

アルミニウム合金ボルトの終局せん断強度に関する実験的研究

正会員 ○山田 丈富*
 正会員 中込 忠男**
 正会員 見波 進***
 正会員 藤本 効****

アルミニウム構造 ボルト せん断実験
 せん断面 終局せん断強度

1. 研究目的

鋼製のボルトや高力ボルトの終局せん断強度と素材の引張強度との比 (以下、 τ_u/σ_u と称す) は、素材の引張強さと相関があることが実験で示されており¹⁾、設計式にも取り入れられている²⁾が、アルミニウム合金ボルトに関しては報告されていない。

そこで、本研究は、アルミニウム合金ボルトの τ_u/σ_u を求めることを目的として、ねじ部を転造加工したものと、切削加工したものに対して、2面せん断実験を行った。その際、終局せん断強度に与えるボルト素材の機械的性質の影響を調べる為に、同材種の別ロット材や降伏比の異なる別材種のアルミニウム合金材との比較も行った。

2. 試験概要

アルミニウム合金ボルトのせん断実験における実験変数一覧を表1に示す。実験変数は、材種、ボルト径、ねじ部の加工方法、およびせん断面の位置とした。

アルミニウム合金ボルトとしては、それを想定したねじ加工を施したアルミニウム合金の押し棒 (以下、アルミボルトと称す。) とした。材種は、ボルト材として主に用いられる A6061-T6 とし、ロットの異なる3種類のものを用いた。また、ボルト材には用いられないが、アルミニウム合金素材の機械的性質の影響を調べる為に、A5083-H112 材のアルミボルトも用いた。ボルトの呼び径は M12、M16、M20 の3種類とした。ボルトのねじ部の加工方法は、転造と切削の2種類とした。せん断面の位置は、2面せん断実験を行うことから、2つのせん断面の位置が軸部-軸部、軸部-ねじ部、ねじ部-ねじ部となるようにした。同一試験体は原則3体実施した。

図1に、2面せん断実験の試験体を示す。実験対象のアルミボルト位置は図の継手の右側とした。ボルトの締め方は終局せん断耐力には低張力範囲では影響が無いことから手締め (張力0) とした。つかみ治具と被接合材の固定には M20 の高力ボルトを使用した。また、主にアルミボルトのせん断変形 (支圧変形も含む) を計測するために、図のように4つのクリップゲージを使用した。なお、ボルト孔径は「アルミニウム建築構造設計規準」³⁾ に従い、ボルト軸径+0.5mmとした。

表2に、アルミボルトに使用したアルミニウム押し棒の素材の機械的性質を示す。

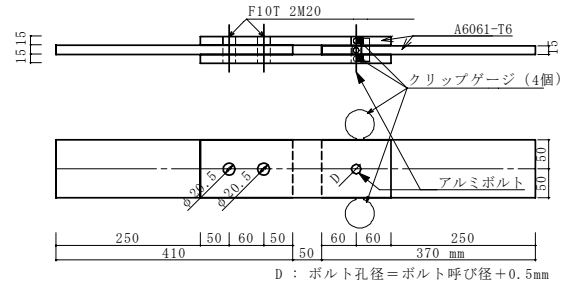


図1 2面せん断試験体

表1 2面せん断実験の実験変数

| ボルト材種 (ロット種別) | ボルト呼び径 | ねじ加工法 | せん断面の位置 | 備考 |
|---------------|--------|-------|---------|------------|
| A6061-T6 (A) | 12 | 転造 | 軸-軸 | |
| | | | 軸-ねじ | |
| | | | ねじ-ねじ | |
| | 16 | | 軸-軸 | |
| | | | 軸-ねじ | |
| | | | ねじ-ねじ | |
| | 20 | | 軸-軸 | |
| | | | 軸-ねじ | |
| | | | ねじ-ねじ | |
| A6061-T6 (B) | 12 | 切削 | ねじ-ねじ | 転造と切削の比較 |
| | | | 軸-軸 | |
| | | | 軸-ねじ | |
| | 20 | | 軸-軸 | |
| | | | 軸-ねじ | |
| | | | ねじ-ねじ | |
| A6061-T6 (C) | 12 | 切削 | 軸-軸 | 同材種でロットの違い |
| | | | 軸-ねじ | |
| | | | ねじ-ねじ | |
| A5083-H112 | 12 | 切削 | 軸-軸 | 比較の為に別材種 |
| | | | 軸-ねじ | |
| | | | ねじ-ねじ | |

表2 ボルトの素材の機械的性質

| 材種 (ロット種別) | 押し棒径 (mm) | 試験片径 (mm) | $\sigma_{0.2}$ (N/mm ²) | σ_u (N/mm ²) | El (%) | YR |
|-------------|-----------|-----------|-------------------------------------|---------------------------------|--------|------|
| A6061-T6(A) | 12 | 8 | 288 | 306 | 18.6 | 0.94 |
| | 16 | 11 | 354 | 371 | 18.4 | 0.96 |
| | 20 | 14 | 326 | 348 | 16.6 | 0.94 |
| A6061-T6(B) | 12 | 6 | 325 | 352 | 9.8 | 0.92 |
| | 20 | 14 | 370 | 389 | 18.3 | 0.95 |
| A6061-T6(C) | 12 | 8 | 253 | 291 | 24.6 | 0.87 |
| A5083-H112 | 12 | 8 | 172 | 323 | 30.1 | 0.53 |

* 試験片は、JIS Z 2201, 4号試験片に準じた。
 $\sigma_{0.2}$: 0.2%耐力、 σ_u : 引張強さ、
 El: 破断伸び、YR: 降伏比

3. 実験結果および考察

写真1にせん断実験後のアルミボルトの破断状況の例を示す。想定した通りの破断位置かの確認を行っている。

図2に全データによる $\tau u/\sigma u$ とせん断面位置の関係を示す。 τu の算定には、実験による最大荷重を、軸部は軸部の直径の測定値から計算した断面積、ねじ部はJISの有効断面積を用いて応力度換算した。同一試験体は3つあるが、ばらつきはあまり認められなかった。 $\tau u/\sigma u$ は、最小0.456、最大0.803と幅広く分布している。同じA6061-T6材でもロットが異なると $\tau u/\sigma u$ の値に差が出ることが分かる。

この図中の●印で示した点は、ねじ部を転造加工したものと同一のロット材（機械的性質が同一のもの）のねじ部を切削加工したものの結果を示したもので、 $\tau u/\sigma u$ の値は、転造と切削ではほぼ同じ値となった。

また、図の横軸は、せん断面位置で分けており、ねじ部の加工方法に拘らず、せん断面位置にねじ部が入ると $\tau u/\sigma u$ の値は小さくなる傾向が認められた。

図3に、 $\tau u/\sigma u$ とボルト素材の引張強さ(σu)の関係を示す。プロットした点は同一試験体によるものの平均値をとった。これより、引張強さの値が約350N/mm²以下では、ボルト素材の引張強さが大きくなると、 $\tau u/\sigma u$ の値が低くなること分かる。この低下の傾向はほぼ線形とみなせ、A6061-T6とは降伏比の異なるA5083-H112の場合にもあてはまっている。また、引張強さの値が約350N/mm²を超えると、 $\tau u/\sigma u$ の値は一定の値(約0.5)になることが分かる。

4. まとめ

アルミボルトの2面せん断試験を行った結果、以下の事が明らかになった。

- (1) 材質、ねじ部の加工方法に拘らず、せん断面にねじ部が入ると $\tau u/\sigma u$ の値は小さくなる傾向がある。
- (2) 材種が同じA6061-T6でもロットが違う(機械的性質が異なる)と、 $\tau u/\sigma u$ に差が出る。
- (3) 引張強さが約350N/mm²以下では、ボルト素材の引張強さが大きくなると、 $\tau u/\sigma u$ の値が低くなる。約350N/mm²を超えるとほぼ一定値となる。

今後、ボルトに使用される他のアルミニウム合金を用いて、検討を進める必要がある。

本研究は、アルミニウム建築構造協議会の接合分科会の研究の一環として行われたものである。関係各位に謝意を表す。

参考文献

- 1) 橋本、山田：高力ボルトの終局せん断強度、日本建築学会構造系論文報告集第440号、1992.10、pp.77-84
- 2) 鋼構造限界状態設計指針・同解説、日本建築学会
- 3) アルミニウム建築構造設計規準、アルミニウム建築構造協議会



写真1 せん断実験後の破断状況の例

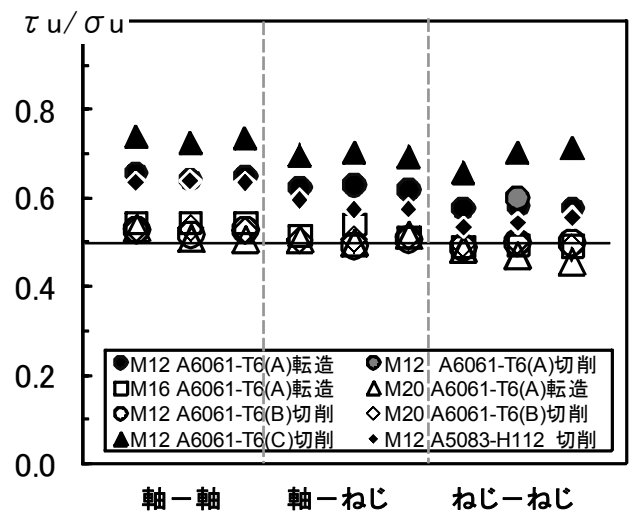


図2 $\tau u/\sigma u$ とせん断面の位置

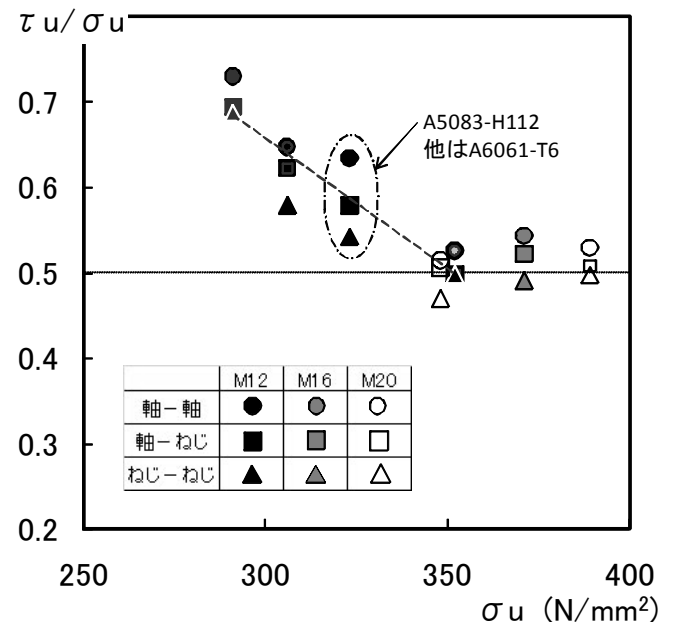


図3 $\tau u/\sigma u$ とボルト素材の引張強さの関係

*千葉工業大学工学部 教授・博士(工学)

**信州大学工学部 教授・工博

***首都大学東京 都市環境学部 助教・博士(工学)

****(財)ベターリビング 博士(工学)

*Prof., Faculty of Eng., Chiba Institute of Technology, Dr. Eng.

** Prof., Faculty of Eng., Shinshu Univ., Dr. Eng.

*** Assistant Prof., Faculty of Environmental Sciences, Tokyo Metropolitan Univ., Dr. Eng.

****Center for Better Living, Dr. Eng.