

高力ボルト摩擦接合継手のすべり耐力と降伏耐力に対する継手形状の影響

鉄道総合技術研究所 正会員 ○網谷 岳夫
 鉄道総合技術研究所 正会員 小林 裕介
 法政大学 フェロー 森 猛

1. はじめに

鋼構造物における高力ボルト摩擦接合継手を用いた補修・補強工事では、通常の2面摩擦継手だけでなく、1面摩擦継手や重ね継手を用いられる場合がある。これまで、軸力が作用する2面摩擦継手のすべり耐力と降伏耐力については、数多くの検討がなされ、その標準的な評価法なども示されている¹⁾。しかし、偏心荷重により板曲げが生じる1面摩擦継手や重ね継手についての検討例は少なく、その耐力が2面摩擦継手とどのように異なるかは十分に明らかとはなっていない。本研究では、2面摩擦継手、1面摩擦継手、重ね継手と継手形状が異なる試験体を用いて引張試験を行い、継手形状がすべり耐力と降伏耐力に及ぼす影響について検討する。

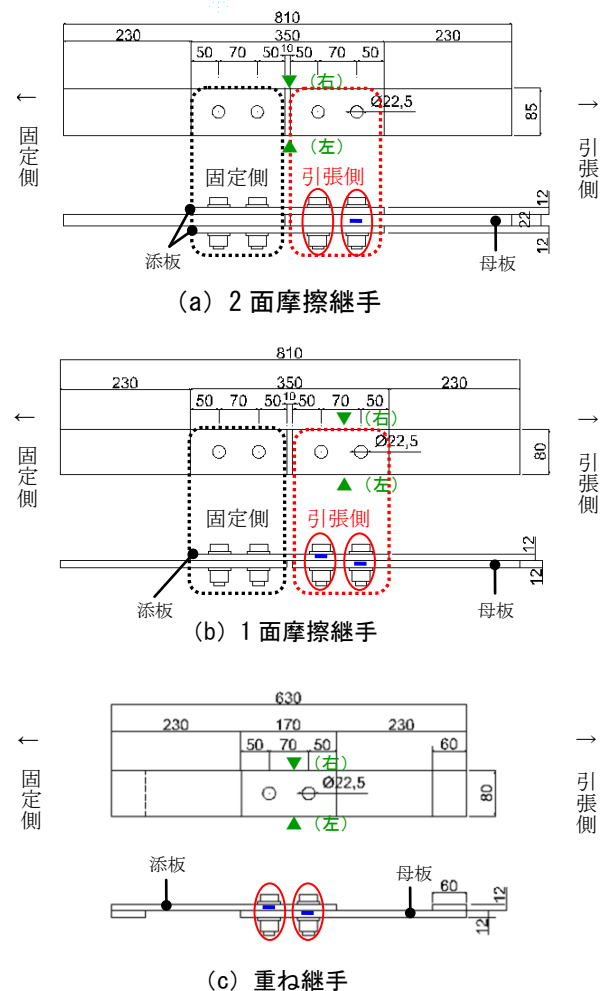
2. 試験方法

本試験で使用した鋼材は、板厚12mmと22mmの一般構造用圧延鋼材SS400であり、降伏応力は両鋼材とも 281N/mm^2 （ミルシートに記載された値）である。高力ボルトは、首下長さ80mmと60mmのF10T-M20（トルク係数0.133）を使用した。鋼材の接合面には、母板、添板とも無機ジンクリッチペイントを膜厚 $75\pm 15\mu\text{m}$ で管理して塗布した。

試験体の形状は、すべり／降伏耐力比 β が0.8となるよう設計した2面摩擦継手、1面摩擦継手、重ね継手の3種類とした（図1）。すべり／降伏耐力比 β は、〔すべり係数（0.5と仮定）×設計ボルト軸力（165kN）×摩擦面の数×ボルト本数〕／〔純断面積×降伏応力（ 281N/mm^2 ）×1.1〕として算出した。

2面摩擦継手と1面摩擦継手は、図1に示す引張側で固定側より先にすべりが生じるよう、高力ボルトの締付け軸力を管理した。締付け軸力の管理は、2面摩擦継手と1面摩擦継手の引張側および重ね継手は、ボルト軸部に対称となるよう貼付けたひずみゲージのひずみ値により管理し、2面摩擦継手と1面摩擦継手の固定側はトルク値により管理した。2面摩擦継手と1面摩擦継手のボルトの締付け軸力は、引張側で設計ボルト軸力の1割増しとなる 182kN （ 2898μ ：キャリブレーション試験値）、固定側で設計ボルト軸力の2割増しとなる 198kN を目標とした。重ね継手のボルトの締付け軸力は、2面摩擦継手および1面摩擦継手の引張側と同じとした。

引張試験は、ボルト軸力のリラクセーションを考慮して締付け完了から24時間経過した後、油圧サーボ式材料試験装置を用いて変位制御（ 0.1mm/min ）で行った。試験時には、載荷荷重の他、母板と添板の相対変位、ボルト孔位置の側面ひずみ、並びにボルト軸力を測定した（図1）。



【測定位置の凡例】

▼：クリップゲージ - ：ひずみゲージ ○：ゲージボルト

図1 試験体の形状寸法・測定位置

キーワード：摩擦接合継手、すべり耐力、降伏耐力、継手形状

連絡先：〒185-8540 東京都国分寺市光町2-8-38 鉄道総合技術研究所 構造物技術研究部 鋼・複合構造 TEL042-573-7280

3. 試験結果

試験結果を表 1、試験から得た荷重と相対変位関係の例を図 2 に示す。すべり耐力は、荷重が低下したときにすべりが生じたと判断し、そのときの最大荷重とした。相対変位は、図 1 に示す左右のクリップゲージ測定値の平均値とした。試験から得た荷重と側面ひずみ関係の例を図 3 に示す。降伏耐力は、荷重と図 1 に示す位置で測定した母板側面ひずみの関係から 0.2%耐力とした。2 面摩擦継手は、すべり耐力と降伏耐力が同程度であったが、1 面摩擦継手と重ね継手は、1 部を除いて降伏耐力の方がすべり耐力より低い傾向にあった。試験結果を反映したすべり／降伏耐力比 β は 0.97～1.07 であった。

図 4 は、表 1 に示したすべり係数を継手形状で整理したものである。すべり係数は、試験前ボルト軸力 N_1 を用いて算出した。ボルト軸力は 2 本のゲージボルト測定値の平均値とした。2 面摩擦継手と比較すると、1 面摩擦継手は平均で約 7% (0.62→0.58)、重ね継手は約 8% (0.62→0.57) 低い値であり、すべり耐力が低い傾向にある。

図 5 は、表 1 に示したすべり時のボルト軸力低下率を継手形状で整理したものである。すべり時ボルト軸力低下率は、試験前ボルト軸力 N_1 からすべり時ボルト軸力 N_2 までの低下率 $[(N_1 - N_2) / N_1]$ とした。2 面摩擦継手と比べて、1 面摩擦継手と重ね継手の軸力低下率が大きくなっている。このことから、すべり耐力が低下した 1 要因は、ボルト軸力の低下にあると考えられる。また、ボルト軸力の低下は、偏心荷重による母板と添板の板曲げによるものと考えられる。

図 6 は、表 1 に示した降伏耐力比を継手形状で整理したものである。降伏耐力比は、(試験から得た降伏耐力) / (鋼材の降伏応力 × 母板の純断面積) と定義した。1 面摩擦継手と重ね継手の降伏耐力比は同程度であり、2 面摩擦継手よりも降伏耐力比が 20%程度低い。降伏耐力の低下も、偏心荷重による母板と添板の板曲げによるものと考えられる。

4. まとめ

1 面摩擦継手と重ね継手のすべり耐力と降伏耐力は同程度である。2 面摩擦継手と比べて、すべり耐力は 10%程度、降伏耐力は 20%程度低い。

参考文献

1)例えば、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），鋼構造シリーズ 15, 2006 年 12 月

表 1 試験結果一覧

試験体名称	すべり耐力 kN	相対変位 mm	降伏耐力 kN	すべり/降伏 耐力比 β	試験前ボルト 軸力 N_1 kN	すべり時ボルト 軸力 N_2 kN	すべり係数 μ		すべり時ボルト 軸力低下率		降伏耐力比	
							個別	平均	個別	平均	個別	平均
2面-1	404.6	0.29	404.1	1.00	159.8	128.0	0.63	0.62	19.9%	21.4%	1.05	1.06
2面-2	406.5	0.34	406.4	1.00	152.2	119.3	0.67		21.6%		1.05	
2面-3	418.3	0.38	416.7	1.00	170.3	135.6	0.61		20.4%		1.08	
2面-4	414.5	0.34	411.0	1.01	171.1	133.3	0.61		22.1%		1.06	
2面-5	410.1	0.35	410.2	1.00	169.0	133.4	0.61		21.1%		1.06	
2面-6	417.2	0.37	408.5	1.02	174.7	131.7	0.60		24.6%		1.06	
2面-7	413.0	0.37	413.6	1.00	164.1	130.9	0.63		20.2%		1.07	
1面-1	172.8	0.22	167.5	1.03	149.5	94.9	0.58	0.58	36.5%	37.2%	0.85	0.84
1面-2	167.7	0.30	168.1	1.00	150.9	97.4	0.56		35.5%		0.86	
1面-3	167.7	0.31	166.2	1.01	134.0	84.9	0.63		36.6%		0.85	
1面-4	170.2	0.24	162.9	1.04	134.1	80.3	0.63		40.1%		0.83	
1面-5	173.3	0.27	162.1	1.07	173.7	109.0	0.50		37.2%		0.83	
重ね-1	165.8	0.18	156.0	1.06	145.9	97.4	0.57		33.2%		0.80	
重ね-2	170.1	0.17	162.7	1.05	139.4	97.1	0.61		30.3%		0.83	
重ね-3	166.3	0.26	164.7	1.01	139.9	94.5	0.59	0.57	32.4%	33.1%	0.84	0.85
重ね-4	175.0	0.08	165.7	1.06	165.8	108.8	0.53		34.3%		0.85	
重ね-5	176.1	0.12	164.2	1.07	162.9	104.4	0.54		35.9%		0.84	
重ね-6	176.2	0.11	182.1	0.97	151.3	102.4	0.58		32.3%		0.93	

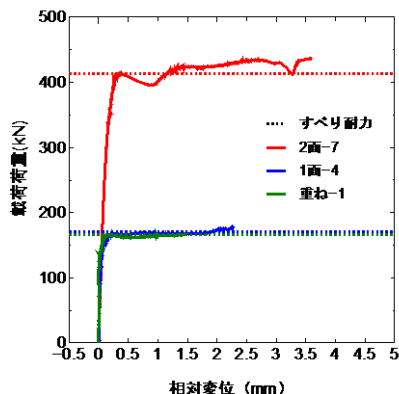


図 2 荷重-相対変位

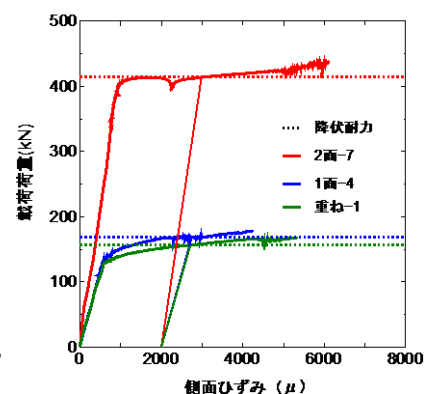


図 3 荷重-側面ひずみ

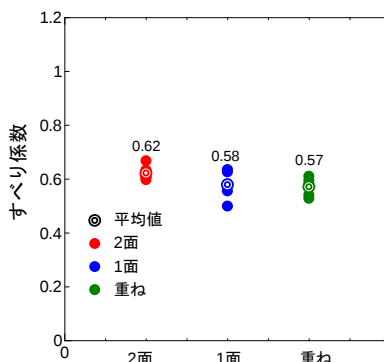


図 4 すべり係数

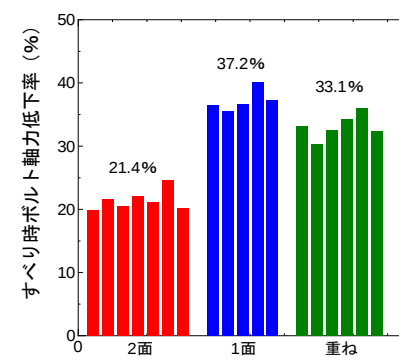


図 5 ボルト軸力低下率

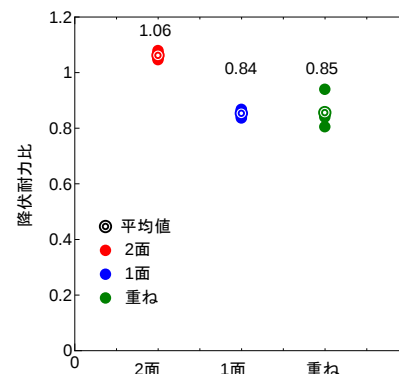


図 6 降伏耐力比