

T 継手を用いた接合部の回転剛性に及ぼす初期ボルト軸力の影響

(株) トーニチコンサルタント 正会員 岩崎 充¹⁾武蔵工業大学名誉教授 フェロー会員 西脇 威夫²⁾

1. はじめに

梁-柱の接合部を設計する場合には、通常、接合部の結合状態は、剛結あるいはピンとしてモデル化される。このため、実際の接合部に対して、剛結として設計される場合には実挙動では剛性が低めに、ピンとした場合には、実際の接合部剛性は無視され、接合部の回転に対して剛性が生じる。そのような観点から、接合部の剛性を半剛結とみなした骨組挙動に着目した研究¹⁾²⁾も見られるが、実設計に接合部の剛性が参入されるまでには至っていない。また、限界状態あるいは性能照査型設計へ移行される中、例えば耐震設計では、部材自体の降伏を許容し変形性能を十分に発揮する手法³⁾が注目される気運にあるが、一方では部材同士を接合する接合部に变形性能を期待する方法⁴⁾も考えられる。そのような観点から、接合部に引張継手を採用し、接合部が構造全体に及ぼす影響を把握することを目的とし、本論ではその基礎的研究として引張継手の基本構造である T 継手の耐力と変形挙動に着目し、構成する継手諸元ならびに初期ボルト軸力によって引張接合部の剛性がどのように変化するかを検討した。

2. 初期ボルト軸力と継手挙動

本論では図-1 に示す。ウェブに対して高力ボルトが対称に配置された T 継手について述べる。検討には、既往の研究⁵⁾に用いられた 2 次元数値解析プログラムを利用した。検討対象とした継手諸元は、継手長 $w=100\text{mm}$ 、ボルト径 $d=22\text{mm}$ の高力ボルトを $a=b=50\text{mm}$ とし、ウェブに対して対称に配置したものである。検討変数は、フランジ厚 t_f を 22, 36, 50mm の 3 通り、初期ボルト軸力 B_o の大きさを降伏ボルト軸力 B_y との比 β で表し、 $\beta=0.2, 0.4, 0.6, 0.7$ の 4 通りとした。着目した継手挙動は、荷重 P およびウェブ直下離間量 δ とした。本論では継手に作用する荷重 P が、 P_o (B_o と等しい荷重)、 P_{by} (ボルト軸力が降伏軸力に達した荷重)、 P_{fy} (ウェブとフランジの結合部の一断面が降伏に達した荷重)、 P_u (ボルト軸力が破断軸力に達した荷重) を継手挙動における特徴的な荷重値とした。

$t_f=22\text{mm}$ および 50mm の $P-\delta$ 関係を夫々図-2、図-3 に示した。同図から P_o までの直線の傾きを初期剛性とするれば初期剛性は継手諸元により異なることがわかる。また、 $t_f=22\text{mm}$ の場合には、 B_o の値によって初期剛性が変化したが、 $t_f=50\text{mm}$ の場合には B_o の影響を受けないことがわかる。これは $t_f=50\text{mm}$ の場合には、 B_o による接触力が継手接触面全域に生じているからである。

t_f および B_o による特徴的な荷重値 P と β の関係を図-4 に

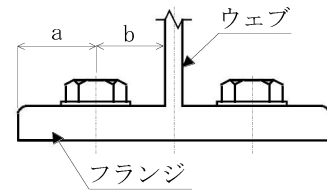
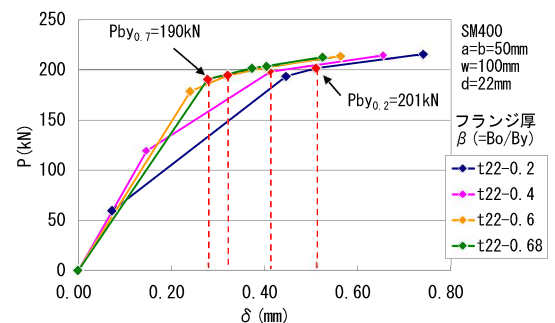
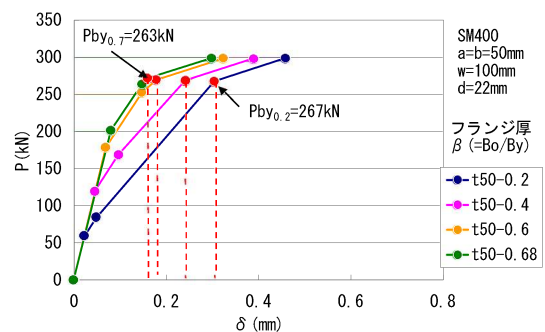


図-1 T 継手

図-2 P-δ 関係 ($t_f=22\text{mm}$)図-3 P-δ 関係 ($t_f=50\text{mm}$)

キーワード：引張継手、継手耐力、変形性能、初期ボルト軸力、接合部剛性

1) 〒151-0071 東京都渋谷区本町 1-13-3 初台共同ビル(株) トーニチコンサルタント 本社事業本部 技術本部 第一技術部 第5技術室 E-mail: M_Iwasaki@tonichi-c.co.jp tel03-3374-4075 fax03-3374-0288

2) 〒176-0004 東京都練馬区小竹町 2-81-11 E-mail: atnishi@jcom.home.ne.jp tel03-3955-7816

示す。tf の違いに着目すれば、tf の厚い方が P_{by} は大きくなる。一方、 β に着目すれば、 β の大きい方が P_{by} は小さくなる。tf=36mm では、それぞれ $P_{by0.2}=264\text{kN}$ 、 $P_{by0.7}=217\text{kN}$ となり、 $\beta=0.2$ に対して 0.7 の P_{by} は、約 0.8 倍程度となる。

また、特徴的な荷重値 P に達した時点の web 直下離間量 δ と β の関係を図-5 に示す。板厚の違いに着目すれば、tf の厚い方が P_{by} 時の web 直下離間量 δ_{by} は小さい。一方、 β に着目すれば、 β の大きい方が δ_{by} の値が小さくなる。tf=36mm では、それぞれ $\delta_{by0.2}=0.41\text{mm}$ 、 $\delta_{by0.7}=0.17\text{mm}$ となり、 $\beta=0.2$ に対して 0.7 は、約 0.4 倍程度にまで低下する。

3. 継手構成と接合部剛性

2. 初期ボルト軸力と継手挙動に述べた継手部の挙動のデータを利用して図-6 に示す被接合部材端の上下縁に T 継手を設置した接合部の回転剛性を $M - \theta$ 関係で表す。被接合部材の上下縁の高さを $h=800\text{mm}$ とし、tf=22mm, 50mm の $\beta=0.2$, 0.7 の $M - \theta$ 関係を図-7 に示す。接合部の $M - \theta$ 関係も tf および β により変化する。 $M - \theta$ 関係の初期勾配は継手諸元により異なり、それ以後の接合部剛性は、T 継手の初期ボルト軸力により変化する。

4. おわりに

- 1) 初期ボルト軸力の大きさによって、T 継手の強度あるいは web 直下離間量などの継手挙動は変化する。
- 2) 初期ボルト軸力の大きさによって T 継手の強度は変化し、初期ボルト軸力の大きい場合には、T 継手の強度を低下させる危険性がある。
- 3) 初期ボルト軸力により継手の変形性能は異なり、web 直下離間量に着目すれば、初期ボルト軸力の大きさにより概ね負の勾配を持つ線形関係を示す。
- 4) T 継手を利用した接合部の回転剛性は、T 継手諸元および初期ボルト軸力により変化する。

継手諸元ならびに初期ボルト軸力の大きさにより、T 継手を利用した接合部の曲げ剛性を設定することが可能である。今後は、接合部に持たせる剛性の違いによって対象構造系の挙動にどのように影響を及ぼすかを確認する。

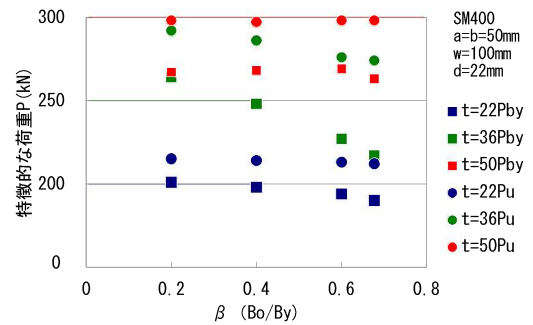


図-4 特徴的な荷重 P と β の関係

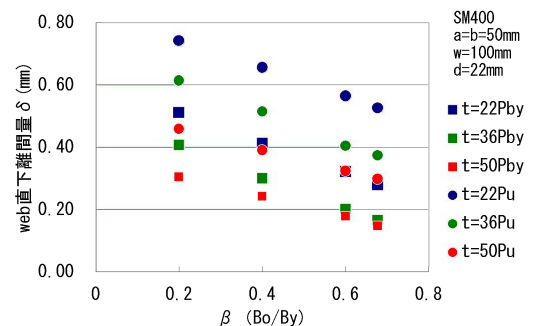


図-5 web 直下離間量 δ と β の関係

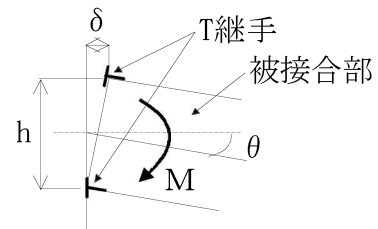


図-6 想定する接合部構造

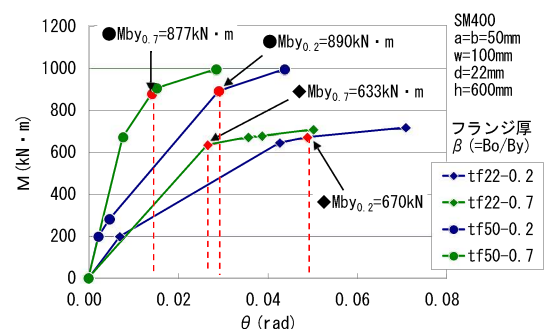


図-7 $M - \theta$ 関係

【謝辞】本論は武蔵工業大学にて行われた引張継手に関する研究成果を整理し、検討を進めたものである。同研究に携わった方々にここに感謝の意を表す。参考文献：1) J.Y. Richard Liew et al, Limit States Design of Semi-Rigid Frames Using Advanced Analysis : Part 2: Analysis and design, Journal of Constructional Steel Research 26, pp.511~526, 1973 2) 後藤芳顕, 鈴木五月, 松浦聖, はりと柱の結合部に非弾性特性を有する半剛結矩形骨組の安定性に関する一考察, 土木学会論文集 第 416 号 / I - 13, pp.329~338, 1990 3) 道路橋示方書・同解説 V 耐震設計編, (社)日本道路協会, pp.194~203, 2002 4) 橋梁用高力ボルト引張接合設計指針, (社)日本鋼構造協会, JSS IV 05-2004, pp.138~142, 2004 5) 黒田充紀, 増田陳紀, 皆川勝, 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 441 号 / I - 18, pp.127~136, 1992