

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

新日鐵住金(株) 東 清三郎 富永 知徳 本間 宏二
高木 優任 安藤 隆一

1. 目的 建築分野において、高力ボルト摩擦接合継手の摩擦面処理にアルミ溶射を用いることで、0.7以上のすべり係数が得られること^{1),2)}が報告されており、実際の適用事例³⁾においても、施工効率の向上に寄与することが示されている。ただし、既往の実験データは490MPa級鋼とF14T級高力ボルトの組合せを中心とした内容である^{1),2)}。今回、急速施工、継手のコンパクト化等の特徴を有する本継手を橋梁分野へ展開するための基礎検討として、S10T高力ボルトと橋梁に一般的に用いられる400MPa級から780MPa級の鋼材(SS400,SM490Y, SM570,SBHS700)の組合せを対象としたすべり試験を実施した。

2. すべり耐力試験概要 試験体の形状・寸法を図1に、試験体一覧を表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。試験体は、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、24時間以上放置した後、引張試験機により準静的に一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25mm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、鋼種(SS400,SM490Y, SM570,SBHS700)、連結板厚(9,12,16,19mm)、ボルト径(M22,24)である。連結板の摩擦面は、下地処理として黒皮除去程度のブラスト処理後にアーク溶射法によるアルミ溶射(皮膜厚300 μ m程度)を施した。母板の摩擦面は、黒皮除去程度のブラスト処理とした。 N 数は2である。

3. 試験結果と考察 No.1-1, No.1-2試験体の荷重 P —すべり量 D の関係を図2に示す。縦軸は荷重 P であり、摩擦面数(2面)とボルト2本各々の試験前軸力 N_0 で除して無次元化している。横軸はすべり量 D である。明瞭な主すべり現象は見られず、最大荷重後も急激な耐力低下は見られない。いずれの試験体も同様な性状を示した。表1に試験結果一覧をまとめて示す。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。すべり係数 μ_{max} はいずれも0.7以上を示している。図3～5に各パラメータがすべり係数 μ_{max} に与える影響を示す。縦軸はいずれもすべり係数 μ_{max} である。図3は、No.1,2,4を対象に横軸を母板降伏点として示した。プロットは個値であり、点線は平均値を結んでいる(図4,5も同じ)。使用鋼材の降伏点の影響は見られない。図4は、No.1,2,3,4,6,7を対象に横軸を連結板厚として示した。連結板厚9,12mmでは、既往の実験でも報告されている通り、連結板厚が小さくなるほどすべり係数が低下する傾向が見られる。ボルト径22mmの場合、連結板厚9mmで0.7以上(0.71～0.72)、12mm以上で0.8以上(0.81～0.91)のすべり係数が得られた。図5は、No.4,5を対象に横軸をボルト径として示した。ボルト径が大きくなるとすべり係数が低下する傾向が見られる。連結板厚16mmの場合、ボルト径22mmで0.84～0.91、24mmで0.76～0.78のすべり係数が得られた。

4. まとめ 橋梁で一般的に用いられる400MPa級から780MPa級鋼の範囲の橋梁用鋼材(SS400,SM490Y, SM570,SBHS700)を対象に、摩擦面片側にアルミ溶射を施し、S10Tを用いた継手のすべり試験を実施し、以下の結果を得た。摩擦面は、連結板側には黒皮除去程度のブラスト処理後にアーク溶射法によるアルミ溶射(皮膜厚300 μ m程度)を施し、母板側は黒皮除去程度のブラスト処理のみを行ったものである。

- ・連結板厚12mm以上、ボルト径22mmとした場合、試験前軸力によるすべり係数は0.8以上(0.81～0.91)であった。
- ・連結板厚16mmで、ボルト径24mmとした場合、試験前軸力によるすべり係数は0.75以上(0.76～0.78)であった。
- ・連結板厚9mmで、ボルト径22mmとした場合、試験前軸力によるすべり係数は0.7以上(0.71～0.72)であった。

キーワード 高力ボルト、摩擦接合、アルミ溶射、すべり係数

連絡先 〒100-8071 東京都千代田区丸の内二丁目6番1号 新日鐵住金(株)建材開発技術部 TEL:03-6867-6866

表 1. 試験体およびすべり試験結果一覧

No.	試験体の形状・寸法等											すべり試験結果							
	ボルト の等級	呼び径 (mm)	d (mm)	鋼種	σ_y (N/mm ²)	t_1 (mm)	t_2 (mm)	W (mm)	e (mm)	p (mm)	すべり 耐力比	No.	N_{01} (kN)	N_{02} (kN)	N_S (kN)	P_{max} (kN)	すべり係数		D_{max} (mm)
																	μ_{max}	μ_s	
1	S10T	22	24.5	SS400	302	32	16	140	55	80	0.73	1-1	233	240	205	820	0.87	1.00	0.20
1-2												230	225	205	787	0.87	0.96	0.20	
2		22	24.5	SM490YB	388	32	16	120	55	80	0.68	2-1	229	228	205	793	0.87	0.97	0.16
2-2												231	226	205	800	0.88	0.98	0.15	
3		22	24.5	SM570	537	32	12	120	55	80	0.66	3-1	222	227	205	731	0.82	0.89	0.21
3-2												225	227	205	734	0.81	0.90	0.20	
4		22	24.5		554	32	16	120	55	80	0.48	4-1	230	217	205	818	0.91	1.00	0.18
4-2												222	228	205	752	0.84	0.92	0.14	
5		24	26.5		554	32	16	120	60	90	0.57	5-1	261	256	238	786	0.76	0.83	0.13
5-2												253	254	238	795	0.78	0.84	0.13	
6		22	24.5	SBHS700	734	19	9	120	55	80	0.61	6-1	247	236	205	685	0.71	0.84	0.34
6-2												238	232	205	680	0.72	0.83	0.30	
7		22	24.5		734	19	19	120	55	80	0.61	7-1	234	236	205	829	0.88	1.01	0.18
												7-2	234	237	205	824	0.87	1.00	0.19

d: ボルト孔径 σ_y : 使用鋼材の素材引張試験結果による降伏点 (No.1,2,4,5,6,7は母板, No.3は連結板)

t_1 : 母板厚 t_2 : 連結板厚 W : 板幅 e : 縁端距離 p : ピッチ

すべり耐力比: 母板または連結板の有効断面降伏耐力(素材試験結果)とすべり係数を0.9として計算したすべり耐力との比

N_{01} : 試験側高力ボルト1の試験前ボルト軸力

N_{02} : 試験側高力ボルト2の試験前ボルト軸力

N_S : 設計高力ボルト軸力

P_{max} : 最大荷重 (すべり荷重として採用)

μ_{max} : 試験前軸力を用いて算出したすべり係数

μ_s : 設計軸力を用いて算出したすべり係数

D_{max} : P_{max} 時の接合部の変位

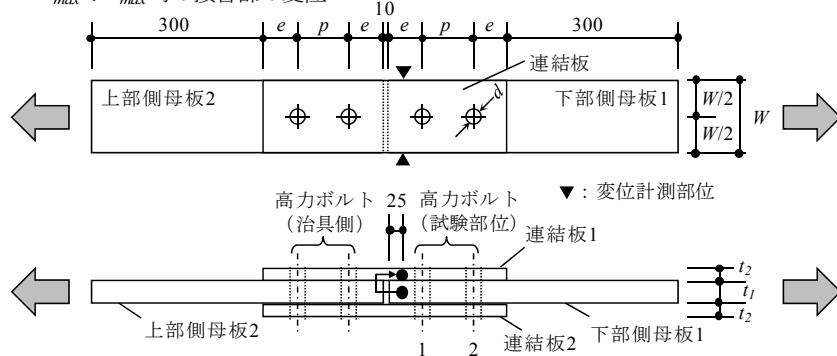


図 1. 試験体の形状・寸法

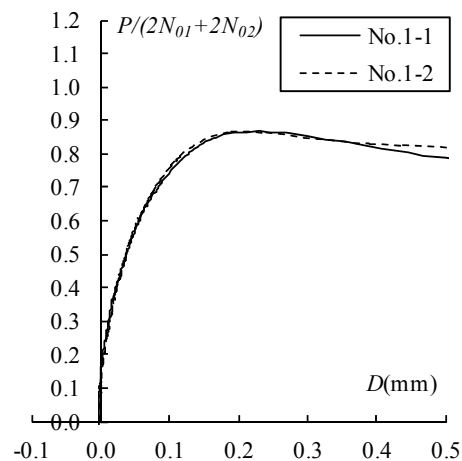


図 2. 荷重-すべり量関係

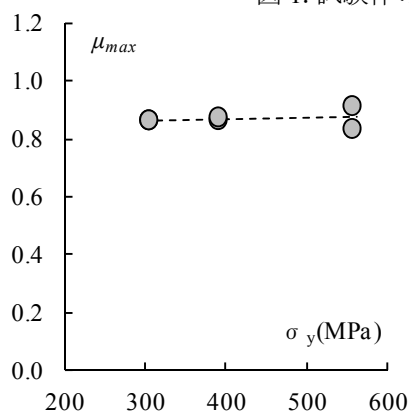


図 3. すべり係数-母板降伏点関係

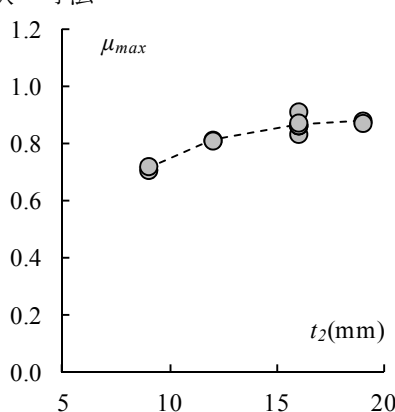


図 4. すべり係数-連結板厚関係

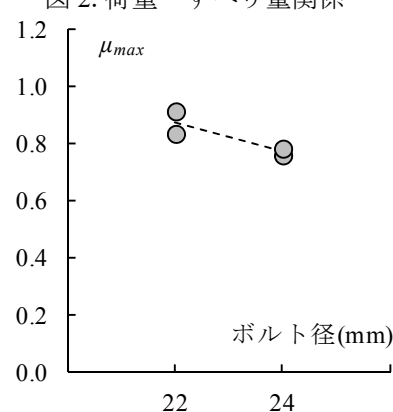


図 5. すべり係数-ボルト径関係

謝辞

アルミ溶射の施工については、吉川工業株式会社熊井隆氏にご協力を頂いた。付記して感謝の意を表する。

参考文献

- 1) 高田遼太, 東清三郎, 松尾真太郎, 井上一朗: 添板にアルミ溶射を施した高力ボルト接合部のすべり試験, 日本建築学会近畿支部研究報告集・構造系, pp. 409-412, 2008. 5
- 2) 小島一高, 佐分利和宏, 松尾真太郎, 井上一朗: アルミ溶射添板を用いた高力ボルト摩擦接合部のすべり係数およびリラクゼーション特性, 日本建築学会近畿支部研究報告集・構造系, pp. 385-388, 2009. 5
- 3) 平川恭章: あべのハルカスの構造設計・施工概要, JSSC, Vol. 12, pp. 18-21, 日本鋼構造協会, 2013. 1