

京都大学	博士 (工学)	氏名	林 旭川
論文題目	Development of Low- to Mid-rise Building Structures Using Weld-free Built-up Columns Made of Ultra-high Strength Steel (超高強度鋼無溶接組立柱を用いた中低層建築構造物の開発)		
(論文内容の要旨)			
<p>南海トラフの巨大地震が早晩わが国の大都市を襲うことが確実視される状況で、建築構造物の耐震性能の一層の向上は焦眉の課題である。また低炭素社会の実現も時代の強い要請となるなかで、建築の長寿命化や建築材料・部材の再利用への期待が高まっている。このような背景の下、金属添加物の最小化を図った新たな製法を用いた H-SA700 と称される高強度鋼の利用、溶接を用いることなく部材や骨組を形成する組立法の考案、大地震に対しても建築構造物の損傷を最小限に留める構造形式の提案を基軸として上記課題の解決に貢献しようとする本論文は、全 8 章から構成されている。</p> <p>第 1 章は序論であり、本研究の背景とそれを解決する実験・解析法、論文全体の構成を記述している。</p> <p>第 2 章では、高強度鋼柱と従来鋼梁から構成される骨組に制振ダンパーを組み込んだ構造形式を考案したうえで、この構造形式が従来型の鋼構造骨組に比べて持つ特長を検討している。入力地震波のレベルを順次増やししながら最大変形等の推移を追跡する漸増型時刻歴応答解析法を用いて、従来型鋼構造骨組と提案構造形式を用いた鋼構造骨組が被る弾性限変形、最大層間変形、残留層間変形等を検討した結果、提案構造形式によれば、最大層間変形において 60%以上、残留層間変形において 80%以上の低減が可能になることを明らかにしている。</p> <p>第 3 章では、一对の平板（フランジ）と平板を折り曲げた一对の溝形鋼（ウェブ）を高力ボルトで緊結した組立柱を提案している。この柱では、開断面とすることによってボルト接合を保証しつつ、一对の溝形鋼をウェブとして用い断面の一部に擬似閉断面を形成することからねじれ等に対する剛性を確保している。この組立柱の基本性能を、実寸規模の柱試験体に繰返し曲げを与える実験から検討している。その結果、提案組立柱に H-SA700 を用いることによって従来鋼を用いる場合に比べて 2 倍以上の弾性限変形を有すること、フランジ平板の局部座屈が耐力劣化の主たる原因となること、この局部座屈は高力ボルトピッチ間隔に支配されること、ボルトピッチ間隔を所定の長さ以下に設定することから、層間変形角が 6%に至るまで安定した履歴が確保できることを検証している。また H-SA700 がもつ降伏比が 0.95 と極めて大きいにも関わらず、ボルト孔欠損による断面の早期亀裂・破断は起こらないことを実験的に確かめたうえで、詳細な有限要素法解析から、ボルト接合によってフランジの応力状態は同一断面に対して一様ではなくなり降伏部分の集中が緩和されることが、早期破断防止につながっていることを明らかにしている。</p> <p>第 4 章では、提案組立柱について、柱に特有な曲げと軸圧縮力が同時に作用する応力状態における耐力とエネルギー消費能力を、第 3 章と同一の形状を有する複数の組立柱試験体に対する実験から検討している。その結果、軸力比にして 0.4</p>			

京都大学	博士 (工学)	氏名	林 旭川
<p>程度までの圧縮軸力下においても、従来鋼を用いた場合より 2 倍以上の弾性限変形を保持しうることを、弾性剛性については組立柱の断面が一体であると仮定して曲げ理論を適用することによって推定できることを確かめている。また高力ボルトのすべりやボルト孔欠損等を詳細にモデル化した有限要素法解析を援用することから、軸圧縮力と曲げを同時に受ける提案組立柱の曲げ耐力を、軸圧縮力の大きさとボルトピッチ間隔を変数として評価する設計式を提案している。</p> <p>第 5, 6 章では、提案組立柱とエンドプレート形式の従来鋼梁との接合方法を検討している。第 5 章では、組立柱をエンドプレート形式梁とボルト接合するとき生じる可能性がある、柱フランジの面外曲げや柱ウェブの局部座屈に着目し、これら現象の発生と発生後の挙動に対して、提案組立柱要素を対象とした局部圧縮・引張試験を通じて検討している。その結果、圧縮力、引張力いずれに対しても、組立材フランジの面外曲げやウェブの局部変形は比較的早期に生じることから、接合部をできるだけ剛とする設計を指向する場合には、組立柱と梁との接合部にはスチフナが不可欠であることを明らかにしている。</p> <p>第 6 章では、第 5 章の結果を受けて、提案組立柱、エンドプレート形式梁、接合部補強のためのスチフナから構成される接合部を、溶接を使わずに実現する仕組みを考案している。組立柱の強軸まわりには剛接合を、弱軸まわりにはピン接合を実現することを目標に、弱軸まわりの接合に用いる T 形鋼、組立柱スチフナとして機能する小型の T 形鋼、組立柱のフランジとウェブ、そして梁のエンドプレートという各部品を、高力ボルトだけで接合できる製作手順を考案している。この接合形式を実際に適用した実寸規模の接合部試験体を複数準備し、これら試験体に第 3, 4 章の実験と同一の載荷条件を課すことによって、提案接合形式の妥当性を検証している。その結果、提案接合形式によって接合部は強軸まわりに十分に剛とみなせること、層間変形角にして 4% まで接合部の塑性化は一切見られないこと、層間変形角が 8% に至るまで、履歴エネルギー消費は、エンドプレート近傍の梁の塑性化とエンドプレートとそれに接続する組立柱フランジの局部降伏に留まり、組立柱自身はなお弾性を保持しうることを実証している。</p> <p>第 7 章は、第 6 章で提案した接合形式の設計手順を示したもので、接合部の弾性限界と耐力を支配するエンドプレートと組立柱フランジの局所面外曲げを対象に、塑性線理論を用いてそれぞれの要素の曲げ耐力を算出することから、エンドプレートと組立柱フランジに必要な板厚を定める方法を提示している。</p> <p>第 8 章は結論であり、本論文で得られた成果を要約している。</p>			

氏名	林 旭川
----	------

(論文審査の結果の要旨)

南海トラフの巨大地震が早晩わが国の大都市を襲うことが確実視される状況で、建築構造物の耐震性能の一層の向上は焦眉の課題である。また低炭素社会の実現も時代の強い要請となるなかで、建築の長寿命化や建築材料・部材の再利用への期待が高まっている。このような背景の下、本研究は、金属添加物の最小化を図った新たな製法を用いた高強度鋼の利用、溶接を用いることなく部材や骨組を形成する組立法の考案、大地震に対しても建築構造物の損傷を最小限に留める構造形式の提案を基軸に上記課題の解決に貢献する内容で、下記の点において際だっている。

1. 高強度鋼平板を折り曲げ組み合わせ、高力ボルトを用いて互いを緊結した組立柱を提案し、その曲げ性能を一連の構造実験と数値解析によって検討した。高強度鋼を使うことによって従来鋼を用いた場合の2倍以上の弾性限変形を確保できることを検証するとともに、溶接ではなく高力ボルトで接合すれば、同じ断面内でも塑性化が徐々に進展するので、鋼の降伏比が大きくても塑性化領域が材軸方向に一層広がること、それによって過度な歪集中とそれに伴う早期破断は生じず、応分の塑性変形能力が確保できることを明らかにした。
2. 提案組立柱と従来鋼からなる梁の接合について、弱軸方向に接続される梁やパネルゾーン補強としてのスチフナも含めて、高力ボルトのみによって剛接合を実現する接合方法を開発し、その施工性と接合部性能を一連の構造実験によって確かめた。また実験結果とそれを補強する数値解析を通じて、接合部とその近傍における塑性化部位とそれら部位のエネルギー消費分担量を検討し、スチフナを用いない場合に生じる局部塑性変形を明らかにしたうえで、スチフナを設置することの効用を定量化した。
3. 軸圧縮力と曲げが同時に作用するときの提案組立柱の耐震性能を、一連の構造実験と数値解析によって検討することから、作用軸圧縮力、組立柱に用いる板厚、高力ボルトのピッチを変数とした組立柱の設計耐力式を導出した。また提案組立柱に制振ダンパーを組み合わせた構造形式を対象として、提案組立柱を用いることによる弾性限変形の増大とそれに伴う機能性維持能力の向上を、地震力を漸増させる時刻歴応答解析から明らかにした。

以上、本論文は、わが国の地震防災力の向上と低炭素社会の実現に、新しい高強度鋼を利用した建築構造物の提案を通じて貢献することをめざし、その実用化に不可欠となる設計情報を詳細な実験と解析から提供するものであって、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24年8月24日、論文内容とそれに関連した事項について試問を行って、申請者が博士後期課程学位取得基準を満たしていることを確認し、合格と認めた。