

アルミニウム合金板摩擦接合継手のすべり試験における  
ボルト本数がすべり係数に与える影響

日本軽金属(株) 正会員 ○長尾 隆史  
日本軽金属(株) 正会員 萩澤 亘保  
大阪大学大学院 正会員 大倉 一郎

1. はじめに

鋼板の高力ボルト摩擦接合継手のすべり試験においては、片側ボルト本数が2本である。しかし、アルミニウム合金板の高力ボルト摩擦接合継手のすべり試験では、片側ボルト本数が1本の場合もある<sup>1),2)</sup>。本研究は、後者において、片側ボルト本数が1本の場合と2本の場合とですべり係数が異なるかどうかを明らかにする。

2. 試験片

試験片の種類を表-1、試験片形状を図-1に示す。試験片はA～Cの3種類であり、各5本製作した。使用した高力ボルトはM20(F10T)であり、試験片AにはF8T相当、試験片BとCにはF10T相当の軸力を導入した。試験片の片側のボルト締結部にすべりを発生させるために、左右の締結部の導入ボルト軸力を、それぞれ、設計ボルト軸力の10%、20%増しとした。

試験片の母材および添接板の材料はA6061P-T651であり、その機械的性質を表-2に示す。アルミニウム建築構造製作要領<sup>2)</sup>では、アルミニウム合金を被締結材とする高力ボルト摩擦接合継手に対して、一方の面または両方の面をブラスト処理により表面粗さRz 20μm以上の粗面とすることにより、0.45以上のすべり係数が確保できるとされている。したがって、母材に接する添接板の面に、表面粗さがRz 25.1～39.8μmとなるようなブラスト処理を施した。

次式から計算される試験片A～Cのすべり耐力比を表-1に示す。

$$\beta = \frac{\text{すべり耐力}}{\text{降伏耐力}} = \frac{m n \mu_d N_d}{(B-d) t \sigma_{0.2}} \tag{1}$$

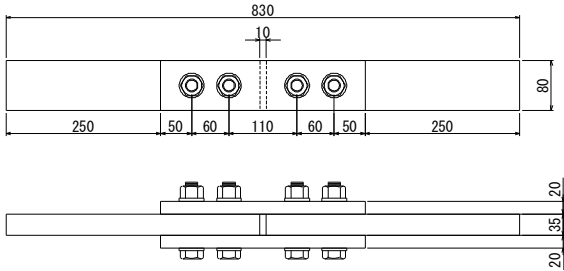
ここに、β：すべり耐力比、m：接合面の数、n：片側のボルト本数、μ<sub>d</sub>：設計すべり係数(=0.45)、N<sub>d</sub>：設計ボルト軸力、B：試験片の幅、d：ボルト孔径(=22.5mm)、t：母材の板厚、σ<sub>0.2</sub>：母材の0.2%耐力。

すべり耐力比が0.25～0.52であるので、試験片はすべり先行型の継手である。

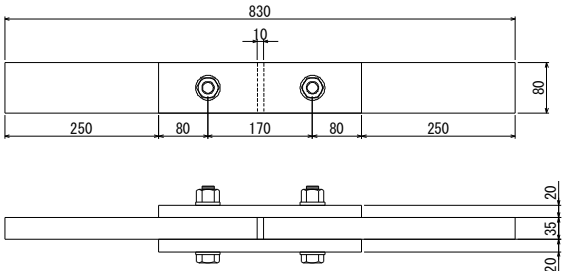
試験片のボルトの締め付けはトルク法によって行った。このときの試験片の温度は26.2～27.2℃であった。

表-1 試験片の種類

| 試験片 | 片側ボルト<br>本数 (本) | 適用<br>軸力 | 設計ボルト<br>軸力 (kN) | すべり<br>耐力比 β |
|-----|-----------------|----------|------------------|--------------|
| A   | 2               | F8T      | 133              | 0.415        |
| B   | 2               | F10T     | 165              | 0.515        |
| C   | 1               | F10T     | 165              | 0.258        |



(a) 試験片 A, B



(b) 試験片 C

図-1 試験片形状

表-2 母材および添接板の機械的性質

|     | 引張強さ<br>(MPa) | 0.2%耐力<br>(MPa) | 伸び<br>(%) |
|-----|---------------|-----------------|-----------|
| 母材  | 304.9         | 286.3           | 15.9      |
| 添接板 | 321.8         | 299.7           | 16.9      |

キーワード アルミニウム合金、高力ボルト、軸力、摩擦接合継手、すべり係数

連絡先 〒421-3203 静岡市清水区蒲原 1-34-1 日本軽金属(株) グループ技術センター TEL 054-385-5196

試験片の締付け前に実施したキャリブレーションから得られたトルク係数を表-3 に示す。試験片のボルト締付け後、試験片を定盤の上に乗せ、試験片の軸が真っ直ぐであることを確認した。ボルト締付け後の試験体は、すべり試験の実施日まで室温 28℃の部屋に置いた。

3. すべり試験

文献 3)によると、ボルト締結から 30 日後にはボルト軸力が 3～4%低下し、その後ボルト軸力はほとんど低下しない。そこで、試験体のボルト締結から 34～38 日後にすべり試験を実施した。このときの試験片の温度は 24.7～27.1℃であった。アルミニウム合金を被締結材とした鋼製高力ボルト摩擦接合継手では、アルミニウム合金と鋼の線膨張係数が異なるため温度変化によってボルト軸力が変化する。本試験では、ボルト締付け時とすべり試験実施時の試験体の温度差が-2.0～+0.7℃である。これに対するボルト軸力の変化は、文献 3)で示された理論計算によると -0.32～+0.11kN と小さいので、温度変化の影響は無視できる。

すべり試験では、すべりが発生する締結部側の母材と表面および裏面の添接板との相対変位をクリップ型変位計により測定し、図-2 に示すように、最初にすべりが生じたときの荷重をすべり荷重とした。すべり係数は次式により算出される。

$$\mu = \frac{P}{m \cdot n \cdot N} \tag{2}$$

ここに、 $\mu$ ：すべり係数、 $P$ ：すべり荷重、 $N$ ：すべり試験時のすべり側のボルト軸力。

すべり試験時のボルト軸力は、文献 3)で与えられた推定式から求めた。試験片 A～C のすべり係数の値を図-3、平均値および変動係数を表-4 に示す。導入ボルト軸力が異なる試験片 A と B を比較すると、すべり係数の平均値は F8T 相当の軸力を導入した試験片 A の方が大きい。片側ボルト本数が異なる試験片 B と C を比較すると、すべり係数の平均値は等しいが、片側ボルト本数が 1 本の試験片 C の方が、ばらつきが大きい。

4. 結論

アルミニウム合金 A6061P-T651 を被締結材とする 3 種類のアルミニウム合金板摩擦接合継手を製作し、これらのすべり試験を実施した。片側ボルト本数が 1 本と 2 本ですべり係数の平均値はほぼ等しいが、片側ボルト本数が 1 本の試験片の変動係数が 2 本のそれより大きくなる。したがって、すべり係数に対する片側ボルト本数 1 本と 2 本の違いは、平均値に関しては同じであるが、ばらつきに違いが現れるといえる。

参考文献

1) F.M. Mazzolani : Aluminium Alloy Structures, Second edition, E & FN SPON, 1995.  
2) アルミニウム建築構造協議会：アルミニウム建築構造製作要領 アルミニウム建築構造物製作工場認定規定および基準・同解説, 2003.  
3) 大倉一郎, 萩澤亘保, 長尾隆史：アルミニウム合金板摩擦接合継手における鋼製高力ボルトの軸力低下, 構造工学論文集 Vol.56A, pp.827-837, 2010.

表-3 トルク係数

| 締付軸力              | 平均値(n=5) | 変動係数 |
|-------------------|----------|------|
| 146.3kN (133×1.1) | 0.126    | 1.3% |
| 181.5kN (165×1.1) | 0.126    | 1.7% |

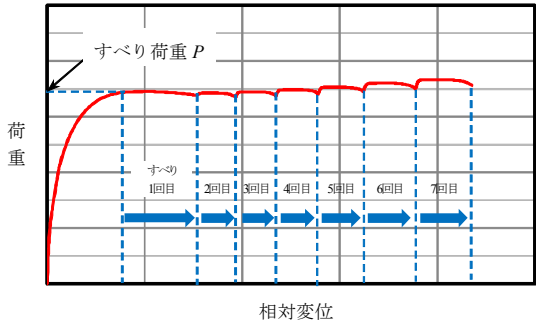


図-2 すべり荷重の算出

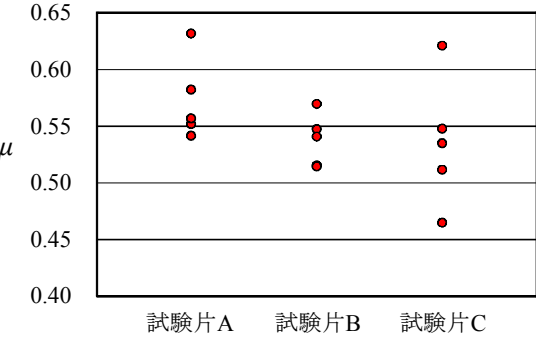


図-3 すべり係数

表-4 すべり係数の平均値および変動係数

| 試験片 | 平均値(n=5) | 変動係数  |
|-----|----------|-------|
| A   | 0.573    | 6.3%  |
| B   | 0.537    | 4.3%  |
| C   | 0.536    | 10.7% |