

29 年間供用した高力ボルト摩擦接合部のボルト残存軸力計測

大阪市立大学大学院
大阪市立大学大学院

非会員 頼 健鵬
学生会員 陳 瑜

大阪市立大学大学院
日鉄ボルテン株式会社

正 会 員 ○山口 隆司
非会員 上村 健士

1. はじめに

鋼構造物において高力ボルト摩擦接合継手部の健全度診断を行う際、高力ボルトの軸力は重要な情報である。しかし、非破壊での有効な測定法が確立されておらず、供用中の高力ボルトの軸力を直接計測することは難しい。一方、ひずみゲージを頭部に貼付けた後に軸力を解放し、試験室にて再度負荷を与えて軸力を同定する方法は確立されているが、軸力を解放せざるを得ないことなどから、なかなか計測が普及しない現状がある。

本報告は、橋梁の架け替えに際し、不要となった 29 年間供用後の高力ボルト摩擦接合部に対して、高力ボルトの残存軸力を計測する機会を得たことから、その結果を報告するものである。

2. 試験供試体

対象の高力ボルトは、1991 年に完成し、2018 年にタンカーが衝突したことで撤去された鋼床版箱桁橋の現場継手部のボルトである。写真-1 に示すように横桁の張出しブラケット継手部の損傷部位と非損傷部位を対象としている。供試体名は、健全（すべり無し）を KNN-1（写真-1 (a)）、損傷（すべり有り）ありを KNA-1（写真-1 (b)）とした。各供試体には 12 本の高力ボルト M22（F10T）（防錆処理ボルト）が使用されており、写真-1 (b) に示すように KNA-1 の添接板端部においては最大 12.80mm のずれが認められた。写真-2 に母板と添接板のずれの拡大図を、図-1 に上下の添接板のずれ状況をそれぞれ示す。

3. 試験準備とキャリブレーション試験

ボルト頭部に 2 軸ひずみゲージ（ゲージ長 3mm, FLA-3-11-3LJBT, 東京測器研究所）を貼るため、頭部の塗膜を除去し、ディスクサンダーおよびグラインダーを用いて、素地が現れるまで表面を平滑にした。

また、供用時の座金とボルトの位置関係を再現するため、ボルトの軸力解放前にボルト頭部および連結板に対する座金位置をマーキングした。写真-3 にそれぞれの処理状態を示す。マーキング後、ボルト頭部をモン

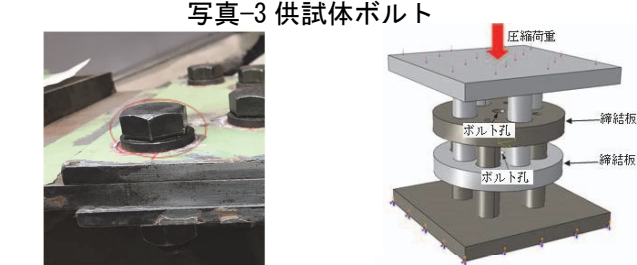
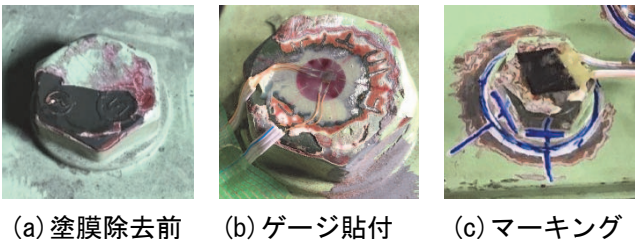
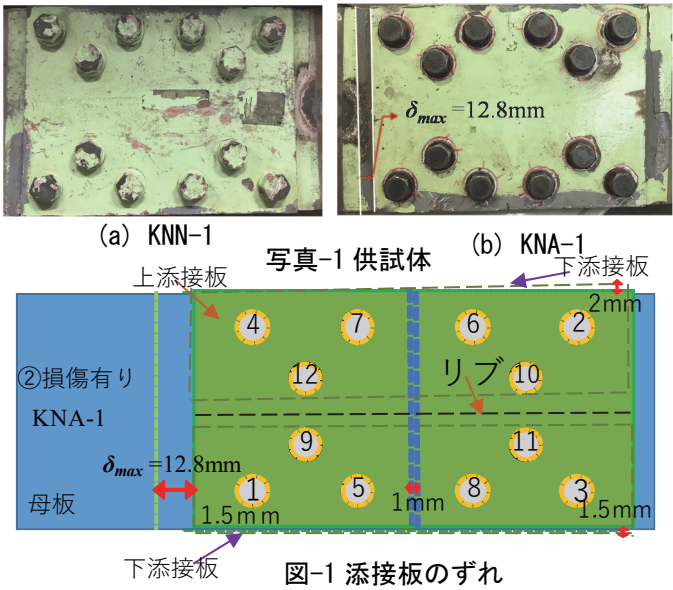


写真-2 ボルト NO. 2 コバ面

表-1 ボルト軸力解放前後のひずみ変化量 $\Delta \epsilon$

供試体 KNN-1				供試体 KNA-1			
ボルト番号	$\Delta \epsilon$ ($\times 10^{-6}$)	ボルト番号	$\Delta \epsilon$ ($\times 10^{-6}$)	ボルト番号	$\Delta \epsilon$ ($\times 10^{-6}$)	ボルト番号	$\Delta \epsilon$ ($\times 10^{-6}$)
NO.1	1369	NO.7	1246	NO.1	1190	NO.7	392
NO.2	1424	NO.8	1299	NO.2	569	NO.8	943
NO.3	1370	NO.9	1230	NO.3	477	NO.9	982
NO.4	1409	NO.10	1185	NO.4	1121	NO.10	643
NO.5	1266	NO.11	1230	NO.5	892	NO.11	418
NO.6	1379	NO.12	1242	NO.6	407	NO.12	895

キーレンチで固定し、トルクレンチでボルトを緩め、仮ボルトを挿入した。仮ボルトは M22（F10T）とし、トルク法により設計軸力の 6 割を導入した。軸力解放時のひずみ変化量を表-1 に示す。

キーワード：高力ボルト摩擦接合、ボルト残存軸力、ボルトキャリブレーション試験
連絡先 〒558-8585 大阪市住吉区杉本3-3-138 大阪市立大学大学院 工学研究科 橋梁工学研究室 TEL&FAX 06-6605-2765

ボルトキャリブレーション試験の試験状況を図-2に示す。万能試験機を用いて上下の治具を介してボルトに引張力を作用させた。試験では作用力および頭部のひずみを測定し、載荷および除荷速度は1kN/secを目標として試験を行った。

また、本試験ではボルト孔に対する座金位置や座金に対するボルト位置がボルト頭部ひずみに与える影響を、ボルト孔に対する座金、座金に対するボルト軸が偏心する4パターンで検討した。4つのパターンにおけるボルト孔、ボルト、座金の相対位置関係のイメージを図-3に示す。パターン1は軸心がすべてそろっているケース、パターン2、3、4は、軸部とボルト孔の接触位置を3つの方向にそれぞれで変化させたものである。なお、パターン2、3、4において座金の位置を2つの方向に移動させた。結果として7ケースを対象とした。

4. 試験結果および考察

表-2に校正係数、標準偏差および変動係数を示す。既往研究¹⁾では、ボルト孔に対する座金、もしくは座金に対するボルト軸が偏心した状態で載荷しても、荷重と頭部ひずみの関係に与える影響は小さいことが確認されており、本研究結果でも影響は小さかった。

図-4に対象とした高力ボルト12本の位置と残存軸力の結果を示す。番号(NO.)はボルト軸力を解放した順番を示している。その下の数値は各ボルトのキャリブレーション試験をもとに算出した残存軸力である。計12本の残存軸力について、KNN-1供試体の平均残存軸力は193.4kN、設計軸力205kNに対して平均残存率は94%であった。また、KNA-1供試体の平均残存軸力は104kN、平均残存率は51%だった。また、最低残存軸力は54.1kN、最低残存率は24%だった。

図-4より、供試体KNN-1継手部の残存軸力は外側(ボルトNO.1-8)に対して内側(ボルトNO.9-12)が小さかった。また、供試体KNA-1の残存軸力は継手部右側の高力ボルト(ボルトNO.2,3,6,7,10,11)が大きく低下していた。これは継手部にすべりおよび降伏が生じたためと考えられる。軸力解放時のKNA-1におけるNO.2ボルトのボルト孔とねじ山の外観を写真-4、写真-5にそれぞれ示す。母板と添接板の相対ずれとボルトのねじ山が支圧されていることが確認できる。

参考文献
1). 西前博一ら：15年経過した高力ボルトの軸力測定土木学会第35回年次学術講演会講演概要集、I-113、1980。

表-2 位置検証結果のまとめ

種類	等級	軸径	首下長さ	平均値 μ		標準偏差 σ		変動係数C.V.[%]	
				載荷	除荷	載荷	除荷	載荷	除荷
六角	F10T	M22	75	0.1483	0.1455	0.00064	0.00044	0.43	0.30
位置	載荷	除荷	ひずみ	比較			軸力評価 %		
				計算軸力 kN	差分 kN				
パターン1	0.147	0.145	1190	172.79	0.408		100.24		
	0.147	0.146	1190	173.98	-0.782		99.55		
パターン2	0.149	0.145	1190	172.79	0.408		100.24		
	0.149	0.145	1190	172.79	0.408		100.24		
パターン3	0.149	0.146	1190	173.26	-0.068		99.96		
	0.149	0.145	1190	172.79	0.408		100.24		
パターン4	0.149	0.146	1190	173.98	-0.782		99.55		

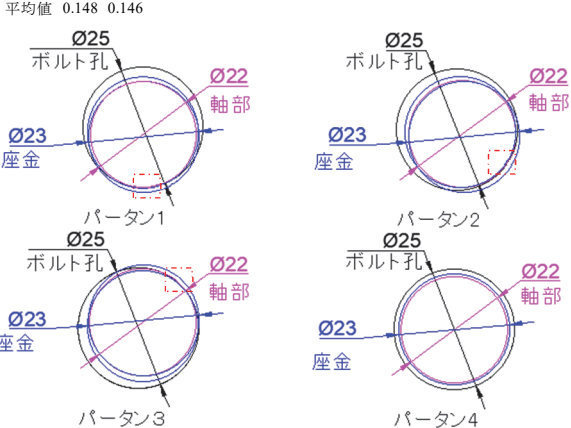


図-3 パターン別の位置関係 (単位: mm)

NO.4		NO.8		NO.6		NO.2		(kN)
210.12		190.41		205.17		212.76		
67.00	NO.12	132.68	56.74	NO.10	80.00			
	184.76				175.53			
	128.45				89.05			
		NO.9			NO.11			
		180.69			184.38			
NO.1	135.81	NO.5	NO.7	60.28	NO.3			
204.00		193.90	187.47		204.69			
161.84		125.70	54.14		156.38			

図-4 残存軸力分布状況



写真-4 KNA-1 NO. 2 ボルト孔 写真-5 損傷したネジ山

5. まとめ

- (1) ボルト孔に対してボルト軸部を1.5mm、座金に対しボルト軸部を0.5mmずらしても、軸力と頭部ひずみの関係に与える影響は小さかった。
 - (2) 29年間供用した鋼床版桁橋の継手部に対して、健全時のボルトの平均残存軸力は193.4kN、平均残存率は94%となった。また、損傷およびすべりが生じた継手部の平均残存ボルト軸力は104kNであり、平均残存率は51%と健全な場合に対して小さくなった。
- 今後は、さらなる残存ボルト軸力のデータの収集を進めるとともに、すべり試験によるすべり係数についてもデータの収集、分析を進める予定である。