D22 ねじ山高さの漸減による応力集中の緩和効果におけるナットの最適位置の検討

Most Suitable Position of the Nut to Reduce Stress Concentration in Crest-cut-off Threads

○学 久原 昌浩 (九工大院) 正 肖 陽 (九工大院) 正 野田 尚昭 (九工大)

Masahiro KUHARA, Graduate Student, Kyushu Institute of Technology, 1-1 Sensui-cho, Tobata-ku, Kitakyushu-shi, Fukuoka
 Yang XIAO, Graduate Student, Kyushu Institute of Technology, 1-1 Sensui-cho, Tobata-ku, Kitakyushu-shi, Fukuoka
 Nao-Aki NODA, Kyushu Institute of Technology, 1-1 Sensui-cho, Tobata-ku, Kitakyushu-shi, Fukuoka

Key Words : Finite Element Method, Stress Concentration, Stress relaxation, Machine Element, Fixing Element

1. 結 言

一般にボルトとナットで構成されるねじ締結体においてはナット座面に近いボルトのねじ谷底で応力集中がピークとなることが知られている。この応力集中がねじ締結体の強度上の問題となっており、その対策としてボルト又はナットの形状を変更することにより応力集中を緩和させることが試みられている。これに対して、西田はねじ締結体のねじ山高さを漸減させるという方法を提案している。しかしながら、この方法はねじ山高さを漸減することによってナット締結位置が制限されることになる。このナット締結位置については経験的に定められたものであり、詳細な検討はされていなかった。本研究では、ねじ山高さを漸減させる方法のさらなる有効利用を目指すため、ねじ山高さを漸減させたねじ締結体を有限要素法によって解析し、ナット締結位置について検討を行った。

2. 解 析 方 法

ねじ締結体の応力評価をFEM軸対称解析によって行う。解析対象はM12のボルト・ナットによって内径13mm、外径50mm、厚さ35mmの円筒形被締結物を締結する場合である。ボルト・ナットのねじ部については寸法公差の中央値となるように作成した。はめあいねじ部のねじ山数は8ピッチとし、遊びねじ部のねじ山数は3ピッチとした。ボルト、ナット、被締結物は、ヤング率205GPa、ポアソン比0.3の弾性体とし、各接触面における摩擦係数は0.15とした。

Fig.1 Outline of Design

ねじ山高さの漸減については提案されている設計思想に基づいて設計した。図1はボルトのねじ山高さを漸減させた場合の概略図であり、図中にはそれぞれのねじ山に場所を指定する番号をつけている。ねじ山漸減の勾配は6/100とし、はめあいねじ部のうちねじ山漸減部分は5ピッチ、残りの部分は通常のねじ山高さとなるようにして3ピッチとした。ボルトの不完全ねじ部から円筒部にかけてはゆるやかな円弧($R=10$)でつないでいる。図2に有限要素に分割した(a)軸対称モデルと(b)三次元モデルを示す。ねじ締結体に締結力を与える際の境界条件は、軸対称モデルでは被締結物のボルトヘッド側の面を固定し、ボルトヘッド部に軸方向強制変位を与えた。三次元モデルでは、ボルトヘッド部を被締結物と固着した上で固定し、ナットを回転させた。与える締結力は40kNとした。

Bottom area completely constrained

Bolt edge subjected to axial displacement

(a) Axi-symmetric model

(b) Three-dimensional model

Fig.2 Axi-symmetric and Three-dimensional finite element model

Fig. 3 Stress concentration factor K_t in crest-cut-off thread

3. 解析結果

3・1 応力集中の緩和効果 ねじ締結体におけるボルトねじ谷底の応力集中の指標として応力集中係数 K_t を定義した。 K_t はボルト谷底の最大接線方向応力 σ_t を基準引張り応力 σ_n で除して定めた値で、基準引張り応力 σ_n とはボルト軸力をボルトねじ谷底断面積で除した値である。図3にねじ番号と応力集中係数 K_t の関係を示す。ねじ締結体の通常のねじ山高さの場合では第一ねじ山谷底で最も大きい応力集中が発生している。これに比べて、ボルトのねじ山高さを漸減した場合では最大の応力集中がおよそ 8%低減しており、応力集中の緩和効果が認められる。一方、ボルト単体の引張りの場合では、ねじ山高さに関わらずはめあいねじ部における応力集中は一定となっている。このことから応力集中の緩和効果の主な要因は、ねじ谷底における曲げの応力集中の緩和であると考えられる。図4は(a)軸対称解析と(b)三次元解析による各ねじ山が負担する荷重と締結力との比を表しているが、ねじ山高さを漸減した場合、第1ねじ山が負担する荷重が低下していることから曲げによる応力集中が緩和されることがわかる。

3・2 ナット締結位置の検討 応力集中係数 K_t の最大値とナット位置との関係を図5に示す。ナット位置は 3.1 のナット位置をナット位置0とし、その位置からナット座面側に1ピッチ寄せた位置をナット位置-1と定め、ナット頂面側に1ピッチ寄せた位置をナット位置+1と定めている。ナット位置を座面側に寄せると応力集中係数 K_t の最大値が低減し、ナット位置を頂面側に寄せると応力集中係数 K_t の最大値が増加した。すなわち、ナット位置をナット座面側に寄せることによって応力集中の緩和効果が増すことが認められた。このことから、ねじ山高さの漸減による応力集中の緩和効果を高めるためには、ナット締結位置は可能な限りより座面側にすることが必要と考えられる。

(a) Axi-symmetric model

(b) Three-dimensional model

Fig. 4 Load share rate of mated threads

Fig. 5 Relation between maximum stress concentration factor and nut position