

厚生労働科学研究費補助金（労働安全衛生総合研究事業）
分担研究報告書

ねじ部品の減肉許容基準の提案

研究者代表者 辻 裕一 東京電機大学工学部教授

研究要旨 ねじ部品が腐食により減肉した場合、ねじの締結機能が失われる恐れがある。本研究では、非線形有限要素法による解析より、減肉したナットがナットとしての機能を損なわずに使用できる範囲を調査し、減肉の許容基準を提案している。また、ナットの減肉によるボルト・ナット系の剛性低下を検討し、締結性能に及ぼす影響は小さいことを示している。

A. 研究目的

ボルト、ナット等のねじ部品は、機械、構造物の締結に広く用いられている。ねじ部品が長期間の使用によって腐食し減肉を生じると、ねじの締結機能が失われ、事故、災害につながる恐れがある。ナットの高さの減肉の影響は次のように説明できる。規格ナットの高さは、Alexander 理論によって、はめ合いねじ部においてねじ山がストリップングを起こさないように、破断はボルト軸部から生じるように決められている。従って、減肉によってナット高さが不足すれば、ストリップングを生じるとともにねじ締結体の負荷能力は減少すると考えられる。

本研究では、ナットに着目し、減肉ナットの挙動を非線形有限要素解析により明らかにする。減肉したナットがその機能を損なわずに使用できる範囲を調査し、これに基づき、ナットの減肉許容基準を提案することを目的とする。

B. 研究方法

非線形有限要素解析のためのモデル化は、以下による。JPI フランジに用いられるユニファイ並目めじを対象とし、ねじの呼び 5/8-11 UNC であり、ボルトは材質 SNB7 である。ナットは高さ 10 割、二面幅 26mm、材質は S45C である。ナットはφ26mm の円筒にモデル化する。解析コードとして

Abaqus R2017 を用い、軸対称要素による弾塑性解析を行った。

解析では、ボルト又はナットの塑性崩壊によって解が収束しなくなるまでボルトの引張力を漸増させることによって、塑性崩壊荷重を決定する。ナットの減肉のモデル化は、①高さのみ減肉、②外径のみ減肉、③高さと外径が同時に減肉、の3通りである。高さと外径の減肉の影響、及び両者の相互作用を調査する。

（倫理面への配慮）

本研究の実施によって、生体及び環境へ影響を及ぼすことは無いので、倫理面への問題は無いと考える。

C. 研究結果

ボルト・ナットのモデルの塑性崩壊では図1に示す3通りの破壊モードが現れる。モード1は、ボルトの遊びねじ部が引張りにより塑性崩壊を起こす場合であり、減肉のない規格ナットでは、このモードが現れる。モード2は、はめ合いねじ部のおねじ側のねじ山にせん断の塑性崩壊が生じ、ストリップングを起こす場合であり、ナット高さが減肉により不足する場合に現れる。モード3は、ナットの座面外周側に圧壊が生じる場合であり、ナット外径が減肉している場合に現れる。

ナット高さ及びナット外径の減肉により、

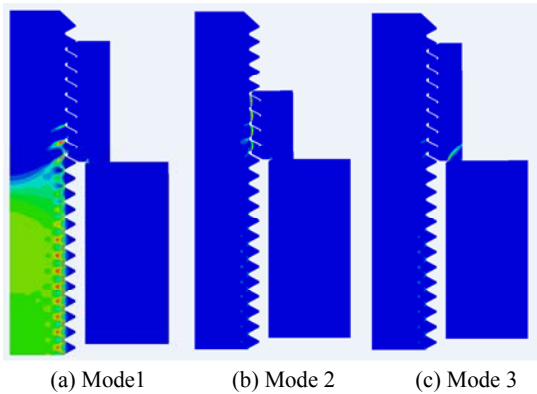


図1 ボルト・ナットの破壊モード

破壊モードが変化する条件をそれぞれ求めた。また、ボルト・ナットが JPI 80A, Class 150 フランジにおいて使用されることを想定してボルト・ナット系の剛性と減肉による剛性低下率を求めた。

D. 考察

減肉のないナットでは、モード1でボルト遊びねじ部が塑性崩壊するように規格が作られている。従って、破壊モードがモード2、またはモード3となる減肉は、ナットが所定の性能を満たしていないと考えれば、許容できない。この判定基準より、ナット高さ 60%、ナット外径 93.65%までの範囲がナットの減肉の許容範囲であることが明らかになった。ナット減肉が高さ 60%、外径 93.65%まで同時に生じている場合、モード1で塑性崩壊するため、高さとお径の減肉の許容範囲には相互作用がない。

また、表1にナットの減肉の許容限界におけるボルト・ナット系の剛性の低下率を

示す。低下率はいずれの場合も 10%未満であり、ボルト締付け力低下など締結性能に及ぼす影響は小さいと予想される。

今後は、ボルト頭部の減肉の許容限界、及びボルト・ナット系の剛性低下が締結性能に及ぼす影響について検討を進める予定である。

E. 結論

ねじ部品の減肉の許容限界を明らかにすることを目的に、ナット減肉に対する非線形有限要素解析を行った。以下に得られた成果を示す。

- (1) ボルト・ナット系の破壊モードは、3種類ある。
- (2) 破壊モードの変化を基準とすると、ナット高さ 60%、ナット外径 93.65%までの範囲がナットの減肉の許容範囲である。
- (3) ナット減肉によるボルト・ナット系の剛性低下率は、たかだか 10%未満である。

F. 健康危険情報

無し

G. 研究発表

1. 論文発表
なし
2. 学会発表

T. Kikuchi, H. Tsuji, D. Tsurumi, R. Zhou: Effects of Nut thinning due to Corrosion on the Sealing Performance in Bolted Flange Joints under Internal Pressure, ASME PVP 2017 Conference, PVP2017-65160, 2017.

表1 ボルト・ナット系の剛性の比較

ナット高さ	ナット外径	締付け長さ [mm]	伸び [mm]	剛性 [kN/ μ m]	剛性低下率
100%	100%	25.0658	0.0658	0.707	-
60%	100%	25.0703	0.0703	0.662	6.8%
100%	93.65%	25.0674	0.0674	0.690	2.4%
60%	93.65%	25.0709	0.0709	0.656	7.8%

H. 知的財産権の出願・登録状況(予定を含む)

1. 特許取得
無し
2. 実用新案登録
無し
3. その他
無し