

## プロジェクト・研究成果の概要(1/2)

<p>プロジェクト： 「既設橋梁における高力ボルト継手の実態調査と安全性評価及び点検、補修方法の検討に関する研究」</p>
<p>プロジェクトリーダー ・氏名(ふりがな)： 山口 隆司 (やまぐち たかし) ・所属、役職： 大阪公立大学大学院 教授</p>
<p>研究期間： 令和元年10月～令和4年3月</p>
<p>プロジェクト参加メンバー(所属団体名のみ) 大阪市立大学、京都大学、瀧上工業株式会社、株式会社ズームスケープ</p>
<p>プロジェクトの背景・目的(研究開始当初の背景、目標等) 鋼橋において高力ボルトがリベットに代わって本格的に使用されるようになったのは昭和40年頃からであるが、ボルト強度はF7Tから始まりF13Tまで高強度化された。しかし、遅れ破壊が生じたため、現在ではF10Tが基本として使用されている。一方、高力ボルト摩擦接合の設計および施工ではボルト導入軸力が重要事項として管理されている。高力ボルト適用の当初から、リラクゼーションによる軸力低下が知られており、ボルト締付け時に設計軸力に対して約10%の増締めを行い、軸力低下をカバーしてきた。しかし、供用後30年から50年の鋼橋における高力ボルト軸力を調査したところ、設計軸力に対し約30～50%の低下したものが発見された。調査した橋梁では見かけ上の変状は見られないものの、ボルト軸力低下は従来、一般的に認知されているリラクゼーションの影響を超えた量となっている。また、調査の中にF11Tボルトが含まれており、遅れ破壊により脱落しているボルトはないものの、亀裂が内在しており容易に折損するボルトが発見された。脱落しているボルトがないため、遅れ破壊が生じていないとされ、補修対象ではなかったことが推察される。 本研究は、鋼橋における高力ボルトの軸力低下の実態を把握し、想定を上回る軸力低下の原因を調べるとともに、供用中の橋梁における部材連結部の安全性を評価することを目的とする。さらに、高力ボルト継手の簡便な点検方法とすべり耐力回復を目指した補修方法の検討も行う。</p>

<p>図1:遅れ破壊が生じていたF11Tの高力ボルト (塗装の付着により脱落しているボルトがないものの、亀裂が内在しており容易に折損するボルトを発見)</p>
<p>プロジェクトの研究内容(研究の方法・項目等) WG1 残存軸力の実態把握および軸力低下の原因調査 長期間供用されたより多くの鋼橋から高力ボルトの残存軸力調査し、軸力低下の範囲や軸力低下に影響を及ぼす要因を分析し、日本国内の多様な環境下における高力ボルトの軸力低下予測を行う。 WG2: 供用中の鋼橋に関する安全性評価 ボルト継手の残存軸力が予想以上に低下している場合を想定し、FEM解析等によりボルト継手の軸力抜けがどの程度までなら安全上、問題がないかを検証し、その対策方法を検討する。(例)増し締めなどで対応可能か? など WG3: 簡便な締付け軸力管理手法の提案 高力ボルトの本締め後に全ての高力ボルトに所定の軸力が導入されているかを確認する方法はない。導入軸力を測定する方法としては高力ボルト頭部にひずみゲージを使用する方法や超音波測定方法による直接的な測定方法が一般的であり、簡便で間接的な調査方法として画像処理によるひずみ評価方法を試行し高力ボルトの点検手法を提案する。</p>
<p>プロジェクトの研究成果の概要(図表・写真等を活用しわかりやすく記述)</p> <p>最終年度の研究成果</p> <p>WG1:残存軸力の実態把握および軸力低下の原因調査</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・実橋から特殊高力ボルト(メッキ鋼橋・耐候性鋼橋)および厚板の鋼製橋脚より高力ボルトのサンプリングを実施</li> </ul> <p>WG2:供用中の鋼橋に関する安全性評価</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・摩擦接合継手の残存すべり耐力を評価するためのサンプリングボルト位置の決定指標を明示</li> <li>・目違いを有する摩擦接合継手の締結時におけるボルト軸力の低下量を定量的に評価</li> <li>・高力ボルトの境界条件が頭部ひずみに及ぼす影響を定量的に評価</li> </ul> <p>WG3:簡便な締付け軸力管理手法の提案</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・高力ボルト軸力の画像マッチング法によるボルトのひずみ評価方法開発の継続</li> <li>・実際の現場で使える高力ボルト管理手法の省力化を検討</li> </ul> <p>最終年度のまとめ</p> <p>WG1 まとめ</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・耐候性鋼橋の残存軸力率平均は設計軸力に対し全体的に低い傾向にあることを確認した。</li> <li>・耐候性鋼橋の残存軸力のばらつきはウェブ平均と比べ、下フランジの方が高い傾向にある。</li> <li>・F8Tの現地に残っていたマーキングは、ナット回転角が基準の120°であることを確認した。</li> </ul>

プロジェクト・研究成果の概要(2/2)

- ・溶融亜鉛めっき鋼橋の残存軸力は設計軸力に対し全体的に高い傾向にあることを確認した。
- ・溶融亜鉛めっき鋼橋の残存軸力のばらつきはウェブ平均と比べ、下フランジの方が高い傾向にある。
- ・F8T の残存軸力が全体的に大きくなった原因として、一次締めトルク値が大きかったことが原因であることを実験により確認した。・F8T(M22)のナット回転角法における一次締め衝撃数は、1.0～1.5sec程度で目標トルクの150N・mが得られることが実験により確認した。
- ・鋼製橋脚の残存軸力は設計軸力に対し全体的に高い傾向にあることを確認した。
- ・鋼製橋脚の箱内の腐食は激しく、高力ボルト軸部までさびが進行していたが、軸力低下はしていなかった。



図-2: サンプル橋梁

WG2 まとめ

- ・摩擦接合継手の残存すべり耐力を評価するためのサンプリングボルト位置の決定指標を明示砲台配置継手の残存すべり耐力を評価するためのサンプリングボルト位置の基準を FEM で確認し、これらのボルトの増締めを行うで高力ボルト摩擦接合継手の性能を効率的に回復できることを確認した。
- ・目違いを有する摩擦接合継手の締結時におけるボルト軸力の低下量を定量的に評価 目違いを有する高力ボルト継手の施工段階でのボルト軸力低下は、最初に締付けを行った ボルトで最も大きい(本研究では 4%程度)。しかし、全体としての軸力低下量は小さく(本研究では 0.2%未満)、高力ボルト摩擦接合継手のすべり耐力にはほとんど影響しない。なお、このような継手のサンプリングボルトとしては、締付けの昇順から選定し、ボルト軸力の低下が認められる場合には締付け順の若いものから増締めを行うことで性能回復が期待できる。
- ・高力ボルトの境界条件が頭部ひずみに及ぼす影響を定量的に評価画像解析でボルト軸力を推定する場合、ボルトセットの孔ずれはその推定精度にはほとんど影響を及ぼさないことを確認した

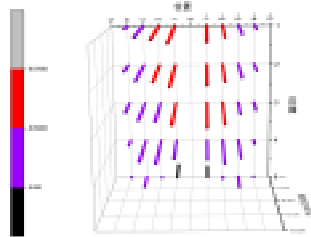
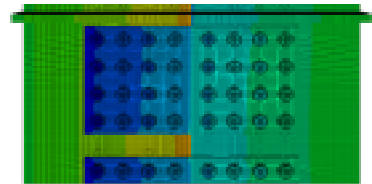


図-3: 締結後からのボルト軸力低下率

WG3 のまとめ

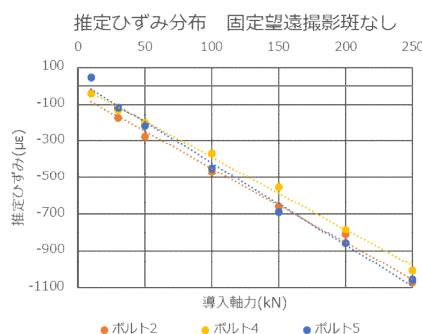
- ・画像計測による高力ボルト軸力推定のため専用ソフトウェアの試作開発を行った。また、専用ソフトウェア及び撮影作業についてマニュアル作成した。
- ・固定望遠撮影方式においては、十分実用的な軸力推定が可能であることを示した。ただし、固定望遠撮影方式は実現場への適用が限定されることがわかった。
- ・現場において効率的かつ広く適用可能な手法として、近接マクロ撮影方式を考案した。なお、近接マクロ撮影方式では、固定望遠撮影方式のように高い精度で軸力推定できないものの、ある程度の評価は可能であることを示した。
- ・実橋梁において、近接マクロ撮影方式での計測実験を行い、高い作業性と効率性で作業が行えることを確認した。



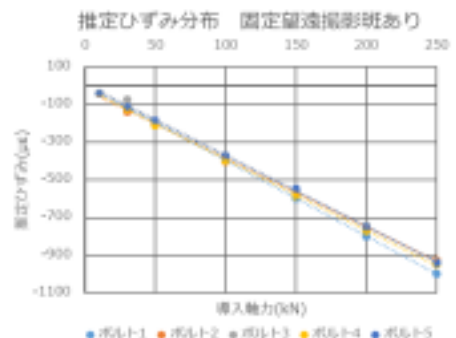
まだら無



まだら有



まだら無し



まだら有

図-4: 固定撮影方式による計測結果