

# 腐食高力ボルトの残存軸力評価に関する実験的研究

構造研究室 大城進太郎

## 1. はじめに

鋼橋において、腐食が生じやすい部分として防錆塗装の塗膜が確保しづらい角部が多く存在するボルト部が挙げられる。腐食に対する適切な鋼橋の維持管理においては、高力ボルト摩擦接合継手の残存耐荷力・耐久性能の評価法の構築が必要である。そこで本研究では、腐食劣化した高力ボルトの残存軸力を腐食が特に激しいナット部の腐食劣化度と残存軸力の相関より、その軸力を推定することを目的とし、各種実験を行った。

## 2. 腐食試験体の劣化度分類

### (1) 腐食試験体

試験体には写真-1 に示すように、腐食した実橋において回収した4行10列のボルト配置された高力ボルト継手部を4体、ボルト総数160本を用いた。試験体を写真-1 に示す。

### (2) 腐食劣化度分類

外観目視による形状分類及びノギスと隙間ゲージを用いた減肉量の計測結果を表-1 に示す<sup>1)</sup>。分類の方法として、形状分類4パターン、減肉量は新材状態からの減少率として3パターンとしてパーセンテージで示している。

## 3. 腐食ボルトの軸力計測法の開発実験

高力ボルトの軸力を推定する方法の1つにひずみゲージ法がある。この方法は軸力を導入あるいは、解放した時にボルト頭部に生じるひずみの値から軸力を求める方法である。しかしながら、腐食劣化した高力ボルトはレンチ等で緩めることが困難であるため、本研究では、写真-2 に示すようにナット部からコア抜きを行い、軸力解放時のひずみから残存軸力を求めるといった実験方法の開発を行った。

### (1) ひずみゲージ法について

導入された軸力とボルト頭部のひずみの関係に着目して、新材ボルトを用いて実験を行った。実験では、ボルト頭部に2軸ひずみゲージを貼り付けた新材ボルトに既知の軸力を導入し、軸力計から得られる値と、ひずみゲージから得られる値を用い、軸力-ひずみのキャリブレーションカーブを算出した。その結果を図-1 の白抜き印で示す。実験では、異なる軸力導入の新材のボルト7本を用いて行った。図-1 より得られたキャリブレーションカーブは、ほぼ線形関係にあり、その勾配0.174を利用し、残存軸力の算出を行った。なお、コア抜きについては施工時の発熱量による影響などを予備実験により確認した。

## 4. 腐食高力ボルトによる残存軸力の推定

### (1) 残存軸力の推定

上記で開発した実験方法を用いて腐食ボルト 53



写真-1 試験体

	一様減肉	逆台形	砂時計	台形
減少率 0-25%	7本	1本	該当なし	該当なし
25-50%	35本	23本	35本	13本
50-75%	8本	該当なし	5本	33本

表-1 腐食試験体の劣化度分類



(a) コア抜き前 (b) コア抜き後  
写真-2 コア抜き作業

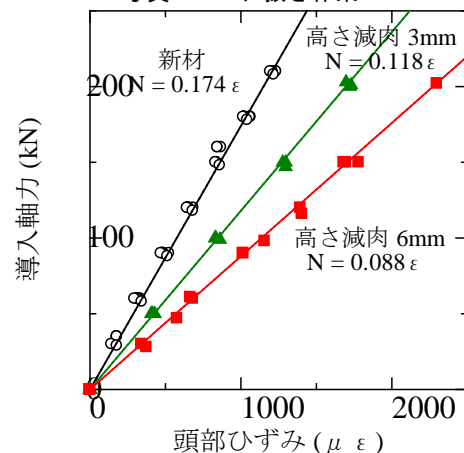


図-1 キャリブレーションカーブ

本を対象に残存軸力の測定を行った。図-2 に得られた残存軸力割合とナット部の平均減肉量との関係を図-2 に示す。ここで、残存軸力割合は初期導

入軸力を 225kN と仮定した場合の推定軸力との割合で示している。また、平均減肉量とは、図-2 に示すように新材状態と腐食減肉後のナット部の幅の差(W-B)を示す。また、グラフに示す人工減肉モデル平均線は既往の研究<sup>2)</sup>で行われたナット部を機械切削により人工減肉した際の残存軸力の変化を示したものである。図-2 より、残存軸力割合が100%を上回る結果を示した。図-2 中で、残存軸力が大幅に増加している試験体に着目すると、ボルト頭部の腐食が著しい傾向にあった。そのため、以降に示す実験を行った。

### (2) ボルト頭部の高さ減肉による影響

写真-4 に示すように、新材ボルト頭部の高さを人工的に減肉させた後、軸力を導入し、軸力値とボルト頭部のひずみを計測した。実験パラメータは3mm、6mmとし、それぞれ3本ずつ実験を行った。その実験結果を図-1中の黒印で示す。図-1より、ボルト頭部の高さ減肉に伴い、軸力-頭部ひずみの勾配が減少していることが分かる。この結果より、式(1)に示すボルト頭部の影響を加味した補正軸力算出式を求めた。腐食試験体の残存軸力推定に適用した。

$$N=(0.0014H^2-0.023H+0.174)\times\varepsilon \quad \text{式(1)}$$

ここで、Nは測定軸力(kN)、Hはボルト頭部の高さ減肉(mm)、 $\varepsilon$ は頭部ひずみ( $\mu\varepsilon$ )を示す。

式(1)を用いて補正した結果を図-3に示す。残存軸力割合において100%を上回る値を示す試験体の数は大幅に減少している。しかし、バラつきが大きく、その傾向はナット部の減肉が少ない試験体に見られる。

### (3) ボルト頭部の側面減肉による補正

ボルト頭部側面の腐食減肉と残存軸力の影響を検討するため、ボルト頭部の減肉量の測定を行った。また、本研究ではナット部及び、ボルト頭部の減肉が残存軸力に及ぼす影響の比率を1:1と仮定し、腐食減肉パラメータを定義し、評価した。その結果を図-4に示す。ここで、腐食減肉量とは、ナット部及びボルト頭部の平均減肉量の和を示している。図より、ナット部及びボルト頭部の減肉量を計測することで、残存軸力を推定することが可能であると言える。

## 5. まとめ

- (1) 実際に腐食劣化した高力ボルトにおいて、ひずみゲージ法及び、コア抜き法を用いた残存軸力推定方法を提案した。
- (2) ひずみゲージ法において、残存軸力を算出する際、ボルト頭部の高さ減肉を考慮する必要がある。
- (3) 腐食劣化した高力ボルトにおいて、ナット部及びボルト頭部の減肉量より、実腐食高力ボルトの残存軸力を推定することが可能である。

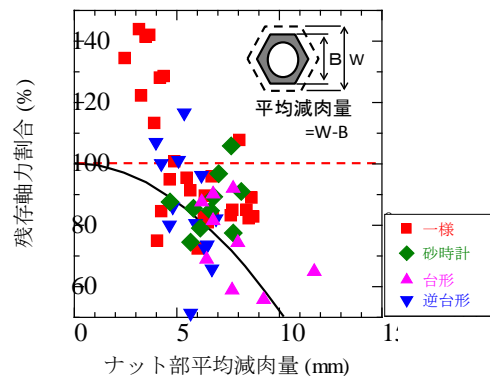


図-2 腐食試験体の残存軸力測定結果



写真-3

写真-4

腐食したボルト頭部

人工減肉した新材ボルト

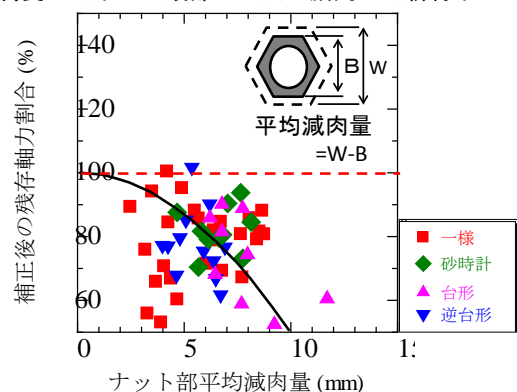


図-3 ボルト頭部の高さ減肉による軸力補正結果

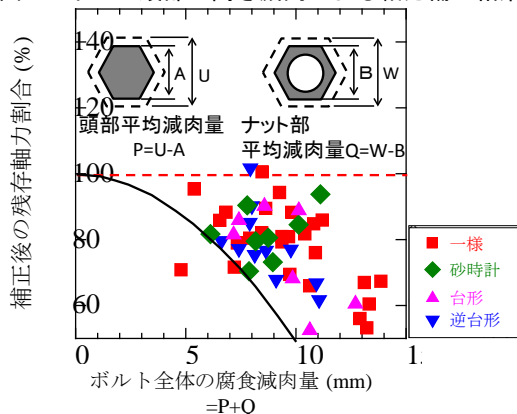


図-4 ボルト頭部の側面減肉考慮した結果

### 参考文献

- 1) 大城進太郎、下里哲弘、有住康則、田井政行、長嶺由智、土木学会西部支部沖縄発表会概要、腐食高力ボルトの残存軸力評価に関する実験的研究 2012
- 2) 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、pp.299-311、2001