

I-A 356

高力ボルト引張接合における軸力に関する一検討

武蔵工業大学 学生員 ○小林 剛

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

中央コンサルタンツ(株) 正会員 前野慎介

1. はじめに

高力ボルト引張接合は、その接合方式から導入する軸力が継手部の変形、剛性、破断に対して影響を与えると思われる。本報告は高力ボルト引張接合短締め形式において、初期導入軸力が継手部挙動に及ぼす影響に関して数値解析的に検討を行ったものである。

2. 解析概要

数値解析において対象とした短締め形式の1種であるT型接合形式は、実際的な諸元を想定して図-1に示すように、フランジ端からボルト軸心までの距離を50mm、フランジ奥行きを120mm、フランジ厚(t_f)を16mm～50mm間のJIS規定板厚¹⁾とした。また、高力ボルトはF10T-M22、フランジ厚はSM400鋼材を採用した。導入する軸力は摩擦接合で規定されている20.5tfの他に、JIS規格²⁾で規定されている引張強さを100%とし、その20%、40%、60%、80%と合わせて5種類を導入した。また解析には、弾塑性平面解析システムに境界非線形性の取扱いを組み込んだシステム³⁾を使用し、対称性を考慮してT型部材の1/2部分を解析対象とした。更に、接触面の離間などに伴う境界非線形性を考慮するために、フランジ間の接触面及びフランジとワッシャーの接触面にそれぞれ接触要素を組み込んでいる。ボルト及びフランジの応力-ひずみ関係にはバイリニア型モデルを用いた。数値解析に用いた値に関しては表-1に一覧する。

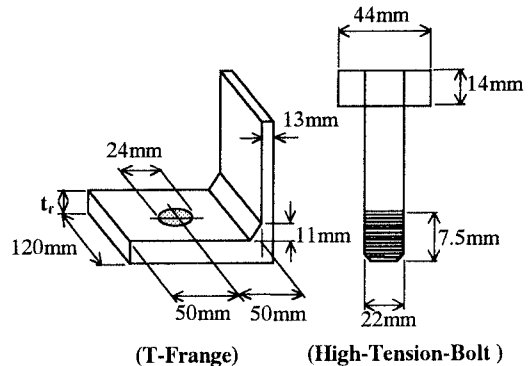


図-1 解析対象

表-1 材料特性値一覧

	ボルト		フランジ部
	軸部	ネジ部	
ヤング率 (GPa)	206	49	206
ポアソン比	0.3	0.3	0.3
降伏応力 (MPa)	882	697	235
硬化係数 (GPa)	2.94	4.90	1.18
引張強さ (MPa)	981	783	402

表-2 破断様式の分類

導入軸力 (tf)	フランジ厚 (mm)									
	16	19	22	25	28	32	36	40	45	50
① 6.06 (20%)	×	×	×	×	×	○	○	○	○	○
② 12.12 (40%)	×	×	×	×	○	○	○	○	○	○
③ 18.18 (60%)	×	×	×	○	○	○	○	○	○	○
④ 20.50 (67.7%)	×	×	×	○	○	○	○	○	○	○
⑤ 24.24 (80%)	×	×	×	○	○	○	○	○	○	○

(○：ボルト破断モード ×：フランジ破断モード)

3. 継手破断について

一般に高力ボルト引張接合短締め形式の破断様式は、1)継手部のボルトがフランジ部よりも先に破断して継手部の破壊となる様式（ボルト破断モード）と、2)フランジ部がボルトよりも先に破断して継手部の破断となる様式（フランジ破断モード）とが考えられる。引張接合の破断方式としては、フランジ部がボルトよりも先に破断する様な軸力を導入することは、高力ボルトの持つ高い引張強度を最大限に生かすことができない。そこで、高力ボルトが破断する荷重に至る前に、フランジの全断面の応力が降伏点を越える場合をフランジ破断モードとし、ボルト破断荷重に達してもフランジの全断面の応力が降伏点を越えない場合をボルト破断モードとして、計算結果を分類したものを表-2に示す。要素分割モデルは文献3と同様であり、その精度は確認済みである。今回の解析範囲内に限れば、フ

ランジ厚 22mm 以下では、どのような軸力を導入してもフランジ破断モードになることが判断できる。

4. 導入軸力による継手部挙動の変化

継手部挙動を検討するにあたって、継手部の剛性に着目し、荷重引張荷重との関係を図-2～図-4に示す。図-2はフランジ厚が比較的薄いモデルの 22mm、図-3は平均的な 36mm、図-4は比較的厚めの 50mm における挙動を示す。それぞれのグラフの横軸は荷重引張荷重(T)をボルト破断軸力(B_U)で除して無次元化したものを示し、縦軸には $1/\text{継手剛性}(1/SD)$ を示している。ここで継手剛性(SD)とは、荷重載荷により生じる継手の変形量をウェブ直下位置での変位量で表し、荷重引張荷重をウェブ直下位置での変位量で除したものの(T/T_{sep})で定義している。ここでは縦軸に継手剛性の逆数をとることにより継手の変形度合いに着目している。図-2～図-4よりフランジ厚が厚くなるに伴い、荷重載荷による変形度合いが低下することから、厚めのフランジを用いると破断時に至るまでの継手剛性の変動は少ないことが判断できる。またそれぞれのグラフに共通して、導入する軸力が低いほどフランジ変形の変動が顕著になることがわかる。フランジ厚が 22mm の場合に着目すると、荷重引張荷重が 19tf 付近(60%付近)から、どの導入軸力モデルも剛性が著しく減少する傾向が見られるが、これはフランジ部が降伏したことにより継手の剛性が急激に低下したといえる。また、フランジ厚が 36mm 及び 50mm のモデルにおいて、ボルトの降伏荷重である 27tf 付近(89%付近)で継手の剛性が急激に低下する傾向も表れている。フランジ厚の変化に着目すると、フランジ厚が薄い場合にはフランジの曲げ剛性が低いため、荷重載荷に伴いフランジの変形が主となり継手剛性が急激に低下している。フランジ厚が徐々に厚くなるに伴いフランジの曲げ剛性が増加し、継手の剛性低下はフランジの変形とボルトの変形が起因し、荷重載荷に伴う継手剛性の低下勾配は緩やかになり、フランジ厚がかなり厚くなると、フランジはほとんど変形せず、ボルトの変形が起因して継手剛性が急激に低下していることが判る。

5. おわりに

引張接合は導入軸力による継手挙動の変化が著しく表れるため、継手の挙動を導入軸力により制御することができる接合方式であることが確認できた。

＜参考文献＞

- 1) 日本規格協会：熱間圧延鋼板及び鋼帯の形状、寸法、質量、及びその許容差。JIS G 3192. 1987.
- 2) 日本規格協会：摩擦接合用高力六角ボルト、六角ナット、平座金のセット。JIS B 1186. 1979.
- 3) 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 No.416, pp365-374, 1990.4.

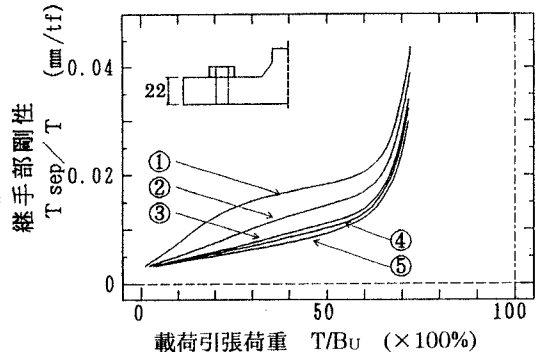


図-2 荷重と継手変形度合の関係(1)

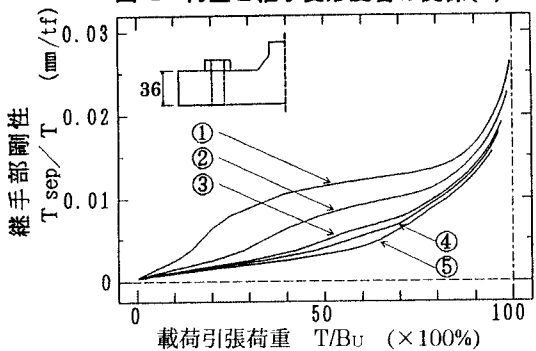


図-3 荷重と継手変形度合の関係(2)

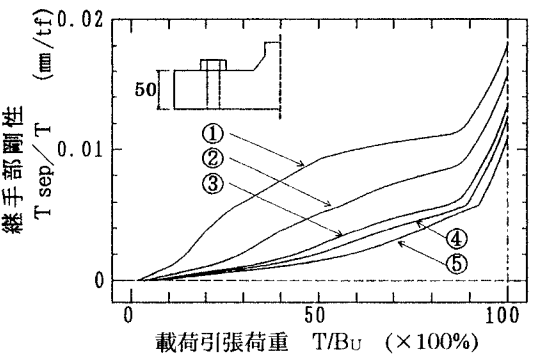


図-4 荷重と継手変形度合の関係(3)