

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	上部構造のロッキング上下動に着目した鉄筋コンクリート杭の損傷検出に関する研究
Title(English)	
著者(和文)	柴田景太
Author(English)	Keita Shibata
出典(和文)	学位:博士(工学), 学位授与機関:東京工業大学, 報告番号:甲第12754号, 授与年月日:2024年3月26日, 学位の種別:課程博士, 審査員:田村 修次,竹内 徹,坂田 弘安,堀田 久人,五十嵐 規矩夫
Citation(English)	Degree:Doctor (Engineering), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第12754号, Conferred date:2024/3/26, Degree Type:Course doctor, Examiner:,,,,
学位種別(和文)	博士論文
Category(English)	Doctoral Thesis
種別(和文)	論文要旨
Type(English)	Summary

論文要旨

THESIS SUMMARY

系・コース： Department of, Graduate major in	建築学 建築学	系 コース	申請学位 (専攻分野)： 博士 (工学) Academic Degree Requested Doctor of
学生氏名： Student's Name	柴田 景太	審査員主査： Chief Examiner	田村 修次

要旨 (和文 2000 字程度)

Thesis Summary (approx.2000 Japanese Characters)

本論文は「上部構造のロッキング上下動に着目した鉄筋コンクリート杭の損傷検出に関する研究」と題し、以下の7章から構成されている。 第1章「序論」では、地震後に杭の健全性を把握することの意義を言及し、杭の損傷を調査する既往の方法の特徴を述べている。さらに、地震による杭被害、杭の損傷原因を明らかにするための実験・解析、杭の損傷検出方法に関する既往研究を整理している。本研究では、アスペクト比が比較的大きい建物を対象に、非液化化地盤における鉄筋コンクリート杭 (RC 杭) の曲げ破壊に対して、地震観測記録から損傷を検出する方法を提案している。 第2章「RC 杭基礎構造物を対象とした大型振動台実験」では、杭の損傷と上部構造物の地震応答との関係を検討するために大型振動台実験を実施している。大型せん断土槽内に作製した乾燥砂地盤に、上部構造物とパイルキャップ (実建物の基礎躯体に相当) で構成される構造物を鉄筋モルタル製の 3×2 群杭で支持した模型を設置し、地震波加振で杭を損傷させている。実験の計測データから、杭が損傷すると引き抜き側の軸剛性が押し込み側よりも小さくなり、ロッキング振動の回転軸がパイルキャップ底面中央から前方杭側へ水平移動するため、パイルキャップ中央部において動的な上向きの変位が発生する現象を確認している。 第3章「三次元 FEM によるシミュレーション解析」では、地盤・構造物をソリッド要素、杭をファイバー要素でモデル化し、三次元有限要素法 (FEM) でシミュレーション解析を実施している。実験においてみられた動的な上向きの変位が発生する現象を解析で再現するとともに、杭の損傷の考慮有無で比較し、パイルキャップの水平応答よりも鉛直応答において、杭の損傷の影響が明確に現れることを示している。 第4章「上部構造のロッキング動が杭の損傷に与える影響」では、実験で計測した鉄筋ひずみおよび解析で評価したモルタルの圧縮縁ひずみに基づいて、変動軸力が杭の損傷に及ぼした影響を考察し、杭の損傷リスクが高くなる箇所を検討している。杭頭部では端杭の構造物中心側、地中部では端杭の自由地盤側において、杭の変動軸力に起因するひずみと曲げ変形によるひずみの向きが一致し、モルタル圧壊および鉄筋降伏の発生リスクが高くなることを示している。これらの箇所に対して重点的にセンサーを配置することで、杭の健全性をひずみ計測等により直接観測するモニタリングを効率的に実施できるとしている。 第5章「上部構造のロッキング上下動に基づく杭の損傷検出」では、杭が損傷するとパイルキャップに動的な上向きの変位が発生する現象に着目し、杭の損傷を検出する方法を提案している。パイルキャップの平均鉛直加速度に、上部構造物の水平加速度に対して 2 倍の振動数成分が含まれているかを分析することで杭の損傷有無を検出できる可能性があるとしている。ただし、杭の損傷に起因する鉛直応答を抽出する方法については今後の課題としている。さらに、動的な上向きの変位量に着目した損傷検出についても示している。変位量が上部構造物の転倒モーメントに対して顕著に増加する現象を確認することで、杭の損傷有無、変位量から損傷程度を推定することができる可能性があるとしている。また、杭体が損傷しない程度の地震に対するデータを前もって収集しておき、余震時のデータと比較することで損傷を検出する方法についても提案している。変位量の評価には、観測した加速度を 2 階積分した変位を用いることができるとしている。 第6章「杭の損傷検出に対する基礎梁剛性の影響」では、実建物への適用性に関する一検討として、基礎版が面外に変形する影響について、基礎梁の剛性を考慮した三次元 FEM 解析で検討している。杭に対する基礎梁の曲げ剛性比を検討パラメータとしており、基礎梁剛性が小さいケースにおいても、杭損傷時に動的な上向きの変位量が発生することを確認している。さらに、パイルキャップの平均鉛直加速度に、上部構造物の水平加速度に対して 2 倍の振動数成分が含まれることも確認しており、実建物のように基礎版が変形する条件においても適用性があるとしている。 第7章「結論」では、実験と解析で得られた知見をまとめるとともに、計測・調査の対象とする杭や深度を選定する方法、および上部構造物の応答から杭の損傷を検出する方法について得られた結論を示している。さらに、今後の課題と展望についても述べている。 以上を要するに、本論文では、建物の地震観測記録から杭の損傷を検出する方法を、大型せん断土槽を用いた振動台実験および三次元 FEM 解析の結果に基づいて提案しており、基礎構造の健全性モニタリング技術、さらに工学および工業の発展に寄与するところが大きい。よって本論文は、博士 (工学) の学位論文として十分な価値があるものと認められる。

備考：論文要旨は、和文 2000 字と英文 300 語を 1 部ずつ提出するか、もしくは英文 800 語を 1 部提出してください。

Note : Thesis Summary should be submitted in either a copy of 2000 Japanese Characters and 300 Words (English) or 1copy of 800 Words (English).

注意：論文要旨は、東工大リサーチポジトリ(T2R2)にてインターネット公表されますので、公表可能な範囲の内容で作成してください。

Attention: Thesis Summary will be published on Tokyo Tech Research Repository Website (T2R2).

論文要旨

THESIS SUMMARY

系・コース： Department of, Graduate major in	建築学 建築学	系 コース	申請学位 (専攻分野)： 博士 Academic Degree Requested Doctor of	(工学)
学生氏名： Student's Name	柴田 景太		審査員主査： Chief Examiner	田村 修次

要旨 (英文 300 語程度)

Thesis Summary (approx.300 English Words)

The thesis titled "Research on Damage Detection in Reinforced Concrete Piles Focusing on Vertical Motion Induced by Rocking Motion of Superstructure" investigates detection methods of pile damage using seismic observation records. Chapter 1 introduces the significance of understanding pile integrity after earthquakes and reviews previous research. The focus is on flexural failure of RC piles in non-liquefied ground. Chapter 2 presents a large-scale shaking table test conducted on RC pile foundations. The results show that when the piles are damaged, the rotation axis of rocking motion moves horizontally from the center of the pile cap towards the front pile side, causing dynamic upward displacement at the central part of the pile cap. Chapter 3 conducts simulation analyses using 3D FEM. The analyses successfully reproduce the dynamic upward displacement observed in the test. It also shows that the vertical response of the pile cap is more affected by pile damage than the horizontal response. Chapter 4 investigates the influence of superstructure rocking motion on pile damage. Based on the strains in the piles caused by axial and bending loads, high-risk areas of the shafts for pile damage are identified. It is proposed to strategically place sensors in these areas for efficient monitoring of the pile integrity. Chapter 5 proposes methods to detect pile damage based on the dynamic upward displacement. The detection is possible by analyzing the frequency components of the average vertical acceleration of the pile cap or by evaluating the displacement amount. Furthermore, a method is proposed to detect the damage by comparing data from non-damaging seismic events with aftershocks. Chapter 6 examines the influence of foundation beam stiffness on pile damage detection. Results of 3D FEM show that even with low foundation beam stiffness, the detection methods are applicable. Chapter 7 summarizes the findings on the detection of pile damage.
--

備考：論文要旨は、和文 2000 字と英文 300 語を 1 部ずつ提出するか、もしくは英文 800 語を 1 部提出してください。
Note：Thesis Summary should be submitted in either a copy of 2000 Japanese Characters and 300 Words (English) or 1copy of 800 Words (English).

注意：論文要旨は、東工大リサーチリポジトリ(T2R2)にてインターネット公表されますので、公表可能な範囲の内容で作成してください。
Attention: Thesis Summary will be published on Tokyo Tech Research Repository Website (T2R2).