

## 人工材料ドレーンを用いた側方流動対策に関する遠心模型振動実験

東京理科大学 正会員 ○中西 山人 西松建設 正会員 今村 眞一郎  
 東京理科大学 正会員 石原 研而 西松建設 正会員 萩原 敏行  
 東京理科大学 正会員 塚本 良道 西松建設 正会員 宮崎 啓一

### 1. はじめに

1970年代後半からグラベルドレーンを用いた液状化対策工法に関する研究<sup>1)</sup>が始められ、その後、リサイクル材の利用も含め、人工材ドレーンの液状化対策への適用に関する研究および実施工への適用が試みられてきた。液状化対策としてのドレーン工法に関する設計法は確立されつつあるが、地震時の護岸や傾斜地盤への流動対策としての効果は十分に解明されていない点が多い。ドレーン材による地震時の流動抑制効果として、以下の2点が挙げられる。①ドレーン材のもつ高い透水性能により過剰間隙水圧を迅速に消散させる。②ドレーン材自体の剛性により地盤の流動を抑制する。これらを踏まえ、本研究では深さ15mの液状化地盤を想定した遠心模型振動実験を実施し、ドレーンの敷設間隔・配置条件の違いが地盤の流動抑制効果に及ぼす影響について検討した。

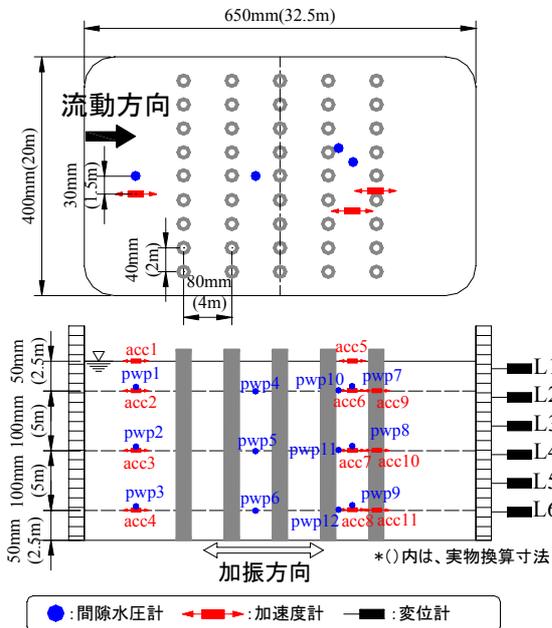


図 - 1 実験概要および計測器配置図 (Case4)

### 2. 実験概要

図-1に実験概要図を示す。実験に用いたドレーン材模型には、外径15mm（内径8mm）、長さ330mmとする中空の樹脂ポリエステル製ヘアカーラーを採用した。このドレーン材には目詰まりを防止する目的で0.2mmの不織布を被覆して用いた。また、このドレーン材模型の不織布を巻いた状態での性能は、実物換算にして直径750mmで、水平方向透水係数50~100cm/s、曲げ剛性250~400kN・m<sup>2</sup>である。模型地盤は、せん断土槽内（幅650×奥行400×深さ350mm）の所定

の位置にドレーン材模型を専用の吊具によって配置し、試料に鳥取県境港市竹内工業団地より採取したシルト ( $D_{50}=0.06\text{mm}$ ,  $e_{\text{max}}=1.586$ ,  $e_{\text{min}}=0.858$ ,  $k=2.0 \times 10^{-3} \text{ cm/s}$ ) を、間隙流体には脱気水を使用して、水中落下法により層厚300mm（実換算：15m）、相対密度65%になるように飽和砂地盤を作製した。なお、ドレーン材の敷設深さは模型地盤深さと同じ300mmとし、ドレーン材の上下両端は自由端とした。計測は、加速度、間隙水圧および側方変位の3項目とした。実験は、実務設計で経験的に採用されている設置間隔 ( $L/2b=8\sim 10$ ,  $L$ :ピッチ,  $b$ :ドレーン半径) を参考にドレーン材模型の本数と敷設間隔を変化させ、表-1に示す6ケースの実験とし、遠心加速度の上昇過程で遠心装置内で土槽を3.5%傾斜させて、遠心加速度50g場において正弦波加振（実換算：200Gal, 20波, 10sec）を行った。Case1はドレーンを配置していない場合である。また、Case6はドレーン材により過剰間隙水圧の消散が生じないようにドレーン材の周りをビニールで被覆することによって、ドレーン材自体の剛性による地盤流動の抑制効果のみを調べることを目的としたものである。Case2とCase3は、ドレーン配置は異なるが置換率は同じとしたものである。ここで置換率とは、改良部分の面積に対するドレーン材の面積の占める割合を表す。

表 - 1 実験ケース

	ドレーン配置	ドレーン間距離		置換率
		流動方向	流動直角方向	
Case1	未改良			0%
Case2	4 × 5 列	4 m	4 m	3.15%
Case3	9 × 3 列	8 m	2 m	3.15%
Case4	9 × 5 列	4 m	2 m	6.30%
Case5	9 × 9 列	2 m	2 m	12.6%
Case6	9 × 5 列 (不透水)	4 m	2 m	(6.30%)

表の値は、実物換算値

キーワード 遠心模型実験, 液状化, 側方流動, 地盤改良

神奈川県愛甲郡愛川町中津 4054 西松建設愛川衝撃振動研究所 Tel 046-285-7101 Fax 046-285-7104

3. 実験結果および考察

1) 過剰間隙水圧比の抑制効果

図-2に、各ケースで得られた加振開始後のpwp8(深さ7.5m)における過剰間隙水圧比の時刻歴を示す。Case6はCase1とほぼ同様の挙動を示しておりほぼ完全液状化している。また、両ケースともに加振終了後、しばらくの間は水圧の消散が行われてない。Case2とCase5では、過剰間隙水圧比がそれぞれ0.5、0.2程度まで抑制されている。Case2では加振終了後(10s)まもなく水圧の消散が始まっているのに対し、置換率の大きいCase5では加振中にも水圧の消散が行われているため、発生する過剰間隙水圧が小さくなったものと考えられる。図-3に、置換率と深さ7.5mにおける過剰間隙水圧比の関係を示す。図から、置換率が增大するにしたがい、過剰間隙水圧比が抑制されていることがわかる。

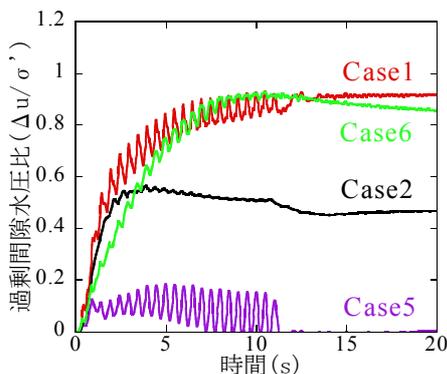


図-2 過剰間隙水圧比の時刻歴

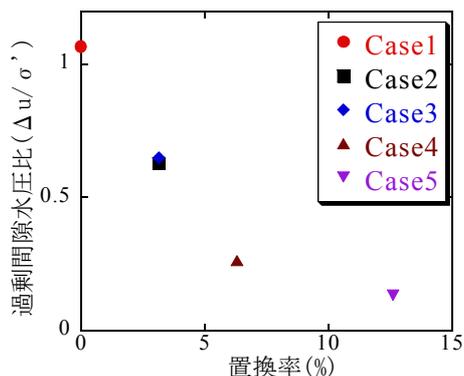


図-3 置換率と過剰間隙水圧の関係

2) 側方流動の抑制効果とドレーン材の剛性の影響

図-4に、各ケースの側方変位の深度分布を比較したものを示す。置換率を同じとした正方形配列のCase2と長方形配列のCase3では、側方変位はほぼ同じ分布となった。ここで、Case3の実験ではドレーン総本数が27本の使用であるのに対し、Case2では20本使用した。つまり、正方形に近い配列の方が、効率的に過剰間隙水圧の消散が行われていることがわかる。Case1で1mの側方変位が発生したのに対し、最も密な配置で行ったCase5では側方変位が0.6mまで低減された。しかし、Case5では過剰間隙水圧比がほとんど生じていなかったにもかかわらず側方変位を生じた。このCase5ではドレーン材を敷設した改良地盤内部では液状化が発生しないが、改良地盤より上流側の地盤が液状化したことにより、改良地盤全体が剛体的な挙動を示し側方変位が生じたものと考えられる。Case1とCase6ではほぼ同じ側方変位が見られているが、本実験では可撓性の大きいドレーン材を用いたので、ドレーン材の剛性による流動抑制効果は発揮されなかったと考えられる。図5に、置換率と最大側方変位の関係を示す。置換率が增大するにしたがい、側方変位も抑制されることがわかる。

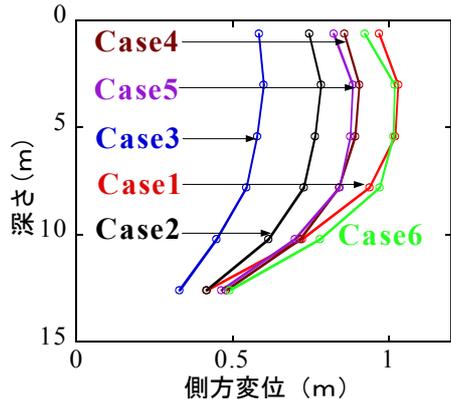


図-4 側方変位の深度分布

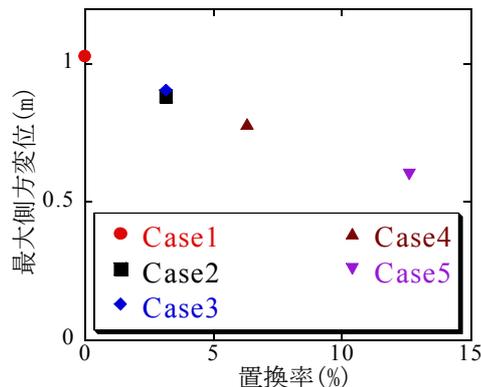


図-5 置換率と最大側方変位の関係

4. まとめ

ドレーン材を敷設した傾斜飽和砂地盤に関する遠心模型振動実験を行った結果、以下の知見を得ることができた。

- ① 本実験に使用したドレーン材は可撓性と柔軟性に富むものであり、地盤流動の抑制に関するドレーン材の剛性の効果はほとんど見られなかった。
- ② 同じ置換率ならば、長方形配列よりも正方形配列の方が、ドレーン材からの過剰間隙水圧の消散が効率的に行われ、側方変位を抑制できることが確認された。
- ③ 置換率が增大するにしたがい、過剰間隙水圧と最大側方変位は低減されることがわかった。
- ④ 側方変位をさらに低減するためには、他工法との併用等も検討する必要があるだろう。

【謝辞】本実験に多大な協力をして頂いた元東京理科大学土質研究室の森繁樹氏（現：川商ジェコス）に感謝します。

【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, GT7, 757-768, 1977.