

神戸大学 正員 西村 昭
高田機工(株) 正員 堀川 勲
高田機工(株) 正員 ○西前 博一

1. まえがき

鋼構造部材の高力ボルト摩擦接合の耐荷力は、ボルト軸力 N と、すべり係数 μ によつて左右されるが、実部材においてはこれら N 、 μ を直接測定することは非常に困難である。したがつて現在は、ボルト軸力の間接的な測定によつて継手の品質管理を行つているのが実状であるが、この測定も簡便で信頼性の高い方法はまだなく、高力ボルト接合の大きな問題点の一つである。本報告は、最近開発された磁気軸力計⁽¹⁾を用いて、実橋に現場締められたボルト軸力を測定し、その実用性を検討したものである。さらに、高力ボルト接合のもう一つの問題点である経時変化によるボルト軸力の減少をも測定したのでここに報告する。

2. 実験概要

実験は、表-1に示すように総本数488本のボルトについて各ボルト群毎に締付け工法を変えてボルト軸力を測定した。また締付け1ヶ月後にも測定し、ボルト軸力の減少を推定した。

(1) 高力ボルトの締付け

高力ボルトの締付けは、現在実用化されているものから代表的な①トルク(コントロール)法、②回転法、③耐力点検出法、の3方法を選んで行つた。実際の施工に先立つて試験室において各締付け機の検定と調整を行い、締付け前には電気軸力計で所定のキャリブレーションを行い締付け軸力を確認した。

(2) ボルト軸力の測定

締付けられているボルトの軸力測定法としては数種の方法があるが、本実験では、①頭部ひずみ測定法と⁽²⁾②磁気軸力計の2方法を採用した。②の磁気軸力計は原理的には、①の頭部ひずみ測定法と同一である。すなわち、①はひずみゲージによりボルト頭部のひずみ変化量を求めるのに対し、②は磁気を用いてボルト頭部の鉄損変化量を求め、いずれもそれらからボルト軸力を知る方法である。②の方法は締付けられたボルトのナットをゆるめて解放することなく、ボルト頭部にセンサーを当てるだけの簡単な作業で、非破壊的にボルト軸力を知ることができる大きな利点がある。

3. 測定結果と考察

締付けを完了した全ボルトについて、速やかに磁気軸力計を用いて、締付け軸力を測定した(図-1)。測定はボルト頭部の直交する2方向で行い、その平均値をもつて測定軸力とした(表-2)。トルク法で締付けたボルトについては、各ボルト群の10%以上のボルトに対してトルクレンチを用いてトルクチェックを行つた(表-3)。また締付け1ヶ月後、頭部ひずみ測定法によりボルト軸力を測定した(表-2)。締付け工法別の軸力分布を図-2に示す。この測定に際し、ナットを解放する時、トルクレンチで戻し

表-1 実験項目一覧表

実 験 項 目		磁気軸力計による測定 [本]		
箇 所 別	G1	U・FLG $\ell=80$ T 法	32 ※	
		WEB $\ell=70$ T 法	68(10)	
		L・FLG $\ell=90$ T 法	32(4)	
	G2	U・FLG $\ell=75$ T 法	24	
		WEB $\ell=70$ T 法	68(10)	
		L・FLG $\ell=80$ T 法	24(4)	
	G3	U・FLG $\ell=75$ T 法	24	
		WEB $\ell=70$ A 法	68(10)	
		L・FLG $\ell=80$ A 法	24(4)	
	G4	U・FLG $\ell=80$ T 法	28	
WEB $\ell=70$ Y 法		68(10)		
L・FLG $\ell=90$ Y 法		28(4)		
合 計		488(56)		
締 付 け 工 法 別	トルク コントロール法 (T 法)	ボルト首下長 [mm]	70	136(20)
			75	48
			80	84(4)
			90	32(4)
		合 計		300(28)
	回 転 法 (A 法)	ボルト首下長 [mm]	70	68(10)
			75	—
			80	24(4)
			90	—
		合 計		92(14)
	耐力点検出法 (Y 法)	ボルト首下長 [mm]	70	68(10)
			75	—
			80	—
			90	28(4)
		合 計		96(14)

※はその内頭部ひずみ測定法によつて測定した本数を示す。



図-1 磁気軸力計での測定

トルクも測定した(表一三)。以上の結果より

① 表一2より、磁気軸力計での高力ボルトの軸力管理は十分実用に供せる精度で行えると思われる。特にボルトがM24、M30と太径になつた場合、締付けトルクも100～150 Kg f・mと大きくなり、トルクレンチによるチェックは極めて困難であるが磁気軸力計での測定は締付けトルクに関係なく、作業性、安全性の面でも優れている。

② 表一2より、ボルト軸力のばらつきは回転法と耐力点検出法はほぼ同程度であり、トルク法は少しばらつきが大きい。またキャリブレーション時より、実橋での締付けの方がばらつきが大きくなっているが、これはそれぞれの測定法の精度の差もあり定量的な比較は難かしいが、実橋における締付けでは、添接板の剛度や締付け順序など、影響因子が増加するためと考えられる。

③ 実橋における締付けが平均的にキャリブレーション時と同程度の軸力で締付けられたとすると、表一2より1ヶ月後のボルト軸力の低下量は、トルク法3.2%、回転法8.4%、耐力点検出法12.3%となり、従来の調査が示すと同様に締付け軸力が大きくなるほど、軸力低下量も大きくなっている⁽³⁾。また図一2より、ボルトの残存軸力はほぼ正規分布するようである。

④ 表一3に示すように、トルクレコーダーの締付けトルクと、トルクレンチによるチェックトルク、および1ヶ月後の戻しトルクは、その値も大きく異なり、それら相互間の相関関係はほとんど見られなかつた。

4. あとがき

本実験においては、ボルト軸力の新しい測定法である磁気軸力計に対して、その精度や作業性について検討を加えた結果、十分実用に供し得ることが判明した。なお防錆処理ボルトに対しても、試験室において磁気軸力計での測定を行つたが、50μ程度までの被膜があつても、ほとんど影響なく測定できることを確認した。また締付け軸力レベルが異なる高力ボルトの代表的な3つの締付け工法の場合に、それぞれの締付け精度、および軸力の経時変化などの諸特性について比較できた。本実験の遂行にあたり御協力頂いた和歌山県道路建設課、^(株)芝浦製作所、日本ファスナー^(株)、神鋼ボルト^(株)の関係各位に深く感謝致します。(参考文献)

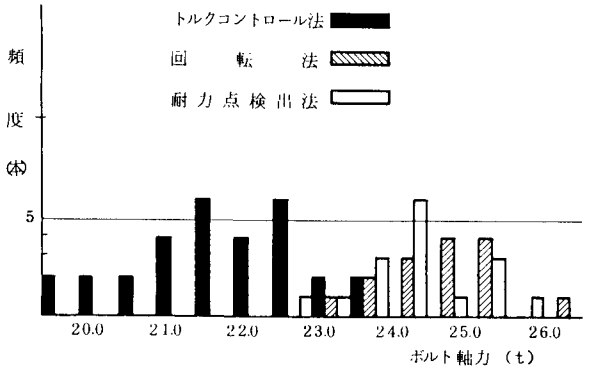
- (1) 森忠夫他「磁気的方法によるボルト軸力の測定」日本機械学会第57期総会講演論文集 1980年4月
- (2) 西村昭他「既設高力ボルトの軸力測定とその誤差について」関西支部年次学術講演概要 1980年6月
- (3) 西村昭他「実橋摩擦接合高力ボルト軸力の経年変化」土木学会年次学術講演概要 1980年9月

表一2 締付け工法別、測定法別のボルト軸力

軸力測定法	標本統計量	締付け工法		
		トルクコントロール法	回転法	耐力点検出法
電気軸力計 (締付け前キャリブレーション)	平均値 [t]	22.55 (n=28)	26.88 (n=10)	27.74 (n=5)
	標準偏差 [t]	0.67	0.91	0.23
	変動係数 [%]	3.0	3.4	0.8
磁気軸力計 (締付け時)	平均値 [t]	21.23 (n=300)	24.74 (n=92)	24.44 (n=96)
	標準偏差 [t]	1.33	1.18	1.05
	変動係数 [%]	6.3	4.8	4.3
頭部ひずみ測定法 (締付け1ヶ月後)	平均値 [t]	21.83 (n=31)	24.63 (n=15)	24.33 (n=16)
	標準偏差 [t]	1.66	0.82	0.82
	変動係数 [%]	7.6	3.3	3.4

表一3 測定トルク(トルク法)

標本統計量	トルクレコーダーによる締付けトルク (n=300)	トルクレンチによるチェックトルク (n=44)	抜き取りボルトの戻しトルク (n=31)
平均値 [Kg・m]	71.99	68.49	55.32
標準偏差 [kgf・m]	2.31	1.76	3.40
変動係数 [%]	3.2	2.6	6.1



図一2 抜き取りボルトの締付け工法別軸力分布