



軸対象モデルによるスカート(座繰)付ナットの評価 (1)

第1章 緒言

ねじ部品は他の締結方法と比較した際「締め付け・開放」が可能という大きな利点を有するため、機械構造物の締結に広く用いられている。しかしながら、ねじ部品で締結された構造物が外力や振動を受けると、ねじ部品特有の「回転ゆるみ」の発生や「ねじ谷底からの折損」等、ねじ山のらせん形状に起因して複雑な力学挙動を示す。そのために、ボルト締結体の力学特性を高精度で評価することは困難である。

近年、ねじ部品で問題となる「回転ゆるみ」を解決する為に、多数の「ゆるみ止めナット」が開発された。その中で、等価摩擦直径に着目したのがフランジ付きナットである。フランジを付与されたナットは、被締結体との接触面積が通常のナットに比べて大きい。そのために、等価摩擦直径が大きくなり、回転に対する抵抗モーメントが増大する。一方、通常のナットは、そのらせん形状の非軸対称形状に起因し、座面圧力の分布もまた非軸対称性である。これに軸直角振動が加えられることにより、ナットと被締結体との間に相対すべりが発生し、ナットが戻り回転するといわれている。フランジ付きナットにおいても同様の現象は確認されており、望ましい締結機能であるとはいえない。そこで開発されたのがスカート(座繰)付ナットである。

スカート(座繰)付ナットはねじ部を座面より離すために、ナット座面側ねじの一部ねじ山を削除することにより座面圧力の軸対称性を実現した。それに加え、座面圧力の半径方向分布が外周側に移行し、等価摩擦直径を増やす効果も確認された。一方、等価摩擦直径増加の具体的な数値は明らかにされていない。

そこで本研究では、有限要素解析によりスカート(座繰)付ナットの力学挙動を解明し、等価摩擦直径がどの程度大きくなるか定量的に明らかにする。

第2章 ボルト締結体のゆるみ現象

2.1 回転ゆるみと非回転ゆるみ

ねじ部品は、締め付けによってボルト軸部に発生する引張力と被締結体に生じる圧縮力で固定されている。これらの力は、外力の負荷がない場合つり合っている。また、これらの力は予張力と総称されている。しかしながら、様々な原因により予張力が低下することがあり、このような予張力の低下をねじの「ゆるみ」という。予張力が低下すると、構造部材の破壊、疲労強度の低下、振動の増大、異音の発生、気密漏れ等を起こし、大事故に至る恐れがある。

ねじ部品のゆるみは「回転ゆるみ」と「非回転ゆるみ」に大別される。「回転ゆるみ」とは、ねじ部品に外力が作用し、ボルトまたはナットが戻り回転して、軸力が低下する現象を指す。その場合外力の種類として振動と衝撃がある。外力の作用方向は、軸直角方向・軸周り回転方向・軸直線方向の3種類に大別することができ、これらが複合的に作用する。実際の構造物では、複雑な形態で外力が作用するために、ゆるみ現象を実験により再現することはかなり困難であり、「ゆるみやすさ」を定量的に評価することはさらに難しいといえる。近年、回転ゆるみの防止を目的として様々なゆるみ止め装置が開発されている。

一方、「非回転ゆるみ」とはボルト締結体の接触部(ねじ面、ナット座面およびボルト頭部座面、被締結体の界面)の表面粗さ、うねり、形状誤差による局所的な塑性変形により生じる軸力が低下する現象を指す。このような塑性変形は「へたり」と呼ばれる。へたりの発生は、締め付けの際にほぼ完了するが、機械や機器の使用時における外力や熱負荷により、時間とともに進行する。このようなへたり現象は程度の差はあってもある程度発生することは避けられない。



Osaka forming

〒596-0113 大阪府岸和田市河合町 894-2

TEL:072-446-3034 FAX:072-446-3040

2.2 ゆるみ止めナット

ねじ部品で問題となるゆるみ現象の改善を目的として、主に回転ゆるみを防止する機能を付与されたナットがゆるみ止めナットである。その種類は多岐にわたり、それぞれ異なる形状や機能を持つ。一例をあげると、はめあいねじ部とナット座面を離すことにより円周方向の座面面圧分布の対称性を実現した「スカート（座線）付ナット」、フリクションリングと呼ばれる金属片を取り付けることによりねじ面における摩擦を増加させた「フリクションリング付きナット」、楔の原理を利用した「偏心テーパ二重ナット」などがある。これらはナットに介在物を挿入する、あるいは加工を施すなどしてゆるみ止め機能を持たせており、ボルト及びゆるみ止めナット以外の部品を必要としない。したがって、作業効率を落とすことなく回転ゆるみを防止できる。

ゆるみ止めナットは、プリベリングトルク形ナットとフリースピニング形ナットに大別できる。前者は、ねじ山を変形させたり介在物を挿入することにより、締め付け時におねじとめねじを干渉させ、戻り回転に対する抵抗を増加させたものである。後者は、特殊形状のナットや二つ割りになったナットである。ボルト軸力を受けてナットとゆるみ止め機構が変形することにより、ねじ部やナット座面の摩擦抵抗を高めている。また、両者に属さない前述の「スカート（座線）付ナット」などのゆるみ止めナットも開発されている。

第3章 軸対称モデルでのスカート（座線）付ナットの評価

3.1 解析モデル

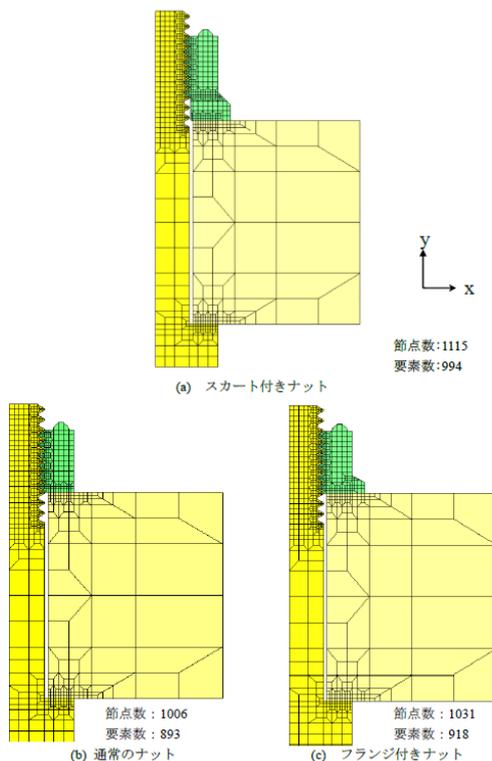


図 3.1 解析モデル

解析には JIS 規格のメートル並目ねじ M10 のボルトを用いる。図 3.1(a) に示すように、今回はスカート（座線）付ナットの座面圧力の軸対称性を考慮し、軸対称モデルを作成した。また、比較の為に作成した通常のナット、フランジ付きナットを用いたモデルを図 3.1(b), (c) に示す。いずれのモデルもナットのねじ山は 6 山としており、遊びねじ部は 3 山としている。被締結体はボルト穴径等級 2 とし、外径 60mm、高さ 30mm の中空円筒とする。座線り部の高さは 3.5mm、フランジの高さは 1.5mm とする。

3.2 解析条件

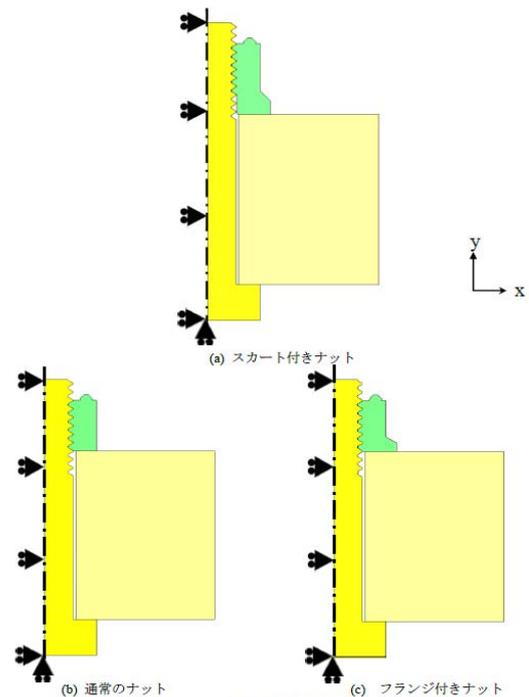


図 3.2 境界条件

各部材のヤング率 E は 200GPa 、ポアソン比 ν は 0.3、接触面の摩擦係数 μ は 0.15 とした。

剛体変位を防止するために、ボルト軸中心のすべての節点とボルト頭部について、図 3.2 に示すようにそれぞれ半径方向、軸方向変位を拘束する。

目標とする軸応力 σ_b を 100MPa として、その場合のナット座面と被締結体との接触界面における面圧と各節点にかかる軸方向力を求める。なお、解析には汎用構造解析用ソフトウェアである ABAQUS Ver6.11 を使用した。

《注釈》

この評価結果は、神戸大学大学院海事科学研究科、福岡俊道先生にお願いし、研究室にて評価試験を行った記録である。