

砕石杭上の基礎の支持力実験

砕石杭 地盤の支持力 複合地盤

東京都市大学 学生会員 ○松野遼太郎

東京都市大学 国際会員 末政 直晃

ハイスピードコーポレーション 正会員 堀田 誠

ハイスピードコーポレーション 正会員 小串 隼人

1. はじめに

軟弱地盤中に建物や重要建造物を建てる際、構造物の支持基礎として杭基礎がよく使われている。この杭基礎には、今まで種々の材料や施工法が用いられてきたが、最近の杭工法では産業廃棄物を極力出さない工法が望まれている。一方、2011年に発生した東日本大震災により、津波による甚大な被害や原子力発電所の被災、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、かつてない地震災害がもたらされた。東日本大震災を契機に住宅における液状化予測および液状化対策の重要性や重要構造物の耐震性の再検討などが注目された。

本研究では阪神大震災においても実績のある砕石を使った地盤改良に注目し、砕石杭の地震時耐力について実験的に調査を行うことを目的としている。

2. 砕石杭について

砕石杭とは、砕石杭とその周辺地盤の支持力を複合させ、地盤の支持力を高める工法である。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。これにより、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。

3. 実験概要

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。軟弱地盤を再現するため、事前にランマーの落下回数を3回とした締固め試験を行って、その際の最適含水比を求めている。試験結果を図1に示す。落下回数を少なく設定したためか、締固め曲線にピークは見られなかったが、供試体が自立できることを目安として、24%の含水比で試料作製を行うことにした。

載荷実験に用いた模型地盤の作成には透明なアクリルの円形土槽(直径 205 mm, 深さ 250 mm)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プレーを塗布し、含水比 24%を目標として模型地盤を作成した。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分で、2~4層目は試料土 2kg を各層5分で、5層目は試料土 1kg を2.5分でそれぞれペロフラムシリンダーを用いて50kPaで圧縮を行い、密度一様な地盤を層状に作製した(表1, 写真1)。砕石杭の作製はφ200 mmの木エドリルビットを付けたドリルで土層の中心に深さ 100 mmの穴を空け、そこに珪砂2号を入れ砕石杭用ランマーで叩くという方法で行った(写真2)。砕

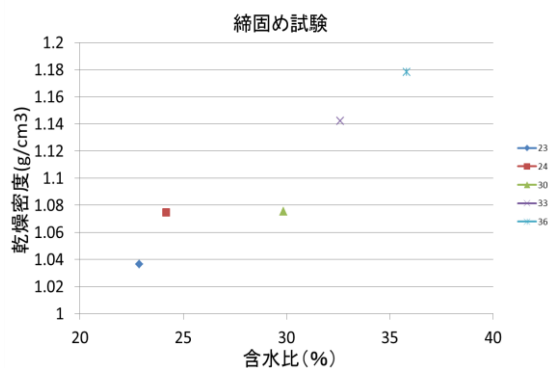


図1 締固め試験結果

表1 模型地盤作製条件

層数	1	2~4	5	合計
圧縮時間(min)	10	5	2.5	28
圧縮荷重(kPa)	50	50	50	-
各層重量	4	2	1	11



写真1 土層製作中

写真2 砕石杭施工後

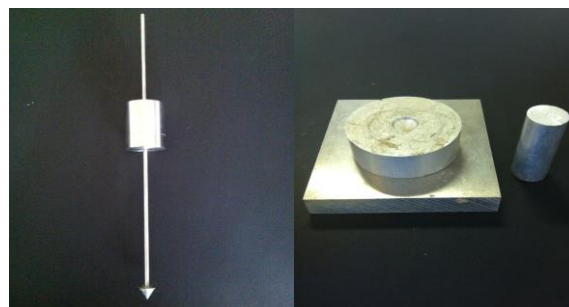


写真3 ランマー

写真4 フーチング

石杭は3層に分け作製し、1層に付きランマーの落下回数は3回とした。ランマーの落下高さは70mmとし、落下させるおもりの重さは767gとした(写真3)。地盤や碎石杭へ鉛直荷重をかける際のフーチングは写真4に示す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、締め固めていない碎石杭と締め固めた碎石杭にそれぞれ荷重を加えるケースと、未改良地盤と改良地盤にそれぞれ荷重を加える計4ケースを行った。

4. 実験結果・考察

4-1. 碎石杭について

深さ100mm、φ200の穴に碎石を50.4g入れた締め固めていない碎石杭と、同型の穴に碎石を78.8g入れランマーで締め固めた圧縮碎石杭との鉛直載荷試験の結果を図2に示す。図より、締め固めた碎石杭の方が同一の変位量で鉛直応力を発揮していることが分かる。また、いずれのケースにおいても、変位量が5mm程度で降伏荷重に達しており、締め固めていない杭では40kPa、締め固めた杭では75kPa程度となった。締め固めた杭の降伏荷重が大きくなったのは、締め固めにより杭径が大きくなったことに加え、ランマーで締め固めることで周辺地盤の密度が大きくなること、また水平応力が大きくなったためと考えられる。また、いずれの結果においても、荷重と変位の曲線にばらつきが見られるが、どちらの碎石杭も載荷重が大きくなるに連れて、粒径の大きい碎石が地盤内部で急激に動くためと考えられる。なお、変位が大きくなるにつれて、フーチングに傾斜が確認された(写真5)。

4-2. 未改良地盤と改良地盤について

未改良地盤、改良地盤のどちらにおいても100mm×94mmのフーチングを地盤表面に設置し、これに対して載荷を行った。実験結果を図3に示す。これより、載荷初期では、どちらのケースもほぼ同様の値を示したが、変位が大きくなるにつれて、未改良地盤が改良地盤を上回る結果となった。これは、碎石杭を打設する際に杭周辺地盤を壊してしまった可能性がある。特に杭周辺で地表面近くの地盤が隆起していたことが確認された。このことより、杭打設に際しては、過度な圧縮を行わないように注意する必要があると言える。

5. おわりに

本研究は、碎石杭によって改良された地盤が複合地盤となるかを確認する事、並びにこの種の地盤の地震時水平抵抗を見積もることを目的としている。今回は、その第一歩として、模型地盤の作製方法に関して検討を行った。碎石杭は締め固めることでより大きな杭の支持力が得られることが確かめられた。一方で、過度な締め固めが周面地盤を緩めることもあることが確かめられた。今後、実験方法を確立するとともに、写真7に示すような試験装置を用いて、このような地盤の組み合わせ荷重による載荷実験を行う予定である。

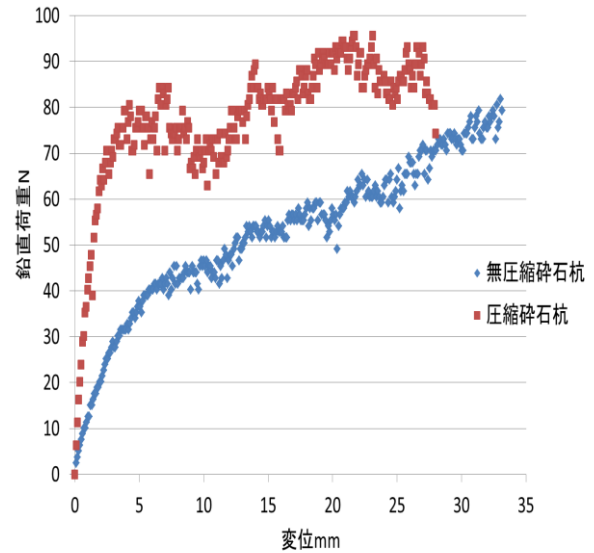


図2 碎石杭鉛直載荷試験結果



写真5 載荷終盤

写真6 地盤載荷

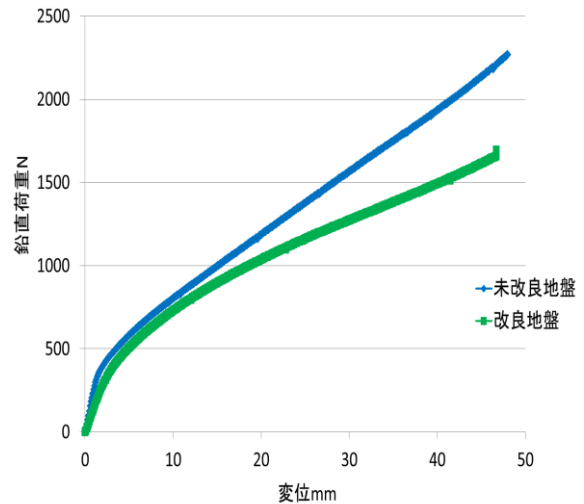


図3 未改良地盤・改良地盤載荷試験結果



写真7 組み合わせ荷重載荷装置