

アルミニウム合金を用いた建築構造に関する研究 - その 70

無機ジンクリッチ塗料を用いた高力ボルト摩擦接合部実験 (ボルト導入軸力)

アルミニウム合金 摩擦継手 無機ジンクリッチ塗料
ボルト導入軸力

正会員 ○市川 祐一*1 正会員 藤本 効*2
" 中込 忠男*3 " 山田 丈富*4
" 小林 史興*5 " 橋本 篤秀*6

1. はじめに

通常、摩擦面処理は発錆による目荒であるが、耐食性の良いアルミニウム合金に適用するのは困難であり、ブラストによる目荒しや、塗装処理が代替の方法となる。

無機ジンクリッチ塗料を用い摩擦面処理した高力ボルト摩擦継手は鋼橋梁で多く使用されている。本研究は、力学的特性が多様なアルミニウム合金に対する無機ジンクリッチ塗料処理の適用性を検討するものであり、本報では合金種、塗膜厚とボルト導入軸力の関係を報告し、すべり実験結果は次報で述べる。

2. 試験体・パラメータ

試験体は、図1に示す形状の2面せん断型のものである。アルミニウム合金種は、JIS A6063-T5 (以下A6063)、JIS A6061-T6 (以下A6061)、JIS A5083-H112 (以下A5083) の3種類である。素材試験により得られた応力-歪み関係を図2に、力学的特性値を表1に示す。

試験体のパラメータ (摩擦面処理の組合せ) 一覧を表2に示す。使用した無機ジンクリッチ塗料 (以下塗料) は JIS K5553 規格品である。塗料と母材界面は原則溶剤による脱脂処理のみであるが、界面状態の影響を確認するため PP 試験体の一部は #100 サンダーがけにより目荒した。塗布方法は刷毛塗である。なお、ブラスト処理は表面粗さ標準試験片と比較し合格する状態のものとした。

塗装は常温の室内で行い、塗装後 48 時間以上経過した時点で塗装面当り 9 点の膜厚を測定し、その平均値を塗膜厚とした。養生は気温 20、湿度 60% の恒温室内で 7 日間以上行った。

ボルトは M16 溶融亜鉛めっき高力ボルト (F8T) である。試験体数は各パラメータ 3 体である。

表3 塗膜厚と導入軸力

記号	A5083			A6061			A6063					
	塗膜厚 (μ)	0°	90°	120°	塗膜厚 (μ)	0°	90°	120°	塗膜厚 (μ)	0°	90°	120°
BN-1	-	45.3	124	128	-	44.2	123	125	-	41.9	121	124
-2	-	45.8	117	122	-	41.9	120	121	-	46.1	121	124
3	-	45.2	123	126	-	42.9	122	124	-	40.4	119	122
BP-1	178	43.4	117	123	169	40.8	120	123	84.9	41.0	121	125
-2	138	41.1	116	121	159	41.0	123	127	78.1	44.6	119	122
-3	174	39.3	111	119	160	44.4	121	124	90.6	39.7	116	119
PN-1	134	40.3	117	120	129	44.0	126	128	84.8	41.9	121	123
-2	142	42.8	113	122	134	40.9	125	130	105	40.9	-	120
-3	120	40.1	113	123	135	41.1	123	126	88.4	44.6	122	125
PP-1	324	39.2	107	118	313	44.3	121	123	174	43.0	115	119
-2	306	40.8	112	119	242	40.7	121	126	182	41.9	114	120
-3	283	41.4	110	121	255	42.9	116	127	183	40.0	114	116
PS-1	133	40.9	114	123	131	41.5	123	125	80.3	43.0	123	127
-2	147	44.7	117	122	133	38.6	120	123	95.9	39.2	121	126
-3	122	42.1	115	122	125	45.4	122	125	112	41.7	120	123

3. 実験の概要

高力ボルトの締付けは、仮組みした試験体のボルト孔に挿入し工具等を用いずにナットを締め、その状態を初期としてトルクレンチで1次締付けトルク 100N・mを導入する。この状態でマーキングし基準点 (回転角 0°) としナット回転角が 120° に達するまで 15° ピッチでボルト歪みを測定した。ボルト歪みは軸部に貼付けた 2 枚の歪みゲージで測定し、軸力への換算は別に行ったボルト引張試験の結果に拠った。

4. 実験結果

表3に、各試験体の塗膜厚、1次締付けトルク導入時、ナット回転角 90°、120° 時のボルト軸力の値、図3に塗膜厚とボルト軸力の関係を示す。なお塗膜厚は、摩擦面1面当り (PP 試験体は添板、中板の合計) の値である。

合金種に関らずボルト軸力は塗膜厚が増すと低くなる傾向が見られ、90° 時に顕著である。また、その傾向は A6063 が最も高く、A6061 が最も少ない。

図中の数値は無塗装である BN 試験体のボルト軸力の平均値である。A5083 は無塗装と較べるとボルト軸力がや

表1 素材の力学的特性

材質	耐力	強度	降伏比
A5083	中板 144	316	0.46
	添板 158	315	0.50
A6061	中板 312	330	0.95
	添板 314	332	0.95
A6063	中板 204	227	0.90
	添板 198	228	0.87

表2 摩擦面処理の組合せ

中板	添板	塗装	プラスト*2
塗装	塗装	○ (PP)	○ (BP)
サンダーがけ*1	塗装	○ (PS)	---
無処理	無処理	○ (PN)	○ (BN)

○内は試験体記号
*1: 目の荒さ #36 *2: 研削材 F36

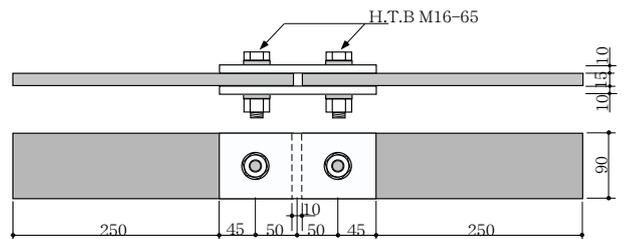


図1 試験体形状

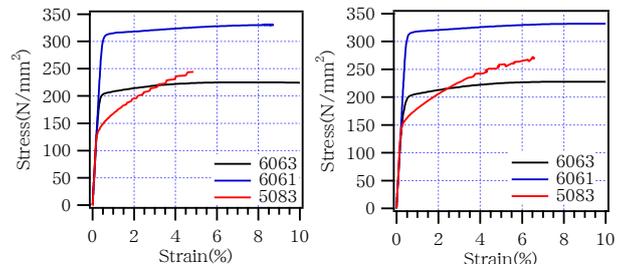


図2 素材の応力 - 歪み関係

Study on Aluminum Alloy Structure -Part70

Strength test of High strength bolted joint coated by Inorganic Zinc-rich Paint (Turn nut angle & Bolt-tension)

ICHIKAWA Yuichi, FUJIMOTO Isao, NKAGOMI Tadao, YAMADA Tomohisa, KOBAYASHI Fumioki, HASHIMOTO Atsuhide

や低くなり、特に 90° 時が顕著である。A6061、A6063 は、90° では塗膜厚さが厚くなると無塗装より軸力が低くなるが、120° 回せば無塗装とほぼ同等の軸力が得られる。

図 4 にナット回転角とボルト軸力（平均値）の関係を示す。図中に示す N_w の値は、座金面積に添板の降伏耐力を乗じて求めた座金直下添板の降伏荷重である。

1 次締付けトルク導入時の軸力は、合金種が同じであれば摩擦面の処理条件に関らずほぼ同じである。その後は、ナット回転角の進行に従いボルト軸力が増加し、標準ボルト軸力 (88.5kN) を越えるのは A5083 が約 40° ~ 60°、A6061 が約 40° ~ 45°、A6063 が約 40° ~ 45° である。

A6061 は 90°、A6063 は 105° を越えた時点でナット回転角に対するボルト軸力の伸びがほぼ頭打ちになっている。これは、ボルトねじ部が降伏したためと推定される。

各合金とも、ナット回転角に対して BN 試験体が最も高い軸力の伸びを示し、塗膜の厚い PP 試験体は伸びが低くなる。これは、塗膜の有無（有る場合は塗膜厚）の影響と考えられ、降伏耐力の低い A5083 の場合が顕著である。また、母材耐力が高くなると膜厚の影響は少なくなる。

施工要領²⁾ではナット回転法による高力ボルトのナット回転角は、1 次締付け後 90° ~ 120° と規定されている。

今回の結果では、塗膜の有無に関らず下限値の 90° でも標準ボルト軸力以上の値が導入されている。また、A6061、A6063 は、前述のように、規定値の上限である 120° のナット回転角を与えればボルトの降伏耐力に達す

るので、塗膜厚がボルト軸力与える影響は殆ど生じないと考えられる。

しかし、A5083 や A6063 の降伏耐力規格値は 110N/mm² であり、今回の試験体よりかなり低い。したがって、規格値に近い材料の場合は、 N_w の値が標準ボルト軸力以下になり、また塗膜の介在により軸力の伸びが落ちるので、回転角 90° では十分な軸力が得られない可能性がある。

座金直下降伏は局所的な現象であり、また A5083 は降伏後の応力上昇が充分に見込める合金なので上限の 120° まで回せば十分なボルト軸力が得られると考えられるが、A6063 の様に耐力が低く、降伏比が高い合金では、ナットを上限の 120° 回転させても十分なボルト軸力が得られない可能性が高くなる。

よって、座金直下の降伏耐力が標準ボルト軸力に近い場合は、必要な継手耐力が確保出来ているか力学的試験により確認することが重要であると言えよう。

5. まとめ

本検討で得られた知見を以下にまとめ示す。

- 1 次締付け時の軸力は塗膜の影響を受けない。
- ナット回転角とボルト軸力の関係は、塗膜厚さにより差が生じ、その影響は降伏耐力の低い材料ほど大きくなる。
- 降伏比の高い素材では座金直下の母材降伏耐力が標準ボルト軸力に近い場合は、所定のナット回転角を与えても十分なボルト軸力が得られない可能性がある。

なお、本研究はアルミ建築構造協議会（会長 河村繁）の研究活動の一環として行われたものである。

- 参考文献 -

- 1) 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）
- 2) アルミニウム建築構造物製作施工要領書・同解説（アルミニウム建築構造協議会）

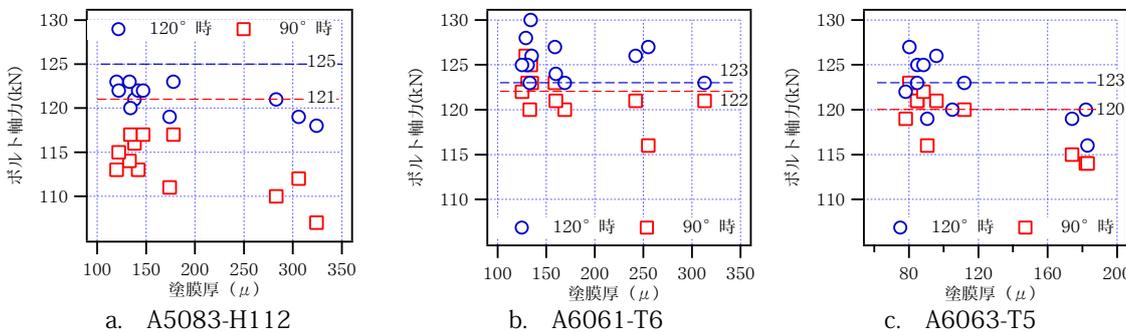


図 3 膜厚とボルト軸力の関係

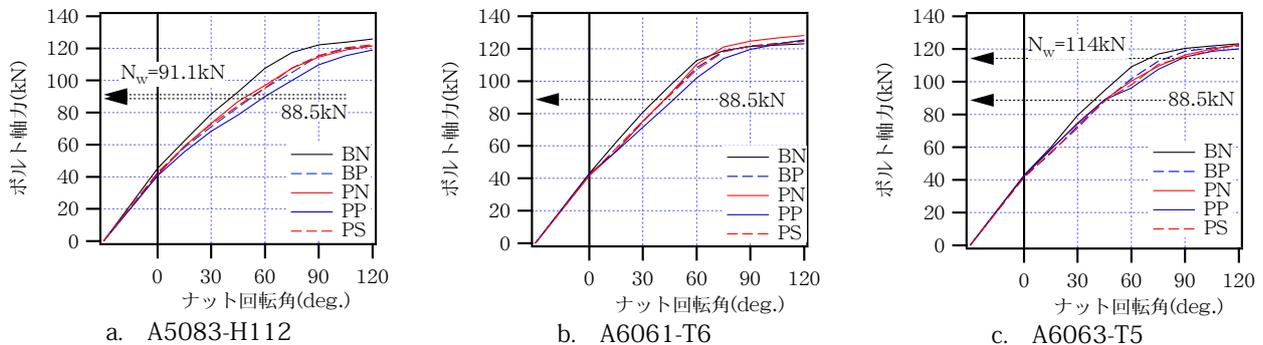


図 4 ボルト軸力 - ナット回転角関係

*1 信州大学工学部社会開発工学科 助手・博士 (工学)
 *2 (財) ベターリビング筑波建築試験センター 工修
 *3 信州大学工学部社会開発工学科 教授・工博
 *4 千葉工業大学工学部建築学科 助教授・博士 (工学)
 *5 信州大学工学部社会開発工学科 博士前期課程
 *6 千葉工業大学工学部建築学科 教授・工博

Research Assoc., Dept. of Architecture & Civil Engineering, Faculty of Eng., Shinsu University Dr. Eng.
 Center for Better Living Tukuba Building Test Labo.
 Prof., Dept. of Architecture & Civil Engineering, Faculty of Eng., Shinsu University Dr. Eng.
 Assoc. Prof., Dept. of Architecture, Faculty of Eng., Chiba Institute of Technology Dr. Eng.
 Graduate Student, Dept. of Architecture & Civil Engineering, Faculty of Eng., Shinsu University
 Prof., Dept. of Architecture, Faculty of Eng., Chiba Institute of Technology Dr. Eng.