

I-A198 1列配置と2列配置高力ボルト引張接合・短締め形式において フランジ厚が終局継手強度とボルト継手の効率に及ぼす影響

武蔵工業大学 学生会員 山本成昭 武蔵工業大学 フェロー 西脇威夫
武蔵工業大学 フェロー 増田陳紀 武蔵工業大学 正会員 白旗弘実
新日本技研 正会員 川田延也

1. はじめに

高力ボルト引張接合・短締め形式においてTウェブの外側に2列以上のボルトを配置する場合には、外側のボルト列に対する作用外力の偏心が大きくなり、てこ作用による影響が大きくなると共に、内側ボルトが破断するとその直後に外側ボルトが破断する破断挙動から、2列配置高力ボルト引張接合は実用的でないとされている。設計指針¹⁾でも、“ボルト配置は材片の両側にそれぞれ1列に配置することを原則とする”と述べられている。これらの結論は20mm～30mm程度のフランジ厚に関してのみの検討によるものである²⁾。てこ作用による影響により、2列目から外側のボルトの効率は悪くなるので、てこ反力の影響が少ない厚いフランジを使用すれば、ボルトの効率が良くなることが期待される。そこで、本研究ではより厚いフランジを使用して、フランジ厚と初期ボルト導入軸力が、1列配置と2列配置での終局継手強度とボルト継手の効率に及ぼすフランジ厚の影響を比較検討する。

2. 境界非線形性を考慮した解析方法⁴⁾

本研究では、高力ボルト引張接合・短締め形式の最も基礎的なT部材を突き合わせたTT接合形式を解析対象とした(図-1)。Tウェブから外側に1列配置の場合と、外側に2列配置の場合と共に対称性を考慮して1/4モデル(図-2)とし、既存の有限要素法による弾塑性解析システム³⁾を基礎として、文献4)で提案された境界非線形弾塑性平面解析システムを用いて、フランジ厚22, 25, 28, 32, 36, 40, 45, 50mmの8通り、初期ボルト導入軸力は高力ボルトF10T-M22のJIS規格で定められた破断軸力30.3tfを100%として20, 40, 60, 67.7, 80%の5通り、計40通りについて数値解析を行なった。また、継手部は本来3次元の挙動を示すが本研究では2次元挙動を行なうものと仮定し、2次元問題として扱った。フランジ部接触面及び、フランジとワッシャーとの接触面に接触要素を配置し、境界非線形性を考慮した。さらに、使用要素はTフランジ、高力ボルト、接触要素共に1節点2自由度の定ひずみ三角形要素である。要素分割は文献4)と同様とした。また、Tフランジと高力ボルトのvon-Mises相当応力-相当ひずみ関係は、バイリニア型モデルを用いた。

3. 解析結果及び、終局継手強度とボルト継手の効率に関する考察

図-3と図-4は、Tウェブ上端に一樣に載荷した引張荷重とボルト軸力との関係図である。本解析ではボルト軸力がJIS規格で定められた破断軸力30.3tfに達した時点でボルト破断とみなし、フランジ部の破断が先行しない場合の継手部の破断と定義した。また、各々の条件での継手部に作用する軸方向最大引張荷重を、終局継手強度とする。図-3は1列配置でフランジ厚50mmの場合であり、何れの初期ボルト導入軸力の場合でも、ボルト軸力が30.3tfに達する以前にTフランジは完全に離間しており、終局継手強度はボルト破断軸力と釣り合って30.3tfとなる。また、紙面の都合で結果は割愛しているが、フランジ厚が22mm

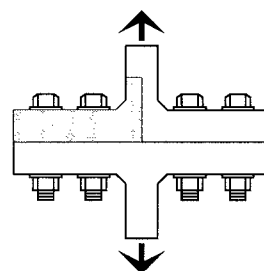


図-1 2列配置解析対象

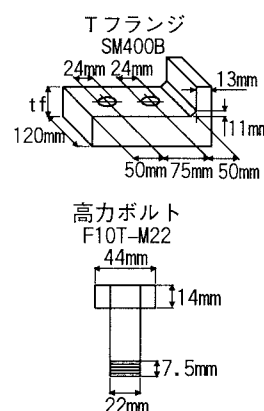


図-2 2列配置の継手部寸法

キーワード：引張接合，2列配置，TT接合形式，境界非線形，初期ボルト導入軸力

〒158-8557 東京都世田谷区玉堤 1-28-1 武蔵工業大学構造工学研究室 TEL03-3703-3111 FAX03-5707-2224

の場合は、何れの初期ボルト導入軸力でも、ボルトに生ずる付加軸力の影響により軸方向引張荷重が約 22tf の時、破断する。従って、フランジ厚 50mm の場合に比べて 22mm の場合の終局継手強度は、約 8tf 小さくなる。

2 列配置の場合では、T ウェブから外側に 1 列目のボルトが破断軸力 30.3tf に達した時、また、1 列目のボルト軸力が 30.3tf に達する前にフランジ破断が先行する時、の何れかを継手部の破断とする。図-4 は 2 列配置でフランジ厚 50mm の場合であり、終局継手強度は初期ボルト導入軸力に関係なく約 41tf となる。1 列目のボルトが破断するとその直後に 2 列目のボルト 1 本に約 41tf の軸力が作用するので、2 列目のボルトもこの時点で破断する。

次に、フランジ厚が終局継手強度とボルト継手の効率に及ぼす影響を検討するため、ボルト継手の効率を以下に定義する。

T_u : 終局継手強度

B_u : ボルト破断軸力 (ボルト 1 本当たり)

n : T ウェブから外側のボルト列数

$$\text{ボルト継手の効率 (\%)} = \{T_u / (B_u \cdot n)\} \times 100 \quad (1)$$

図-5 は終局継手強度とフランジ厚の関係を示す。図-5 より終局継手強度は初期ボルト導入軸力に殆ど関係なく、フランジ厚が厚くなるに従って大きくなることがわかる。ボルトを 1 列配置から 2 列配置にして本数を増やして、終局継手強度が最も増大するフランジ厚 50mm の場合では、終局継手強度は 1 列配置の場合に対し約 40% 増加する。また、図-6 は式(1)で定義したボルト継手の効率とフランジ厚の関係を示す。図-6 よりボルト継手の効率は初期ボルト導入軸力に関係なく、フランジ厚が厚くなるに従って良くなることがわかる。図-6 において 1 列配置ではフランジ厚 40mm 以上であればボルト継手の効率が 100% となり、ボルトは最も有効に働く。しかし、2 列配置ではフランジ厚 50mm の場合でも、ボルト継手の効率は 70% 程度である。フランジ厚 22mm の場合では、ボルト継手の効率は 41% に過ぎない。

4. おわりに

1 列配置ではフランジ厚を 40mm 以上にするとボルト継手の効率は 100% となり、高力ボルトの高い引張力を最大限に活用できる。しかし、2 列配置では曲げ剛性の高いフランジ厚 50mm の場合でもボルト継手の効率は高々 70% である。現在、2 列配置でのボルト継手の効率を高くするためにフランジ厚 50mm 以上について検討中であり、発表当日報告する。また、初期ボルト導入軸力は、図-5 と図-6 より終局継手強度とボルト継手の効率に影響を及ぼさないことがわかる。

【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，pp.8, 1994.3
- 2) 日本鋼構造協会：鋼構造接合資料集成，技報堂，pp.565~568, 1977.
- 3) 山田嘉昭，横内康人：有限要素法による弾塑性解析プログラミング-EPIC IV 解説一，培風館，1981.
- 4) 黒田充紀，増田陳紀，皆川勝，西脇威夫：接触面平坦度を考慮したスプリット・ティー接合部挙動の解析的検討，土木学会論文集 第 416 号 / I-13, 1990.4

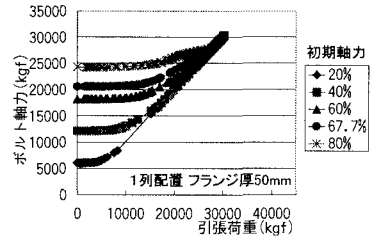


図-3 引張荷重-ボルト軸力関係図

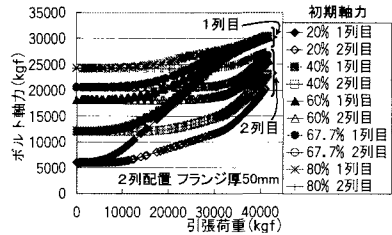


図-4 引張荷重-ボルト軸力関係図

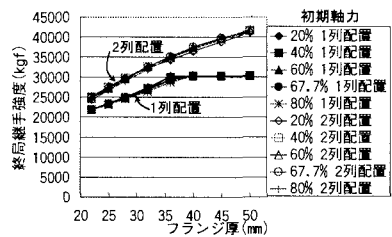


図-5 終局継手強度-フランジ厚関係図

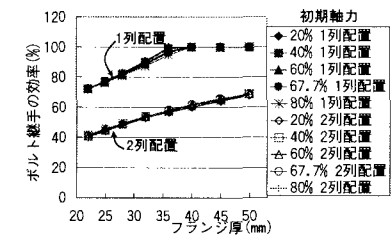


図-6 ボルト継手の効率-フランジ厚関係図