

## 腐食した高力ボルトの残存軸力に関する研究

中電技術コンサルタント(株)

正会員

○佐竹 亮一

広島大学大学院

フェロー会員

藤井 堅

### 1. はじめに

高力ボルト接合による力の伝達方式は、摩擦接合、支圧接合、引張接合の3種類あり、鋼構造物の継手部の多くには摩擦接合が採用されている。摩擦接合は、高力ボルトで母材と添接板を締付け、接触面間の摩擦抵抗によって力を伝達させている。高力ボルトの締付け軸力が低下すると、摩擦抵抗が低下し、継手部の力の伝達能力が損なわれるため、高力ボルトの軸力の管理は重要だといえる。また、高力ボルト継手はボルト頭部やナット部が突出した形状をしているため、塗装被膜を確保しづらく、腐食しやすい箇所である。腐食によるボルト頭部やナット部の腐食減肉は、軸力低下に大きく影響する<sup>1)</sup>。

従来、残存軸力に関する検討は高力ボルト幅方向の減肉量のみであり、本研究では腐食した高力ボルト摩擦接合の残存耐荷力評価のために、高力ボルト頭部を切削して減肉させた場合のボルトの残存軸力とボルトの腐食状態との関係を解析・実験的に検討し、ボルト頭部が高さ方向に減肉した場合の残存軸力-減肉量関係について検討した。

### 2. 実験的検討

高力ボルト継手の残存軸力の測定方法の一つに、ひずみゲージ法がある。この方法は、既存高力ボルトの頭部に2軸のひずみゲージを貼り付け、ナットを緩めて軸力を解放した際の解放ひずみを記録する。そして同じボルトを軸力計を用いて頭部のひずみの変化量が解放ひずみと等しくなるまで軸力の導入を行い、残存軸力を推定する。

本研究では、腐食量をパラメータとするために、図1に示すように高力ボルト頭部を一樣に減肉させた新材高力ボルトを対象に検討した。実験は、新材高力ボルトに初期軸力を導入し、その状態で高力ボルト頭部を切削により一樣減肉させ、ひずみゲージを貼り付けたのちにナットを緩めて軸力を解放し、解放ひずみを計測する。つぎに、軸力計により残存軸力を推定した。実験結果を表1に示す。

### 3. 解析的検討

高力ボルト頭部が高さ方向と幅方向に減肉する場合の軸力低下を解析的に検討する。

解析コードは汎用構造解析コードABAQUSを用いた。解析モデルを図2に示す。本検討では、M22高力ボルト

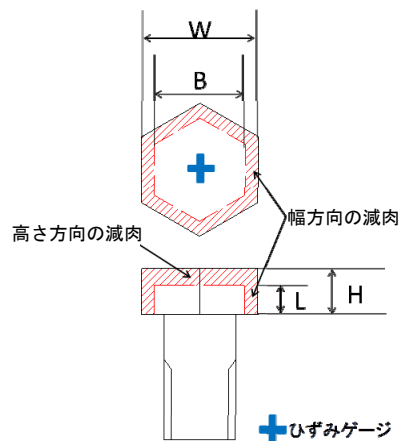


図1 供試体概要

表1 実験結果

| ボルト<br>頭部減肉量 | 解放時<br>ひずみ<br>( $\mu\epsilon$ ) | 引張試験         |
|--------------|---------------------------------|--------------|
|              |                                 | 推定軸力<br>(kN) |
| 高さ 4mm       | 2147                            | 188.4        |
| 高さ 8mm       | 2352                            | 150.6        |
| 幅 4mm        | 1344                            | 197.1        |
| 幅 8mm        | 811                             | 164.4        |

キーワード 高力ボルト, 残存軸力, FEM 解析

連絡先 〒734-8510 広島県広島市南区出汐二丁目3番30号 TEL 082-256-3496

頭部を半径  $r=18\text{mm}$  の円形と簡易に仮定してモデル化を行った。高力ボルト、座金、母材の材料特性は公称値を用い、降伏応力は高力ボルト、座金は  $900\text{MPa}$ 、母材は  $245\text{MPa}$  とし、弾性係数は  $210\text{GPa}$  とした。ポアソン比は  $0.3$  を用いた。高力ボルト、座金、母材共に軸対称ソリッド要素(CAX4)を使用した。境界条件は図 2 に示す通り、ボルトの左端の  $x$  軸方向と母材下端の  $y$  軸方向を固定し、ボルトの下端に、 $y$  軸方向に強制変位を与えることで初期軸力( $225\text{kN}$ )を導入した。ボルト頭部と座金、座金と母材の境界を接触面と定義し、接触方向の自由度を拘束し、接触面間の摩擦を定義した。本検討では、接触面間の摩擦係数を道路橋示方書の規格値より、 $0.4$  と設定した。ボルトに強制変位を与えた後に、ボルト頭部を高さ方向・幅方向に要素を除去するステップ解析により、応力再配分によるボルトの軸力変化を求めた。軸力は高力ボルト下端の平均応力とボルト軸部の断面積の積により算出した。

解析ケースのうち高力ボルト頭部の幅方向のみ減肉させたケースについて、減肉量と残存軸力割合の関係と、既往の名取ら<sup>1)</sup>の実験結果を図 3 に示す。解析結果は既往の成果と比較して、よい一致を示しており、高力ボルト頭部を円形に仮定した本解析が妥当であることを示している。

高力ボルト頭部の高さ方向にそれぞれ減肉させたケースと実験結果の減肉量と残存軸力割合を図 4 に示す。

#### 4. まとめ

高力ボルトの残存軸力に関する解析的検討について、軸対称要素を用いた簡易なモデル化で精度よく残存軸力を把握することができた。

図 4 より、高力ボルトの残存軸力は、同じ減肉量に対して高さ方向の減肉量の影響が大きいことが分かる。これは、実験結果も同じ傾向であり、維持管理上の着目点として、幅方向に加え、高さ方向についても点検管理する必要があることを示している。

今後の課題として、実際の腐食、すなわち高力ボルト頭部の高さ方向のみならず幅方向にも減肉するような場合の残存軸力の簡易評価法を検討する必要がある。

#### 参考文献

- 1)名取暢, 西川和廣, 村越潤, 大野崇: 鋼橋の腐食事例調査とその分析, 土木学会論文集, No.668/ I -54, 299-311, 2001.1.

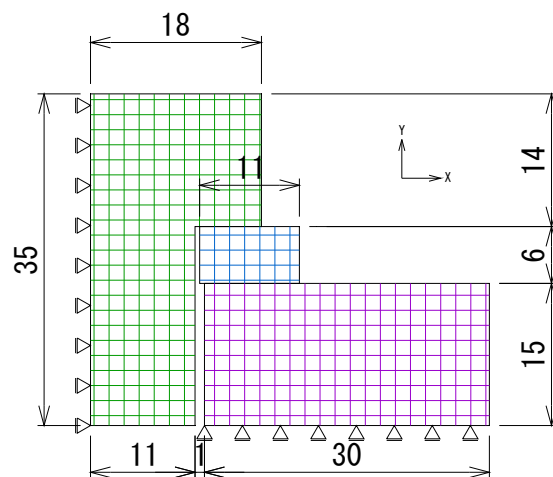


図 2 解析モデル

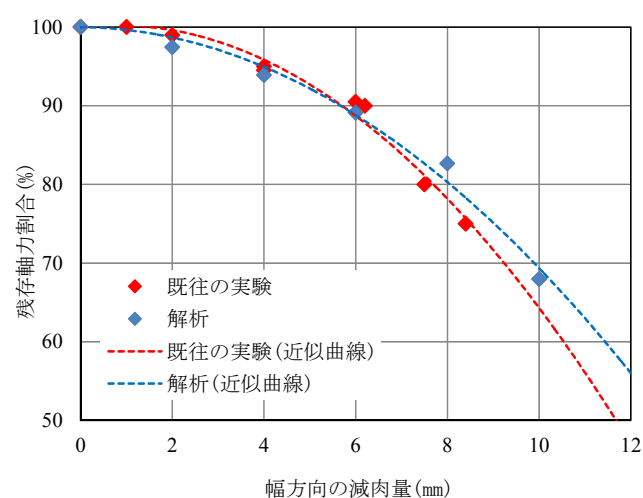


図 3 既往成果との比較(幅方向のみ)

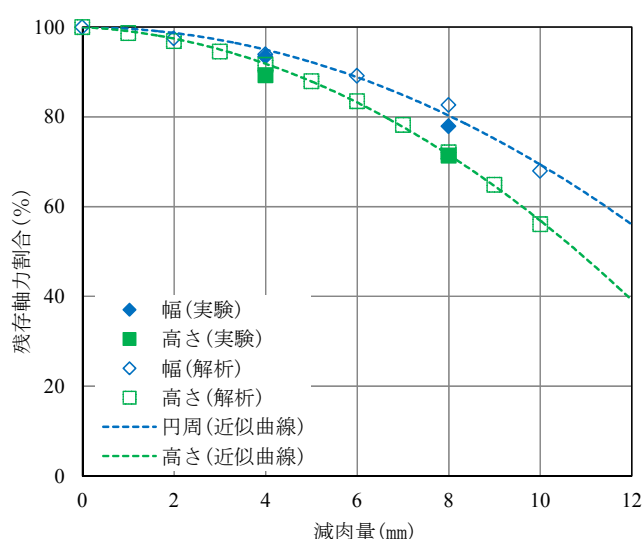


図 4 減肉量と残存軸力の関係