



Title	有効応力解析法に基づく液状化地盤-杭基礎-建築構造物系の地震時挙動評価
Author(s)	船原, 英樹
Citation	大阪大学, 2007, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/48486
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、 ＜a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed">https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed >大阪大学の博士論文についてをご参照ください。

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

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

The University of Osaka

氏 名	ふな 船 原 ひで き 樹
博士の専攻分野の名称	博 士 (工 学)
学 位 記 番 号	第 2 1 4 4 0 号
学 位 授 与 年 月 日	平成 19 年 3 月 23 日
学 位 授 与 の 要 件	学位規則第 4 条第 2 項該当
学 位 論 文 名	有効応力解析法に基づく液状化地盤－杭基礎－建築構造物系の地震時挙動評価
論 文 審 査 委 員	(主査) 助教授 馬場 研介 (副査) 教 授 今井 克彦 教 授 大野 義照 教 授 甲津 功夫

論 文 内 容 の 要 旨

第 1 章では、液状化地盤における建築基礎杭の地震時挙動を評価する手法について研究の背景と既往の研究事例を整理し、有効応力解析法に基づいた本研究の目的と位置付けを述べた。

第 2 章では、飽和地盤を土骨格と間隙水の 2 相系とした 2 次元および 3 次元の有限要素法に対して、Stress-Density Model を土骨格の構成則として組み込んだ有効応力解析法について述べた。

第 3 章では、本研究で開発した有効応力解析法の妥当性を検証するため、大型振動台実験データを対象として液状化地盤－杭基礎系の 2 次元シミュレーション解析を実施した。液状化地盤中で鉄筋モルタル杭を「振動破壊」させる実験、および液状化地盤中の鋼管杭に作用する「水平地盤反力」を実測する実験を対象とした。実験データとシミュレーション解析結果を比較して、地盤の液状化挙動とともに、杭の破壊現象や杭に作用する水平地盤反力を正確に把握できることを確認した。さらに工学的に重要な地震時の杭応力を評価するため、杭体積を考慮した場合と無視した場合の 3 次元解析を実施し、両解析ならびに 2 次元解析の結果に大きな差異がないことから、2 次元解析の工学的な有用性を示した。

第 4 章では、兵庫県南部地震で実際に液状化した地盤に建つ杭基礎で支持した建物を対象として、2 次元の有効応力解析法を適用した。杭に地震被害があった事例のシミュレーション解析を通して、液状化した地盤の大変形に伴って液状化層とその下に位置する非液状化層の境界付近で杭の圧壊が生じたことを明らかにした。また、杭頭に伝達したせん断力を再現するためには、根入れ基礎部の周辺に分布する非液状化層の剛性を杭の水平抵抗計算に用いられる「地盤の変形係数 E_0 」程度まで低減させる必要があることを示した。一方、支持杭に顕著な地震被害がないと推定された建物の解析を通して、杭に被害が生じないことを裏付けるためには、液状化層の上下で杭を拘束している非液状化層の局所的な非線形性を考慮する必要があることを示した。

第 5 章では、有効応力解析法を応用して地盤の締固めによる液状化対策を評価した。まず液状化対策地盤の地震時挙動を 3 次元解析し、その結果をふまえたうえで、平均的な間隙比を用いて対策地盤全体を一樣にモデル化する手法を提案した。次いで締固め地盤上の実建物を対象として、提案手法を用いた杭基礎の耐震設計を実施した。その結果、液状化対策を行う地盤の範囲を建屋直下に限定しても、杭基礎の地震時応力が低減されて耐震安全性を確保できる場合があることを示した。

第 6 章では、本研究の成果をまとめるとともに結論を述べた。

論文審査の結果の要旨

臨海部の人工造成地盤や地下水で飽和した沖積砂質地盤では大地震時に液状化する可能性が高く、建築構造物を支持する地盤ならびに杭基礎の耐震安全性を適切に評価することが重要である。しかるに通常的地盤と異なり、液状化した地盤では高度の非線形性を有する土骨格および飽和した地下水の2相混合体を対象とする必要があり、かつ地震時には杭基礎を介して上部建築構造物と動的な相互作用の振動機構を形成することに配慮する必要がある。

本論文では、有効応力解析法に立脚して間隙をもつ土骨格に適した非線形の構成則を組み込み、間隙水との2相混合体中に埋設した杭基礎の地震時挙動を適正に評価できる有限要素法を開発するとともに、大型振動台を用いた相互作用模型の実験結果ならびに兵庫県南部地震で実際に液状化した地盤中の杭基礎に見られる地震被害状況など実証的なデータと照らし合わせて、提示した解析法の妥当性を検証している。得られた成果を要約すれば次の通りである。

土骨格に対して有効応力解析法に基づく **Stress-Density Model** の構成則を組み込み、間隙水と2相混合する液状化地盤とともに杭基礎－上部建築構造物を対象とする総合化した有限要素法を開発している。一方、大型振動台を用いて液状化地盤中の鉄筋モルタル杭が振動破壊に至るまでの挙動を追試する実験、および液状化地盤中の鋼管杭に作用する水平地盤反力を計測する実験を行い、得られた実験データと開発した解析法に基づくシミュレーション結果を比較して、地盤の液状化挙動とともに杭の破壊現象や杭に作用する動的な水平地盤反力を正確に把握できることを示している。

またシミュレーション解析を通して工学的に重要な杭の地震時応力を評価する際、細長い杭周に分布する応力を等価的に杭の中心軸上へ集中させても実用上は支障が無いことを確認している。さらに本論文で開発した有効応力解析法を兵庫県南部地震における実被害例に適用したところ、杭が圧壊した箇所は液状化した地層と液状化しない地層との境界付近であること、上部構造から杭頭へせん断力が円滑に伝達したのは根入れ基礎の周辺に分布する非液状化層の剛性が低下した所以であることを示している。他方で支持杭の被害が確認されなかった建築物では、液状化層を上下から挟む非液状化層において杭周の局所的な非線形性が関与した可能性が高いことを示している。

開発した有効応力解析法を応用すれば地盤の液状化対策に用いる改良工法の検証が可能であることを示すとともに、締固め対策を一例として間隙比の平均化に基づく一様分布させた地盤モデルを提唱している。

以上のように、本論文は液状化地盤－杭基礎－建築構造物系の地震時挙動およびその評価法について考究したものであり、建築耐震工学の発展に寄与するところが大きい。よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。