

氏 名	た が けん ぞう 多 賀 謙 蔵
学位(専攻分野)	博 士 (工 学)
学位記番号	論 工 博 第 3979 号
学位授与の日付	平 成 20 年 1 月 23 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	鋼構造建築物の構造性能向上技術に関する研究

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

本論文は鋼構造建築物の構造性能を向上させるための構造設計法を対象としている。設計実務上、構造性能を具体化するためには骨組を構成する部材の“損傷限界”あるいは“性能保持限界”を規定する物理量が必要となる。しかるに、構造設計者が実際に設計作業を行うための工学量との対応は、現時点では必ずしも普遍的ではないものもある。本論文は、申請者が構造設計実務者として携わってきた種々の構造設計実務の中から、設計に必要な情報を得るために行った実験的研究、解析的研究等の技術的成果を整理し、鋼構造建築物の構造性能を改善し向上させる具体的手段・方法を提示することを目的として纏めたものである。本論文は序論と結論を含め、全9章で構成されている。

第1章は序論であり、本研究の背景と目的を記述している。

第2章では、2種類の履歴型鋼材ダンパーを対象とした実大実験から履歴特性とエネルギー吸収能力に関する保有性能について検討している。その結果、せん断パネルをリンク材とするY型ブレースおよびせん断パネルを中央部断面に組み込んだ梁については、パネルの一般化幅厚比が1.5以下となるように設計することにより、十分なエネルギー吸収性能が得られること、せん断変形角が1/20rad程度の範囲ではせん断パネルの剛性・耐力に及ぼす軸方向変形拘束の影響は小さく、エネルギー吸収能力に関しても周辺部材からの拘束の影響は無視できること、設計モデルとしてはバイリニアの復元力特性で十分近似できることを明らかにしている。また、パネルの断面積に比べて枠フランジの断面積が大きい場合は、パネルを支持する周辺部材や接合部の設計にパネル耐力の上昇分を大きめに見込む必要があることを指摘している。

次いで、既製形鋼で座屈拘束された軸ブレースタイプの履歴型鋼材ダンパーを対象とした実大実験から履歴特性とエネルギー吸収能力に関する保有性能について検討している。その結果、全体座屈拘束条件式に偏心の影響を加味した設計式が妥当であること、単体実験、梁組込み型実験ともに安定した荷重-変形関係を示し、芯材破断に至るまで十分なエネルギー吸収性能が得られることを明らかにしている。さらに、鋼板を切り出して製作する芯材の切断・加工方法に関して、切断面の加工精度に着目した場合、鋼板をガス切断した後切断面を研磨する機械加工によるものとプラズマ切断のままとした場合の比較を行って、経済性に勝るプラズマ切断のままで十分な性能が得られることを示し、実用にあたって有益な情報を提供している。

第3章では、2章の実大実験で履歴特性とエネルギー吸収能力を確認した2種類の履歴型鋼材ダンパーを適用した2つの高層建物の構造計画内容を示し、せん断パネルをリンク材とするK型ブレースあるいはせん断パネルおよび座屈拘束ブレースを組み込んだ梁タイプのダンパーを用いて、耐震性能目標を満足させたことを示している。特に、高さ約200mの建物は一次固有周期が約5秒であり、近い将来に発生すると予測されている南海トラフを震源とする巨大地震の際に発生する大阪市域の揺れの卓越周期成分にほぼ一致する。しかし、大地震に対する主架構の損傷を抑制する目的で設置している履歴型鋼材ダンパーの効果により、提案されているいくつかの長周期模擬地震動に対しても過大な応答は励起されず、当該建物が十分高い耐震性能を保有していることを明らかにしている。

第4章では、ラーメン構造に比べて確実に耐震性能が向上する制振構造を発展・普及させることを目的として、学校・病院・物流倉庫を想定した3～5階建の4種類の鋼構造建築物を対象とした動的応答解析による検討・考察を行っている。その結果、対象とした4ケースすべてにおいて、履歴型ダンパーを用いることにより、鋼材重量増を伴うことなく応答変形や主体構造の塑性変形（損傷）を大幅に低減でき、現状では建築確認の手続き上の理由により採用が敬遠されている中低層建物への制振構造の適用が十分有効であることを示している。

第5章では、“ダンパーのエネルギー吸収を効率よく、かつ確実に実現可能な構造計画”について検討している。その結果、架構のメカニズム時にも降伏しない弾性限強度を有する「心棒」を組み込むことが有効で、地上の各階にダンパーを分散配置し、かつ心棒配置が可能な場合はコストダウンの可能性を示している。一方、その対極的な手法として大きなエネルギー吸収能力を有するダンパーを第一層に集中的に配置して積極的に損傷集中層とすることも有効で、平面計画上地上階にダンパーをバランスよく配置することが困難で、地下階を鋼構造とすることができるような場合に効果的であることも明らかになっている。

第6章では、大規模な若齢埋立地盤に建設された長大な建築物を対象とし、耐震設計その他克服すべき技術課題と解決策について検討している。その結果、大きな残留沈下量が予想される若齢埋立地盤で建設される建築物の設計にあたっては、避けられない不同沈下を見込んでおく必要がある、その対策としてジャッキアップシステムならびにそれを支援するための不同沈下計測システムが有効であることを、工事中ならびに竣工後の維持管理を通して実証している。また、耐震設計を検証する目的で設置した地震観測システムにより1995年兵庫県南部地震の強震記録を観測することができ、その分析結果から「地震時のエキスパンションジョイント部の相対変位を小さくする」という意図で設置した粘性ダンパーの効果を検証している。

第7章では、既存の鋼構造建築物のうち、柱梁接合部の溶接部に大きな不合格欠陥が検出された山形ラーメン架構に対する耐震補強対策を考案・提示している。この補強策によれば、柱梁接合部に方杖を設置し、その際に、柱梁接合部の曲げモーメントを減少させることを目的として方杖に初期圧縮軸力を導入することにより溶接接合部の存在応力が低減され、構造安全性が大幅に向上するとともに、方杖の設置に際して現場溶接を用いない高力ボルト接合工法を採用することで、工事が安全かつ迅速に施工できることを実証している。

第8章では、製作・施工段階における品質確保のための取り組みの一端として、鉄骨関連技術者および技能者の現状の資格制度（要求業務範囲、資格取得条件、取得者の義務・責任など）について具体的な問題点を抽出し、それらの解決策あるいは考えられる新たな資格制度について提案している。

第9章は結論であり、本論文で得られた成果について要約している。

## 論文審査の結果の要旨

本論文は、申請者が構造設計実務上必要な情報を得るために行った実験的研究、解析的研究等の技術的成果を総括し、鋼構造建築物の構造性能を改善し向上させる具体的手段・方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. せん断パネルをリンク材とするY型ブレース、せん断パネルを中央部断面に組み込んだ梁、および座屈拘束ブレースをウェブ斜材として組み込んだ梁に関する実大実験結果から、これらの履歴型鋼材ダンパーの履歴特性とエネルギー吸収能力に関する保有性能を定量的に明らかにするとともに、それらの設計法を提示している。また、これら鋼材ダンパーを適用した実例として2つの高層建物の構造計画・設計内容を示し、これらが耐震性能の向上に有効であることを実証している。
2. 上記の鋼材ダンパー、特に座屈拘束ブレースの中低層骨組への適用により、耐震性能が大幅に向上することを多くの実施設計例に基づいて明らかにしている。
3. 鋼材ダンパーのエネルギー吸収を効率よく確実に可能とする構造計画法について検討し、骨組のメカニズム時にも降伏しない剛強な「心棒」を組み込むこと、あるいはその対極的な手法として大きなエネルギー吸収能力を有する構造要素を第一層に集中的に配置すること、などが有効な方法であることを設計事例に基づいて明らかにしている。

4. 大規模な若齢埋立地盤に建設された長大な建築物の設計・施工・維持管理に関する実施例より、大きな残留沈下量が予想される地盤では、不可避の不同沈下対策としてジャッキアップシステムおよびそれを支援するための不同沈下計測システムが必須であることを実証している。また、1995年兵庫県南部地震時の強震記録の分析から「地震時のエクспанションジョイント部の相対変位を小さくする」という意図で設置した粘性ダンパーの有効性を検証している。
5. H形断面の柱梁溶接接合部に大きな不合格欠陥が検出された既存の山形ラーメン構造（体育館）の耐震補強対策を検討し、柱梁接合部に方杖を無溶接構法で設置し、その方杖に初期圧縮軸力を導入することにより溶接接合部の応力が低減されて構造安全性が大幅に向上するとともに、短期間で施工可能な方法を提案している。
6. 鋼構造物の製作・施工段階における品質確保を図るため、鉄骨関連技術者および技能者の現状の資格制度について具体的な問題点を抽出し、それらの解決策あるいは考えられる新たな資格制度について提案している。

以上、本論文は鋼構造建築物の構造性能を改善し向上させる具体的方法を提示していて、その構造設計法の高度化に貢献するものであり、学術上、実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19年12月25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。