

## 砕石パイル改良地盤の支持力特性に関する研究

東京都市大学 学 ○山崎 誓也

正 末政 直晃 正 伊藤 和也

ハイスピードコーポレーション 正 堀田 誠

### 1. はじめに

近年、我が国の都市部においては、住宅地の過密化に伴い住宅地としてあまり適さない軟弱地盤においても住宅の建設が増加している。2011年に発生した東北地方太平洋沖地震では、不同沈下や基礎杭における杭頭の破損、小規模住宅の倒壊などの被害が発生し、住宅基礎の耐震化が促進される事となった。戸建住宅の地盤改良工法の一つとして砕石パイル工法が挙げられる。この工法は住宅基礎の直下に砕石を杭状に造成するため、打設時に砕石が孔壁を押し広げ、周辺地盤を密にすることができる。そのため、砕石パイルと原地盤の複合地盤で構造物を支持する機構となっている。また、材料には天然砕石が用いられるため、他の地盤改良工法よりも土質変化の影響が少なく、撤去も容易である。その一方で、住宅基礎と一体化していない事から地震時の砕石パイルの水平耐力について不明瞭な点がある。そこで本研究では、砕石パイルにより改良された地盤の常時並びに地震時、地震後の健全性について評価することを目的としている。本報告では、砕石パイルと原地盤を合わせた複合地盤において、地震時を模擬した組み合わせ載荷実験を行うことで杭の健全性を調べた。

### 2. 実験概要

模型地盤には青粘土と珪砂7号を乾燥重量比1:1の割合で混合した試料を最適含水比14.2%で調整して用いた。模型地盤の作製方法として、鉄製の直方体土槽(縦400mm×横1000mm×高さ300mm)に1層当たり20kgの試料を投入し、塩化ビニル製の直径105mm、転圧幅100mmの小型ローラーを横方向に水平移動させ締め固めを行った。小型ローラーに作用させる鉛直荷重はベロフラムシリンダーを用いて空圧で調整し、静線圧8N/cmで均した後、30N/cmで締め固め、一層あたりの締め固め回数は、4回(2往復)とした。この作業を9回繰り返し、模型地盤を作製した。なお、地盤の締め固め度は $D_c \geq 70\%$ とし、一層ごとに $D_c$ を確認しながら地盤を作製した。

次に砕石パイルの造成方法について示す。まず直径20mmのハンドドリルを用いて170mmまで削孔する。削孔した孔に砕石を模擬した珪砂4号とその間隙を埋める役割を担う珪砂6号を1:1の割合で15g投入し、締め固め荷重は100N~200Nで沈下量が約10mmとなるように締め固めた。この作業を繰り返し行い、表層まで砕石パイルを造成した。締め固めでは、孔内の深度に応じてボルト長を調整した後、写真-1に示す載荷器具を砕石パイル上部に設置し、鉛直載荷装置を用いて締め固めた。鉛直載荷実験では、砕石パイルと原地盤からなる複合地盤上に縦100mm、横80mmのフーチングを設置した後、鉛直荷重を作用させた。また、組み合わせ載荷実験では、底部にやすりを貼付したフーチング



写真-1 載荷器具

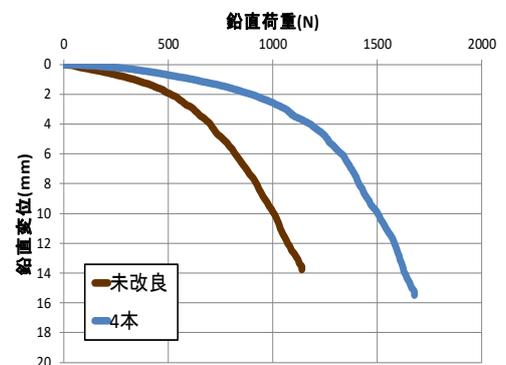


図-1 鉛直載荷実験結果

キーワード 砕石パイル 複合地盤 水平耐力

連絡先 〒158-8557 東京都世田谷区玉堤 1-28-1 東京都市大学 TEL: 03-5707-0104

を複合地盤上部に設置し、載荷装置を用いて、鉛直荷重と水平荷重を作用させた。なお、本実験では使用限界状態と損傷限界状態を再現するために、鉛直載荷実験より得られた極限支持力の 1/3 と 2/3 の鉛直荷重を作用させ、1 分間載荷荷重を保持したのち、水平載荷を実施した。

### 3. 鉛直載荷実験結果

図-1 に鉛直荷重と鉛直変位の関係について示す。図より、両ケースともに降伏点が不明瞭なため、フーチング短辺の幅 10%である鉛直変位 8mm 時を極限荷重とした。その結果、未改良地盤と改良地盤の極限荷重がそれぞれ 920N, 1410N となり、改良地盤では改良効果が発揮されていることが確認できた。なお、実験結果より本模型地盤の鉛直荷重は使用限界状態の場合 470N, 損傷限界状態では 940N と設定した。

### 4. 組み合わせ載荷実験結果

図-2 に鉛直荷重と鉛直変位の関係を示す。図より、損傷限界状態において、鉛直荷重が損傷限界荷重に達するまでの沈下量に差が見られた。また、使用限界状態と損傷限界状態ともに改良地盤では、鉛直載荷荷重を固定している間の沈下量が未改良地盤に比べ小さくなった。その際の改良地盤の沈下量は使用限界状態で 80%、損傷限界状態で 78%に抑制されていた。なお、ピーク後に鉛直荷重が減少した要因は、水平載荷によりロードセルが偏心荷重の影響を受けたためと考えられる。

図-3 に水平荷重と水平変位の関係を示す。使用限界状態と損傷限界状態ともに改良地盤では未改良地盤に比べ、初期剛性が高く、改良効果を発揮していることがわかる。また、水平震度  $k=0.3$  に相当する荷重では、使用限界状態の水平変位は改良地盤で 0.72mm, 未改良地盤で 1.24mm, 損傷限界状態では改良地盤で 1.35mm, 未改良地盤で 2.73mm であったことから、改良地盤は水平変位を抑制する傾向がみられた。これは、碎石パイルの打設によってフーチング下の複合地盤の剛性・強度を増加させたためと考えられる。

図-4 に水平変位と鉛直変位の関係を示す。使用限界状態、損傷限界状態いずれにおいても、水平震度  $k=0.3$  相当の荷重では、改良地盤は未改良地盤に比べ、鉛直、水平変位ともに抑制する結果が得られた。また、写真-2 に示す写真右から左方向へ水平載荷した後の碎石パイルの断面より、水平載荷による碎石パイルの形状は変化しにくいことを確認した。

### 5. まとめ

一連の実験結果より、地震時には碎石パイルにより改良された地盤は未改良地盤に比べ、水平耐力が優れていることが示唆された。

#### <<参考文献>>

1)国土交通省：TS・GNSS を用いた盛土の締固め管理要領：

[https://www.mlit.go.jp/tec/sekisan/sekou/pdf/240329jouhouka\\_kanrikantoku06a.pdf](https://www.mlit.go.jp/tec/sekisan/sekou/pdf/240329jouhouka_kanrikantoku06a.pdf)

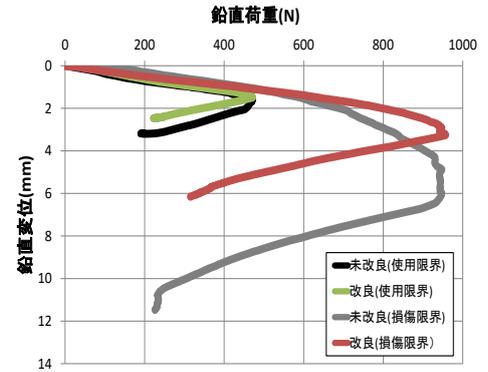


図-2 鉛直荷重と鉛直変位の関係

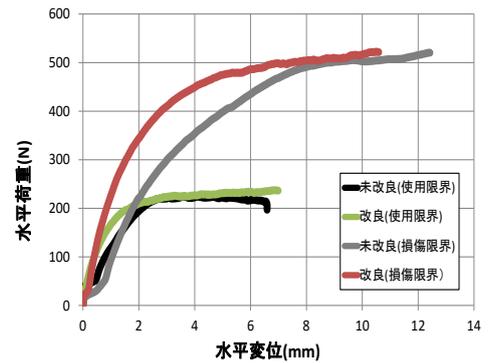


図-3 水平荷重と水平変位の関係

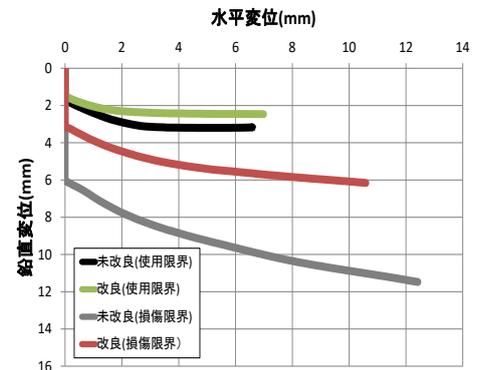


図-4 水平荷重と鉛直変位の関係



写真-2 水平載荷後の碎石パイルの断面図