

# 表層非液状化層の影響に着目した可撓コラム載荷実験

日本大学工学部 学生会員 ○松能 直登  
 日本大学工学部 非会員 森 洸平  
 日本大学工学部 正会員 仙頭 紀明

## 1.はじめに

1964年新潟地震<sup>1)</sup>や、2018年北海道胆振東部地震といった地震では、本震後に時間遅れを伴った液状化被害が報告されている。このような現象について、これまで模型振動実験による再現が試みられてきた。しかし、既往実験の多くは、表層の非液状化層に砂や礫を用いることが多く、液状化層の過剰間隙水圧消散により、高い被圧状態を保持できず、現場の状況とは異なる挙動を示していたと考えられる。

また、液状化後の上向き浸透の影響を調べるために、アクリルパイプを用いたコラム実験があるが、せん断変形が抑制され、十分な液状化を発生させることが難しいという問題があった。実際の現場では、表層に透水性が低い非液状化層が存在し、その下部の砂層の液状化より、過剰間隙水圧の高い被圧状態が保たれ、その後、間隙の再配分により時間遅れ破壊が発生すると考えられる<sup>2)</sup>。

そこで本研究では、せん断変形に追従できるフレキシブルパイプを用い、表層に透水性の低い非液状化層を設置した実験を行い、過剰間隙水圧分布を測定し、考察を行った。

## 2.実験概要

砂層と非液状化層の境界部分をモデル化した可撓コラム載荷実験装置の概要を図-1に示す。また、装置の全体の状況を写真-1に示す。砂層をせん断変形させて、十分に液状化をおこさせるようにコラム部は、塩化ビニール製フレキシブルパイプ（エバフリー-BFP型、ユージー産業）を使用する。寸法は内径20.3cm、高さ102.5cmである。フレキシブルパイプの両端にフランジを装着し、下側のフランジには底盤を取り付けた。また、パイプの可撓部分のはらみ防止のため、直径3mmの金属製ワイヤーを二重に巻き付けた。図-2は液状化層と非液状化層の境界部分の詳細図である。砂層の飽和及び液状化後の排水のために砂層上部にポーラスストーンを設置した。

砂層には東北珪砂6号を用いた。その物理特性は、 $\rho_s=2.658\text{g/cm}^3$ 、 $e_{\max}=0.818$ 、 $e_{\min}=0.504$ 、 $D_{50}=0.33\text{mm}$ である。非液状化層には透水性が低い粘土(大石田粘土)を用いた。そ

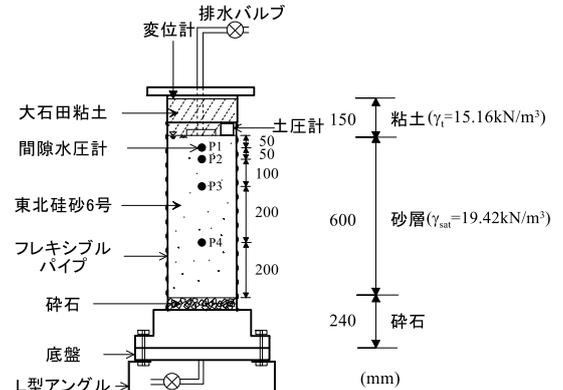


図-1 実験装置の全体図



写真-1 可撓コラム載荷実験装置

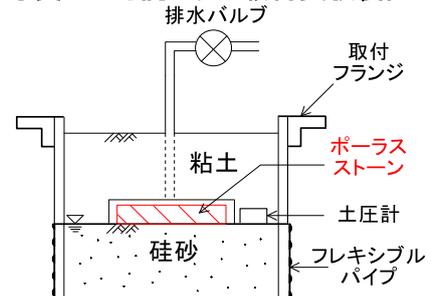


図-2 液状化層と非液状化層の境界の詳細図

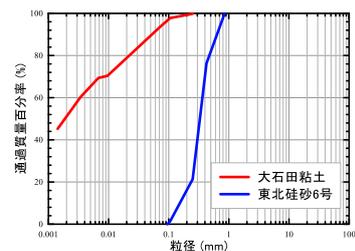


図-3 粒径加積曲線

キーワード 液状化 過剰間隙水圧 模型振動実験 フレキシブルパイプ 可撓コラム載荷実験 水圧分布

連絡先 〒963-8642 福島県郡山市田村町徳定字中河原1番地, TEL 024-956-8710

の物理特性は  $\rho_s=2.578\text{g/cm}^3$ 、自然含水比 54.8%、 $w_L=72.5\%$ 、 $w_p=19.7\%$ 、 $I_p=52.8$  である。粒径加積曲線を図-3 に示す。地盤作製は、パイプ内に下部より層厚 24cm の碎石層を充填後、空中落下法により相対密度 40%で層厚 60cm の砂層を作製した。その上に層厚 15cm の粘土層を作製した。粘土は土練機で練り返したものをを用い、隙間なく敷き詰めた。地盤作製後、下部より  $\text{CO}_2$  を注入し、さらに脱気水を注水し、砂層を飽和させた。その後、上下のコックを閉じて非排水条件で、片振幅 10cm の水平変位を上部フランジに繰返し与えた。測定項目は、図に示す砂層の間隙水圧(4 深度)、粘土層下部の土圧、粘土層上部の鉛直変位である。

3.実験結果

図-4 にせん断過程と消散過程の過剰間隙水圧時刻歴を示す。同図には地下水位を砂層上部とした時の初期有効上載圧(青線)も示した。図より、せん断過程では、全ての箇所で過剰間隙水圧は初期有効上載圧に達していない。また、間隙水圧消散過程では、全ての箇所で過剰間隙水圧比がほぼゼロとなった。

図-5 に土圧の時刻歴を示す。図より、土圧の振幅は $\pm 1.5\text{kPa}$ で振動しているが、土圧は増加していない。

図-6 に地表面沈下量の時刻歴を示す。図より、ごくわずか( $\pm 0.02\text{mm}$ )ながら振動しているが、沈下は発生しなかった。

図-7 に過剰間隙水圧の深度方向分布の等時曲線を示す。図より、P2、P3、P4 地点の過剰間隙水圧が低いことが分かる。これは、ワイヤーで補強はしたものの、可撓部分が水圧で体積変化することで過剰間隙水圧の蓄積が抑制されたものと考えられる。

4.まとめ

本研究では、被圧した液状化層とそれを覆う非液状化層の相互作用関係を明らかにするため、フレキシブルパイプを用いた可撓コラム載荷実験を行った。しかし、液状化層の過剰間隙水圧は初期有効上載圧に達しておらず、また、大きいせん断変形を与えたにもかかわらず液状化は発生しなかった。これはフレキシブルパイプ自体が水圧によって体積変化したものと考えられる。今後はパイプの構造を見直して、より水圧による体積変化が少ない装置を用いて、実験を行う予定である。

5.謝辞

本研究は、科学研究費 19K04604 (代表:仙頭紀明)の援助を受けました。記して、謝意を示します。

6.参考文献

- 1)土木学会:新潟地震被害調査報告書,第 13 編, pp.836-837,1966.
- 2) Seed, H. B.: Design problems in soil liquefaction, Journal of GE, ASCE, Vol. 113, No.8, 1987.

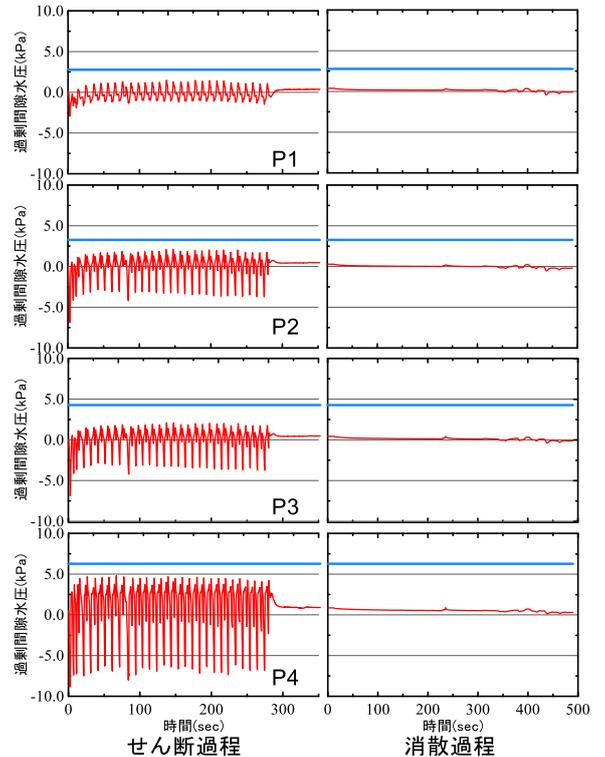


図-4 せん断過程及び消散過程の過剰間隙水圧時刻歴

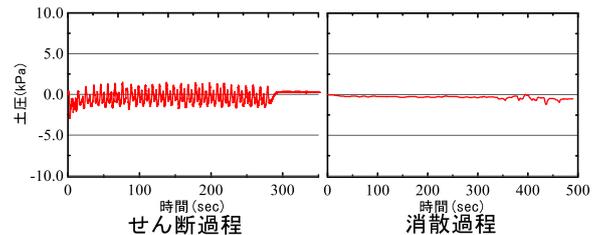


図-5 土圧の時刻歴

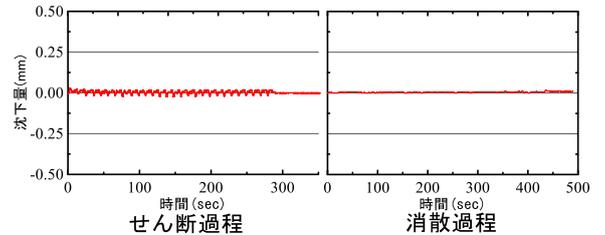


図-6 地表面沈下量の時刻歴

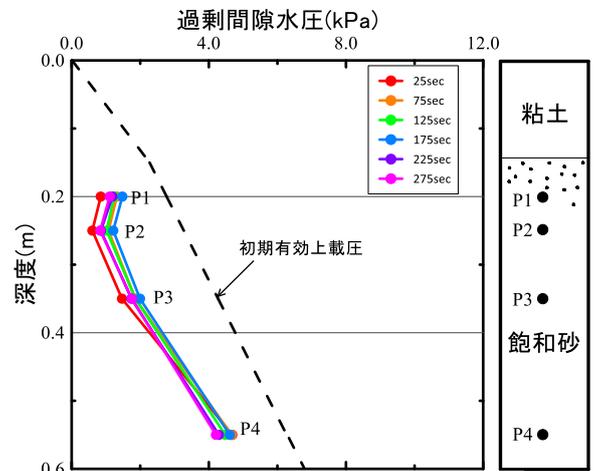


図-7 過剰間隙水圧の深度方向分布形状の等時曲線