

I-101

スプリットティー継手の離間挙動に関する3次元有限要素解析

京都大学大学院 学生員 山口隆司 京都大学工学部 正員 渡邊英一
 京都大学工学部 正員 杉浦邦征 ㈱神戸製鋼所 正員 三田村武
 ㈱神戸製鋼所 正員 葛西俊一郎

はじめに

高力ボルトフランジ継手は、接合部の剛性が高く、また、ボルト軸力の変動が小さいため疲労に強いなどの優れた力学的特性を有し、現場溶接接合に比べて施工が容易であるなどの利点も有している。しかし、現在、この継手形式の力学的挙動などに関するデータ不足のため合理的な設計法は存在せず、様々な研究¹⁾が行われている段階である。著者らはこの継手形式のボルト周辺部に注目し離間挙動解析²⁾を行ってきた。本研究では、高力ボルトフランジ継手全体系を対象として、この継手形式に関する正確な力学的挙動を解明するため3次元弾塑性有限要素解析を行った。

解析手法および解析モデル

本研究では対称性を考慮して図1に示すようなスプリットティー継手の4分の1領域を対象として一定ひずみ要素の四面体要素を用いた3次元弾塑性有限要素解析を行った。スプリットティー継手の構造上、平面問題として等価な問題に置き換えることは困難であり、正確に力学的挙動を知る必要があることから3次元解析を行なうこととした。なお、この継手形式の場合、引張荷重の増大に伴って接触面に離間を生じるが、本解析では接触面上での節点力をもとにこの境界条件の変更を考慮している。

解析モデルを図2に、解析で用いた材料定数を表1に示す。要素分割では特にボルト近傍で分割が細くなるように設定した。解析モデルは6面体要素で分割され、それぞれの6面体要素は24個の4面体要素から構成されている。本解析モデルの場合、節点数2616、要素数10080である。ボルトには導入軸力として6.23tonf導入した。

表1 材料定数

材料定数	ヤング率 (kgf/mm ²)	降伏強度 (kgf/mm ²)
フランジプレート	21000	26.9
高力ボルト	21000	90.0

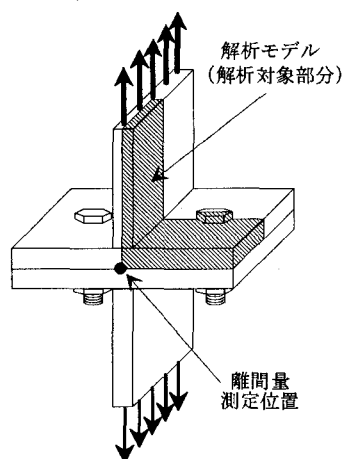


図1 スプリットティー継手

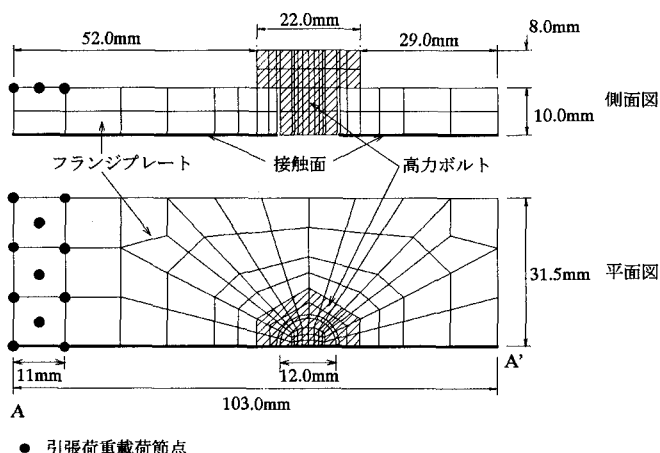


図2 解析モデル

解析結果

有限要素解析から得られた引張荷重-離間量曲線、引張荷重-ボルト軸力曲線、接触面上での節点力分布を図3、図4、図5にそれぞれ示す。離間量は図1に示す点における離間変位とした。なお、解析結果を検証するために著者らが行った載荷実験の結果とも比較することにした。載荷実験供試体、解析モデルの諸元

は同じである。

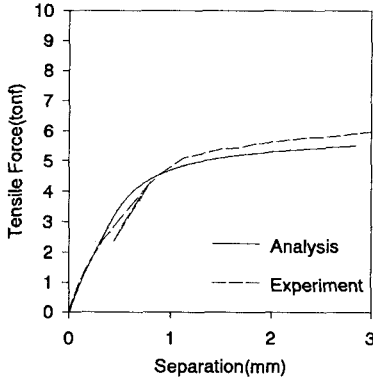


図3 荷重－離間量曲線

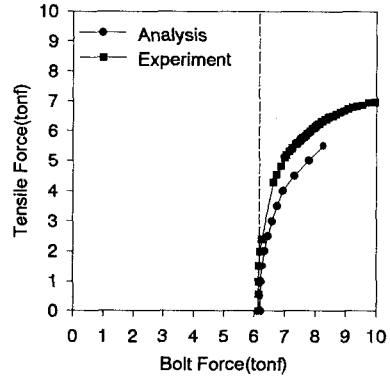


図4 荷重－ボルト軸力曲線

図3、図4より、有限要素解析と載荷実験から得られる挙動はほぼ合致しており解析の妥当性が確認できる。数値的には若干の違いも見られるが、これは解析において材料定数を仮定していることと、載荷実験における初期不整および測定誤差等によるものと思われる。

図3より、引張荷重がボルト導入軸力に達する以前に大きく離間が進行しているのがわかる。また、図4より引張荷重がボルト導入軸力に到達する以前にボルト軸力が上昇しているのがわかる。これらはフランジ板厚が薄いために引張荷重がボルト導入軸力に到達する以前にボルトを固定点としてフランジプレートが変形し、その結果、ボルトが引っ張られたためと考えられる。図5は図2に示すAA'線上の接触面における節点の節点力の変化を示したものである。引張荷重の増大に伴い、載荷側の節点力が減少し、フランジプレート縁端側の節点力が大きく上昇しているのがわかる。この縁端側の節点力の上昇はてこ反力の発生を表わしており、てこ反力の発生のため図4に示すようにボルト軸力が増大したと考えられる。

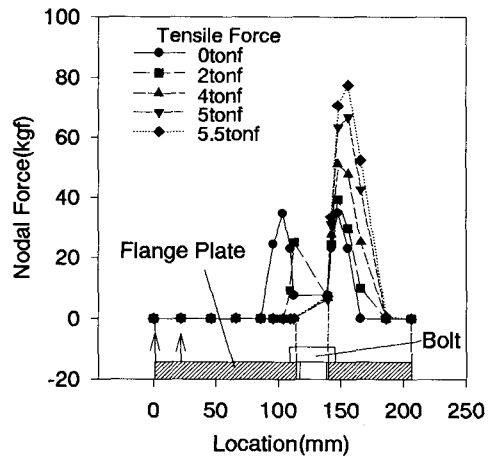


図5 接触面上(フランジプレート)での節点力分布

終わりに

スプリットティー継手に対して接触・離間を考慮した3次元弾塑性有限要素解析を行い、次のような結果を得た。本研究で取り上げた有限要素解析法によって離間挙動が再現できる。また、正確な材料定数を用いることで実験結果と整合する。さらに、フランジ板厚が薄い場合、引張荷重の増大に伴い離間が進行し、その結果、てこ反力が発生し、ボルト軸力が増大する。

なお、フランジ板厚および板幅をパラメータとして解析を行った結果は講演会当日報告する予定である。

参考文献

- 1) 黒田充紀, 増田陣紀, 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.
- 2) 渡邊英一, 杉浦邦征, 山口隆司, 葛西俊一郎: 高力ボルト引張継手におけるボルト周辺部の離間現象と引張剛性, 構造工学論文集Vol. 40A, pp. 153~162, 1994. 4.