

京都大学大学院 学生員 ○藤谷 健二 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 京都大学工学部 正員 宇都宮智明
京都大学大学院 学生員 山口 隆司 (株) 神戸製鋼所 正員 葛西俊一郎

1. 研究目的

高力ボルト引張接合の継手部の設計を合理化する上で、継手部の基本構成要素である高力ボルトの力学的性質を把握する必要がある。本研究では、高力ボルトの断面形状の軸方向の相違、すなわち平行部およびネジ部の違いを考慮した剛性を実験的・解析的に評価し、剛性に基づく合理的な有効断面積の算出を行うとともに、JIS 規格¹⁾における有効断面積の妥当性の検討を行う。

2. 高力ボルトの引張試験

高力ボルトは複雑な断面形状を有するため、その剛性および有効断面積の評価には困難を伴う。図1に示すような高力ボルトの供試体に対して断面形状の異なる軸平行部およびネジ部に分け、変位制御による引張载荷において別々に平均伸びを計測し、それぞれの荷重－ひずみ関係、およびボルト全体の荷重－ひずみ関係を明らかにした。単位長さあたりの剛性、強度および軸平行部でのヤング率を表1に示す。この試験から得られた各部の荷重－ひずみ関係を図2に示す。図2から高力ボルトの軸方向の伸びは、ネジ部に集中していることが分かる。また、ネジ部において塑性化が進行し荷重が減少し始めても、平行部は常に弾性状態である。

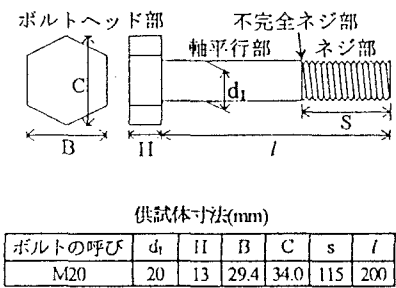


図1 供試体の概要

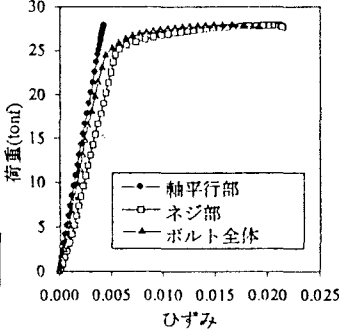


図2 引張試験による荷重－ひずみ関係

表1 载荷実験結果

最大荷重(tonf)	27.783
(公称最大荷重 ¹⁾) (tonf)	(27.0)
荷重－ひずみ曲線の傾き (弾性域)	
軸平行部 (E/d_1)(tonf)	6,627
ネジ部 (E/d_2)(tonf)	4,790
ボルト全体 (E/d_0)(tonf)	5,995
軸平行部ヤング率 E (kg/mm ²)	21,090

3. 有限要素解析による有効断面積評価

次に有限要素解析結果に基づき、高力ボルトの有効断面積を検討する。ここでは、高力ボルトを軸対称物としてモデル化し、図3に示すような分割を行った。この解析において引張試験と同様の手法によって荷重－ひずみ関係を求め、その傾き（以後、剛性と呼ぶ）と作用荷重との関係を調べた。その剛性－荷重曲線を図4に示す。また図4に規格における有効断面積にヤング率を乗じた値 EA_{eff} を併せて示す。この EA_{eff} とボルト全体の剛性を比較すると、

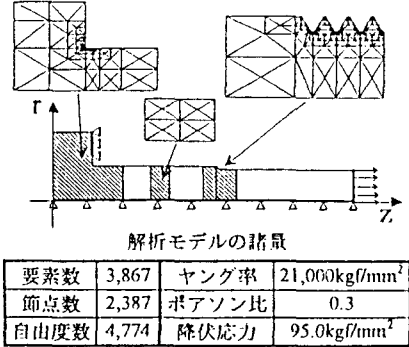
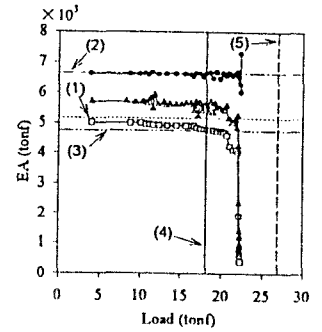
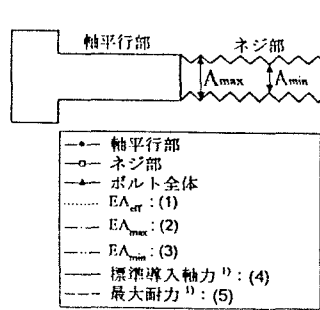


図3 要素分割の概要

Kenji FUJITANI, Eiichi WATANABE, Kunitomo SUGIURA, Tomoaki UTSUNOMIYA,
Takasi YAMAGUCHI, Shunnichirou KASAI

標準導入軸力までは規格における有効断面積によって十分安全側の剛性が確保されているといえる。また、ネジ部の剛性は EA_{min} に近い値になっている。このことからネジ部の剛性は、ネジ底半径に基づく断面積によって、安全側の評価をすることができると考えられる。



4. 軸平行部とネジ部の連結モデルによる有効断面積評価

図4 剛性－荷重曲線

高力ボルトに対して、図5に示すように、剛性の異なる部材が直列に連結されているモデルを設定し、有効断面積の評価を試みる。変形の適合条件より、

$$\frac{x_1 + x_2}{EA_0} = \frac{x_1}{(EA)_1} + \frac{x_2}{(EA)_2} \quad (1)$$

ここで、 A_0 ：ボルト全体の有効断面積、 E ：表1における（軸平行部の）ヤング率

x_1 ：軸平行部の長さ、 $(EA)_1$ ：表1における軸平行部の荷重－ひずみ曲線の弾性域の傾き

x_2 ：ネジ部の長さ、 $(EA)_2$ ：表1におけるネジ部の荷重－ひずみ曲線の弾性域の傾き

前述の引張試験によって、 E 、 $(EA)_1$ 、 $(EA)_2$ の値が得られるので、式(1)を A_0 について解くことにより、有効断面積は x_1 と x_2 の関数で表される。この関係を、規格¹⁾における有効断面積とともに図6、7に図示する。図6、7から、軸平行部が $x_1 > 0.4x_2$ の関係を満足すれば規格における有効断面積は安全側の評価となる。ただし短いボルト長に対しては、式(1)により有効断面積の妥当性・安全性を検討する必要がある。

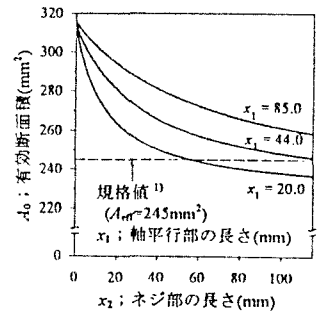
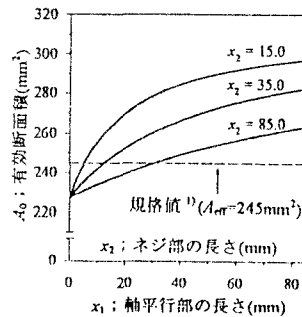
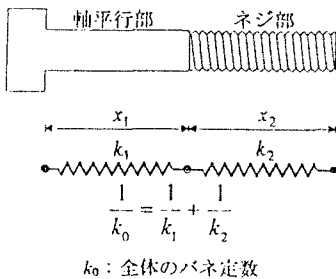


図5 高力ボルトの有効断面評価モデル

図6 軸平行部長さと有効断面積の関係

図7 ネジ部長さと有効断面積の関係

5. 結論

- 1) 高力ボルトに対して行った引張試験により、軸平行部およびネジ部の荷重－ひずみ関係を明らかにし、様々な長さの軸平行部およびネジ部を有する高力ボルトに対して、剛性を評価した。
- 2) 剛性に基づき、変形に対する高力ボルトの有効断面積評価を行ったが、JIS規格における有効断面積は、十分安全側の評価を与え、降伏強度まで保証できる。

6. 参考文献

- 1) JIS B 1082-1987, JIS B 1186-1979, JIS B 0205-1982.