



杭の鉛直振動における杭と地盤の相互作用に関する 基礎的研究

井上, 貴仁

(Degree)

博士 (工学)

(Date of Degree)

1988-03-31

(Date of Publication)

2014-03-07

(Resource Type)

doctoral thesis

(Report Number)

甲0734

(URL)

<https://hdl.handle.net/20.500.14094/D1000734>

※ 当コンテンツは神戸大学の学術成果です。無断複製・不正使用等を禁じます。著作権法で認められている範囲内で、適切にご利用ください。



氏名・(本籍)	いの うえ なか ひと (兵庫県)
学位の種類	工学博士
学位記番号	工博い第18号
学位授与の要件	学位規則第5条第1項該当
学位授与の日付	昭和63年3月31日
学位論文題目	杭の鉛直振動における杭と地盤の相互作用に関する基礎的研究

審査委員	主査 教授 水畑 耕治
	教授 谷本 喜一 教授 竹山 和彦
	大阪大学 教授 瀬口 靖幸

論文内容の要旨

本研究は、杭の鉛直振動における杭と地盤の相互作用に関する理論的および実験的研究を行うことにより、杭基礎を有する構造物の動的挙動に影響を与える杭—地盤系の基本的な振動特性を把握しようとするものであり、6章から成っている。

第1章「序論」では、杭—地盤系の動的相互作用に関する既往の研究を概観し、本研究の内容、目的、方法および特長について述べた。

第2章「支持杭の振動特性」では、鉛直振動における杭と地盤の相互作用に関する理論的解析を、最も簡単なモデルと考えられる剛基盤上の1層地盤に貫入された杭先端が剛基盤に達している杭(支持杭)に対して行った。本章の前半は、本研究の全般に関して基礎となる地盤振動を取り扱った。すなわち、等方等質な粘弾性体からなる剛基盤上の表層地盤の水平方向変位を無視した場合における振動方程式を、均質弾性体の振動方程式を適用することにより導き、せん断応力で評価した杭周面に作用する地盤抵抗力と杭周地盤の鉛直変位振幅との比で定義した地盤の動抵抗係数についての考察を行った。次に、本章の後半では、杭と地盤の境界に作用する地盤抵抗力のみを考慮した杭頭調和加振時における杭—地盤連成系の振動方程式を導き、杭先端、杭頭および杭周における境界条件を与えることにより、解析解を求める手法を提案した。そして、杭頭における変位応答および複素剛性を杭性状および地盤性状に関する広い範囲の無次元パラメータに対して求め、支持杭の振動特性に関する考察を行った結果、支持杭の振動特性は加振振動数、杭長(表層地盤の層厚)と杭半径との比および地盤と杭との剛性比の影響を大きく受けることが明らかとなった。さらに、杭に支持された剛体の応答を、1質点系の振動モデルに置換することに

より検討した。

第3章「摩擦杭の振動特性」では、前章の延長として杭先端が剛基盤に達していない杭（摩擦杭）を対象として理論的解析を行った。摩擦杭では杭周地盤の抵抗力はもちろんであるが、杭先端の挙動および杭先端地盤の支持抵抗を適切に評価する必要がある。本章では、これらの要因を取り入れるために杭先端と剛基盤との間に杭先端に密着し、杭と同径の粘弾性体からなる土柱を想定する解析モデルを提案した。この杭—土柱系と地盤との連成振動の解析解を用い杭頭における変位応答および複素剛性を、杭および地盤に関する広い範囲の無次元パラメータに対して求めた結果、摩擦杭の振動特性は支持杭以上に表層地盤の影響を大きく受け、その傾向は表層地盤の層厚に対して杭が短くなるほど、地盤が軟らかくなるほど顕著に表れることが明らかとなった。

第4章「群杭の振動特性」では、実際の建造物の基礎構造として用いられる群杭に対する理論的解析を、杭間相互の動的な連成効果を考慮した二つの手法を用いて行った。本章の前半では、調和振動している地盤中に土柱を設定することにより、ある杭の振動による受動側の杭に作用する地盤抵抗力を評価した。そして、他の杭の振動によっておこる杭周地盤の変位を考慮した杭—地盤連成系の振動方程式を導き、各杭の鉛直変位振幅を未知数とした連立方程式を作成することにより群杭の振動解析を行った。次に、本章の後半では、地盤の強制振動解を導き、地盤を通して伝達される他の杭の振動による影響を含んだ群杭地盤の動抵抗係数を求めることにより、単杭の場合の手法を応用することにより群杭の振動解析を行った。これらの振動解析より求めた解を用いて、杭頭における変位応答および複素剛性を、群杭の杭間隔を中心とした杭性状および地盤性状に関する広い範囲の無次元パラメータに対して求めた。その結果、群杭の振動特性は単杭の場合と大きく異なり、加振振動数、杭間隔および杭本数に大きく支配されており、特に杭間隔は動的な群杭効果を評価する上で重要な要因であることを指摘した。また、群杭の振動特性は地盤の1次固有振動数を境にして異なる傾向を示すことが明らかとなった。すなわち、地盤の1次固有振動数以下の振動数領域における群杭の応答は、杭間隔が大きくなるにしたがい単杭のそれに近づくが、地盤の1次固有振動数以上の振動数範囲では隣接杭より放射される波動の影響が大きくなり、群杭の応答は単杭の応答を中心として振動数に対して周期的な変動を示し、杭間隔が大きくなるほど、この周期的な変動が激しくなることが明らかとなった。

第5章「杭基礎の振動実験」では、杭基礎の耐震設計上の基盤的資料を得るため、同じ実験敷地内で実大規模の単杭および群杭基礎の起振機による鉛直加振実験を実施し、杭—地盤系の振動性状を明らかにした。さらに、前章までの解析より求めた理論値と実験値とを比較することによって、解析モデルの適用性および妥当性に関する検討を行った。その結果、理論値と実験値との対応は比較的良く、本理論は杭の基本的な鉛直振動特性を把握する上で簡便で有効な手法であることを示した。しかし、実務的に適用する際には杭の施工法や地盤条件などを考慮することにより、解析に用いる諸定数の適切な評価が必要であることを指摘した。

第6章「結論」では、各章で得た結果を総括的に述べた。

論文審査の結果の要旨

本研究は、杭の鉛直振動における杭と地盤の相互作用に関する理論的および実験的研究を行うことにより、杭—地盤系の基本的な鉛直振動特性を把握しようとするもので、6章から成っている。

第1章『序論』では、杭—地盤系の動的相互作用に関する既往の研究を概観し、本研究の内容、目的、方法および特長について述べている。

第2章『支持杭の振動特性』では、剛基盤上の1層地盤に貫入された杭先端が剛基盤に達している杭（支持杭）に対して理論的解析を行っている。本章の前半では、等方等質な粘弾性体からなる剛基盤上の表層地盤の振動方程式を導き、その解より求められる杭周地盤の鉛直変位振幅と杭周地盤抵抗力から定義した地盤の動抵抗係数について考察している。本章の後半では、杭と地盤の境界に作用する地盤抵抗力のみを考慮した杭—地盤連成系の振動方程式を導き、杭先端、杭頭および杭周における境界条件を与えることにより解を求めている。そして、杭頭における変位応答および複素剛性を地盤性状および杭性状に関する広い範囲の無次元パラメータに対して求め、支持杭の振動特性に関する考察を行った結果、支持杭の振動特性は加振振動数、杭長（表層地盤の層厚）と杭半径との比、地盤と杭との剛性比の影響を大きく受けることを明らかにしている。また、杭に支持された剛体の応答を1質点系の振動モデルに置換することにより検討している。

第3章『摩擦杭の振動特性』では、杭先端が剛基盤に達していない杭（摩擦杭）を対象として理論的解析を行っている。本章では、杭先端と剛基盤の間に杭先端に密着し杭と同径の粘弾性体からなる土柱を想定することにより、杭—土柱系と地盤との連成振動解析を行っている。導かれた解析解を用い杭頭における変位応答および複素剛性を杭および地盤に関するパラメータに対して求めた結果、摩擦杭の振動特性は支持杭以上に表層地盤の影響を大きく受け、その傾向は表層地盤の層厚に対して杭が短くなるほど、また地盤が軟らかくなるほど顕著に表われることを明らかにしている。

第4章『群杭の振動特性』では、群杭の理論的解析を、杭間相互の動的な連成効果を考慮した二つの手法を用いて行っている。本章の前半では、調和振動している地盤中に土柱を設定することにより、ある杭の振動による受動側の杭に作用する地盤抵抗力を評価している。そして、他の杭の振動によっておこる杭周地盤の変位を考慮した杭—地盤連成系の振動方程式を導き、群杭の各杭の鉛直変位振幅を未知数とした連立方程式を作成することにより振動解析を行っている。本章の後半では、地盤の強制振動解を導き、地盤を通して伝達される他の杭の振動による影響を含んだ群杭地盤の動抵抗係数を求めることによって、群杭の振動解析を行っている。これらの振動解析より求めた解を用いて、杭頭における変位応答および複素剛性を群杭の杭間隔に重点をおいた杭性状および地盤性状に関する無次元パラメータに対して求めた結果、群杭の振動特性は単杭

の場合とは大きく異なり、加振振動数、杭間隔および杭本数に大きく支配されており、特に杭間隔は動的な群杭効果を評価する上で重要であることを指摘している。また、群杭の振動特性は地盤の1次固有振動数を境にして異なる傾向を示すことを明らかにしている。

第5章『杭基礎の振動実験』では、同一地盤で実大規模の単杭および群杭の鉛直加振実験を実施し、杭―地盤系の振動性状を明らかにしている。さらに、前章までの解析より得られる理論値と実験値を比較することによって、解析モデルの適用性に関する検討を行った結果、両者の対応が比較的良好であることを示している。しかし、実務的に適用する際には、杭の施工法や地盤条件などを考慮することにより、解析に用いる諸定数の適切な評価が必要であることを指摘している。

第6章『結論』では、各章で得た結果を総括的に述べている。

以上の通り本論文は、単杭および群杭の鉛直振動における杭と地盤の相互作用に関して、杭周地盤抵抗力の他に杭先端地盤の支持抵抗力と杭間の相互作用を考慮した理論解析および実大規模の鉛直杭頭加振実験を行い、理論値と実験値を比較することによって、杭―地盤系の基本的な鉛直振動特性を明らかにすると共に、理論解析モデルの実大杭―地盤系への適用性を検討したもので、構造解析学および構造設計上重要な知見を得たものとして、工学上および工業技術上有意義なものである。

よって、論文提出者井上貴仁は工学博士の学位を得る資格があると認められる。