

## 砂地盤における液状化評価のためのプレッシャーメーター試験手法の開発

東北工業大学 学生会員 ○小野寺 春斗  
 東北工業大学 正会員 権 永哲  
 東北工業大学 非会員 片平 憲伸

## 1. 背景・目的

現在の液状化評価手法に、原位置試験と室内試験がある。しかし、原位置試験では簡易的な評価となり、室内試験は高品質なサンプリングが求められるが、この試料は現場の状態を維持しているとは断言できない。そこで、詳細な液状化評価を原位置で行う手法として原位置で加振する方法を考えた。その中で、容易な試験手法としてプレッシャーメーター試験に着目し、従来の試験では行っていない繰り返し載荷をすることで地震を再現できると期待している。本研究はハードウェアとソフトウェアを開発し、室内と現場で試験を行うことで新たな液状化評価手法の開発を目指す。

## 2. プレッシャーメーター試験装置の概要

プレッシャーメーター試験とはボーリング孔にプローブ（ゴムチューブ）を設置し、これに圧力を供給して孔壁に載荷させる試験で、地盤のせん断剛性などを求める<sup>1)</sup>。従来は単調載荷であるが、本研究は繰り返し載荷を提案する（図1）。液状化評価は割線剛性から判断し、サイクル数を重ねるごとに剛性が小さくなると剛性劣化するので液状化したと言える。

試験装置として図2の構成を思案し、開発を行った。組み立てた装置を図3に示す。また、コードの開発にはLabVIEWというNational Instruments社のグラフィカルプログラミング環境を使用した<sup>2)</sup>。特徴はオブジェクトをワ

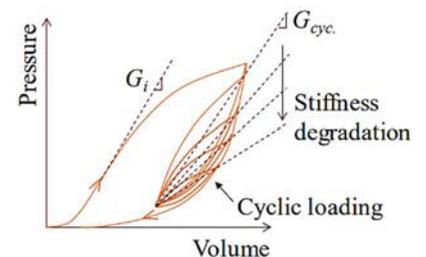
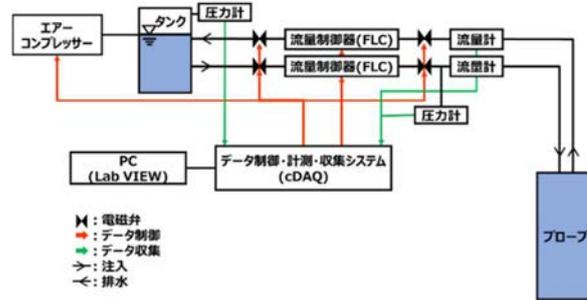
図1 繰り返し載荷<sup>1)</sup>

図2 装置構成図

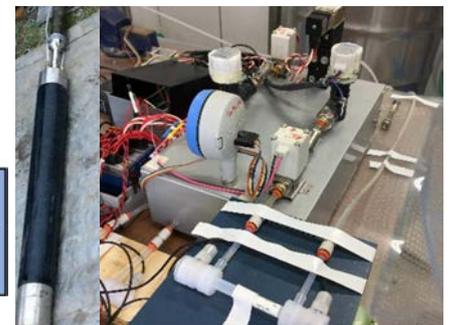


図3 プローブ（左）と装置（右）

イヤで結びながらプログラムを構築する点にある。これにより視覚的に流れがわかるため作成時間が短縮できるのに加え、同社開発のハードウェアと互換性があることからLabVIEWを採用した。

## 3. 試験場所の概要

試験は室内でドラム缶に砂を入れた模型地盤と宮城県にある中央開発株式会社東北支店の敷地内の自然地盤で行った。

模型地盤においては試験中に地盤外の排水を確認したため、地盤表面に粘土（ベントナイト）を敷き詰めた後に蓋と重りを載せて排水されないよう施している（図4）。併せて、地盤内に土圧計と水圧計を複数設置し、載荷に対する挙動を観測しており、水圧計はプローブ側面からドラム缶の側面までに8つ設置している。

自然地盤は、緩い砂質土（N=14）、粘性土（N=3）、密な砂質土（N=29）の3層で実施した。



図4 模型地盤

キーワード 砂地盤 液状化 プレッシャーメーター試験

連絡先 〒982-8577 宮城県仙台市太白区八木山香澄町35番1号 東北工業大学 工学部 都市マネジメント学科

## 4. 結果と考察

### 4.1 模型地盤

体積制御における注入・排水の累積体積と時間のグラフを図5に示す。結果からほぼ設定通りに繰り返されることが確認できたことから装置の開発には成功したと言える。

プローブ圧力と注入体積のグラフ（図6）を見ると、3段階目のサイクルにおいて割線剛性がやや寝ていく傾向がみられた。これは地盤の軟化を示すが、下がり具合が小さいことから地盤が完全に液状化しているとは言えない。水圧計を見ると（図7）、1段階目の载荷中に一部の水圧計で過剰間隙水圧の蓄積を観測したが、2段階目以降は蓄積しなかった。実際に2段階目の载荷中に粘土の表面から排水を確認したため、非排水条件は満たせなかった。そのため排水されない別な方法を検討する必要がある。

### 4.2 自然地盤

緩い砂地盤での結果を述べる。経過時間における累積体積のグラフ（図8）を分析すると、やや設定値を超えるが、全体としては設定通りに制御できた。設定値を超える原因として、注入・排水の勢いによるプローブ自身の伸縮と考えられる。

プローブ圧力と増分半径の関係図を図9に示す。ループの経路は全体的に安定した経路であった。ここで各サイクルの除荷に注目すると、サイクル数とともにプローブの圧力が大きくなるが、これはプローブが外力を受けていることになる。つまり、この外力は流動化した土と考えられ、完全ではないが繰り返し载荷で地盤が軟化したと判断した。

ほか2層については体積を微小に設定したが、設定値を大きく超える水が注入・排水されたことから理想の結果は得られなかった。したがって、微小量の制御について現装置では困難と推察し、微小量の対応を今後の課題とした。

## 5. まとめ

本研究において試験装置のハードウェアとソフトウェアの開発には成功した。また、自然地盤において軟化傾向を示したことで液状化評価の可能性を見出せたが、模型試験の過剰間隙水圧から現在の载荷は地震を再現して液状化させるまでには至っていない。再現には多くの水量を短時間で注入・排水させる必要があるため、流速制御が可能な改良が求められる。また、微小量の制御についても専用の装置を取り付ける等で対応することも改善点である。この2点の改良を行うことで新たな液状化評価手法として確立できると考える。

### 参考文献

- 1) Kamura,A.& Kazama,M : Assessment of stiffness degradation of soil by in-situ cyclic loading using Pressuremeter, 6th International Conference on Geotechnical and Geophysical Site Characterization, paper No.153, DVD, 2020.
- 2) NATIONAL INSTRUMENTS CORP 「LabVIEW とは」 (2022.1.13 閲覧)  
<https://www.ni.com/ja-jp/shop/labview.html>

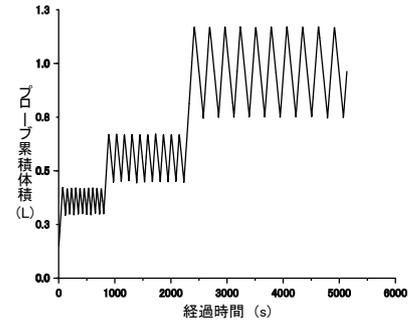


図5 注入・排水の累積図

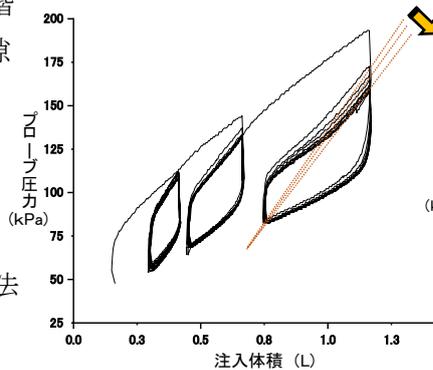


図6 プローブ圧力-体積図

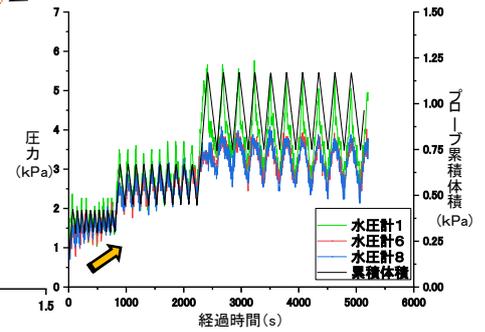


図7 载荷時の水圧変化

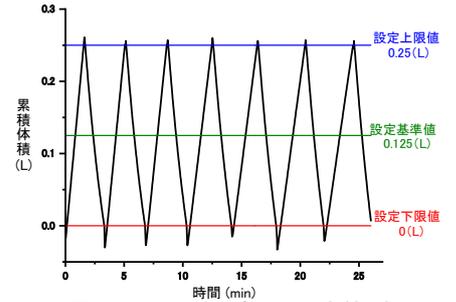


図8 砂地盤時の累積体積

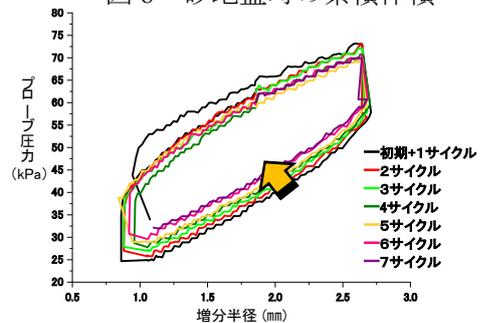


図9 砂地盤時の圧力-増分半径図