

高田機工(株) 正員 西 前 博 一
日鉄ボルテン(株) 田 原 文 男
神戸大学 正員 西 村 昭

1. まえがき

高力ボルト接合においては、ボルト軸部に常時降伏点に近い引張力が作用しているので、締付け後、時間経過とともにボルト各部のクリープや、リラクセーションによって、ボルト軸力が減少することが知られている。これは継手耐力を低下させる要因であり、構造物の安全性に大きな影響を与える。最近、鋼構造物の防食上の問題などより、摩擦接合面に亜鉛メッキ、金属溶射、塗装などを行なった継手が試みられているが裸使用の摩擦面よりすべり係数は小さく、高力ボルトのリラクセーションについては、今まで以上に留意する必要があると思われる。

本調査は、JIS B 1186 が制定された昭和39年に施工完了した鋼橋において、橋面拡幅工事などにより高力ボルトの取換えが行なわれたのを機会に、約15年経過した高力ボルトの残存軸力を測定したのでここに報告する。

2. 測定方法

既締結ボルトの残存軸力の測定方法としては数種類あるが本測定においては、精度も高く、測定手間の簡便な頭部ひずみによる軸力測定法を採用した。測定手順は、①ボルト頭部を切削して電気抵抗線ひずみゲージを貼付する。

②ゲージのO調整を行なったあと、ボルト軸力を解放して、それによる頭部ひずみ量を測定する。
③導入軸力を指示しうる機器（万能試験機、軸力計など）によって頭部ひずみ量を再現して（図-1）、その時の導入軸力をもって、そのボルトの残存軸力とする。

なお測定したボルトは、SMK-22を使用したF13T・W7/8とSCM-3を使用したF11T・W7/8、F9T・W3/4の3種類である。それぞれの化学成分を表-1に示す。

本測定に用いた、頭部ひずみによる軸力測定法の誤差の要因としては、①ひずみゲージの種類と貼付位置
②ボルト孔やワッシャーとボルト軸との偏心、すなわち、ボルト頭部の支持位置の再現性、③頭部切削による影響、④軸力導入法の違い、などが考えられる。本測定に先立って、これらの誤差の程度を知るために、試験室において予備試験を行なった結果、①頭部に貼付するひずみゲージは、単軸の場合、ボルト軸の偏心などにより約20%程度の誤差を生じるが、2軸または3軸のひずみゲージを貼付した場合は、ひずみ量の再現性についての問題はない。②ワッシャーを付けない場合は、孔の大きさ、ボルト軸の偏心などにより頭部ひずみ量は大きく変動するが、ワッシャーを付けた場合は通常の孔径（23φ〜26φ）による差は認められなかった。③頭部切削量の違いは、通常の切削（0.5mm〜1.0mm程度）においては、差は無かった。④万能試験機とトルク試験機の2種類の軸力導入法での差は無かった。（表-2）

以上より頭部に2軸または3軸のゲージを貼付し、抜き取りボルトのワッシャーをそのまま付ければ、

図-2 万能試験機による引張り

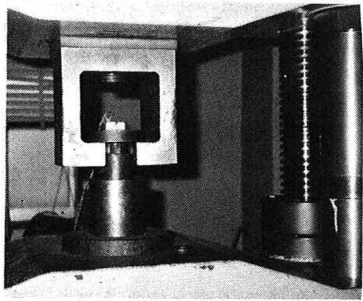


表-1 測定ボルト材の化学成分（%）

機質成分	C	Mn	Si	P	S	Cr	Mo
SCM-3	0.33~0.38	0.60~0.85	0.15~0.35	<0.03	<0.03	0.9~0.12	0.15~0.35
SMK-22	0.2	1.2	0.8	<0.035	<0.030	<0.3	Cu < 0.25 Ni 1.5

ワッシャーの位置や、ボルト軸の偏心についてあまり正確な位置の再現を行なわなくても、実用上十分な精度でボルトの残存軸力が測定できることを確認した。

同様の点は、参考文献(2)においても確認されている。

3. 測定結果と考察

測定結果を表-2から表-4に示す。

本橋梁の建設当時は、まだJISも制定されておらず、また締付機も十分になかったもので、W7/8のボルトについては、F11T、F13Tとも、インガーソルランド社製のインパクトレンチ(トーションバー方式)を用いて約23^tで締付けられた。この値は、 $T = K \cdot D \cdot N$ より $T = 67 \text{ Kg} \cdot \text{f} \cdot \text{m}$ 、 $K = 0.13$ $D = 0.002223 \text{ m}$ より求められる。

①表-4より、継手A、B、Cの残存軸力のばらつきは、変動係数で10%前後であり、締付軸力のばらつきも同程度であろうと推定される。これは従来の報告とも合致している⁽¹⁾。

②約15年経過した高力ボルトの軸力低下量は、初期軸力が明確でないが、約20%前後であろうと推定される。

③継手D、Eの軸力が低く、大きくばらついているが、これらの継手は、頭締めによる締付けが行なわれた箇所であり、ボルト軸と母材、または添接板の孔面との接触により、見かけ上のトルク係数値が非常に大きくなり、軸力が正しく導入されなかったボルトが混在したためではないかと考えられる。高力ボルトの頭締めによる締付け施工は、鋼床版橋梁などで多用されているが、それらの軸力を測定できる機会は少なく、今後の調査を待たなければならないが、この方法による締付け施工を行なう場合は、上記の点について十分な注意が必要である。

④F13Tボルトは遅れ破壊が問題となって、現在は使用されていないが、今回取換えを行なった約4万本の中では破損ボルトは発見できなかった。

⑤腹板や下フランジ部のボルトは全く腐食していなかったが、鋼床版部のボルトの首下部には錆が見られた。

⑥軸力解放時にトルクレンチによって戻しトルクを測定したが、表

-4に示すように、残存軸力との相関関係はほとんど認められなかった。

4. あとがき

本測定中、頭締め施工ボルトの測定結果で、軸力が低かったが、測定本数も少なく、他の調査側も皆無の状態であるので、この理由の解明には今後他の施工箇所における調査が望まれる。最後に、本調査にあたって、終始有益な御討議を頂きました関西道路橋調査研究委員会継手小委員会の各位に深く感謝致します。(参考文献)

(1) 西村昭他「現場締め高力ボルト軸力のばらつきについて」土木学会論文集1970年9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

表-2 測定軸力

F 9 T W 3 / 4 (Ton)		
継手A	万能試験機 による引張	トルク試験機 による締付け
A-1	12.8	13.0
A-2	12.3	12.0
A-3	9.9	10.0
A-4	11.5	11.9
A-5	11.5	12.7
A-6	10.4	9.4
A-7	12.5	12.9
A-8	11.8	11.7
平均値	11.5	11.7

表-3 測定結果

F 1 1 T W 7 / 8 (Ton)			
継手 B		継手 C	
B-1	18.5	C-1	15.0
B-2	20.5	C-2	16.1
B-3	23.2	C-3	15.5
B-4	17.7	C-4	19.3
B-5	21.4	C-5	15.7
B-6	20.3	C-6	18.4
B-7	19.2	C-7	20.4
B-8	19.3	C-8	19.1
平均軸力 18.7 (n=16)			

表-4 測定結果の総括

継手箇所	ボルト 等級	標本数 (本)	平均値 (Ton)	変動係数 (%)	軸力と戻しトルク の相関関係
A	W 3 / 4 F 9 T	8	11.5	8.9	0.241
B	W 7 / 8 F 1 1 T	8	20.0	8.7	0.367
C	W 7 / 8 F 1 1 T	8	17.4	12.0	0.448
D	W 7 / 8 F 1 3 T	8	15.1	27.0	0.589
E	W 7 / 8 F 1 3 T	6	12.8	41.4	0.683