

I - 44

鋼1桁の高力ボルト摩擦接合曲げ継手部の限界状態に関する実験

大阪大学大学院 学生員 高木優任 駒井鉄工(株) 正員 秋山寿行
大阪大学工学部 正員 西村宣男 大阪大学工学部 正員 亀井義典
駒井鉄工(株) 正員 播本章一

1. まえがき 現在、鋼構造の設計書式が限界状態設計法に移行しようとしている。これに際し、高力ボルト継手部に関しても使用限界状態、終局限界状態についての系統的な評価法の確立が求められている。本研究では、プレートガーダーの高力ボルト現場継手部を対象として4体の実物大供試体を用いた曲げ耐力実験を行い、継手部の有効断面積、すべり限界、終局限界について検討した。また、単純引張を受ける継手の実験結果¹⁾と比較し、プレートガーダー現場継手部の強度特性について考察を試みる。

2. 実験概要 図-1に載荷装置と供試体の概略図を示す。単純支持された試験桁の2点に集中荷重を加えることによりテストパネルが純曲げ状態となるようにした。また、面外変位を拘束し、継手部を含むテストパネルにおいて終局状態に至るように計画した。表-1に供試体の諸元を示す。供試体のタイプとしては、添接部のすべりが引張フランジの降伏に先行するMBSタイプ、すべりとフランジ純断面の降伏がほぼ等しいMFYタイプの2タイプを考えた。供試体の設計に際しては、桁断面は少なくとも降伏強度を確保するように板要素の幅厚比を決定した。

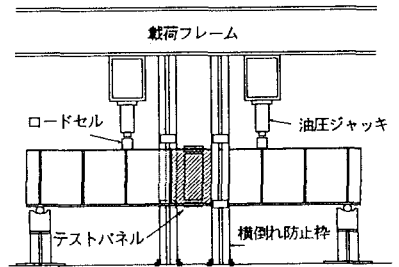


図-1 実験概要図

表-1 供試体の諸元

	タイプ-MBS		タイプ-MFY	
	1	2	1	2
フランジ* 本数(本/片側)	4	6	4	6
ウェブ 高さ (mm)	800	900	800	900
ウェブ 板厚 (mm)	6	6	6	6
フランジ 幅 (mm)	265	300	235	285
フランジ 板厚 (mm)	14	16	12	14
Δ_w/Δ_f	1.29	1.13	1.70	1.35
断面係数	3587	5104	2878	4377
ウェブ 幅厚比	133.3	150.0	133.3	150.0
フランジ 自由突出幅厚比	9.3	9.2	9.5	10.0
ウェブ 高さ/フランジ 幅	3.02	3.00	3.40	3.16
フランジ 有効断面積 (cm ²)	30.66	40.64	22.68	33.46
フランジの許容引張強度(kgf)①	42198	55919	31290	46137
ボルトすべり強度(kgf)②	31200	46800	31200	46800
①/②	1.35	1.19	1.00	0.99

3. 実験結果と考察 ①MBSタイプ 荷重の増加にともなう引張フランジの板厚減少の影響でフランジ添接ボルトの軸力抜けが生じる。フランジに局部的な降伏を生じるとこの傾向が顕著となりフランジ添接部とウェブ添接部において同時にすべりが発生した。図-2にMBS2の代表的荷重とウェブの面外方向モードの関係を示す。この図からもわかるようにすべりの発生と同時に圧縮側のウェブおよびフランジの面外方向の変位が顕著となるが、ボルトが支圧状態になると荷重は増加する。終局状態はウェブの添接部が鉛直軸まわりにほぼ剛体的に回転する部材軸方向1波の逆対称モードの局部座屈およびこれにフランジが引きずられた連成座屈であった。

②MFYタイプ 引張フランジの降伏が添接部のすべりに先行して生じ、それによってボルトの軸力抜けが促進され、すべりに至った。MBSタイプと同様、すべりの発生とともに圧縮側のウェブおよびフランジの面外方向変位が顕著となったが、添接ボルトが支圧状態に達した後の荷重増加は僅少であった。

各種限界状態荷重を表-2に、すべり係数を表-3に示す。また、各種限界荷重時にフランジに発生する軸方向引張力を表-4に示す。表中の引張継手とは、大阪大学で実施された高力ボルト摩擦接合引張継手実験のうち継手部の母材強度とすべり強度を設計上等しくした継手の結果を示している。引張継手は片側ボルト本数6本の突き合わせ2面せん断継手である。

フランジ純断面の降伏荷重の実験値は道示²⁾の規定に従って算出した降伏強度の推定値を上回り、フランジ総断面の降伏荷重の実験値よりもやや低い値となった。本実験では、引張継手に関する実験と同様、引張フランジの添接部では摩擦による母材から添接板への応力の伝達が期待できるので、ボルト孔を控除した純断面積を有効

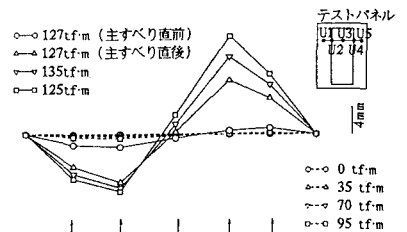


図-2 ウェブの面外方向モード

断面積とする道示の規定は継手の降伏強度を安全側に評価する傾向がみられた。

本実験におけるすべり荷重の実測値はすべての供試体において公称値を50%近く上回っており、すべりが断面の降伏に先行するように計画したMBSタイプでもすべり荷重に達する以前にフランジ断面が降伏している。一方、引張継手の実験では、母材および添接板の一部はすべり以前に降伏に達しているものの、継手供試体の弾性限界はすべりによって決まり、実測値の公称値に対する余裕は10%程度であった。また、初期導入軸力の実測値で評価したすべり係数は引張継手が0.41、引張継手に相当するMFY2タイプでは0.55と差があった。初期導入軸力で評価したすべり係数とすべり発生時の実測軸力で評価したすべり係数を比較すると、引張継手よりも本実験の供試体の方が差が大きい。これは実験開始時からすべりを生じるまでのボルトの軸力抜けが大きいということを表している。しかし、引張継手の実験から、継手のすべり強度は全体のボルト軸力に支配されることが明らかとなっている。したがって、プレートガーダーの継手ではフランジ添接部の摩擦耐力が限界に達しても、すぐにすべりを生じるのではなく、フランジおよびウェブの摩擦耐力がともに限界に達したときにフランジとウェブが同時にすべるものと考えられ、I型断面におけるフランジ継手とウェブ継手はすべりに対して相補的に作用するものと思われる。

本実験での最大荷重は、添接パネルの添接板外側のフランジ降伏荷重の実測値をほぼ上回り、桁断面は降伏強度以上の局部座屈強度を有していた。また、道示においては添接部フランジの純断面降伏荷重あるいはすべり荷重の公称値のいずれか小さい方を終局強度と規定しているが、本実験の供試体はすべてこれらの値を大きく上回った。先に述べた引張継手の実測の最大荷重と公称の純断面降伏荷重との比は1.76であったが、MFY2は1.50と引張継手を下回った。引張継手における継手の終局状態はボルト孔を通る純断面部分の破断により決まるが、本実験の供試体では局部座屈により終局強度が決まった。したがって、純断面部分の破断強度よりも局部座屈強度の方が低かったためにこの差が生じたものと考えられる。

4. まとめ 本報告で、曲げを受けるプレートガーダーの高力ボルト摩擦接合継手の強度実験について述べ、ボルト孔を控除した純断面を有効断面とした場合、継手部の降伏強度は安全側に評価されることを示した。また、単純引張を受ける継手の実験との比較を行い、プレートガーダーの高力ボルト継手部のすべり強度は引張継手のすべり強度よりもかなり大きく、現行の道示によるプレートガーダー継手部のすべり強度の規定はかなり安全側であることがわかった。また、許容応力度設計法に準拠した現行の道示による終局強度の規定は継手部の終局限界に対しかなり安全側であることが明らかとなった。

<参考文献> 1) 秋山, 西村他: 高力ボルト摩擦接合引張継手の強度実験と設計法に関する考察, 第47回土木学会年次学術講演会概要集, I-52, 1992. 9

2) 日本道路協会: 道路橋示方書・同解説(I 共通編, II 鋼橋編), 1990. 2

表-2 各種限界状態荷重

		単位(tf・m)			
		MBS1	MBS2	MFY1	MFY2
総断面降伏荷重 ¹⁾	推定値1	86.1	122.5	69.1	105.1
	推定値2	95.9	140.3	76.6	116.8
	実験値	82.6	117.4	66.2	100.4
純断面降伏荷重 ²⁾	推定値1	71.1	103.7	55.5	88.1
	推定値2	79.5	118.8	62.4	97.3
	実験値	77.6	111.2	62.5	107.3
すべり荷重	推定値1	52.2	86.1	54.9	88.6
	実験値	87.6	127.4	73.6	130.9
最大荷重	実験値	105.5	140.4	76.1	132.5

注 1) 添接パネルの引張フランジ添接部外側断面の降伏荷重

2) 添接部引張フランジの純断面降伏荷重

3) 推定値1は道示の規定と設計断面による値

4) 推定値2は材料試験の結果と実測断面による値

表-3 すべり係数

供試体	初期導入軸力の 実測値による	すべり発生時の 実測軸力による
MBS1	0.629	0.784
MBS2	0.596	0.690
MFY1	0.476	0.620
MFY2	0.545	0.768
引張継手	0.412	0.472

表-4 フランジに発生する軸方向引張力

		単位(tf)				
	タイプ	MBS1	MBS2	MFY1	MFY2	引張継手
実験値	すべり荷重①	90.6	119.8	72.1	119.3	88.4
	最大荷重②	109.1	132.0	74.6	120.8	139.4
公称値	すべり荷重③	52.8	79.2	52.8	79.2	79.2
	①/③	1.72	1.51	1.37	1.51	1.12
	純断面降伏荷重④	73.6	97.5	54.4	80.3	79.2
	②/④	1.48	1.35	1.37	1.50	1.76

注) 実験値は各限界状態荷重の実測値から梁理論により算出した値である