

## 第 I 部門 温度変化を繰り返し受ける高力ボルトの軸力変動に関する基礎研究

|              |     |        |
|--------------|-----|--------|
| 京都大学工学部      | 学生員 | ○辻田 智宏 |
| 京都大学大学院工学研究科 | 正会員 | 鈴木 康夫  |
| 京都大学大学院工学研究科 | 正会員 | 杉浦 邦征  |
| 京都大学大学院工学研究科 | 正会員 | 松村 政秀  |

## 1. 研究背景および研究目的

日射量が多い場所にある褐色系の鋼橋では、晴天時の昼間に日射をうける部材で大きな温度上昇が生じ、夜間との温度差が 60~80℃程度生じているとの報告がある<sup>1)</sup>。このような橋梁では、部材内でも日射側と日陰側、あるいは、箱桁のような閉断面部材では、部材外面と内面でも温度差が生じていると考えられ、高力ボルト摩擦接合継手においては、温度変化による連結板や高力ボルトの熱膨張の差により、ボルト軸力が変化していることが考えられる。

そこで、本研究では、温度変化が高力ボルト継手のボルト軸力に与える影響を検討することを目的として、高力ボルト接合周辺に温度変化を与える簡易的な実験および FEM 解析を実施し、温度変化による高力ボルト M24(F10T)の軸力の変動について検討した。

## 2. 実験概要

試験体は、板厚 8.8mm の母板を板厚 15.5mm の添接板で両側から挟み込んだ試験体 1 を基本とし、熱の伝達に差をつけるために試験体 1 の添接板を腐食させた試験体 2、ボルト頭部に貼付したひずみゲージへの熱の影響を確認するためにボルト頭部側にのみ厚さ 31mm の添接板を設置した試験体 3 の 3 種類とした。試験体の概要を写真-1 に示す。

高力ボルトは M24(F10T)を使用し、トルクレンチにより標準ボルト軸力 (261.8kN) を導入した後、24 時間経過後に、母板の片側のみに設置したシリコンラバーヒーターで試験体の温度を上昇させた。温度は室温約 20℃から母板が約 80℃になるまで上昇させた後、自然放熱によって室温まで戻した。ボルト軸力は、ボルト頭部に貼付けた 3 軸ひずみ

ゲージにより計測し、母板、添接板、およびボルトの温度は、それぞれに貼付けた熱電対で計測した。

試験体 1 の各部位ごとの温度の経時変化を図-1 に示す。なお、図中の凡例に示す”外”はナット側、”内”はボルト頭部側の部材のことを示している。今回の実験では日射を直接受ける面と日陰になる面との温度差を再現しようとしたが、ナット側とボルト頭部側の連結板や母板の温度差は想定していた差よりも小さく計測された。

試験体 1 の温度変化に対するボルト軸力の挙動を図-2 に示す。計測開始地点を矢印にて示している。図より、温度上昇にともなってボルト軸力が増加していることがわかる。これは、母板のみを加熱しているために、母板と連結板のほうがボルトの軸部よりも温度上昇したために、軸部よりも連結板と母板のほうがより大きな熱膨張が生じ、軸力が増加したのだと考えられる。一方で、温度が低下する際、ボルト軸力が低下するが、複数回温度変化を受けることにより、ボルト軸力が初期軸力よりも小さくなっていることが確認できる。

なお、試験体 2 および試験体 3 も試験体 1 と同様の挙動を示した。

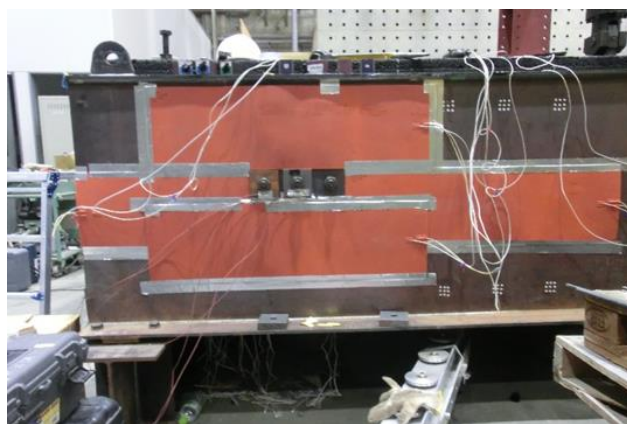


写真-1 試験体の概要

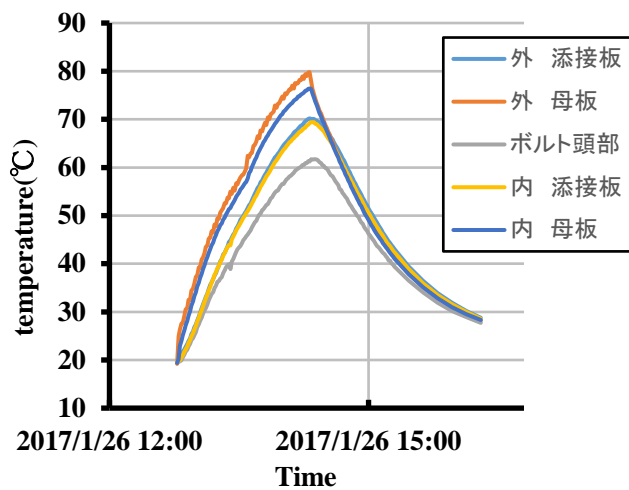


図-1 部材ごとの温度変化の様子

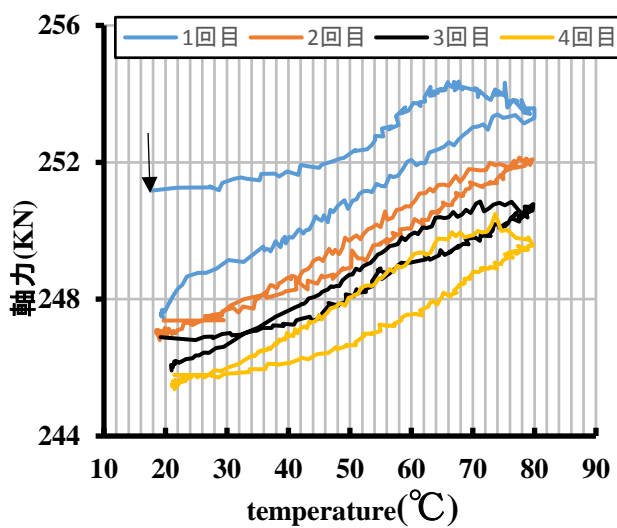


図-2 温度変化による軸力変動図

### 3. 解析概要

汎用有限要素解析コード ABAQUS(ver.6.14)を用いて、試験体 1 の実験結果の妥当性について確認した。図-3 に解析モデルを示す。母板と添接板の厚さは試験体 1 と同じであり、高力ボルトの寸法は、M24(F10T)を参考にした。材料特性は、Young 率 200GPa、Poisson 比 0.3、熱膨張係数 $1.21 \times 10^5$ とした。温度変化は実験で得られた温度値を参考にし、全体に 20°Cの温度を与えた状態から、ボルト及び座金は 63°C、添接板は 70°C、母板は 80°Cに上昇させ、その後全体を 20°Cに戻すように設定した。また、軸力は 250kN を初期値として導入した。

解析結果を図-4 に示す。解析でも軸力は上昇することを示したが、実験では 4kN ほどの上昇だったのに対し、解析では 11.1kN の上昇を示した。実際にはボルトの軸部の母板、添接板に囲まれて

いる箇所はボルト頭部より温度が上昇していると考えられるが、今回の解析ではボルト軸部は実験より得られたボルト頭部の温度を与えたため、軸部の熱膨張が実験時よりも小さくなり、軸力の上昇幅が大きくなったと考えられる。

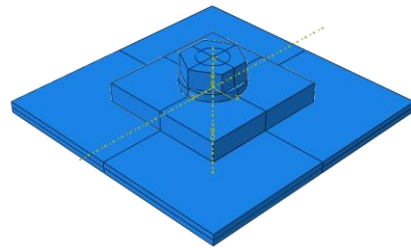


図-3 解析モデル

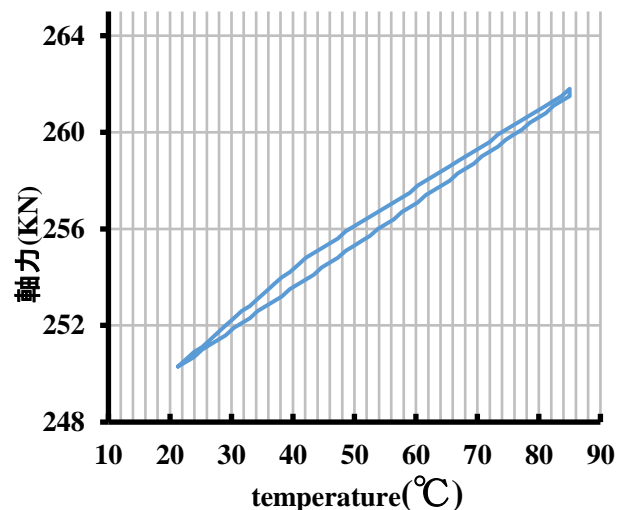


図-4 解析結果

### 4. まとめ

本研究では、温度を上昇させることによって、ボルト軸力は上昇することが示された。ただし、母板や連結板、高力ボルトそれぞれの部材の温度変化の仕方によって異なる結果が出るのが予想されるため、今後検討していく必要がある。

### 参考文献

- 1)橋本国太郎, 奥村駿, 杉浦邦征, 谷口望, 藤原良憲: SRC 構造を有する合成トラスドロゼ橋の温度変化挙動, 構造工学論文集, Vol.61A, 土木学会, pp.816-828, 2015.3.