

## 片側施工高力ボルトのバルブスリーブの腐食形状が残存軸力に及ぼす影響

本州四国連絡高速道路株式会社 正会員 ○横井 芳輝, 正会員 杉山 剛史, 正会員 平松 直人  
本四高速道路ブリッジエンジニアリング株式会社 小川 和也, 大井 隆生

### 1. はじめに

既設鋼橋の閉断面部材の補修・補強において、構造上の制約や現場条件等から片側施工高力ボルトが採用されることがある<sup>1)</sup>。本四高速(株)が管理する橋梁(3径間連続トラス橋)の耐震補強工事において、薄肉鋼板で構成された主横トラスの下弦材で局部座屈強度を向上させることを目的に補剛材を片側施工高力ボルトにて接合した事例がある(写真-1)。この部材の大部分は外気の流入がない密閉部となるが、既設の添接部周辺は、建設時の現場継手部ボルト施工用のハンドホールや板の突合せ部のすき間等により密閉とならない箇所(非密閉部)も存在する。耐震補強工事完了から約4年後の点検時に、ハンドホールから部材内部を確認したところ、この非密閉部において片側施工高力ボルトのバルブスリーブに腐食が確認された(写真-2)。原因として、現場継手部の板の突合せ部のすき間からの雨水侵入が疑われたため、現在はシール材により防水処理を行っている。

片側施工高力ボルトは、施工時に塑性変形したバルブスリーブとナット間のボルト軸部を引き伸ばすことで軸力が導入するものであることから、バルブスリーブが腐食することでボルト軸力の反力を受け持つ抵抗断面が減少することによりボルト軸力の低下が懸念される。このことから、バルブスリーブの腐食形状が残存軸力に及ぼす影響を確認するため、腐食模擬試験を行うとともに、実際に腐食している片側施工高力ボルトの残存軸力の計測を行った。

### 2. 腐食模擬試験

供試体に用いた締付け鋼板(SS400)の板厚と孔径、使用ボルトは実橋の条件に合わせた。鋼板は既設側鋼材 150mm×90mm×14mm(ボルト孔φ26.0mm)と新設側鋼材 150mm×90mm×12mm(ボルト孔φ26.5mm)の2枚とし、これらを重ねたうえで片側施工高力ボルト MUTF24-30により締付けて接合した。なお、鋼板は供試体の防食のため、プラスト処理 ISO Sa2.5を行い、無機ジンクリッチペイント(35μm)を塗布した。なお、軸力を把握するため片面施工高力ボルトには、コアピン側からひずみゲージを埋め込む加工をしている。

切削は実橋でも腐食が顕著となったスリーブを切削することとし、ディスクグラインダーにより厚さ方向への切削(パターン①)と直径方向への切削(パターン②)の2パターン実施した(図-1)。切削は軸力を確認しながら実施し、残存軸力90%, 70%, 50%を目標として切削した。なお、切削試験は締付けから30日後に開始したが、ボルトのリラクセーションは締付け完了後1週間程度で安定したことを確認している。

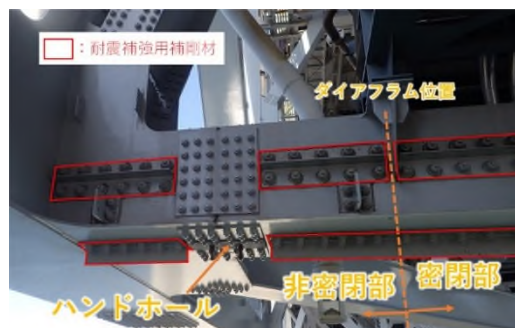


写真-1 耐震補強部材の配置状況



写真-2 バルブスリーブの腐食状況

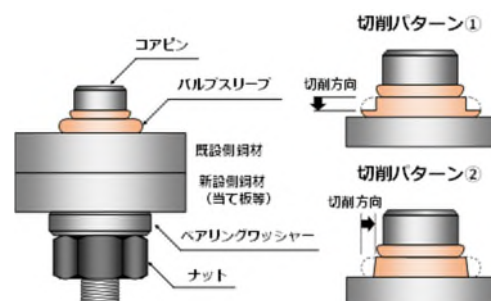


図-1 バルブスリーブの切削パターン

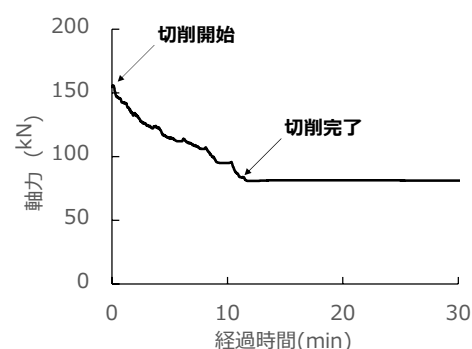


図-2 人工切削作業時の軸力変化

キーワード 片側施工高力ボルト, 腐食, 残存軸力

連絡先 〒651-0088 兵庫県神戸市中央区小野柄通 4-1-22 本州四国連絡高速道路(株) TEL 078-291-1075

図- 2 に、一例としてパターン①の切削作業に伴うボルト軸力の変化を示す。切削作業に伴い軸力が低下している様子が確認できる。図- 3 にパターン①（供試体 10 体）、図- 4 にパターン②（供試体 6 体）における人工減肉量と残存軸力の関係を示す。なお、パターン②における切削後の直径は鋼板と接している位置のバルブスリーブの直径とした。これらから、いずれのパターンにおいても減肉量に比例してボルト軸力が低下していく傾向が得られた。これは、バルブスリーブが減肉することでボルト軸部から受けるボルト軸力の反力に抵抗する断面が減少することによると推察される。また、直径方向の減肉量は、軸力が低下するまでに 1mm 程度の余裕代があることから、腐食により一様に減肉するとすれば、厚さ方向の減肉量に着目すればよいとも考えられる。

3. 腐食した片側施工高力ボルトの残存軸力計測

実橋のバルブスリーブに腐食が確認された片面施工高力ボルトを対象に、ナット部の超音波の透過量を測定する方法を用いて残存軸力の推定を行った。なお、計測時点は施工後 6 年程度経過後であった。測定は箱断面の上下側面の各パネルから 3 本ずつ任意に抽出した計 12 本と、健全と想定される密閉部において 3 本計測した。計測は、防食のために施工していたボルトキャップ及び塗膜を撤去したうえで、ナット対面を 3 箇所測定して平均値を採用した。計測時の様子を写真- 3 に示す。なお、ボルト軸力と超音波透過量の校正曲線は事前に実施した室内試験にて設定したものをを用いた。表- 1 に残存軸力の測定結果を示す。いずれのボルトにおいても設計ボルト軸力である 177kN 以上あることが確認できた。また、健全と想定している密閉部のボルトと同程度の軸力値が得られた。このことから、外観では腐食しているものの現時点ではボルト軸力に大きく影響のある腐食までは至っていないと考えられる。

4. まとめ

片側施工高力ボルトを対象に、バルブスリーブを人工的に切削することにより、腐食による減肉を模擬し、腐食形状と残存軸力の関係を調査するとともに、実橋においてバルブスリーブが腐食しているボルトの残存軸力を測定した。得られた結果を以下に示す。

- 1) バルブスリーブの減肉に従い、ボルト軸力が低下することを確認した。このことからバルブスリーブの腐食の進行に伴い、導入軸力が低下することが考えられる。
- 2) 軸力低下はバルブスリーブの直径と厚さの減少量と比例関係があることが確認できた。
- 3) 実橋において、片面施工高力ボルトのナット部の超音波の透過量から残存軸力を測定できた。その結果、現時点において軸力に影響のある腐食までは至っていないことを確認した。

今回確認した変状から、箱部材内部であっても密閉されていない環境では、本橋梁で用いた片面施工高力ボルトのバルブスリーブは腐食するといえる。このため、今回の調査結果を踏まえて、同様に密閉部とならない箇所に用いられた片側施工高力ボルトの点検・診断、補修方法等について検討を進めていく予定である。

参考文献

1) 土木学会編：補修・補強のための高力ボルト摩擦接合技術-当て板補修・補強の最新技術-，鋼構造シリーズ 37，土木学会，2021。

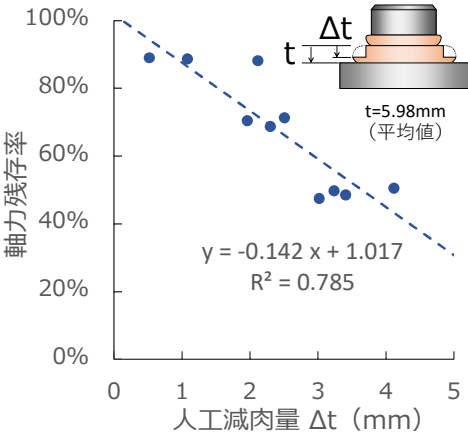


図- 3 減肉量（厚さ）と残存軸力

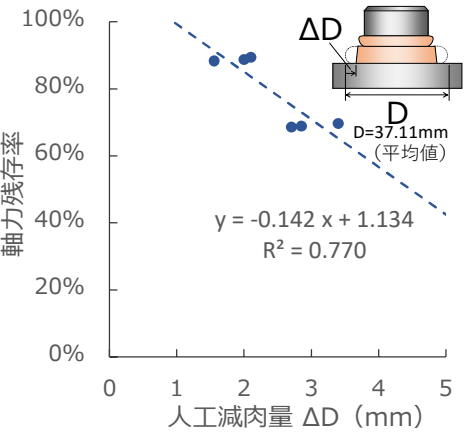


図- 4 減肉量（直径）と残存軸力



写真- 3 ボルト軸力測定状況

表- 1 残存軸力測定結果

単位：kN

| No. | 非密閉部（腐食有） |       |        |        | 密閉部    |
|-----|-----------|-------|--------|--------|--------|
|     | U-FLG     | L-FLG | WEB（北） | WEB（南） | WEB（南） |
| 1   | 217.3     | 215.2 | 219.4  | 188.0  | 229.8  |
| 2   | 223.5     | 231.9 | 231.9  | 183.9  | 227.7  |
| 3   | 211.0     | 221.5 | 217.3  | 223.5  | 208.9  |
| 平均  | 217.3     | 222.9 | 222.9  | 198.5  | 222.1  |