

大阪大学大学院 学生員○松野正見 大阪大学工学部 正会員 亀井義典
大阪大学工学部 フェロー 西村宣男 川田工業(株) 正会員 宮地真一

1. まえがき

プレートガーダーのフランジ部における高力ボルト摩擦接合継手では、継手軸方向の引張荷重の他に、荷重の増加に伴って、継手面内方向に初期不整等起因する曲げモーメントが加わることが考えられる。面内曲げが加わった場合、継手のすべり強度が低下する恐れがあり、継手のすべり強度を評価するにあたっては、継手軸方向の引張荷重だけではなく、面内曲げによる影響を評価する必要があると考えられる。本報告では、弾塑性有限変位法を用いて解析を行い、面内曲げの程度がすべり強度に与える影響について考察を行った。

2. 解析手法と解析モデル

図-1に解析モデルを示す。解析モデルは、継手軸の中心に対して対称のボルト配置となる最小の行列数である片側2行2列の2面せん断継手とした。表-1に解析モデルの諸元を示す。解析モデルの諸元としては、既往の研究¹⁾よりすべり先行型となる継手である $\beta=0.80$ 、 $\gamma=1.00$ の継手を用いて行う。ここで、 β はすべり強度・母材降伏強度比 N_{SL}/N_{Ftn} 、 γ は添接板・母材降伏強度比 N_{Sjn}/N_{Ftn} を表す。図-2に要素分割図を示す。解析対象は、継手の対称性を利用し、継手全体の1/4モデルとし、母材-添接板、添接板-座金の全接触面にはジョイント要素²⁾を導入する。荷重は初期ボルト軸力(18.15tf)を導入した後、継手端部に軸引張荷重および面内曲げを図-2に示すように与え、面内曲げは軸引張力に対して常に一定の割合を保つようにする。面内曲げは継手端部において、面内曲げによって軸引張方向に生じる最大の力 P_b を軸引張力 P で無次元化した P_b/P において、0.0から0.4の範囲で考え、モデルA～Eの5ケースについて解析を行った。

3. 解析結果

図-3に荷重-全伸び関係を示す。図中のマークは、各々の荷重-全伸び関係に対応した主すべり発生時を表す。縦軸は載荷荷重 P を母材の純断面降伏荷重の公称値 N_{Ftn} で無次元化した値、横軸は全伸びを継手全長で無次元化した値を示す。初期剛性は、面内曲げの有無に関わらず変化が表れなかった。しかし、主すべり発生時の荷重は、面内曲げの増加とともに、減少する傾向を示した。

図-4にモデルA、Dにおける母材および添接板の断面中央の主すべり発生時における応力分布を示す。 $\gamma=1.0$ と母材および添接板の降伏強度が等しいモデルであるため、母材外側ボルト列の断面欠損部および添接板内側ボルト列の断面欠損部でほぼ同程度の降伏領域が見られる。モデルAとDを

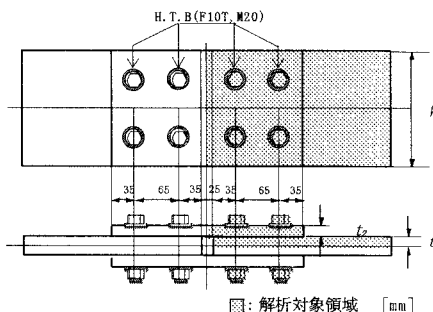


図-1 解析モデル

表-1 解析モデルの諸元

	高力ボルト (F10T, M20)	すべり強度 N_{SL} (tf)	母材 添接板	幅 (mm)	面内曲げ P/P_{SL}
A	2行2列	58.08	SM490Y	200	0.0
～					～
E					0.4

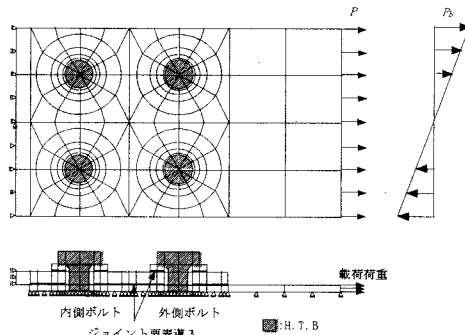


図-2 要素分割図

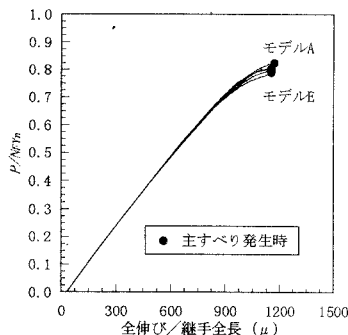


図-3 荷重-全伸び関係

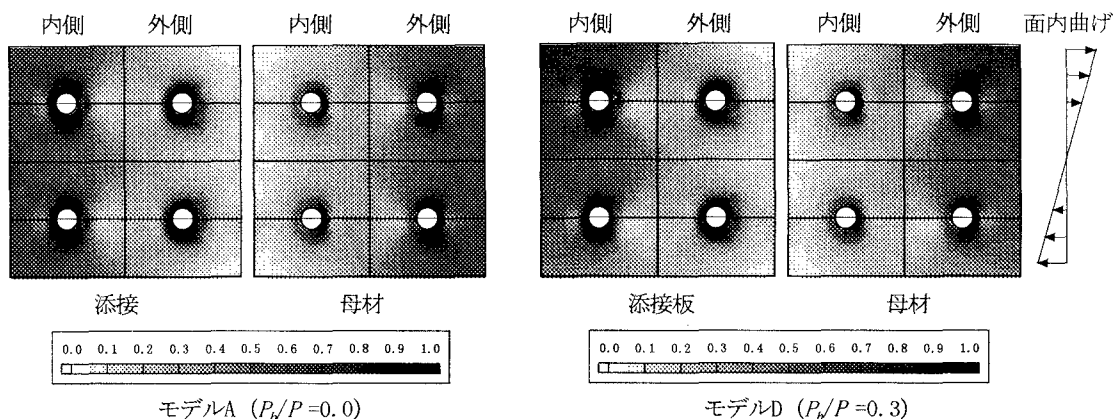


図-4 応力分布図

比較すると、モデルAでは面内曲げ $P_b/P=0.0$ であるので、継手軸の中心に対称が伺えるが、モデルDでは面内曲げの影響が軸引張力を助長する領域において、モデルAよりも降伏領域が大きく表れ、逆に軸引張力を低減する領域では降伏領域が小さい結果となった。

図-5にモデルA、Dにおける母材-添接板間の主すべり発生時の相対変位を示す。相対変位は、継手の原形の縮尺に対して100倍に拡大して示している。モデルDでは面内曲げの影響が軸引張力を助長する領域ではモデルAに対して変位量が大きく、軸引張力を低減する領域では変位量が小さくなった。

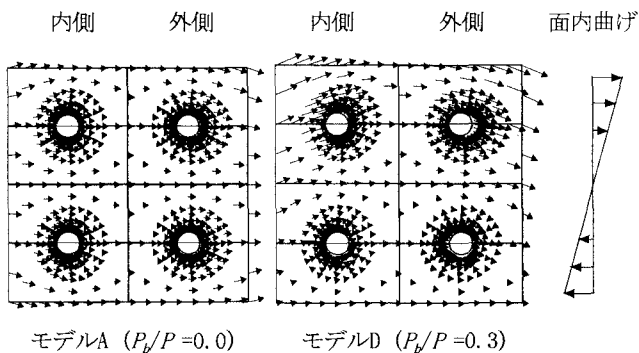


図-5 母材-添接板間の相対変位図 (×100)

応力分布、相対変位より、面内曲げが加わった場合、通常の継手のように継手軸の中心を対称とした挙動を示すのではなく、面内曲げの影響が軸引張力を助長する領域で、局所的降伏に伴う部分すべりが発生するために、継手全体のすべり耐力が低下すると考えられる。その結果、面内曲げが加わる継手では、すべり強度が低下すると考えられる。

図-6に面内曲げ P_b/P とすべり強度の関係を示す。縦軸は各モデルの主すべり発生時の荷重 P_{SL} をモデルAの主すべり発生時の荷重 P_{SL0} で無次元化した値を示し、横軸は面内曲げ P_b/P を示している。図中の実線は、公称のすべり強度 N_{SL} を表す。面内曲げの増加とともにすべり強度が低下していき、面内曲げの量が0.3を越えると公称のすべり強度を下回る結果となった。本解析におけるすべり強度低下の割合は、面内曲げ $P_b/P=0.4$ の場合、 $P_b/P=0.0$ に対して6%程度の低下となるが、公称のすべり強度 N_{SL} に対しては0.5%程度の低下となった。

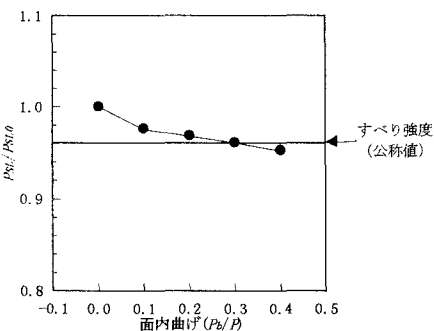


図-6 すべり強度変化

参考文献

- 1) 亀井義典・池端文哉・西村宣男：高力ボルト摩擦接合継手の限界状態区分に関する解析的研究，土木学会論文集 No. 584 I-42 pp. 243～253, 1998. 1.
- 2) Nishimura, N., Kamei, Y., and Ikehata, B.: Analysis of HSFG Bolted Joints Considering Local Slip, TECHNOLOGY REPORTS OF THE OSAKA UNIVERSITY, Vol. 46, No. 2257 pp. 227～236, 1996. 10.