

氏名	ど び ひろし 土 肥 博
学位(専攻分野)	博 士 (工 学)
学位記番号	論 工 博 第 3533 号
学位授与の日付	平 成 12 年 7 月 24 日
学位授与の要件	学 位 規 則 第 4 条 第 2 項 該 当
学位論文題目	波 動 伝 播 理 論 に 基 づ く 地 震 動 モ デ ル の 構 造 設 計 へ の 適 用

論文調査委員 (主 査)  
教授 河野 允 宏      教授 鈴木 祥 之      教授 家村 浩 和

### 論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、震源・地盤・構造物を一つの総合系と見做した観点からの新しい耐震設計法の開発を目的に、波動伝播理論を応用して、震源から敷地までの地震波動伝播、断層の破壊過程を本質的に規定する物理法則、物理量を根拠とした地震動モデルを提案し、実地震動記録を対象としたシミュレーションを通して、その予測性、有効性についての検証を行っている。更に、この地震動モデルを高層ビルと免震ビルを例とした地震応答解析に用いて、地震動特性を規定する物理量と構造物の応答特性との系統的關係を予測する方法を提示し、地震動モデルの実構造物設計への適用性について検討した結果を纏めたものであり、5章より構成される。

第1章は序論であり、本研究の背景、目的と概要について記述している。

第2章では、先ず、震源領域を含むリソスフェア領域(地震基盤:地殻とマントル最上部に存在する岩石層)での波動の散乱特性、表層多層地盤での増幅特性を地震動モデルに効果的に反映させるために、震源から敷地までの波動伝播経路地盤として、半無限ランダム地盤媒質の上に平行多層地盤を載せた地盤モデルを提案している。地盤媒質中の波動の減衰は、リソスフェア領域ではランダム地盤媒質による散乱減衰として、表層多層地盤では内部摩擦による粘性減衰として夫々区別して地盤モデルへ導入出来ることを示している。ランダム地盤媒質による散乱減衰は、波動の周波数と地質特性の空間変動の不規則性の長さに依存する $Q^{-1}$ 値として表現している。この方法により、波動伝播経路地盤を飛躍的に単純なモデルで表現することが可能になった。この地盤モデルを対象に波動伝播理論を用いて、3次元平行多層地盤の変位と応力の解を導き、地盤中にダブルカップルの点震源が存在する場合のグリーン関数の定式化を行っている。

第3章では、初めに、2章で示した地盤モデルの点震源による時間領域でのグリーン関数の計算例を示し、震源と敷地との幾何学的位置関係、リソスフェア領域(地震基盤)に対する表層地盤のインピーダンス比の違いと波動構成について、散乱減衰の影響を含めて考察を行っている。次に、ランダムなライズタイムと破壊過程を考慮した膜構造の動的応答を応用して、断層面上の不均質な断層破壊過程を模擬出来る震源モデルを提案している。このモデルでは、断層での破壊過程に、空間的、時間的なランダム変動効果を導入しており、理論的に地震動を作成する上で課題となっている高振動数成分の発生を可能にしている。

上記の地盤と震源のモデルから成る地震動モデルは、地震モーメント、ライズタイム、滑り量、破壊時間などのパラメータを介して、マグニチュードと地震モーメントのスケール則( $\omega^{-2}$ モデル)を基本的に満足していることを確認している。

第4章では、2章及び3章で示した地震動モデルを用いて、兵庫県南部地震で観測された3地点での地震動の同時シミュレーション解析を行い、断層破壊過程、地盤構成と地震動特性の構成との関係を明らかにするとともに、地震動モデルの予測性および有効性の高さを十分に証明している。

第5章では、南関東地震、東海地震、濃尾地震、山崎断層地震の断層を対象にした地震動モデルを提示し、断層近傍に現実に建設される高層建築物、免震構造物を対象に地震応答予測解析を行っている。この解析を通して、地震動を規定する主

要因である断層破壊過程、地盤特性、震源と観測点との幾何学的位置関係が地震動特性の構成や構造物の応答特性に及ぼす影響の詳細な検討及び、既往の観測地震動の応答特性との比較を行っている。これ等の解析により、信頼性の高い地震動予測を実現するためのパラメータ設定についての知見を得ている。この知見に基づき、表層から深い地盤までの詳細な地盤構造（伝播経路地盤）が事前に明らかになれば、断層での不均質なアスペリティ分布、アスペリティの破壊過程、それに伴うディレクティビティを合理的に反映した地震動モデルが提案出来ることを示した。更に、地震動モデルを用いて、個々の構造物の耐震性能を予測し合理的設計を行うことが出来るだけでなく、都市域全体の震害予測を時間と空間で同時に行うことが出来る可能性も十分に示している。

以上を要するに、本論文は地震動の波動構成、断層での破壊過程を本質的に規定する物理法則、物理量を根拠とした地震動モデルを提案し、その予測性、有効性を検証し、日本列島で将来大きな地震が発生が予想される4つの断層を対象に地震動を作成し、断層破壊過程、地盤特性と地震動、構造物地震応答特性との関係の系統的関係を予測する方法を提示し、この地震動モデルの構造設計への適用性について検討を行っている。これ等の成果は、震源・地盤・構造物を一つの総合系と見做した観点からの新しい耐震設計体系構築への新しい展望を示している。

### 論文審査の結果の要旨

本論文は、震源・地盤・構造物を一つの総合系と見做した観点からの新しい耐震設計法開発を目的に、波動伝播理論を応用して、震源から敷地までの地震波動伝播、断層での破壊過程を本質的に規定する物理法則、物理量を明らかにし、それに基づいた地震動モデルを提案し、断層の破壊過程、地盤特性と地震動、構造物地震応答特性との系統的関係を正確に予測する方法を提示し、その有効性について研究した結果を纏めたものであり、得られた主な成果は以下の通りである。

1. 震源から敷地までの伝播経路地盤として半無限ランダム地盤媒質上の平行多層地盤モデルを提案し、震源域を含むリスファア領域での波動散乱特性と表層地盤の増幅特性を地震動に効果的に反映出来ることを示した。
2. 断層面の不均質なアスペリティの破壊過程を、ランダムなライズタイムおよび破壊伝播を考慮した膜構造の動的応答を応用して模擬出来ることを示し、スケーリング則を満たし、かつ理論的に地震動を作成する上で課題となっている高振動数成分の発生を可能にする震源モデルを提案した。
3. 震源と地盤のモデルを基に地震動モデルを提案し、南関東地震、東海地震、濃尾地震、山崎断層地震の各断層を対象に、高層ビルと免震ビルを例とした実構造物の地震応答を評価し、地震動特性を規定する主要因と構造物の地震応答特性との系統的関係を予測する方法、構造物の周期特性や構造形式に応じた信頼性の高い構造設計法、その鍵となる物理量設定についての新しい知見を提示した。
4. 兵庫県南部地震（1995年）で観測された3観測点地震動の同時シミュレーションを通じて、この地震動予測モデルが全ての観測点で広い周波数領域に亘り、極めて高い予測ポテンシャルを有していることを証明した。

以上を要するに本論文は、震源・地盤・構造物を一つの総合系と見做した観点からの耐震設計法開発に向けて、地震動の波動構成、断層での破壊過程を本質的に規定する物理法則、物理量に基づいた地震動モデルを提案し、震源、地盤特性と地震動、構造物地震応答特性との系統的関係を予測する方法を提示し、その有効性を示したものであり、得られた成果は学術上、実際に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12年6月19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。