

氏 名	イ 李	サン 相	ジュ 周
学 位 の 種 類	博 士 (工 学)		
学 位 記 番 号	工 博 第 2378 号		
学 位 授 与 の 日 付	平 成 16 年 3 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 生 活 空 間 学 専 攻		
学 位 論 文 題 目	幅厚比が大きいH形断面梁を有する骨組の耐震補強に関する研究		

論文調査委員 (主 査) 教 授 井 上 一 朗 教 授 上 谷 宏 二 教 授 中 島 正 愛

論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、既存鋼構造骨組の塑性変形能力の向上を目的とした耐震補強策を提案したものである。具体的には、幅厚比が大きいH形断面梁をもつラーメン構造を対象とし、早期の急激な耐力低下を防止して塑性変形能力の向上をはかるために、(a) 梁端部に生ずる局部座屈拘束と (b) RBS工法による梁端溶接合部の破断防止の2つのテーマに関して研究を行っている。また、耐震補強工事が広く普及されることを目指して、現場で溶接やガスなどの火気を使用せずに簡単に施工できる工法を検討の対象としている。本論文は、序論と結論を含め全7章で構成されている。

第1章は序論であり、幅厚比が大きいH形断面梁の塑性変形能力に関する既往の研究や破壊防止策について概観し、本研究の背景と目的を述べるとともに、既存鋼構造骨組に適用できる局部座屈拘束方法とRBS工法の基本的方針を提示している。

第2章では、幅厚比が大きいH形断面梁を対象とし、ウェブだけの局部座屈拘束によって梁の塑性変形能力の向上に効果があるかどうかを実験的に調べている。この実験では、アングル材やリブ付き板要素の拘束材をボルトで梁ウェブだけに取り付ける方法を採用した。無拘束試験体の実験結果と比較して、ウェブだけを局部座屈拘束することによって耐力低下の発生を遅延することができ、塑性変形能力の向上が確認されている。しかし、拘束材を梁の材軸と並行に配置した場合、拘束材の間でせん断座屈が生じて急激な耐力低下が生じた。この結果、拘束材の適切な配置法を検討する必要性が認識された。

第3章では、2章の実験結果および既往の解析的研究成果に基づいてH形断面梁の局部座屈の形状に対応する崩壊機構を想定し、仮想仕事の原理を用いて局部座屈発生後の曲げモーメント-回転角関係を求めている。局部座屈後挙動に及ぼすフランジの座屈波の長さ、ウェブの最大面外変形点の位置などをパラメータとした解析結果、さらにはウェブの局部座屈を拘束した場合の解析結果から、ウェブの局部座屈を拘束するための具体的方法やその効果に関して、指針を提示している。

第4章では、梁端溶接部およびその近傍の破断を防止するための有効な方法を検討している。既存鋼構造骨組の梁端溶接部は、接合詳細や母材の破壊靱性の影響で、地震時に早期の脆性破断が生じる可能性が高い。これを防止する方法として梁端部のフランジの耐力を低減させ、かつ現場で火気を使用せずに簡単に施工可能な穿孔型RBS工法を提案している。すなわち、塑性理論に基づいて千鳥配置有孔鋼板の最大引張耐力算定式を提案するとともに、最も高い塑性変形能力が得られる孔配置を実験的に調査している。様々な孔配置に対する実験結果から、孔を千鳥配置して斜方線でせん断破壊させることによって、孔を1列に配置した場合より塑性変形能力が1.5倍増加し、無孔鋼板と同程度の塑性変形能力が得られることを確認している。

第5章では、梁端溶接部近傍のフランジの破断を防止する方法として、4章の実験成果を参考にして穿孔型RBS工法の有効性をH形断面梁を対象に検討している。穿孔型RBS工法は、現場で溶接やガスなどの火気を使わずに単純な工具で施工できる方法である。通常、H形断面梁の上フランジ側には床スラブが配置されていて穿孔は不可能であるから、梁の下フランジだけに穿孔型RBS工法を適用することになる。実験では、既存建物の梁端溶接部を想定して、従来型のスカラップ

を有する6種類の試験体を用いて繰返し載荷実験を行い、塑性変形能力の向上に及ぼす穿孔型RBS工法の効果を調査した。その結果、千鳥配置穿孔型RBS工法を採用することで、孔を1列に配置した試験体より1.5倍高い塑性変形能力を確保できた。また穿孔型RBS梁の最大曲げ耐力は4章で提案した有孔子鋼板の最大引張耐力算定式を用いて十分正確に評価できることも確認された。

第6章では、2章、3章の結果を参照して考案した局部座屈拘束方法と4章、5章の結果を参照した千鳥配置穿孔型RBS工法をもとに適用した梁の塑性変形能力を実験的に調べている。対象とした試験体は幅厚比が大きいH形断面梁であり、次の3体で構成される。ウェブの局部座屈を拘束していないもの1体、ウェブだけに拘束材をボルトで接合して座屈拘束したもの1体、ウェブの座屈拘束と下フランジの穿孔型RBS工法の両者を適用したもの1体である。これらの試験体の繰返し加力実験から得られた結果は以下のようにまとめられる。(1) 無拘束試験体では、3章の解析で想定した崩壊機構と実験結果で得られた局部座屈形状がよく対応し、局部座屈後の曲げモーメント-回転角関係もよく一致している。(2) ウェブの局部座屈だけを拘束した試験体では耐力低下の防止に効果が見られ、無拘束試験体より塑性変形能力が1.5倍程度増加した。また、ウェブの胸部座屈を防止するための拘束材の配置と断面を決定する方法を示し、実験から提案した方法で局部座屈の進展を抑制できることが示された。(3) ウェブの局部座屈拘束と穿孔によるRBS加工の両者を施した試験体も塑性変形能力が無拘束試験体より1.5倍以上増加している。また、スカラップ周辺の亀裂の発生が抑制され、梁端溶接部およびその近傍の破断防止の効果が確認された。

第7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、幅厚比が大きく塑性変形能力に乏しいH形断面梁を対象に、局部座屈発生後の荷重-変形挙動と局部座屈拘束の効果を理論的に解明し、その結果に基づいて既存鋼構造骨組の耐震補強策として、梁の局部座屈と溶接部破断を防止してその塑性変形能力を向上させる方法を提案したものである。得られた主な研究成果は次のとおりである。

1. H形断面梁の局部座屈発生後の剛塑性崩壊機構曲線を幾何学的非線形を考慮して解析的に誘導し、実験結果と比較してこの曲線が耐力劣化後の挙動を精度良く近似できることを確認している。
2. 補強工事現場で火気を使用せずに補強可能な工法としてH形断面梁のウェブのみをボルトと溝形鋼で簡便に座屈拘束する方法を考案し、梁端部の補強域の設定と座屈拘束材の配置に関する指針を理論的に提示している。また、この補強策によって梁の耐力劣化の早期発見が防止されて耐力が増大することを実験的に確認している。
3. 局部座屈を防止して梁の耐力が増大するとフランジ溶接部の破断の危険性が増大する。これを抑制するために下フランジを穿孔するRBS (Reduced Beam Section) 工法を考案し、孔が千鳥配置された有孔鋼板の耐力算定式を理論的に導出するとともに、その塑性変形能力に及ぼす孔の大きさや配置の影響を実験的に検討して最適配置を見いだしている。
4. 上記のウェブの局部座屈拘束法とRBS工法を組み合わせた耐震補強策によって、幅厚比が大きいH形断面梁の塑性変形能力が向上することを実験的に検証している。

以上、要するに本論文は、幅厚比が大きいH形断面梁の塑性変形能力を改善することによって既存鋼構造建築物の耐震性能の向上に寄与し、さらに、施工法としては補強工事現場において溶接・ガスなどの火気を使用しない簡便な工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16年2月20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。