

氏 名	やま した のり ひこ 山 下 典 彦
学位(専攻分野)	博 士 (工 学)
学 位 記 番 号	工 博 第 1604 号
学位授与の日付	平 成 9 年 3 月 24 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	構造物—地盤系の動的相互作用解析による杭基礎の耐震設計に関する研究

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

論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、弾性設計および終局設計からなる二段階耐震設計の体系を前提とした群杭基礎—地盤—構造物系における安全性の最適配分を見出す事を目的とし、それに基づいて構造物の震害を最小限に抑えるための新しい耐震設計法についての提案をとりまとめたものであり、本文は6章からなっている。

第1章では、群杭基礎—地盤—構造物系の動的相互作用の問題について、現在までに非常に多くの研究が行われてきたにも拘らず、有効な地震応答解析ならびに合理的な耐震設計法の提示がなされていない現状を、道路橋の耐震基準の変遷の面から辿るとともに、動的相互作用に対する過去の研究成果についてまとめている。そして、兵庫県南部地震において構造物に甚大な被害が生じた事実から、今後の合理的な耐震設計の方向性を示し、強震動予測に基づく耐震設計法を確立するために解決すべき研究課題に言及している。さらに、最後にこれらを踏まえた本論文の構成について述べている。

第2章では、震源断層の破壊過程を小地震の重ね合わせで表現する震源断層モデルに基づいた理論加速度応答スペクトルと推定されたスペクトルを用いて、構造物の振動解析に用いる入力地震動を求める方法を提案している。特に、地震動のパワースペクトルを理論的に求めているため、加速度時刻歴を必要とせずに加速度応答スペクトルを推定できる点が特徴である。さらに、震源断層の破壊過程として多重震源モデル、不均質断層モデルを設定し、断層破壊過程および地盤構成を詳細にモデル化したことにより実際現象を精度良く表現できることを明らかにしている。

第3章では、一般的な道路橋の橋脚と基礎—地盤系を簡略化した上部1自由度、基礎2自由度の振動モデルを用いて、基礎—地盤—構造物系の非弾性動的相互作用を理論的に検討し、実務設計に用いることができる程度まで簡略化した推定式を提案している。この推定式は直接基礎や杭基礎などの基礎の質量が小さい場合は、ATC-3のものと一致し、ケーソン基礎などの基礎の質量効果が無視できない場合は、パラメータとして基礎の減衰1次固有振動数が加わるものである。さらに、その推定式を橋梁の減衰定数に関する経験式と比較した結果、大局的特性を表現できることを明らかにしている。

第4章では、Penzien モデルに代表される地盤および杭の多質点系離散化モデルによる杭基礎—構造系の動特性と、多質点系モデルの自由度を落とすことにより求まるスウェーローキングモデルによる地盤—構造物系の動特性とを比較することにより、上部構造物—群杭基礎—地盤連成振動系が等価 SR モデルで表現できることを提案している。等価 SR モデルへの置換においては、群杭の杭頭部において水平荷重、モーメント荷重の両方を同時に載荷する静的載荷シミュレーションが有用であることを示し、その等価 SR モデルにより動的解析を行った結果、SR モデルの妥当性が検討されている。

第5章では、第4章までに展開した手法を、兵庫県南部地震における橋脚—基礎系の地震被害事例に適用し、定量評価を行っている。

まず、震源近傍域で得られた強震動記録の特徴を述べ、神戸本山での振り切れ記録について再現を行う手法を示している。さらに、阪神高速道路3号神戸線を対象に上部と基礎構造物の被害の比較対照を行い、基礎損傷度評価法の妥当性を確立するための検討を行っている。

次に、理論加速度応答スペクトルを推定する手法に基づき、観測地点での応答スペクトルを推定し、観測記録による応答スペクトルとの比較を行い妥当性を検討している。さらに、阪神高速道路3号神戸線の選定された橋脚位置について応答スペクトルの推定を行い、そのスペクトル値と合致する模擬地震波を作成し、各橋脚設置位置で予想される地震動を想定し振動解析のための入力地震動を求めている。

最後に、阪神高速道路3号神戸線で選定された橋脚位置の構造物について等価 SR モデルを構築し、橋脚の塑性率と基礎の水平方向変形の塑性率の関係を求めている。

第6章では、本論文により得られた結論ならびに知見をまとめるとともに、今後の研究課題を述べ、結びとしている。

論文審査の結果の要旨

現在、阪神・淡路大震災を契機に関係各機関において、耐震指針等の見直しが進められているが、そこでは二段階設計の考えが広く取り入れられ、大多数の土木構造物の耐震指針の中ではレベル2の地震動が考慮される方向で検討および提言が行われつつある。しかし、多くの場合に、レベル2の地震動の具体的な設定方法については言及されていないのが現状である。本論文は、弾性設計および終局設計からなる二段階耐震設計の体系を前提とした群杭基礎—地盤—構造物系における耐震安全性の最適配分を見出す事を目的とし、それに基づいて構造物の震害を最小限に抑えるための新しい耐震設計法についての提案をまとめたものである。得られた成果を要約すれば以下のとおりである。

1. 震源断層の破壊過程を小地震の重ね合わせで表現する震源断層モデルにモーメントレート関数を導入し、これにより、加速度時刻歴の得られていない地点においても、断層活動に基づく加速度応答スペクトルを求める手法を提案している。
2. 地盤—基礎—橋脚系のモデルに、等価ばねと等価入力という新しい考え方を導入することにより、橋梁の基本固有周期と減衰定数が地盤—基礎系および橋脚のどのようなパラメータに支配されているかを明らかにし、実務設計で用いることができる程度までに簡略化した推定式として提案している。
3. 地盤および杭の多質点系離散化モデルにおいて、自由度を低減した等価並進・動揺モデルを提案

し、地盤—構造物系を構成する各要素の力学特性により杭頭での非弾性ばね特性を表現する方法を示し、これにより動的解析を行う手法を提案している。

4. 以上に提案した手法を、兵庫県南部地震における橋脚—基礎系の地震被害事例に適用し、その妥当性と有用性についての検証を行っている。

以上、本論文は構造物基礎の耐震性に関する諸問題について様々な検討を行い、二段階耐震設計法の体系を前提とした杭基礎の合理的耐震設計法を確立するための知見を得たものであり、学術上、實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9年2月21日、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。