

1-240 高力ボルト引張接合・長締め形式に関する研究(その4)

武蔵工業大学 正会員 西脇威夫  
 武蔵工業大学 正会員 増田陳紀  
 武蔵工業大学 正会員 皆川 隆

1. まえがき

現場において鋼部材を連結する手段として、高力ボルトが実用化されて既にながりの年月がたっている。しかし、土木構造物では摩擦接合が用いられることが多く、ボルト軸方向に引張外力を作用させる、いわゆる引張接合は、二、三の例はあるが、多用されているとは言えない。一方、橋脚や吊橋あるいは斜張橋の主塔などをコンクリート基礎に連結する場合には、大径のボルトが用いられることが多い。さらに主塔の現場接合にこれを用いるならば、塔外面に添接板やボルトが露出することなく美観的にも優れているとともに、現場溶接と比べ、おびただしく現場作業を減少させることができ、急速施工の観点からも優れた接合方法と考えることができる。道路橋示方書によれば、この引張接合を採用する場合には、ボルトの許容応力度、締付け力、継手部の剛性、応力状態などについて十分な検討を行うことが求められている。著者らは、それらについての基本的な実験的及び解析的検討を実施してきたので報告する。実験に用いた試験体は図-1に示すものである。

2. ボルトに生ずる付加応力

2-1 測定によって得られる付加応力

ボルトに生ずる付加応力は接触面の粗さによって影響を受ける。現在、吊橋の主塔ではメタルタッチの場合には表面粗さは12s以下が求められた例<sup>1)</sup>があるが、12sでも50sでも圧縮力の伝達にはほとんど関係ないとも報告されている<sup>2)</sup>。ボルトに生ずる付加応力に対する影響を知るため、溶接したままと表面粗さを20s程度に仕上げた場合とで付加軸力係数( $\alpha$ )を比較すると表-1のようになる。また、外力とボルト付加軸力の関係が直線関係を保つ範囲も、接合面の仕上げにより改善することができ、仕上げ後は、外力がボルト軸力の60%~90%程度までの範囲で直線関係を保つ。除荷により初期導入軸力( $B_0$ )が減少することもある。初期導入軸力の90%の外力を載荷した後、外力を0とした場合に対する測定結果を表-2に示す。数値は初期導入軸力に対する百分率で示してある。表-2より最も変動軸力の大きいものは8.9%である。これを応力度に換算すると、 $4 \text{ kg/mm}^2$ となり耐力の約6%に相当する。荷重範囲を $-0.9B_0$ から $+0.9B_0$ とした場合のボルト付加軸力の測定結果を図-2に示す。この場合には荷重がボルト初期導入軸力の $-0.9B_0$ から $+0.9B_0$ までの範囲にあれば、ボルト付加軸力は外力に対し線形であ

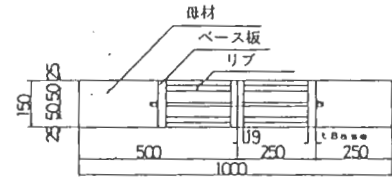


図-1 試験体

表-1 付加軸力係数( $\alpha$ )

試験体	B-2	C-1	D-1	D-2
仕上げ前	0.081	0.069	0.066	0.073
仕上げ後	0.019	0.042	0.029	0.028

表-2 載荷時と除荷時のボルト軸力(%)

試験体	B-2		C-1		D-1	
	載荷時	除荷時	載荷時	除荷時	載荷時	除荷時
仕上げ前	7.5	-1.3	8.4	-0.5	7.0	-0.3
仕上げ後	3.4	0	4.4	0	3.1	0

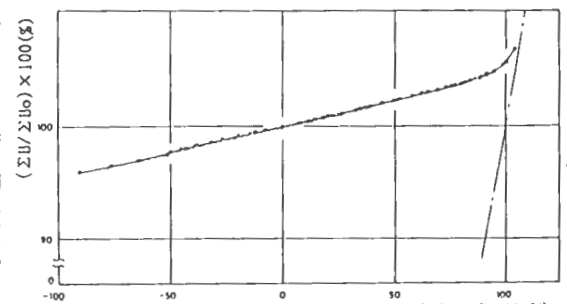


図-2 荷重とボルト付加軸力  $(F/\Sigma B_0) \times 100(\%)$

る。0.9B<sub>0</sub>と0.1B<sub>0</sub>の荷重範囲で200万回の繰返し載荷を行った場合に、初期導入軸力は僅かであるが減少する。その状況を図-3に示す。C-1及びD-1試験体では軸力減少は0.3%程度であり、応力度に換算すれば0.1kg/mm<sup>2</sup>程度である。200万回載荷中に実施した静的測定結果は、繰返し載荷を行う前のそれによって示される諸挙動との間にほとんど変化は見られなかった。

2-2 ボルト付加応力の数値計算

引張荷重をボルト、リブと母材及びベース板より成るバネ系としてモデル化すると、ボルトに生ずる付加軸力 ΔBは次式で示される<sup>3)</sup>。

$$\Delta B = \alpha F = \frac{1}{1 + \frac{K_{Rib} + K_{Base}}{K_{Bolt}}} F \quad (1)$$

上式中K<sub>Base</sub>はベース板のたわみ剛性をモデルのバネ係数とするものであり、ベース板のワッシャー位置の平均たわみをwとすると

$$K_{Base} = P / w \quad (2)$$

で求められる。上式中のwを求めるモデルを図-4

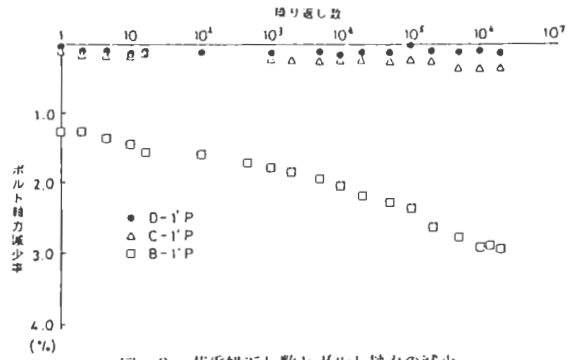


図-3 荷重繰返し数とボルト軸力の減少

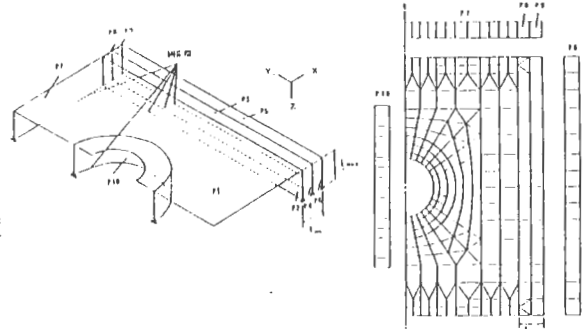


図-4 ベース板解析モデル 図-5 ベース板の有限要素分割

に示す。これを、図-5に示す有限要素分割を行ってwを求める、wは近似的に次式で求まる。

$$w = \frac{12}{192} \frac{P}{E} \frac{1}{a \left(\frac{B}{l_{Rib}}\right)^3 + b \left(\frac{B}{l_{Rib}}\right) + c} \frac{1}{\phi l_{Rib}} \left(\frac{B}{l_{Rib}}\right)^3 \quad (3)$$

P : (2)式に用いられるPで、K<sub>Base</sub>を求めるにはP = 1。  
 E : ヤング係数(2.1 × 10<sup>6</sup> kg/cm<sup>2</sup>)  
 B : ベース板の純支間長(mm)  
 t<sub>Base</sub> : ベース板の板厚(mm)  
 l<sub>Rib</sub> : ベース板を支えるリブの板厚(mm)  
 φ : φ = B / l<sub>Rib</sub>

$$a = -5.148 \times 10^{-5} \phi^2 - 1.163 \times 10^{-9} \phi + 3.340 \times 10^{-4} \quad b = 1.812 \times 10^{-3} \phi^2 - 1.379 \times 10^{-2} \phi + 1.060 \times 10^{-3}$$

$$c = -5.165 \times 10^{-3} \phi^2 + 3.443 \times 10^{-2} \phi + 7.833 \times 10^{-3}$$

上式によって求められた付加軸力係数 α<sub>c</sub> と実測値 α<sub>m</sub> を比較したものを表-3に示す。

3. 各部の応力状態

各部の応力状態については当日報告する。

表-3 付加軸力係数の実測値と計算値

試験体	B-2	C-1	D-1
計算値 α <sub>c</sub>	0.015	0.044	0.029
実測値 α <sub>m</sub>	0.019	0.042	0.029

◆参考文献◆

- 1) 因島大橋塔工事施工報告、本四技報、Vol.4, No.14, pp8~14, 1980.10
- 2) 下川他、吊橋主塔現場水平継手の応力・変形挙動に関する実験的研究、土木学会論文集、332号、pp35~45, 1983.4
- 3) 高力ボルトの引張接合について、JSSC、Vol.3, No.24, 1967.12