

アルミニウム合金を用いた建築構造に関する研究 - その 69  
無機ジンクリッチ塗料を用いた高力ボルト摩擦接合部の耐久性

アルミニウム合金 摩擦継手 無機ジンクリッチ塗料  
すべり係数 耐久性 塩水噴霧試験

正会員 ○藤本 効<sup>\*1</sup> 正会員 中込 忠男<sup>\*2</sup>  
" 山田 丈富<sup>\*3</sup> " 橋本 篤秀<sup>\*4</sup>

1. はじめに

アルミニウム合金構造において、高力ボルト摩擦継手の摩擦面は、アルミナグリットによるブラスト処理によるのが一般的である。

ブラスト以外の処理方法として鋼構造では無機ジンクリッチ塗料を塗布する処理が用いられている。無機系塗料塗布による摩擦面処理はステンレス鋼構造でもその有効性が確認されているが、湿潤時の電食等の耐久性については十分な検討がなされていない。

本報告は、無機系塗料を用いたアルミニウム合金摩擦接合部の促進耐久性実験結果を述べたものである。

2. 実験の概要

促進耐久性試験装置は、JIS Z 2371「塩水噴霧試験方法」に規定されたものを用いた。この装置は、35 ± 2℃の雰囲気温度を保持した噴霧室中に濃度 5% の中性塩水を連続して噴霧するものである。

試験体は図 1 に示すようにナット側を上にして 45° の角度で噴霧室中にセットした。噴霧時間は 500, 1000, 2500 時間の 3 条件であり、すべり実験は噴霧終了後 2 4 時間以内に行い、中板 - 添板間の相対変位 (以下相対変位) と荷重の関係から、すべり係数、継手耐力を確認した。試験体 N 数はブラスト処理が 1、塗装処理が 2 または 3 体である。

試験体母材は、中板、添板ともアルミニウム合金「JIS A 6061-T6」、ボルトは F8T-M16 溶融亜鉛めっき高力ボルト (以下ボルト) を用いた。試験体形状を図 2 に示す。

摩擦面の処理方法は、無機ジンクリッチ塗料 (以下 Zn 塗料) 塗布、無機ステンレス粉末入塗料 (以下 SUS 塗料) 塗布およびブラスト処理であり、いずれも添板側のみ処理し、中板側は無処理とした。試験体の仕様を表 1 に示す。

ボルト締付方法はナット回転法 (1 次締付トルク 100Nm、ナット回転角 90°) であり、ボルト軸部に

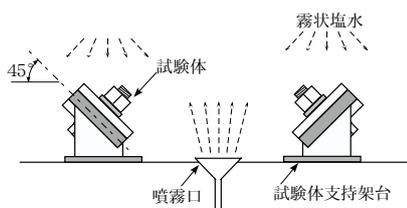


図 1 塩水噴霧実験概要

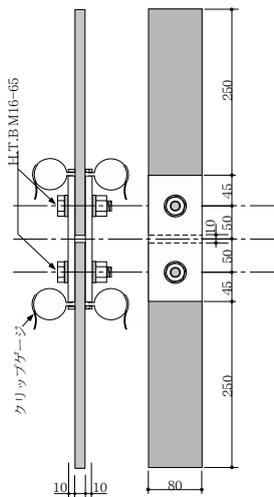


図 2 継手試験体

表 1 試験体仕様

摩擦面処理方法 (添板側)	
Zn 塗料塗布	適合規格 :JIS K 5552 1 種 塗膜厚さ : 平均 300 μ m
SUS 塗料塗布	適合規格 :SSBS 501-2001 塗膜厚さ : 平均 150 μ m
ブラスト処理	アルミナグリット F36 によるブラスト処理
母材の機械的性質 (単位 N/mm <sup>2</sup> )	
耐力 *: 中板 -301 添板 -279, 強度 : 中板 -323 添板 -308 * 耐力は 0.2% オフセット法による	

貼付けた 2 枚の歪みゲージにより導入軸力を測定した。なお、試験体の組立ては気温 20℃ の恒温室内で行った。

また、すべり試験時のボルト軸力を推定するためにリラクゼーション試験を行った。リラクゼーション試験は気温 20℃ の恒温室内で行い、試験体は耐久性試験と同一形状である。

3. 実験結果

(1) リラクゼーション実験

図 3 にボルト軸力保持率と経過時間 (対数軸) の関係を示す。ボルト軸力保持率は各試験体 2 本のボルトの平均値である。各試験体とも、締付後 1 時間で軸力は約 2% 低下し、その後は経過時間の対数値にほぼ比例して低下している。塗装処理したものはブラスト処理に比してリラクゼーションがやや大きくなる傾向を示す。SUS 塗料の方が Zn 塗料より大きいのは、塗装後の養生期間 (Zn30 日以上、SUS48 時間) の影響と考えられる。

図中の直線は、各試験体の軸力保持率を近似したもので、噴霧試験時間に対応した値は図中の表に示す数値となる。

(2) 耐久性実験

図 4 に初期状態 (以下 0 時間) および噴霧時間 2500 時間後のすべり実験における荷重と相対変位の関係を、表 2 に塩水噴霧後のすべり実験結果 (平均値) を示す。表 2 中の設計余裕度 α は、短期許容設計耐力 (72.4kN) ですべ

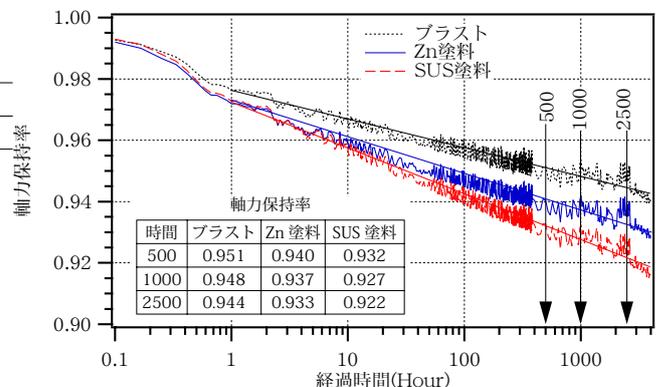


図 3 ボルトリラクゼーション実験結果

表2 塩水噴霧後のすべり実験結果

噴霧時間 (Hour)	ブラスト					Zn 塗料					SUS 塗料				
	導入軸力	すべり荷重	$\mu_0$	$\mu$	$\alpha$	導入軸力	すべり荷重	$\mu_0$	$\mu$	$\alpha$	導入軸力	すべり荷重	$\mu_0$	$\mu$	$\alpha$
0	129	116	0.45	-	1.60	126	115	0.46	-	1.59	122	113	0.46	-	1.56
500	***	***	***	***	***	126	114	0.45	0.48	1.57	125	101	0.41	0.44	1.40
1000	127	120	0.47	0.50	1.66	124	108	0.43	0.46	1.49	124	105	0.42	0.45	1.44
2500	126	100	0.39	0.42	1.38	121	113	0.47	0.50	1.56	119	98	0.41	0.45	1.35

$\mu_0$ : 導入軸力から求めたすべり係数       $\mu_0$ : ボルト軸力のリラクゼーションを考慮し求めたすべり係数       $\alpha$ : 設計余裕度  
 • 導入軸力、すべり荷重の単位は kN      • ブラスト処理は 500 時間を実施せず

り荷重を除いた値であり、1.25 以上必要<sup>2)</sup>とされている。なお、すべり荷重が明確に得られない試験体は、相対変位 0.2mm 時をすべり荷重とした。

締付直後のボルト軸力は、摩擦面処理の違いに関らず 120kN 程度であり、設計ボルト軸力 (80.4kN) に対して 40 ~ 50% 増しの軸力が導入されている。

図 4a によると、摩擦面処理に関らず荷重の増加とともに継手剛性が徐々に低下し、すべり荷重付近ではラウンドハウス形の挙動を示す。その後、塗装処理した試験体は明瞭な荷重低下を示すが、ブラスト処理の場合は荷重低下を示さないまま相対変位が増大した。また、この傾向は塩水噴霧後も同様である。

導入軸力から求めたすべり係数  $\mu_0$  は、0.45 を満足しない処理条件が有るが、リラクゼーションによるボルト軸力低下を考慮し算出したすべり係数  $\mu$  は、Zn 塗料では全時間水準で、SUS 塗料は 500 時間を除いて 0.45 以上である。

図 5 は噴霧時間と設計余裕度  $\alpha$  の関係を示したものである。プロットは各パラメータの平均値、実線は標準偏差の 2 倍の範囲を示す。Zn 塗料は噴霧時間が長くなると、 $\alpha$  はやや低下する傾向が見られるが顕著なものではなく 1.25 倍を確保している。SUS 塗料は 1000 時間では 1.25 倍を確保しているが、2500 時間では 1.25 倍を下回った。

噴霧実験中の試験体を観察した結果、500 時間では試験体に腐食、錆の発生は見られなかった。約 800 時間経過時にボルトの一部に赤錆の発生が見られ、2500 時間経過時では、赤錆の進行 (写真 1) と、座金周辺の添板表面に孔食が観察された。

溶融亜鉛めっき高力ボルトのめっき付着量規格値は、550g/m<sup>2</sup> である。文献<sup>3)</sup>によると溶融亜鉛めっきの平均腐食速度は 9.3 ~ 11.1g/m<sup>2</sup>/年程度でなので、今回使用したボルトのめっき寿命は 50 ~ 60 年となる。2500 時間のボルト発錆状況から、めっき層はかなり失われていると推定されるので、塩水噴霧 2500 時間は 50 年程度の自然暴露には相当すると考えられる。

したがって、Zn 塗装処理した摩擦継手の耐久性は実用上充分であると判断出来る。

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)
- 3) JIS H 8641-1999 「溶融亜鉛めっき」



写真 1 ボルトの発錆状況 (2500 時間)

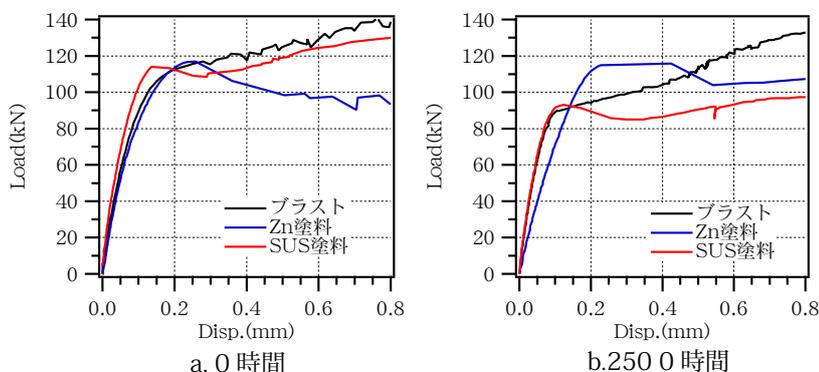


図 4 荷重 - 相対変位関係

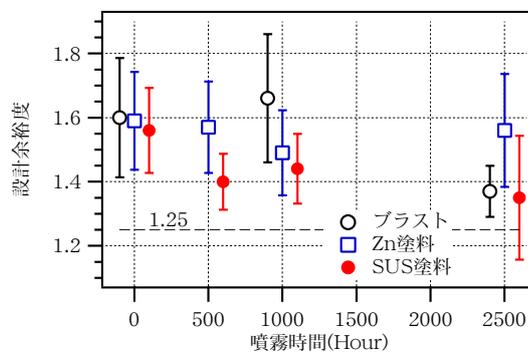


図 5 噴霧時間別設計余裕度

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

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.  
 Prof. Dept. of Architecture, Faculty of Eng., Chiba Institute of Technology Dr. Eng.