

1. まえがき： 鋼I桁の高力ボルト摩擦接合継手に関して、現行設計法では曲げ作用力に対してフランジと腹板とで個別に設計している。しかし、鋼I桁の継手の曲げに対するすべり挙動は、フランジと腹板とが独立したものではない。また、引張実験の結果からも明らかなように、すべり現象と母材または添接板の降伏現象は独立したものではなく、降伏がすべりに対して影響を及ぼしている。鋼I桁の継手に関して合理的な設計法を確立するためには、すべりと降伏の関係およびすべりに関するフランジと腹板の協同作用にも着目した研究が必要である。本文では、鋼I桁の高力ボルト継手部を対象とした曲げ耐力実験の結果¹⁾より、I形断面におけるすべり強度特性、ボルト孔を有する引張フランジの有効断面積について述べる。

2. I桁高力ボルト継手の曲げ耐力実験のデータ：

実験供試体は支間中央に継手を含む鋼I桁であり、以下の2タイプである。

- ① MBSタイプ：継手部において引張フランジの降伏が発生する前に、すべりが生じる。
- ② MFYタイプ：継手部においてすべりと引張フランジの降伏がほぼ同時に発生する。

実験要領は図-1のとおりである。実験より得られた各種限界状態荷重を表-1に、荷重－桁中央鉛直変位関係を図-2に、荷重－引張フランジのひずみ関係を図-3に示す。

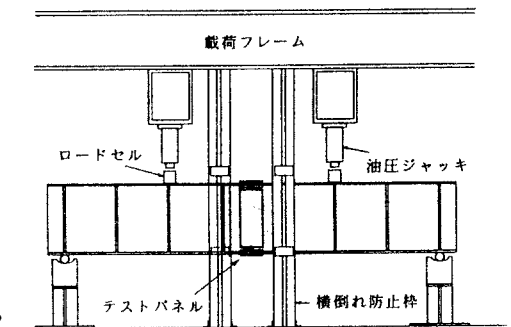


図-1 実験要領

3. 曲げ継手のすべり強度： すべり荷重の実験値は、公称値を34%ないし68%上回っている。すべりがフランジ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。また、MFYタイプではすべりに先行してフランジ断面の降伏が生じ、ボルトの軸力抜けが大きかったにもかかわらず、すべり荷重は公称値を34%ないし48%上回っている。

継手の引張実験の結果²⁾に比べてボルトの軸力抜けが大きいにもかかわらず、I桁の継手の曲げ実験の方がすべり強度が大きくなっている。このことは、I桁の継手ではフランジ継手のすべり抵抗が限界に達しても、直ちにすべりが生じるのではない。つまり、フランジおよび腹板のすべり抵抗がともに限界に達した時に、フランジと腹板において同時にすべりが発生すると考えられる。したがって、I形断面におけるフランジと腹板の継手はすべりに対して協同的に働くと思われる。そこで、フランジと腹板のすべり強度を個別に評価するのではなく、両者が一体となって外力に抵抗するものとする必要がある。

このことをふまえ、I形断面の曲げ継手のすべり強度 M_{SL} の評価法を式(1)のように考える(図-4)。

$$M_{SL} = n_{fu} \rho_{fu} h_{fu} + n_{fl} \rho_{fl} h_{fl} + \sum n_{wi} \rho_{wi} h_{wi} \quad (1)$$

Hisayuki AKIYAMA, Nobuo NISHIMURA

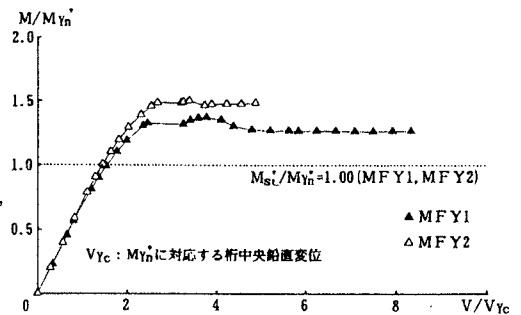


図-2 荷重－桁中央鉛直変位 (MFY1, 2)

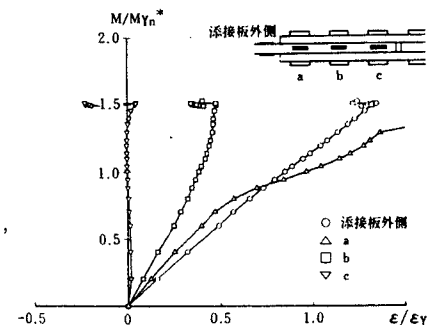


図-3 荷重－引張フランジのひずみ (MFY2)

ここにボルト1本当たりのすべり抵抗 p については、すべり強度・降伏強度比 β を考慮したすべり係数 μ を用いて算出する²⁾。

この評価法によるすべり強度の計算手順としては、最初に現行設計法に基づいて引張フランジの継手においてすべりが発生する作用曲げモーメントを仮定し、この作用曲げモーメントに対して、腹板に発生する応力をもとにしてすべり係数を算出し、腹板およびフランジの継手のすべり強度を算出する。以降、このすべり強度を作用曲げモーメントとして、すべり強度が収束するまで同様の計算を繰り返す。

このすべり強度の評価法により4つの実験供試体を対象にしてすべり強度の試算を行い、その結果を表-2に示す。すべり強度の推定値と実験値は、その差が5%以下であり、ほぼ等しい。そして、試算2回目で収束値に近い値が得られている。したがって、I桁の継手のすべり強度の評価法として、本提案法は有効であると思われる。

4. 引張フランジの有効断面積： 表-1に示す引張フランジ純断面の降伏荷重の実験値は、道路橋示方書の規定に基づく降伏荷重(計算値1)を上回り、引張フランジ総断面の降伏荷重の実験値に近くなっている。このことより、純断面積を有効断面積とした場合、継手の降伏強度はかなり安全側に評価されることが明らかである。

継手の母材あるいは添接板に対する応力計算のもとになる有効断面積の考え方については、継手の降伏に対して重要になってくる。ここで、引張フランジの有効断面積比(A_e/A_n)は式(2)より式(3)とする。ここに、 M_{Yn} および M_{Yg} は引張フランジの純断面降伏強度および総断面降伏強度である。 A_e 、 A_n および A_g は引張フランジの有効断面積、純断面積および総断面積である。

$$\begin{aligned} A_e/A_g &= (M_{Yn}/M_{Yg}) \\ &= (A_n/A_g) \times (A_e/A_n) \end{aligned} \quad (2)$$

$$A_e/A_n = (M_{Yn}/M_{Yg}) \times (A_g/A_n) \quad (3)$$

引張フランジの降伏が継手強度に関係しているMFYタイプを対象にして、有効断面積比を計算した結果を表-3に示す。実験供試体の有効断面積比は1.18前後であり、AASHTOの規定に基づく値とはほぼ同じである。これに対して、データのばらつきなどを考慮して、有効断面積比は1.18より低減して1.1とするのが適切であると思われる。

5. あとがき： 鋼I桁高力ボルト摩擦接合継手に対し、フランジと腹板の協同作用を考慮したすべり強度の評価法を提案した。また、ボルト孔を有する引張フランジの有効断面積について、摩擦力による母材から添接板への応力の伝達を考慮した有効断面積比を提案した。これらの提案により、鋼I桁の高力ボルト継手部の設計を合理的に行うことができるものとする。

【参考文献】 1) 西村・秋山・亀井・高木：鋼I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，鋼構造年次論文報告集，第1巻，pp.23-30，1993.7. 2) 秋山・西村・亀井・池端：高力ボルト摩擦接合引張継手の限界状態の区分，鋼構造年次論文報告集，第3巻，pp.289-296，1995.11.

表-1 各種限界状態荷重

(単位：tf・m)

		MBS 1	MBS 2	MFY 1	MFY 2
フランジ総断面 降伏荷重	計算値1	86.1	122.5	69.1	105.1
	計算値2	93.1	136.1	78.8	112.1
	実験値	82.6	117.4	66.2	102.6
フランジ純断面 降伏荷重	計算値1	71.1	103.7	55.5	88.1
	計算値2	77.0	115.2	63.4	94.0
	実験値	77.6	111.2	62.5	102.3
すべり荷重	計算値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) 計算値1：公称材料強度と設計断面による計算値
計算値2：材料試験強度と実測断面による計算値

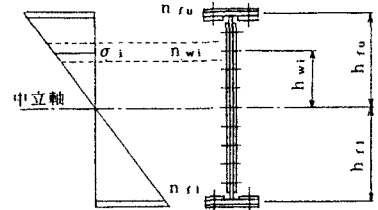


図-4 すべり強度の算定

表-2 すべり強度の推定

(単位：tf・m)

	MBS 1	MBS 2	MFY 1	MFY 2
実験値	87.6	127.4	73.6	130.9
現行設計法による値	56.1	87.2	62.2	97.2
試算1回目	96.4	136.5	81.4	135.6
試算2回目	92.0	131.3	73.9	131.2
試算3回目	92.8	132.1	75.7	131.5
試算4回目	92.6	132.0	75.3	131.5

表-3 引張フランジの有効断面積比 (A_e/A_n)

タイプ	A_n/A_g	M_{Yn}/M_{Yg}	A_e/A_n	備考 注)
MFY 1	0.804	0.944	1.17	1.19
MFY 2	0.839	1.000	1.19	1.18

注) 備考欄の値は、AASHTOの規定に基づいて算出した値である。