

ポスト液状化地盤の変形特性に及ぼす過剰間隙水圧消散の影響

錢高組 正会員 原田尚幸 角田晋相
 錢高組 正会員 高津 忠 水取和幸
 東京大学 正会員 東畑郁生

1. はじめに

小口径スクリーン管を用いたドレーン工法は、構造物周辺などへの部分的な改良においても過剰間隙水圧の消散効果により、構造物の液状化被害軽減に有効と考えられる¹⁾。しかし、部分改良における加速度応答特性や地表面の残留沈下量などについては、不明な点が残されている。そこで、本研究では完全液状化に達した以降（ポスト液状化）の地盤変形挙動に注目し、ドレーン材を設置した改良地盤の地震時安定特性について検討を行った。

2. 実験概要

実験はせん断土槽を用いた1G場の振動台実験とした。実験装置概要を図-1に示す。実験モデルは、相似比（実物/模型）25として井合の相似則にしたがった。地盤モデルは、市販の7号珪砂（ $G_s=2.62, D_{50}=0.18\text{mm}, F_c=5\%$ ）を用い、上層を $D_r=40\%$ の液状化層、下層を $D_r=80\%$ の非液状化層とする2層系地盤とした。また、振動中に過剰間隙水圧が表層から消散するのを防ぐためビニールシートを敷設し、その上に碎石を厚さ3cmで敷き均した。間隙流体は原位置での透水性を模型で再現するため、水の約11倍の粘性を持つメチルセルローズ水溶液を用いた。

実験ケースを表-1に示す。実験は、未改良地盤とドレーン材の種類を変えた改良地盤（正方形配置@12cm）で行った。ドレーン材はステンレス製のスクリーン管とスクリーン管にビニールテープを巻き透水性をなくしたパイル、7号碎石（ $G_s=2.55, D_{50}=3.5\text{mm}$ ）を用いた碎石パイルとした。また、置換率は、ドレーン中心間で囲まれた地盤面積に占めるドレーンの面積比とした。入力波には、波形の前後にテーパーをつけた10Hzの正弦波を用い、最大加速度を100galとした。計測項目は、入力加速度、地盤の応答加速度、過剰間隙水圧、地表面沈下量である。計測時間は、300秒間とし、加振停止後の間隙水圧消散の状況および地表面の沈下状況を測定した。

3. 実験結果および考察

過剰間隙水圧比（G.L-230mm地点）と地表面沈下量の時刻歴を図-2～5に示す。地盤の変形挙動は、排水、非排水条件の違いで大きく異なっている。非排水条件の未改良、パイル（図-2,4）においては、加振停止後、液状化状態が約60秒間継続し、この間沈下が進行している。さらに、消散過程に移ると、未改良の場合、沈下量が急増した。この消散時の地盤挙動は、地震の発生と変形の開始には時間的な差があるという事例^{2),3)}と定性的に一致するものである。また、パイルの場合、消散過程に移行しても沈下量は急増することなく、液状化状態継続時と同じ沈下速度であった。これは、消散に伴う沈下がパイルによる変形拘束のために抑えられたためと考えられる。なお、両者の加振中に生じる沈下量には、ほとんど差はみられなかった。一方、排水条件の小径ドレーン、碎石ドレーン（図-3,5）においては、排水によって間隙水圧の上昇が抑制されているため、加振中の沈下量も非排水状態と比較して小さくなっている。また、加振停止後には液状化状態が短時間で終了し、過剰間隙水圧は早期に消散している。しかし、沈下挙動に両者の差はほとんどなく、排水能力の差による違いは認められなかった。

これらより、ポスト液状化時の沈下量は、過剰間隙水圧比が0.8程度を上回る液状化の継続時間を短縮することで低減できると考えられる。

加振中地盤内に生じた液状化前（地表面最大加速度発生時）と液状化中（最大過剰間隙水圧発生時）のせん断ひずみ分布を図-6に示す。図には排水状態の代表例として小径ドレーンの結果を未改良と比較して示した。ここで、せん断ひずみは加速度記録を2階積分した変位から2深度

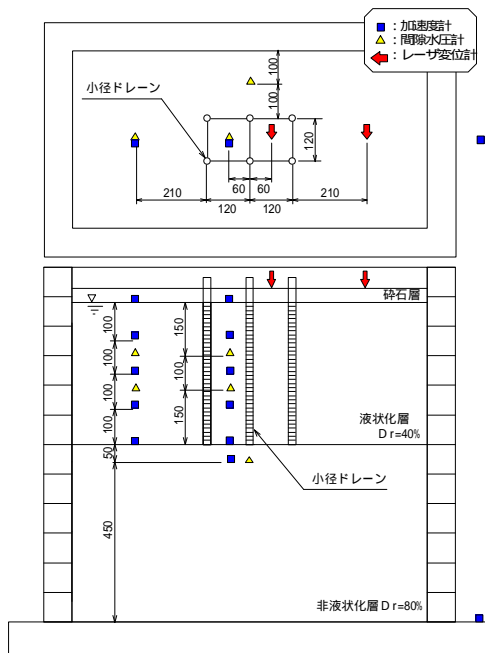


図 - 1 実験装置概要(case2)

表 - 1 実験ケース

名称	材質	形状	排水性	剛性	置換率(%)
1 未改良	-	-	-	-	-
2 小径ドレーン	ステンレス	スクリーン管 22mm	大	大	2.6
3 パイル	ステンレス	スクリーン管 22mm	なし	大	2.6
4 碎石ドレーン	7号碎石	30mm	小	小	4.2

keywords: 液状化、ドレーン工法、過剰間隙水圧、沈下特性

連絡先：〒163-1024 東京都新宿区西新宿 3-7-1 新宿パークタワー 24F TEL:03-5323-3861 FAX:03-5323-3860

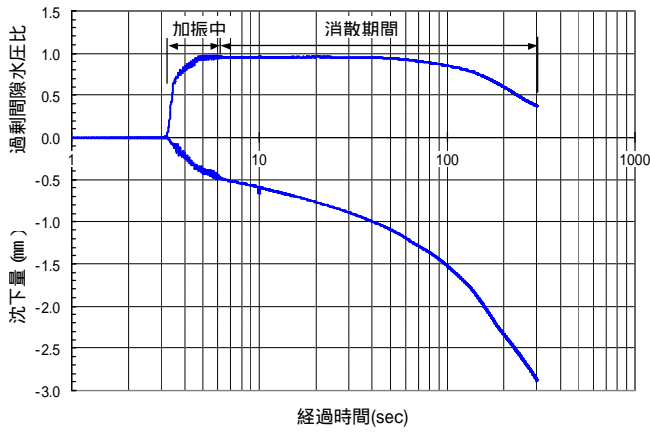


図 - 2 過剰間隙水圧比と沈下量の関係(未改良)

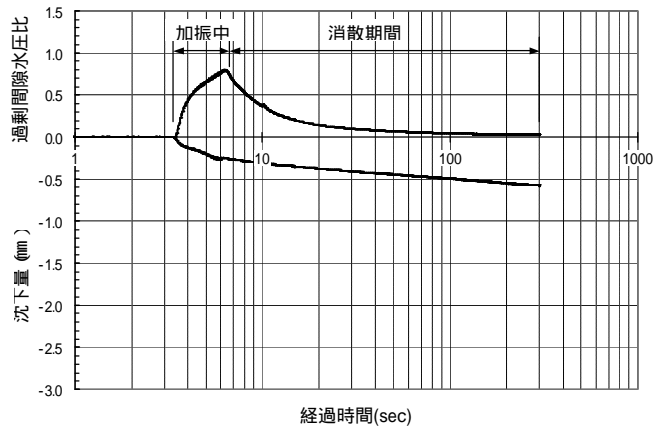


図 - 3 過剰間隙水圧比と沈下量の関係(小径ドレーン)

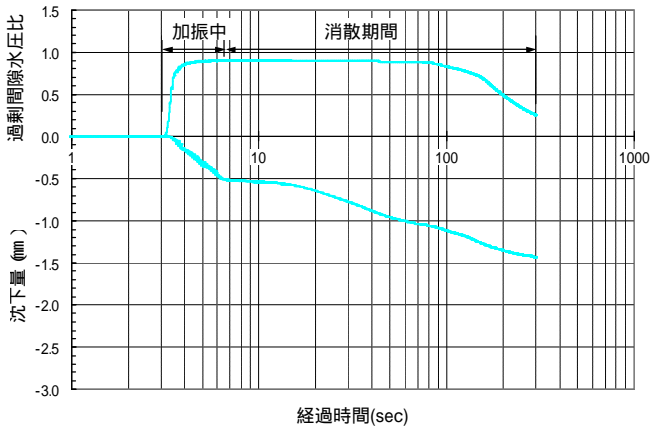


図 - 4 過剰間隙水圧比と沈下量の関係(パイル)

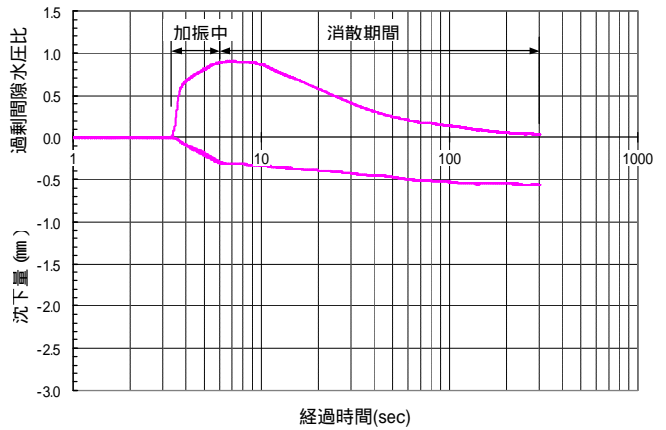


図 - 5 過剰間隙水圧比と沈下量の関係(砕石ドレーン)

間の相対変位量を求め層厚で除した値とした。液状化前、未改良では1.5%以上のせん断ひずみが発生しているが、小径ドレーンは排水効果により0.8%程度に抑えられている。一方、液状化中は排水、非排水の条件によらず最大1.0%程度のせん断ひずみ分布であった。したがって、排水によるせん断ひずみ抑制効果には、過剰間隙水圧比の上限があると考えられる。

一方、液状化後の体積ひずみは、液状化時に生じた最大せん断ひずみの大きさに相関する⁴⁾との結果が得られている。そこで、加振により地盤各層に生じた最大せん断ひずみを鉛直方向に積分して地表面沈下量を算出し、実測沈下量と比較した。図-7には50gal加振時の結果も併記した。非排水状態地盤の推定沈下量は、概ね実測値と整合している。しかし、排水状態地盤の推定沈下量は、せん断ひずみが非排水の場合と同程度のため実測値よりも大きな結果となる。このことから排水条件下の沈下挙動は、せん断ひずみよりも体積圧縮係数に依存するものと考えられる。

4.まとめ
ドレーン改良地盤の地表面沈下量は、排水効果により低減されることが確認された。これは 振動中のせん断ひずみが抑制されたことと、液状化継続時間が短縮されたことによる効果と考えられる。

参考文献: 1)原田他:ドレーン工法による杭基礎の液状化被害軽減効果に関する模型振動台実験,第36回地盤工学研究発表会講演集,2001. 2)地盤工学会:液状化災害発生直後の新潟市街地航空写真集,1999. 3)北羽新報社:日本海中部地震M7.7真昼の恐怖-直撃地能代・山本の記録-,1983. 4)Ishihara,K. and Yoshimine,M.:Evaluation of settlements in sand deposits following liquefaction during earthquakes,Soil and Foundations,Vol.32,No.1,1992.

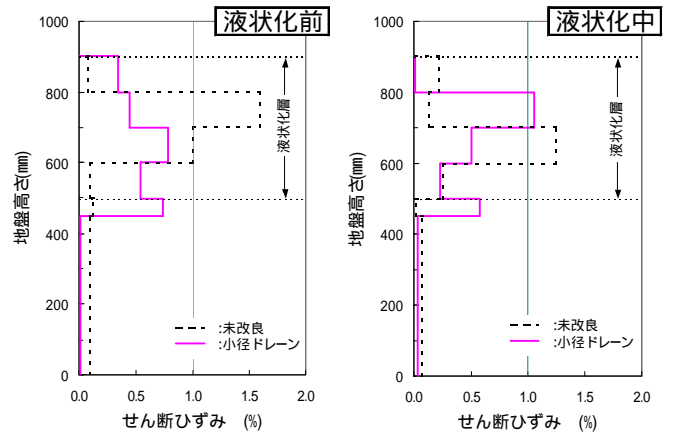


図 - 6 液状化前、液状化中のせん断ひずみ分布

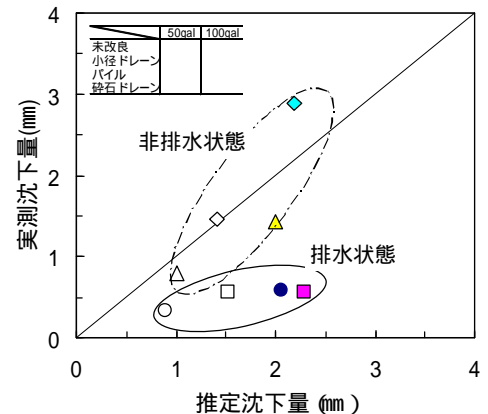


図 - 7 推定沈下量と実測値の比較