

I-379 T形部材を用いた高力ボルト引張接合に対する各種設計式の特性とその改良

武蔵工業大学 学員 渡辺崇志
 足利工業大学 正員 黒田充紀
 武蔵工業大学 正員 西脇威夫
 三井ホーム 横尾真治

1. はじめに

T形部材を用いた高力ボルト引張接合(従来わが国ではスプリットティー接合と呼ばれてきた。本論では以下T接合という。)に対しては、現在までに最大荷重の評価式(以下、設計式という)がいくつか提案されている。しかし、設計式誘導の際の仮定の置き方などに違いがみられ、得られる値も相互に一致しない。そのため、実際にこれらの設計式を用いる場合にはその特性を正確に理解しておく必要があり、場合に応じてどの式を使うことが最適であるかを考えなければならない。本研究では、既存の4つの設計式^{1)~4)}を対象として、それらから得られる接合部の最大荷重などについて検討する。さらにこれらの設計式の改良についても検討する。設計式から得られる結果の検討に際して、FEM解析プログラム⁵⁾を用いて解析を行う。検討対象はT形式でT部材が左右対称であるものと考えて、解析対象は図-1の斜線をつけた部分とした。今回対象とする設計式は以下の4つである。

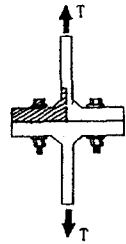


図-1 T形式

- (1) Douty-McGuire式¹⁾ (2) Nair-Birkemoe-Munse式²⁾ (3) Struik-Back式³⁾ (4) 加藤-田中式⁴⁾

2. 検討対象とした接合部の形状、寸法、材質

①ボルトはF10T, M22 ②フランジの鋼材はSS400 ③ボルト列は一列 ④フランジ厚 t_f は14~36mm ⑤はしあき寸法 a_0 は40~80mm ⑥Tウェブ面からボルト軸までの距離 b_0 は50~70mm ⑦T部材の奥行き w は75~120mm ⑧その他、である(図-2参照)。

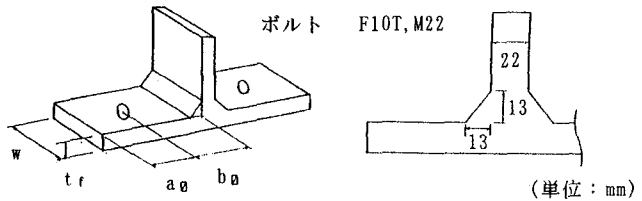


図-2 T部材の各部寸法

以上の範囲で寸法を変化させた55通りのFEMモデルを作成して解析した。すでに述べたようにこの解析結果を設計式の検討の際の比較対象とする。

3. FEM解析による接触圧分布状態

Tフランジ間の接触圧の分布位置はフランジの各寸法(特にフランジ厚)に影響され、ボルト軸からTフランジ端の間にさまざまな形態で作用する。フランジ厚が小さい場合にはボルト軸からフランジ端の間に分布する(図-3(a))

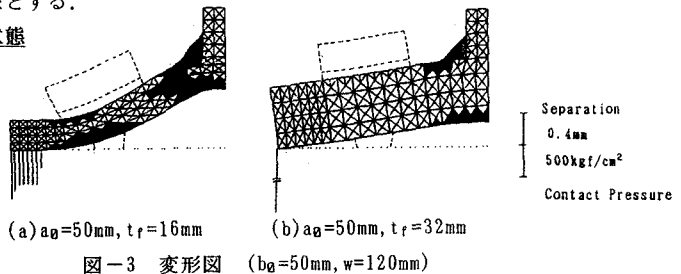


図-3 変形図 ($b_0=50\text{mm}, w=120\text{mm}$)

が、フランジ厚が大きくなるにつれてTフランジ端に集中して作用する。(図-3(b))

4. FEM解析結果と設計式の比較

先に挙げた4つの設計式から得られる引張接合部の最大荷重(T_u)とFEM解析によるそれとの比較及び検討を行った(図-4)。

(1)Douty-McGuire式について: フランジ厚が30mm以上の極めて大きい時の一部で解析解と一致する。この設

計式の有効範囲はかなり狭い。

(2)Nair-Birkemoe-Munse式について：フランジ厚が比較的大きい時と極めて小さい時の一部で解析解と一致するが，フランジ厚が20mm～25mm程度のときは一致しない。

(3)Struik-Back式について：フランジ厚が25mm程度以上の時に解析解とよく一致している。しかし，フランジ厚が小さいときは有効とはいえない。

(4)加藤-田中式について：フランジ厚が大きくはしあき寸法の小さい場合の一部を除いてほぼ全域で解析解とよく対応している。特に，はしあき寸法がある程度以上大きいときは精度がかなり高い。

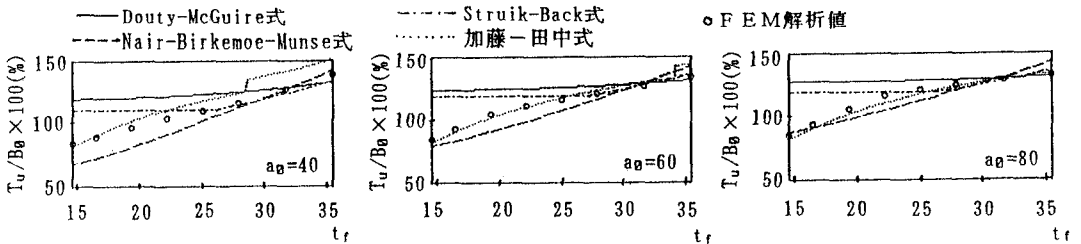


図-4 設計式とFEM解析結果との比較 ($b_0=50\text{mm}$, $w=120\text{mm}$) (単位: mm)

5. 設計式の精度とその改善

上記4式は，それぞれ大小の差はあるもののその有効範囲が限定される。そこでその原因と改良の方策を検討した。Douty-McGuire式とStruik-Back式はフランジ厚が小さいときに最大荷重が一致しない。また，同様に接触圧の作用位置もフランジ厚が小さいときにあまり一致しない。そこで，接触圧の分布位置(てこ反力作用位置)を図-3の結果をもとに補正し，解析解との比較を行ったが，これらの設計式の有効範囲を広くすることはできなかった。Nair-Birkemoe-Munse式はそれに含まれる係数が限定された範囲での実験及び数値解析結果から定められている。そこで本研究の解析結果をもとに，その係数を修正したところ精度を向上させることができた(図-5)。

しかし，この設計式の樹立過程はさらに検討する余地があると考える。加藤-田中式の最大荷重が一致しない部分(図-4で段差がみられる部分)の補正は設計式の仮定の一部を変えることにより可能である(図-5)が，この設計式は離間時の接触圧とその作用位置を求め，それより終局時の最大荷重を求めている。その段階で理論に不明な部分があるため，その部分については今後も検討が必要と思われる。しかし，単に最大荷重を求めるといふ目的には，この加藤-田中式は精度・有効範囲ともに他の設計式より明らかに優れている。

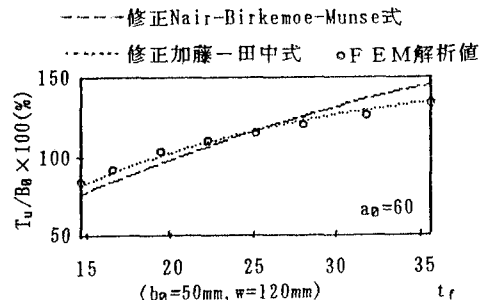


図-5 補正後における比較 (単位: mm)

6. おわりに

本研究の結果，樹立過程が明確であるような設計式の改良または新たな設計式の提案が今後望まれる。

◆参考文献◆ 1) Douty, R. T. and McGuire, W.: High strength bolted moment connections, Jour. Struct. Div., Proc. of ASCE, Vol. 91, No. ST2, pp. 101, 127, 1965-4. 2) Nair, R. S., Birkemoe, P. C. and Munse, W. H.: High strength bolts subject to tension and prying, Jour. Struct. Div., Proc. of ASCE, Vol. 100, No. ST2, pp. 351, 372, 1974-2. 3) Struik, J. H. A. Tests on bolted T-stubs with respect to a bolted beam-to-column connections, Report 6-69-13, Stevin Laboratory, Delft University of Technology, Delft, the Netherlands, 1969. 4) 加藤勉・田中淳夫：高力ボルト引張接合に関する実験的研究，日本建築学会論文報告集，No. 147, pp. 33, 41, 1968-5. 5) 黒田充紀，増田陳紀，皆川勝，西脇成夫：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, pp. 365, 374, 1990-4.