

接合面にアルミ溶射を施した高力ボルト摩擦接合継手のすべりおよび降伏強度

新日鐵住金○高木優任 横河住金ブリッジ 利根川太郎 松野正見
 新日鐵住金エンジニアリング 水上繁樹 大阪市立大学 山口隆司
 大林組 竹本秀平(研究当時：大阪市立大学)

1. 研究目的 近年、鋼構造物の大型化や急速施工への要請の高まりに伴い、継手構造のコンパクト化が求められており、接合面にアルミ溶射を施すことで 0.7 以上の高いすべり係数を確保する技術¹⁾が注目されている。しかし、2017 年に改定された道路橋示方書²⁾では、継手の最大強度での安全性確保が求められるようになったことから、すべりや降伏に加えそれ以降の破壊に至るまでの挙動を確認することが重要となった。本文は、接合面にアルミ溶射を施した高力ボルト摩擦接合継手が終局に至るまでの挙動を確認するために行った一連の試験のうち、限界状態の一つであるすべりおよび降伏強度について、その結果を報告する。

2. 試験条件 高力ボルト摩擦接合継手のすべりおよび降伏強度は、その大小関係によって相互に強度に影響することから、本研究では次式で表されるすべり／降伏耐力比 β_d をパラメータとして試験体の設計を行った。

$$\beta_d = \text{設計すべり強度(すべり係数 } \mu = 0.7) / \text{母材純断面降伏強度(純断面積} \times \text{実測降伏強度)} \quad - (1)$$

試験体の形状および寸法を図-1 に示す。通常の設計では降伏強度は JIS 規格値を用いるが、本研究では評価のばらつきを抑えるため、別途実施した鋼材の材料試験に基づく実測の降伏強度を用いた。以降、 $\beta_d > 1.0$ を降伏先行型、 $\beta_d \leq 1.0$ をすべり先行型とする。

図-1 の 10 ケースの各々について 3 体ずつ、計 30 体の引張試験を行った。母板および連結板の材質は SM490 とし、高力ボルトは試験機の載荷能力を考慮して、F10T、M16 の 2 列配置とした。接合面は、連結板側はブラスト処理後にアーク溶射法によるアルミ溶射(皮膜厚 400 μm 以上)とし、母板側はブラスト処理(表面粗さ 50 μmRz 以上)とした。ボルトの締め付け目標軸力は、設計軸力の 1.1 倍として締め付け、1 週間以上経過した後、ひずみゲージでボルト軸力をモニタリングしながら、万能試験機で継手軸方向に引張載荷を行った。

3. 試験結果 (1)すべりあるいは降伏強度に至るまでの挙動 荷重と継手外側のボルト孔位置での母板と連結板の相対変位の関係を図-2 に示す。過去の試験結果と同様、接合面が音をたてて一気にすべることはなく、相対変位が次第に増大して行ったため、相対変位位置が 0.2mm となった荷重をすべり荷重とした。すべり先行型では相対変位が大きくなり始めたあとも勾配は低下するものの荷重は上昇し、降伏先行型では降伏により相対変位が増大し始めるとすべり先行型に比べ荷重の増加が緩やかな傾向が見られた。

(2)すべり強度 試験開始時の軸力で評価したすべり係数 μ_{e2} とすべり／降伏耐力比 β_d の関係を図-3 に示す。 β_d が 0.8 まではすべり係数の低下は認められないが、1.0 を超えると低下が見られた。これは、母材の降伏が先行することにより母材断面が細りボルト軸力が低下するためである。本試験の結果からすべり強度の回帰曲線を求めると、すべり係数低減率 $\lambda = 1.33 - 0.4\beta_d$ となり、図中に示した鋼構造接合部設計指針³⁾の提案式に比べて低減率が大きくなった。ただし、 $\beta_d = 1.0$ 以上は母材の降伏が先行して生じ、こちらが支配的な限界状態となるため、 $\beta_d = 1.0$ ですべり係数 0.7 以上を確保できていることから、実用的にはすべり係数 0.7 以上を確保できると考えられる。

また、既往の研究では連結板厚の影響が指摘されているが、 β_d が 0.8 以下ではすべり係数は大きく変動しないため、この範囲で連結板厚の影響を調査した(図-4)。図中には、降伏先行型の結果も参考に示したが、すべり先行型、降伏先行型ともに連結板厚が小さくなるとすべり係数が低下する傾向が見られた。しかし、橋梁の主部材に用いられる最低板厚(8mm)に近い 9mm でもすべり先行型のすべり係数は 0.8 程度を確保している。

キーワード 摩擦接合、アルミ溶射、すべり係数、降伏強度

連絡先 〒100-8071 東京都千代田区丸の内 2-6-1 新日鐵住金(株)建材開発技術部 TEL:03-6867-6866

(3)降伏強度 図-5 に母材純断面の降伏荷重の試験結果の一覧を示す。純断面降伏荷重は、外側ボルト孔位置のひずみゲージの値が急増する点で判定した。降伏先行型の場合、実験値は純断面降伏荷重の計算値の1.1~1.3倍程度となった。これは、高力ボルト摩擦接合継手では最外縁の孔位置に至る前に摩擦により荷重が連結板へと一部伝達されるためである。道路橋示方書の母材及び連結板の降伏に対する有効断面積は純断面積を1.1倍したものとされているが、本試験でも同程度の値が得られた。

4. まとめ 片面にアルミ溶射を施した高力ボルト摩擦接合継手のすべり強度、降伏強度のそれぞれに対し、従来提案されている評価手法（すべり／降伏強度比 β_d ）をパラメータにした試験を行った結果、すべり係数が 0.7 と高くなっても、一部相違はあるものの、従来の継手と同様の傾向を示すことを確認した。なお、本試験のすべり・降伏以降の終局強度に関する考察については、別報にて報告する。

参考文献

- 1) 東清三郎, 高木優任, 山口隆司: 連結板接合面にアルミ溶射を施した高力ボルト摩擦接合継手のすべり係数およびリラクセーション特性に関する実験的研究, 鋼構造論文集, Vol.24, No.96, pp.81-90, 2017.12.
- 2) 日本道路協会: 道路橋示方書・同解説, II 鋼橋・鋼部材編
- 3) 日本建築学会: 鋼構造接合設計指針 第3版, 2012.3.

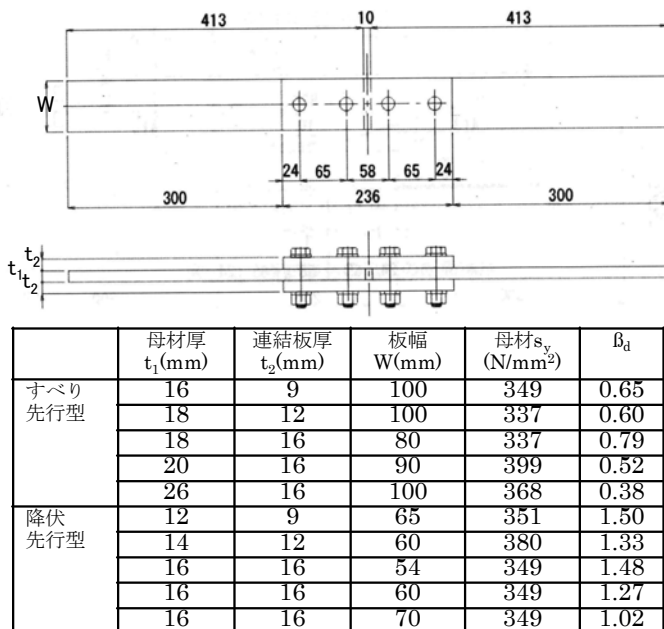


図-1 試験体の概要

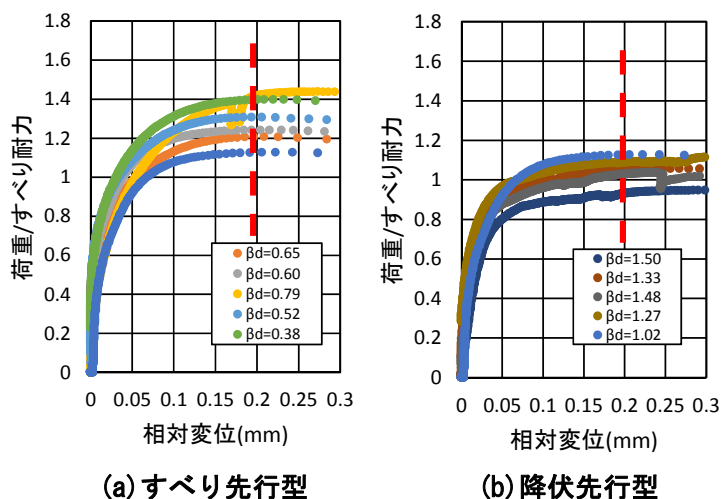


図-2 荷重-相対変位関係

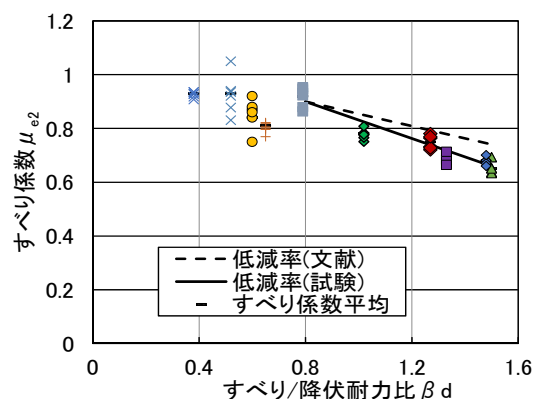


図-3 βd とすべり係数の関係

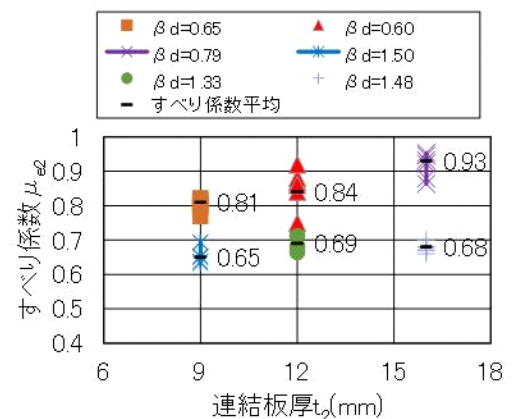


図-4 連結板厚とすべり係数の関係

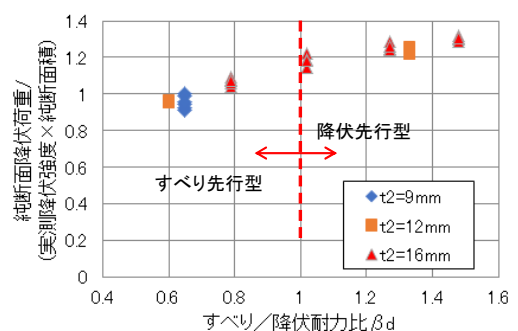


図-5 純断面の降伏荷重