# アルミニウム合金を被締結材とする鋼製高力ボルトの軸力低下

日本軽金属（株） 正員 ○萩澤 亘保
大阪大学大学院 正員 大倉 一郎

## １．はじめに

アルミニウム合金板の摩擦接合用高力ボルトには，異種金属による接触腐食を防ぐために，溶融亜鉛めっきボルト F8T が用いられる[1),2)]．近年，高耐食性のフッ素樹脂コーティングが開発された．このコーティングが施された高力ボルトは F10T として使用することができるので，F8T を用いるのに比べて高力ボルトの本数を少なくすることができる．しかし，F10T 高力ボルトでアルミニウム合金板を締付けた場合のボルト軸力の低下については不明である．そこで，アルミニウム合金板を鋼製高力ボルトで締付けた後のボルト軸力低下を測定する．

## ２．試験体

**図-1** に示すように，3 枚で 1 組のアルミニウム合金板を重ね，それに孔を開けてボルトで締付けた．3 枚の板厚は 8mm が 2 枚と 15mm が 1 枚の計 31mm であり，これら 3 枚 1 組を 6 体製作した．3 体の板は A5083-O，残りの 3 体は A6061-T6 である．使用したひずみゲージ式ボルト軸力計は，F10T，M22，首下長さ 70mm である．被締結材であるアルミニウム合金板の機械的性質の測定結果を**表-1** に示す．

**表-1** アルミニウム合金板の機械的性質の測定結果

| 材質・調質 | 板厚 (mm) | 引張強さ (MPa) | 0.2%耐力 (MPa) | 伸び (%) |
|---|---|---|---|---|
| A5083-O | 8 | 309 | 146 | 23.6 |
| | 15 | 309 | 160 | 22.4 |
| A6061-T6 | 8 | 329 | 311 | 16.4 |
| | 15 | 324 | 310 | 14.9 |

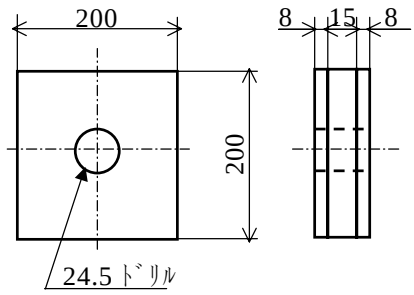


**図-1** 試験体

## ３．測定方法

A5083-O および A6061-T6 試験体のそれぞれ 3 体をボルト軸力計で締付けた．それぞれの試験体 2 体には，F8T と F10T の軸力の 10%増しの初期軸力を与えた．残りの 1 体の初期軸力は，F8T と F10T の軸力の平均値とした．これらの初期軸力を F8T，F9T，F10T と呼ぶ．

室温 25℃の状態において所定のボルト軸力で試験体を締付けた後にボルト軸力計のひずみの測定を始め，6 体の試験体を 25℃に保持した恒温槽に入れた．測定の途中で，恒温槽の温度を 0～50℃の範囲で変化させ，その時のボルト軸力の変動を調べた．温度測定は，試験体に取付けた熱電対によって行った．

## ４．測定結果

軸力低下率の経年変化を**図-2** に示す．測定期間は 393 日である．ボルト軸力を式(1)として，測定データを最小自乗法することにより回帰式を求めた．また，式(1)の両辺を初期軸力 $N_0$ で除して軸力低下率 $\zeta$ とした．

$$N = \alpha + \beta \log D \qquad (1)$$

ここに，$N$ ：ボルト軸力 (kN)，$D$ ：経過日数 (日)，$\alpha$，$\beta$ ：係数である．

ボルト軸力および軸力低下率の回帰式と，50 および 100 年後のボルト軸力と軸力低下率の予測値を**表-2** に示す．

A5083-O の軸力低下率の初期軸力に関する傾きはほぼ等しく，切片は初期軸力に関係する．A6061-T6 の軸力低下率の傾きは，F8T が F9T と F10T より小さいが，F9T と F10T に関してはほぼ等しい．軸力と軸力低下率の，50 年後と 100 年後の差は少ない．

Keyword：アルミニウム合金，摩擦接合継手，高力ボルト，リラクセーション，温度変化
連絡先：日本軽金属(株) 〒421-3291 静岡市清水区蒲原 1-34-1 Tel 054-385-7120，Fax 054-388-2108

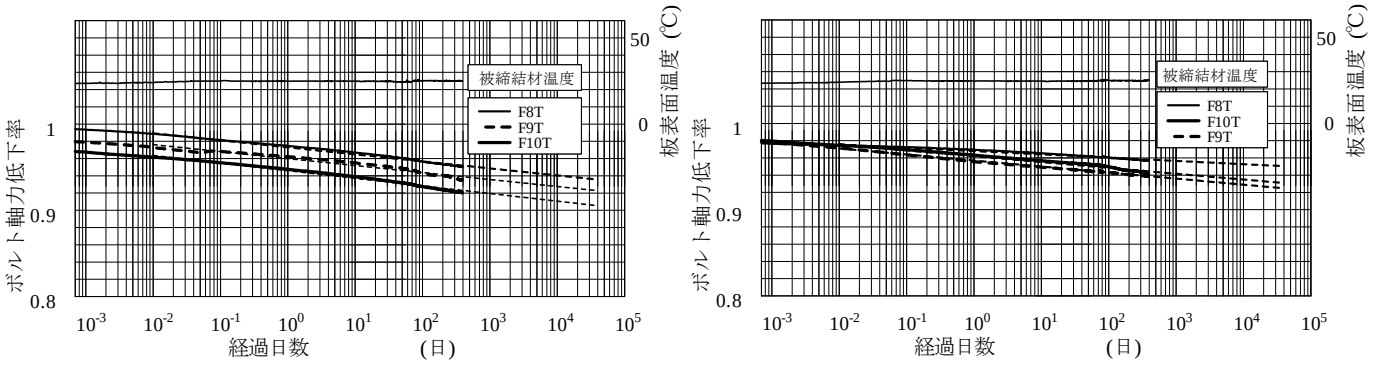


**図-2** ボルト軸力低下率の測定結果

**表-2** ボルト軸力とボルト軸力低下率の回帰式と予測値

| 被締結材 | 軸力区分 | 軸力の回帰式 | 軸力低下率の回帰式 | $D$ の最小値（日） | $N_0$ (kN) | 50年後の予測値 | | 100年後の予測値 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | $N$ (kN) | $\zeta$ | $N$ (kN) | $\zeta$ |
| A5083-O | F8T | $N=177.3-1.481\log D$ | $\zeta=0.973-0.00813\log D$ | $4.91\times10^{-4}$ | 182.2 | 171.0 | 0.938 | 170.5 | 0.936 |
| | F9T | $N=197.5-1.666\log D$ | $\zeta=0.960-0.00810\log D$ | $7.91\times10^{-6}$ | 206 | 190.4 | 0.925 | 190.0 | 0.923 |
| | F10T | $N=215-2.01\log D$ | $\zeta=0.946-0.00884\log D$ | $3.41\times10^{-7}$ | 228 | 206 | 0.908 | 206 | 0.906 |
| A6061-T6 | F8T | $N=179.5-0.709\log D$ | $\zeta=0.968-0.00382\log D$ | $4.77\times10^{-9}$ | 185.4 | 176.5 | 0.952 | 176.3 | 0.951 |
| | F9T | $N=196.1-1.434\log D$ | $\zeta=0.957-0.00700\log D$ | $6.22\times10^{-7}$ | 205 | 190.0 | 0.927 | 189.6 | 0.925 |
| | F10T | $N=219-1.539\log D$ | $\zeta=0.962-0.00677\log D$ | $6.34\times10^{-6}$ | 227 | 212 | 0.933 | 212 | 0.931 |

温度が25℃一定とした場合, F10Tの100年後の軸力低下率は，A5083-Oが91%，A6061-T6が93%になる．F8Tでは，A5083-Oが94%，A6061-T6が95%になる．

## ５．温度変化によるボルト軸力の変動

温度変化試験の結果を**図-3**に示す．**図-3**においては，温度25℃のボルト軸力を基準とし，横軸が温度差，縦軸がボルト軸力の変化である．本試験の結果では，ボルト初期軸力に関係なく，温度差が25℃の場合のボルト軸力の変化は4.2 kNである．

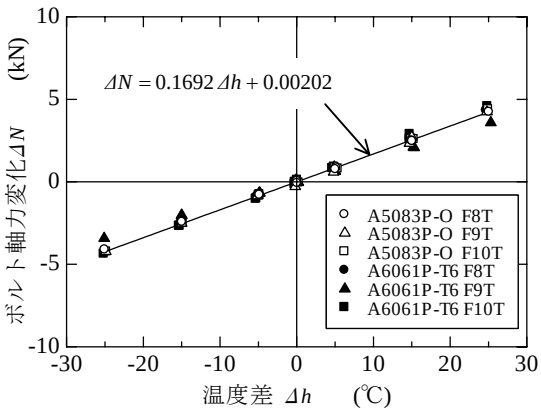


**図-3** 温度変化と軸力変化の関係

## ６．結　　論

厚さ31mmのA5083P-OとA6061P-T6を，M22の鋼製高力ボルトで締付けた後のボルト軸力の変化を，温度25℃で393日間測定した．測定の途中，0～50℃の温度変化によるボルト軸力の変動を測定した．その結果，次の結論が得られた．

(1) ボルト軸力$N$は，$D$を経過日数，$\alpha$と$\beta$を係数として$N=\alpha+\beta\log D$で表わされる．

(2) 締付け後のボルト軸力の低下は，被締結材がA6061P-T6よりA5083P-Oが大きい．被締結材それぞれにおいて，50年後と100年後の軸力低下率の差は少ない．

(3) 本試験における25℃の温度変化によるボルト軸力変動は，ボルト初期軸力に関係なく，4.2 kNである．

### 参考文献

1) 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程および基準・同解説，2003.

2) 市川祐一，見波進，山田丈富，中込忠男，橋本篤秀：アルミニウム合金を用いた建築構造に関する研究(その14)，高力ボルト摩擦接合のリラクセーション試験とその適正孔径，日本建築学会大会学術講演梗概集，22349，1998.