

駒井鉄工(株) 正会員○秋山寿行 大阪大学工学部 正会員 西村宣男
大阪大学工学部 正会員 亀井義典 大阪大学工学部 学生員 池端文哉

1. まえがき

鋼構造物の継手として、高力ボルト摩擦接合継手が一般的に用いられている。この継手に対して、既に限界状態設計法に移行している諸外国の鋼構造設計規準では、すべり限界および終局強度に関する条項を与えている。我国において限界状態設計法を導入する際には、高力ボルト継手の使用限界状態および終局限界状態について明確にする必要がある。そのためには、これらの各種限界状態について系統的な見直しが必要である。

本報告は、これまでに行った高力ボルト摩擦接合引張継手の実験のデータを整理することにより、公称のすべり強度と母材降伏強度との比に着目した限界状態の区分を明らかにしたものである。

2. 高力ボルト継手の引張実験のデータ

現行の設計規準における高力ボルト摩擦接合継手の設計では、継手の限界状態である母材と添接板間のすべりおよび母材純断面の降伏について独立に照査している。このすべり強度および母材の純断面降伏強度の公称値をそれぞれ N_{SL} および N_Y と表し、高力ボルト継手の引張実験のデータ¹⁾を表-1に示す。この実験結果および参考文献2), 3), 4)の実験結果より、すべり係数 μ のデータを図-1に示す。ここで、横軸を限界値の比 N_{SL}/N_Y 、縦軸をすべり荷重の実験値より計算される見かけのすべり係数 μ とする。また、母材の純断面および全断面の降伏強度 ($\sigma_Y \cdot A_n$, $\sigma_Y \cdot A_g$) に対する線形限界 (N_{PL}) の比 $N_{PL}/(\sigma_Y \cdot A_n)$ および $N_{PL}/(\sigma_Y \cdot A_g)$ のデータを図-2に示す。

表-1 高力ボルト継手の引張実験のデータ

タイプ	ボルト本数	N_{SL}/N_Y	N_{PL}/N_Y	$N_{PL}/\sigma_Y A_g$
A 4 (4)	4 本/片側	0.249	0.267	0.199
A 4 (6)	6	0.373	0.450	0.335
A 6 (6)	6	0.373	0.531	0.396
A 6 (8)	8	0.497	0.755	0.562
B f 4	4	2.472	1.528	1.007
B f 6	6	3.708	1.524	1.005
B s 4	4	1.235	1.387	0.915
B s 6	6	1.854	1.430	0.943
C 6	6	1.000	1.113	0.762
B f 2 a	2	1.455	1.371	0.886
B f 2 b	2	2.601	1.360	0.913

3. 高力ボルト摩擦接合継手の限界状態

図-1より、すべり強度が母材純断面降伏強度よりかなり小さい場合、すなわち N_{SL}/N_Y が0.7以下の範囲においては、すべり係数はほぼ0.5程度の一定値であり、母材降伏の影響はほとんど現れていない。そして、すべり現象は、継手の両側または片側の全ボルト位置でほとんど同時にすべりが発生している(全体すべり)。また、母材の降伏に対して余裕があり、すべり以降においてボルトの支圧強度を期待することができる。この場合、ボルトより支圧力を受ける部分の母材の支圧強度またはボルトの破断強度が終局限界となる。また、 $0.7 < N_{SL}/N_Y \leq 1.0$

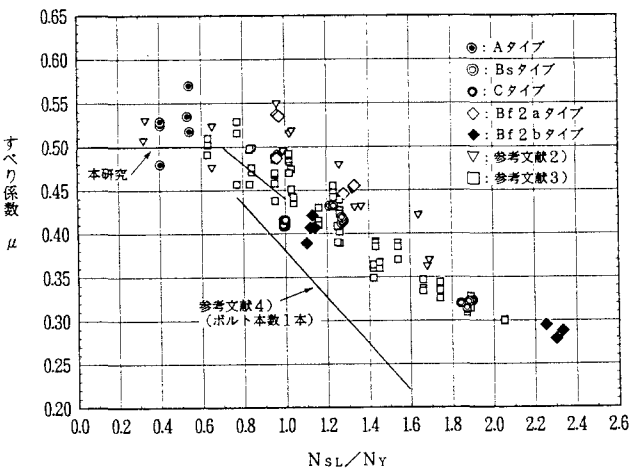


図-1 実験データによる見かけのすべり係数 μ と N_{SL}/N_Y の関係

Hisayuki AKIYAMA, Nobuo NISHIMURA, Yoshinori KAMEI, Bunya IKEHATA

の範囲では、母材の降伏現象がすべりに影響を及ぼし、両方の現象が独立したものにはなっていない。つまり、母材および添接板の引張応力によって板厚が減少し、そのため、ボルトの軸力抜けが進み、すべりが発生する。そして、見かけのすべり係数が減少したように見える。図-1において、見かけのすべり係数と力学パラメータ N_{SL}/N_Y との間に線形関係が認められる。

次に、すべり強度が母材純断面降伏強度よりも大きい場合($1.0 < N_{SL}/N_Y$)、すなわち母材の降伏

現象が先行する場合は、母材および添接板の引張応力による板厚の減少が降伏によって加速され、ボルトの軸力抜けが進み、すべりが発生する。この場合のすべり現象は、最初に最外列のボルト位置でのみすべりが発生する部分すべりである。この部分すべりは N_{SL}/N_Y が大きくなるほど顕著になる。図-2より、 $N_{SL}/N_Y = 1.0$ の近傍では線形限界(N_{PL})は限界値 $\sigma_Y \cdot A_n$ より幾分大きくなるが、 N_{SL}/N_Y が大きい場合は線形限界は限界値 $\sigma_Y \cdot A_g$ に近くなる。そして、この両ケースの境界は $N_{SL}/N_Y = 1.2$ 付近と考えられる。つまり、線形限界は $1.0 < N_{SL}/N_Y \leq 1.2$ と $1.2 < N_{SL}/N_Y$ の範囲に区分できると考えられる。

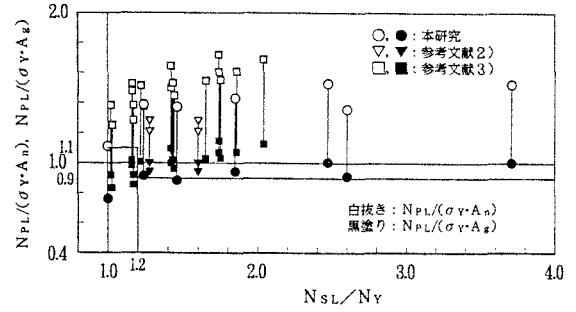


図-2 母材降伏限界の継手の強度

4. 限界状態の区分

前項の結果をまとめると、高力ボルト摩擦接合継手の限界状態は力学パラメータ N_{SL}/N_Y に基づき、表-2のような区分が考えられる。そして、線形限界のそれぞれの限界値について以下のように考えられる。

- ① $N_{SL}/N_Y \leq 0.7$ の場合： 線形限界はすべり限界とする。

すべり係数 $\mu = 0.5$

ボルト孔径と製作法によっては支圧強度を利用することができる。

- ② $0.7 < N_{SL}/N_Y \leq 1.0$ の場合： 線形限界はすべり限界とし、すべり係数を低減する。

すべり係数 $\mu = 0.5 \{1.28 - 0.4(N_{SL}/N_Y)\} = 0.64 - 0.2N_{SL}/N_Y$

- ③ $1.0 < N_{SL}/N_Y \leq 1.2$ の場合： 線形限界は母材降伏限界とし、母材の純断面降伏強度を割増する。

$P_Y = \alpha \cdot \sigma_Y \cdot A_n / \nu$ ($\alpha = 1.1$, ν : 安全率)

- ④ $1.2 < N_{SL}/N_Y$ の場合： 線形限界は母材降伏限界とし、母材の全断面降伏強度を低減する。

$P_Y = \beta \cdot \sigma_Y \cdot A_g / \nu$ ($\beta = 0.9$, ν : 安全率)

表-2 高力ボルト摩擦接合引張継手の限界状態の区分

N_{sl}/N_Y	0.7		1.0	1.2	
線形限界	すべり		母材の降伏		
	基本すべり係数	すべり係数の低減	純断面降伏の割増	全断面降伏の低減	
終局限界	ボルトの破断, 支圧による母材の降伏			母材の破断	

5. あとがき

本報告で、高力ボルト摩擦接合引張継手の実験のデータをもとに、高力ボルト継手の限界状態区分すなわちすべり限界と母材降伏限界の区分および限界値の評価方法を提案した。この評価方法により高力ボルト継手の設計の合理化を図ることができるものと考ええる。

【参考文献】1) 秋山他：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。 2) 辻岡，脇山：多列高力ボルト摩擦接合部のすべり耐力に関する実験的研究，構造工学論文集，Vol.40B，1994。 3) 建設省土木研究所：高力ボルト摩擦接合継手に関する試験調査，土木研究所資料第1871号，1982。 9。 4) 田島二郎：高力ボルト摩擦接合概説，技報堂，1966。