

第 I 部門

高力皿型トルシアボルトの締結・継手性能の実験

大阪市立大学工学部 学生員 ○小西 美里
 大阪市立大学大学院 正会員 山口 隆司

大阪市立大学大学院 正会員 林 厳
 日鉄ボルテン (株) 正会員 吉見 正頼

1. 研究背景および目的

現在、連結板の平滑性が求められる摩擦接合継手に皿型高力ボルト(以下、皿型ボルト)が使用されている¹⁾が、現場施工では、導入軸力をトルク管理する必要があり、施工性の向上が課題となっている。そこで、締付け完了をピンテール破断で判断でき、締付け後のトルクチェックが不要となる図-1 に示す高力皿型トルシアボルト(以下、皿型トルシア)が開発された。しかしながら、その締結・継手性能に関する既往研究は存在しない。

本研究では、皿型トルシアの締付け軸力、長期リラクセーション特性およびすべり挙動を実験的に検討する。

2. 皿型トルシアの締付け軸力

皿型トルシア C10T(M22)の締付け軸力は、ロードセル型軸力計(以下、軸力計)を用いて測定した。締付けには、シャーレンチを用い、計測間隔は1秒とした。締付け本数は、首下長さ75mm, 90mmで各30本である。

皿型トルシアの締付け軸力を表-1、度数分布を図-2に示す。締付け軸力は、首下長さ75mmでは229kN、首下長さ90mmでは235kNであり、そのばらつきは3%程度であった。既往研究²⁾のトルシア型ボルト S10T(M22)の軸力では、625本の平均は230kN程度、ばらつきは3%程度と報告があることから、S10T(M22)相当の締結性能を有することが分かる。また、図-2により、締付け軸力は、首下長さ75mmの方が低くなったが、その差は2%程度であり、製作誤差によるものと考えられる。

3. 長期リラクセーション特性およびすべり試験

試験ケースを表-2、試験体寸法を図-3に示す。長期リラクセーション特性試験(以下、長期リラクセーション試験)とすべり試験ともに、試験パラメータは、ボルトの種類、孔径、すべり/降伏耐力比 β である。接合面処理は、無機ジンクリッチペイントとした。すべり試験体のすべり側のボルト軸力は、図-1に示すボルト軸部に平行・対称に貼付けた2枚のひずみゲージで管理した。固定側ボルトは、先行してすべりが発生しないよう増締めした。

試験体数は、長期リラクセーションでは各ケース1体、すべり試

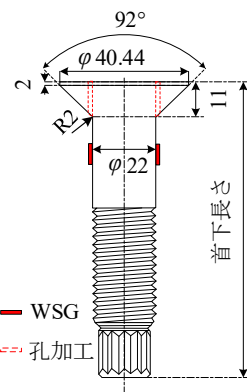


図-1 皿型トルシア

表-1 締付け軸力

	首下75mm	首下90mm
平均(kN)	229.3	234.8
標準偏差(kN)	7.4	7.3
変動係数(%)	3.2	3.1

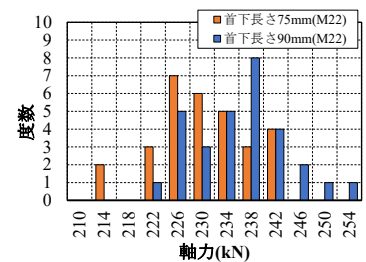
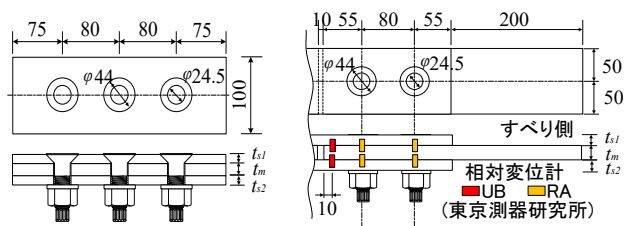


図-2 締付け軸力の度数分布

表-2 試験ケース

試験ケース	試験体数		すべり側 ボルトの 種類	鋼材の 材質	孔径 (mm)	ざぐり部 切削深さ t_{up} (mm)	連結板 板厚 t_s (mm)	母板 板厚 t_m (mm)	すべり /降伏 耐力比 β_d	連結板/ 母板降伏 耐力比 γ_d
	長期 リラク	すべり 試験								
H-12S-16S-12S	1	5	高力六角 ボルト(H)	SM 490Y	24.5 (S)	9.2	12	16	0.94	1.50
CT-12S-16S-12S	1	5	皿型 トルシア (CT)		24.5 (S)				0.84	1.43
CT-12O-16O-12O	1	5	皿型 ボルト(C)	SM 490	26.5 (O)	8.25	12	16	0.86	1.43
	0	5			26.5 (O)				0.86	1.44
C-12S-16S-12S	0	5	高力六角 ボルト(H)	SM 490Y	24.5 (S)	9.2	16	22	0.68	1.45
H-16S-22S-16S	1	5	皿型 トルシア (CT)		24.5 (S)				0.61	1.40
CT-16S-22S-16S	1	5	高力六角 ボルト(H)	SM 490Y	26.5 (O)	9.2	16	22	0.62	1.40
CT-16O-22O-16O	1	5	皿型 トルシア (CT)		26.5 (O)				0.62	1.40



(a) 長期リラク

(b) すべり試験

図-3 試験体寸法(単位:mm)

験では、各ケース5体実施した。計測間隔は、長期リラク試験では締付け後1時間後まで1秒、24時間後まで1分、それ以降は15分として、すべり試験では1秒間隔とした。ボルトの締付け軸力は、締付け後の3秒後を100%とした。すべり試験は、締付け完了から72時間以降に、万能試験機により実施した。载荷速度は、1kN/sを目安とした。相対変位は、図-3(b)に示す位置で計測した。

4. 試験結果と考察

長期リラク試験の締付け後 3 ヶ月経過時の軸力残存率と、締付け後 1 日後の軸力残存率を図-4 に示す。

締付け後 3 ヶ月経過までの軸力残存率は、ボルト種別、すべり/降伏耐力比、孔径によらず、概ね同程度の低下傾向にある。ただし、現時点でもやや低下しているため、引き続き計測を行う。また、皿型トルシアの長期リラク特性は、締付け 1 日後には 5% 程度低下し、3 ヶ月経過後までにさらに 5% 程度低下する。現時点での、軸力残存率は、90%~91% 程度である。高力六角ボルト（以下、六角ボルト）のそれと比べると、1~2% 程度の差であることから、ほぼ同等と言える。

各試験ケースのすべり係数を図-5 に示す。すべり係数は、試験前ボルト軸力で算出したものである。すべり係数は、全てのケースで 0.60 程度かそれ以上となり、皿型トルシアのそれは、六角ボルトと同等であった。また、ボルト孔径による違いは認められず、文献 1) の傾向と一致した。すべり/降伏耐力比 β による違いは、 $\beta=0.68$ 以下のケースは、 $\beta=0.84$ 以上のそれより、約 4% 高くなった。これは、図-6(a) に示すように、 β が小さいと母材の降伏が生じにくく、ボルトの軸力が低下しにくいためと考えられ、文献 3) の傾向と一致した。

皿型トルシアと皿型ボルトを比較すると、すべり係数は、図-5 の赤色マーカーより同等であることがわかる。また、図-6(b) に示す試験中のボルト軸力の低下率の傾向もほぼ同じ結果であった。さらに、図-7 に示す荷重-相対変位の関係も、ほぼ同様の傾向を示すことがわかった。

5. まとめ

本研究では、皿型トルシアの締付け性能および、これを用いた継手性能を実験的に検討した。得られた結果を以下に示す。

- 1) 皿型トルシアは、従来のトルシア型高力ボルトと同等の締結性能を有していることがわかった。
- 2) 皿型トルシアの軸力低下の傾向は、六角ボルトと同程度であることがわかった。
- 3) 皿型トルシアのすべり係数は、皿型ボルト、六角ボルトのそれと同等であり、拡大孔であっても、影響はほぼない。
- 4) 皿型トルシアは、皿型ボルトと同等の継手性能を有しており、施工性を向上できる。

<参考文献>

- 1) 郎ら：連結板ざぐり部の表面処理の仕様が皿型高力ボルト

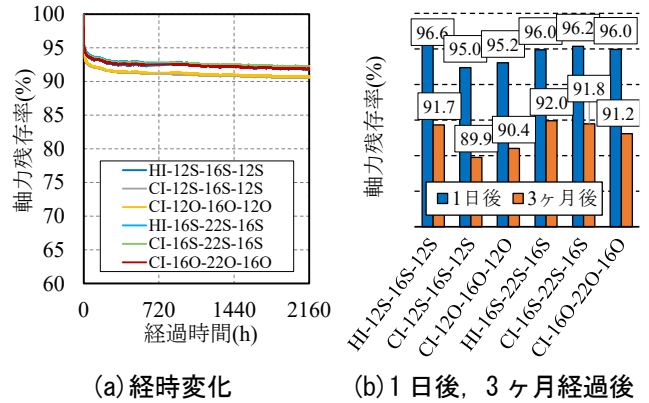


図-4 締付け後のボルト軸力残存率

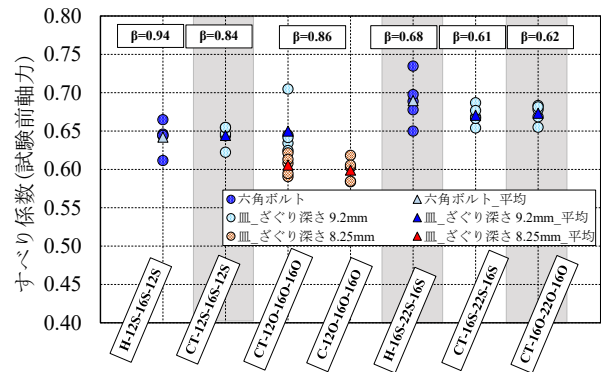


図-5 すべり係数分布

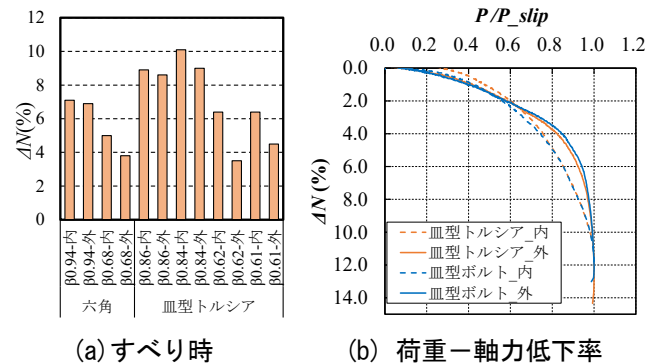


図-6 ボルト軸力低下率(%)

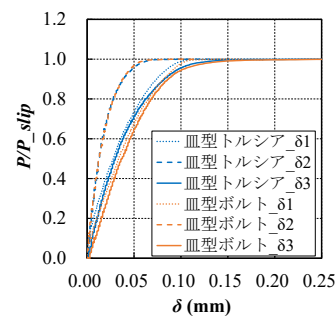


図-7 荷重-相対変位関係

摩擦接合継手のすべり耐力に及ぼす影響, 構造工学論文集 A, Vol.67, pp.349-359, 2021.

- 2) 南ら：トルシア形ボルト S10T(M22)の導入軸力および機械的性質の統計調査, 土木学会論文集 A1, Vol.74, No.2, pp.280-289, 2018.
- 3) 田畑ら：皿型高力ボルトを用いた摩擦接合の継手性能に関する研究, 構造工学論文集 A, Vol.59, pp.808-819, 2013.