

T-stub 継手における終局限界強度と供用限界強度

○ 川田工業（株） 正会員 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

1. はじめに

T-stub 継手の強度はボルト強度より低くなることが多く、それはボルト付加軸力の発生による。T-stub 継手の終局強度を求めるには、従来、いわゆるてこ反力を集中反力とみなし、研究者によって仮定される作用位置は異なっていた。しかし本論では、そのようなてこ反力を用いて継手の強度を求めるのではなく、接触力より求まるボルト付加軸力より強度を求めた。ボルト付加軸力はそれを無次元化表示するとその特性が理解しやすく、それを用いて終局強度を求める方法はすでに示した¹⁾。本論では、さらにその適用範囲を拡張し、終局限界および供用限界を求める強度評価式を提案する。

2. T-stub 継手諸元と数値解析方法

数値解析対象及び数値解析は文献2)の方法を用いた。使用要素は CST 要素、応力 - ひずみ関係はバイリニアである。フランジ厚 t は 16 ~ 50mm、ボルト径 d は 22mm と 24mm、初期ボルト軸力は径 d が 22mm の場合には F10T-M22 の破断軸力 $B_u=297\text{kN}$ を 100%として 20, 40, 60, 67.7%とした。

3. 無次元化された終局限界強度

継手部の終局状態をボルトの破断時とし、ボルトの破断はボルト軸力が破断軸力に達した時、更にその時の強度を終局限界強度と定義した。図-1 に示すボルト軸力と引張外力の一般的関係から、終局時のボルト付加軸力 ΔB_u が定義され、それを初期ボルト軸力 B_0 で無次元化したものを縦軸に、横軸に無次元化初期ボルト軸力 B_0/B_u または無次元化フランジ厚 t/d を取ると図-2、図-3 になる。図-2 は図に示すように双曲線で近似できる。図-3 は 1 次式で定式化でき、式(1)が得られる。図-1 より、 $P_0 < P_u$ の場合には $B_u = P_u + \Delta B_u$ が成立ち、これを初期ボルト軸力 B_0 で無次元化すると式(2)が得られる。

$$\frac{\Delta B_u}{B_0} = - \left\{ \frac{0.34(t/d)}{(B_0/B_u)} \right\} + \left\{ \frac{0.62}{(B_0/B_u)} \right\} \quad (1)$$

$$\frac{P_u}{B_0} = \frac{B_u}{B_0} - \frac{\Delta B_u}{B_0} \quad (2)$$

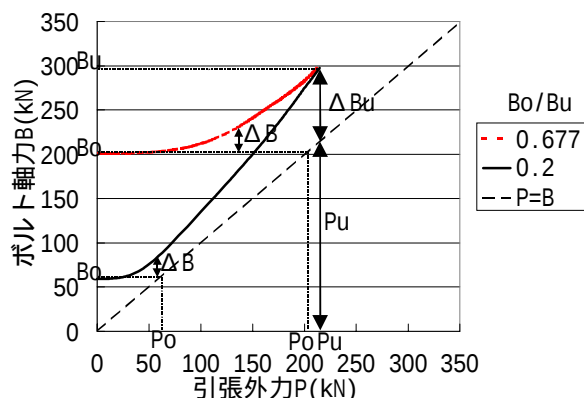


図-1 ボルト軸力と引張外力の関係 ($t/d=1.0$)

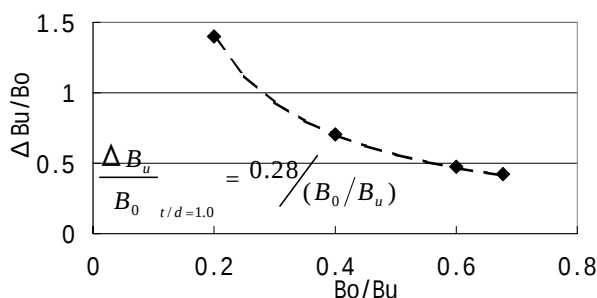


図-2 無次元化ボルト付加軸力と無次元化初期ボルト軸力の関係 ($t/d=1.0$)

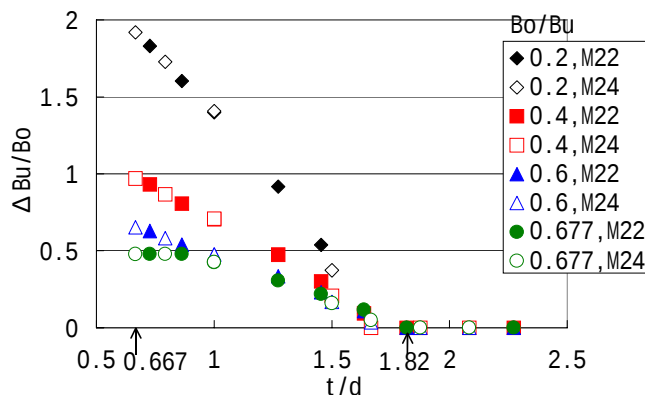


図-3 無次元化ボルト付加軸力と無次元化フランジ厚の関係

キーワード：高力ボルト，引張接合，ボルト付加軸力，てこ反力，境界非線形性解析

〒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

4. 無次元化された供用限界強度

初期ボルト軸力は終局限界強度に殆ど影響を与えないが、それは終局限界状態に至るまでの継手部の変形挙動には大きく関係する。図-4 は引張外力载荷点に対する T-stub の接触面の変形量 δ と引張外力 P との関係を概略的に示したものであり、外力が P_2 を過ぎると変形量が急激に増大する傾向にある。供用状態ではこの量が大きくなることは好ましくない。この P_2 は T フランジ断面が降伏する外力 P_{fy} か、ボルト断面が降伏する外力 P_{by} にほぼ等しいので、それらを供用状態に対する限界強度と考え、それらの低いほうの値を供用限界強度とする。このようにすると終局限界強度を求めた方法と同様に図-5 と図-6 が得られ、更にそれらを定式化して式(3)、(4)が得られる。

$$\frac{\Delta B_{by}}{B_0} = \left[0.29 - \left\{ \frac{0.37}{(B_0/B_u)} \right\} \right] (t/d) + \left\{ \frac{0.63}{(B_0/B_u)} \right\} - 0.29 \quad (3)$$

$$\frac{P_{ser}}{B_0} = \frac{B_{by}}{B_0} - \frac{\Delta B_{by}}{B_0} \quad (4)$$

5. 従来の強度評価式との比較

従来、提案されてきた T-stub 継手についての強度評価式は終局状態に対するいわゆるてこ反力係数を求めるものである。それを用い P_u を求め、提案式から求まる P_u と比較する。図-7 の縦軸は他の強度評価式から求まる P_u を提案式から求まる P_u で除した値であり、横軸は無次元化フランジ厚である。ここで比較の対象とした設計式は AASHTO に採用されている式と、JSSC が制定している橋梁用高力ボルト引張接合設計指針(案)に採用されている式である。

AASHTO 式によると、無次元化フランジ厚が大きい領域でやや安全側の値を推定し、小さい領域では危険側の値を求める。JSSC 式は無次元化フランジ厚が小さい場合を除き、全般的にやや危険側の値を求めている。従来の強度評価式と提案式との差は最大で約 30% である。

6. 結論

- ・無次元化されたボルト付加軸力を用いて終局限界と供用限界を求める強度評価式を提案した。
- ・終局限界を求める強度評価式の従来の式と提案式との差は最大で約 30% である。

【参考文献】

- 1) 山本成昭, 西脇威夫, 山田稔, 増田陳紀: 無次元化されたボルト付加軸力と終局強度, 土木学会第 55 回年次学術講演会, -A68, 2000.9
- 2) 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, pp.365-374, 1990.4

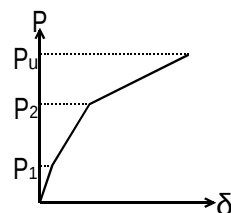


図-4 引張外力とウェブ直下離間量 δ の関係の概念図

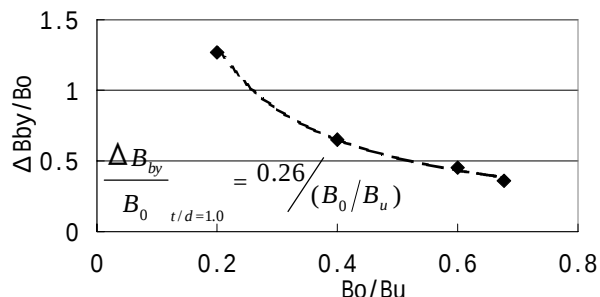


図-5 ボルト降伏時の無次元化ボルト付加軸力と無次元化初期ボルト軸力の関係 ($t/d=1.0$)

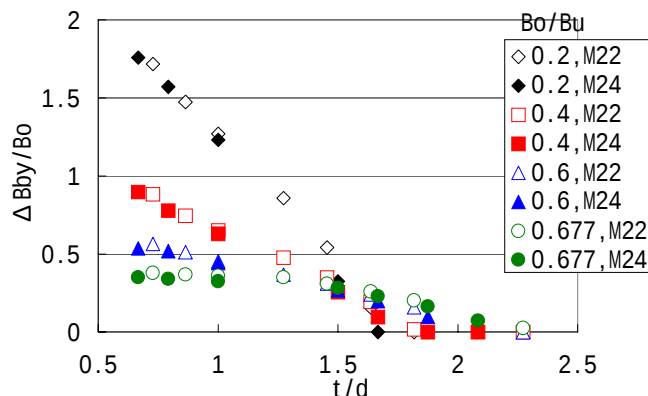


図-6 ボルト降伏時の無次元化ボルト付加軸力と無次元化フランジ厚の関係

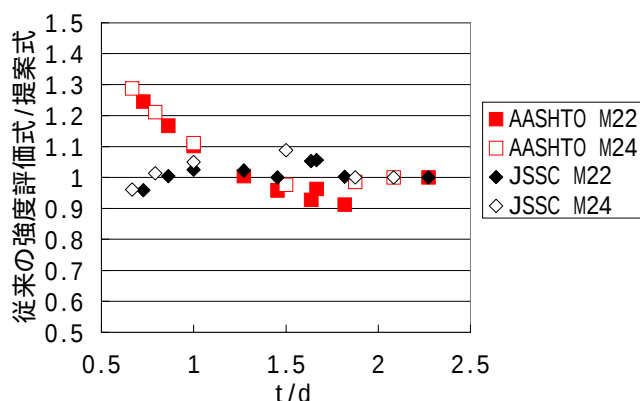


図-7 従来の強度評価式との比較