

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 亀井義典 大阪大学工学部 正員 西村宣男

1. はじめに

現在、我国における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が、これに際し、高力ボルト継手部の終局限界状態、使用限界状態に関する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曲げ耐力実験を行い、終局強度およびすべり限界について考察を試み、我国の土木鋼構造物設計に対する限界状態設計法の導入に際し、継手に関する条項の基礎データを提供することを目的としている。

2. 実験概要

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定め、供試体断面を決定した。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、すべりと引張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。各タイプについてフランジのボルト本数が片側4本および6本の2種類とし、計4体の供試体を製作した。高力ボルトはF10T, M20を使用した。摩擦面は赤錆を発生させた後、組立前にこれを除去した。供試体の諸元を表-1に示す。実験においては単純支持された供試体の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、横倒れ変形が生じないように面外変位を拘束し、継手部を含むテストパネルにおいて終局限界状態に至るように計画した(図-1)。

3. 実験結果

各供試体について、図-2に荷重と桁中央の鉛直変位の関係、表-2に各種限界状態荷重の公称値および実測値を示す。表中の公称値は道示¹⁾に規定されている材料強度および設計断面で評価した値を示し、実測値は材料試験から得た降伏応力と桁断面の実測値から評価した値を示す。そして、実験値は実験より得られた値を示している。表-3にすべり係数を示す。各タイプの終局状態に至るまでの経過は以下の通りであった。
①MBSタイプ：荷重の増加にともなう桁の鉛直方向の変位は最初線形的に増加するが、残留応力の影響により途中から非線形性が現れる。非線形性の現れる時点ではフランジのひずみなどから判断すると継手部は弾性状態にある。荷重を増加させてゆき、摩擦耐力が限界状態に

表-1 供試体諸元

	タイプ-MBS		タイプ-MFY	
	1	2	1	2
フランジボルト本数(本/片側)	4	6	4	6
ウェブ高さ(mm)	800	900	800	900
板厚(mm)	6	6	6	6
フランジ幅(mm)	265	300	235	285
板厚(mm)	14	16	12	14
A_w/A_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/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

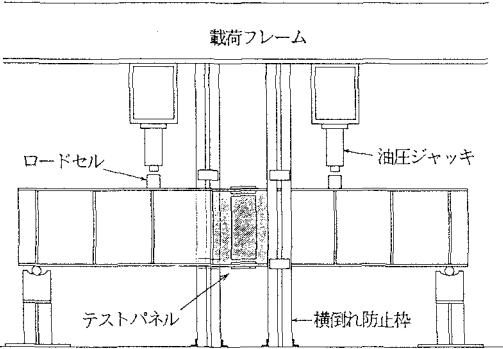


図-1 実験概要図

表-2 各種限界状態荷重

		単位(tf・m)			
		MBS1	MBS2	MPY1	MFY2
		公称値	公称値	公称値	公称値
総断面降伏荷重 ¹⁾	公称値	86.1	122.5	69.1	105.1
	実測値	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⁾	公称値	71.1	103.7	55.5	88.1
	実測値	79.5	118.8	62.4	97.3
	実験値	77.6	111.2	62.5	107.3
すべり荷重	公称値	52.2	86.1	54.9	88.6
	実験値	87.6	127.4	73.6	130.9
最大荷重		公称値	105.5	140.4	76.1
		実験値	105.5	140.4	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

達すると、大きな音と共に引張フランジおよびその直上のウェブにおいて主すべりが生じた。すべり荷重はMBS1で87.6tf・m、MBS2で127.4tf・mと道示に規定されている公称値を50%程度上回った。図-3にMBS2の代表的荷重とウェブの面外変位パターンとの関係を示す。この図から明らかなように、すべりの発生以後ウェブおよび圧縮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しはじめる。最終的には添接板の外側のウェブおよび圧縮フランジの局部座屈により終局状態となった。

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る。しかし、実測のすべり荷重はMFY1で73.6tf・m、MFY2で130.9tf・mと公称値に対しそれぞれ約35%、約50%の余剰強度を有している。また、MFY1、MFY2のそれぞれについて初期導入軸力の実測値から評価したすべり係数は0.476および0.545であった。MFY1のすべり係数はボルトの軸力抜けの影響でMBS1に比して見かけ小さくなったが、それでも道示の規定値0.4を上回った。MFY2ではMBS2と比較して明確な差は現れなかった。すべりを生じると同時に、MFYタイプでは添接板外側のウェブおよび圧縮フランジで局部座屈を生じ、それ以後の荷重の増加は僅少であった。

本実験における供試体は道示に規定されている幅厚比制限に従い、桁断面は少なくとも降伏強度以上の局部座屈強度を有するように設計した。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うちいずれか小さい方を終局強度として規定しているが、本実験の結果によれば、タイプによって差があるものの実験による最大荷重はいずれもすべり荷重および純断面降伏荷重の公称値を大きく上回り、終局強度に至るまでには多くの余裕があった。また、すべり荷重の実験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、すべり荷重に達する以前にフランジ断面が降伏している。このことから、道示の定めているすべり強度は実験値に対してはかなり安全側であることがわかる。本実験での最大荷重は添接パネルの添接部外側のフランジ降伏荷重の実測値にほぼ等しくなっており、添接部外側のフランジ断面の塑性化と局部座屈が平行して生じていることがうかがえる。

4. まとめ

本実験により以下のことが明らかとなった。①実験により得られたすべり荷重とボルト初期導入軸力から評価したすべり係数はMBSタイプで約0.6と現行の道示の規定値を上回った。また、断面の降伏がすべりに先行したMFYタイプにおいてもすべり係数はMFY1で0.476、MFY2で0.545と現行の道示の規定値を上回った。②最大荷重はいずれも道示で規定している終局限界に相当するすべり荷重あるいは純断面降伏荷重の公称値を大きく上回っていた。③終局状態はウェブの添接板が鉛直軸まわりにほぼ剛体的に回転する部材軸方向1波の局部座屈で、これにフランジが引きずられた連成座屈であった。

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	0.635
MBS2	0.596	0.607
MFY1	0.476	0.620
MFY2	0.545	0.552

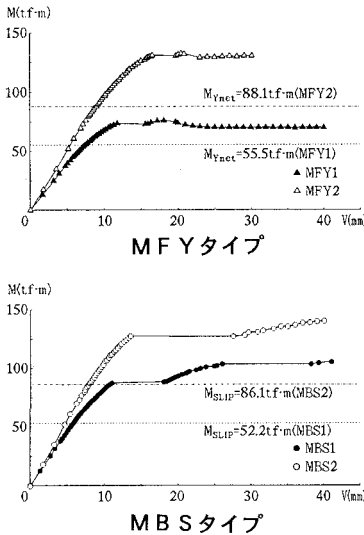


図-2 荷重-桁の鉛直変位の関係

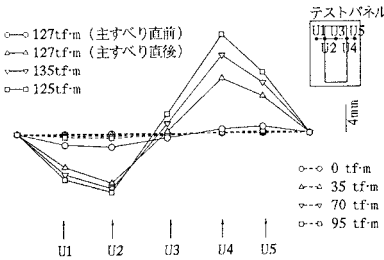


図-3 代表的荷重とウェブの面外変位パターンとの関係 (MBS2)