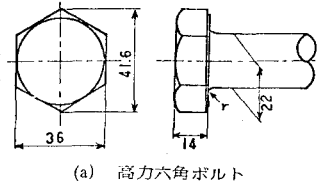


既設高力ボルトの軸力測定とその誤差について

神戸大学工学部 正員 西村 昭 神戸大学工学部 正員 小林秀恵
 大阪ガス 正員 宮永佳明 神戸大学工学部 学生 小坂一夫

2. 緒言 高い応力に締付けられた高力ボルトの軸力は、腐食、あるいはリラクセーションなどにより低下することが確認されている。これは、高力ボルト摩擦接合の安全性に直接影響するものであり、既締結ボルトの確実な軸力測定法の確立は、重要課題と言える。現在、軸力測定法にはいくつかあるが、それらの中で、頭部ひずみによる軸力測定方法を取り上げて、その精度を実験、及びF.E.M.解析によって検討してみたい。



(a) 高力六角ボルト

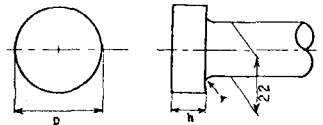
(b) 実験および解析ボルト
図-1 ボルト形状

表-1 ボルト頭部寸法(単位:mm)

Bolt No.	D	h
1	3.4	1.3
2	3.3	1.2・5
3	3.2	1.2
4	3.1	1.1・5
5	3.0	1.1
6	2.9	1.0・5
7	2.8	1.0
8	3.4	1.2
9	3.4	1.1
10	3.4	1.0

2. ボルトモデルによる検討 実験用ボルトは、F10T、M22の高力六角ボルトを図1、表1のように円形切削し、モデル化したものを使用する。機械的性質は表2に示す。実験方法は、ボルト頭部表面中心部に3軸ひずみゲージを貼付、結線したスラース型引張試験機で軸力に対応する荷重を加え、荷重と頭部ひずみの関係を支持条件(座金の位置と有無)、ボルト頭部寸法に對して求める。すなわち、No.1のボルトの頭部に1軸ひずみゲージを中心より3mm離れた部分に對面になるよう1枚ずつ半径方向に貼付し、同様に軸力とひずみの関係を調べる。

数値解析用ボルトにも、図1、表1に示す円形ボルトを使用

する。材料特性は、 $E=2.1 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2$ 、 $\nu=0.3$ とする。解析は、軸対称弾性F.E.M.によって支持条件(1点、3点、5点)、荷重条件(等分布、三角形分布I、II)、ボルト頭部寸法を考慮に入れて軸力と頭部ひずみの関係を調べる。すなわち、ボルト頭部厚さ方向の切削による軸力低下量は次の様にして求める。まず、軸部に軸力を導入し、導入部の変位を求め、荷重の代わりにその変位を強制変位として与え軸力を導入する。次に、その状態で切削部分に相当する要素を取り除き、頭部厚減少による軸力低下量を求める。

3. 実験及び解析結果の検討 図2は、ボルトに設計軸力を導入しときのボルト半径方向の等応力線を表わしている。すなわち、図3

表-2 実験用ボルト機械的性質

耐力 (kg/mm ²)	引張強さ (kg/mm ²)	伸び (%)	絞り (%)	トルク係数値
105.5	111.0	19.0	65.5	0.127

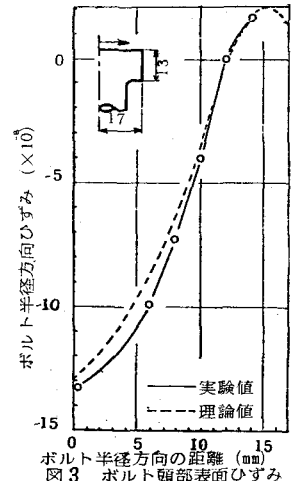
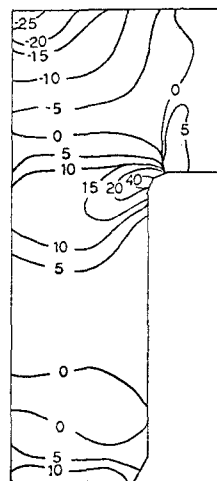


図3 ボルト頭部表面ひずみ

図2 半径方向等応力線

NISHIMURA, AKIRA. KOBAYASHI, HIROE. MIYANAGA, YOSHIAKI. KOSAKA, KAZUO.

は、ボルト頭部表面の半径方向のひずみの実験値と計算値を示している。図4、図5は、ボルト頭部寸法の大小による、すなわち、図6、図7は、ボルト支持条件別による軸力と頭部ひずみの関係の計算値と実験値を示している。図8は、ボルト頭部表面切削による軸力低下量を示している。図9は、ひずみゲージ貼付位置の影響を示している。

そこで、以上の結果をもとに、頭部ひずみ法の精度について検討する。

ひずみゲージ貼付位置は、ボルト軸力導入時の頭部表面半径方向の圧縮ひずみが、中心部ほど大きいこと、すなわち、ボルトが偏心を受ける可能性があることなどを考えると、頭部中心部に2軸あるいは3軸ひずみゲージを貼付する方が最良と考えられる。ボルト頭部の大小、あるいはボルトの支持条件によらず、軸力と頭部ひずみの関係は大きく異なる。すなわち、ボルト頭部が小さくなるほど、すなわち、ボルトの支持条件が少なくなるほど、同一軸力を導入した時の頭部ひずみ量は大きくなる。座金の中心載荷と偏心載荷では、軸力とひずみ関係は3～4%傾きの差異が認められる。すなわち、軸力とひずみ関係は、ボルト締付前歴によらず異なる場合がある。ひずみゲージ貼付によるボルト頭部表面切削の影響は、ほとんどないと考えられる。ボルト軸力導入部付近では、軸部の応力状態が乱れだが、F.E.M.解析によると、直径の2倍程度離れると応力の乱れはほとんどなくなっている。

4. 結言 ボルト頭部ひずみによる軸力測定法の設差を、実験及びF.E.M.解析により検討した結果、本法は、ボルトの支持条件によらず頭部ひずみが大きく異なるという問題点は残されているが、締付時の状態をできるだけ保存し、再現して測定を行えば3～4%程度の設差におさまり実用上問題はないと考えられる。

われわれは、頭部ひずみ法を用いて実橋摩擦接合の残存ボルト軸力の実測を行い、ボルト軸力の経年的変化に関するデータを集めている。これらについては別の機会に発表を予定している。

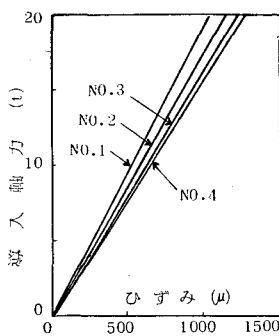


図4 頭部寸法別 (計算値)

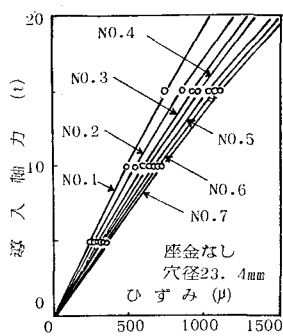


図5 頭部寸法別 (実験値)

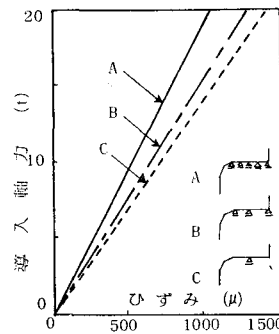


図6 支持条件別 (計算値)

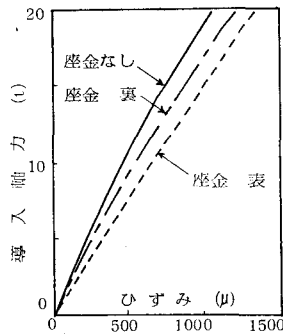


図7 支持条件別 (実験値)

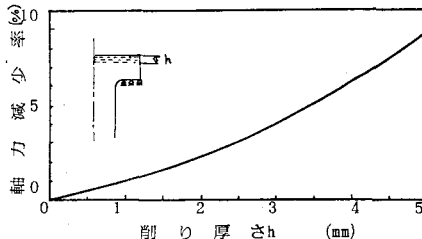


図8 軸力低下率と削り厚さの関係

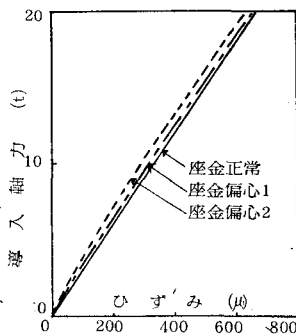


図9 座金位置別 (実験値)