The University of Osaka
Institutional Knowledge Archive

Title	極大地震における群杭基礎の水平抵抗と被害解析に関する研究
Author(s)	中野, 尊治
Citation	大阪大学, 2017, 博士論文
Version Type	VoR
URL	https://doi.org/10.18910/61758
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

https://ir.library.osaka-u.ac.jp/

The University of Osaka

様式３

論　文　内　容　の　要　旨

氏　名　（　　中野　尊治　　）	
論文題名	極大地震における群杭基礎の水平抵抗と被害解析に関する研究

論文内容の要旨

近年では、耐震設計のレベル2を上回る地震動により杭基礎が損傷し、鉛直支持力を失うことで建物機能を喪失する被害が発生している。逼迫する都市直下地震や南海トラフ巨大地震においても極大地震の発生が予測されており、杭基礎の高耐震化が不可欠である。しかし、極大地震における杭基礎の挙動は、地盤－杭－上部構造連成系の非線形相互作用により複雑となる。そこで本論文では、極大地震における群杭基礎の水平抵抗と杭被害のメカニズムを解明し、杭基礎の耐震設計の高度化に資することを目的とする。本論文は以下の6章から構成される。

第1章「序論」では、極大地震で杭基礎建物に発生する非線形相互作用と過去の杭被害について既往文献を調査し、本論文の位置付けを明確にするとともに、研究目的を示した。

第2章「群杭基礎建物の模型振動台実験と解析検討」では、乾燥砂地盤内に設置した25本群杭模型を対象に、振動台を用いた地震波入力による加振実験と三次元有限要素法によるシミュレーション解析を行った。その結果、入力レベルが大きくなるにつれて、地盤－群杭－上部構造連成系の固有振動数は小さくなり、地盤の非線形性が杭基礎建物の地震応答に大きな影響を与えることを示した。杭頭に生じる曲げモーメントは、隅杭で最も大きく、次いで側面杭、中央杭の順に小さくなり、群杭中の杭位置によって違いが見られた。しかし、入力レベルが大きくなるにつれ、杭位置による杭の曲げモーメントや分布形状の違いは小さくなることを示した。三次元有限要素法による解析結果は、入力レベルの違う上部構造および群杭の応答特性ともに実験結果と良い対応を示し、解析法の有効性を示した。

第3章「静的水平載荷解析による群杭基礎の杭周水平地盤抵抗」では、実大群杭の三次元有限要素法を用いた解析により、杭本数、杭配置、杭間隔、地盤条件および加力方向を変えて群杭の杭一本ごとの杭周地盤抵抗を算出した。その結果、群杭の杭周地盤抵抗は、小変位時には隅杭で大きく中央杭で小さくなるのに対し、大変位時には前面杭で集中して大きくなり、杭位置によって杭周地盤の抵抗性状が異なることを明らかにした。また、粘土地盤に比べ砂質地盤では、杭間隔が狭い場合に杭位置による杭周地盤抵抗の違いが顕著になることを示した。杭周地盤抵抗の加力方向による方向性は、特に隅杭では大きな地盤反力が発生する加力方向の範囲が広いことを示した。

第4章「1995年兵庫県南部地震での杭被害解析」では、1995年兵庫県南部地震の震度7地域で杭頭が損傷した杭基礎建物を三次元有限要素法で正確にモデル化し、建設地点で計算した工学的基盤波を入力動とする被害解析を行った。その結果、上部構造の応答層せん断力は保有水平耐力を下回り、被害状況と概ね対応した。建物北西部で発生した杭頭被害の原因については、杭本数が少ない独立フーティングのために杭周地盤抵抗が大きくなり上部構造の慣性力の分担が大きくなったこと、さらに建物北東部にあった隣接建物の存在により北西部の杭に大きな慣性力が生じたことを示した。また、上部構造からの慣性力とほぼ同時に大きな地盤変位が同方向に杭に作用したために、杭頭での塑性化が進行したことを明らかにした。

第5章「2016年熊本地震での杭被害解析」では、2016年熊本地震のKiK-net益城地点での観測波を入力動として、擁壁に囲まれた段差地盤上に建つ仮想杭基礎建物の応答解析を三次元有限要素法を用いて行った。本解析では杭基礎として、1次設計に準拠した断面性能をもつ場所打ちRC杭を想定した。入力動が大きかった建物長辺方向では、上部構造からの慣性力と地盤変位が同時に作用したことにより杭頭の曲げモーメントが大きく、さらに地中部では地盤変形による曲げモーメントが大きくなり、杭被害が発生している可能性を示した。一方、入力動が小さかった建物短辺方向では、圧縮方向の変動軸力が大きくなる杭で曲げモーメントが大きくなる結果であったが、被害の程度は長辺方向に比べ小さくなることを示した。また、擁壁の存在により地盤応答が杭位置で異なるために、擁壁に近い位置の杭頭で曲げモーメントが増大しており、擁壁をもつ段差地盤上の杭基礎の設計では擁壁地盤の影響を適切に考慮する必要があることを示した。

第6章「結論」では、本研究で得られた成果を総括するとともに、今後の課題をまとめ、本論文の結論とした。

様式 7

論文審査の結果の要旨及び担当者

氏　名　（　中野　尊治　）		
論文審査担当者	（職）	氏　名
	主 査　教　授	宮本　裕司
	副 査　教　授	多田　元英
	副 査　准教授	川辺　秀憲
	副 査　准教授	桑原　進

論文審査の結果の要旨

近年では、耐震設計のレベル 2 を上回る地震動により杭基礎が損傷し、鉛直支持力を失うことで建物機能を喪失する被害が発生している。逼迫する都市直下地震や南海トラフ巨大地震においても極大地震の発生が予測されており、杭基礎の高耐震化が不可欠である。しかし、極大地震における杭基礎の挙動は、地盤－杭－上部構造連成系の非線形相互作用により複雑となる。そこで本論文では、極大地震における群杭基礎の水平抵抗と杭被害のメカニズムを解明し、杭基礎の耐震設計の高度化に資することを目的としている。本論文は以下の 6 章から構成されている。

第 1 章「序論」では、極大地震で杭基礎建物に発生する非線形相互作用と過去の杭被害について既往文献を調査し、本論文の位置付けを明確にするとともに、研究目的を示している。

第 2 章「群杭基礎建物の模型振動台実験と解析検討」では、乾燥砂地盤内に設置した 25 本群杭模型を対象に、振動台を用いた地震波入力による加振実験と三次元有限要素法によるシミュレーション解析を行っている。その結果、入力レベルが大きくなるにつれて、地盤－群杭－上部構造連成系の固有振動数は小さくなり、地盤の非線形性が杭基礎建物の地震応答に大きな影響を与えることを示している。また、杭頭に生じる曲げモーメントは、隅杭で最も大きく、次いで側面杭、中央杭の順に小さくなり、群杭中の杭位置によって違いが見られるが、入力レベルが大きくなるにつれ、杭位置による杭の曲げモーメントや分布形状の違いは小さくなることを示している。三次元有限要素法による解析結果では、入力レベルの違う上部構造および群杭の応答特性ともに実験結果と良く対応し、解析法の有効性を示している。

第 3 章「静的水平載荷解析による群杭基礎の杭周水平地盤抵抗」では、実大群杭の三次元有限要素法を用いた解析により、杭本数、杭配置、杭間隔、地盤条件および加力方向を変えて群杭の杭一本ごとの杭周地盤抵抗を算出している。その結果、群杭の杭周地盤抵抗は、小変位時には隅杭で大きく中央杭で小さくなるのに対し、大変位時には前面杭で集中して大きくなり、杭位置によって杭周地盤の抵抗性状が異なることを明らかにしている。また、粘土地盤に比べ砂質地盤では、杭間隔が狭い場合に杭位置による杭周地盤抵抗の違いが顕著になることを示している。杭周地盤抵抗の加力方向による方向性は、特に隅杭では大きな地盤反力が発生する加力方向の範囲が広くなることを示している。

第 4 章「1995 年兵庫県南部地震での杭被害解析」では、1995 年兵庫県南部地震の震度 7 地域で杭頭が損傷した杭基礎建物を三次元有限要素法で正確にモデル化し、建設地点で計算した工学的基盤波を入力動とする被害解析を行っている。その結果、上部構造の応答層せん断力は保有水平耐力を下回り、被害状況と概ね対応することを示している。建物北西部で発生した杭頭被害の原因については、杭本数が少ない独立フーティングのために杭周地盤抵抗が大きくなり上部構造の慣性力の分担が大きくなったこと、さらに建物北東部にあった隣接建物の存在により北西部の杭に大きな慣性力が生じたことを示している。また、上部構造からの慣性力とほぼ同時に大きな地盤変位が同方向に杭に作用したために、杭頭での塑性化が進行したことを明らかにしている。

第 5 章「2016 年熊本地震での杭被害解析」では、2016 年熊本地震の KiK-net 益城地点での観測波を入力動として、

擁壁に囲まれた段差地盤上に建つ仮想杭基礎建物の応答解析を三次元有限要素法を用いて行っている。本解析では杭基礎として、1 次設計に準拠した断面性能をもつ場所打ち RC 杭を想定している。入力動が大きかった建物長辺方向では、上部構造からの慣性力と地盤変位が同時に作用したことにより杭頭の曲げモーメントが大きく、さらに地中部では地盤変形による曲げモーメントが大きくなり、杭被害が発生している可能性を示している。一方、入力動が小さかった建物短辺方向では、圧縮方向の変動軸力が大きくなる杭で曲げモーメントが大きくなる結果であったが、被害の程度は長辺方向に比べ小さくなることを示している。また、擁壁の存在により地盤応答が杭位置で異なるために、擁壁に近い位置の杭頭で曲げモーメントが増大し、擁壁をもつ段差地盤上の杭基礎の設計では擁壁地盤の影響を適切に考慮する必要があることを示している。

第 6 章「結論」では、本研究で得られた成果を総括するとともに、今後の課題と本論文の結論をまとめている。

以上のように、本論文は極大地震時における群杭の杭周地盤の非線形抵抗特性を実験および解析により明らかにするとともに、実地震での群杭基礎建物の被害原因を詳細な解析により明らかにしたところに特徴がある。また学術的に新規性があるとともに、社会的にも有用性が高く、今後の群杭支持された建物の耐震設計解析モデルの高度化に資する研究である。

よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。