

大阪大学工学部 学生員○池端文哉

大阪大学工学部 正員 西村宣男

大阪大学工学部 正員 亀井義典

駒井鉄工(株) 正員 秋山寿行

1. まえがき 現在、我国の土木分野における鋼構造設計法の書式が許容力度設計法から限界状態設計法へと移行しようとしている。設計法の移行に際し、部材の継手部、連結部に対する検討は十分でないと思われ、高力ボルト摩擦接合継手に関しても、我国の技術水準を考慮して、各種限界状態の系統的な見直しが必要であると考え。今回の報告では、実験及びアイソパラメトリック有限要素を用いた弾塑性有限要素解析によって、すべりを生じる以前の、継手内部の応力および変形特性に関して考察を試みた。

2. 摩擦接合継手の引張試験と解析モデル

実験供試体は、母材の限界状態を独立に発現させるように設計した継手形式(Bfタイプ：すべりが発生する前に、母材が降伏に達する)を考えた。更に形状比較するために、片側のボルト配置が2行1列(Bf2-aタイプ)、1行2列(Bf2-bタイプ)の2種類(各種類に対して2体)を考えた。

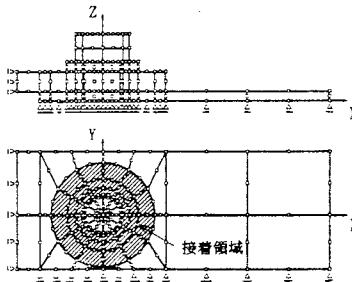


図-1 Bf2-aタイプ要素分割図

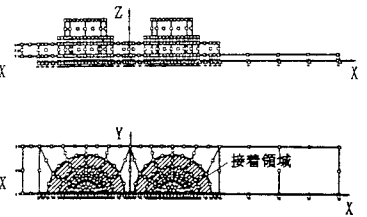


図-2 Bf2-bタイプ要素分割図

表-1に供試体の設計パラメータを示す。解析において高力ボルト摩擦接合継手をモデル化するにあたり最も問題となるのがすべり面の取り扱いであるが、本解析では妥当性を確認した上で、母材と添接板の有効な接着領域として藤本ら¹⁾の提案による $r=dh$ (r :接着領域半径、 d :座金の半径、 h :添接板厚)を利用した。図-1、図-2に有限要素分割図を示す。

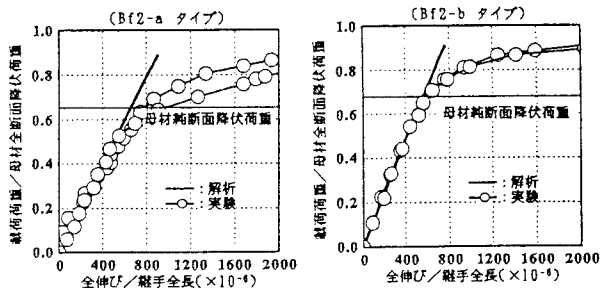


図-3 継手全伸びの実験と解析の比較

3. 実験と解析の比較と解析結果 図-3に、継手の全伸びの実験と解析の比較を示す。解析は母材純断面降伏荷重以降もほぼ線形性を保っているのに対して、実験では、ほぼ母材純断面降伏荷重あたりから非線形性が現れている。この結果は本解析のモデルが、母材純断面降伏荷重までは妥当な値を得ることが可能であるということを示していると同時に、母材純断面降伏荷重が、部分すべりを考慮しない解析の適用限界であるということを示している。また、Bf2-a(以下bタイプ)の方がBf2-b(以下bタイプ)より早い段階で非線形性を呈している。

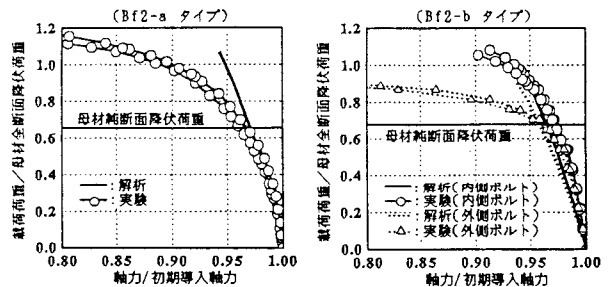


図-4 ボルト軸力の実験と解析の比較

図-4にボルト軸力の実験と解析の比較の図を示す。

Bunya IKEHATA, Nobuo NISHIMURA, Yoshinori KAMEI, Hisayuki AKIYAMA

bタイプに関して純断面降伏荷重では、内側と外側のボルトの軸力を比較した場合、外側ボルトのほうが顕著に軸力抜けが発生している。

図-5は、各荷重レベルでの母材純断面部での相当応力の分布を示す。Bfタイプでは、継手片にはボルト軸力の導入により、ボルト孔周縁部には降伏応力の80%近い応力が導入され、応力集中部での降伏は、純断面降伏荷重の約60%と低い段階で発生している。aタイプでは、純断面降伏荷重付近において、ボルト孔の内外に関わらず、ボルト孔周縁5mmの辺りまで塑性域が広がっている。一方bタイプでは外側ボルト孔周縁においてはaタイプと同様の傾向を示したのに対し、内側ボルト孔周縁では、荷重の増加に伴う応力の増加は、外側ボルト孔周縁に比べ緩やかであり、純断面降伏荷重付近においても塑性域はボルト孔周縁約1mm程度である。すなわち、bタイプの方が、aタイプよりも継手全体における母材の塑性化による変形量は小さいといえ、その現象が図-3、図-4に反映されていると考えられる。

図-6は、各荷重レベルでの母材純断面部での板厚方向圧縮応力の分布を示す。aタイプとbタイプを比較した場合、aタイプではボルト孔の内外を問わず同様の傾向を示しているのに対して、bタイプでは内側ボルト孔周縁の方が、外側ボルト孔周縁に比べて、荷重載荷に伴う圧縮応力の変化は少ない。これは、母材の塑性領域の広がり傾向と一致するとともに、図-3に反映されているものと思われる。すなわち母材の変形量が少ない分、圧縮応力の変化、ボルトの軸力抜けも少なかったといえる。

4. まとめ

(1) ボルト軸力導入により、ボルト孔周辺には大きな圧縮応力が作用するが、全体の伸びにその影響は現れない。従ってボルト孔近傍の母材および添接板の局部的な降伏は継手全体の剛性の低下をもたらさない。

(2) 本解析によると、Bf2-bタイプのように、引張荷重載荷方向にボルトが複数構造をもつほど、継手の全体の剛性は高くなる。また、荷重載荷により母材の塑性域は、最外列ボルト孔周辺から順次内側へと広がるといえ、ボルトの軸力抜けに関しても最外列ボルトより順次内側へと進行する。

参考文献1) 藤本盛久, 橋本篤秀: 高力ボルト引張接合に関する研究; 第1部・板のパネ定数設定のための軸対称三次元弾性理論析, その1, その2, 建築学会論文報告集, No164, No165, 1969. 10-11

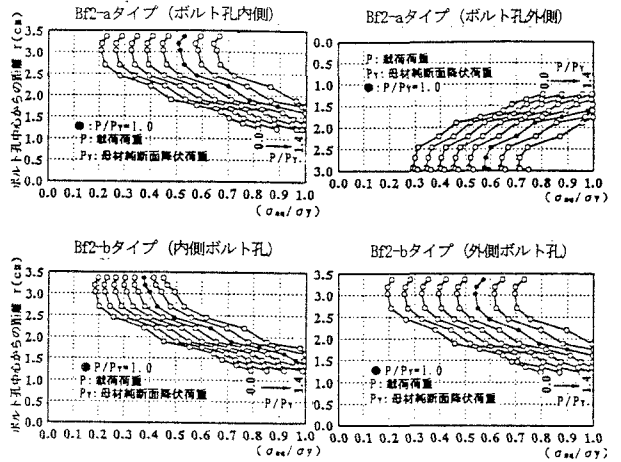


図-5 各荷重レベルにおける相当応力の分布

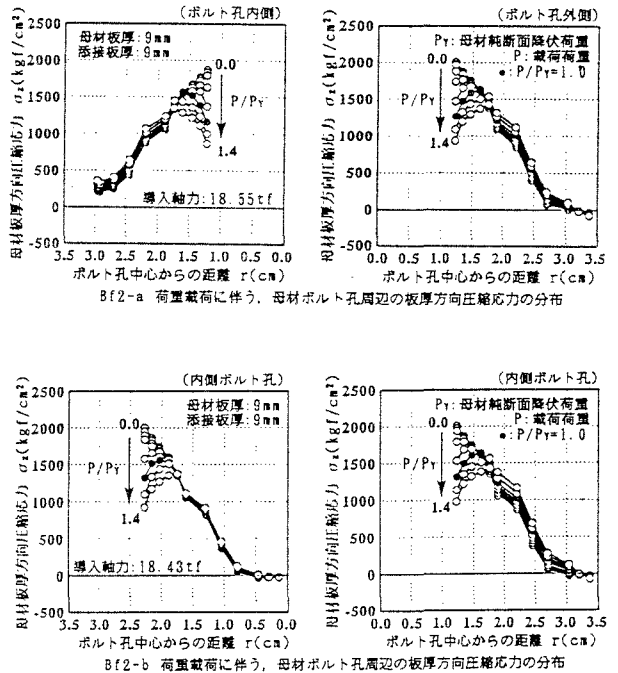


図-6 各荷重レベルにおける板厚方向圧縮応力の分布