

氏 名	か 加 村 久 哉
学 位 の 種 類	博 士 (工 学)
学 位 記 番 号	工 博 第 2300 号
学位授与の日付	平 成 15 年 7 月 23 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	履歴型ダンパー付鋼構造骨組の魚骨形地震応答解析モデルと設計法

論文調査委員 (主 査) 教 授 井 上 一 朗 教 授 渡 邊 史 夫 教 授 上 谷 宏 二

論 文 内 容 の 要 旨

本研究は、大地震時における中低層鋼構造骨組の地震応答を低減する手段として「履歴型ダンパー」に着目し、これを用いた中低層の「履歴型ダンパー付鋼構造骨組」を対象としている。これまで、履歴型ダンパーはその設計手続きにおいて地震応答解析を行うことが必須とされる超高層鋼構造骨組に主に採用されてきた。しかし、兵庫県南部地震での鋼構造骨組の被害を考慮すると、超高層鋼構造骨組だけでなく中低層鋼構造骨組にも履歴型ダンパーを普及させることが望ましい。このためには、中低層鋼構造骨組に対しても地震応答解析を容易に行えるモデル化の手法を提示する必要がある。本論文は、履歴型ダンパーの中低層骨組への普及に資するため、履歴型ダンパー付鋼構造骨組の地震応答を簡便かつ高精度で予測できる動力学モデルとして魚骨形モデルを提案することを目的としてまとめたものである。本論文は序論と結論を含め全6章で構成されている。

第1章は序論であり、本研究の背景・目的、および履歴型ダンパー付鋼構造骨組の地震応答・解析モデル・耐震設計法に関する既往の研究について概観している。

第2章では、多層多スパンの鋼構造骨組の最大層間変位角や部材の損傷を把握するために、履歴型ダンパー付鋼構造骨組の地震応答解析を行い、鋼構造ラーメン骨組の応答と比較している。ここでは、現行耐震規定の許容応力度等計算に従って設計された、柱に角形鋼管・梁にH型鋼を用いた鋼構造ラーメン骨組および座屈拘束ブレース付鋼構造骨組を解析対象として、詳細骨組モデルによる地震応答解析を行っている。その結果、履歴型ダンパーの設置は梁端部の破断に代表される鋼構造骨組の被害を阻止するための一つ的手段となり得ることを示している。ただし、履歴型ダンパーの顕著な履歴減衰効果を得るためには、履歴型ダンパーを適切に設計・配置、すなわち、ダンパー系の剛性と耐力を主体骨組のそれに対して適切に設定する必要があることを明らかにした。

第3章では、鋼構造ラーメン骨組に対して剛性、耐力、崩壊機構などの特性が対応し、部材レベルの応答も評価可能な動力学モデルとして魚骨形骨組を提案し、現実的な鋼構造ラーメン骨組を魚骨形骨組へモデル化する方法を示している。柱・梁・接合部パネルで構成される鋼構造ラーメン骨組は静的弾性解析と簡単な表計算によって魚骨形骨組に置換でき、骨組としての弾塑性増分解析を必要としない。また、地震応答解析によって、魚骨形骨組は固有周期、地震入力エネルギー、変位応答、および部材の累積塑性変形について、一般化ヒンジ法による詳細骨組モデルの結果を精度良く近似することを示している。

第4章では、履歴型ダンパー付鋼構造骨組を魚骨形骨組へモデル化する方法を示している。履歴型ダンパー付鋼構造骨組の地震応答解析モデルを構築する際には、ダンパーとその支持部材で構成されるダンパー系の弾性剛性と耐力を適切に評価することが重要となる。履歴型ダンパーとしては、実施例が多く中低層鋼構造骨組に適する座屈拘束ブレース、ブレース支持型シャパネル、間柱型シャパネルを対象としている。これらの層せん断耐力はダンパー自体の耐力から簡単に評価できる。一方、ダンパー系の弾性剛性は、座屈拘束ブレースではダンパー系に隣接する柱の軸伸縮に影響され、ブレース支持型や間

柱型シャパネルではダンパー系の取付く梁など周辺部材の変形の影響も受ける。そこでまず、履歴型ダンパー付鋼構造骨組のダンパー系の弾性剛性をダンパーの取付く柱・梁の変形の影響を考慮して評価する理論式を提示している。この理論式に基づき、ダンパー系の弾性剛性に及ぼすダンパー系の支持柱やダンパー支持部材およびこれが取り付く梁の変形の影響を定量化した。さらに、これらの履歴型ダンパーを用いた4・8階の鋼構造骨組を設計し、提示した理論式を用いてこれらの履歴型ダンパー付鋼構造平面骨組を魚骨形骨組へ変換している。モデル化の妥当性は、魚骨形骨組を用いた地震応答解析結果を詳細骨組モデルによる結果と比較することにより検証した。

第5章では、履歴型ダンパー付鋼構造骨組の耐震設計手続きに魚骨形モデルを用いた地震応答解析を組み込む手法の提案を行い、その手順および設計時に考慮すべき事項を明示している。本設計手法では、1次設計用の静的地震荷重のベースシヤ係数および1次設計時の層間変形角制限により骨組断面を設定する現行耐震規定の許容応力度等計算に沿った設計手順により骨組断面を指定し、魚骨形モデルによって地震時の応答を照査する設計手続きが組み込まれる。魚骨形モデルは、第3章の鋼構造ラーメン骨組を魚骨形骨組に変換する手法と第4章の履歴型ダンパー付鋼構造骨組のダンパー系をせん断バネに変換する手法により作成される。さらに本章では、提案した設計手法に従って、4・8・12層の履歴型ダンパー付鋼構造骨組を試設計している。ここでは提案した耐震設計法の設計例を示すと共に、履歴型ダンパー付鋼構造骨組と鋼構造ラーメン骨組の地震応答を比較することによって、本設計法により設計された骨組において、履歴型ダンパーが顕著な制震効果を発揮できることを確認している。また、魚骨形モデルを用いた地震応答解析結果を詳細骨組モデルの地震応答解析結果と比較し、本設計例においても魚骨形モデルは詳細骨組モデルの地震応答を近似していることも明らかにしている。

第6章は結論であり、本論文で得られた成果を要約するとともに将来の研究展望についてまとめている。

論文審査の結果の要旨

本研究は、履歴型ダンパーを活用して大地震に対する中低層鋼構造骨組の損傷を低減することを目的とし、履歴型ダンパー付鋼構造骨組の簡便かつ高精度な地震応答解析モデルを構築するとともに、このモデルを用いた耐震設計法を提示したものである。得られた主な研究成果は次のとおりである。

1. 柱・梁・接合部パネルで構成されるラーメン構造を対象とし、静的弾性解析結果と部材耐力に関する情報だけで地震応答解析用の魚骨形骨組モデルを構築する方法を提案した。この魚骨形モデルは、崩壊機構特性、固有周期、地震入力エネルギー、動的変位応答、および梁端の累積塑性変形について、詳細な弾塑性解析の結果を精度良く近似することを地震応答解析を含む数値計算によって確認した。
2. 履歴型ダンパーとして、座屈拘束ブレース・ブレース支持型シャパネル・間柱型シャパネルの3種類を対象とし、ダンパーとその支持部材で構成されるダンパー系の耐力と剛性を周辺部材の影響を考慮して評価する理論式を提示した。この理論式に基づいて、ダンパー系の弾性剛性が、ダンパー系を支持する柱の軸伸縮やダンパー系の取付く梁の変形に影響されることを定量的に明らかにした。
3. ダンパー系をラーメン構造の魚骨形モデルに組み込んで履歴型ダンパー付鋼構造骨組の魚骨形モデルを構築する方法を提案した。さらにこのモデルが、詳細骨組モデルによる静的増分解析結果や動的な地震応答解析結果を部材の変形応答に至るまで精度良く近似することを、上記の3種類の履歴型ダンパーを用いた試設計骨組の地震応答解析によって検証している。
4. 履歴型ダンパー付鋼構造骨組の耐震設計法に魚骨形モデルを用いた地震応答解析を取り入れた設計手続きを提示し、設計時に考慮すべき事項についても明示した。さらに、この設計法に従って4層から12層までの履歴型ダンパー付鋼構造骨組を試設計し、それらの耐震性能が容易に確認できることを例証するとともに、履歴型ダンパーが中低層鋼構造骨組の損傷の低減に有効であることを確認している。

以上、要するに本論文は、履歴型ダンパー付鋼構造骨組の地震応答解析モデルと耐震設計法を提案したものであり、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15年5月22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。