

氏 名	み 三 輪 しげる 滋
学位の種類	博 士 (工 学)
学位記番号	工 博 第 2342 号
学位授与の日付	平 成 16 年 3 月 23 日
学位授与の要件	学 位 規 則 第 4 条 第 1 項 該 当
研究科・専攻	工 学 研 究 科 土 木 工 学 専 攻
学位論文題目	液 状 化 地 盤 に お け る 杭 基 礎 構 造 物 系 の 耐 震 解 析 法

論文調査委員 (主 査) 教 授 佐 藤 忠 信 教 授 家 村 浩 和 教 授 井 合 進

論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、強震時において液状化した地盤と構造物基礎の挙動に関して、被害事例を通じ、その被害原因、被害過程を明らかにするとともに、より精度の高い解析手法を提案し、その有効性を検証したもので、7章からなっている。

第1章は序論で、研究の背景と、既往の研究をレビューし、残された課題を整理するとともに、本論文の位置付けと構成が示されている。

第2章では、表層地盤の非線形性が地震時の地盤挙動におよぼす影響を観測記録を用いて検討している。まず、観測事例の少ない過剰間隙水圧が明瞭に上昇した記録を含む、液状化アレー観測記録の分析から、表層地盤の非線形増幅特性、間隙水圧上昇特性を明らかにしている。さらに、鳥取県西部地震における境港市の近接した3観測点で記録された地震動を用いて、表層地盤構造と地盤の非線形特性が地震動の違いにおよぼす影響が大きいことを明らかにしている。

第3章では、地盤の非線形性や地盤の液状化とそれに起因した地盤の変形が構造物基礎におよぼす影響について被災事例に基づいて検討している。

液状化地盤中の杭基礎構造物の挙動を評価する方法として、多質点系の地震応答解析と地盤の流動解析を組み合わせた方法を提案し、兵庫県南部地震で被災した鋼管杭基礎構造物に適用し、被害の発生過程を、慣性力による被害、液状化に起因した地盤変形による被害、地盤流動による被害の3つのステージに分けて明らかにしている。特に、液状化した地盤では水圧上昇過程での地盤の変形が杭の被害におよぼす影響が大きいことを明らかにしている。

つぎに、液状化時の地盤のせん断剛性低下を考慮した等価線形化解析法により地盤・構造物系の応答に及ぼす液状化の影響を的確に評価できることを、被害事例に基づいて検証している。さらに、液状化地盤で得られた地震観測記録をもとに、地盤の剛性低下率の評価法を提案している。

第4章では、液状化に伴う地盤流動による護岸および護岸背後地盤の被害事例の解析を行なうとともに、液状化に伴う地盤の流動量の評価法と地盤流動が基礎構造物におよぼす影響の評価法を提案している。

液状化に伴う地盤流動による護岸の被害事例の検討を行ない、液状化層の上に存在する非液状化層のせん断剛性の違いが、護岸背後の流動変位分布に大きな影響をおよぼすことを明らかにしている。また、非液状化層のせん断剛性を、護岸からの距離と液状化層のせん断剛性との比の関数で表す方法を提案し、被害事例に適用し有効性を検証している。さらに、地盤流動が杭におよぼす影響を評価できる地盤-杭一体解析法を提案している。

第5章では、液状化に伴う地盤流動の影響を受ける構造物の地震時挙動に関して、個別の構造物がもつ特有の条件を取り組むことにより、より精度の高い地震応答解析手法を提案している。

液状化地盤の流動が構造物の挙動に及ぼす影響を精度良く評価するために、矢板式護岸構造物を対象として、構造物の建設段階の初期応力を実際に近い状態で評価できる、多段階の初期応力解析を地震応答解析法に導入する手法を提案し、被災事例に適用し有効性を示している。

第6章では、実用的で精度の高い多質点系地震応答解析法の開発を行なっている。特に、多質点系モデルの適用性を向上させることを目的に、多質点系モデルの応答解析法における相互作用ばねと付加質量の新しい評価式を提案し、実用的で精度の高い多質点系地震応答解析法を開発している。この方法を被災事例に適用し妥当性を検証するとともに、パラメータの感度に関する検討を行なっている。

第7章は結論であり、本論文で得られた成果について要約している。

論文審査の結果の要旨

本論文は、強震時において液状化した地盤と構造物基礎の挙動に関して、被害事例を通じ、その被害原因、被害過程を明らかにするとともに、より精度の高い解析手法を提案し、有効性を検証したものである。得られた研究成果の概要は、次のようにまとめられる。

1. 過剰間隙水圧が明瞭に上昇した液状化アレー観測記録を分析し、表層地盤の非線形増幅特性、間隙水圧上昇特性を明らかにした。また、鳥取県西部地震における境港市の近接した3観測点で記録された地震動を用いて、表層地盤構造と地盤の非線形特性が地震動におよぼす影響が大きいことを明らかにした。
2. 液状化地盤中の杭基礎構造物の動的挙動を評価するために、多質点系の地震応答解析と地盤の流動解析を組み合わせた手法を提案し、兵庫県南部地震で被災した鋼管杭基礎構造物の動的変形解析を実施し、被害の発生過程を、慣性力による被害、液状化に起因した地盤変形による被害、地盤流動による被害の3つのステージに分けて明らかにした。特に、液状化した地盤では水圧上昇過程での地盤の変形が杭の被害におよぼす影響が大きいことを見出した。
3. 液状化時の地盤のせん断剛性低下を考慮した等価線形化解析法により地盤・構造物系の応答に及ぼす液状化の影響を的確に評価できることを、被害事例に基づいて検証した。さらに、液状化地盤で得られた地震観測記録をもとに、地盤の剛性低下率の評価法を提案した。
4. 液状化に伴う地盤流動による護岸の被害事例の検討を行ない、液状化層の上に存在する非液状化層のせん断剛性の違いが、護岸背後の流動変位分布に大きな影響をおよぼすことを明らかにした。また、非液状化層のせん断剛性を、護岸からの距離と、液状化層のせん断剛性との比較の関数で表す方法を提案し、被害事例に適用し有効性を検証した。さらに、地盤流動が杭におよぼす影響を評価できる地盤-杭一体解析法を提案した。
5. 液状化地盤の流動が構造物の挙動に及ぼす影響を精度良く評価するために、矢板式護岸構造物を対象として、構造物の建設段階の初期応力を実際に近い状態で評価できる、多段階の初期応力解析を地震応答解析法に導入する手法を提案し、被災事例に適用し有効性を示した。
6. 多質点系モデルの相互作用ばね・付加質量の新しい評価式を提案し、実用的で精度の高い多質点系地震応答解析法を開発した。この方法を被災事例に適用し妥当性を検証するとともに、パラメータの感度に関する検討を行なった。

以上要するに本論文は、液状化時の地盤と基礎構造物の被害過程を被災事例に基づき解明し、高精度の解析法を提案したものであって、学術上、実際上寄与するところが少なくない。よって、本論文は博士（工学）の学位論文として価値あるものと認める。

また、平成16年1月26日に論文内容とそれに関連した事項について試問を行った結果、合格と認めた。