

氏 名	い か ご こう じゅ 五 十 子 幸 樹
学位(専攻分野)	博 士 (工 学)
学位記番号	工 博 第 2571 号
学位授与の日付	平成 17 年 9 月 26 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 建 築 学 専 攻
学位論文題目	一自由度モデルを用いた動的応答評価に基づく免震建築構造物の最適設計法
論文調査委員	(主 査) 教 授 上 谷 宏 二 教 授 井 上 一 朗 教 授 竹 脇 出

論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、基礎免震建築物について、免震層並びに、その上部及び下部構造物（基礎構造）を含めた建物全体の直接工事費を評価関数とした実用的最適設計手法の基本的枠組みを提案すると共に、提案最適設計手法によって得られる最適解の性質について論じたものである。更に、従来構造設計者の経験と勘に頼ってきた構造設計の手法と提案最適設計手法の関係を論理的・数理的な観点から論じ、両者による設計解の比較を試みたものであって、7章から成っている。

第1章は序論であり、本研究の背景と内容の概要を述べている。

第2章では、基礎免震建物の最適設計問題の定式化と、その具体的解法としての二段階設計法について述べている。始めに、最適設計問題の定式化に当たり、設計変数、制約条件式、評価関数について整理している。設計変数として、免震層については免震構造としての性能を規定する降伏後剛性及び降伏剪断力を、上部・下部構造物については構造部材の寸法や材料の数量を、直接的に取り扱うことを提案している。制約条件式としては、設計用の荷重に対する構造物の応答量や、構造部材の寸法的な納まり又は製作上の制約を不等式で数式化することを提案している。評価関数としては、実務設計上重要な要素であるコストとして、構造躯体の直接工事費を採用し、それが設計変数の関数として表現できることを述べている。特に、免震層については、免震層の設計変数と免震層のコストの関係を明らかにし、免震層コスト関数を定義している。以上のようにして定式化された最適設計問題に対し、上部・下部構造と免震層を分離し、免震層のみの部分最適解を得た後、この解を組み込んで建物全体の最適化問題を構築して解く二段階設計法を提案している。この二段階設計法は、免震設計の実務において活用されている設計手法（免震層の設計と上・下部構造の設計を切り離して行う手法）を数理的にモデル化したものと位置付けられる。

第3章では、免震層の地震時応答解析時に、上部構造物を剛体として扱い、地震時最大応答を地震時エネルギーの釣り合い関係を用いて簡便に近似予測する包絡解析法を用いることで、免震層の最大応答剪断力をパラメータとして含む最適解の閉形表現を導いている。

第4章では、提案最適設計手法を用いた設計例を示している。例題1は、二段階設計法の有効性を例示するための単純例題で、免震層については、降伏後剛性と降伏剪断力を設計変数としているが、上・下部構造物については、そのコストを免震層最大応答剪断力の一次関数近似で与えている。例題2は、上部構造物を1層1スパンの鉄筋コンクリート造単純骨組みモデルとし、小規模ながら上部構造物の部材寸法、鉄筋比等を設計変数とした詳細な設計モデルとしており、提案最適設計手法の有効性を例示している。

第5章では、第3章で得られた免震層部分最適問題の解と、実務における慣用手法の比較を行っている。実務の慣用手法では、適切な免震周期を論理的に決定する根拠が示されていないため、経験や試行錯誤に基づいて免震周期を決定しているのが実情であるが、提案最適設計手法では、免震層の設計変数である最適免震周期と最適降伏剪断力を同時に直接的に求めることができる論理的枠組みを提示している。ここでは、実務における慣用手法と提案最適設計手法の相違点について論じ

た上で、両手法が与える最適降伏剪断力のそれぞれの上界を示し、前者の上界が後者の上界を下回らないことを示すなど、両設計手法により得られる解の間に存在する種々の不等式を提示し、両設計手法の関係を明らかにしている。

第6章では、コストを評価関数とし、構造性能に関する制約条件を有する最適設計問題の感度分析について論じている。コスト最小化設計問題の制約条件式を、構造物の応力度や変形量に関する安全率に関する不等式制約の形で表現した場合、設計者が指定する安全率に関する評価関数の感度が、最適性の必要条件式から得られる Lagrange 乗数の値で与えられることを非線形数値計画法の知見を基に指摘している。具体的には、免震性能を保ちながら低コスト化を行うための積層ゴム支承の高面圧化、低弾性化という技術開発の展開を免震層部分最適化問題の感度分析を用いて説明している。

また、コストを最小化する最適設計問題に対する双対問題が、設計対象構造物の性能の潜在価値を最大化する問題になっていることを述べ、主問題と双対問題の両方から構造物の設計問題を眺めてみることで、コストと性能のバランスを図るという構造設計上の重要課題に対し、これを論理的に支援する観点から双対問題の有用性を明らかにしている。

第7章は結論であり、本論文を通じて得られた成果について要約し論文全体の結論を取り纏めている。

論文審査の結果の要旨

本論文は、基礎免震建築物について、免震層並びに、その上部及び下部構造物(基礎構造)を含めた建物全体の直接工事費を評価関数とした最適設計手法を提案するものであり、それを実務設計において利用可能なものとする為の要件についても論じている。

本論文で得られた主な成果は以下の通りである。

1) 免震構造物の最適設計に関する既往の研究においては、免震層の地震時最大応答を評価関数とした研究が多く、実務設計上重要視されているコストを評価関数とした研究は少ない。本研究においては、評価関数として構造躯体の直接工事費を評価関数とし、免震構造物の設計において実務設計上考慮すべき制約条件の内、数式で記述可能な全ての条件を取り入れることができる最適設計問題の枠組みを提示している。

2) 免震建物の建設コストについては、部材の寸法や数量と、コストの関係式を示している。特に、免震層については、設計変数である免震層の降伏後剛性及び降伏剪断力とコストの関係を明らかにし、免震層のコスト関数を導出している。

3) 提案最適設計問題の具体的解法として、上部・下部構造と免震層を分離し、免震層のみの部分最適解を得た後、この解を組み込んで建物全体の最適化問題を構築して解く二段階設計法を提案している。

4) 免震層の部分最適化においては、上部構造物を剛体として扱い、地震時最大応答を地震時エネルギーの釣り合い関係を用いて簡便に近似予測する包絡解析法を用いることで、免震層の最大応答剪断力をパラメータとして含む最適解の閉形表現を導いている。

5) 免震層部分最適化問題の閉形表現に基づいて、最適設計解の性質を数式的に明らかにするとともに、実務での慣用手法による設計解と提案最適設計手法による設計解の間に存在する種々の不等式関係を導いている。

以上要するに、本論文は、基礎免震建築物の実用的最適設計手法の基礎的な枠組みを提示し、実務における慣用手法と提案最適設計手法の比較及び最適設計解の感度分析を通して、構造設計の論理化に繋がる成果を得たものであり、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17年7月29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。