

浸透力を用いた相似模型実験による杭の引き上げ実験(その2)
～杭の引き上げ支持力に及ぼす周面摩擦力の影響～

中央大学理工学部土木工学科 正会員 國生 剛治, 原 忠
学生会員 ○泉 昌宏, 長谷川 直哉

1. はじめに

従来、杭の模型実験を行うために遠心载荷装置が用いられてきた。遠心载荷装置は地盤の拘束圧を正確に再現可能な反面、特殊な装置ゆえに手軽に実験が行えないなどの問題を有している。本研究ではそれに代わり、浸透力を用いた重力場での簡便な相似模型実験方法を適用し、引き上げ実験を行っている。実験では杭の引き上げ支持力に与える引き上げ速度の影響の検討を目的としている。ここでは、側面に砂を張り付けた摩擦の大きい杭と砂を張り付けていない摩擦の小さい杭を用いて、杭の周面摩擦力が杭の引き上げ支持力と杭の軸力分布に与える影響について調べた。

2. 実験方法

図-1 は実験装置の概略を示す。図-2 はひずみゲージを有する真鍮性模型杭の概略を示す。ゲージは、杭の内側に図に示すように 40(mm)間隔で 6ヶ所に貼り付けられている。摩擦の大きい杭では、摩擦力を増加させるため杭周面に接着剤で豊浦砂を貼り付けている。アクリル製円筒セル内部にはシンプレックスチューブが杭周辺地盤の間隙水圧を計測するために取り付けられている。円筒セル底面と杭先端を 30(mm)離して設置し、円筒セルの中に模型地盤を作製し、それに下向きの浸透力を加え、水圧が一定になり圧密が終了するまで 120 分ほど時間をお

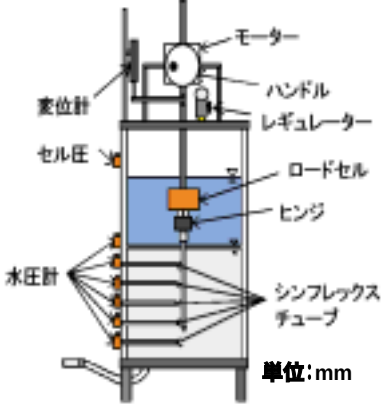


図-1 実験装置概略

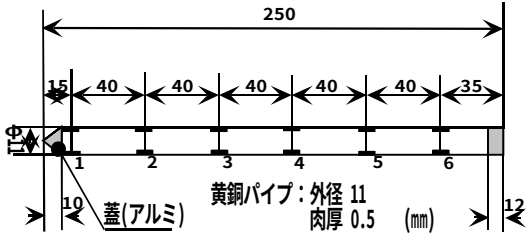


図-2 模型杭概略

表-1 実験ケース

杭周面の状態		砂を貼り付けていない					砂を貼り付けてある				
模型	case	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	相対密度Dr(%)	91	91	90	91	91	89	90	90	89	90
	模型地盤高さL _m (mm)	265	264	265	264	265	267	265	266	268	266
	飽和密度ρ _{sat} (g/cm ³)	1.937	1.940	1.935	1.939	1.936	1.927	1.935	1.931	1.925	1.933
	湿潤密度ρ _t (g/cm ³)	1.58	1.58	1.57	1.58	1.58	1.56	1.57	1.57	1.56	1.57
	乾燥密度ρ _d (g/cm ³)	1.48	1.49	1.48	1.48	1.48	1.47	1.48	1.47	1.46	1.48
	ρ _m (g/cm ³)	56.9	57.8	57.5	57.8	57.6	57.0	57.5	57.3	56.9	57.4
	透水係数K _m (cm/s)	1.4*10 ⁻⁵	1.4*10 ⁻⁵	1.5*10 ⁻⁵	1.6*10 ⁻⁵	1.6*10 ⁻⁵	2.9*10 ⁻⁵	3.1*10 ⁻⁵	2.8*10 ⁻⁵	2.9*10 ⁻⁵	3.0*10 ⁻⁵
	引き上げ速度V _m (mm/s)	1	2	4	8	12	2	4	8	14	20
	最大引き上げ力(N)	46	61	65	72	72	192	214	295	317	323
実物	透水係数K _p (cm/s)	1.0*10 ⁻³	1.0*10 ⁻³	1.0*10 ⁻³	1.0*10 ⁻³	1.0*10 ⁻³	1.0*10 ⁻³	1.0*10 ⁻³	1.0*10 ⁻³	1.0*10 ⁻³	1.0*10 ⁻³
	引き上げ速度V _p (mm/s)	1.03	2.06	3.74	7.27	10.76	0.97	1.85	3.98	6.78	9.52
	最大引き上げ力(kN)	232	306	328	361	365	968	1079	1487	1598	1628

た。表-1 に実験ケースを示す。Case1～5 では砂を貼り付けていない杭，case6～10 では砂を貼り付けた杭を用いて実験を行っている。セル内部の空気圧を 150(kPa)とした場合，砂への浸透力を考えた模型相似則により ρ_m 57(g/cm³)となる。実地盤が地表まで飽和していて，その密度が 1.8g/cm³ とすると，浮力を考えた密度は ρ_{sub}=0.8(g/cm³)であり長さの縮尺 n は n=58/0.8=71 となり，杭長 18(m)，杭径 0.8(m)に相当する。模型地盤の厚さは

キーワード 浸透力, 模型実験, 相似則

連絡先 中央大学理工学部土木工学科土質研究室 〒112-8551 東京都文京区春日 1-13-27 Tel03-3817-1799

L_m 266(mm)なので、同様に考えると実地盤では 19(m)の高さに相当する。模型と実物の透水係数の比を相似則に基づいて考えると、 $k_m/k_p=v/n$ で表される¹⁾。ここに、 v は模型と実物の杭の引き上げ速度の比(v_m/v_p)であり、本実験における再現地盤を砂地盤と仮定し $k_p=1.0 \times 10^{-3}$ (cm/s)とすると、 v_m の値から実物の引き上げ速度を計算できる。

3. 実験結果と考察

図-3は全caseでの実物換算した変位と引き上げ力の関係を示している。摩擦の大きい杭、摩擦の小さい杭どちらにおいても引き上げ速度が速いほど引き上げ力が大きくなる傾向が見られ、またいずれの場合でも変位 250mm 程度まで引き上げ力は急激に増え、それ以降はある値に漸近する傾向を得た。また摩擦の大きい杭と摩擦の小さい杭では杭にかかる引き上げ力が明らかに異なる結果が得られた。

図-4は全caseでの実物換算した引き上げ速度と最大引き上げ力の関係である。どちらの杭においても、引き上げ速度が速くなるにつれて杭にかかる最大引き上げ力は大きくなる傾向が得られたが、速度が大きくなるにつれて引き上げ力の増加割合が少なくなっている。

図-5は引き上げ速度(実物対応)が同程度($V=2.0$ mm/s)で摩擦力の異なる case2, case7における深さ方向の杭の軸力の分布を、5段階の引き上げ変位において比較したグラフである。いずれの杭も軸力は杭上端部ほど大きく、変位が大きくなるにつれて軸力が大きくなる。摩擦の小さい杭では杭にかかる引き上げ力が小さい分、軸力も当然小さくなるが、杭長方向の軸力の発生の仕方を比較すると、杭上部ほど軸力の勾配が少なくなっている。

図-6は図-5に示す case2, case7における軸力の勾配から計算した周面摩擦力の分布を示している。これより、杭の引き上げにより cavitation の影響¹⁾を受けていると考えられる杭先端部を除いて、杭の周面摩擦力は深さにほぼ比例して増加する傾向にある。しかし、杭の上端部では、特に摩擦の小さい杭で周面摩擦力が少なくなっていることが分かる。

4. まとめ

- ・摩擦の大きい杭では引き上げ速度が引き上げ力に与える影響は大きい、摩擦の小さな杭においてはその影響は相対的に小さい。
- ・摩擦の小さい杭では、引き上げ力が小さいため、軸力も小さく、特に杭上部での周面摩擦力が小さくなる。

<参考文献>

- 1) 國生, 石口: 浸透力を用いた相似模型実験による杭の引き上げ支持力に及ぼす周面摩擦力の影響, (第 33 回土木学会関東支部技術研究発表会公演概要集)

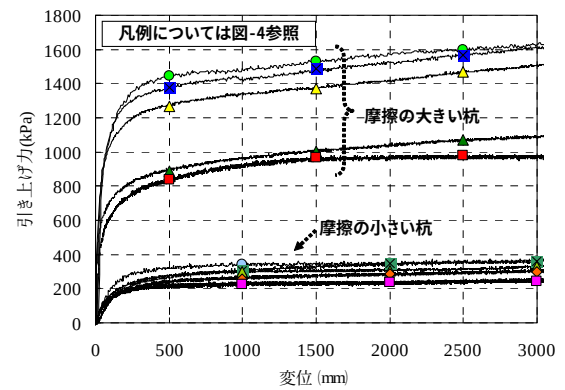


図-3 実物の杭に換算した変位と引き上げ力の関係

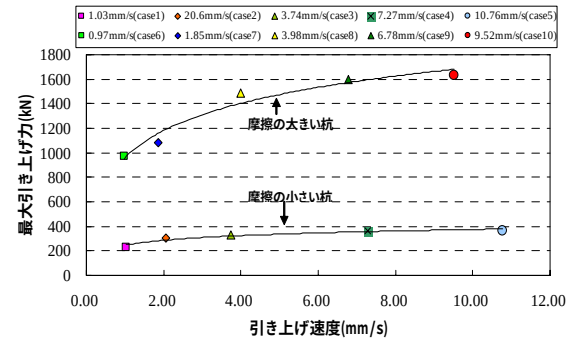


図-4 実物の杭に換算した引き上げ速度と最大引き上げ力の関係

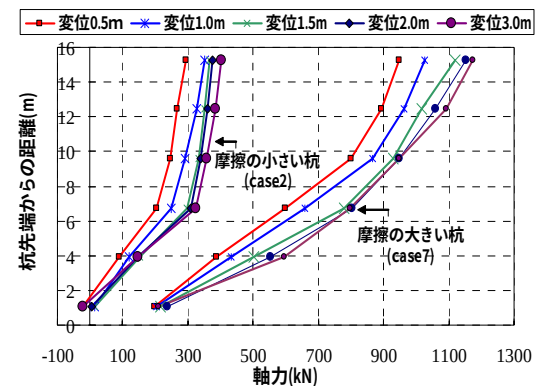


図-5 case2, case7($V=2.0$ mm/s)における深さ方向の軸力の比較

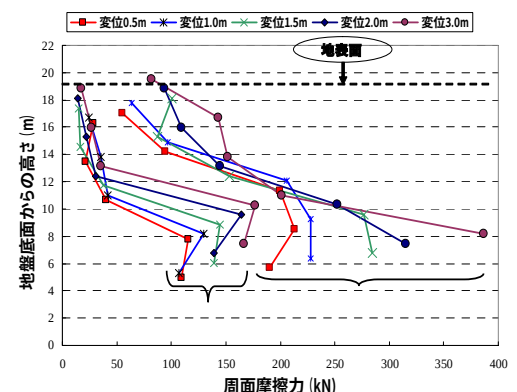


図-6 case2, case7($V=2.0$ mm/s)における深さ方向の周面摩擦力の比較