

繰り返し荷重が与えられた高力ボルト摩擦接合継手における ボルト軸力に関する実験的検討

神戸大学大学院工学研究科 学生員 ○二宮 僚
神戸大学大学院工学研究科 正会員 橋本国太郎

1. 研究背景および目的

既往の研究より、高力ボルト摩擦接合継手における高力ボルトの軸力低下要因として、ボルトの腐食損傷、鋼板内面に塗装されているペイントによるクリープやリラクゼーションおよび施工不良などが考えられてきた。しかしながら図-1 に一例を示すように、残存軸力が設計軸力を大きく下回っているケースが多数報告されており、リラクゼーションだけではこれほどの軸力低下は考え難く、また施工不良のみが原因であるとは考え難いため、その他の軸力低下要因が考えられる。ペイントのリラクゼーション等以外でボルト軸力に影響を与えると予想できる要因として、活荷重による繰り返し荷重が考えられる。そこで本研究では、高力ボルト摩擦接合継手に対して繰り返し荷重を与える実験を行い、ボルト軸力の変化について検証する。

2. 実験概要

図-2 に示すように繰り返し荷重試験機を用い、5Hz-200万回の繰り返し荷重を与えた継手のボルト軸力を計測した。使用したボルトは試験機の性能からF10T-M16 高力六角ボルトを採用し、軸力計測にはボルト頭部に2軸のひずみゲージを貼付する方法を用いた。軸力の導入には、事前にひずみと荷重の関係を試験により求め、設計軸力 106kN の10%増しである117kNを、一次締め、本締めの2段階でひずみ管理により導入した。鋼種はSM400であり、形状と寸法は参考文献¹⁾の標準試験体に準じて定めた。

実験ケースを表-1 に示す。繰り返し荷重を与える際の荷重として、鋼橋などで使用される継手において、全強の75%以上の強度をもつように設計されることから、継手の全強の75%を採用し、比較ケースとしてその半分の荷重および全強の100%の荷重でも試験を行っている。また、表面処理の違いによる軸力変化への影響を確認するため、ショットブラスト加工が施された継手に対しても全強の75%の荷重を繰り返し与え、比較検討を行っている。全強を求める式^(*)を以下

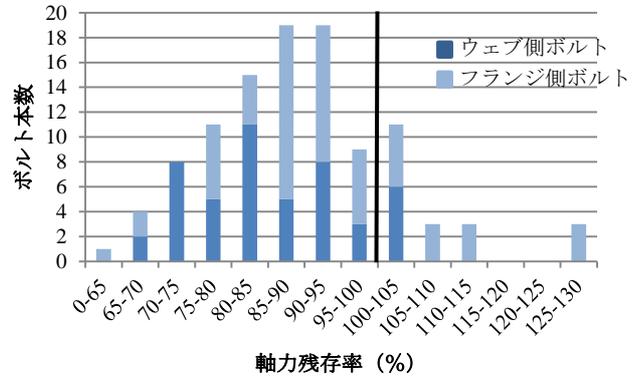


図-1 ペイントが施されていない継手から取り出されたボルト軸力分布の一例



図-2 実験の様子

表-1 実験ケース

実験ケース名	接合面処理	全強に対する試験荷重の割合
P-0 (校正用)	無機 ジンクリッチ ペイント	0%
P-1		75%
P-2		37%→100%
B-0 (校正用)	ショット ブラスト	0%
B-1		75%

キーワード：高力ボルト，軸力低下，活荷重

連絡先：〒657-8501 神戸市灘区六甲台町 1-1 神戸大学大学院工学研究科市民工学専攻 TEL：078-803-6011

に示す.

$$P = \sigma_a \cdot A_n \quad \dots (*)$$

- P : 全強 (N)
- σ_a : 部材の許容応力度 (N/mm²)
- A_n : 純断面積 (mm²)

本試験で用いた鋼材の SM400 の許容応力度 σ_a は 140 N/mm², 純断面積 A_n は, 板幅からボルト孔径を引いた値に板厚を乗じて求められた 513 mm² となることから, 全強 P は 71.8kN となる.

繰り返し荷重試験に際して, ボルト軸力導入後約 24 時間経過させ, ボルト軸力が安定したのちに繰り返し荷重を与え始めた. また試験期間中に生じるリラクセーションの影響を校正するため, 校正用継手も製作し, 各試験体と同様に軸力を導入し, 軸力を計測している.

3. 実験結果

図-3 (a) (b) に繰り返し荷重試験から得られたボルト軸力の変化を示す. 接合面に無機ジンクリッチペイントが施された P シリーズにおいて, P-1 では荷重開始後すぐに軸力が低下している. これは鋼板の摩擦部のなじみや, 塗膜のせん断の影響が考えられる. またそれ以降に関しても, 繰り返し荷重を与えていない P-0 と比較すると軸力低下率は大きくなっており, 繰り返し荷重による軸力への影響があると考えられる.

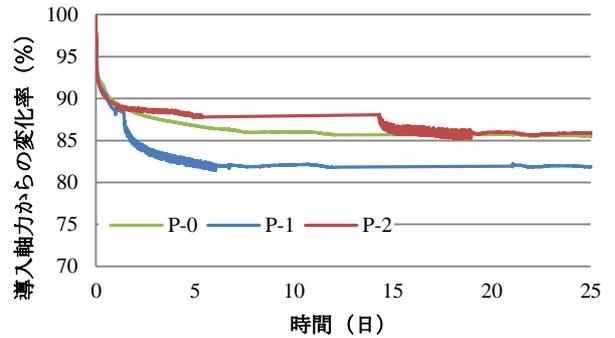
P-2 では全強の約 37%の荷重を繰り返し与えたが, P-0 の軸力低下よりも小さい変化しか見られなかった. そのため繰り返し荷重サイクル約 189 万回のところで一旦試験機を停止し, 後日同一継手において全強の 100%の荷重に変更し 200 万回の繰り返し荷重を行っている. 繰り返し試験を停止している期間も軸力を計測し続けており, その間に軸力がわずかに上昇していることが分かる. これは気温の変化によるひずみゲージの計測誤差であると考えられる. そのため P-2 の本来の軸力は, 計測された値よりも低いと考えられる. しかしながら気温によるひずみゲージの計測誤差を考慮しても, 全強の 37%の繰り返し荷重では P-0 と同程度の軸力低下率であることが分かる.

続いて接合面にショットブラスト加工のみが施された B シリーズについてであるが, 図を見ると, B-1 は繰り返し荷重を与え始めた時点で軸力が低下しているものの, それ以降は軸力がほとんど変化しておらず, B-0 と同様の軸力の変遷となっていることが分かる. 繰り返し荷重を与え始めたときに軸力が低下した要因としては, ショットブラスト加工が施された鋼板のなじみが考えられる.

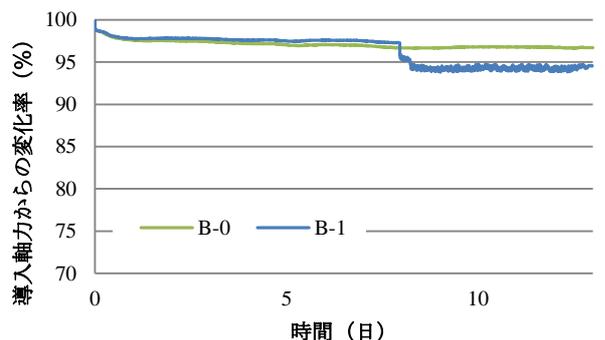
4. まとめ

B シリーズでは繰り返し荷重による軸力変化が初期の低下以降ほとんど見られなかったのに対して, P シリーズでは軸力低下が見られた. つまり無機ジンクリッチペイントにおいては, 塗膜部分に一定以上のせん断力が生じた際, それが塗膜のせん断強度を超えた荷重であれば, 繰り返し荷重されることによって, 徐々にボルト軸力が低下していくと考えられる.

参考文献 : 1) 土木学会, 高力ボルト摩擦接合継手の設計・施工・維持管理指針 (案), 2006.12.
 2) 橋本国太郎ら, 30 年間供用した既設耐候性鋼橋の高力ボルト摩擦接合継手の残存性能, 構造工学論文集, Vol.62A, pp.482-490, 2016.3.



(a) P シリーズ



(b) B シリーズ

図-3 繰り返し荷重を与えたときの軸力変化