

## T継手における2次元数値解析モデルの解析精度

武蔵工業大学 学生会員 ○岩崎 充 武蔵工業大学教授 フェロー会員 増田陳紀  
 武蔵工業大学名誉教授 フェロー会員 西脇威夫 ショーボンド建設 正会員 竹井将史

### 1. はじめに

通常の構造寸法を持つT継手引張接合は、てこ反力が発生する可能性が高く、それに伴う付加的な軸力を定量的に評価することは、設計上重要な問題のひとつである。T継手はボルト、ワッシャー及びT-stub から構成される3次元体であり、その応力や変形は、3次元的に分布している。数値解析によるそれらの検討において解析精度的には、3次元有限要素法解析を用いて検討することが望ましい。しかし、3次元有限要素法解析を行なうには多くの労力と時間が必要である。また、汎用解析ソフトを利用して、3次元有限要素法解析を行なう時には、解析環境を整えるために多くの費用をも必要とする。本報告はT-stub継手の力学的挙動の1つであるボルト軸力と外力の関係および終局時のボルト付加軸力に着目し、測定値と3次元および2次元数値解析値とを比較し、2次元数値解析モデルの解析精度に関して検討したものである。

### 2. T継手諸元と数値解析方法

数値解析対象を図-1に示す。継手諸元は筆者が行った継手引張実験で使用した試験体と同一であり、フランジ厚 $t$ は、15mm, 22mm, 30mmの3通りである。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た解析方法であり、汎用FEM解析コードDIANAを用いて、複合非線形解析を行なった。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1)と同一とした。解析方法はボルト部最下面に強制変位により軸力を導入した後、web最上面に等分布する引張荷重を載荷する方法をとった。初期ボルト軸力はM16(F10T)の最小引張荷重 $B_u=157\text{kN}$ を100%として20, 40, 60, 67.7%の4通りとした。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た。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、軸力がボルト破断強度に等しくなる荷重値を終局強度と定義した。載荷実験においても継手部の終局状態は、ボルトの破断によって生じた。3次元数値解析モデルの一例を図-2に示す。T継手の対称性を考慮した1/8モデルである。解析モデルにおいてフランジ-ワッシャー間は完全固着状態としてモデル化した。使用した最大のモデルの総節点数は1528、総要素数は1464である。

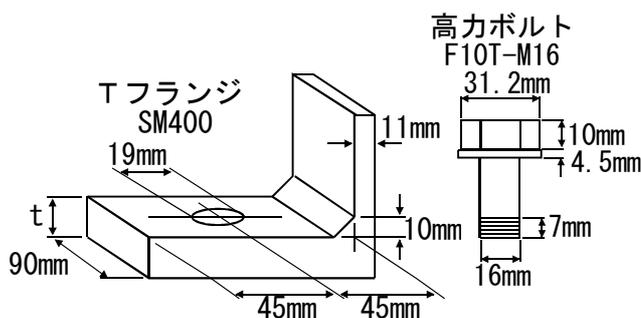


図-1 数値解析対象

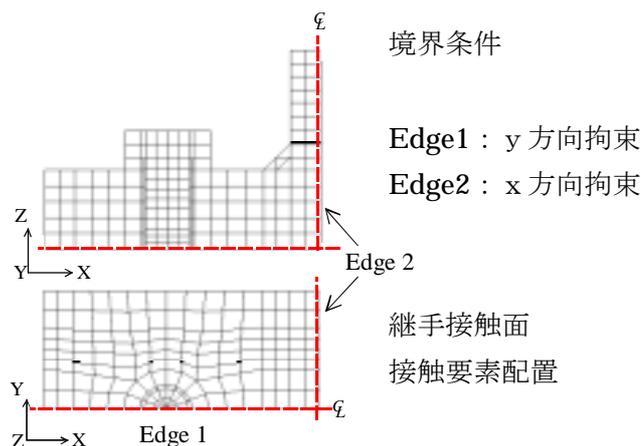


図-2 3次元数値解析モデル

キーワード：引張接合，2次元数値解析，3次元数値解析，ボルト付加軸力，終局強度

〒158-8557 東京都世田谷区玉堤 1-28-1 武蔵工業大学先端構造工学研究室 TEL03-3703-3111 FAX 03-5707-2224

### 3. 3次元モデルによる解析結果と測定値

ボルト軸力-外力関係の一例を図-3に示す。本検討は、ボルト付加軸力の定量的な評価を目的としているため、測定値は、数値解析において定義した終局状態までの挙動を示す。フランジ厚  $t=15\text{mm}$  では、ボルトに作用する曲げの影響が他の継手よりも大きく、ボルトが局部的に塑性化したためボルト軸力を的確に求めることができなかった。しかし、同図より明らかなように測定値と数値解析値はほぼ一致しており、本解析で用いた解析モデル・解析手法によって、精度良く実現象を再現することができる。終局強度に関して、測定値と3次元数値解析との差は1%程度である。

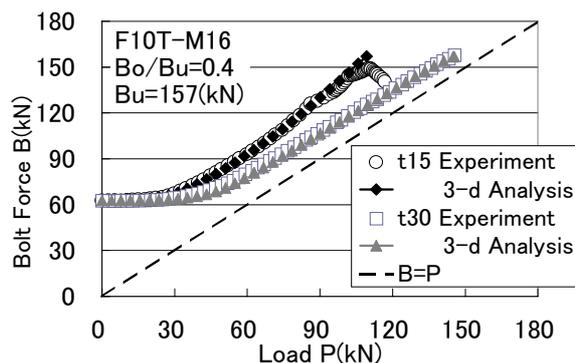


図-3 ボルト軸力-外力関係  
(測定値と3次元数値解析結果)

### 4. 2次元数値解析モデルの解析精度

2次元数値解析モデルにおいては、Tフランジ部に平面ひずみ状態を仮定し、ボルト部等の円形断面は、要素の厚さを段階的に変化させてモデル化した。要素分割は、3次元数値解析モデルにおいてX-Z平面における要素分割とほぼ同一とし、2次元解析モデルにおける総節点数・総要素数は、3次元数値解析の1/5程度である。材料定数および境界条件等は、3次元数値解析と同一とした。ボルト軸力-外力関係を図-4に示す。同図から3次元数値解析値の方が、付加軸力がやや大きくなっているが、両者はほぼ一致していると見なすことが確認できる。図-5は、先に定義した終局強度の2次元数値解析結果と3次元数値解析結果を比較したものである。最大でも両者の差は高々5%程度であり、測定値と2次元数値解析結果の差は4%程度である。

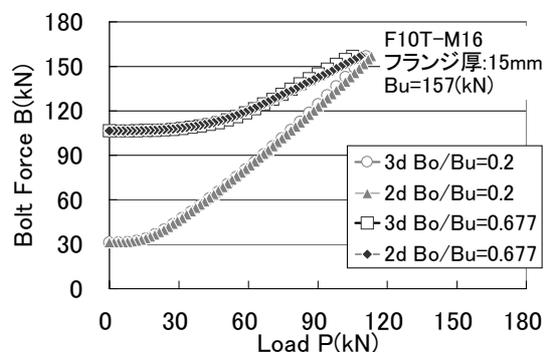


図-4 ボルト軸力-外力関係  
(3次元数値解析結果と2次元数値解析結果)

### 5. おわりに

T継手の設計上重要なボルト付加軸力は、2次元有限要素モデルにおいても、十分にその特性を解析することが可能であり、今回の検討範囲では測定値および3次元数値解析との差は、高々5%程度である。また、計算時間の一例を示せば、図-2に示したモデルにおいてCPU-Timeは、3次元数値解析で約3時間、2次元数値解析では約180秒であり、1/60程度である。

#### 【参考文献】

1) 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

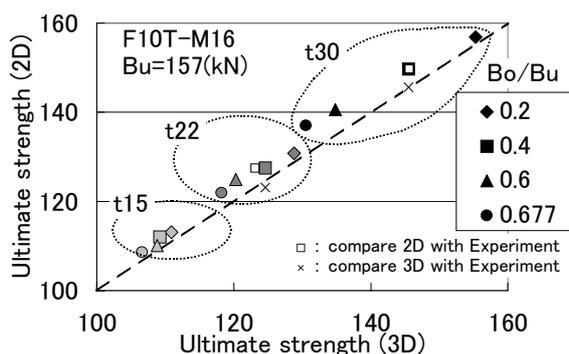


図-5 2次元および3次元数値解析結果