

210 FRPボルト締結体のリラクゼーションに及ぼす締結条件の影響

○室蘭工大 齊当 建一 昭和電工 石岡 昌瑞

要 旨

FRP製ボルト締結体の締付け力の低下(リラクゼーション)に及ぼす結合部の設計条件の影響を明らかにするため、被締結体の圧縮ばね定数、締付け長さの効果を実験的に検討すると共に、この現象を予測するため、ボルト材料をクリープ特性から得た粘弾性モデルで表してFEM解析を行い、実験結果と比較している。

1. 緒言

ねじの締結性能の重要な条件のひとつに、締付け力の安定性があげられるが、FRP材料の構成素材である母材が常温でもクリープ挙動を示すことから、FRP製のねじにおいても締付け力の低下(リラクゼーション)が予想される。したがって、FRPねじを使用する場合はその締結条件におけるリラクゼーションを設計段階で予測する方法や、リラクゼーションの少ない締結部を設計するための指針を確立する必要がある。

過去のプラスチックねじの締結力緩和に関する研究においては、弾性-粘弾性の対応原理¹⁾を適用したリラクゼーションの予測法を提案した²⁾が、この方法では高い応力でのねじ材料の構成式の非線形性や複雑なねじ形状を考慮できないなどの制約がある。

そこで、本研究ではFRP製ボルト-ナット締結体について、粘弾性有限要素法を用いて、緩和の予測を行った。

2. リラクゼーションの解析

FRPボルト締結体の解析モデルは図1のような8個のユニットにより構成し、要素は軸対称、三角形一定要素(要素内で応力、ひずみは一定)を用いる。六角ボルトおよびナットの頭部の形状は、その六角形の断面積に等しい円に近似する。また、本研究に用いたFRPボルトは全ねじであるが、要素数の節減上、ボルトの遊びねじ部(座面間)は有効断面積に相当する円柱に近似する。

また、被締結体は同図に示すように上下対称の2つのユニットに分け、 $t=0$ において、ユニット境界の一方にボルトの引張り方向の荷重(軸力)を与え、他方をz方向のみ拘束する。初期締付け後($t>0$)の粘弾性解析は時間増分 Δt 毎に軸力変化量を計算する³⁾。

3. ボルト締結体のリラクゼーション実験および解析結果との比較

リラクゼーション実験の試料にはFRPボルト(M

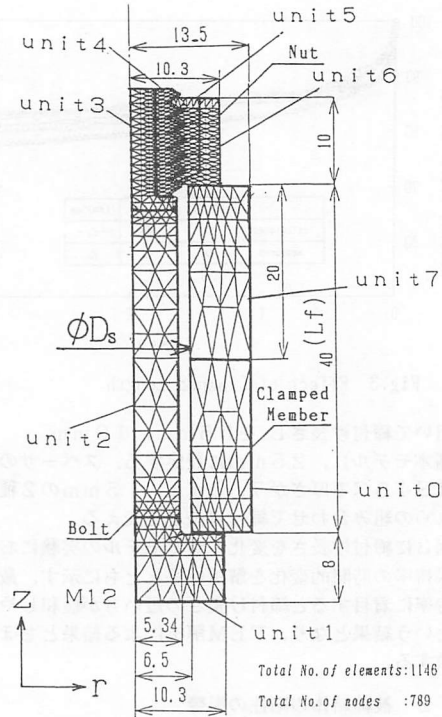


Fig.1 Joint Model for FEM Analysis

12×70)およびナットを使用し、試験期間は3日間とする。締付け力の時間的変化は被締結体の一部として用いたロードセルから動ひずみ計およびAD変換を介し、所定の時間間隔で計測しパーソナルコンピュータへデータを取り込む。

実験で得られた締付け力 $F(t)$ の初期締付け力 F_0 に対する割合を百分率で表わし、実験における保持率 R_t (%)とする。

3.1 締付け長さの影響

図2に示すように試験用ロードセルおよびスペーサ

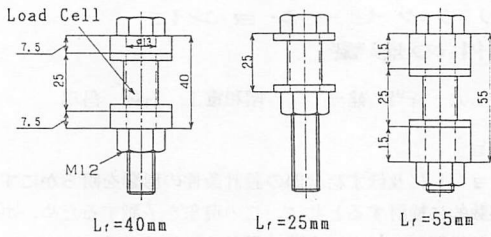


Fig.2 Three Joint Type with Different Glip Length

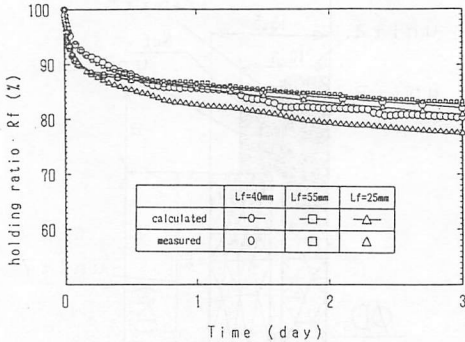


Fig.3 Effect of Clamped Length

を用いて締付け長さ L_r を55mm, 40mm (基本モデル), 25mmに設定する。スペーサの材質はS45Cで厚さが7.5mm, 15mmの2種で、それらの組み合わせで締付け長さを変える。

図3に締付け長さを変化させたモデルの実験における保持率の時間的変化を解析結果とともに示す。最終保持率に着目すると締付け長さの短い方が緩和しやすいという結果となり、FEM解析による結果ともほぼ一致する。

3.2 被締結体の剛性の影響

締付け長さ $L_r=40$ mm, ボルト穴径 $D_s=13$ mm という条件は一定にして, 被締結体の圧縮ばね定数 K のみを低くするために板ばねを用いた2種のモデル

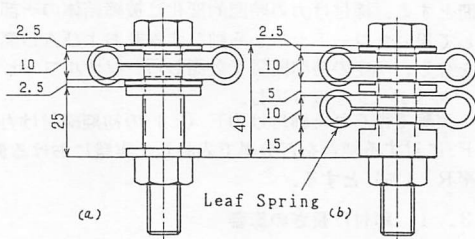


Fig.4 Two Joint Type with Different Compressive Spring Constant

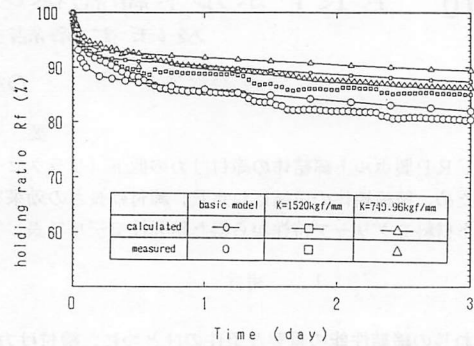


Fig.5 Effect of Compressive Spring Constant of Clamped Member

について実験を行なう。

図4に基本モデルのうち被締結体の圧縮ばね定数を低くした2種類の締結モデルを示す。同図(a)はロードセルに板ばね1枚と治具を組み合わせたものであり, このモデルにおける被締結体のばね定数 K は1520kgf/mmとなる。また同図(b)は板ばね2枚のモデルを示す。これは板ばね2枚と治具を組み合わせたもので, 板ばねの一枚はロードセルとし締付け力の検出を行なう。このモデルのばね定数 K は750kgf/mmである。

図5にそれぞれのモデルにおける保持率の時間的変化を解析結果とともに示す。実験値が解析値をいくらか下回っているが, かなり良く一致する。文献(4)で伸びプッシュの使用を推奨しているのは, 前項3.1の効果と共に K の低減効果をも活用したものと考えられることができる。

4. 結言

- (1) リラクセーションを低減するためには, 被締結体の圧縮ばね定数を小さく, また締付け長さを長くすることが有効である。
- (2) ねじ材料を粘弾性にモデリングしたFEM解析によって緩和の過程をかなり良く予測できる。

参考文献

- 1) W.Flügge: Viscoelasticity, Springer Verlag, New York, Heidelberg & Berlin(1975)176
- 2) 齊当, 大川: 精密機械, 50,11(1984)1777
- 3) 例えば, 鷲津 久一郎, 他: 有限要素法ハンドブック, 培風館(1983)
- 4) R.Krüdener: Neue Möglichkeiten für größere Schrauben und Gewindezugstäbe, PLAST-VERARBEITER, 40,3(1989)60.