

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	累積損傷度法に基づく過剰間隙水圧変動モデルを用いた実用的な地盤 - 建物系の三次元地震応答解析手法に関する研究
Title(English)	
著者(和文)	吉田洋之
Author(English)	HIROYUKI YOSHIDA
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9295号, 授与年月日:2013年9月25日, 学位の種別:課程博士, 審査員:時松 孝次,小河 利行,竹内 徹,堀田 久人,五十嵐 規矩夫, 竹村 次朗
Citation(English)	Degree:Doctor (Engineering), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第9295号, Conferred date:2013/9/25, Degree Type:Course doctor, Examiner:,,,,,
学位種別(和文)	博士論文
Category(English)	Doctoral Thesis
種別(和文)	要約
Type(English)	Outline

本論文は、「累積損傷度法に基づく過剰間隙水圧変動モデルを用いた実用的な地盤—建物系の三次元地震応答解析手法に関する研究」と題し、以下の6章から構成されている。

第1章「序論」では、まず地盤の液状化現象を考慮する既存の地盤—建物系の三次元地震応答解析（有効応力解析）手法が、解析パラメータの設定に高度な工学的判断を必要とするため、実務において効果的に用いられていないことを指摘し、実用的な有効応力解析手法の必要性を示し、関連する既往の研究成果を纏めるとともに問題点を整理し、本論文の目的を述べている。

第2章「一次元過剰間隙水圧変動モデルの提案」では、まず半波毎に構築された累積損傷度法を、逐次積分解析に拡張するため、液状化強度試験結果の分析から、供試体の相対密度や載荷応力比によらず、累積損傷度と過剰間隙水圧比の関係がサイクリックモビリティ発生前後で区分した関数で表現できること、サイクリックモビリティ発生後の有効応力経路が基準化した関数で表現できること、サイクリックモビリティ発生後の変相線から除荷点までのせん断剛性がそれまでに経験した最大せん断ひずみをパラメータとした関数で表現できることを示している。次に、これらの特徴に基づいて、地盤調査や室内試験結果から、解析パラメータが簡易に設定可能な一次元過剰間隙水圧変動モデルを提案し、提案モデルを用いたランダム波載荷試験のシミュレーション解析を行って、提案モデルが工学的に十分な精度で試験結果の有効応力経路や応力—ひずみ関係を再現できることを示している。

第3章「三次元過剰間隙水圧変動モデルの提案」では、まず三次元における土の非線形性を π 平面上における無次元化相当応力増分を一次元における累積損傷度の増分評価に適用することで、第2章で提案した一次元過剰間隙水圧変動モデルを三次元に拡張している。次に、せん断応力と軸差応力が十字状および楕円状に作用する多方向液状化試験を実施し、三次元過剰間隙水圧変動モデルを用いたシミュレーション解析により、提案モデルが試験結果の過剰間隙水圧時刻歴や有効応力経路などを工学的に十分な精度で再現できることを示すと同時に、石原ら（1980）による水平二方向せん断応力が作用する液状化試験に関しても比較検討を加え、提案した三次元過剰間隙水圧変動モデルの有効性を確認している。

第4章「地盤の地震応答解析手法」では、まずBiotにより提案された二相系の運動方程式の近似解法のうちu-p法に、第3章で提案した三次元過剰間隙水圧変動モデルを組み込んだ有効応力解析手法を提案している。次に、提案手法の有効性を確認するため、非液状化地盤の事例として東京電力柏崎サービスホールにおける2007年新潟県中越沖地震の鉛直アレイ強震記録を対象とし、地盤を土柱モデルとした三方向成分同時入力によるシミュレーション解析を実施し、三方向成分とも強震記録の最大値分布や加速度応答スペクトルをよく再現することができることを示している。さらに、液状化地盤の事例として釧路港湾における1993年釧路沖地震の鉛直アレイ強震記録を対象とし、地盤を土柱モデルとした三方向成分同時入力によるシミュレーション解析を実施し、密な砂地盤特有のサイクリックモビリティ現象によるスパイク状の加速度時刻歴などを再現することができることを示し

ている。また、両検討結果に基づいて、鉛直動に関しては、せん断挙動の非線形性により生じる土骨格の履歴減衰のみでは減衰が不足し、例えば間隙水の減衰を考慮しなければ観測記録を再現できないことを指摘している。

第5章「地盤－建物系の三次元地震応答解析」では、石炭鉱山における発破震動を利用した液状化地盤に設置された大型杭支持構造物モデルの振動実験を対象とし、第4章で提案した三次元有効応力解析手法を用いて地盤－建物系のシミュレーション解析を行ない、三方向成分同時入力による解析結果が、液状化地盤の過剰間隙水圧の時刻歴波形と構造物の加速度時刻歴波形や杭曲率の時刻歴波形をよく再現しており、提案した解析手法が地盤－建物系の三次元地震応答解析手法として十分な工学的精度を有していることを示している。さらに、三次元解析の有効性を確認するため、地震動の入力成分の違いに関するパラメータスタディを実施し、一方向入力の場合、地震波の入力方向成分によっては過剰間隙水圧の上昇量を低く評価するため、上屋の応答を過大評価する一方で、杭の曲率を過少評価する可能性があることを指摘している。

第6章「結論」では、本論文で得られた成果を総括している。