

腐食した高力ボルト継手の残存軸力に関する解析的検討

神戸大学大学院工学研究科 学生員 ○二宮 僚
神戸大学大学院工学研究科 正会員 橋本国太郎

1. 研究背景および目的

高力ボルト摩擦接合継手は鋼構造物の接合部に多く用いられているが、近年、腐食劣化が問題となっている。これまで、高力ボルト摩擦接合継手の力学性能に関しては多くの研究がなされてきたが、その腐食劣化に関する研究はほとんど行われていない。腐食劣化に関して、ボルト接合部のヘッド部もしくはナット部などの部材要素が突出している部位では、塗装が剥がれやすく、腐食が進行している事例が多くみられる。図-1 にその例を示す。既往の研究から、平均腐食減肉量による残存軸力評価では、腐食形状の違いで残存軸力の誤差が大きくなることが分かっている。そこで本研究では、ボルトヘッドおよびナット部の腐食減肉形状がボルト軸力に与える影響を解析的に検討する。

2. 解析モデル

有限要素解析コード ABAQUS を用いて図-2 のような継手のモデル化を行った。M22 のボルト中央部にボルト荷重を与え、軸力 205kN を導入した。ねじ部は螺旋状ではなく輪状の簡易なモデルとしている。ボルト、ナットおよび座金を介する境界面の摩擦係数は 0.15、母板-連結板間の摩擦係数は 0.45 としている。減肉の際は簡単のため、ボルトヘッドおよびナットの形状を六角ではなく円形に変更し解析を行う。その際の影響については、ヘッド部とナット部には座金との接触面において円形の緩衝板が付属しており、六角から円形への変更では接触面の形状には影響を及ぼさないことや、軸力に関しても円形ボルトと六角ボルトの誤差が約 0.8%と非常に小さいことから、円形ボルトへの変更に伴う影響は無視できると判断した。ボルトヘッドおよびナットの腐食減肉形状について、それぞれ幅方向に関しては図-3 に一例を示すように平均減肉量 1mm~6mm における、一様型、砂時計型、台形型、逆台形型の 4 パターンで比較している。高さ方向に関しては一様型でのみ解析を行っている。

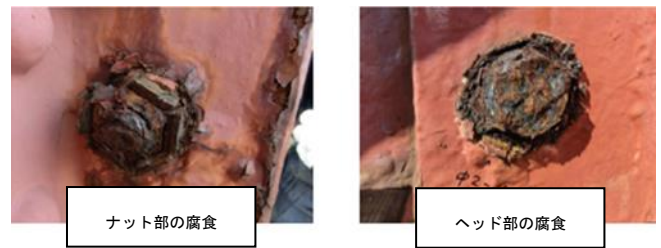


図-1 高力ボルトの腐食例

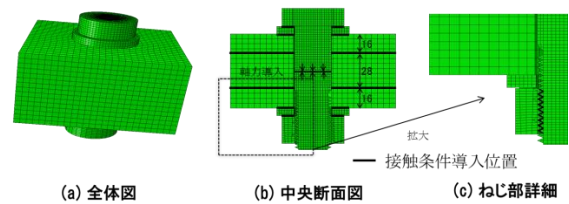


図-2 解析モデル

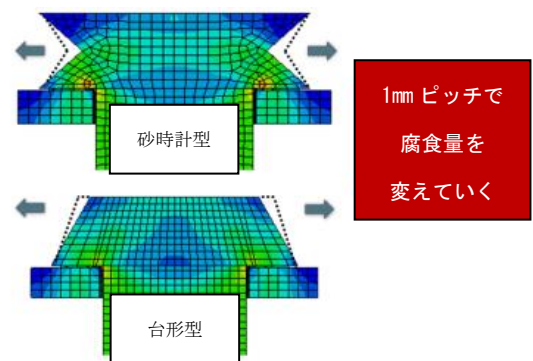


図-3 切削モデルの一例

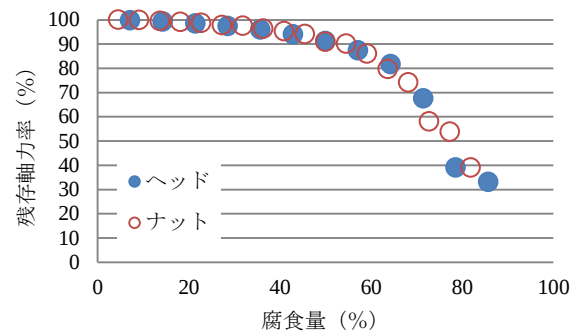


図-4 ボルトヘッドおよびナットの
高さ方向腐食解析結果

3. 解析結果

図-4 にはボルトヘッドおよびナットの高さ方向の腐食を想定した場合の残存軸力率を示している。ボルトヘッドおよびナットのどちらの場合も腐食量が残存軸力に与える影響は同程度であることが分かる。また、ど

キーワード：高力ボルト、腐食、残存軸力

連絡先：〒657-8501 神戸市灘区六甲台町 1-1 神戸大学大学院工学研究科市民工学専攻 TEL：078-803-6011

ちらも腐食量 50%程度で残存軸力率が約 90%と、両端側が軸力に与える影響は小さいことが推測される。

次に図-5 および図-6 には、幅方向の腐食減肉形状と残存軸力率との関係を示している。平均腐食量は同じでも、特に逆台形型の場合、残存軸力率が一様型よりもかなり小さくなっていることが分かる。加えて全体的にナット幅方向の腐食の方が、ヘッド幅方向の腐食よりも、軸力に及ぼす影響は大きいことが分かる。以上から、ナットの座金近傍部が軸力に大きく影響を及ぼしていると推測できる。そこで図-7 ではナット端部から座金部までの距離により腐食量に係数をかけ合わせたもので比較を行った。その結果すべての腐食形状で概ね一様型と近い値となった。その腐食量'は以下の式(*)で求めている。

$$\text{腐食量}'\delta = \frac{\sum_{n=1}^h n \cdot \delta_n}{\sum_{n=1}^h n} \quad \dots (*)$$

h : ナット高さ (本モデルでは 22mm)
n : ナット端部から座金部までの距離 (mm)
 δ_n : n における腐食幅 (mm)

4. まとめ

本研究では、高力ボルトおよびナットの腐食形状・腐食減肉量が残存軸力に及ぼす影響について簡易的に評価することを目的として解析を行っている。

本解析より得られた結果を要約すると以下の通りである。

- ・高さ方向の腐食減肉パターンでは、ボルトヘッドとナットにおける軸力への影響の差異はほとんど見られなかった。
- ・幅方向の腐食減肉パターンでは、ボルトヘッド・ナットともに座金部に近づくほど腐食減肉した際の軸力へ与える影響が大きくなり、特にナット部の方がその影響が顕著であることが示された。
- ・ナット部の腐食減肉形状を把握することで、ボルトの残存軸力を簡易的に評価できる可能性がある。

参考文献：

- 1) 下里哲弘他, 腐食劣化した高力ボルトの残存軸力評価に関する研究, 構造工学論文集, Vol.59A, pp.725-735, 2013.3.
- 2) 橋本国太郎他, 腐食した高力ボルト摩擦接合継手の残存ボルト軸力に関する一考察, 鋼構造年次論文報告集, Vol.21, pp.158-164, 2013.11.
- 3) 坂田鷹起他, 腐食環境の鉄道橋に用いられた高力ボルトの残存軸力調査, 土木学会第 70 回年次学術講演会, I-509, pp.1017-1018, 2015.9.

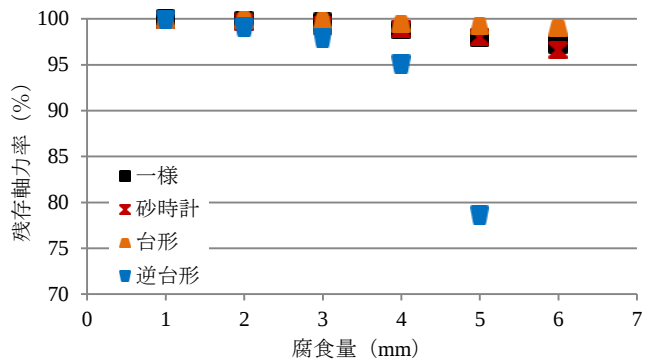


図-5 残存軸力率とボルトヘッド幅方向腐食量

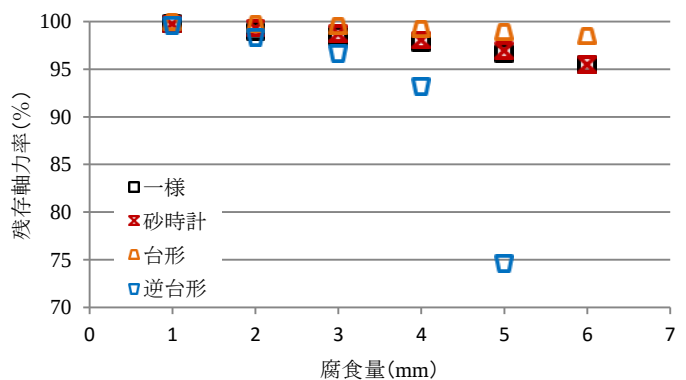


図-6 残存軸力率とナット幅方向腐食量

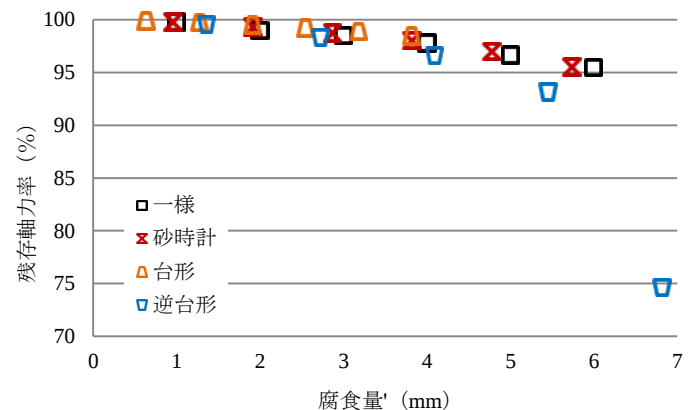


図-7 腐食位置を考慮した残存軸力率と腐食量'