

砕石パイルの造成方法と支持力特性の関係

東京都市大学 学 ○山崎 誓也 学 柴野 勝弘
正 末政 直晃 正 伊藤 和也 正 田中 剛
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に住宅基礎の直下に砕石を杭状に造成する砕石パイル工法がある。この工法の材料には天然の砕石が用いられるため、他の地盤改良工法よりも土質改変の影響が少ない。その一方で、施工が正しく行われない場合には、支持力不足が懸念されている。また、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、施工時の砕石投入量や締固め量、締固め方法の違いがその鉛直支持力に及ぼす影響を調べるとともに、砕石パイルの地震時の水平耐力を明らかにする事を目的としている。本発表では、模型実験により砕石パイルへの締固め荷重を変化させて造成し、それらの支持力特性および締固め量について調べた結果を述べる。

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の試料を巻出し厚さは4cmで投入し、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および静線圧30N/cmで締め固めた。一層あたりの締固め回数は国土交通省の締固め管理要項¹⁾に準じ8回(4往復)とした。なお、地盤の締固め度については、宅地造成等規制施行令²⁾に基づき $D_c \geq 87\%$ とし、一層ごとに D_c を確認しながら地盤を作製した。

砕石パイルの造成方法として、まず直径20mmのハンドドリルを用いて、深さ170mmまで事前削孔する。削孔した孔に砕石を模擬した珪砂2号とその間隙を埋める役割を担う珪砂6号を1:1の割合で投入し、締め固めた。写真-1にボルトと先端コーンを組み合わせた器具について示す。締固めでは、孔内の深度に応じてボルト長を調整した後、写真-1に示す器具を砕石パイル上部に設置し、鉛直載荷装置を用いて、一定の圧力を加え試料を静的に締め固めた。表-1に砕石パイルの造成条件を示す。表-1より実験ケースについては、CASE0が未改良地盤であり、これを基準ケースとして砕石パイルへの締固め荷重の違いが鉛直支持力に与える影響について調べた。また、鉛直載荷実験では、砕石パイル上部に直径19mm、高さ50mmのフーチングを設置した後、これに鉛直変位が安定するまで作用させた。



写真-1 ボルトと先端コーンを組み合わせた器具

表-1 砕石パイルの造成条件

	1,2層目の 締固め荷重(N)	3層目の 締固め荷重(N)	一層当たりの 投入量(g)	締固め時間 (min)	総砕石量 (g)
CASE0	0	0	0	0	0
CASE1	200	200	30	1	86
CASE2	300	300	30	1	90
CASE3	400	400	30	1	90
CASE4	400	200~400	30	1	90

3. 鉛直載荷実験結果

図-1 に碎石パイルの3層目を締め固める時を始点とし、締め固めから除荷・再載荷までの鉛直荷重と鉛直変位の関係を示す。図-1より碎石パイルへの締め固め荷重が増加することで、一層当たりの締め固め量が大きくなっている。碎石パイルの密度はさほど大きく変化しないと考えられることから、締め固めた荷重により碎石パイル周辺の試料の間隙が小さくなったものと考えられる。ただし、CASE3に着目すると、380Nを超えた荷重付近で沈下量が急増していることから、過転圧となった可能性が指摘できる。一方、再載荷以降では、各ケースともほぼ同様の荷重沈下曲線を描いている。従って、打設後の碎石パイルの荷重沈下挙動はプレローディング工法と同様な締め固め荷重による沈下量低減によるものと言える。

図-2 に碎石パイルの3層目を200N、300N、400Nの締め固め荷重にて段階的に載荷および除荷を行った後、再載荷を行った鉛直荷重と鉛直変位の関係について示す。図-1と比較すると、締め固め量は概ね同様の挙動が示された。また、再載荷を行った結果も締め固めた荷重後から沈下量が増加しており、同様の結果が得られた。このことから、碎石パイルを締め固めた荷重が締め固め量に直接影響されるとともに沈下開始時の荷重に関係していると考えられる。

図-3 に図-1, 2における再載荷部分の鉛直荷重と鉛直変位の関係について示す。また、CASE0として未改良地盤の支持力試験結果を併記する。図-3より一定の締め固め荷重で碎石パイルを造成したCASE1~4は未改良地盤であるCASE0に比べ、初期の剛性が高く沈下量も抑制された。また、CASE3のように締め固め荷重が大きく締め固め量が増加することで、高い支持力を発揮できることを同時に確認した。ただし、最大締め固め荷重がCASE3と同等であるCASE4では、沈下量が過大になった。ここで、写真-2に再載荷後のCASE4の地盤表層について示す。写真-2よりCASE4は、地盤表層にクラックが生じており、これが沈下量を過大にした要因と思われる。従って、過転圧であると、表層地盤にクラックを生じさせ、期待した沈下低減効果が得られない場合があることも分かった。

4. まとめ

一層に与える締め固め荷重を種々変化させて造成した碎石パイルに鉛直載荷実験を行った。その結果、締め固め荷重の増加が一層当たりの締め固め量の増加と沈下抑制に関係していることがわかった。また、碎石パイルの沈下量が増加し始める荷重は締め固め荷重に相当していることが示唆された。ただし、地盤表層におけるクラックが、締め固め荷重の増加によらず、沈下量に過大な影響を与えることも同時に確認できた。

<<参考文献>>

- 1) 国土交通省：TS・GNSSを用いた盛土の締め固め管理要領
https://www.mlit.go.jp/tec/sekisan/sekou/pdf/240329jouhouka_kanrikantoku06a.pdf
- 2) 国土交通省：宅地造成等規制法施行令 p.7 http://www.mlit.go.jp/crd/web/gaiyo/pdf/hourei_3col.pdf

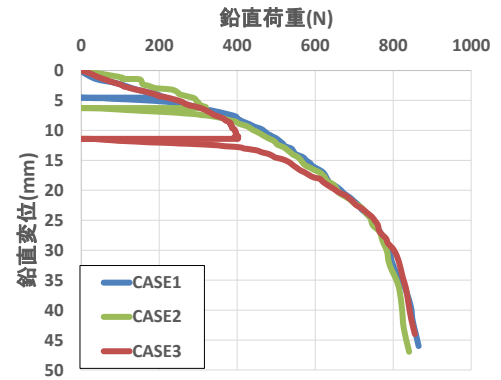


図-1 鉛直荷重と鉛直変位の関係

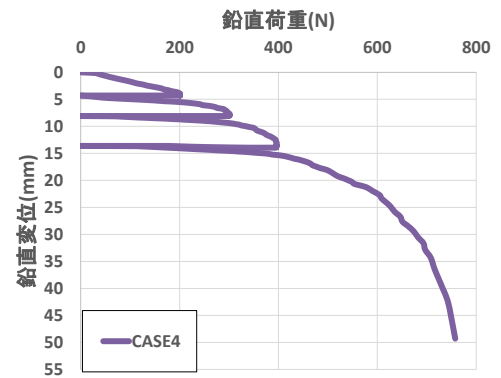


図-2 鉛直荷重と鉛直変位の関係

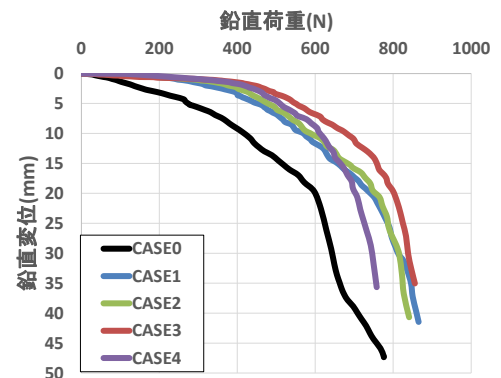


図-3 鉛直荷重と鉛直変位の関係



写真-2 再載荷後のCASE4の地盤表層