

高力ボルト L 型引張継手の終局強度に与える母材板厚の影響

大阪市立大学大学院 学生会員 ○鈴木康夫
大阪市立大学大学院 正会員 山口隆司
大阪市立大学大学院 正会員 北田俊行

1. はじめに

高力ボルト L 型引張継手は、ボルトの配置を工夫すれば摩擦接合に比べて構造的にも景観上も優れた継手となる場合があるため、箱型断面部材の接合部等への適用が期待されている。しかし、L 型引張継手の力学的挙動は未解明な点も多いため、その設計法は確立されていないのが現状である。本研究では、L 型引張継手の設計法確立のための基礎的資料の収集を目的とし、ティーウェブ板厚およびティーフランジ板厚が L 型引張継手の終局強度に与える影響を解析的に検討することを試みた。

2. 解析モデルと解析方法

解析モデルおよび設定した解析ケースの一覧を、それぞれ図－1および表－1に示す。本研究では、文献1)で用いられた実験供試体からボルト一本分のみを取り出した部分モデルを対象としている。解析モデルは、構造の対称性を考慮して、図－1(a)に示す1/4の領域としている。また、比較のため T 型継手の解析ケースも設定した。

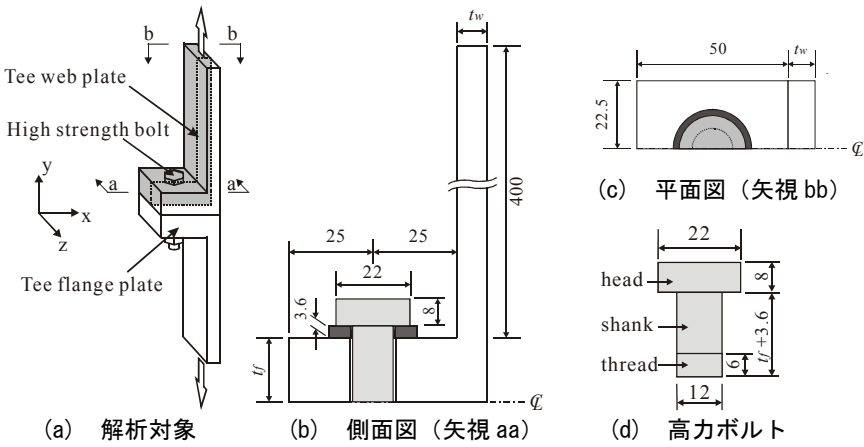
解析モデルには、6 節点および 8 節点の 3 次元ソリッド要素を用いた。また、ティーフランジ板間、高力ボルトと座金間、座金とティーフランジ板間、および高力ボルトの軸表面とボルト孔表面間には、接触・非接触および微小滑りを考慮できる接触面を形成し、境界非線形性を考慮した。高力ボルトのモデル化に関しては、ねじ部は軸平行部と等しい断面積を持つ円形断面と仮定し、材料定数をねじ部と軸平行部とで変化させる簡易モデル²⁾を用いた。解析モデルの要素分割状況を図－2

に示す。

解析は、汎用有限要素解析コード ABAQUS を用いて、ボルト初期軸力導入と引張荷重載荷の 2 段階に分けて行った。ボルト初期軸力は、ボルト最下面の全節点に強制変位を与えることにより導入し、引張荷重はティーウェブ板の上端の全節点に強制変位を与え、載荷した。なお、高力ボルトの初期導入軸力は、M12 高力ボルトの標準導入軸力である 61.3kN とした。解析は、ボルト軸力が破断軸力(79.3kN)に到達するまで行った。なお、解析モデルの妥当性は、文献3)で行われた載荷実験結果との比較により確認している。

3. 解析結果および考察

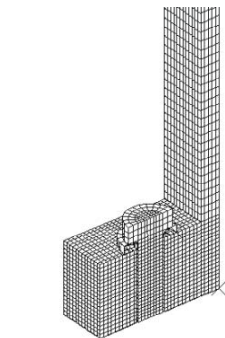
解析結果の一例として、載荷荷重(P)とボルト軸力(B)との関係を図－3に示す。なお、T 型継手の載荷荷重は、



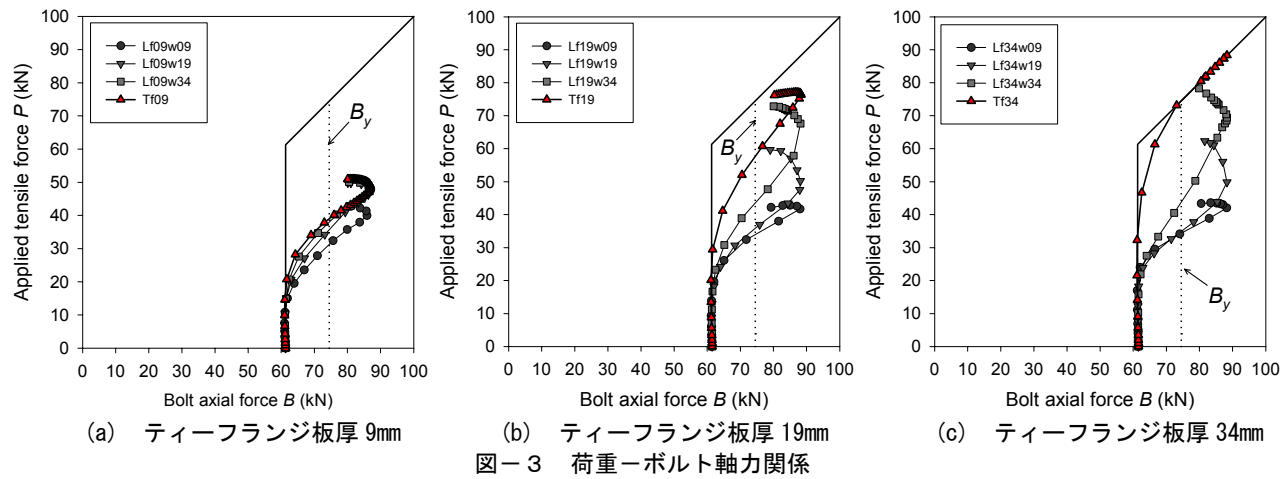
図－1 解析対象と解析モデルの寸法（単位：mm）

表－1 解析ケース一覧

Analytical case	Joint type	Thickness of tee flange plate t_f (mm)	Thickness of tee web plate t_w (mm)
Lf09w09	L-stub	9.00	9.00
Lf09w19	L-stub	9.00	19.00
Lf09w34	L-stub	9.00	34.00
Lf19w09	L-stub	19.00	9.00
Lf19w19	L-stub	19.00	19.00
Lf19w34	L-stub	19.00	34.00
Lf34w09	L-stub	34.00	9.00
Lf34w19	L-stub	34.00	19.00
Lf34w34	L-stub	34.00	34.00
Tf09	T-stub	9.00	9.00
Tf19	T-stub	19.00	9.00
Tf34	T-stub	34.00	9.00



図－2 要素分割状況の例



表－2 各限界状態における載荷荷重比

解析ケース	強度比		
	P_u/P_y	P_{max}/P_y	P_{max}/P_u
Lf09w09	1.22	1.25	1.02
Lf09w19	1.27	1.32	1.03
Lf09w34	1.23	1.27	1.03
Lf19w09	1.22	1.24	1.02
Lf19w19	1.33	1.60	1.21
Lf19w34	1.51	1.63	1.08
Lf34w09	1.21	1.25	1.03
Lf34w19	1.41	1.74	1.24
Lf34w34	1.55	1.76	1.13
Tf09	1.24	1.30	1.05
Tf19	1.25	1.26	1.01
Tf34	1.13	1.13	1.00

P_y : ボルト降伏時の載荷荷重
 P_u : 最大ボルト軸力時の載荷荷重
 P_{max} : 最大載荷荷重

実際の 1/2 であるボルト一本分に分担される荷重をプロットしている。ボルト軸力が増加し始める荷重レベルにティーウェブ板厚による差異はみられないものの、軸力増加後の荷重－ボルト軸力曲線にティーウェブ板厚による差異がみられ、ティーウェブ板が薄い程、同じ荷重レベルにおけるボルト軸力が大きくなっている。特に、ティーフランジ板が厚い程この傾向は大きい。また、L 型引張継手では、最大ボルト軸力時以後、ボルト軸力が減少しているにも関わらず、載荷荷重は増加している。すなわち、L 型引張継手では最大ボルト軸力時以後、てこ反力が減少する。

4. まとめ

本研究では、JSSC 指針案⁴⁾で対象とされていない高力ボルト L 型引張継手を対象とし、箱型断面部材接合部の部分解析モデルを用い、ティーフランジ板厚およびティーウェブ板厚が継手強度に与える影響を解析的に検討した。そして、L 型引張継手では、ティーフランジ板厚のみならず、ティーウェブ板厚も継手強度に大きく影響を与えることを確認した。また、L 型引張継手では、継手の終局状態を最大ボルト軸力時ではなく、ボルトの破断時と定義した方が、より合理的な設計が可能であることを示した。

今後は、より多くの解析ケースによりパラメトリック解析を行い、各限界状態における L 型引張継手の強度算定式を提案する必要がある。また、本研究では継手の部分モデルのみを扱ったが、接合部全体を考えた場合の母材(ティーウェブ板)の変形状態と、部分モデルにおける母材(ティーウェブ板)の変形状態は異なると考えられるため、部材接合部全体を対象とした解析を行い、部材断面の変形拘束効果による影響も検討する必要がある。

参考文献

1) 山口隆司, 鈴木康夫, 北田俊行, 杉浦邦征, 秋山寿行: 引張力およびせん断力が高力ボルト引張継手の曲げ強度・剛性に与える影響, 土木学会論文集, No.710/ I -60, 土木学会, pp.439-447, 2002.7.
2) 藤谷健二, 渡邊英一, 杉浦邦征, 山口隆司, 葛西俊一郎: ねじ部を考慮した高力ボルトの有効応力－ひずみ関係に関する考察, 鋼構造年次論文報告集, 第 3 巻, pp.281-288, 1995.11.
3) 鈴木康夫, 北田俊行, 山口隆司, 秋山寿行: 高力ボルト L 型引張継手の力学的挙動に関する実験的研究, 鋼構造年次論文報告集, 第 10 巻, 日本鋼構造協会, pp.275-282, 2002.11.
4) (社)日本鋼構造協会: 橋梁用高力ボルト引張接合設計指針(案), 1994.3.