

高力ボルトの腐食形状が残存軸力に及ぼす影響

JR 西日本 正会員 ○坂田 鷹起
 JR 西日本 正会員 和田 直樹
 JR 西日本 正会員 木村 元哉

1. はじめに

腐食環境下で使用されている高力ボルトにおいて、ボルト頭部やナットが腐食減肉することがある。既往の研究では、実橋から採取したボルトの腐食減肉量と残存軸力について調査し、FEM 解析と比較した事例¹⁾や、人工的にボルト頭部を切削し、減肉量と残存軸力について実験的に検討した事例²⁾があるが、ナットの腐食減肉形状と残存軸力に着目した研究事例は少ない。本稿では、実橋において腐食減肉が進行した高力ボルトを採取し、ナットの腐食減肉位置と残存軸力について調査した。併せて、腐食を模擬した人工的な切削試験（以下、人工減肉試験）により腐食減肉形状と残存軸力について検証した。

2. 実橋から採取した高力ボルトの残存軸力調査

2.1 調査対象ボルト

対象橋梁は 1986 年に架設された上路プレートガーダーで、海岸線から約 20m の位置に架設されている。写真-1 に高力ボルトの採取位置を示す。高力ボルトは対傾構、下横構に使用された高力ボルト F10T (M22) である。

高力ボルトの抜き取り本数は 30 本で、ナットの腐食減肉量の違いによる比較ができるようにバランスよく採取した。採取したナットの表面のさびはケレンハンマ、ワイヤブラシ、除錆剤を用いて除去した。



写真-1 ボルト採取位置

2.2 残存軸力および腐食量の測定方法

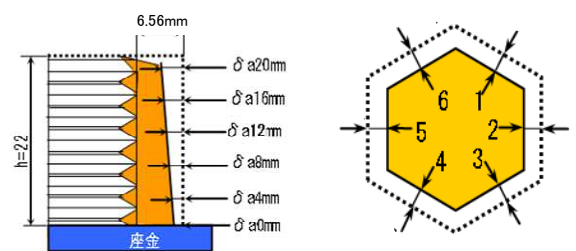
調査は、残存軸力、ナット腐食量の測定の順に行った。

(1) 残存軸力の測定

残存軸力の測定には、ボルト頭部中央に 2 軸ひずみゲージを貼り付ける方法を用いた。現地においてナット緩開前後のボルト頭部のひずみを測定した後、ナット緩開に伴うひずみ値に相当する軸力を引張試験機で負荷することで推定した。

(2) 腐食形状の測定

腐食形状の測定位置は、既往の研究¹⁾を参考にし、座金面から 4mm ピッチで測定し、各断面の対辺平均腐食減肉量を算出した。図-1 にナット頭部の腐食減肉量の測定例を示す。



$$\delta_{a0mm_{ave}} = \frac{\delta_{a0mm_1} + \dots + \delta_{a0mm_6}}{6}$$

$$\text{対辺平均腐食減肉量} = 2 \times \delta_{a0mm_{ave}}$$

図-1 腐食減肉量の測定例

2.3 調査結果

図-2 に座金面から 0mm 位置での腐食減肉量と軸力残存率の関係を示す。なお、軸力残存率とは、架設時に所定の軸力 (205kN) が与えられていると仮定し、所定軸力と残存軸力との比率を示したものである。これより、腐食減肉量の増加に伴い軸力残存率の低下が確認でき、直線近似した時の相関係数は 0.722 であった。なお、座金面から距離の異なる他の測定位置において同様に求めた相関係数を表-1 に示す。座金近傍ほど軸力残存率と高い相関がみられることが分かった。

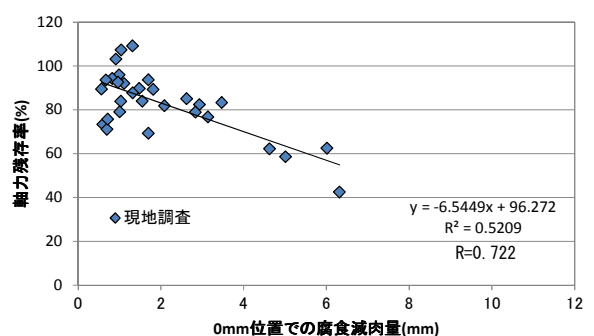


図-2 軸力残存率と腐食減肉量の関係

次に、図-3 に図-2 のうち腐食減肉量が①0mm～2mm 未満、②2mm 以上～4mm 未満、③4mm 以上の平均腐食減肉形状を示す。②、③についてはナット中央部が大きく減肉していた。

キーワード 高力ボルト, 腐食, 残存軸力, 鉄道橋

連絡先 〒532-0011 大阪府大阪市淀川区西中島 5-4-20 JR 西日本 構造技術室 TEL 06-6305-3442

③の腐食減肉形状については腐食がねじ部まで貫通し、そこから腐食が広がるように進行したため、いびつな腐食減肉形状となったと考えられる。

3. ナット人工減肉試験

3.1 試験概要

人工的にナット側面を切削することにより、腐食による減肉を模擬し、減肉形状と残存軸力に関する試験を行った。試験体は、実橋で採取したボルトと同様の F10T M22×75 を用いた。締付け鋼板は SS400, 100×100×32, ボルト孔φ24.5mm とした。試験体には、設計軸力である 205(kN)を初期軸力として導入した。

3.2 試験方法

試験体は図-4 に示すように、六角面を平行に切削するパターンと、六角面に対して 7° のテーパを付け台形状に切削する 2 パターンを各 3 本行った。1 回の切削量は対辺切削量が 1mm になるように対辺を同量に切削した。切削方法は縦型マシニングセンターを用いて、エンドミル切削工具による水冷切削とした(写真-2)。

3.3 試験結果

ナット上下端の対辺切削量と軸力残存率の関係を図-5 に示す。これより、ボルト軸力はナット上端の減肉量にほとんど関係なく、ナット下端の減肉量によって低減するものと考えられる。

4. 現地調査とナット人工減肉試験の比較

3.3 より、ナットの腐食減肉量と軸力残存率は曲線近似できると考えられる。図-6 に現地調査結果に人工減肉試験で求めた近似曲線を示す。リラクゼーションによる初期導入軸力の低下を 15%, 施工時の導入軸力のバラツキを±10%と仮定した。図より現地調査の結果はおおよそ近似曲線内に収まることがわかる。

5. まとめ

- 1) 実橋から採取した高力ボルトの残存軸力の調査結果から、ナット座金付近での減肉量と軸力残存率との相関が高く、人工減肉試験からも同様の結果を得た。
- 2) 今回採取したナットの腐食減肉状態から、腐食による減肉は均一に起こらず、ナット上端部から腐食していき、ナット中央部が大きく腐食していく傾向がみられた。
- 3) 比較的腐食減肉量が少ないものでも軸力残存率にバラツキがみられた。また、座金近傍の対辺減肉量が6mm程度になると、軸力残存率が40～60%まで減少していた。

参考文献

- 1) 下里他：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 (2013 年 3 月)
- 2) 橋本他：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 (2013 年 11 月)

表-1 測定位置と軸力残存率との相関係数

測定位置	相関係数
0mm	0.722
4mm	0.644
8mm	0.412
12mm	0.319
16mm	0.478
20mm	0.357

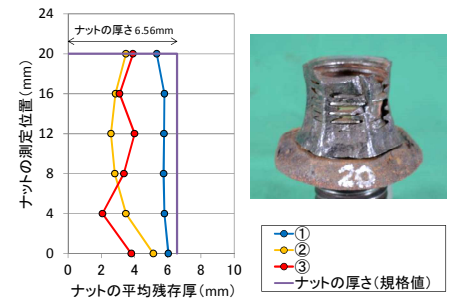


図-3 ナットの腐食減肉形状

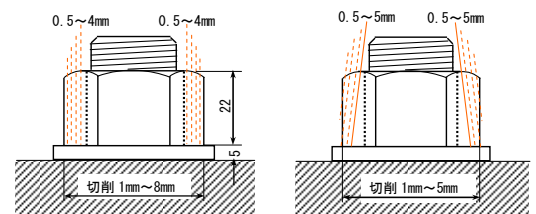


図-4 ナットの切削パターン



写真-2 切削状況

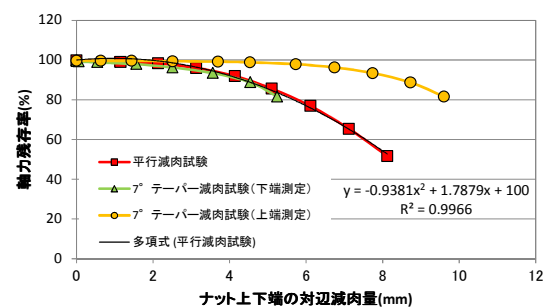


図-5 軸力残存率とナット上下端の平均減肉量の関係

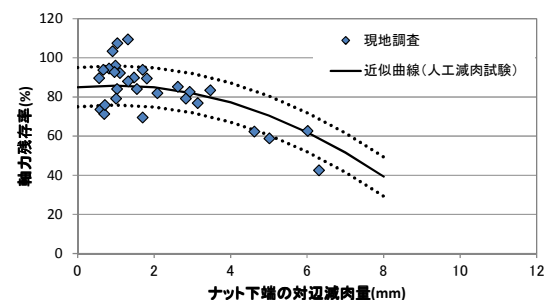


図-6 現地調査とナット人工減肉試験との比較