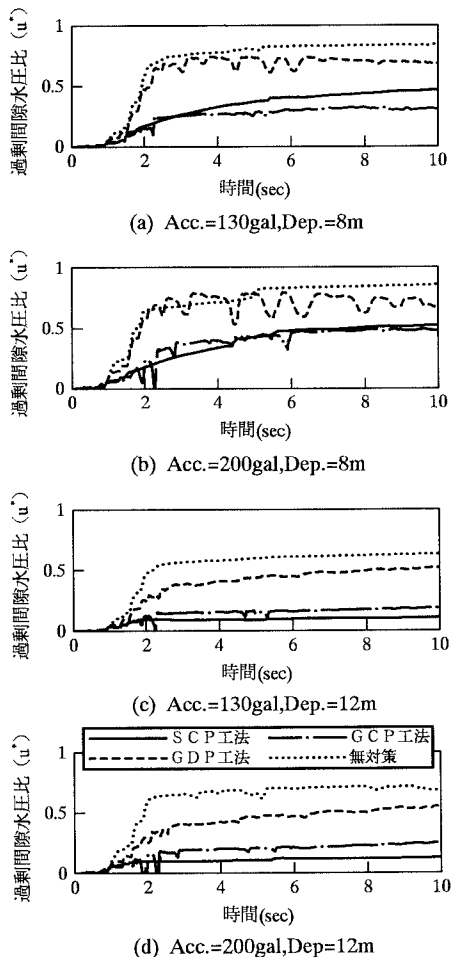


図 5 施工別の過剰間隙水圧比時刻歴