

氏名	たつみ のぶひこ 巽 信彦
学位の種類	博士(工学)
学位記番号	工博甲第69号
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当者
学位授与の年月日	平成30年3月14日
学位論文題目	接合部詳細の違いが引張ブレース構造の力学挙動に及ぼす影響
論文審査委員	(主査)教授 宮内 靖昌 教授 馬場 望 教授 大山 理 東京工業大学准教授 吉敷 祥一

論文の内容の要旨

本研究は、大規模災害時に避難施設として利用される屋内運動場（体育館）等の低層鉄骨造建物における引張ブレース付き骨組構造を対象とする。引張ブレース付き骨組構造とは、圧縮抵抗を期待しない細長比の大きな引張ブレースにより水平力（地震力）に抵抗する構造形式であり、梁端接合部は H 形断面梁のウェブのみを高力ボルト摩擦接合したピンディテールとすることで、柱梁における曲げ負担を極力少なくし、引張ブレースの軸部降伏を保証することにより耐震性能を確保している構造である。

本論文では、山形鋼を用いた引張ブレース材端接合部および梁端ピン接合部の力学挙動を把握した上で、それらのボルト本数やボルトピッチなどの接合部詳細がブレース架構全体の力学挙動に及ぼす影響について検討した。本論文の構成は以下のようになる。

第 1 章では、研究背景を述べ、本研究に関連する既往の研究について整理した上で、引張ブレース構造に関して残された課題点を指摘し、研究目的と本論文の構成を示した。

第 2 章では、山形鋼ブレース端部接合部のボルト本数やボルトピッチなどを接合部詳細および山形鋼ブレース材の接合形式（1 丁使い、2 丁使い、Z 形使い）を変えた実験を行い、接合部における降伏耐力および有効断面破断耐力、部材としての繰り返し変形性能に及ぼす影響について検討した。

第 3 章では、接合部詳細を変えた梁端ピン接合部を対象に、引張ブレースの水平成分力として受ける圧縮軸力下での繰り返し载荷実験を行い、基本的な力学挙動を把握するとともに、回転性能確保のための条件を検討した。

第 4 章では、2 層 1 スパンの実大ブレース架構実験を行い、接合部詳細の違いが架構全体の力学挙動に及ぼす影響について検討した。

第 5 章では、第 1 章～第 4 章についてまとめ、本論文で得られた知見と今後の課題を示した。

本論文で得られた知見をまとめると、以下のようになる。

山形鋼ブレースの接合部詳細に着目した実験より、保有耐力接合にかかわる有効断面破断耐力については、接合部に配置したボルト本数が 4 本以上の場合、接合形式の違いによる影響は小さいことが明らかになった。一方、軸部降伏を保証した山形鋼ブレースの部材としての繰り返し変形性能については、接合形式の影響が大きく、2 丁使いと Z 形使いの性能は 1 丁使いの 5～25% 程度にまで低下することを確認した。したがって、山形鋼ブレース接合部のボルト本数を少なくとも 4 本以上配置して保有耐力接合の条件を満足することができれば、繰り返し変形性能が高い 1 丁使いとして設計するのが望ましいと言える。

圧縮軸力を受ける梁端ピン接合部の回転性能に関する実験では、ボルト配置に支配される梁ウェブ有効断面の設定方法を提案し、圧縮軸力によって有効断面に生じる軸応力度を 155N/mm^2 以下（SS400 材）に抑えることができれば、引張ブレース構造の梁端ピン接合部に要求される回転性能

±0.03rad を確保できることを示した。また、この回転性能確保の条件は、4 章に示すブレース架構実験においても適用可能であることを確認し、梁端ピン接合部の接合部詳細の設計法を提案した。

引張ブレース構造を構成する接合部詳細が架構全体の力学挙動に及ぼす影響についての検討では、X 形配置としたブレース交差部における中間ガセットの存在、梁端ピン接合部の曲げ負担、ブレースの偏心、部材断面の影響を明らかにし、これらの接合部詳細の影響を考慮したブレース架構全体の力学挙動を評価可能であることを示した。中間ガセットが存在する場合、圧縮力を受ける側のブレースの全体座屈変形が引張側ブレースに拘束されることから、座屈長さをブレース材長の半分として圧縮耐力を評価できる。梁端ピン接合部の曲げ負担については、実験結果に基づいた回転剛性の評価法を示し、提案する力学モデルにより曲げすべり耐力と最大曲げ耐力が概ね評価可能であることを確認した。また、ブレース架構における梁端ピン接合部の曲げ負担に起因する柱梁の履歴挙動については、梁端ピン接合部の力学挙動の評価に基づいて柱梁の応力負担を評価することにより、概ね再現できる。ブレースの偏心については、ブレース架構全体の弾性剛性と最大耐力が低下するため極力避けることが望ましいが、ブレース軸部降伏耐力の水平成分が偏心位置に作用する不静定モデルを考え、柱に作用する付加曲げを算出することにより、その影響を評価できることを示した。

論文審査の結果の要旨

(1) 主論文の審査

2018年1月6日(土) 13:00~16:00 および1月30日(火) 14:00~16:00 に申請者および審査委員が一堂に会し、論文内容について質疑・応答した。主な確認事項は以下である。

(a) 副論文として示されている日本建築学会構造系論文集(査読付き論文として国内最上位)4編の論文内容が、主論文を構成していることを確認した。

(b) 主論文は、大規模災害時に避難施設として利用される屋内運動場(体育館)等の低層鉄骨造建物における引張ブレース付き骨組構造を対象とし、耐震安全性を高め、より合理的な構造設計を可能とするために、十分に解明されていない力学挙動を明らかにしたものである。すなわち、

(i) 山形鋼の引張ブレースを一丁使いする場合は、端部接合部の高力ボルトを4本以上とし保有耐力接合すれば、高い繰り返し変形性能が得られる、(ii) 引張ブレースの水平成分力による圧縮軸力を受ける梁の端部ピン接合部では、申請者が提案した有効断面に生じる圧縮応力度を 155 N/mm^2 以下(SS400材)にすれば、 $\pm 0.03 \text{ rad}$ の回転性能を確保できる、(iii) 2層1スパン骨組の実大実験の結果、X形配置としたブレース交差部の中間ガセットの影響、梁端ピン接合部の曲げ負担およびブレースの偏心接合の影響などを定量的に評価し、当該骨組の構造設計法の向上に寄与される知見を示した。

よって、本論文は、極めて貴重で有意義な内容であり、学位論文として認められる。

(2) 公聴会の実施

2018年2月13日(火) 14:00~15:30 に公聴会を実施した。参加者は教員および学生20名であった。

梁端ピン接合部の局部座屈や有効断面など論文内容に関する事項、山形鋼ブレースの扱いや低層鉄骨造建物の耐震安全性など今後の展望に関する事項など広範囲な16件の質問があり、それぞれ納得のいく回答がされた。