# 砂地盤の締固め特性の評価に関する研究

東京都市大学　学　佐野航平
東京都市大学　正　末政直晃　正　伊藤和也　正　田中剛
強化土エンジニヤリング(株)　正　佐々木　隆光

## 1. はじめに

2011年に発生した東日本大震災では,関東の沿岸部を中心に幅広い範囲で大規模な液状化被害が発生した.特に浦安市の液状化被害は甚大で浦安市の面積の約85%が液状化し約9000戸の住宅が被災している.

現在，液状化対策を目的とした工法の一つに静的締固め工法がある．静的締固め工法は地盤に対して振動や衝撃を全く与えずに地盤中に静的に固化液を圧入する工法である.注入された固化液そのものによる団結体を形成することで土粒子間へ浸透させることなく団結体周辺地盤の間隙を減少させ,密度を増大させる効果を有している．しかし，固化液を注入する際に地盤の水平方向の締め固めが不十分であると，地表面が隆起する恐れがある．そこで注入と抽出を繰返しながら静的に固化液を注入する繰返し圧入工法に着目した．繰返し静的締固め工法は，固化液を地盤内に注入と抽出を繰返しながら圧入することで，連続注入に比べ低圧力で広範囲の地盤を締め固められると考えられる．しかしながら，適切な固化液の注入量と抽出量の関係は明確になっていない．そこで本研究では，固化液の注入圧力と注入体積の関係を明らかにすることを目的としている．本報告では,模型砂地盤において繰返し静的締固め工法を模擬した球状載荷装置を用いて繰返し静的載荷実験を実施した結果について述べる.

## 2. 球状載荷による静的圧入締固め実験

図-1 に本実験の繰返し静的載荷実験で用いた実験装置[1)]を，図-2 に固化体を模擬した測定セル(ゴムゾンデ部)を，図-3 に実験状況をそれぞれ示す．実験装置は，注入装置および中空ロッド，測定セルにより構成されている。中空貫入ロッド内に挿入したチューブを介して測定セルに水を注入する機構となっている．注入装置は注入流量を制御する定流量型であり，吸入（抽出）および吐出（注入）が可能である．測定セル部の先端には球状に載荷できるように球状のゴムゾンデを採用している．模型地盤には珪砂 6 号を使用し,測定セルを地表面から50cmの位置に設置してから空中落下法にて地盤を作製した。また模型地盤作製の際に，水平変位に抵抗を持つステンレス製の容器を使用した.

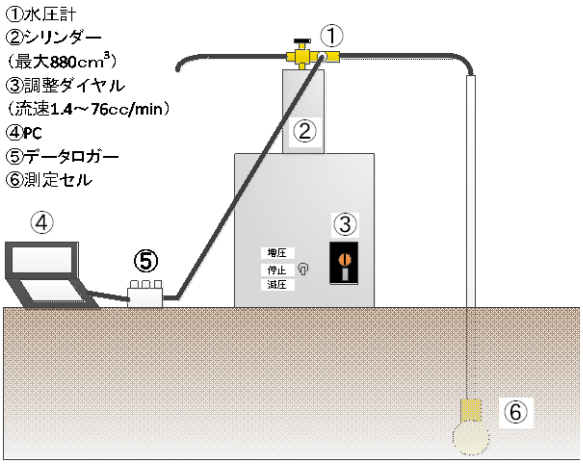


図-1 実験装置

図-2 測定セル

## 3. 実験条件

表-1 に実験条件を示す．模型地盤の地表面には，土被り圧を模擬するために錘を設置している．また，実験では模型地盤と錘の間に土槽とほぼ同径の塩化ビニール板製の載荷板を設置するケースと地表面上に直接に錘を設置するケースをそれぞれ実地している．この理由として，集中的な鉛直応力を与えるケースと均等に鉛直応力を与えたケースにおいて注入応力―注入体積関係の違いを確かめるためで

キーワード　液状化　静的締固め工法　繰返し静的載荷実験
〒158-8557 東京都世田谷区玉堤 1-28-1 東京都市大学 TEL:03-5707-0104 （代）E-mail : g1318040@tcu.ac.jp

ある．実験手順として，地盤内に設置した測定セル内に水を注入していき，所定の時間まで注入した後に，注入量の約半分の水を抽出する．この手順を繰返し注入体積が約 100cm$^3$ 達したら実験を終了する．この際に載荷圧力は，試験装置の吐出部に取付けた水圧計で，注入量については注入時間と注入速度の関係から算出している．

## 4. 実験結果

図-4 に Case1～Case4 における注入体積と載荷圧力の関係を示す．Case1 のみ繰返しを行わないケースとなっている．Case1 以外のどのケースにおいても繰返し回数が増えるに連れて 60 秒注入時の載荷圧力が徐々に小さくなる傾向が見られた．Case3 では注入体積 70cm$^3$ 付近で載荷圧力の急激な低下が見られたが，これはゴムゾンデに亀裂が生じものと考えられる．Case2 と Case3 を比較すると実験開始後，注入体積 20cm$^3$ 程度までは同等の載荷圧力だが，その後は Case2 が Case3 よりも最大載荷圧力が小さくなっている．これより，載荷板を用いたことで錘による地盤内の載荷圧が均等になったためと考えられる．Case2 と Case4 を比較すると，上載荷重量が大きいCase4の方が最大載荷圧力も増加していることが確認できた．また，最大載荷圧力の減少も荷重量を大きくした Case4 の方が抑えられていることが確認できる．

図-5 に Case1,Case3,Case5 の実験結果を示す．Case5 では注入体積約 40cm$^3$ から 100cm$^3$ の範囲では，載荷圧力がほとんど減少していない．Case5 は Case1，Case3 よりも初期の最大載荷圧力が低い値を示したが，注入体積 100cm$^3$ を超えた辺りからは Case1,Case3 の方が高い値となっている．これは Case5 では注入・抽出の繰り返し回数を多くしたことにより載荷圧力を抑えて，安定した載荷が行われたと考えられる．

## 5. まとめ

模型砂地盤において繰返し静的締固め工法を模擬した球状載荷実験を実施し，繰返し載荷回数と注入量の関係について調べた．今回の実験条件では，注入・抽出時間が長いほど載荷圧力が高くなる傾向がみられ繰返し後の載荷圧力の減少量も大きくなる傾向を示した。

## 6. 参考文献

1)土屋政人　「静的締固め工法における締固め効果に関する研究」　武蔵工業大学大学院　工学研究科　都市基盤工学専攻　修士論文

図-3 実験状況

表-1 実験条件

| Case | おもり | 載荷板 | 注入・抽出パターン |
|---|---|---|---|
| 1 | 51kg/m$^2$ | あり | 連続注入 |
| 2 | | なし | 60秒注入30秒抽出 |
| 3 | | あり | |
| 4 | 76kg/m$^2$ | なし | |
| 5 | 51kg/m$^2$ | あり | 50秒注入25秒抽出 |

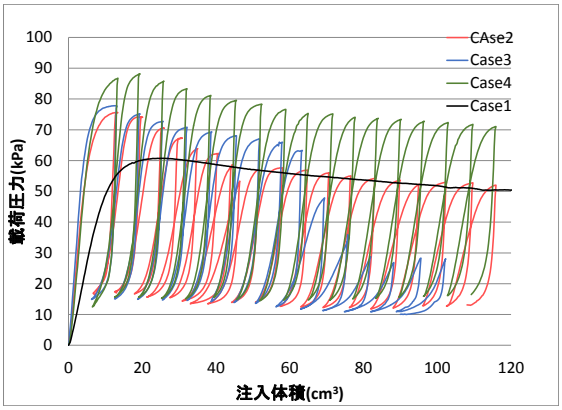


図-4 実験結果

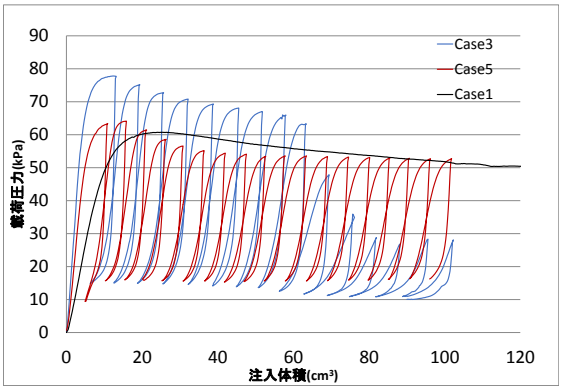


図-5 注入・抽出による関係