

氏 名	やま ぐち たか し 山 口 隆 司
学位(専攻分野)	博 士 (工 学)
学位記番号	工 博 第 1504 号
学位授与の日付	平 成 8 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 土 木 工 学 専 攻
学位論文題目	Fundamental Study on High Strength Bolted Tensile Joints (高力ボルトフランジ継手に関する基礎的研究)

論文調査委員 (主 査)  
教 授 渡 邊 英 一 教 授 小 林 昭 一 教 授 土 岐 憲 三

### 論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、土木構造物の主部材の接合形式として今後の適用が期待される高力ボルトフランジ継手構造を対象にした研究に関わるものである。継手構造の単調載荷時および繰り返し載荷時の力学的挙動を実験および数値解析により詳細に検討し、接触・離間挙動に与えるフランジ板厚やフランジ板幅、ボルト導入軸力、荷重偏心距離などのパラメータの影響を解明したものである。さらに、高力ボルト引張継手の一つである鋼管フランジ継手について、以上の成果をもとに、組合せ荷重下での力学的挙動の実験的考察を加え、簡易設計法の提案を行ったものであり、本文は7章からなっている。

第1章では、高力ボルト継手を分類し、高力ボルトフランジ継手の特徴を他の継手形式と比較して述べるとともに、この継手形式に対する過去の研究成果についてまとめている。そして、この継手形式が土木構造物主部材の接合形式として積極的に用いられるために今後解決すべき技術的課題を述べ、特に、接触・離間挙動の解明と繰り返し荷重下での力学的挙動の解明の重要性について言及している。そして、最後にこれらを踏まえた本論文の研究目的を述べている。

第2章では、高力ボルトフランジ継手を構成する基本要素である高力ボルトを対象として、単調載荷実験および繰り返し載荷実験を行い、その力学的挙動を検討するとともに、有限要素解析を行い、実験結果を補完し、発生応力などを詳細に調べている。特に、高力ボルトの実際の適用においてはプレストレス力として降伏荷重の約80%に達する高いボルト軸力が導入されることから、このプレストレス力の存在に注目して、その影響を明らかにしている。また、高力ボルトフランジ継手を設計する際に重要な高力ボルトの有効断面積を継手部剛性という面から検討し、その評価方法を提案している。さらに、高力ボルトフランジ継手全体を有限要素解析する際に有効な高力ボルトの簡易有限要素モデルを提案し、この簡易モデルの適用性を検討している。

第3章では、高力ボルトとその周辺部を対象としたモデルを設定し、その力学的挙動を載荷実験および有限要素解析により詳細に検討している。特に、フランジ板厚と荷重偏心距離、プレストレス力の影響に

ついて調べている。さらに、高力ボルトフランジ継手を設計する際に重要となる継手部の有効断面積を決定するための基礎的資料として、このモデルの接合部における有効断面積を継手部剛性と関連づけて評価し、その評価式を重回帰分析によって決定している。ボルト周辺部モデルの継手部剛性は、構造寸法の大小に関わらず、この評価式によって精度良く評価されることが示された。

第4章では、高力ボルトフランジ継手の最も簡単で基本的な継手形式であるスプリットティー継手を対象に単調荷重時および繰り返し荷重時の力学的挙動を載荷実験および有限要素によるパラメトリック解析により詳細に解明している。単調荷重については特に、過去の研究では対象とされなかった薄肉のフランジ板の場合も対象に含め、さらには3次元接触・離間挙動、継手部剛性を調べている。一方、繰り返し荷重荷重時の挙動については、疲労試験を行い、その疲労強度を調べるとともに、荷重サイクル数による高力ボルトやフランジ板の変形性状の変化をひずみゲージを用いて調べ、特に、フランジ板厚の高力ボルトの曲げ変形状態に及ぼす影響を明らかにしている。最後に、スプリットティー継手の疲労強度の簡易推定法を、実験結果と鋼構造物の疲労設計指針に基づいて提案し、その有効性を示している。

第5章では、スプリットティー継手の2次元有限要素法による簡易解析手法を提案し、その有効性を示している。一般に高力ボルトフランジ継手のような奥行き方向に一様でない構造を有限要素解析する場合、3次元解析を行う必要がある。しかし、実際の設計を行う場合、3次元解析を行うのは多大の労力を必要とすることから2次元解析手法の確立が望まれる。本研究では、2次元解析を行うために有効幅の概念を導入し、3次元構造を擬似的に2次元構造として解析する手法を提案し、その有効幅を高力ボルトおよびフランジ板に対して決定している。さらに、決定した有効幅により、荷重—変形関係の推定を精度良く行えることが示されている。

第6章では、高力ボルトフランジ継手の応用例として鋼管フランジ継手を取り上げ、第2、3、4章で得られた知見をもとに組み合わせ荷重（引張荷重および曲げ荷重）下におけるこの力学的挙動を載荷実験結果に基づき詳細に検討し、高力ボルトの軸力、ボルト・鋼管・フランジプレートのひずみ分布などを調べ、特に、力学的挙動に与える引張力の影響やフランジ板厚の影響を解明している。また、これまでに得られた知見をもとに鋼管フランジ継手の簡易設計法を提案しており、これが現行設計法よりも合理的でより高精度であることを実証している。

最後の第7章では、高力ボルトフランジ継手構造を形成する高力ボルト、高力ボルト周辺部、スプリットティー継手の力学的挙動を接触・離間挙動、ボルト導入軸力の影響に注目してまとめている。また、高力ボルトフランジ継手の応用例である鋼管フランジ継手の力学的挙動についても、高力ボルトやフランジ板、鋼管などの局所挙動にも注目してまとめている。そして、最後に耐震部材としての可能性に触れ今後の研究課題を述べ、結びとしている。

## 論文審査の結果の要旨

現在、高力ボルトフランジ継手は、その有効性にも拘わらず、合理的な設計法が確立されていないために土木構造物の主部材の接合方法として用いられるには至っていない。本論文は、優れた力学的特性と施工性を有する高力ボルトフランジ継手の実構造物への適用のための基礎的資料の作成を目的として、高力

ボルトフランジ継手を構成する高力ボルト，その周辺部に注目した部分要素モデル，そしてスプリットティー継手の力学的挙動を実験的・解析的に詳細に検討し，さらに，今後の発展が期待されている鋼管フランジ継手を取り上げ，その設計法の提案をまとめたものである。その得られた成果を要約すれば以下のとおりである。

1. 継手を構成する基本要素である高力ボルトに対して実験的・解析的検討を行い，その力学的挙動を明らかにし，ボルトのプレストレス力の影響と設計の際に重要となる剛性の評価を行っている。

2. 高力ボルトとその周辺部を対象とした部分要素モデルに対して実験的および解析的検討を行い，構造諸元の力学的挙動に与える影響を明らかにするとともに，その接合部剛性の評価式を提案している。

3. 高力ボルトフランジ継手の最も基本的な形式であるスプリットティー継手を対象に，単調載荷時の挙動に加えて繰り返し載荷時の挙動，特に疲労特性を静的および疲労載荷実験並びに有限要素解析をもとに詳細に検討し，構造諸元の力学的挙動に与える影響を明らかにしている。

4. これらの結果をもとにスプリットティー継手の静的強度および疲労強度および疲労強度の簡易評価法を提案している。また，実務設計上の観点から高力ボルトフランジ継手の簡易解析法の一つとして2次元平面問題としての有限要素解析手法を提案している。

5. フランジ継手の一適用例として，今後ますます重要性をもってくると期待されている鋼管フランジ継手を取り上げ，組み合わせ荷重下での載荷実験を行い，これまでに得られた知見をもとにその力学的挙動を明らかにし，合理的な設計法を提案している。

以上，本論文は今後の適用が期待される高力ボルトフランジ継手に対して詳細な検討を行い，その有効性を明らかにするとともに新しい設計法を提案し，多くの新しい知見を得たものであり，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8年2月23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。