

リブを有する薄肉フランジ引張接合の挙動と終局状態

近畿大学大学院 学生員 ○ 宝蔵 保英
 近畿大学 正会員 谷平 勉
 近畿大学 正会員 柳下 文夫

はじめに

短縮め形式の高力ボルト引張接合では、てこ反力によるボルトへの付加軸力が作用する。このてこ反力は、フランジ部の構造寸法に支配されるが、フランジ厚の影響が大きい¹⁾。また、高張力材である高力ボルトの性能を活かすためには、フランジ厚を増すことになるが、一方、接合部の変形性能が低下することになる。そこで、比較的薄いフランジをリブによって補剛することで接合部の耐力を増大させることができる。さらにフランジ降伏後の変形性能を向上させるためには、フランジ厚とリブ厚の関係を検討する必要がある。本研究では、フランジ厚とリブ厚をパラメーターとした実験を行い、フランジの崩壊荷重とボルト破断時の終局荷重について検討した。また、除荷時のボルト軸力低下についても考察を加えた。

1. 実験概要

試験体は全て鋼材 SS400 を使用し、**図-1** に示す試験体を 4 本の高力ボルト (S10T M22) により初期導入軸力 200kN で接合した。またボルト孔位置はフランジ中心とした。ウェブとフランジの接合部は全断面溶接とし、リブは**図-1** で示す形状のものを用いて隅肉溶接とした。ウェブの厚さは 22mm とし、長さは試験機チャック部の影響が出ないように決定した。

実験パラメーターとして、リブ厚 t_r を 0, 6, 9, 12, 16mm, フランジ厚 t_f を 12, 16, 19mm の全 15 種類とした。载荷方法は油圧サーボ試験機を用いて、4~5 回の繰返し载荷を行いながらの漸増载荷とした。計測項目として、**図-1** に示すように、フランジ表面に 3 方向ひずみゲージを貼り、フランジの離間量を計測するためにウェブ位置とリブ位置に変位計を設置した。ボルト軸力は、ボルト頭部に貼った 2 方向ひずみゲージによりキャリブレーションを行い、その結果からボルト頭部ひずみをボルト軸力に換算して管理した。

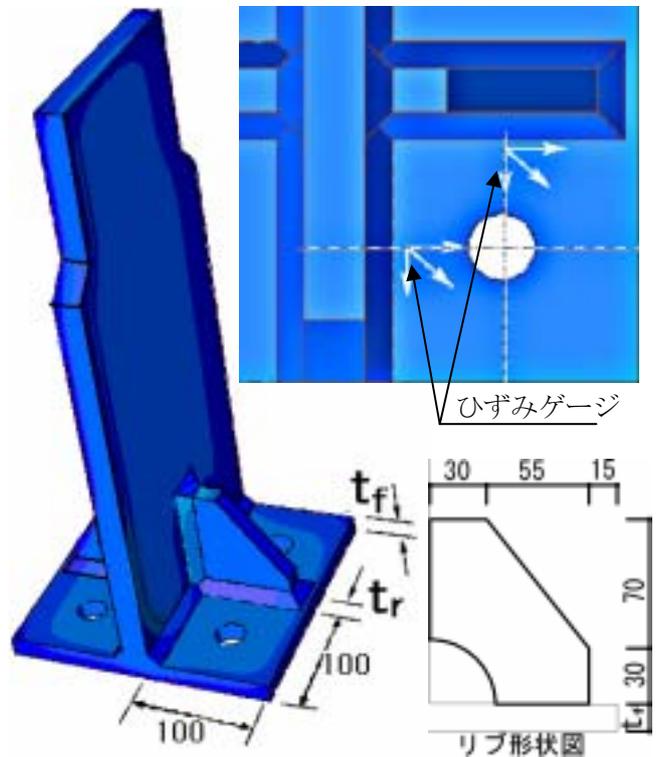


図-1 試験体形状とゲージ位置

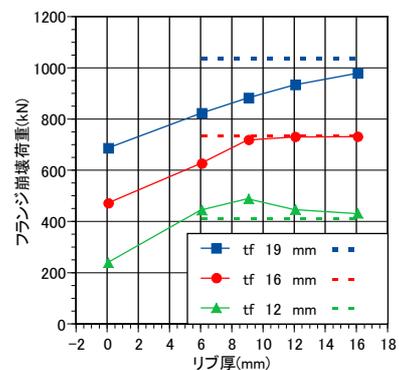


図-2 フランジの崩壊荷重とリブ厚の関係

2. 実験結果と考察

図-2 にフランジの崩壊荷重とリブ厚の関係を示す。ここで、フランジの崩壊荷重は、フランジ表面の荷重-ひずみ関係において第 1 勾配と第 2 勾配の交点としている。その荷重は、リブ側およびウェブ側において全試験体でほぼ同じ荷重であることと、離間量が直線的に大きくなり始める荷重であることから判断している。また、リブ付き試験体のフランジの崩壊荷重を降伏線理論により求めた結果を**図-2** 点線にて示す。この崩壊荷重は、ウェブ

キーワード 高力ボルト 引張継手 軸力低下 フランジ崩壊

連絡先 〒581-0811 大阪府八尾市新家町 8-23-1 TEL 06-6730-2332 Fax 06-6721-2332

およびリブの結合部で、負の曲げ降伏、隅角部でヒンジ場とし、また、ボルト孔に接するウェブおよびリブに平行な正の曲げ降伏と仮定して得られた値である。図-2 からフランジ厚 t_f が 12mm の場合、リブ厚 6mm で、 $t_f=16\text{mm}$ の場合、リブ厚 9mm で降伏線理論による崩壊荷重に一致することが分かる。

一方、終局荷重とリブ厚の関係を図-3 に示すように、全試験体でボルトが破断したにも係わらず、終局荷重はボルトの引張耐力よりも小さくなった。てこ反力の作用とフランジ降伏後、フランジとリブの変形によってボルトに曲げ応力が生じたためであると考えられる。

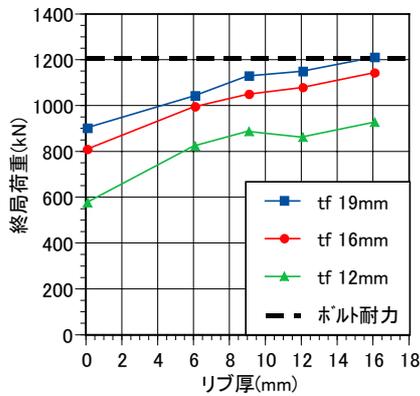


図-3 終局荷重

フランジ厚 12mm の試験体でのてこ反力によるボルト軸力変動とボルト 1 本当りに作用する引張荷重との関係を図-4 に示す。

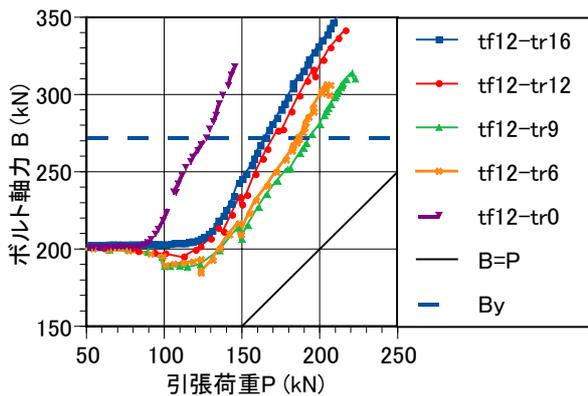


図-4 軸力変動

全試験体で、てこ反力による付加軸力が大きく現れる荷重は、リブ無に比べ、リブ付きでは約 1.5 倍と大きくなった。しかし、図-4 に示す $t_f=12\text{mm}$ では、載荷と除荷を繰り返すことでフランジの降伏と共に軸力の低下を起す結果となった。次に、この挙動を把握するために FEM 解析を行った。解析は軸対象モデルとし、ボルトおよび座金は図-5 のように

要素分割した。



図-5 要素分割

図-5 に示す要素分割でフランジ厚のみを変化させ解析を行った結果、初期導入軸力 200kN を与えたときに、ボルト孔近傍に局所的な塑性域が見られたのは $t_f=12\text{mm}$ だけであった。ボルトの降伏荷重 272.7kN 時では座金接触域直下の面積に対して、 $t_f=12\text{mm}$ で 25%、 $t_f=16\text{mm}$ で 9%、 $t_f=19\text{mm}$ で 5%の領域が降伏に達した。このように薄いフランジでは初期軸力下でも厳しい状況下であり、さらに引張荷重によってフランジには曲げが作用し、ボルト孔近傍の部分的な降伏域が大きくなると考えられる。これらの状況により図-4 に示した $t_f=12\text{mm}$ でのボルト軸力低下が生じたものと考えられる。除荷前の荷重と除荷時の軸力の関係を図-6 に示す、この軸力低下は、フランジ厚が薄いほど大きくなる。

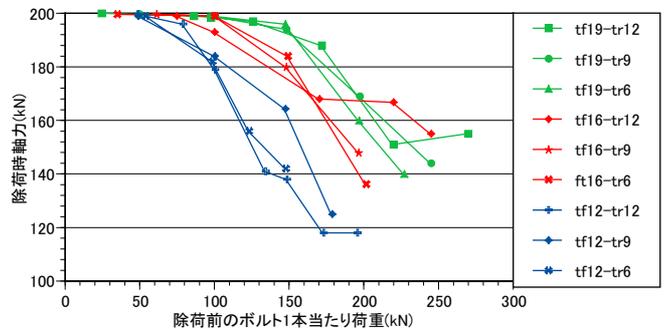


図-6 軸力低下

3. まとめ

フランジの崩壊荷重及びボルトの終局荷重はリブ厚に大きく関与することから、リブ厚によるコントロールが可能である。

てこ反力によるボルトへの付加軸力とフランジに作用する曲げによって軸力低下を起す。さらにフランジが薄く軸力がボルト孔近傍で部分的な降伏状態を与える場合、付加軸力が作用しなくとも軸力低下を引き起す。

参考文献

- 1) 日本鋼構造協会 橋梁用高力ボルト引張接合設計指針 JSS IV 05-2004