

接合面にテーパーを有する高力ボルト摩擦接合継手の力学的挙動に関する実験的研究

大阪市立大学大学院 学 生 員 ○山本 佑大
大阪市立大学大学院 正 会 員 山口 隆司

熊本大学大学院 正 会 員 森山 仁志
九州工業大学大学院 正 会 員 高井 俊和

1. 研究背景および目的

高力ボルト摩擦接合継手において、すべり耐力だけでなく限界状態³⁾が想定するすべり後の耐力も上昇させることで、継手の合理化が期待される。

本研究では、接合面にテーパーを設け、すべり抵抗を付加することによるすべり耐力の上昇、さらにはすべり後の各ボルト孔の支圧変形量を均等化させることによる耐力上昇を考えた。接合面にテーパーを設けた継手の検討事例が少ないため、すべりおよびすべり後挙動に着目して引張ならびに圧縮載荷試験を行った。

2. 試験体

本試験で用いた引張試験体の形状ならびに寸法を図-1に示す。また、使用鋼材の鋼種および材料特性を表-1に示す。継手部の形状は引張、圧縮試験で共通である。テーパーなしの基準試験体（以下、引張は試験体 NP-T、圧縮は試験体 NP-C）、両勾配のテーパーを設けた試験体（以下、引張は試験体 VP-T、圧縮は試験体 VP-C）、片勾配のテーパーを設けた試験体（以下、引張は試験体 TP-T、圧縮は試験体 TP-C）をそれぞれ用意した。試験体 VP は引張ならびに圧縮の両方向で耐力上昇を期待し、試験体 TP はテーパーの勾配を一方に設けることで継手全体での耐力上昇を期待する構造とした。

基準となる母板の板厚は $t_m = 38\text{ mm}$ 、連結板の板厚は $t_{spl} = 19\text{ mm}$ である。縁端距離、ボルトピッチの寸法は、それぞれ 40, 50 mm とした。すべり側に使用するボルトは M16 (F10T) であり、試験体のボルトの孔径は、M22 と M16 の縮尺率を考慮して、17.8 mm とした。試験体数は、引張、圧縮試験それぞれでテーパーなしの試験体が 3 体、両勾配、片勾配の試験体が 2 体ずつである。

3. 試験結果

3. 1 すべり係数

すべり係数とすべり耐力を図-2に示す。本試験で

は、母板縁端部から 10 mm 離れた位置での母板・連結板間の相対変位が 0.2 mm に達した時の荷重もしくは最大荷重をすべり耐力²⁾とした。すべり係数 μ は、式 (1) を用いて算出した。

$$\mu = \frac{P_{sl}}{m \cdot n \cdot N} \tag{1}$$

ここで、 P_{sl} : すべり耐力(kN), m : 接合面の数 (= 2), n : ボルト本数 (= 6), N : 試験前ボルト軸力(kN)

試験体 VP のすべり係数は試験体 NP より引張、圧縮試験でそれぞれ約 5, 3 %大きくなった。試験体 TP のすべり係数は、試験体 NP より引張、圧縮試験でそれぞれ約 16, 24 %小さくなった。

3. 2 荷重と相対変位の関係

引張ならびに圧縮試験体のボルト No.1 と 6 の位置における荷重と母板・連結板間の相対変位の関係の一例を図-3に示す。試験体 VP のボルト No.1 と 6 の位置において、引張試験では No.1 で母板と連結板のテーパーが噛み合い、相対変位が抑制され、すべり後の曲線の勾配が試験体 NP-T よりも大きくなり、

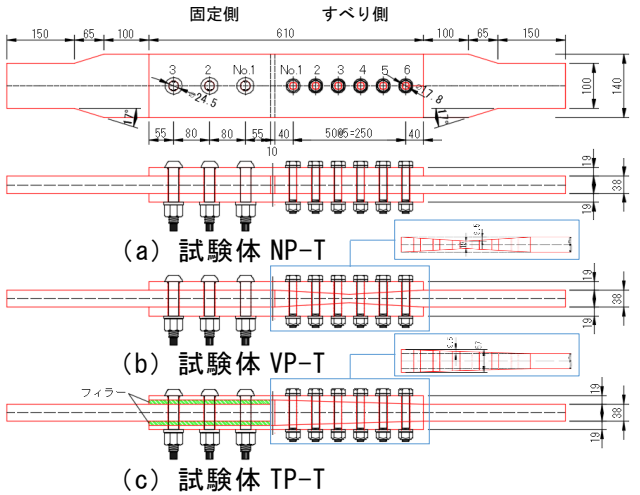


図-1 引張試験体の形状寸法（単位：mm）

表-1 鋼種および材料特性

鋼種	使用部材	板厚 t (mm)	弾性係数 E (N/mm ²)	ポアソン比 ν	降伏点 σ_y (N/mm ²)	引張強度 σ_t (N/mm ²)	降伏点ひずみ $\varepsilon_y = \sigma_y / E$ ($\times 10^{-6}$)	降伏比 $YR = \sigma_y / \sigma_t$	伸び (%)
SM490YB	NP,TPの連結板	19	211,973	0.286	424.1	556.3	2,001	0.76	50.1
	NP,VPの母板 VPの連結板	38	207,637	0.285	373.4	520.9	1,798	0.72	32.8
SM520C-H	TPの母板	60	212,589	0.280	488.4	595.2	2,297	0.82	26.3

キーワード テーパー, 高力ボルト摩擦接合継手, 引張試験, 圧縮試験
連絡先 〒558-8585 大阪市住吉区杉本 3-3-138 大阪市立大学大学院 工学研究科 都市系専攻 橋梁工学分野
TEL&FAX 06-6605-2765

$P/P_y = 0.654$ 時での相対変位量は約 21 % 小さくなった. No.6 では, テーパーが噛み合う方向でないため, 試験体 NP-T よりもすべり後の曲線の勾配は小さくなり, $P/P_y = 0.654$ 時での相対変位量は約 13 % 大きくなった. 圧縮試験では, No.1, 6 の位置ともすべり後の曲線の勾配は, 平均で引張試験時に比べ大きくなったが, 試験体 NP-C に比べその増加の割合は小さく, $P/P_y = 0.654$ 時で試験体 NP-C の約 2 倍以上の相対変位量となった.

試験体 TP のボルト No.1 と 6 の位置において, 引張試験ではテーパーが噛み合う方向であるため, 両位置ともすべり直後の勾配が試験体 NP-T より大きい, 遊間部付近の連結板が薄く変形が大きいため, 最終的に曲線の勾配が小さく, 相対変位量は最も大きい. 圧縮試験では, テーパーが噛み合う方向でないため, 他の試験体よりもすべり後の曲線の勾配は小さく, 相対変位量は試験体 NP-C と同等であった.

3. 3 荷重とボルト軸力残存率の関係

試験体 VP-T と VP-C の荷重とボルト軸力残存率の関係の一例を図-4 に示す. 試験体 VP-T のボルト No.4~6 と試験体 VP-C のボルト No.1~3 のすべり後の軸力減少は, テーパーの角度が 3.3° で約 40 % となり, テーパーの角度が 1.7° の試験体 TP よりも軸力減少が大きくなった. しかし, 試験体 VP のすべり直後のボルト軸力の合計は, 引張試験では試験体 NP-T より約 2 % 大きく, 圧縮試験では試験体 NP-C と同等であったため, テーパー形状を検討することで, 軸力減少を抑えられると考えられる.

4. 結論

本研究で得られた結果を以下に示す.

1. 試験体 VP のすべり係数が荷重方向によらず, 試験体 NP より約 3~5 % 大きくなった.
2. 試験体 VP-T の荷重と相対変位の関係から, すべり後, テーパーが噛み合うことで試験体 NP-T に比べすべり後の曲線の勾配が大きく, 試験体 VP-T の相対変位量は約 21 % 小さくなった.
3. 荷重とボルト軸力残存率の関係から, 試験体 VP のテーパー形状を検討することにより, すべり後の継手全体のボルト軸力減少を小さくすることが可能である.

参考文献

- 1) 日本道路協会: 道路橋示方書・同解説, II 鋼橋・鋼

部材編, 2018.11.

- 2) 日本建築学会: 鋼構造接合部設計指針, 第 2 版, pp.281-283, 2006.3.

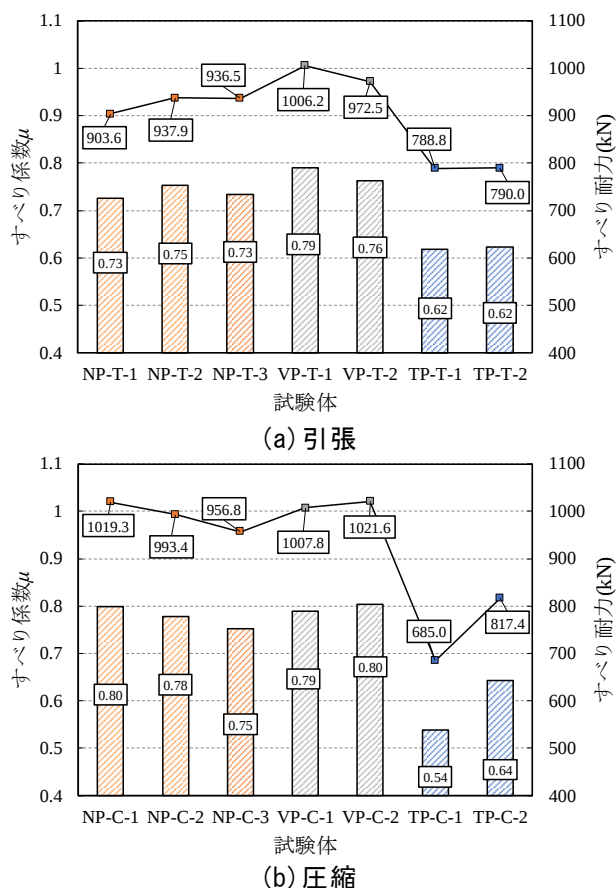


図-2 すべり係数とすべり耐力

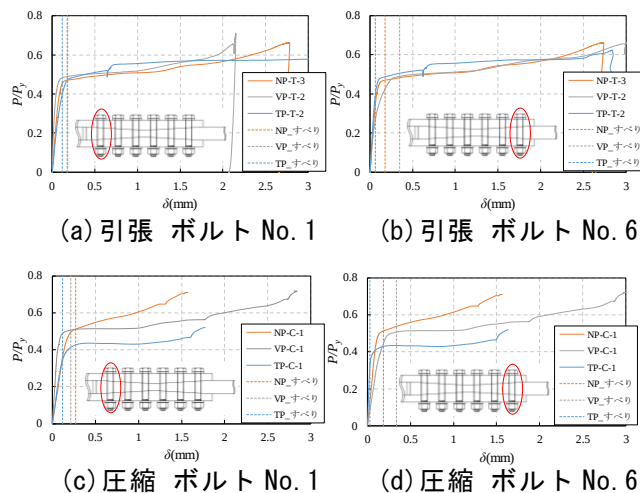


図-3 荷重と相対変位の関係

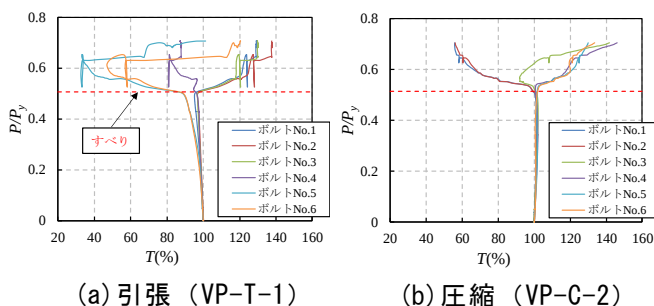


図-4 荷重とボルト軸力残存率の関係