地盤可視化技術を用いた EPC 工法の注入・抽出実験

東京都市大学　学生会員　○田代　怜　正会員　末政　直晃　正会員　田中　剛
強化土エンジニヤリング株式会社　正会員　佐々木隆光

1. はじめに

2011 年 3 月に発生した東北地方太平洋沖地震では，関東沿岸部といった埋立地を中心に大規模な液状化被害が確認された．現在，液状化対策工法は数多く存在するが，費用が高価であることや，施工機械が大型であること，周辺環境へ与える影響が大きいことなどの課題がある．そこで施工機械がコンパクトで限られた条件下でも施工が可能な静的締固め工法が注目されている．静的締固め工法とは低流動のモルタルを地盤内に静的に圧入する工法である．しかし，施工に伴う地盤変位，地表面隆起の可能性があり，その抑制が課題となっている．この課題に対し，既往の研究[1)]では繰返し圧入を実施することにより地表面隆起の抑制効果が得られた．しかし既往の研究は固化材をゴムゾンデに見立てた模型実験であるため，実施工において固化材が脈状に注入された場合などでは抽出が難しく，締固め効果が確認できない可能性がある．そこで本研究ではこのような問題を改善するため，ゴムバッグを用い繰返し載荷と圧入工程を独立させた新しい繰返し静的締固め圧入工法の開発を行っている．本報告では工芸用天然ゴムを用いて繰返し載荷用のバッグ作製し，バッグの膨張形状を確認するために透明地盤を用いて注入・抽出実験を行った．

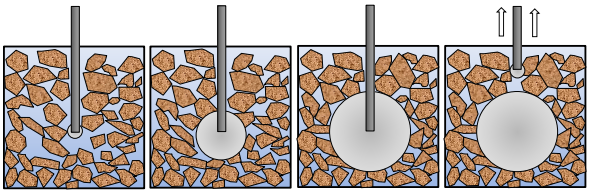


図-1　静的締固め工法の施工方法

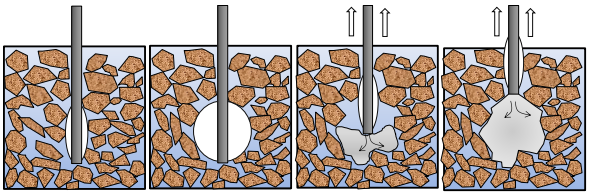


図-2　EPC 工法の施工方法

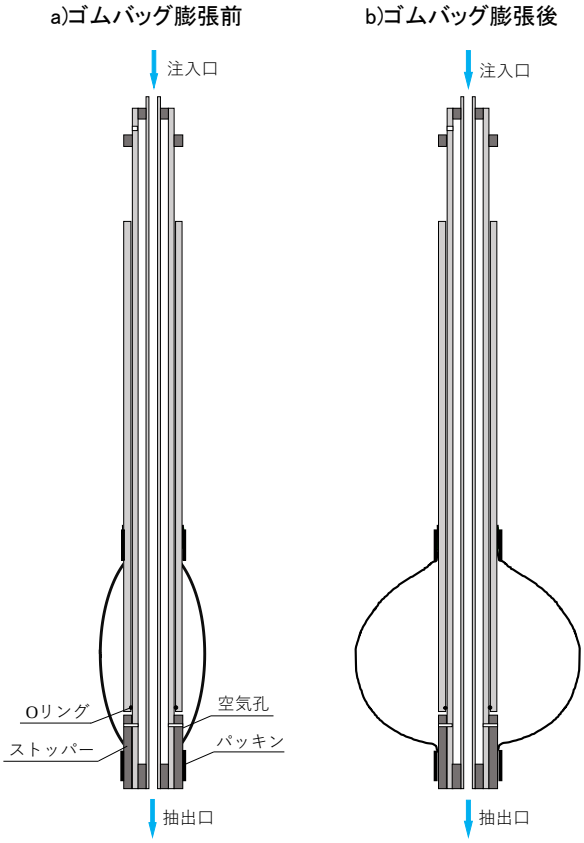


図-3　注入ロッド概略図

2. 静的締固め工法と新工法の概略

図-1 に静的締固め工法の施工方法を示す．地盤に注入された固化材は，その低い流動性から土粒子間に浸透することなく所定の位置に固結体を形成する．これにより固結体の強度増加のみならず，注入した固化材の体積分だけ周辺地盤を締め固める．図-2 に新工法（EPC 工法）の施工方法を示す．EPC 工法とは，Expansion Pile Compaction の略称である．ロッド下端に装着したゴム製のバッグに空気または水を注入し，バッグを繰返し膨張・収縮させることで地盤を締め固める．その際，締固めにより注入ロッドと地盤の間に生じた隙間に注入パイプ先端から固化材を排出し固結体を作製する．また，固化材の排出は，膨張・収縮時およびロッド引き上げ時にも実施する．静的締固め工法との相違点は，地盤を締め固める工程がバッグによって行われた後に固化材が注入されるところである．この工法により，実施工において高い締固め効果が得られるとともに地表面の隆起および沈下が改善されると考えられる．

キーワード　液状化　静的締固め工法　繰返し静的締固め圧入工法
〒158-8557　東京都世田谷区玉堤 1-28-1　東京都市大学　TEL：03-5707-0104　E-mail：g1618048@tcu.ac.jp

© Japan Society of Civil Engineers

3. 実験概要

図-3 に模型実験に用いた注入ロッド概略図を示す．このロッドは 3 重管で構成されており，一番外側の管をアウターパイプ，内側の連結させた 2 管をインナーパイプと呼ぶ．アウターパイプにバッグの装着が可能であり，空気孔から空気または水を注入することでバッグを膨張させる．その際のバッグの引張力によりインナーパイプが持ち上がる構造である．また，固化材はインナーパイプの一番内側から注入され，ロッド下端から排出する．図-4 に模型土槽を示す．注入ロッドにゴムバッグを装着した状態でアクリル土槽に固定する．液中落下法にて透明地盤を作製し，ゴムバッグを中心にターゲットを設置する．注入時にはロッドに設置された空気孔を介して空気をバッグ内部に注入しバッグを膨張させ，抽出時には空気孔を開放させることによりバッグを収縮させた．また，空気の注入・抽出は 9 回繰り返した．今回，ターゲットの位置は側方 1 面に 5mm 間隔で注入ロッドの両端に 3 か所，縦に 20mm 間隔で 4 か所設置した．本研究では実施工を視野に入れているが，砂地盤ではバッグの形状および地盤の締固め状況を確認することが難しい．そのため地盤を可視化できる透明地盤を用いて実験を行った．透明地盤とは，ガラス製土粒子と流体（屈折率整合液）の屈折率をマッチングさせることで土槽模型を再現する方法である．本研究ではガラス製土粒子に溶融石英を，流体（屈折率整合液）に流動パラフィンを採用した．

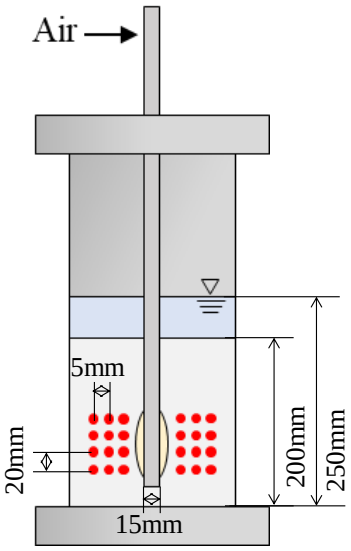
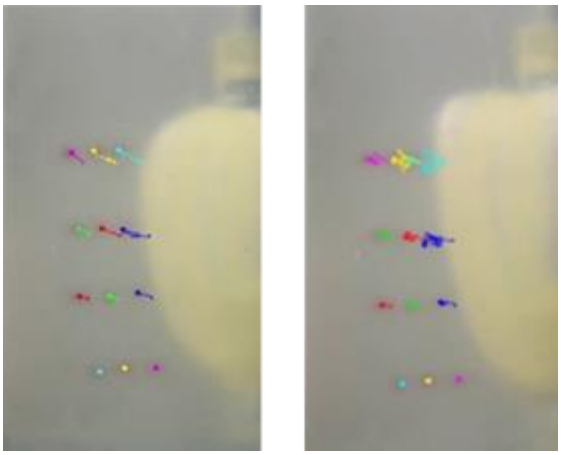


図-4 模型土槽

4. 実験結果

ターゲットの挙動が明瞭に把握するため，1 回目と 9 回目の注入・抽出を抜粋して画像解析を行った．図-5 に 1 回目と 9 回目の最大膨張時の画像解析の様子を示す．1 回目の最大膨張時，ターゲットが外に向かい，空気抽出後，注入ロッドに向かってターゲットが移動した．9 回目の最大時，ターゲットは 1 回目の膨張時と同様に外に向かって移動したが，挙動は短くなった．以上の結果より，図-6 に実験前と実験後のターゲットの位置を示す．注入ロッドに近い順に丸，三角形，四角形でプロットされており，赤が実験前を，青が実験後を示している．ゴムバッグ上部に行くにつれてターゲットの移動距離が伸びていることがわかる．



a) 1 回目　　b) 9 回目

図-5 各回の最大膨張時の様子

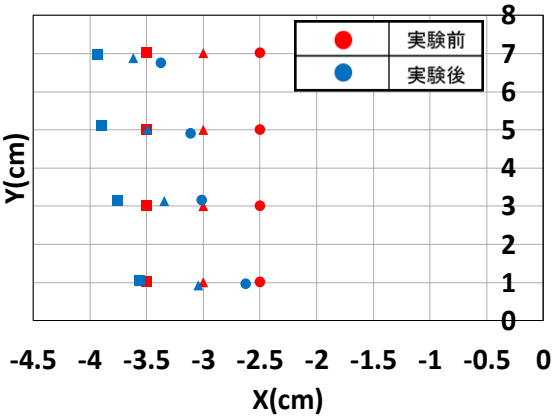


図-6 実験前と実験後のターゲットの位置

5. まとめ

本研究では新工法（EPC 工法）の開発を目的に，透明地盤を用いて注入・抽出実験を行うことによって，バッグの形状や地盤の挙動を確認した．その結果，ゴムバッグを膨張・収縮させることで地盤を締め固められることがわかった．また，ゴムバッグの膨張時の形状は地盤の拘束圧に影響を受けることも確認された．

＜参考文献＞

1）山下雄輔，末政直晃，伊藤和也，田中剛，佐々木隆光：静的締固め工法における繰返し圧入の効果に関する模型実験，第 53 回地盤工学研究発表会，pp.819-820,2018

© Japan Society of Civil Engineers