

# ねじ締結体の設計法

## 報告書まとまる

日本ねじ研究協会

### 1 概要

2011（平成 23）年度～2015（平成 27）年度にわたる研究委員会の活動の成果である，“ねじ締結体の設計法”の報告書がまとまった。以下に、沢 俊行委員長（広島大学名誉教授）のはじめの言葉と報告書の目次を掲載する。

この報告書は、1 冊 8,000 円（税・送料別）（ねじ研会員は 5,000 円）にて頒布しますので、入用の方は、住所・氏名・連絡先・部数を明記して FAX（03）3578-1038 でお申込みください。

### 2 はじめに

2011 年（平成 23 年）に日本ねじ研究協会内の研究委員会（委員長、沢 俊行、広島大学大学院）が発足した。委員は中立 5 名、ねじ使用者（自動車、電機）7 名、ねじ製造者 5 名及びねじ関連工具メーカ 1 名からなっている。2 年ほど委員の問題意識を共有するために実用上の問題などを討議し、その後具体的に何をやるかの議論に移った。その結果、実用上で必要なねじ締結体の設計法確立という点でまとまった。世界ではすでに VDI 2230（本協会から 1976 年版、1986 年版及び 2004 年版が翻訳され出版されている）が存在しているが、これは 1 本のボルト-ナットによる中空円筒締結体を対象としている。優れた設計法であるが多数ボルトで締結される場合が未刊である。本委員会としてはさらにこの上を行くさらにすぐれた設計法を目指すことになった。2013 年（平成 25 年）から、年 6 回の頻度で委員会が開催され具体的なねじ設計法の議論が行われ、ねじ締結体の設計法に関して一度まとめることが重要であるという認識にたち、まとめる作業の後、ねじ締結体の設計法を公表することになった。

特に各委員及び国内研究者の今までの研究成果を中心にした内容をしかも系統的にまとめることを主眼とした。ねじ締結体設計法の基本は、外力作用に対して、ボルトに発生する軸力の増加分（内力係数）をより正確に推定することである。1936 年発行の Thum と Debus の共著「ねじ接手の疲」（石谷清幹訳、コロナ社）以来現在まで十分な精度での推定ができなかったため、ボルト初期締付け力がより大きく設定できなかった。しかし最近の研究より従来の値に比べて内力係数の値がかなり小さいことが認識されるようになり、この結果を用いてより簡単な手法でのねじ締結体の設計法を示すことを目的としている。特に締結体の内力係数は長い間用いられてきた Thum の公式の問題点を明らかにし、日本で開発された新しい算出法を示し、新締付け線図も示している。今後の締結体設計のより精密化へ向け寄与が期待される。

さらに中空円筒締結体、T形フランジなどの2本ボルト締結及び円形フランジなどの多数ボルトによる締結に対しても最近得られた知見を述べている。摩擦係数に関しては委員会として実験を行い、データとして示している点が新たな点であり、座面限界面圧に関する実験も行い、従来の限界面圧に対して更なる合理的限界面圧の提案を検討している。平座金の効果及びより大きくなるボルト初期締付け力に対して座面で応力と変形状態に関する知見を示し、座面の塑性変形により生じる平均的へたり量についても検討を加えている。さらに1本ボルトから多数本で締結される締結体に対して、簡単な計算手法のより、与えられた条件に対してのボルトの呼び寸法が求められる計算例題を示し、自動車部品で使用される実務的締結体構造物のボルト設計法も示している。締結体への荷重伝達についても付録で示している。これらの成果は実務者に役立つ内容と期待している。

しかしこの設計法は主にボルト・ナットで締結する場合を扱い、不十分な点はあるが、一応体系的に設計できる締結体設計法であると確信している。ねじ締結体に関する知見は実務における使用の過酷化精密化に従い、日々向上するので、今後常に改善を図られるべきであると考えている。委員会としては今後いくつかのねじ締付け形態及び現在問題になっている薄板あるいは高分子材料などの新材料の締結など多くの課題に対して検討を予定し、今後さらにねじ締結体の改善と充実を図る予定である。

ねじ締結体設計委員会  
委員長 沢 俊行

### 3 報告書の目次

報告書の目次を次に示す。

<b>1. はじめに</b>	
1.1 はじめに .....	4
1.2 本設計での対象締結体と概略 .....	5
<b>2. ばね定数</b>	
2.1 ばね定数の定義 .....	7
2.2 ボルト・ナット系のばね定数と被締結部材（中空円筒）の圧縮ばね定数.....	9
<b>3. 内力係数と締結体設計概略</b>	
3.1 軸方向外力が作用する中空円筒締結体の力学 .....	18
3.2 温度変動下での中空円筒締結体の力学 .....	25
3.3 引張り荷重を受けるT形フランジ締結体 .....	27
3.4 引張り荷重を受ける円形フランジ締結体 .....	31
3.5 ねじ締結体の設計方針 .....	34

<b>4. ねじ締結体の締付け</b>	
4.1 ねじの力学	38
4.2 締付け方法とツール	41
4.3 ねじ締結体の摩擦係数とトルク係数	43
4.4 ボルト軸力のばらつき	45
<b>5. 平座金と座面面圧及び限界面圧</b>	
5.1 平座金に関する従来の考え方	48
5.2 最近の座面面圧に対する知見	50
5.3 限界面圧について	52
5.4 新たな限界座面応力について	55
5.5 その他面圧に関する知見	59
<b>6. ねじのゆるみ</b>	
6.1 ゆるみの分類	63
6.2 ゆるみの原理	
6.3 ゆるみ止め部品の比較実験	65
6.4 ねじゆるみの有限要素法シミュレーション	69
<b>7. ねじの疲労</b>	
7.1 ねじの疲労限度の基本的な考え方	74
7.2 設計に用いるねじの疲労限度	75
7.3 まとめ	83
<b>8. 実際の設計例</b>	
8.1 一本ボルトによる中空円筒締結体の設計例	89
8.2 多数ボルトによる締結体の設計例	99
8.3 構造物内のねじ締結体の設計例	111
8.3.1 車体におけるねじ締結体の設計例	111
8.3.2 FEM を用いたねじ締結体の強度推定例	111
付録1 摩擦係数測定について	147
付録2 ねじ締付け試験より得られた摩擦係数を用いた締付け係数 $Q$ の算出法	160
付録3 ねじ締結体限界面圧の実験に関する資料	163