

# 砕石杭による改良地盤の鉛直・水平載荷実験

東京都市大学 学生会員 ○松野遼太郎 正会員 末政 直晃  
ハイスピードコーポレーション 非会員 堀田 誠 非会員 小串 隼人

## 1. はじめに

2011年に発生した東日本大震災では、浦安をはじめとする関東の沿岸部で広域に液状化が発生するなど、かつてない液状化被害がもたらされた。東日本大震災を契機に住宅における液状化対策の重要性や重要構造物の耐震性の向上が再検討されている。このような中で、小規模住宅の地盤改良工法として砕石パイル工法が注目されている。

砕石パイル工法では、まず軟弱な地盤を削孔しその穴に砕石を圧縮しながら詰めることにより造成される。掘削孔の体積に比して多量の砕石を使うことにより、その砕石が掘削壁を押し広げ砕石杭周辺の土を密にすることができ、砕石杭が構造物を支持するだけでなく、周辺土の締め固め効果も加味できる。これらにより、現地盤と砕石杭とで複合的に構造物を支える地盤改良体となることを目指すものである。材料に固化しない自然材料を用いていることから、除去が容易で環境にやさしい工法といえる。

本研究では液状化対策も同時に期待できる砕石杭について検討を行っている。その第一弾として、砕石杭により改良された複合地盤の常時並びに地震時の支持力を評価することを目的とするものである。

## 2. 実験概要

### 2.1 複合地盤の鉛直載荷実験の概要

使用した土層試料は、山砂と関東ロームを1:1で混合したものである。

載荷実験に用いた模型地盤の作製には透明なアクリルの円形土槽(直径205mm, 深さ250mm)を使用した。土槽側面には、境界条件の影響を少なくするためにシリコンスプレーを塗布した。模型地盤は5層に分けて作製され、1層目は試料土4kgを10分間、2~4層目は試料土2kgを各層5分間、5層目は試料土1kgを2.5分間でそれぞれベロフラムシリンダーを用いて50kPaで圧縮を行い、密度一様となるように地盤を層状に作製した。砕石杭のための削孔には、直径20mmの木工ドリルビットを付けたドリルを用いて土層中心に穴を空ける方法と、同じく直径20mmのステンレス製の筒を土層の中心に挿入して削孔する2種類の方法を用いた。削孔した穴に2号珪砂を入れ、砕石杭用の模型ランマーで打撃することにより直径がおよ

そ40mmとなるような砕石杭を作製した。砕石杭の杭長と打設層数、落下回数、落下高さ、ランマーの重りの重量、砕石杭に使用した総砕石量を表1に示す。また、地盤と砕石杭からなる複合地盤上に設置するフーチングには幅100mm×奥行80mm×高さ50mmのアルミ製のものを使用した。実験は同じ条件で作製した模型地盤に対して、砕石杭の杭長や打設層数、落下回数、落下高さ、ランマーの重り重量を変えて12ケース行った。

### 2.2 組み合わせ荷重による載荷実験の概要

使用した土層試料や地盤作成方法は、鉛直載荷実験と同様のものである。ただし、載荷実験に用いた模型地盤には鉄製の円形土層(直径400mm, 深さ300mm)を使用した。また、砕石杭の作製方法には砕石杭の鉛直載荷実験を行った際に一番大きい支持力を発揮し、再現性が高いと思われる直径20mmのステンレス製の筒を土層に挿入して削孔する方法を用いた。削孔した穴に2号珪砂を入れて砕石杭用ランマーで打撃することにより砕石杭を作製した。その際、砕石量を110g程度、打設層数4層程度、砕石杭打設用ランマー落下回数5回、落下高さ7cm、ランマーの重り

Keywords : 砕石杭, 地盤の支持力, 複合地盤,

連絡先 : 〒158-8557 東京都世田谷区玉堤 1-28-1 東京都市大学 TEL03-5707-2202 E-mail:g1018079@tcu.ac.jp

表 1 砕石杭施工ケース

ケース	打設層数(層)	落下回数(回)	落下高さ(mm)	ランマー重り重量(g)	総砕石量(g)	杭長(mm)	施工
A	0	0	0	0	0	0	-
B	3	3	7	767	79	100	木工用ドリル
C	2	5	10	220	52		
D	3	3	10	141	51		
E	3	5	7	767	80		
F	2	10	10	220	47	170	木工用ドリル
F改	3	15	10	220	66		
G	4	15	10	141	98	200	ステンレス筒
H	6	5	7	767	139		
I	5	10	10	220	138		
J	4	15	10	141	128		
EE	5	5	7	767	121	170	

重量 766g とした。砕石杭の打設後、組み合わせ荷重装置(写真 1)により水平荷重を行った。地盤と接するフーチングの裏面には、紙やすり又はアクリル板に2号珪砂を接着剤で付けたものを設置した。組み合わせ荷重装置では所定の鉛直応力を加えた後、水平荷重を行った。その際、水平荷重と水平変位、鉛直荷重と鉛直変位をロードセル・変位計でそれぞれ計測した。



写真 1 組み合わせ荷重装置

### 3. 実験結果・考察

#### 3.1 複合地盤の鉛直荷重実験

杭長がそれぞれ 100 mm, 170 mm, 200 mmである場合の鉛直荷重試験結果を図 1 に示す。ここでは砕石杭用ランマーの重量や落下回数を変えたケースが示されている。図の点線は、別途得られた未改良地盤に対する極限支持力を表している。また、ここでは荷重沈下曲線の第一次降伏点を極限支持力としている。これより、改良地盤のほとんどのケースで未改良地盤より支持力を発揮したことが分かる。このことから砕石杭を打設することで改良地盤はより高い支持力を発揮することを確認した。その中でも今回の砕石杭施工地盤において最も大きい支持力を発揮したのは杭長が中間の 170 mm でドリル削孔を行ったケース E であった。これより杭長が大きくなっても、施工性が低下するため、その支持力は低くとどまったと言える。また、筒削孔で同杭長のケース EE の値はケース E のそれとほぼ同等の結果となった。

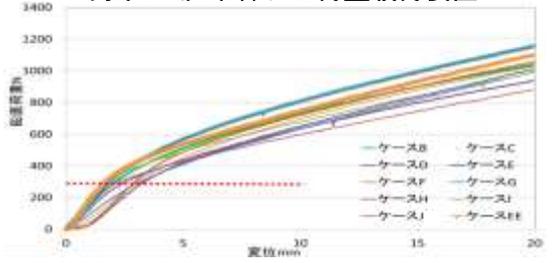


図 1 複合地盤鉛直荷重実験結果

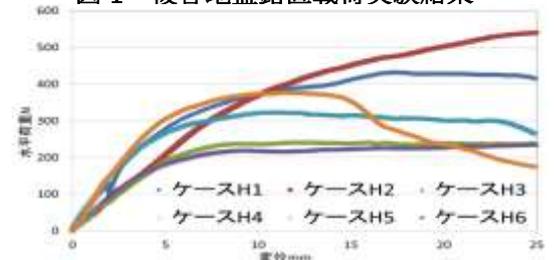


図 2 組み合わせ荷重装置実験結果

#### 3.2 組み合わせ荷重による荷重実験

組み合わせ荷重による荷重実験を行ったケース H1~H6 の結果を図 2 に示す。ケース H1~H4 のフーチングには紙やすりを接着したものを、ケース H5, 6 のフーチングには 2 号珪砂を接着したものを、鉛直荷重はペロフラムシリンダーにより一定圧力を加え、その荷重圧力はケース H1 : 229kPa, ケース H2 : 343kPa, ケース H3 : 115kPa, ケース H4 : 115kPa, ケース H5 : 137kPa, ケース H6 : 137kPa である。荷重実験では鉛直圧力を加えた後、ジャッキを作動させることにより水平荷重を行った。図より、鉛直圧力が大きいケース H1, H2 では水平変位とともに水平荷重が増加し続けた。これは、鉛直荷重による沈下量が大きく、このフーチングの埋没により生じた側面地盤を水平に掘削したこと、支持力が漸増する結果となったためと考えられる。このことは沈下側面壁より亀裂が発生していたことから確認できる。ケース H3, H4 では降伏を迎えた後、荷重が一定となった。このケースでも H1, H2 同様に沈下した分の側面をある程度掘削していることを確認した。これら 4 ケースで水平荷重時に沈下側面を掘削してしまうという問題が発生していたので、これ以降は鉛直荷重を付与した後、その沈下量に応じて掘削される部分の地盤を削ることを行った。その結果、ケース H5, H6 では水平荷重にピークが見られた。また、沈下側面壁を掘削する量は少なくなったことを確認した。

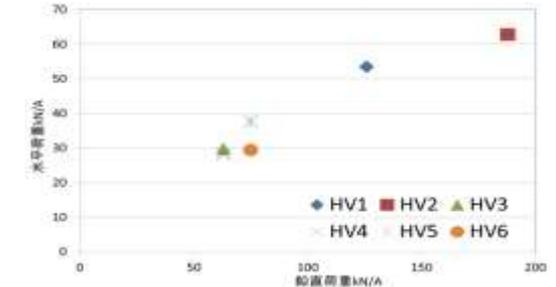


図 3 H-V 図

水平荷重に及ぼす鉛直荷重の影響を検討するため、水平変位が 20 mm の時の水平荷重を水平極限荷重(フーチング底面積で除した値)として、H1~6 の結果より H-V 図を作成した(図 3)。これより、鉛直荷重が増加するにつれて水平極限荷重も増加するが、その勾配は徐々に低下する傾向を示すことが分かる。

### 5. まとめ

砕石杭による複合地盤の鉛直・水平組み合わせ荷重実験を実施した。今後は、データを積み重ね、同複合地盤の支持力特性を明らかにしたい。