

I-A200 曲面部材の高力ボルト継手の引張実験

駒井鉄工(株) 正員 秋山寿行 建設省中国地方建設局 加藤弘行
駒井鉄工(株) 橋 肇 駒井鉄工(株) 谷口利行

1. まえがき 近年、橋梁に美観的な配慮が求められることが多くなっている。鋼橋においても、美観上の理由により、曲面を有する部材が用いられている。本実験の対象となった実橋（下路式ローゼ橋）でも、同様に美観上の理由により補剛桁の吊材とアーチリブの上支材に曲率半径 486mm および 435.2mm の鋼管部材を用いている。また、現場継手として高力ボルト摩擦接合を採用している。このように曲率半径が小さい曲面部材の高力ボルト継手について、継手強度の検証を目的として、高力ボルト継手の引張実験を行った。ここではこの引張実験の結果について報告する。

2. 実験供試体 供試体の製作条件として、すべり強度・降伏強度比 β ¹⁾（表-1 参照）を対象モデルと同程度とする。高力ボルトは等級 S10T、ねじの呼び M22 とし、平座金を 2 枚用いる。ボルト孔の径は $\phi 26.5\text{mm}$ とする。ボルト締め付け軸力は設計軸力(201kN)の 1 割増しとする。また、すべり面はショットブラストによりミルスケールを除去した後、赤錆を発生させ、組立て時に浮き錆を除去する。供試体は実橋の上支材 A (曲率半径 486mm, $\beta = 1.03$) に対応する A タイプと上支材 B (曲率半径 435.2mm, $\beta = 1.16$) に対応する B タイプの 2 種類とし、各 3 体で合計 6 体である。供試体の形状を図-1 および表-1 に示す。

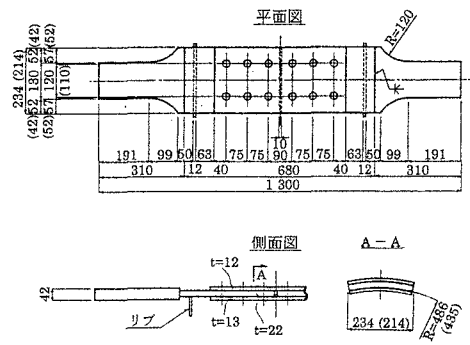
3. 引張試験要領 載荷能力 200tf の万能引張試験機に供試体を鉛直に取り付ける。そして、継手部にすべりが発生するまで、徐々に引張荷重を載荷する。なお、引張試験は、ボルト締め付け後少なくとも 7 日以上経過した後に行う。測定項目は、①高力ボルトの軸力、②母材および連結板のひずみ、③供試体の全伸び、④母材と連結板の相対変位量、⑤すべり荷重 などである。

4. 実験結果

4.1 すべり強度 図-2 に継手全体の伸びおよび母材と連結板のずれを、表-2 にすべり荷重の実験値 N_{SL} およびすべり係数 μ を示す。すべり係数 μ は引張開始時のボルト軸力に基づく値である。ボルト軸力は A-3 で 233kN/本、B-3 で 232kN/本である。

A タイプおよび B タイプともに $\beta > 1.0$ で、母材降伏がすべりに先行するタイプである。すべり現象が母材の降伏およびボルトの軸力抜けにより、最初に最外列のボルト位置で部分すべりが発生し、その後、主すべりが発生している（図-2）。

すべり荷重の実験値は、A タイプで公称値の約 1.38 倍、B タイプで約 1.28 倍であり、公称値に対して約 30% 前後の余裕



注) () 内数値は B タイプを示す。

図-1 供試体の形状

表-1 供試体の断面諸元

供試体の記号		A-1,2,3	B-1,2,3
母材の曲率半径 (mm)		497	446
母 材	板厚 (mm)	22	22
	板幅 (mm)	236.2	216.1
	$A_g (\text{cm}^2)$	51.96	47.54
	$A_n (\text{cm}^2)$	40.08	35.66
外側連結板	板厚 (mm)	12	12
	板幅 (mm)	244.3	224.3
	$A_g (\text{cm}^2)$	29.32	26.92
	$A_n (\text{cm}^2)$	22.84	20.44
内側連結板	板厚 (mm)	13	13
	板幅 (mm)	227.9	20.76
	$A_g (\text{cm}^2)$	29.63	26.99
	$A_n (\text{cm}^2)$	22.61	19.97
高力ボルト本数 (本)		6	6
N_{SL}^* (kN)		964	964
$N_{Yn,f}^*$ (kN)		943	839
$\beta = N_{SL}^* / N_{Yn,f}^*$		1.023	1.150

*母材と連結板の鋼種はいずれも SS400 である。

*母材の曲率半径は板厚中心位置を示す。

* N_{SL}^* はすべり強度公称値である。

* $N_{Yn,f}^*$ は母材の降伏強度公称値である。

キーワード：高力ボルト摩擦接合継手、曲面部材、すべり強度、降伏強度

連絡先：〒555-0041 大阪市西淀川区中島 2-5-1 駒井鉄工(株) TEL 06-6475-2112 FAX 06-6475-2132

がある。すべり係数についても、Aタイプで公称値（＝0.4）の約1.19倍、Bタイプで約1.11倍であり、公称すべり強度を確保している。すべり係数について、Aタイプの方がBタイプより大きい。これは曲率半径よりもむしろ β 値の大小の影響によるものであると考える。ボルト孔を拡大孔としたことによるすべり強度への影響は、通常孔の実験データがないため明らかではないが、少なくとも本実験データでは、拡大孔によるすべり強度の著しい低下は現れていない。

4.2 降伏強度 図-3に母材および連結板の一般部と最外ボルト列位置の荷重－ひずみ図を示す。グラフの値は供試体の両面の平均値、または、両コバ面の平均値である。また、表-3に供試体の降伏強度を示す。ここに、 $N_{Yn,f}^*$ および $N_{Yn,s}^*$ は降伏点公称値および純断面積公称値に基づく値である。 $N_{Yn,f1}^*$ および $N_{Yn,s1}^*$ は降伏点材料試験値および純断面積計測値に基づく値である。

Aタイプの母材について、荷重 $N_{Yn,f1}^*$ 付近まではひずみは線形的に変化している。それ以降において降伏が進んでいるようである。継手部材の降伏強度の実験値はAタイプで1160kN、Bタイプで1120kNである。そして、母材純断面積降伏強度公称値に対する比率はAタイプが1.23、Bタイプで1.34であり、いずれも公称強度に対して20%以上の余裕がある。しかし、材料強度試験値や純断面積計測値に基づく降伏強度に対する比率はAタイプが1.04、Bタイプで1.11であり、あまり余裕はない。このことは引張荷重が偏心し偏心曲げの影響により、部分的に鋼板の降伏が進んだためと思われる。

5. まとめ 曲率半径が小さい曲面部材の高力ボルト摩擦接合継手について引張実験を行った。実験の結果、①すべり荷重については公称強度に対して約30%前後の余裕があり、すべり係数も公称値を確保している。②継手部材の降伏強度については、公称強度に対して20%以上の余裕があり、安全性を確保している。など高力ボルト継手の強度に関する安全性を確認することができた。

6. あとがき 今後、鋼構造物について景観を考慮して、鋼管部材や曲面部材を用いた構造が採用されることが増えると考えられる。このような部材の高力ボルト継手の設計法に対して本報告が参考になれば幸いである。最後に、本実験に際して多大なご協力を頂いた日鐵ボルト株式会社の方々、そして、関係各位に深く感謝の意を表します。

参考文献 1) 秋山・西村・亀井・池端：高力ボルト摩擦接合引張継手の限界状態の区分、鋼構造年次論文報告集、第3巻、pp. 289-296、1995. 11.

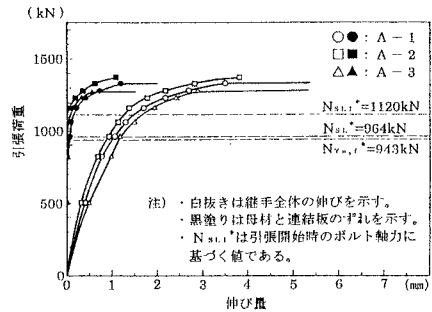


図-2 荷重－伸び（Aタイプ）

表-2 すべり強度

供試体 記号	すべり荷重 (kN)		すべり係数 μ
	実験値	N_{SL}/N_{SL}^*	
A-1	1332	1.382	(0.476)
A-2	1372	1.423	(0.491)
A-3	1278	1.326	0.457
平均値		1.377	0.475
B-1	1214	1.259	(0.436)
B-2	1230	1.276	(0.442)
B-3	1244	1.290	0.447
平均値		1.275	0.442

注) () 内は推定値である。

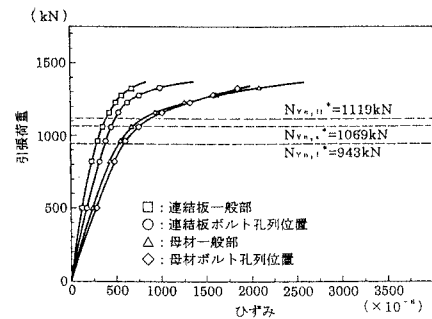


図-3 荷重－ひずみ（Aタイプ）

表-3 降伏強度

供試体の記号	A-1,2,3	B 1,2,3
母材純断面積降伏強度		
$N_{Yn,f}^*$ (kN)	943	839
$N_{Yn,f1}^*$ (kN)	1119	1009
連結板純断面積降伏強度		
$N_{Yn,s}^*$ (kN)	1069	950
$N_{Yn,s1}^*$ (kN)	1303	1149
降伏強度実験値		
N_Y (kN)	1160	1120
比率		
$N_Y/N_{Yn,f}^*$	1.230	1.335
$N_Y/N_{Yn,f1}^*$	1.037	1.110