

多列厚板高力ボルト摩擦接合継手のすべり挙動に関する実験的検討

(独)土木研究所
(独)土木研究所
大阪市立大学大学院工学研究科

正会員 ○村越 潤
正会員 澤田 守
正会員 山口 隆司

(独)土木研究所
(独)土木研究所
大阪市立大学大学院工学研究科

正会員 遠山 直樹
大嶽 敦郎
学生会員 彭 雪

1. 研究背景および目的

近年、コスト縮減の観点から、75mm を超える厚板鋼板が主部材に用いられ、継手が多列化・大型化する事例が見られる。しかし、これまで厚板を用いた継手のすべり耐力、ボルト列数、初期不整等が継手性能に与える影響については定量的に明らかにされていない。筆者らは平成 21 年度から厚板鋼板にボルト接合を適用した場合を対象に、実物大継手部の引張載荷実験(標準すべり試験¹⁾)を実施し、ボルト列数、母板厚、肌隙等がすべり挙動に及ぼす影響について検討を行ってきた。本稿では、一連の実験結果を整理するとともに、現行の規定や既往の研究成果と比較・考察を行ったものである。

なお、本研究は大阪市立大学と土木研究所の共同研究「高力ボルト摩擦接合継手の設計法の合理化に関する研究」(平成 21～23 年度)として実施したものである。

2. 実験概要

本実験では、文献 1)に示される標準すべり試験を参考に、試験体を製作して引張載荷実験を実施した。試験体のボルトの行数は 1 行としている。試験体は、表-1 に示すように母板厚、ボルト列数、フィラー厚および肌隙の有無をパラメータとした。使用鋼材および使用ボルトは使用実態を考慮してそれぞれ SM490Y、M22(F10T)とした。接合面処理は無機ジンクリッチペイント塗装とし、膜厚は合計 180μm になるように管理した。非すべり側のボルトは軸力を 10%増しして締め付けた。試験機は各試験体の設計すべり耐力にあわせて、

土木研究所所有の 30MN 大型構造部材万能試験機あるいは 2,000kN 疲労試験機を用いた。30MN 大型構造部材万能試験機を用いた試験時の様子を写真-1 に示す。

3. 実験結果と考察

各試験体の実験結果について、表-2 にすべり係数の平均値および組立～7 日経過後のボルト軸力残存率の平均値を示す。ここで、すべり係数と軸力残存率は下式により算出するものとした。

すべり係数： $\mu_0 = P / n / m / N_0$ 式(1)

すべり係数： $\mu_2 = P / n / m / N_2$ 式(2)

軸力残存率： N_2 / N_1 式(3)

ここで、 P ：すべり耐力、 n ：ボルト本数、 m ：接触面数、 N_0 ：設計軸力、 N_1 ：締付軸力、 N_2 ：試験前軸力である。いずれの試験体においても、すべり係数は道路橋示方書²⁾(以下、道示)の設計すべり係数 0.4 を大きく上回ることが確認された。また、軸力残存率は 92～96% 程度で、接触面数の多いフィラーケースで 92～94% 程度と比較的小さい傾向となるものの、ほぼ同程度の値を示した。

(1) 板厚の影響

図-1 に板厚とすべり係数 μ_2 の関係を示す。板厚が厚くなるとすべり係数は僅かに大きくなる傾向にある。ただし板厚 75mm・ボルト 3 列の場合、一部すべり係数の小さいものがあり、これはエッジの凹凸や部材のそりなどの初期不整の影響によるものと考えられる。初期不整を有する継手では、板厚が厚かつボルト列数が少ないほど接合面が密着しにくいため、その結果、

表-1 試験体パラメータ

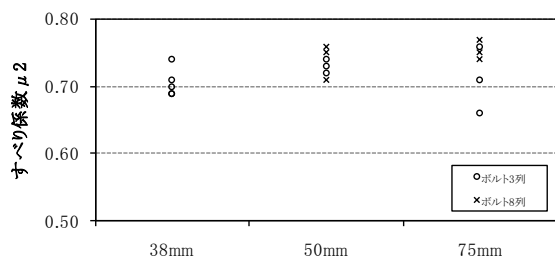
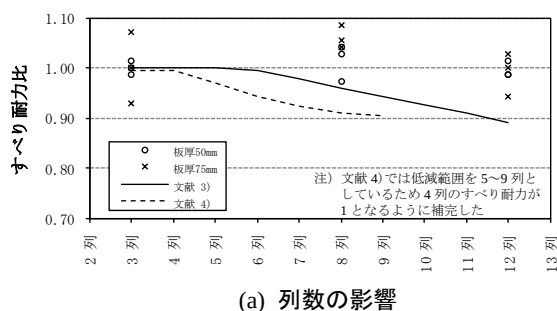
試験ケース	基本ケース							フィラーケース			肌隙 _{1mm} ケース		
	母材 38	母材 50			母材 75			母材 38			母材 50	母材 75	
試験体 No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
ボルト列数 M22(F10T)	3	3	8	12	3	8	12	3					8
母材板厚 (mm) SM490Y	38-38	50-50			75-75			50-38	60-38	75-38	50-49	75-74	
連結板板厚 (mm) SM490Y	2×20	2×26	2×26	2×26	2×38	2×38	2×38	2×20	2×20	2×20	2×26	2×38	
フィラー板厚 (mm) SS400	—	—	—	—	—	—	—	12	22	37	—	—	
試験体幅 (mm)	120	120	190	270	120	130	190	120	120	120	190	130	
接合面の合計膜厚 (μm)	180	180			180			180			180		
すべり耐力 ₀ (kN)	492	492	1312	1968	492	1312	1968	492	492	492	1312	1312	
母材降伏耐力 (kN)	1,288	1,600	2,772	4,112	2,399	2,651	4,158	1,288	1,288	1,288	2,717	2,615	
連結板降伏耐力 (kN)	1,356	1,763	3,055	4,532	2,577	2,846	4,465	1,356	1,356	1,356	3,055	2,846	
β (μ=0.4)	0.38	0.31	0.47	0.48	0.21	0.49	0.47	0.38	0.38	0.38	0.48	0.50	
比較対象	母板厚の影響												
	ボルト列数の影響												
	フィラーの影響												
	肌隙の影響												

写真-1 試験状況

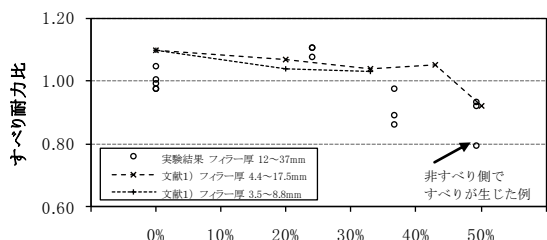


表-2 実験結果のまとめ

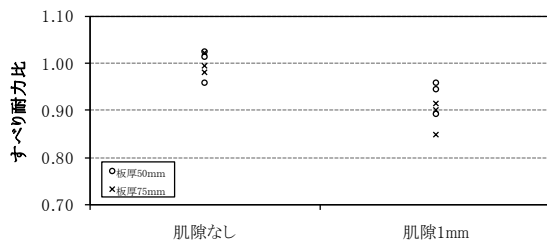
		すべり 係数 μ_0	すべり 係数 μ_2	軸力 残存率
基本	No.1	0.68	0.71	0.94
	No.2	0.70	0.73	0.95
	No.3	0.71	0.74	0.95
	No.4	0.70	0.73	0.95
	No.5	0.68	0.71	0.96
	No.6	0.71	0.75	0.94
	No.7	0.69	0.70	0.95
フィラー	No.8	0.72	0.77	0.92
	No.9	0.61	0.64	0.94
	No.10	0.57	0.62	0.92
肌隙	No.11	0.66	0.69	0.95
	No.12	0.63	0.67	0.94

図-1 板厚とすべり係数 μ_2 

(a) 列数の影響



(b) 断面変化率の影響



(c) 肌隙の影響

図-2 各試験体パラメータとすべり耐力比

接触圧が低下し、すべり耐力が低下したものと考えられる。

(2) ボルト列数の影響

図-2(a)に、ボルト列数とすべり耐力比の関係を示す。すべり耐力比とは、各試験体のすべり係数 μ_2 と 3 列試験体のすべり係数 μ_2 (平均値) の比を示したものであ

る。既存の研究成果^{3,4)}では、ボルト列数が 5 列を超えるとすべり耐力が低下し始め、4 列増える度にすべり耐力が 5~8%程度低下する傾向が示されている。本実験ではボルト列数が 8 列から 12 列へ増えるとすべり耐力が板厚 50mm で 1%、板厚 75mm で 7%程度低下しており、板厚 75mm の場合に既往の研究成果と近い傾向が得られた。ただし、ボルト 3 列と 8 列を比較すると明確なすべり耐力の低下は認められなかった。道示²⁾ではボルト列数の上限値について、なるべく 8 列とするのが良いとしているが、本実験の結果から判断すると、12 列程度まで適用範囲を拡大できる可能性があると考えられる。

(3) 断面変化率 (フィラー厚さ) の影響

図-2(b)に断面変化率とすべり耐力比の関係を示す。既往の研究成果¹⁾では、母板の断面変化率が 25~30%を超えるとすべり耐力が大きく低下するとされているが、本実験の結果では断面変化率が 30%を超えると、すべり耐力がより大きく低下する結果となった。これはフィラーが厚いほど母板中心軸のズレによる偏心曲げモーメントが大きくなり、継手部のすべり耐力に影響を及ぼしたためと考えられる。これらを踏まえ 75mm といった厚板の継手に対しては、断面変化率やフィラー厚さの上限値を検討する必要があると考えられる。

(4) 肌隙の影響

図-2(c)に肌隙とすべり耐力比の関係を示す。既往の研究成果¹⁾では肌隙 1mm の場合に、すべり耐力比は 90%程度であるとされているが、本実験の結果では板厚 50mm で 89%、板厚 75mm で 85%まで低下する結果となった。これは連結板の曲げ剛性が大きく、接合面が密着しにくいためにすべり耐力が低下したものと考えられるが、ボルト列数や縁端距離との関係によっては、この低下率も変化する可能性がある。道示²⁾では接合面に肌隙が生じないこととしているが、厚板においては特に注意を有すると考えられる。

今後は数値解析により、実験では十分にとらえることのできなかった多列継手におけるすべり係数の低下に関するメカニズムを、母板および連結板の断面構成にも着目して検討する予定である。

参考文献 1) 土木学会：高力ボルト摩擦接合継手の設計・施工・維持管理指針案, 2006. 2) 道路橋示方書・同解説, 2002. 3) 日本建築学会：鋼構造接合部設計指針, 2006. 4) 亀井ら：多列高力ボルト摩擦接合引張継ぎ手のすべり強度に関する解析的研究, 土木学会論文集, 2000.