

第 I 部門

双皿型高耐久性高力ボルトセット（ダブルスピンドルファスナー）に使用するねじ形状の検討

大阪市立大学工学部 学生員 ○橋本 達也
 大阪市立大学大学院 正会員 林 巖

大阪市立大学大学院 正会員 山口 隆司
 熊本大学大学院 正会員 森山 仁志

1. はじめに

腐食損傷するボルト接合部への対策として、皿型高力ボルト¹⁾(以下、皿型ボルト)の使用が考えられるが、六角ナットにより締結されることから、開断面部材では依然として耐腐食性に劣る。本研究では、新たに図-1 に示す双皿型ダブルスピンドル型式のファスナー(DSF)を考え、F8T 相当の締結能力を確保できるねじ形状を軸対称解析により検討した。

2. DSF

提案する DSF の強度および呼びは、M22F8T 相当を想定する。図-1 に示すように、ナット側は筒状でその筒厚は薄く、ボルト側はねじ部が M22 よりも細くなるため、材料の高強度化が必要となる。そのため、理論計算からねじ部のボルト軸径を M16、ナットの筒厚 3mm をとし、F14T 材料を用いる。また、ボルトの孔径は M22 高力ボルトの孔径である 24.5mm とする。一般的には、ボルト軸断面の公称応力が降伏点の 75% となるように設計ボルト軸力を導入するが²⁾、M22F8T のボルト軸力を導入すると、DSF は降伏点の約 85% の公称応力が生じ、M22F8T のボルトよりも高い応力がねじ底に発生することが予想される。したがって、材料の高強度化に伴う耐遅れ破壊性能の向上に加え、軸力導入時のねじ谷底の応力を低減できるねじ形状が必要となる。

3. 解析モデル

解析ソルバーには Abaqus/Standard を用いる。使用要素と境界条件を図-1 に示す。また、ねじの嵌合部、皿部分と連結板の接触部は、文献 3) を参考にクーロン摩擦を用いて、摩擦係数 0.1 の接触条件を与えた。材料物性値⁴⁾は表-1 に示す。材料構成則はバイリニアとし、加工硬化係数を 1/100 とした。検討するねじ形状は、図-2 に示すように、JIS、SHTB の形状を基本に、表-2 に示すねじ谷半径 r 、 R と開き角度 $\bar{u}$ をパラメータとして設定した。ここで、ねじ山間ピッチ $P=2\text{mm}$ 、ねじ山高さ $H=P/(2\tan\bar{u})$ である。ボルトの導入軸力は、

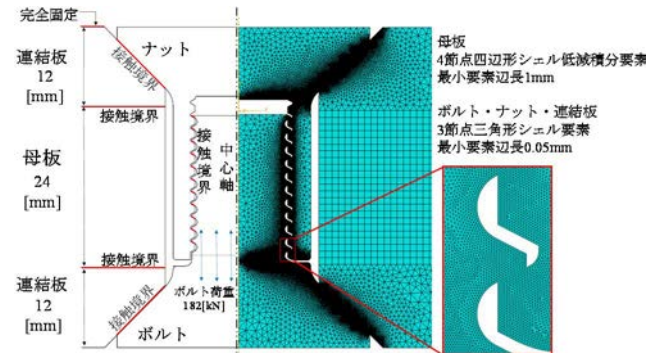
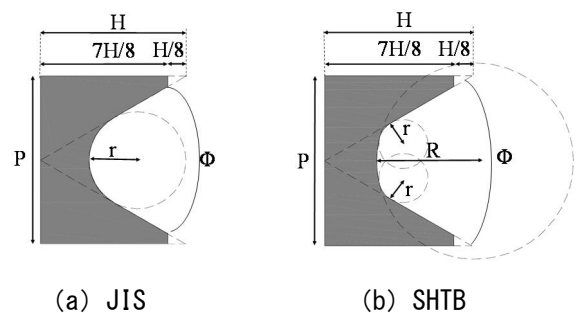


図-1 DSF 解析モデル：左)境界条件，右)要素分割

表-1 材料構成則

部品・部位	材料	弾性係数 [N/mm ²]	ポアソン 比	降伏点 [N/mm ²]	引張強度 [N/mm ²]
ボルト・ナット	F14T	200,000	0.3	1,260	1,400
母板・連結板	SM490Y			355	490



(a) JIS

(b) SHTB

図-2 検討するねじ形状の概要

表-2 解析パラメータ

名称	ねじ形状	r	R	$\bar{u}$
JIS	JIS	$H/6$	-	60°
SHTB	SHTB	$H/6$	$2H/3$	60°
New-60°	JIS	$H/3$	-	60°
New-55°	JIS	$H/3$	-	55°

M22F8T の標準ボルト軸力の 182kN とした。ここでは、ねじ山毎に評価を行うため、ねじ谷番号を、ねじのかかりはじめを 1 番として設定した。

3. 解析結果と考察

解析から得られた軸力導入時の第 1 ねじ谷における最大主応力、相当塑性ひずみのコンター図を図-4 に示す。また、各ねじ谷番号のボルトおねじ谷円弧部とナットめねじ谷底の最大主応力、相当塑性ひずみの最大

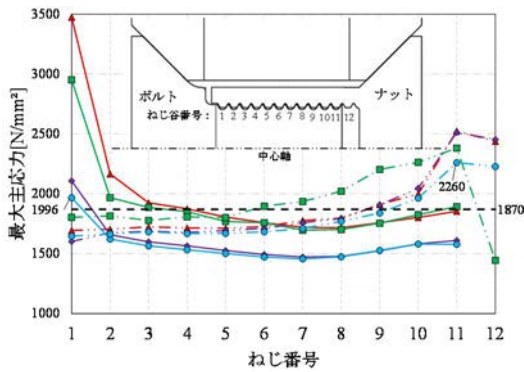


図-5 最大主応力

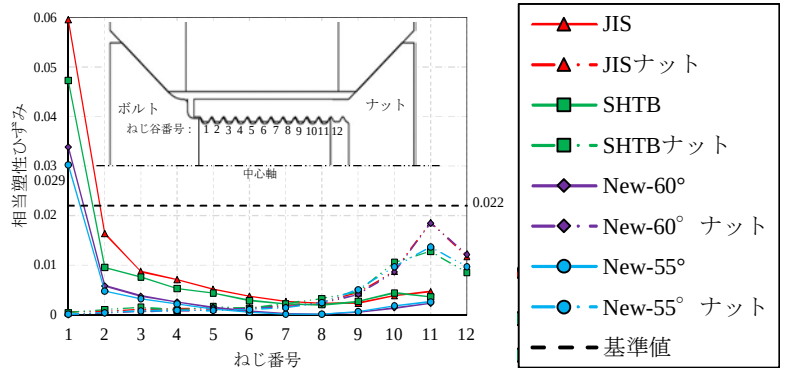


図-6 相当塑性ひずみ

値を図-5、図-6 に示す。図中には、文献 5)における SHTB ボルトの FEM 解析で設定された標準ボルト軸力導入時の最大主応力、最大相当塑性ひずみの基準値を示す。SHTB ボルトでは、この基準値を上回る最大主応力および最大相当塑性ひずみは解析では発生せず、2007 年 6 月時点で 11 年間経過した暴露試験においても遅れ破壊は確認されていない。

最大主応力、相当塑性ひずみともに第 3～8 番ねじ谷の値は一定となっている。通常のボルトセットと異なり、DSF では、かかりはじめとかかり終わりの両側で応力が高く、第 1、第 11 ねじ谷の最大主応力及び相当塑性ひずみが大きくなる。

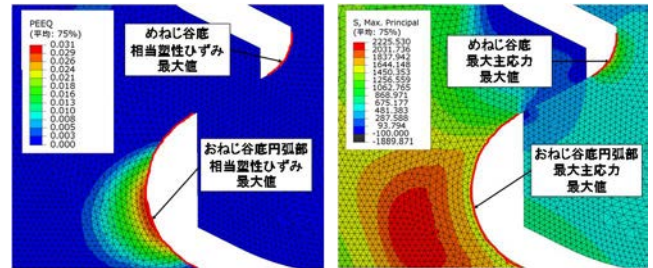
ボルト側では、New-55°ねじ形状における最大主応力、相当塑性ひずみが最も小さくなったが、第 1 ねじ谷が基準値を最大主応力は 1.06 倍、相当塑性ひずみは 1.35 倍超えており、ここでの遅れ破壊の可能性がある。一方、ナット側では、いずれのナットねじ形状でも第 10～12 ねじ谷での最大主応力で基準値を最大で 1.21 倍超えており、この部位での遅れ破壊の可能性がある。

New-55°ねじ形状の場合の軸力と締付け変位の関係を図-7 に示す。ここで、縦軸の軸力はボルト荷重であり、横軸の締付け変位は、図-7 に示す DSF セット頭部表面中心の落ち込み量の合計である。

図より、DSF は 150kN 付近で非線形挙動を呈し始めるが、M22F8T の設計ボルト軸力導入時 (165kN) での非線形性はわずかである。なお、この非線形性は、ボルト側の第 1 ねじ谷底やナット側の第 10～12 ねじ谷底における応力集中による塑性化が原因である。

4. まとめ

本研究では、DSF に使用するねじ形状をねじ谷半径とねじ開き角度をパラメータとして解析的に検討した。その結果、DSF に使用するねじ形状は、最大主応力及び相当塑性ひずみが従来のねじ形状よりも低減可能な



a)相当塑性ひずみ b)最大主応力(単位:N/mm²)
図-4 New-55° 1 番ねじ谷標準軸力導入時コンター

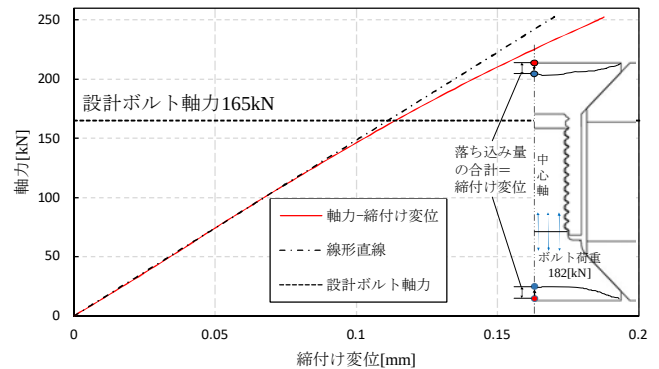


図-7 軸力-締付け変位関係 (New-55°)

New-55°ねじ形状が望ましいことがわかった。ただし、New-55°ねじ形状では、ねじの端部では SHTB ボルトで設定された基準値を、ボルト側で最大主応力が 1.06 倍、最大相当塑性ひずみが 1.20 倍、ナット側で最大主応力が 1.35 倍となっており、今後は、ボルト皿下部、ナット筒底の近傍部の形状の改善等により、これらの低減が可能となる検討が必要である。

参考文献

- 1) 水越秀和, 石井博典, 田畑晶子, 山口隆司: 皿型高力ボルトを用いた群ボルト摩擦接合継手のすべり試験, 土木学会第 70 回年次学術講演会, 平成 27 年, 9 月
- 2) 土木学会 鋼構造委員会: 高力ボルト摩擦接合継手の設計・施工・維持管理指針(案), 平成 18 年 12 月
- 3) 山口隆司, 長崎英二, 潘超, 木村勇次: 1,800N/mm²級超高力ボルトに使用するねじ形状の開発及び性能確認試験, 土木学会論文集 A1(構造・耐震工学), Vol. 70, No. 3, 409-417, 2018
- 4) 土木学会: 鋼・合成構造物標準施工方書 施工編, 2019/01
- 5) 宇野暢芳, 久保田学, 永田匡宏, 樽井敏三, 蟹澤秀雄, 山崎真吾, 東清三郎, 宮川敏夫: 超高力ボルト SHTB, 新日鉄技報第 387 号, 2007