

グラベルドレーンで液状化対策した異なる地下水位の地盤の遠心模型実験

愛媛大学 学生会員 ○井奈波祐司

学生会員 Utari Sriwijaya Minaka, 正会員 小野耕平, 正会員 岡村未対

1.はじめに

グラベルドレーン工法は、液状化対策として用いられる一般的な工法の一つである。本工法は Seed and Booker (1977) が数値解析解から導いた設計図表¹⁾に基づいて設計されているものの、設計地震動を超過した場合にもドレーンの設置によって液状化被害を免れた例が過去の大地震において複数確認されている²⁾。その一方で、液状化の発生を抑制できた場合においても無対策地盤と同程度の地表面沈下が生じたという事例も報告されている^{2), 3)}。そこで本研究では、地下水位を変化させたドレーン改良地盤に対して振動実験を実施し、初期有効土被り圧に応じたドレーンの排水性能の違い、及び沈下量との関係を調べた。

2.実験概要

模型地盤の概要を図 1 に示す。実験には、幅 40cm、奥行き 12cm のせん断土槽を用いた。砂層には、宇部珪砂 7 号（平均粒径 0.1mm、透水係数 $k_s=2.6 \times 10^{-2}$ (cm/s)、体積圧縮係数 $m_v=5.0 \times 10^{-5}$ (m²/kN)) を使用し、グラベルドレーンには宇部珪砂 1 号（平均粒径 2.3mm、 $k_d=3.8 \times 10^2$ (cm/s)）を使用した。直径 20mm のグラベルドレーン模型を予め作製し、土槽内に自立させた状態で空中落下法により相対密度 60% の砂層を作製した。ドレーンの周囲には目詰まり防止用のフィルターを巻き付けた。

1g 場において模型地盤を水で完全に飽和させた後、40g の遠心力場で所定の高さまで排水を行うことで、地下水位を調整した。実験ケースを表 1 に示す。地下水位は、地表面より 0m、-2m、-4m と変化させ、入力加速度は caseB と caseC の液状化安全率が同等になるよう設定した。改良効果を比較する目的で、無対策の地盤についても同様の条件で実験を行った。また実験前後に地表面高さを計測し沈下量を求めた。

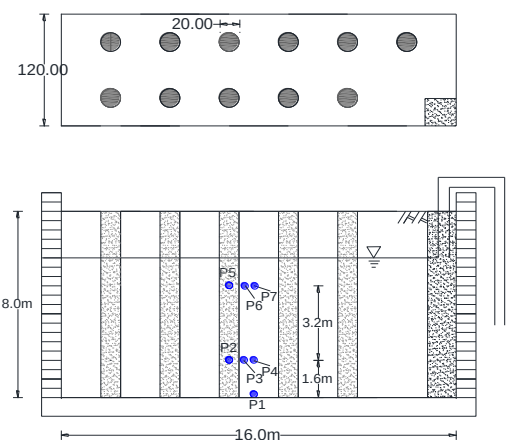


図 1 Case2 の模型図(原型スケール)

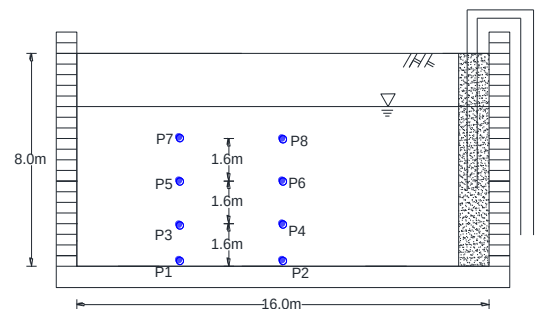


図 2 Case5(無対策)の模型図(原型スケール)

3.実験結果

図 3 に caseA,B,C の過剰間隙水圧比の時刻歴を示す。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ものであり、理想的には 1.0 に達した時点で液状化と判断できる。caseAG では、深さ 6m の位置に設置された P3, P4 では過剰間隙水圧比は 0.8 程度であるものの、深さ 2m の P6, P7 では過剰間隙水圧比は 1.0 に達しており、深さに応じて対策効果に差があることがわかる。caseBG,CG では、いずれの計測深さにおいても液状化の発生を抑制できている。地盤深部や地下水位が低い条件、すなわち初期有効土被り圧が大きい地点では、最大過剰間隙水圧比が小さくなる傾向があることが分かる。

図 4 に caseC,CG (地下水位-4m) におけるピーク時 (15 秒) の過剰間隙水圧分布をコンター図に示す。ここでは、水面の水圧を 0 とし、ドレーン内の水圧は水平方向に一定となるように補正を行った。ドレーン改

表 1 実験ケース

	相対密度(%)	地下水位(GL:-m)	入力加速度(m/s ²)	ドレーン
caseA	59.3	0	1.1	なし
caseAG	61.7	0	1.1	あり
caseB	57.1	2	1.1	なし
caseBG	57.2	2	1.1	あり
caseC	61	4	2.2	なし
caseCG	61.2	4	2.2	あり

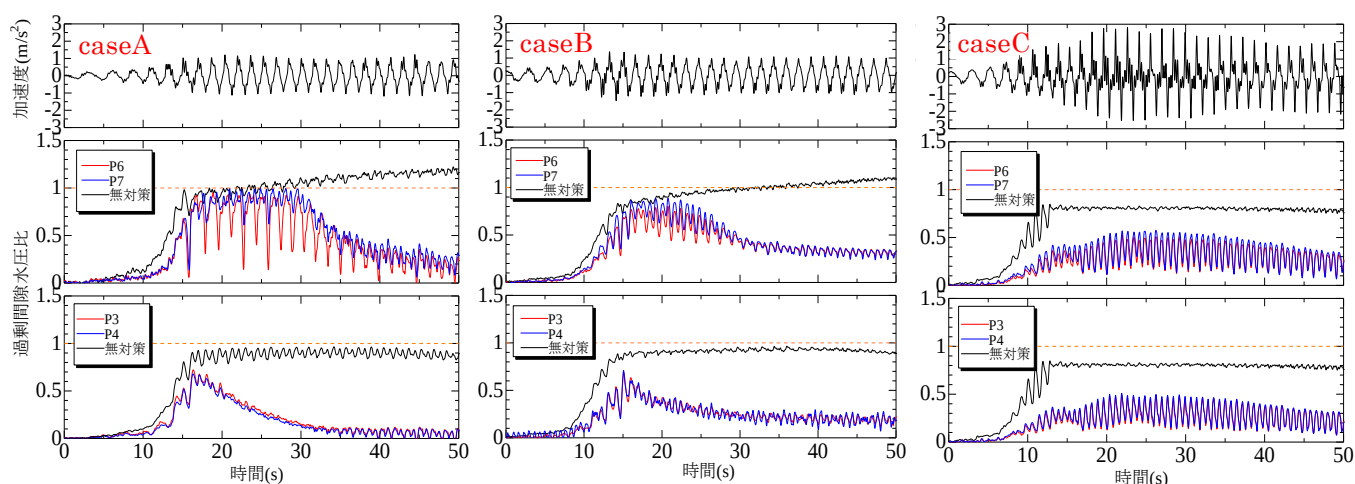


図 3 過剰間隙水圧の時刻歴

良地盤では、深部ほど砂層とドレーン内の水圧差が大きく、ドレーンの排水効果が顕著であり、水面に近づくほどドレーン内と砂層の水圧差が減少し、5.5m 以浅ではドレーンの排水効果は機能していないことが分かる。

次に、過剰間隙水圧の深度分布から、液状化が発生した層厚を推定した。推定方法を図 5 に示す。ある深さで計測した最大過剰間隙水圧と同等の水圧が計測深さ以浅にも分布すると仮定し、初期有効土被り圧と一致する深さを液状化層の底面とみなした。図 6 に、上記の方法で推定した液状化層厚と実測した地表面沈下量との関係を示す。グラフから、液状化層厚は地下水位の低下およびドレーンの設置によって減少していることがわかる。また、液状化層厚が増加するにつれて、地表面沈下量が増加していることが確認できる。

4. 結論

本研究では 40g の遠心力場において加振実験を行い、地下水位の変化に応じたグラベルドレーンの液状化対策効果の違いについて検討を行った。実験結果から、グラベルドレーン工法の水圧消散効果については、初期有効土被り圧に応じて深さ方向で排水性能に違いがあることがわかった。また、地表面の沈下量は液状化層厚と相関があることが確認された。

参考文献

- 1) Seed, H.B. and Booker, J.R.: Stabilization of Potentially Liquefiable sand deposits using gravel drains, Journal of Geotechnical engineering division, ASCE Vol. 103, No.GT7, pp.757-768, 1977
- 2) 海野ら：設計許容値以上の過剰間隙水圧が発生した場合におけるドレーン改良地盤の動的せん断挙動, 土木学会論文集 C, Vol. 70, No.1, 67-82, 2014
- 3) Yasuda et al. : Effect of soil improvement of ground subsidence due to liquefaction, Soils and Foundations, 36 Special Issue, pp99-107, 1996

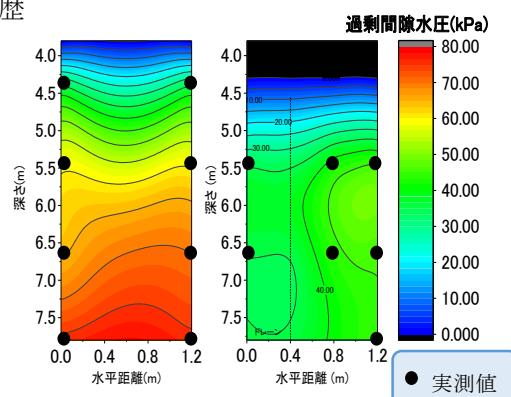


図 4 過剰間隙水圧分布

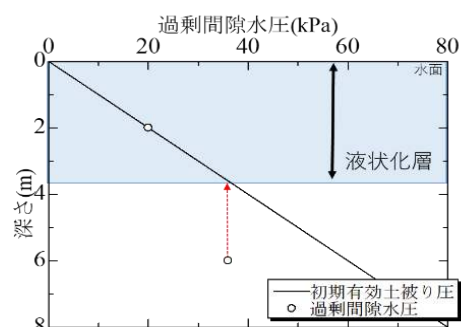


図 5 液状化層の推定

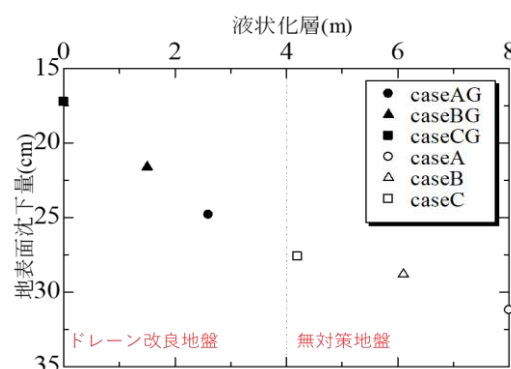


図 6 地表面沈下量