

鉛直ドレーン改良地盤のプレロード除荷挙動を模擬した圧密実験

東洋建設株式会社 正会員 ○新名大輔
 北海道大学 正会員 渡部要一

1. はじめに

供用開始後の沈下低減を目的に、鉛直ドレーン材料を打設した地盤にプレロードを載荷する工法は代表的な軟弱地盤改良工法の1つである。プレロードを載荷した際の地盤挙動については多くの既往研究があるが、プレロードを除荷した後の地盤挙動に関しては研究が少ない。しかし、除荷後の挙動を設計時に把握することは、供用開始後の残留沈下を検討する上でも重要である。本報では、鉛直ドレーン改良地盤に載荷したプレロードを除荷した際の挙動を調べた模型圧密実験の結果を報告する。

2. 実験条件

実験装置の概略を図-1に示す。実験は、内径φ130mmの亚克力円筒で予備圧密をした粘土にサンドドレーンを設置して実施した。供試体への荷重載荷は、装置上部のエアースリンダーで載荷盤をピストンで押す空気圧制御方式とした。実験中は荷重計で載荷重を計測し、粘土の変位量を変位計で計測した。これらに加えて、粘土供試体内部の間隙水圧の変化を計測するため内径2mmの金属管を計3本設置した。放射排水を考慮して、金属管は図-2に示すようにドレーン中央からそれぞれ離して設置した。間隙水圧の計測高は、底版より25mmの高さで測定した。これは、供試体高が約50mmであり、その粘土高の中央付近で測定するためである。間隙水圧計測の感度を上げるため、金属管内はシリコンオイルで飽和させた。粘土は2mmフルイを通過した練返した神戸粘土を使用した。神戸粘土の材料特性を表-1に示す。

実験の手順を図-3に示す。液性限界の1.5倍程度に調整したスラリー状の粘土を容器に投入し、載荷重50kPaで予備圧密をした。予備圧密終了後に載荷盤を取り外し、供試体の中央部分を慎重に削孔して事前に作成したφ20mmの凍結砂杭を挿入した。砂杭は宇部珪砂6号(ρ_s = 2.639Mg/m³, ρ_{d max} = 1.672Mg/m³, ρ_{d min} = 1.312Mg/m³)を用いて、相対密度D_r = 50%となるように作成したものである。その後、載荷盤を設置し、地盤の応力状態を安定させることを目的に、予備圧密荷重を再度載荷させると共に背圧100kPaを作用させて、実験準備が完了した。

実験開始時は、数十秒かけて供試体に100kPaまで荷重を載荷した。荷重載荷後の圧密放置時間は表-2に示すように載荷重に対する圧密度に応じて変化させた。圧密度は間隙水圧

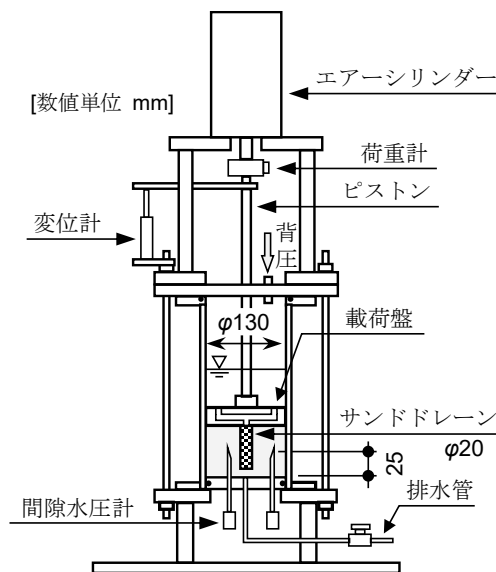


図-1 実験装置

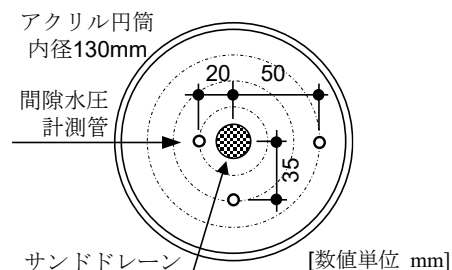


図-2 供試体断面

表-1 神戸粘土の材料特性

土粒子密度	ρ _s	2.645 Mg/m ³
液性限界	w _L	89.1 %
塑性限界	w _p	30.4 %
塑性指数	I _p	58.7

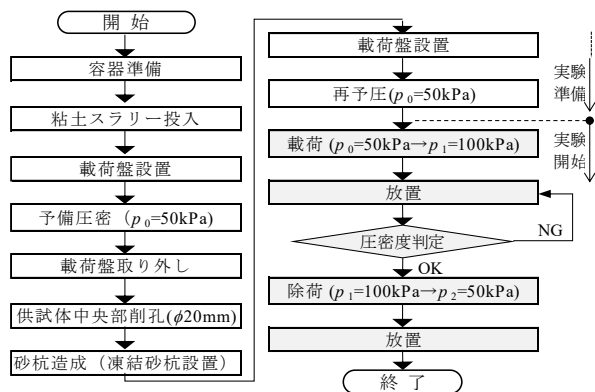


図-3 実験手順

キーワード 圧密, バーチカルドレーン, 除荷, 模型実験

連絡先 〒101-0051 東京都千代田区神田神保町一丁目105番地 東洋建設(株)土木技術部 TEL 03-6361-5464

から算定することも考えられるが、ここでは実務で一般的に使用される双曲線法から判定した。よって、圧密度は計測した変位から双曲線法で予測した最終沈下量より決定した。所定の圧密度に達したことを確認したら、荷重を 50kPa まで除荷した。除荷後は最大 72 時間まで膨張変位量を計測して実験を終了した。

3. 実験結果と考察

図-4 に荷重時の沈下時刻歴、図-5 に除荷時の膨張変位時刻歴を示す。荷重・除荷とも開始した高さからの相対変位である。荷重時の沈下時刻歴は双曲線法による予測沈下曲線も破線で併記する。Case1 から Case3 までの荷重時の沈下時刻歴は大きな変化はないが、除荷時は Case2 が早期に膨張したのに対して Case1, Case3 の膨張は緩やかである。これは、実験毎にスラリー状態から供試体を作成するため、材料は同じでも土質定数のばらつきが考えられる。Case3 と Case4 は圧密度が大きく変わらないにもかかわらず、荷重から除荷に移行する時間は大きく異なる。これは、圧密度の判定に変位に基づく双曲線法を適用したことが原因と考えられる。圧密が進展していない状態において、圧密度の判定は今後の課題である。

Case4 に着目して考察する。除荷時は他のケースと同様に膨張に向かうが、経過時間が $t=1000$ 分を超えると再圧縮の挙動を示している。Case4 で計測した間隙水圧の時刻歴を図-6、図-7 に示す。荷重時の間隙水圧応答を確認すると、荷重時はドレーンに近い水圧計の消散が早く、ドレーンが期待通り機能していることが判断される。除荷開始当初は荷重の減少による弾性応答で膨張し、その後 ($t=1\sim 30$ 分) は、負の間隙水圧の解消に伴い膨張しているものと考えられる。 $t=100$ 分以降は、間隙水圧に大きな変化は見られない。しかし、間隙水圧が変動しないにもかかわらず、 $t=1000$ 分以降に再圧縮が生じた。これは、応力状態は変化しなくてもひずみ速度が遅くなり、さらに時間が経過するとアイソタック則で想定される遅いひずみ速度に対応した沈下に転じるためである。未圧密地盤では、除荷による膨張を経て再圧縮が生じることが示唆される結果である。

4. おわりに

鉛直ドレーン改良地盤において、十分に圧密が進展していない状態で除荷を行うと、膨張後に再沈下の挙動が観察された。この現象をドレーン改良地盤の変形・透水方向の違いとアイソタック則の観点から定量的に評価することが今後の課題である。

参考文献

1)住岡 宣博, 吉國 洋: パーチカルドレーンによる粘土の圧密変形メカニズムに関する実験的研究, 土木学会論文集, 1993 巻, 463 号, pp.125-132, 1993.

表-2 実験ケース

実験ケース	[予備圧密] 圧密応力 p_0 (kPa)	[荷重] 圧密応力 $p_0 \rightarrow p_1$ (kPa)	荷重から除荷に移行する圧密度 U (%)	[除荷] 圧密応力 $p_1 \rightarrow p_2$ (kPa)
Case1	50	50 → 100	91	100 → 50
Case2	50	50 → 100	84	100 → 50
Case3	50	50 → 100	60	100 → 50
Case4	50	50 → 100	54	100 → 50

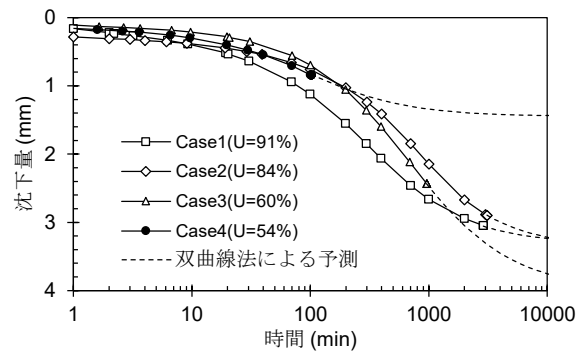


図-4 荷重時の沈下時刻歴

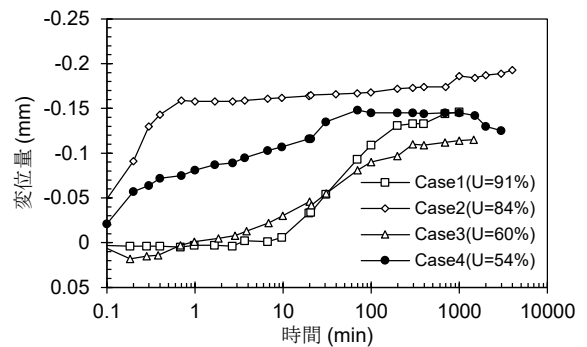


図-5 除荷時の膨張変位時刻歴 (注:- 膨張)

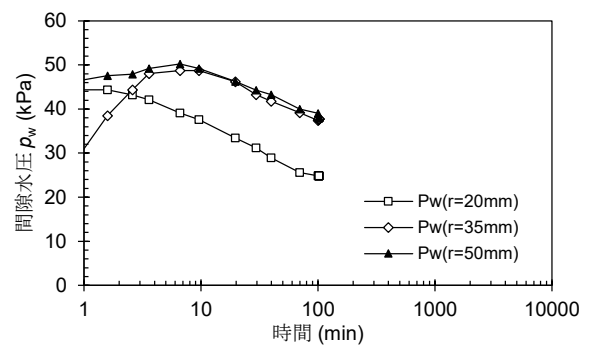


図-6 間隙水圧時刻歴 (Case4 荷重時)

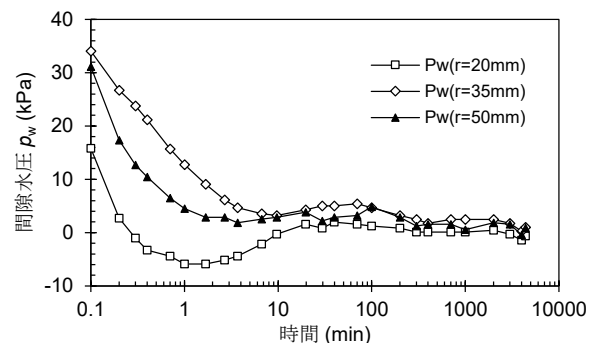


図-7 間隙水圧時刻歴 (Case4 除荷時)