

氏 名	おの ゆう すけ 小 野 祐 輔
学位(専攻分野)	博 士 (工 学)
学 位 記 番 号	工 博 第 2143 号
学位授与の日付	平 成 14 年 3 月 25 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 シ ス テ ム 工 学 専 攻
学位論文題目	構造物と地盤の地震時相互作用における非弾性挙動に関する研究

論文調査委員	(主 査) 教 授 土 岐 憲 三	教 授 家 村 浩 和	教 授 佐 藤 忠 信
--------	----------------------	-------------	-------------

論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、これまで通常の土木構造物では考慮されてこなかった地盤と構造物、並びに上部構造物と基礎構造物の地震時の動的相互作用を耐震設計に取り入れることを目的とした研究を行ったものである。主として、今後の耐震設計法の主流となることが予想される性能設計法への適用を念頭に置き、構造物に生じる損傷との相関性が高い応答塑性率とこれらの動的相互作用の関係を論じている。本編は6章からなっている。

第1章は序論であり、科学的な手法による地震工学の歩みが始まった1981年濃尾地震からこれまでの大地震による構造物の被害と、その経験を踏まえた耐震設計法の発展の歴史について概観している。また、本論文の主題である地盤—構造物系の動的相互作用、構造物の非弾性挙動を考慮した耐震設計法、上部構造物と基礎構造物の地震時動的相互作用に関して既往の研究について概観している。さらに、本論文の構成について述べている。

第2章では、地盤と構造物ならびに上部構造物と基礎構造物の間に生じる地震時動的相互作用の影響を考慮した必要強度スペクトルを提案している。必要強度スペクトルを求める解析において、地震時動的相互作用の効果は2質点3自由度スウェー・ロッキングモデル（以下、SRモデル）を用いることで取り入れている。さらに本章では、ここで提案した必要強度スペクトルの持つ基本的な性質に関する検討を行っている。入力地震動としては、土木構造物に多大な被害を発生させる恐れのあるレベル2地震動の代表的観測記録である1995年兵庫県南部地震神戸海洋気象台記録を用いている。既往の実験結果を基に設定したSRモデルに対して、地盤と基礎の間の相互作用を線形とした場合と、非線形とした場合について必要強度スペクトルを求めた。その結果、相互作用ばねが線形である場合には、通常的基础固定を仮定した必要強度スペクトルよりも、相互作用を考慮したスペクトルの方が大きな値をとり得ることを示した。これはこれまでの基礎固定の仮定の下で行われてきた耐震設計法の問題点を示唆している。また、非線形相互作用ばねを用いた場合は、履歴減衰によって地震エネルギーが吸収され、基礎を固定として考える場合よりも構造物の必要強度を低減できることを示した。この結果から、動的相互作用を考慮した設計を実現することによって、安全性・経済性に優れた土木構造物の設計が可能となることを示唆した。

第3章では、Pushover解析を用いてSRモデルのための相互作用ばねを決定する手法を提案した。Pushover解析とは、構造物系に対して静的な荷重を段階的に載荷していくことにより、それぞれの載荷ステップにおける構造物の状態を求める解析である。本章では、このPushover解析を杭基礎—地盤系に対して適用し、載荷部における荷重—変位関係を求めた。杭の非弾性挙動を考慮したモデルから得られた結果は双曲線型のモデルで精度良く近似できることを示した。

第4章では、第3章で提案した手法に従って求めた相互作用ばねを用いて、通常規模の道路橋橋脚を対象として、第2章で提案した動的相互作用を考慮した必要強度スペクトルを算定した結果について述べている。ここでは入力地震動として近年の代表的な大地震の際に観測された記録、すなわち1992年Cape Mendocino地震・Cape Mendocino記録、1995年兵庫県南部地震・神戸海洋気象台記録、同・宝塚記録、1999年台湾集集地震・CHY080記録及び同・TCU129記録を用いている。また、杭は弾性挙動、地盤は非弾性挙動を示すものとしている。得られた必要強度スペクトルの特性から、比較的固有周期

の短い道路橋橋脚の耐震性能は、動的相互作用によって多大な影響を受けることが示された。また、動的相互作用が構造物の非弾性挙動に及ぼす影響は、入力として想定する地震動によっても変化することを明らかにした。

第5章では、基礎の降伏強度と上部構造物に生じる応答塑性率の関係について検討を行うことで、基礎の強度が上部構造物の損傷に与える影響について示した。検討に用いた入力地震動は、近年の都市直下型地震の代表的記録である1995年兵庫県南部地震・神戸海洋気象台記録、1999年台湾集集地震・TCU129記録および2000年鳥取県西部地震・日野記録である。上部ならびに基礎構造物の非弾性復元力特性として、降伏後の2次剛性は初期剛性の1%としたバイリニア型モデルを用いている。本章における検討から、基礎の降伏強度を適切に設定することにより、上部構造物に生じる塑性変形量を制御する設計法が可能であることを示した。また、上部構造物と基礎構造物の損傷のバランスを考慮した設計法の必要性が示唆された。

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すると共に、今後の課題について述べている。

論文審査の結果の要旨

本論文は、都市内高速道路の高架橋などにおける、上部構造物と基礎構造物の地震時における動的相互作用の効果を、耐震設計に取り入れることを目的として行なった研究をとりまとめたものである。得られた研究成果の主なものは以下の通りである。

1. 地盤と構造物の間の地震時動的相互作用を考慮した必要強度スペクトルを提案した。この必要強度スペクトルを用いることにより、地盤と基礎構造物ならびに基礎構造物と上部構造物との間の非弾性な挙動に基づく地震時動的相互作用を考慮した耐震設計が可能となる。
2. 杭基礎―地盤系を対象としたスウェイ・ロッキングモデルにおける相互作用ばねの算定に際して、Pushover解析の有用性を検証した。この方法に基づいて、杭体の非弾性挙動を考慮した地盤の相互作用ばねの骨格曲線を双曲線型モデルで表す手法を提案した。
3. 最近のわが国および外国での地震に際して得られた代表的な強震記録を用いて、都市内高速道路の高架橋程度の道路橋を対象として、杭は弾性挙動、地盤は非弾性挙動が支配的な場合について、地盤との動的相互作用を考慮した必要強度スペクトルを定め、応答特性について検討を行った。その結果、動的相互作用の影響は比較的固有周期の短い橋脚において顕著であることを明らかにした。また、動的相互作用が構造物の非弾性挙動に及ぼす影響については、想定入力地震動も大きな支配要因であることを明示した。
4. 基礎構造物の降伏強度と上部構造物における応答塑性率の関係について詳細な検討を行うことにより、基礎の強度が上部構造物の損傷に与える影響について明らかにした。その結果は上部構造物と基礎構造物の損傷のバランスを考慮した設計法の必要性和有用性を示唆するものであった。

以上、要するに本論文は、地震時における地盤と構造物の動的相互作用の効果を必要強度スペクトルとの関係において論じ、上部構造物と基礎構造物の応答塑性率を制御することにより、上・下部構造物に付与すべき耐震性能の配分に関して有用性のある知見を得ている。よって本論文は、博士（工学）の学位論文として価値のあるものと認めた。また、平成14年2月27日に論文内容とそれに関する試問を行った結果、合格と認めた。