

既設高力ボルトの軸力測定と測定のばらつきについて

京都大学大学院工学研究科

学生員

○辻田

智宏

富山大学都市デザイン学部

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

瀧上工業株式会社

正会員

飯田

哲也

瀧上工業株式会社

正会員

織田

博孝

1. 研究背景および目的

常時高い引張力が作用している高力ボルトの軸力は、締め付け後、時間経過とともにボルト各部のクリープやリラクゼーション、あるいは腐食の影響により低下することが報告されている。これは高力ボルト摩擦接合継手の耐力を低下させる大きな要因であり、構造物の安全性に影響を及ぼす。既設ボルトの残存軸力を調査する必要があるが、既存の方法では多くの労力と時間を要する。そこで、既設高力ボルトの残存軸力を現場で確実にかつ簡便に測定できる方法の確立は重要な課題である。

今回、建設後数十年経過した4橋において、高力ボルトの残存軸力測定を行ったので、その結果を報告する。本調査では、ボルト頭部ひずみによる軸力測定方法を採用し、そのばらつきについて検討した。

2. 既設ボルトの軸力測定

本調査においては、精度が高く現場でも簡便に測定できるとされている頭部ひずみによる残存軸力測定法を用いた。測定手順は、①ボルト頭部、ナット部の塗装を除去し、ボルト頭部中心部に3軸ひずみゲ

ージを貼り付ける。②ボルト軸力を解放して、解放前後の頭部ひずみ量を測定する。③油圧ジャッキによって頭部ひずみ量を再現して、その時の導入引張力を、そのボルトの残存軸力とする。

測定結果を表-1に示す。各計測部位におけるボルトの残存軸力の平均とそのばらつきを示す。

設計ボルト軸力はM22-F11Tボルトが212kN、M22-F10Tボルトが205kNである。表-1よりA、B、C橋の残存軸力は、設計ボルト軸力より低下していることが確認できる。

D橋では、測定対象としていたボルトの内、6本を抜き取った時点で、3本に遅れ破壊が生じていたため、測定を中止した。遅れ破壊が生じていたボルトは、塗装の状態が良かったため、落下せずに継手に残っていた。その為、軸力を解放するまで、遅れ破壊が生じているかどうか判断できなかった。F11Tが使用されている橋梁では、同様な事例が数多く存在していることが考えられる。

標本数が少ないB橋の下フランジ部と補剛材端部及びD橋を除くと、継手内でのボルトの残存軸力の

表-1 測定結果

	継手箇所	ボルト強度	ボルト呼び径	首下長さ(mm)	標本数(本)	平均残存軸力(kN)	ばらつき(%)
A 橋	ウェブ	F11T	M22	75	8	189.9	10.9
	下フランジ	F11T	M22	90	8	189.0	11.0
B 橋	ウェブ	F10T	M22	65	8	158.1	9.4
	下フランジ	F10T	M22	80	4	154.9	6.0
	補剛材端部	F10T	M22	70	4	184.5	7.1
C 橋	下フランジ	F10T	M22	100	12	122.4	11.5
D 橋	下フランジ	F11T	M22	100	3	212.7	5.9

キーワード

高力ボルト, 軸力測定, キャリブレーション, 残存軸力, 維持管理

連絡先

〒615-8540 京都府京都市西京区京都大学桂 京都大学大学院 工学研究科 C クラスター

ばらつきは約 10%前後であろうと推定される．同様な点は文献 1)でも確認されている．

3. 軸力測定のはらつき

キャリブレーション時，ボルト頭部とワッシャーやボルト孔との位置のずれによって，ボルト軸に偏心が生じ，ボルト頭部のひずみの再現性にはばらつきが生じる可能性が考えられた．上記の影響によるばらつきを検討するため，ボルト頭部とワッシャー，ボルト孔との位置を変えて，同一ボルトでキャリブレーションを 8 回繰り返し行った．8 回のキャリブレーションで測定された残存軸力の平均とそのばらつきを表-2 に示す．

表-2 キャリブレーションのはらつき

Bolt No.	平均軸力 (kN)	ばらつき (%)	Bolt No.	平均軸力 (kN)	ばらつき (%)
A-1	181.2	1.9	B-1	155.0	2.5
A-2	185.8	7.1	B-2	139.1	1.6
A-3	189.0	3.6	B-3	161.2	0.6
A-4	173.2	2.5	B-4	145.5	1.3
A-5	165.1	3.3	B-5	171.3	2.8

ばらつきは，B 橋のボルトは全て 3%未満であったのに対し，A 橋は 7.1%のばらつきがあるボルトがあった．しかし，A 橋の他のボルトのばらつきは B 橋と同じ水準であるため，大きなばらつきが出た A-2 は，ボルトとワッシャーの間に残っていた塗膜の影響で，F10T と F11T のボルト強度の違いによる影響ではないと考えられる．以上より，正確にワッシャーの位置等を再現せずとも十分な精度で残存軸力の測定を行えることを確認した．

残存軸力とボルト頭部のひずみに一定の相関関係が認められたならば，今後キャリブレーションを行わずに，残存軸力を推定することが出来る．そこで，キャリブレーション時のボルト頭部のひずみ値とボルト軸力との相関関係について検討した．

A 橋(F11T)と B 橋(F10T)の各ボルトの検定曲線を，図 1 と図 2 に示す．縦軸が載荷荷重，横軸が頭部のひずみ変化量を示している．

各ボルトの設計ボルト軸力時のひずみを算出し，そのひずみより検定曲線のばらつきを求めた．その結果，A 橋(F11T)では 10.9%，B 橋(F10T)では 4.0%のばらつきが計測された．F11T の高力ボルトは，ボ

ルトごとに寸法のはらつきが大きく，ボルト頭部の中心と軸心のずれや材質の不均一性などによりボルト頭部のひずみと残存軸力の相関関係に大きなばらつきが生じると推測されるが今後より詳細な検討が必要である．

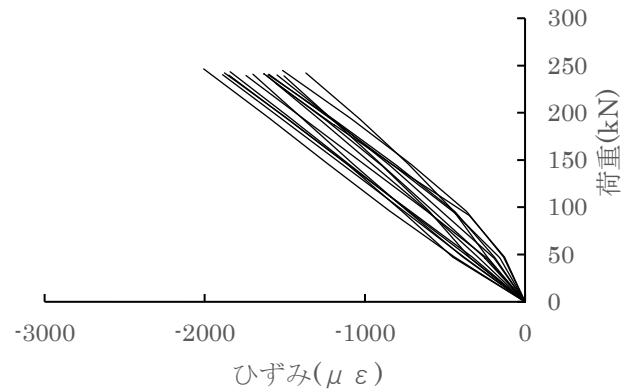


図-1 検定曲線 (A 橋)

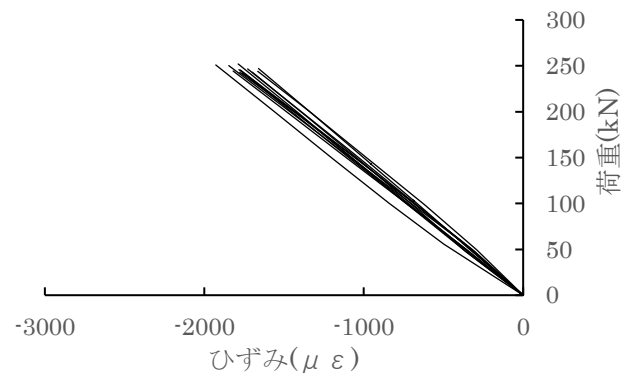


図-2 検定曲線 (B 橋)

4. まとめ

本調査で測定したボルトの多くは設計ボルト軸力を満たしていなかった．同様に多くの橋梁で設計ボルト軸力を満たしていないボルトが存在すると考えられるため，今後調査をしていく必要がある．

また，F10T ボルトにおいては，ボルト頭部ひずみと残存軸力の相関関係のばらつきが小さかった．その為，全てのボルトに対して一つ一つキャリブレーションを行わずとも，一定数のキャリブレーション結果より十分な精度で残存軸力を算出できると考えられる．一方，F11T ボルトでは大きなばらつきが生じていた．その原因について，今後調査していく必要があると考えられる．

参考文献

- 1) 西前博一，田原文男，西村昭：15 年経過した高力ボルトの軸力測定，第 35 回土木学会年次学術講演会，土木学会，pp.223-224，1980．