

継手面形状が継手の挙動に及ぼす影響

(株)平設計 正会員 岩崎 充 武蔵工業大学名誉教授 JII-会員 西脇威夫
 武蔵工業大学教授 JII-会員 増田陳紀 (株)平設計 正会員 山田稔

1. はじめに

引張接合は継手接触面に生じる接触力を介して、作用力を伝達する接合形式であり、引張荷重による継手挙動は接触力の分布状態に大きく支配される。筆者らは継手挙動を継手接触面に生ずる接触力に着目して継手特性を明らかにしてきた¹⁾。従来、数値解析による検討においては、継手諸元に着目した検討が多く見られる。しかし継手面形状が継手挙動に関係する重要な因子であることは既往の研究²⁾により明らかにされている。継手面形状に関して現行の設計指針では、その表面粗さを $50s$ としている。しかし、その規定の根拠は、筆者らの一部が行った長締めによる測定結果によるものである³⁾。接触面の状態を不規則な凹凸と見なすと、その実験結果はそれらを母集団として、凹凸による挙動に言及するには少なすぎる。そこで、不規則な継手面形状を持つ継手と理想的な平坦な継手面を持つ継手の挙動を数値解析によって比較し、継手面形状が引張継手の特性にどのような影響を与えるかを検討した。

2. 解析対象および解析手法

数値解析対象を図-1に示す。フランジ厚 t は 22mm, 30mm を用いた。数値解析は継手接触面に接触要素を用いて境界非線形性を考慮し、汎用 FEM 解析コード DIANA を用いた。降伏判定は von-Mises の降伏条件を用いた。応力ひずみ関係はバイリニア移動硬化モデルとし、文献4)と同一とした。初期ボルト軸力 B_0 は現行の設計指針に準じて、使用ボルトの降伏強度の 75%にあたる 205kN とした。本検討においてはボルトの破断時を、継手部の終局状態とし、ボルトの軸力はボルト軸方向直角断面の節点力の総和で定義した。ボルト軸力が現行の設計指針で規定されたボルトの降伏強度 ($B_y=273kN$) に等しくなる荷重値を降伏強度 P_y 、ならびにボルト破断強度 ($B_u=303kN$) に等しくなる荷重値を終局強度 P_u と定義した。

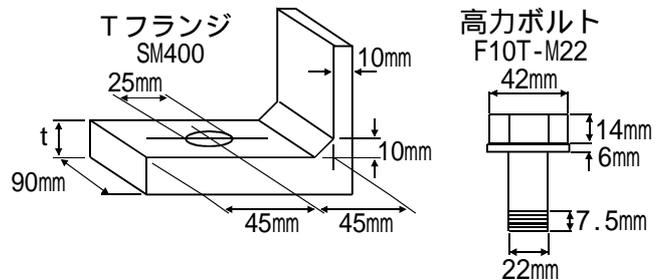


図-1 解析対象

3. 不規則な接触面の表現

本研究では、Mathematica によって乱数を発生させ、フランジ先端からの不規則な点の配列に対し、不規則な高さを定めて、表面の凹凸とした。得られた不規則な継手面形状の一例を図-2に示した。ここで、 $50s10$ は不規則な凹凸の最大値が $50/1000mm$ 、不規則な配列となっている点の間隔の最大値が 10mmであることを示す。

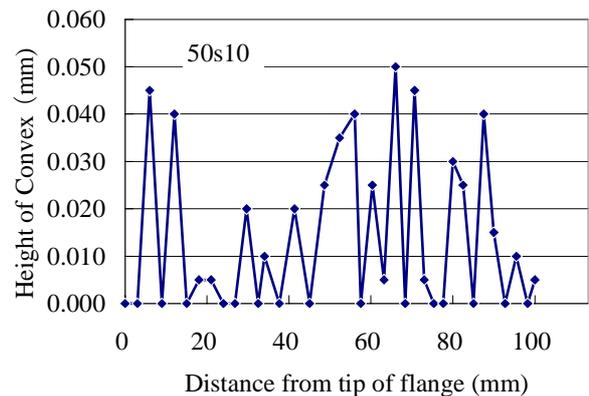


図-2 不規則な凹凸を持つ継手形状

4. 理想的な接触面をもつ継手との比較

上記の選定により、継手面形状を $50s$ について 10mm, 20mm, 30mm と凹凸の高さを変化し、 $200s$, $300s$ についても同様にそれぞれ 80 通り作成した。図-3に継手面形状が $50s10$ 、板厚 $t=22mm$ のものについて不規則な継手面形状を持つ継手のボルト付加軸力 B_R を平坦な継手におけるボルト付加軸力 B_F で除したものに

キーワード：引張接合，T継手，継手面形状，ボルト付加軸力，

〒110-0005 東京都台東区上野 3-17-11 コーワビル 2(株)平設計/技術部 tel03-3836-3246 fax03-3833-7467

って示した。P/Bo が 1.0 より大きな場合には、ボルト付加軸力によらず降伏強度あるいは終局強度比で示した。それぞれの不規則な継手面形状を持つ継手の荷重値 P_R を平坦な継手の荷重値 P_F で除した。荷重が B_o より小さい荷重域では不規則な継手面形状の影響が顕著に見られる。荷重の増加に伴い凹凸の影響は小さくなっていくことを示す。これは荷重増加による接触面の圧縮変形によって、初期の継手面形状が平滑化されるからである。

図-4 は図-3 に示したデータの変動係数を、横軸に荷重値をとって示した。荷重が B_o より大きくなると変動係数は極めて小さくなることを示す。今回選定した継手面形状の範囲であれば平坦な継手に対して荷重が B_o より大きい荷重域でのボルト軸力値の変動係数は、高々2%程度である。

図-5 に凹凸分布形状の違いによる $P/B_o=0.6, B_y, B_u$ 時の変動係数の分布を図示した。同図 a) は凹凸の高さを、同図 b) は凹凸の最大幅を横軸にとった。縦軸は変動係数である。変動係数は荷重が B_o 以下の場合には継手面の凹凸の違いによる影響を受け、凹凸の高さの増加に伴い変動係数も増加する。一方、凹凸の最大幅に対しては、その増加に伴い変動係数は小さくなることを示す。しかし、ボルト破断荷重に近づくにしたがい、凹凸分布の影響は前述の理由により小さくなる。

5. おわりに

接合部が B_o 以下の作用力状態で使用されているならばボルトの軸力は接触面の凹凸にある程度支配されており挙動は理想的な接合面を持つ継手の挙動と一致しない。しかし、破断に近い状態では凹凸の影響は小さくなり、破断を設計目標とするならば凹凸の影響は無視することが出来る。

【参考文献】 1) 例えば、Takeo Nishiwaki, Nobutoshi Masuda, Shigeaki Yamamoto and Minoru Yamada: Prying force in T-stub joints, 4th International Conference on Bridges Across the Danube 2001, pp.129-134, 2001.9 2) Bouwman, L.P: Fatigue of bolted connections and bolts loaded in tension, Stevin Laboratory Report No.6-79-9, Delft Univ. of Tech, 1979 3) 西脇威夫, 黒田充紀, 増田陳紀, 鈴木康弘: 継手面状態に依存する高力ボルト引張接合・長締め形式の荷重伝達機構, 土木学会論文集, 第 428 号/ -15, pp.87~86, 1991.4 4) 岩崎充, 西脇威夫, 増田陳紀, 竹井将史: 2次元数値解析モデルの解析精度, 第 57 回年次学術講演会, 土木学会,

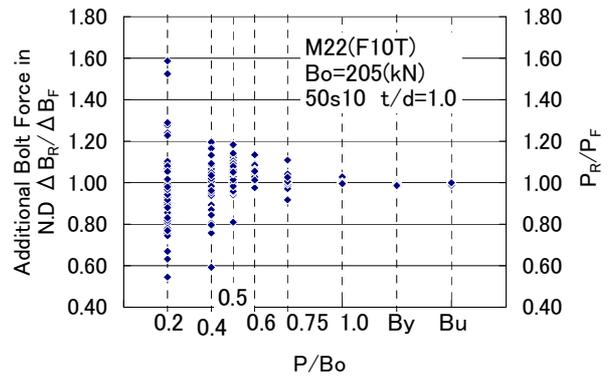


図-3 無次元化ボルト付加軸力
無次元化降伏強度及び終局強度

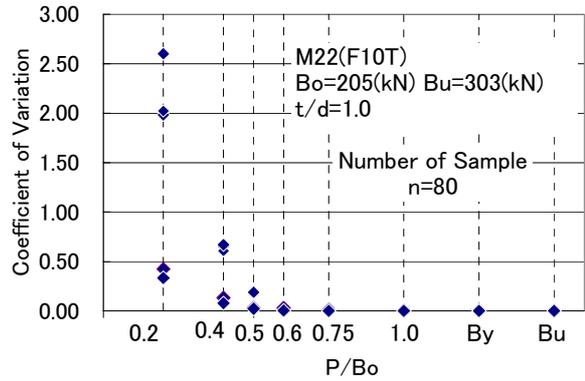
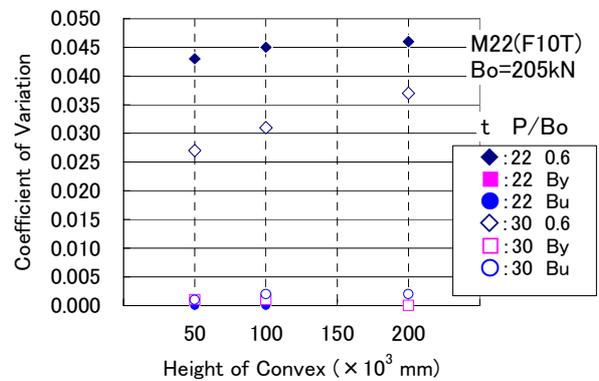
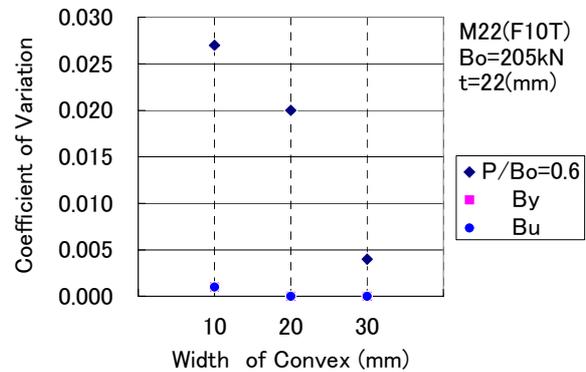


図-4 変動係数



a) 凹凸の高さ



b) 凹凸の幅

図-5 凹凸状態の違いによる変動係数