

# 高力ボルトの腐食減肉量と残存軸力評価に関する研究

構造工学研究室 鶴田 滉

## 1. はじめに

図 1.1 に示すように鋼橋の摩擦接合継手部の高力ボルトでは、腐食減肉が著しく生じる場合がある。腐食減肉した高力ボルトは軸力の低下が懸念されており、軸力の低下は摩擦接合継手部の耐荷力に影響を及ぼすためボルトの残存軸力の評価は重要である。

写真 1.1 及び 1.2 に示すような既往研究<sup>1)</sup>において、実腐食高力ボルトの残存軸力が計測されており、そこではボルトの軸力解放時の頭部ひずみ値から軸力の推定が行われている。その際、頭部の高さ方向の減肉量が頭部ひずみに与える影響の検討を行い、補正を行っているが、実際の腐食ボルトでは高さ方向だけでなく、幅方向にも減肉が生じており、軸力の計測精度を高めるためにも、この側面の減肉量の影響も考慮すべきであると考えられる。

そこで本研究では、頭部側面の減肉量が残存軸力の計測に与える影響を明らかにし、側面減肉を考慮した軸力推定式を提案し、より高精度な軸力評価法の提案を行うことを目的としている。



図 1.1 摩擦接合継ぎ手部と腐食減肉した高力六角ボルト



写真 1.1 ひずみゲージ



写真 1.2 コア抜き

ひずみゲージ法による軸力解放時の様子

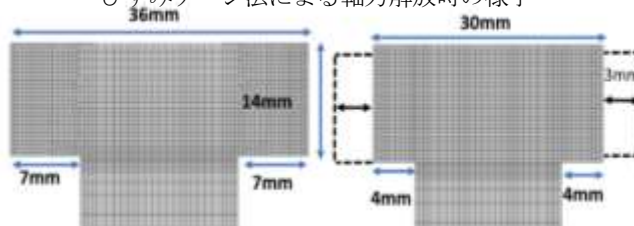


図 2.1 解析モデルと減肉させたモデルの例

$\epsilon=1644$

$\epsilon=1476$

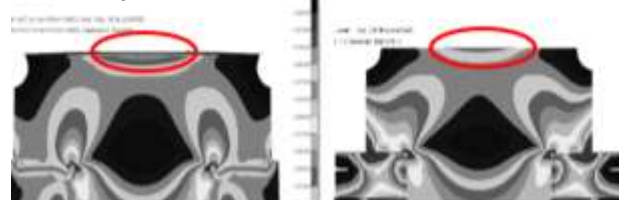


図 2.2 頭部側面減肉時の挙動の違い (左健全時 右減肉時)

## 2. 高力ボルト頭部ひずみに及ぼす側面減肉の影響

頭部側面の減肉が軸力計測に及ぼす影響を検討するために FEM 解析を行った。F10TM22 を再現した解析モデルを図 2.1 に示す。ボルト軸部に設計軸力 205kN を導入し、各部材間は接触を定義している。パラメータはボルト頭部側面及び高さ方向の減肉量とし、頭部高さの減肉量を 0~6mm (1mm 間隔) 及び側面の減肉量 0~4.5mm (0.5mm 間隔) を組み合わせた 54 ケースの解析を行った。

図 2.2 にはボルト頭部の健全時と減肉時を比較したときのものである。健全時に比べ側面減肉時は頭部底面部にて応力集中が確認することを得られた。また図 2.3 には頭部側面減肉量ごとにひずみ値と頭部減肉高さを分けたものでいずれの頭部高さに対しても側面減肉によりひずみ値が低下すると考えられる。この傾向を実験にて調査し軸力推定式の補正を行った結果を次章に示す。

## 3. 側面減肉を考慮した軸力計測補正式の提案

ボルト頭部を人工減肉させた試験体を作成しひずみゲージ法を用いてのキャリブレーションを行った。作成した試験体を表 2.1 に示す。この

表 2.1 作成した試験体

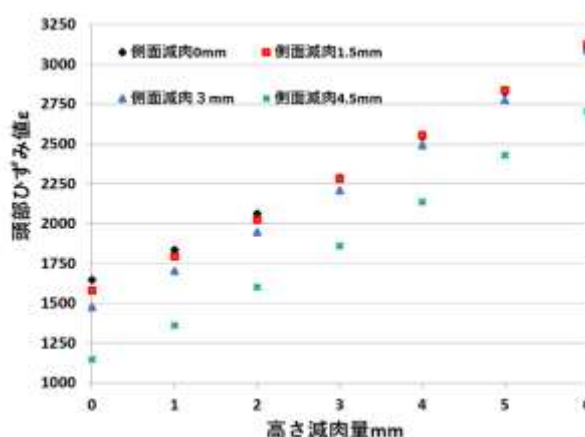
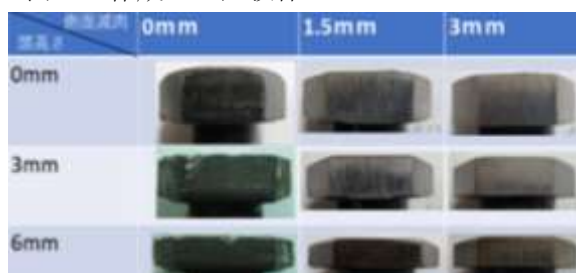


図 2.3 頭部側面減肉量とひずみ値の関係

試験体の側面の減肉量は解析モデルと同様に頭部側面の両面から0mm,1.5mm,3mmと高さ方向に0mm,3mm,6mm減肉させた9ケースの試験体となっている。

作成した試験体にてキャリブレーションを行った結果を図(3.1,2)に示す。解析同様、側面減肉量の増加でひずみ値が1.5mmで0~3%程度、3mmで10%程度低下する傾向が得られた。また解析結果同様いずれの頭部高さに対しても側面減肉は影響しひずみ値が低下する傾向を得られた。これらの計測データを用いてキャリブレーションカーブを作成し、その時の曲線の勾配 S を側面減肉量の増加と比例させた。この曲線の勾配 S をボルト頭部側面の減肉量 $\Delta H_s$ で表した式(式1)

$$S = -0.0052\Delta H_s^2 - 0.0085\Delta H_s + 1$$

$\Delta H$ ボルト頭部側面量(mm)

を新たに算出した。この式を既往研究の軸力補正式に加えた下式(式2)

$$N = (-0.0018\Delta H^2 - 0.025\Delta H + 0.174) \varepsilon S$$

を新たな軸力補正式として算出した。

#### 4. 補正軸力を用いた軸力評価手法の検証

既往研究による軸力評価法と本研究にて提案した軸力評価法を減肉量の異なる3つの腐食ボルトに対して適用した結果を図4.1に示す。手法の違いにより推定値に差が生じ減肉が著しいボルトでは約10%程度残存軸力が低下する傾向を得られた。

式2を用いて推定軸力の評価を行った結果を図4.2に示す。既往研究で計測したB橋のボルト54本に加え、追加計測した2橋のボルト58本(B橋より20本、T橋より28本)を対象に評価を行った。

既往研究<sup>2)</sup>の推定精度に比べ、相関性がわずかではあるが向上する傾向が得られた(0.60→0.62)。また、軸力推定を行うことで、減肉量が著しかったボルトほど推定軸力が低下していることから、既往研究の手法にて安全と評価されていたボルトが危険側の評価であった可能性が確認された。

#### 5. まとめ

本研究にて得られた知見を以下に示す。

- ボルト頭部側面の減肉は軸力計測精度に影響する。
- 頭部側面の減肉量を考慮した軸力推定式を作成した。
- ボルト頭部側面の減肉量による補正を行った軸力推定式を用い残存軸力割合と減肉量の関係性を再評価すると推定軸力が低下し、相関性が向上する傾向が得られた。

#### 参考文献

- 1) 下里哲弘, 田井政行, 長嶺由智, 有住康則, 矢吹哲哉: 実腐食減肉形状を有する摩擦接合用高力六角ボルトの残存軸力特性, 土木学会構造工学論文集, 2016
- 2) M. Tai et al.: Dependence of Residual Axial Force on Bolt Head Thickness and Nut Thickness and Shape for Corroded High-strength Bolts, Journal of Structural Engineering, ASCE (in press)

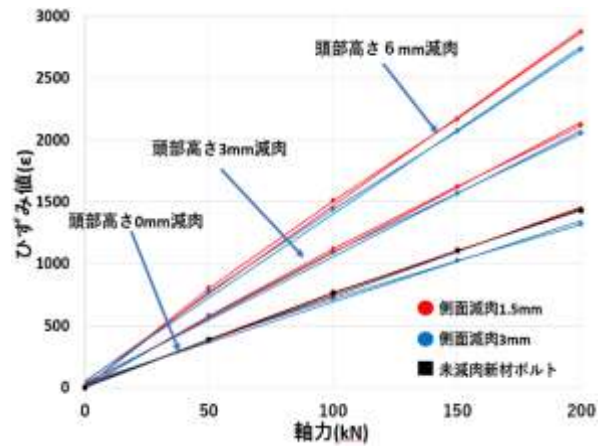


図 3.1 キャリブレーション結果

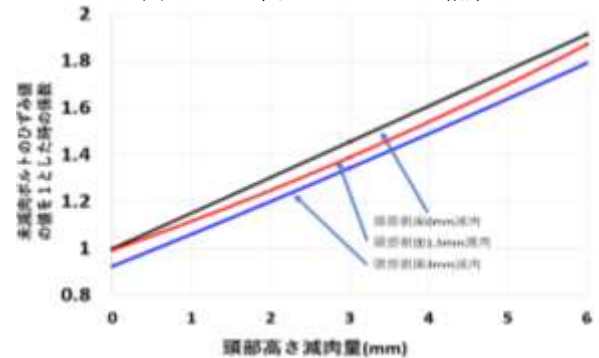


図 3.2 側面減肉量ごとの頭部の影響の傾向

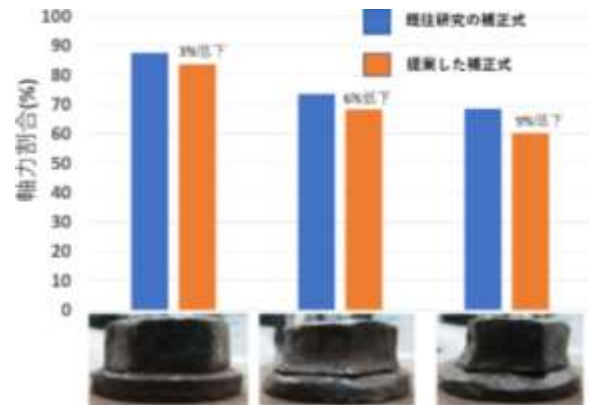


図 4.1 それぞれの手法による推定軸力の違い

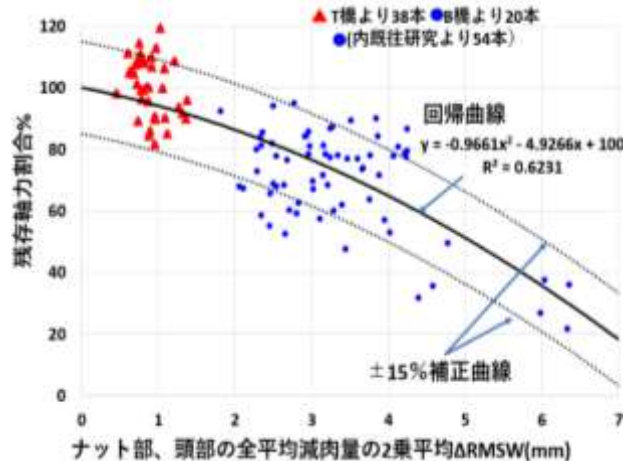


図 4.2 式2を用いて補正した残存軸力と減肉量の関係性