

繰返し載荷による杭の鉛直支持力に関する実験

東京都市大学・大学院 学生会員○細田明善
東京都市大学 正会員 末政直晃
財団法人ベターリビング 正会員 久世直哉

1. はじめに

本研究は、地震動を受けた杭基礎の鉛直支持力が保有していると考えられる耐力について検討したものである。現在、杭の先端支持力に関する多くの設計基準では、使用限界・損傷限界・終局限界を極限支持力のそれぞれ 1/3、2/3、3/3 と規定している(図-1)。そして、損傷限界は供用時に数回起こるであろう地震動を考慮したものとされている。しかしながら、杭基礎構造物が地震動を受ける場合、上部構造物はロッキング振動を呈し、杭先端部は押し込みと引き抜きが交互になされることがある。そのような場合には、杭の静的載荷試験結果から推定される損傷限界状態は、この繰返し載荷の影響を考慮していないと言える。

そこで本研究では、常時荷重が作用している状態で、損傷限界で想定されるような地震動による繰返し載荷を受けた杭基礎の鉛直支持力特性に関して、実験的に調査を行うことを目的としている。本報告では、繰返し載荷が杭先端の支持力特性に与える影響について模型実験を行い、考察・検討を行った結果を示す。

3-1. 実験概要

実験で使用した実験装置の概要を図-2 に示す。本実験では、繰返し載荷の荷重振幅を漸増させ、各載荷段階の沈下特性を調べる実験を行った。土槽には直径 15cm、高さ 30cm の円筒の亚克力容器模型杭は直径 3cm、長さ 36cm のアルミ棒を使用した。支持層として土層装置に豊浦砂を空中落下法により、高さが 12cm になるように作製した。その後、模型地盤と模型杭を三軸試験機に設置した。模型地盤の上に根入れ層として高さが 12cm になるように空中落下法により作製した。拘束圧がなく、根入れが浅いため杭周面摩擦が微小と考えられるため、ロードセルは杭の上部に設置して載荷を行った。終局限界に達するまで載荷を行い、終局限界での載荷荷重値を極限支持力とした。表-1 に載荷方法及び条件を示す。Case1～3 として緩い地盤を想定し、相対密度が 60% となるようにし、Case4～6 として固い地盤を想定し、相対密度が 80% となるようにした。最大荷重振幅値は静的載荷試験を行い、相対密度 60% の地盤で得られた極限支持力値の 1/3 とした。載荷条件は最大荷重振幅値までを 4 段階として、荷重段階を漸増させた。図-3 にこの漸増繰返し載荷のイメージを示す。

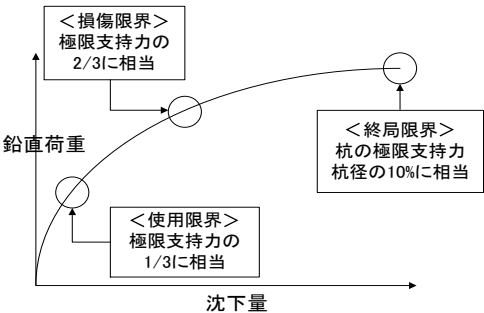


図-1 鉛直荷重 - 沈下曲線

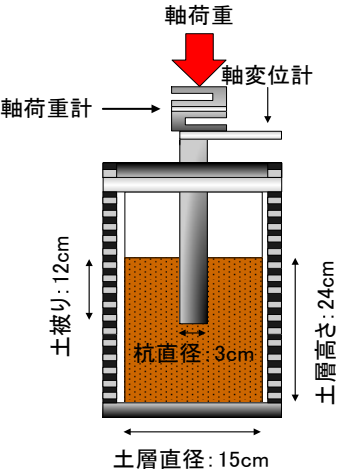


図-2 実験概要図

表-1 載荷方法および条件

	Dr(%)	載荷方法	繰返し回数	荷重振幅値
Case 1	60	A		
Case 2		B	各20回	4段階
Case 3		B	40回	最大振幅
Case 4	80	A		
Case 5		B	各20回	4段階
Case 6		B	40回	最大振幅

	載荷方法	載荷条件
A	静的載荷	杭径の10%(3mm)まで載荷
B	I: 静的載荷	極限支持力の1/3まで載荷
	II: 動的載荷	繰返し載荷
	III: 静的載荷	杭径の10%(3mm)まで載荷

繰返し載荷 杭 支持力

Case1, 4 ではそれぞれの相対密度での静的载荷を行った。
Case2, 3 および Case5, 6 ではそれぞれ異なる条件のもと、繰返し载荷を行った。载荷回数は Case2, 5 では各荷重段階で 20 回ずつ行い、Case3, 6 は最大荷重で 40 回行った。これは繰返し载荷の総エネルギー(荷重レベル×回数)が同じになるように設定した。载荷方法として、静的载荷のみを与えた場合の極限支持力をもとに、極限支持力の 1/3 まで静的に载荷し、その後条件にあわせた回数分の繰返し载荷を行い、最後に静的载荷を終局限界に達するまでに行った。

3-2. 実験結果及び考察

各载荷段階の繰返し回数と沈下量の関係をそれぞれ図-4、図-5 に示す。最終沈下量は相対密度 60%の方が深くなっている。相対密度 60%の繰返し回数と沈下量の関係を見ると荷重振幅を増加させると沈下量の増分が大きくなっている。これは、初期の地盤が緩いため振幅値が増加すると地盤を締め固める効果が発揮されるために沈下量が増えたと思われる。一方、相対密度 80%の繰返し回数と沈下量の関係を見ると、各段階での沈下量が一定になっている。初期の地盤が相対密度 80%と密な地盤の場合、繰返し荷重を増加させるとダイレイタンスの効果も増加するため、締め固めの増加を打ち消したのではないかと推測している。次に各ケースの载荷荷重-沈下の結果を図-6、図-7 に示す。Case1 と同様の载荷荷重-沈下の勾配が得られたので Case2, 3 は同様の地盤であると考えられる。また、Case3 と Case4, 5 の地盤についても同様のことが言える。相対密度 60%では繰返し载荷の総エネルギーが同じで異なる载荷振幅条件で行っても繰返し载荷の最終沈下量は同じになった。しかし、極限支持力では 0.1kN の違いが得られた。一方、相対密度 80%では繰返し载荷の総エネルギーが同じで異なる载荷振幅で行うと、大きな繰返し载荷振幅の方が最終沈下量は大きくなったが、極限支持力は同等の値が得られた。このことより、繰返し载荷を受けた杭先端部の沈下量は、必ずしもエネルギーにより一義的に与えられるものではなく、荷重レベルと回数の影響を受けることが分かる。いずれのケースにおいても、今回の条件下では、繰返し载荷を受けた地盤の極限支持力は、単調载荷のそれを上回っており、繰返し载荷による先端地盤の密実化の影響が強く表れたものとなった。今後、実験条件を変えて実験ケースを増やし、繰返し载荷による沈下量と地盤の密実化の関係を調べていく必要がある。

- 〈参考文献〉 1) 地盤工学会：杭の鉛直载荷試験方法・同解説
2) 中村靖，内藤禎二：大地に根ざす基礎，山海社
3) 日本建築学会：基礎構造設計指針

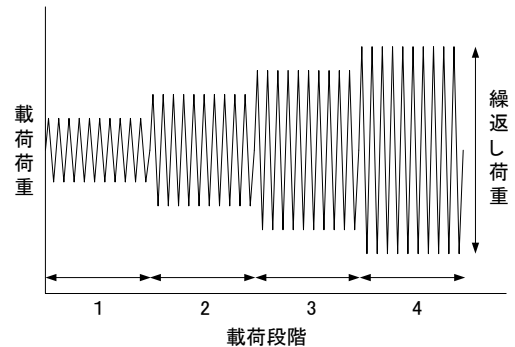


図-3 繰返し载荷漸増イメージ

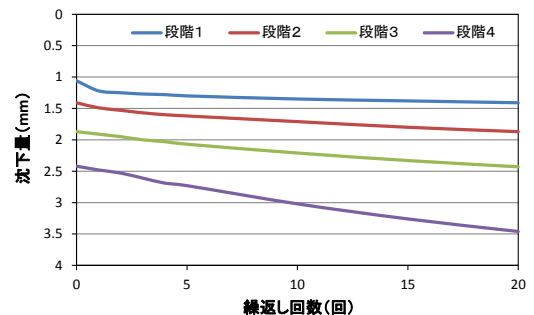


図-4 繰返し回数-沈下量 (Dr60%)

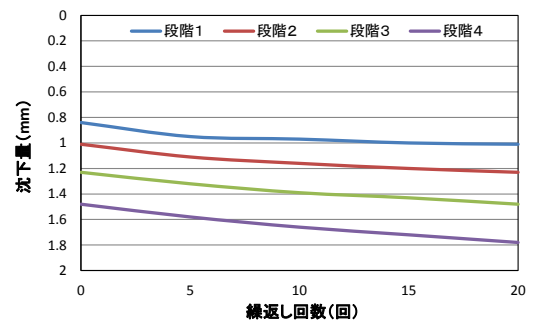


図-5 繰返し回数-沈下量 (Dr80%)

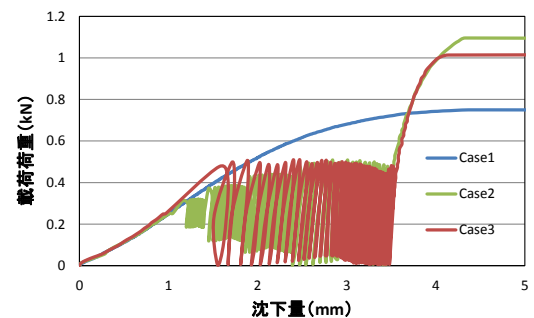


図-6 Case1~3 の実験結果

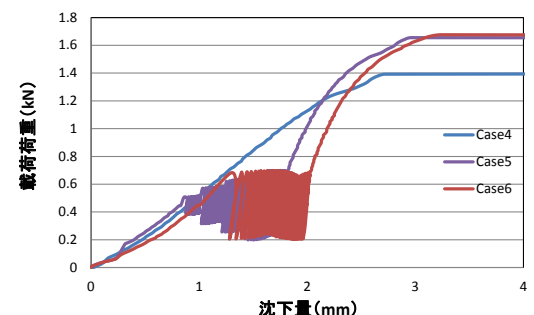


図-7 Case4~6 の実験結果