

動的載荷による杭の鉛直支持力に関する基礎的研究

東京都市大学・大学院 学生会員 ○細田明善 秋葉将太

財団法人ベターリビング 非会員 久世直哉

東京都市大学 正会員 末政直晃

1. はじめに

軟弱地盤上にある主要都市には、大型構造物が多く建設されており、地震発生時における構造物への支持力の保持が重要となっている。そのため、有効な基礎として杭基礎が広く用いられている。また、現在では静的押し込み載荷試験などの鉛直載荷試験で支持力を求めている。杭基礎の構造物が地震動を受けると上部構造物はロッキング運動をするとし、杭先端部は押し込みと引き抜きを交互に行っていると考えられている。しかし、地震動のように動的振動を受ける場合の杭の支持力特性については未だに十分な規定がなく、解明されていない。そこで本研究では、地震時における常時荷重がかかっている杭基礎の動的な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、地震時の動的挙動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。

2. 杭の鉛直支持力

杭の鉛直支持力は杭の鉛直載荷試験によって求められ、鉛直載荷試験の一つに静的押し込み試験があり、この試験により得られる指標の一つに極限支持力がある。図-1は杭の静的押し込み試験の荷重-沈下曲線の概念図である。この極限支持力に構造物の重要度や耐震性をもとに定められた安全率を用いて使用限界及び損傷限界における許容支持力が算定され、設計に用いられている。これらの限界値は大きな地震動を受けた時を想定して定められている。しかし、この試験では動的振動を与えていない場合で極限支持力を求めているため、動的振動を与えた場合の極限支持力が静的押し込み試験の極限支持力との違いがあるのか調べる必要がある。

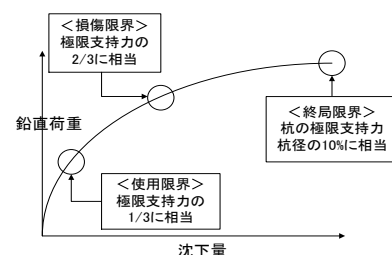


図-1 鉛直荷重-沈下曲線

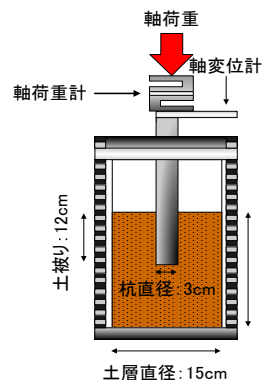


図-2 実験概要図

表-1 載荷方法及び実験方法

	Dr	載荷方法	動的振幅値(N)	動的載荷回数
Case1	60	A		20
Case2		B	110.5	
Case3			148	
Case4			208.5	
Case5			241.5	
Case6	80	A		20
Case7		B	110.5	
Case8			148	
Case9			208.5	
Case10			241.5	

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

3-1. 実験概要

実験装置概要を図-2に示す。本実験の実験装置は、模型杭と土槽で構成され、通常の静的載荷試験の極限支持力と静的載荷の途中で動的振動を与えることで、地震の様な繰り返し載荷を考慮した場合の極限支持力を比較した。土槽装置は円筒の亚克力容器（直径15cm、高さ30cm）、模型杭（直径3cm、長さ36cm）のものをを用いて、鉛直載荷と沈下量の測定を行った。模型地盤には、豊浦標準砂を使用して、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載荷装置に設置して、ロードセルを模型と結合させた。鉛直荷重がかからないように、模型杭先端をゆっくりと模型地盤上に設置し、更に試料を土被り分の高さが12cmになるまで空中落下法により作製した。土層条件および載荷方法を表-1に示す。Case1～5においては相対密度が60%に、Case6～10においては相対密度が80%になるように作製した。Case1及びCase6の載荷方法Aは静的載荷試験を行い、模型杭の極限支持力を測定した。また、Case2～5及びCase7～10の試験方法Bは載荷方法を3段階に分けて行った。試験方

杭と杭基礎 動的載荷 支持力

連絡先 〒158-8557 東京都世田谷区玉堤 1-28-1 東京都市大学 TEL:03-5707-0104 E-mail:gl281715@tcu.ac.jp

法 B は試験方法 A で求めた極限支持力の 1/3 まで静的载荷を行い、動的载荷を繰り返し行った。その後、再び静的载荷を行い、極限支持力を測定した。そして、载荷方法 A と B 両方の試験方法で求めた極限支持力の値を比較した。また、試験方法 B の動的载荷は 20 回、動的振幅値は 110.5N, 148N, 208.5N, 241.5N として実験を行った。以上の相対密度と载荷方法を用いて計 10 ケースの実験を行い、極限支持力は杭径の 10% (3mm) に達した終局時の鉛直荷重を採用した。尚、Case1~10 は乾燥地盤を想定して実験を行った。

3-2. 実験結果及び考察

各 Case の実験結果として沈下量と鉛直荷重の関係を図-3 及び図-4、極限支持力を表-4 にそれぞれ示す。Case1 及び Case6 では沈下量 1mm 程度まで荷重-沈下曲線は線形となったが、载荷が進むにつれて曲線の勾配が減少し、僅かな荷重の増加で沈下量が増大した。その後、終局限界値にあたる Case1 では 691N, Case6 では 1137N の極限支持力が得られた。さらに、相対密度 60% の Case2~5 は極限支持力の 1/3 の 230N まで Case1 と同様の荷重-沈下曲線の勾配が得られ、同様な地盤条件であることを確認した後、動的载荷を加えた場合の極限支持力はそれぞれ Case2 が 672N, Case3 が 750N, Case4 が 774N, Case5 が 979N になった。これより動的振幅値を大きくすると極限支持力は増加することがわかった。これは、やや緩い乾燥地盤では動的载荷により、杭先端の地盤が締め固まる効果によって地盤が密になり、極限支持力が増加することが考えられる。また、動的载荷振幅値が大きくなると負のダイレイタンスの影響を大きく受けると考えられる。しかし、動的载荷を加えた Case2 は静的载荷のみの Case1 より極限支持力が小さくなった。これは動的振幅値が小さかったため十分な振動を与えることが出来ず、正のダイレイタンスの影響を受け杭先端の地盤が緩い地盤になったためと考えられる。相対密度 80% の Case7~10 は極限支持力の 1/3 の 380N まで Case1 と同様の荷重-沈下曲線の勾配が得られ、同様な地盤条件であることを確認した後、動的载荷を加えた場合の極限支持力はそれぞれ Case7 が 1046N, Case8 が 1012N, Case9 が 950N, Case10 が 1059N になった。これは密な地盤に振動が加わることで、正のダイレイタンスの影響から杭先端の地盤の体積が膨張し、密度の低下から模型杭先端での支持力が減少したことが考えられる。動的载荷振幅値の違いにおいての極限支持力の大きさは正のダイレイタンスの影響を大きく受けると考えられる。そのため、Case10 の極限支持力が他の動的载荷を与えたケースと比べて大きくなっているのは杭先端の地盤が一度、正のダイレイタンスの影響によって体積膨張した後、負のダイレイタンスにより地盤の締め固めが行われたためと考えられる。

4. まとめ

以上の実験結果より以下の知見が得られた。

- ・動的载荷振幅値を大きくすると、相対密度の低い地盤での杭の先端支持力は増加し、相対密度の高い乾燥地盤での杭の先端支持力は減少することが確認した。つまり、ダイレイタンスの影響が大きくなると考えられる。
- ・動的载荷振幅値が小さすぎると、相対密度の低い地盤では負のダイレイタンスではなく正のダイレイタンスの影響より杭先端の地盤は緩くなり、極限支持力が減少すると考えられる。
- ・動的载荷を繰り返し行われ続けると杭先端の地盤が一度、正のダイレイタンスの影響によって体積膨張した後、負のダイレイタンスにより地盤の締め固めが行われ、また反対に、負のダイレイタンスにより地盤の締め固めた後、正のダイレイタンスの影響によって体積膨張すると考えられる。

〈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

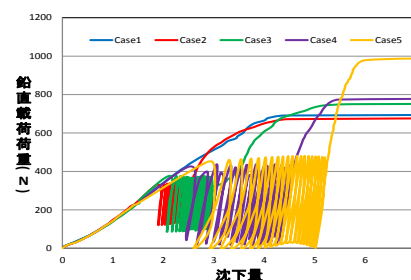


図-3 Case1~5 の実験結果

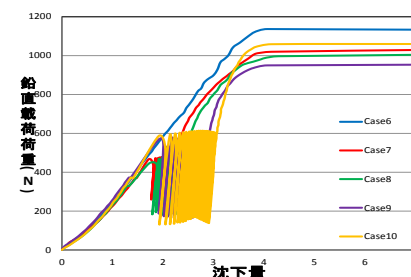


図-4 Case6~10 の実験結果

表-2 各 Case の極限支持力

	Dr	動的振幅値(N)	極限支持力 Ru(N)
Case1	60		691
Case2		110.5	672
Case3		148	750
Case4		208.5	774
Case5		241.5	979
Case6	80		1137
Case7		110.5	1046
Case8		148	1012
Case9		208.5	950
Case10		241.5	1059