

氏名	南 井 良 一 郎 みな い りょう いちろう
学位の種類	工 学 博 士
学位記番号	論 工 博 第 94 号
学位授与の日付	昭 和 41 年 3 月 23 日
学位授与の要件	学 位 規 則 第 5 条 第 2 項 該 当
学位論文題目	建 築 構 造 物 の 地 震 応 答 解 析 法 に 関 す る 研 究

論文調査委員 (主査) 教授 小堀鐸二 教授 棚橋 諒 教授 横尾義貫

論 文 内 容 の 要 旨

この論文は建築構造物の地震応答解析法に関する研究と題し、7章よりなる。内容的には大別して2部分からなる。第1の部分は第2章から第4章に述べる基礎研究としての確定外乱および確率統計的外乱を受ける動力学系の弾性乃至弾塑性非定常応答の解析的表現に関する研究であり、第2の部分は第5章から第7章に述べる応用研究としての建築構造物の動的耐震設計法における地震応答解析の方法論的研究である。この論文では一貫して地震波外乱の不規則、非定常性と連成動力学系としての地盤、構造物系の弾塑性性状を認識して研究を進め、新しい考え方の建築構造物の動的耐震設計法を提出するとともに、これに適合した地震応答解析の方法につき述べている。

第1章序論にまずこの研究の意義と目的を述べ建築構造物の動的耐震設計法の基本過程とそれに対応する地震応答解析の基本的手順を明らかにするとともに、第2章以下の研究の意義と全体の研究における各章の位置付けを明確ならしめている。

第2章、第3章は激震外乱群に対する弾塑性終局耐震設計法に関連し、構造物、地盤連成系の非線形性をポリリニア形に線形化した弾塑性動力学系モデルと確定関数として与えられる任意の入力パターンを対象として線形分枝上の解の接続による弾塑性非定常応答の解析的表現について述べている。第2章では弾塑性不連続系、第3章ではせん断形1次元連続体と弾塑性不連続系の複合系を対象としているが、ともに任意の線形分枝上における動力学特性を規定する諸量の分布は互に独立であることを前提とし、ラプラス変換とそれに関連する複素平面上的複素、非完全、非線形一般化直交固有値問題を仲介として、任意線形分枝上の一般解の統一的表现を誘導するとともに、弾塑性非定常応答をうるための解析的接続法につき述べている。また連続系を含み第3章では無限級数表示の解の収束性について論じ、境界非斉次項に対応する解の収束性が失なわれる場合の境界斉次化関数の導入についても論じている。

第4章は中震ないし強震外乱群に対する弾性統計的耐震設計法に関連して、主として確率統計的非定常入力による弾性動力学系の非定常応答の解析的表現について述べるとともに、非線形性があまり大きくな

く、かつ安定なバイリニア形履歴特性を含む弾塑性動力学系の等価線形化の方法とそれを用いた非定常応答の数値計算法についても述べている。まず、非定常過程の有界領域で定義した局所共分散から、これと2重あるいは1重フーリエ変換の対をなす局所スペクトル密度を導きこれ等の相互関係を明らかにするとともに、弾性不連続系ならびに1次元連続体と不連続系からなる弾性複合系を対象として非定常過程におけるこれ等の確率統計的基本量の入、出力関係を求めている。次に確率統計的な耐震安全性の尺度として正規性の前提のもとに非定常過程における応答レベル超過期待回数を求め、これから平均周波数、極値振幅確率密度関数を導き、さらにこれ等を用いて安定なバイリニア形履歴特性を含む不連続系を対象として非定常過程における等価線形化の方法と、出力およびその導関数に関する共分散マトリックスの数値計算法につき述べている。

第5章は建築構造物の動的耐震設計法の方法論としての地震応答解析の方法につき具体的に述べたものである。まず動的耐震設計法と対応する基本的な諸問題に検討を加えた後、耐震設計法を動学的に定義し、これを実現する基本方針と手順について考察を行ない、特に確定入力パターンによる弾塑性構造物の地震応答解析と終局耐震設計法に関して、適正な耐震設計資料の誘導を主目的とする第1段地震応答解析、ならびに個々に設計された構造物各部の詳細な耐震安全性の検討を主目的とする第2段地震応答解析について地震波外乱群の想定、構造物系モデルの設定、耐震安全性の尺度の選定と許容値の決定、地震応答評価法、耐震安全性の判定、適正動力学特性の定義等の基本的諸問題について具体的に述べている。また確率統計の入力パターンによる弾性構造物の地震応答解析と確率統計的耐震設計法について、強震加速度記録から入力の等価的確率統計パターンを導き、これを有する定常乃至擬定常地震外乱群を対象として、応答レベル超過期待回数等を耐震安全性の確率統計的尺度として採用し、応答評価法と設計法の手順について具体的に述べている。

第6章は構造物の地震応答性状におよぼす地盤の動力学特性の影響を評価するための、弾塑性構造物、基礎地盤連成系の非定常地震応答解析の方法に関する研究であり、3部からなっている。第1部は弾塑性不連続系モデルによる解析法に関するもので、まず基礎地盤の動力学特性を3次元弾性地盤上の基礎のダイナミカル・コンプライアンスの有理関数形近似伝達関数で表わし、これと弾塑性構造物および構造物、地盤間の弾塑性境界層の非線形伝達特性で不連続連成動力学系モデルを構成して非定常応答を評価する方法について述べ、具体的に例題を設定して第2章の複素、非線形一般化直交固有値問題を仲介として任意線形分枝上の一般解を表現するとともに、アナログ計算機による数値解析とその結果の考察を行なっている。第2部はせん断形弾性1次元連続体と弾塑性不連続系の複合モデルによる解析法に関するもので、第3章の特殊な場合として線形一般化直交性が成立する場合を対象として、任意の線形分枝上の一般解を固有関数展開形の部分と展開不可能な部分に対応する境界斉次化関数によって表わし、次いで例題を設定して弾塑性非定常応答を解析的接続法によって評価しその結果に考察を加えている。第3部は曲げ形弾性1次元連続体と弾塑性不連続系の複合モデルおよび一般化した高階偏微積分系で表わされる弾塑性複合モデルによる解析法に関するもので、第3章と同様な方法で任意の線形分枝上の一般解の解析的表現を求めている。

第7章は特に弾塑性構造物の第1段地震応答解析に関して初期構造設計における適正な耐震設計資料の

誘導方法について具体的に述べたものである。まず激震外乱群を適当なランダム性波形関数と最大振幅の周波数特性によって想定し、構造物の動力学モデルをバイリニアール形履歴特性を有するせん断形多質点系に設定している。一方、耐震安全性の第1義的尺度として各層の靱性率と履歴消費エネルギー率を選定し広範な無次元パラメーターの領域で地震応答解析を実施し、しかる後、この結果から想定した地震外乱群に対して各部の最大応答値が対応する許容応答値を超過しない意味で耐震安全性を確保し、かつ安全性の空間的一様分布を与えるような適正動力学特性を見出し、さらにこのような特性を初期構造設計において静的手段で構造物に与えるための耐震設計資料を定量的に誘導する方法を具体的に示している。

論文審査の結果の要旨

建築構造物の合理的な耐震設計法の確立が近年とくに要請される趨勢にあるが、なお未解決の基礎的問題も多く、動的耐震設計法の基本的な方針、手順ならびにその方法論としての地震応答解析法に関する系統的な研究は極めて少ない。

著者の研究は既往の諸研究に基づいて、地震外乱に関する不規則性、非定常性の性質と、地盤と構造物の連成系に関する弾塑性の性状の分析を出発点として、建築構造物の動的耐震設計法の基本的方針と、それを実現する解析的な過程を明らかにし、これに適合した地震応答解析の方法をうることを目指している。

まず、耐震設計法の動力学的な定義を与え、これに従って例えば弾塑性構造物系を対象としては、激震外乱群に対する弾塑性終局耐震設計法と、中震ないし強震外乱群に対する確率統計的弾性許容応答設計法を同時に適用すべきことを述べ、それぞれの設計法に関する基本方針と、対応する地震応答解析の基本的手順を明らかにしている。また初期構造設計における耐震設計資料の誘導を主目的とする第1段の地震応答解析と、個別に設計された構造物系各部の詳細な耐震安全性の検討を主目的とする第2段の地震応答解析を分けて、それぞれにおける地震外乱群の想定、構造物系モデルの設定、耐震安全性の尺度の選定、地震応答の評価法等の過程を明らかにしている。

つぎに地震応答解析に関する解析的な基礎的研究として、激震外乱群を対象とする弾塑性終局耐震設計法に関連して、構造物と地盤の連成系の非線形性をポリリニアール形に線形化した弾塑性不連続系モデル、あるいは弾性1次元連続体と弾塑性不連続系からなる複合モデルと確定関数として与えられる任意の入力パターンを対象として、弾塑性非定常応答の解析的接続法による統一的な評価法を求めている。問題の性質上、任意の線形分枝上における一般解の解析的表現の誘導に際しては、粘性減衰分布が慣性および剛性分布と一般に独立であるとの前提に立って、ラプラス変換系における複素・非完全・非線形一般化直交固有値問題を仲介とする統一的な解析的表現を導いている。また中震ないし強震外乱群に対する弾性ないし等価弾性確率統計的耐震設計法に関連して、確率統計的非定常入力による弾性ないし等価弾動力学系の非定常応答評価法を導いている。すなわち、非定常過程における基本的確率統計量として局所共分散とフーリエ変換の対として対応する局所スペクトル密度を定義し、これらの入出力関係を明らかにするとともに、出力に関するこれらの基本量から非定常過程における応答レベル超過期待回数、平均周波数ならびに極値振幅確率密度分布関数を求め、さらにこれら諸量を用いて非線形性が余り大でなく、かつ安定なバイ

リニア形履歴特性を含む弾塑性動力学系の等価線形化の方法と非定常応答の数値的評価法を述べている。

さらに建築構造物の地震応答解析に関する具体的な応用研究として、弾塑性構造物と基礎地盤系のダイナミカル・コンプライアンスの有理関数形近似伝達関数および弾塑性境界層地盤の非線形伝達特性を導入して、今までに困難とされていた地盤を考慮した構造物系の弾塑性非定常応答解析を可能ならしめるとともに、具体的に地震応答解析を実施して構造物の地震応答性状におよぼす地盤の動力学性状の影響に関して有用な知見を提供している。また一方、弾塑性構造物の適正な耐震設計資料の誘導を主目的とする第1段の地震応答解析の全過程を詳しく論ずるとともに、広範なパラメーター領域で地震応答解析を実施して、この結果から定性的ならびに定量的な多くの重要な知見をえている。さらにこれらの設計資料を用いて個別に設計される構造物系各部の詳細な耐震安全性の検討を主目的として、第2段の地震応答解析の方法に関してもその手順を明らかにし、とくに弾塑性接合部を含む建築架構を対象に選んで詳しく論じている。

これを要するに、この論文は、建築構造物の動的耐震設計法の基本過程を明らかにするとともに、主要な方法論としての地震応答解析の方法について著者特有の研究を進める一方、統一的な立場からの研究を総合して建築構造物の耐震設計法に関する有用な多くの知見を加えたもので、学術上、實際上寄与するところが少なくない。よって本論文は工学博士の学位論文として価値あるものと認める。