

片面にアルミ溶射を用いた高力ボルト摩擦接合継手の すべり係数に関する実験的研究

新日鐵住金 正会員 ○東 清三郎
新日鐵住金 正会員 高木 優任

大阪市立大学大学院 正会員 山口 隆司
大阪市立大学大学院 学生員 山階 清永

1. 研究背景および目的

橋梁分野における高力ボルト摩擦接合部では、その形状に起因して防食機能の劣化が一般部よりも大きい場合があること、また、ボルト本数の増加は架設工程に影響することなど、耐久性および施工性向上の観点から継手部のコンパクト化が求められている。高力ボルト摩擦接合継手のすべり耐力はボルト軸力と接合面のすべり係数の積で求められる。したがって、すべり耐力の向上にはすべり係数の向上が有効である。筆者らの一部は、高すべり係数化を指向した接合面処理として、連結板摩擦面にアルミ溶射を施し、母板摩擦面をブラスト処理とした組合せを採り上げ、すべり試験により 0.71~0.91 のすべり係数が得られたことを報告している¹⁾。今回、母板摩擦面処理として、橋梁分野で一般的な無機ジンクリッチペイント塗装(以下、無機ジンクと記す)を施した場合、および補修・補強工事の現場での 2 種ケレンを想定し手動グラインダー処理を施した場合を対象にすべり試験を実施した。

2. すべり試験の概要

試験体の形状・寸法を図 - 1 に、試験体の摩擦面処理を表 - 1 に示す。試験体は材軸方向に高力ボルトを 2 本配置した 2 面摩擦接合部である。高力ボルトは F10T M22、鋼材は SM490Y を用いた。母板厚 32mm、連結板厚 16mm、試験体幅 120mm、はしあき 55mm、ピッチ 80mm、母板間距離 10mm、ボルト孔径 24.5mm である。すべり係数を 0.9 として計算したすべり耐力は、鋼板部の有効断面降伏耐力(鋼材の降伏点はミルシート値を採用)に対する比で 0.74 となっている。

試験体の組立に際して、着目する側のすべりが先行するように、すべらせない側(治具側)の高力ボルトは増し締めを行った。着目した側(試験側)の高力ボルトは、軸表面对角に 2 枚の歪ゲージを貼付し、事前に実施したキャリブレーション試験の結果を基

に軸力管理を行った。試験体組立後、1 週間経過後に引張試験機により準静的に一方方向に引張力を負荷した。計測項目は、試験機の荷重 P 、接合部のすべり量 D 、試験側のボルト軸力 N である。接合部のすべり量 D は、試験体中央部の母板端から 10mm 離れた位置の連結板と母板の相対変位として、変位計を用いて計測した。

試験パラメータは、母板の摩擦面処理である。No.1 試験体はブラスト処理、No.2 試験体はブラスト処理後に無機ジンクを塗布したもの、No.3,4 試験体は現場での 2 種ケレンを想定して No.2 試験体と同様に処理したものに手動ディスクサンダー掛けを行った。No.4 試験体は No.3 試験体を標準としてディスクサンダー掛けを弱め(短時間)とした。ブラスト処理は、いずれも除錆度(JIS Z0313)Sa2 1/2 以上(Rz50 μ m 以上)とした。ディスクサンダーの仕様は、文献 2)を参考に砥粒 C、粒度 P16 を選定した。No.1,3,4 試験体の母板の表面粗さを測定した結果、各々 24 箇所の平均値で Ra 12.3, 1.5, 3.5 μ m, Rz 81.5, 13.5, 25.9 μ m であった。No.2 試験体の塗膜厚を測定した結果、24 箇所の平均値で 94 μ m であった。連結板の摩擦面は、いずれも下地処理としてブラスト処理後にアーク溶射法によるアルミ溶射を施した。溶射皮膜厚を測定した結果、192 箇所の平均値で 354 μ m であった。すべり試験の N 数は 3 とした。

3. 試験結果および考察

図 - 2 に代表的な荷重-すべり量関係を示す。いずれもすべり量が 0.3mm 未満で荷重の最大値を示した。本報では、すべり荷重は最大荷重とした。表 - 1 にすべり試験結果をまとめて示す。すべり係数は、試験前軸力を用いて算出した μ_{max} と設計軸力を用いて算出した μ_s を示している。図 - 3 にすべり係数 μ_{max} と母板摩擦面処理の関係を示す。白抜きのプロットが個値、横棒が平均値である。すべり係数 μ_{max} は、母

キーワード アルミ溶射、高力ボルト摩擦接合継手、すべり係数

連絡先 〒293-8511 千葉県富津市新富 20-1 新日鐵住金 技術開発本部 鉄鋼研究所 鋼構造研究部
TEL 0439-80-2859 FAX 0439-80-2745

板摩擦面処理がブラストままと無機ジンクおよび手動グラインダーで明瞭な差が見られる。平均値で見ると、ブラストままの No.1 試験体が最も大きく 0.93(個値では 0.91~0.94), 続いて無機ジンクの No.2 試験体が 0.81(個値では 0.80~0.81), 次に手動グラインダー処理の No.3,4 試験体が各々 0.75(個値では 0.74~0.76), 0.74(個値では 0.73~0.75)となっている。実験後に試験体を解体して摩擦面を観察した結果, No.1 試験体では母板側にアルミが, No.2 試験体では連結板側に無機ジンクリッチ塗料が付着していた。また, No.3,4 試験体では, 母板側にアルミが付着していたが相対的に No.1 試験体よりも少なかった。各試験体で摩擦面の破壊形態が異なることが推察され, これらがすべり係数に影響を及ぼしたものと考えられる。

表-1 に締付直後から 7 日経過後までの軸力低下率を併せて示す。軸力低下率は, No.2 試験体で 6% 程度, No.1,3,4 試験体で 3% 程度であり, 母板摩擦面を無機ジンク塗装した場合に大きくなっている。

4. まとめ

本研究では連結板摩擦面にアルミ溶射を施し, 母板の摩擦面処理をブラストまま, 無機ジンク塗装, 2

種ケレン相当の手動グラインダー処理とした場合のすべり試験を実施した。得られた結果を以下に示す。

- 1) ブラストままとした場合, 試験前軸力によるすべり係数は 0.9 以上(0.91~0.94)であった。
- 2) 無機ジンクとした場合, 試験前軸力によるすべり係数は 0.8 以上(0.80~0.81)であった。
- 3) 手動グラインダー処理とした場合, 試験前軸力によるすべり係数は 0.7 以上(0.73~0.76)であった。
- 4) リラクゼーション特性を調査した結果, 締付直後から 7 日経過後までの軸力低下率は, 無機ジンクの場合で 6% 程度, ブラストまたは手動グラインダー処理の場合で 3% 程度であった。

謝辞

アルミ溶射の施工については, 吉川工業(株)熊井隆氏にご協力を頂いた。付記して感謝の意を表す。

参考文献

- 1) 東清三郎, 富永知徳, 本間宏二, 高木優任, 安藤隆一: 連結板摩擦面にアルミ溶射を適用した高力ボルト摩擦接合継手のすべり耐力試験, 土木学会第 69 回年次学術講演会概要集, pp.885-886, 2014.9
- 2) 丹波寛夫, 行藤晋也, 木村聡, 山口隆司, 杉浦邦征: 接合面が鋼材粗面と無機ジンクリッチペイント面の高力ボルト摩擦接合継手のすべり係数の提案, 土木学会論文集 A1(構造・地震工学), Vol.70, No.1, 137-149, 2014

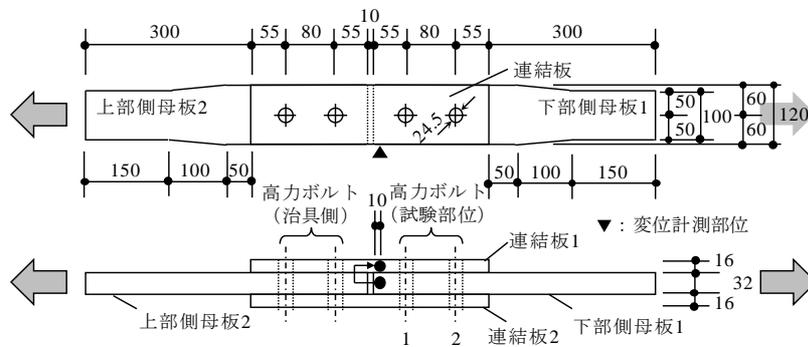


図-1 試験体の形状・寸法

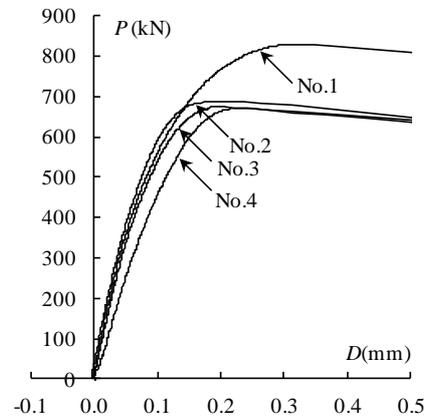


図-2 荷重-すべり量関係

表-1 試験体の摩擦面処理とボルト軸力低下率およびすべり試験結果

No.	試験体の摩擦面処理		試験前までの軸力低下率およびすべり試験結果							
	母板	連結板	No.	N ₁ (kN)	N ₂ (kN)	N _S (kN)	軸力低下率(%)	P _{max} (kN)	すべり係数	
1	ブラスト処理 (表面粗さ実績 Ra12.3 μm, Rz81.5 μm)	アーク溶射による アルミ溶射 (皮膜厚実績 354 μm)	1-1	222	219	205	2.5	829	0.94	1.01
			1-2	222	219	205	2.8	806	0.91	0.93
			1-3	224	220	205	2.8	821	0.92	1.00
2	無機ジンクリッチ ペイント塗装 (皮膜厚実績 94 μm)	アーク溶射による アルミ溶射 (皮膜厚実績 354 μm)	2-1	212	213	205	6.0	687	0.81	0.84
			2-2	212	211	205	6.4	676	0.80	0.82
			2-3	211	212	205	6.9	684	0.81	0.83
3	手動ディスクサンダー 掛け[標準](表面粗さ実績 Ra1.5 μm, Rz13.5 μm)	アーク溶射による アルミ溶射 (皮膜厚実績 354 μm)	3-1	219	219	205	2.5	650	0.74	0.79
			3-2	223	219	205	2.3	676	0.76	0.82
			3-3	224	227	205	2.7	677	0.75	0.83
4	手動ディスクサンダー 掛け[弱め](表面粗さ実績 Ra3.5 μm, Rz25.9 μm)	アーク溶射による アルミ溶射 (皮膜厚実績 354 μm)	4-1	222	224	205	1.7	656	0.74	0.80
			4-2	222	222	205	2.1	671	0.75	0.82
			4-3	219	222	205	2.6	647	0.73	0.79

N₁: 試験側高力ボルト1の試験前ボルト軸力
 N₂: 試験側高力ボルト2の試験前ボルト軸力
 N_S: 設計ボルト軸力
 P_{max}: 最大荷重
 μ_{max}: 試験前ボルト軸力を用いて算出したすべり係数
 μ_S: 設計ボルト軸力を用いて算出したすべり係数
 軸力低下率: 締付完了直後から7日経過後までの軸力低下率
 $= (\sum N_0 - \sum N) / \sum N_0 \times 100$ ここでN₀は締付直後のボルト軸力でNは7日経過後のボルト軸力

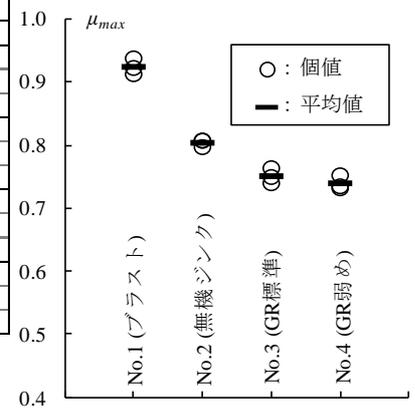


図-3 すべり係数-母板摩擦面関係