

過大孔・スロット孔を有する高力ボルト摩擦接合部に関する研究

辻 岡 静 雄*・萩野谷 学**・大 島 謙 一**

Experimental Studies on HTB Friction Joints with Standard, Oversized and Slotted Holes

Shizuo TSUJIOKA・Manabu HAGINOYA・Kenichi OSHIMA

This paper deals with the friction-type joint using F10T, M20 high-strength bolts. Tightening were done by the turn-of-nut method. The monotonic tensile tests were conducted. The test parameter were the hole types, the magnitude of the hole clearance, the condition of the faying surfaces and the grade of the connected material. The clamping force, the slip strength, the ultimate strength, the fracture mode and the effect of the hole size in the joint behavior are discussed.

1. はじめに

高力ボルト摩擦接合では呼び径27mm未満の高力ボルトのクリアランス(ボルト孔径とボルト軸径の差)は+2mmである。摩擦接合では、応力伝達機構上、若干の過大孔はすべり耐力には影響しないと考えられるが、過大孔や長円孔(以後、スロット孔と呼ぶ)ではボルト張力の減少、最大耐力の低下という問題^{1,2)}が存在する。一方、寸法誤差や施工誤差に対して高力ボルト摩擦接合では添板の現場合わせ等が用いられているが、反面、過大孔、スロット孔の採用を望む意見があるのも事実である。海外では設計基準³⁾で過大孔が規定されていること、有限要素法解析によるとクリアランス6mm程度であればボルト張力導入に大きな問題はないことなどの報告⁴⁾があるにも関わらず、施工精度の低下を伴う危険性から、現行の施工マニュアルや設計体系では過大孔は規定されていない。また、摩擦接合部分では外乱による建物の振動エネルギーを吸収する働きもあるので、過大孔、スロット孔を含めてすべり荷重、スリップ量とエネルギー吸収量を総合的に検討する必要がある。

本研究では、過大孔、スロット孔は基本的には好ましくないものの、どの程度まで許容できるのかという立場で、標準的な摩擦面処理がなされた高力六角ボルト摩擦接合部の力学特性を中板のボルト孔のクリアランス量(スロット孔を含む)に着目して実験的に検討する。即ち、すべり標準試験体に準拠した単純引張加力実験に基づき、過大孔・スロット孔を持つ高力ボルト摩擦接合部のすべり係数、軸力低下特性、最大耐力などに関する基礎資料を提示するものである。

2. 試験体

試験体は、「高力ボルト接合設計施工指針」⁵⁾のすべり係数確認試験用標準試験片に準拠した2本ボルト試験体で、ボルト孔タイプ、孔径、鋼種、摩擦面数、表面処理および試験時期の組み合わせからなり、各3体、総数は108体である(図1,表1)。

* 建設工学科(建築学専攻) ** 大学院建設工学専攻

1) 鋼種 新JIS鋼材SN400BとSN490Bを用いた。1面摩擦においてはSN400Bを、2面摩擦ではSN400BとSN490Bを使用した。なお、使用鋼材などの機械的性質を表2に掲げておく。

2) 高力ボルト ボルトセットにはM20,F10Tの高力六角ボルトを使用した。ボルトの締付けは、一次締付け(締付けトルク:1500kgcm)、マーキングの手順後、本締めをナット回転法(ナット回転量は 120°)で行った。

3) 孔径 中板母材のボルト孔径は、呼び径(d)+2mmを標準孔とし、d+4mmおよびd+6mmの過大孔、スロット孔(d+2mm)x2.5dの4種類とした。なお、添え板のボルト孔径は標準孔とし、スロット孔には板厚9mmの当て板を用いた。

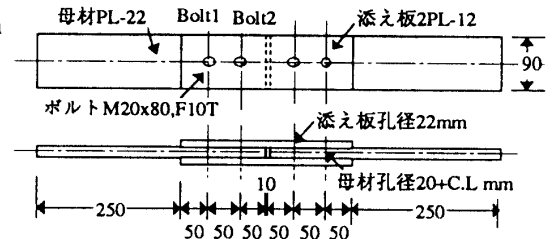


図1 試験体概要 (2面, SN400B)

4) 表面処理 1面摩擦においては、摩擦面の表面処理をすべてブラスト(ショット)とし、2面摩擦では、赤錆とブラストの2種類とした。なお、赤錆状態は黒皮除去後(ブラスト処理)の摩擦面に薬剤処理を施して発錆させ、24時間以上経過したものとした。

表1 試験体一覧

締付け後各時間(直後、6ヶ月、12ヶ月)が経過した後、100t万能試験機により単純引張加力試験を行い、主すべり荷重、最大荷重、破断状況を記録した。各3体の試験体のうち1体には高力ボルト軸部に歪ゲージを貼付し、その経過時間中、定期的にボルト張力を測定した。また、2面摩擦試験体の引張試験においては、相対変位測定治具を取付け、ダイヤルゲージで相対すべりを測定した。なお、実験に先立ち、ボルト張力と軸歪、ナット回転量の各関係を求めておき、ボルト張力の算定および初期導入ボルト張力の標準値の算出に用いた。

表2-a 鋼材の機械的性質

鋼材	鋼種	降伏応力度 t/cm ²	引張強さ t/cm ²	伸び %
PL-12	SN400B	2.90	4.51	27.3
PL-22		2.54	4.31	30.9
PL-12	SN490B	3.72	5.55	24.8
PL-22		3.39	5.37	28.4

表2-b 高力ボルトの機械的性質

ボルト	鋼種	試験片				製品	
		耐力 t/cm ²	引張強さ t/cm ²	伸び %	絞り %	引張荷重 ton	硬さ H _R C
M20x60	F10T	10.4	10.8	19	70	26.5	33
M20x70		10.3	10.7	20	71	26.1	33
M20x80		10.4	10.9	19	69	25.9	32

試験体	摩擦面数	表面処理	ボルト径 mm	スロット mm	鋼種	試験時期 (月)
A08-T202-B0	1	ブラスト	22	22	SN400B	0
A08-T202-B12						12
A08-T204-B0			24	24		0
A08-T204-B12						12
A08-T206-B0			26	26		0
A08-T206-B12	1	ブラスト	50*	50*	SN400B	12
A08-T20S-B0						0
A08-T20S-B12						12
A08-J202-B0			標準孔	2		0
A08-J202-B12						12
A08-J204-B0	1	ブラスト	過大孔	4	SN400B	0
A08-J204-B12						12
A08-J206-B0			過大孔	6		0
A08-J206-B12						12
A08-J20S-B0			スロット孔	2x2.5d		0
A08-J20S-B12	2	赤錆			SN400B	12
B08-J202-R0			標準孔	2		0
B08-J202-R6						6
B08-J202-R12						12
B08-J204-R0			過大孔	4		0
B08-J204-R6	2	赤錆			SN400B	6
B08-J204-R12			過大孔	6		12
B08-J206-R0						0
B08-J206-R6						6
B08-J206-R12						12
B08-J20S-R0	2	ブラスト	スロット孔	2x2.5d	SN400B	0
B08-J20S-R6						6
B08-J20S-R12						12
B08-J202-B0			標準孔	2		0
B08-J202-B12						12
B08-J204-B0	2	ブラスト	過大孔	4	SN400B	0
B08-J204-B12						12
B08-J206-B0			過大孔	6		0
B08-J206-B12						12
B08-J20S-B0			スロット孔	2x2.5d		0
B08-J20S-B12	2	ブラスト			SN400B	12
C08-J202-B0			標準孔	2		0
C08-J202-B12						12
C08-J204-B0			過大孔	4		0
C08-J204-B12						12
C08-J206-B0	2	ブラスト	過大孔	6	SN490B	0
C08-J206-B12						12
C08-J20S-B0			スロット孔	2x2.5d		0
C08-J20S-B12						12

3. すべり実験結果と考察

すべり実験結果を表3に、ボルト軸歪より算定した初期導入ボルト張力の一覧を表4に示す。また、荷重-相対すべり、ボルト張力関係の一例を図2に、すべり係数、無次元化最大荷重(=最大荷重/公称最大耐力)、無次元化すべり荷重(=すべり荷重/すべり耐力)とクリアランス量との各関係を図3に掲げる。なお、すべり係数は、各部での主すべり発生時の荷重(すべり荷重)を用いて、締付け試験での所定のナット回転量に対応する導入ボルト張力に対して算出した。

3-1. ボルト張力

初期導入ボルト張力 B_i は1面・2面摩擦とも標準ボルト張力(M20:18.2t)を十分に満たし、その範囲は1.19~1.39倍で、平均値は23.1tである。1面摩擦では孔径が大きくなれば初期導入ボルト張力は小さく、2面摩擦では孔径に関係なく一定になる傾向がある。これは中板(母材)にのみ過大孔を設けたからである。一方、実験開始時のボルト張力は6ヶ月後で初期導入ボルト張力の0.97~0.99倍、12ヶ月後で0.88~0.98倍で、気温変動の影響は見られるものの経過時間によるボルト張力低下は1年後で5%程度である。

3-2. すべり係数

(1) 1面摩擦の場合

すべり係数の平均値は標準孔、過大孔とも0.4程度となり、経過時間やクリアランスに影響されない。これは偏心によりボルトに引張力が同時に作用するためと考えられる。スロット孔では母材側に当て板を施すことで各標準孔と同程度かそれ以上のすべり係数値が得られた。

(2) 2面摩擦の場合

SN400Bでは赤錆処理のすべり係数の平均値は0.495~0.524、ブラスト処理では0.453~0.526である。また、変動係数は、赤錆処理で0.0091~0.0719、ブラスト処理で0.0191~0.102である。一方、SN490Bのブラスト処理では平均値は0.469~0.521、変動係数は0.0239~0.0844である。総体的には、摩擦面処理、鋼種による著しい差異はないものと考えられる。しかし、SN400B、SN490Bともクリアランスが大きくなるとすべり係数は小さくなる。これは、被締付け材の応力伝達面積の違いによる影響である。また、スロット孔に関してはいずれも各々の標準孔より小さい値となった。なお、SN400BとSN490Bでは、ブラスト処理の標準孔におけるすべり係数の平均

表3-a すべり試験結果(直後)

試験体名	Ps(上側) ton	Ps(下側) ton	Pmax ton	破断状況
A08-J202-B0-1	19.22	18.82	37.37	母材
A08-J202-B0-2	19.50	18.55	37.45	添板
A08-J202-B0-3	20.42	19.55	37.32	〃
A08-J204-B0-1	18.10	18.60	35.72	母材
A08-J204-B0-2	19.05	17.85	36.05	〃
A08-J204-B0-3	19.05	19.42	36.05	〃
A08-J206-B0-1	21.47	19.05	34.50	〃
A08-J206-B0-2	17.55	16.92	34.90	〃
A08-J206-B0-3	19.85	19.32	34.92	〃
A08-J20S-B0-1	21.05	19.30	36.12	〃
A08-J20S-B0-2	19.37	20.05	36.67	〃
A08-J20S-B0-3	21.20	20.55	36.80	〃
B08-J202-R0-1	48.30	49.60	71.35	母材
B08-J202-R0-2	45.85	49.30	71.20	〃
B08-J202-R0-3	49.55	50.70	72.65	〃
B08-J204-R0-1	45.00	49.25	69.35	〃
B08-J204-R0-2	48.85	49.05	69.65	〃
B08-J204-R0-3	49.80	47.85	69.55	〃
B08-J206-R0-1	45.50	46.15	67.80	〃
B08-J206-R0-2	47.45	47.70	67.00	〃
B08-J206-R0-3	48.50	48.65	68.00	〃
B08-J20S-R0-1	45.85	45.95	69.45	〃
B08-J20S-R0-2	46.05	46.60	69.20	〃
B08-J20S-R0-3	46.20	46.15	69.30	〃
B08-J202-B0-1	46.40	46.25	70.35	〃
B08-J202-B0-2	47.10	46.65	70.00	〃
B08-J202-B0-3	49.15	48.55	71.60	〃
B08-J204-B0-1	46.80	47.55	69.15	〃
B08-J204-B0-2	47.65	47.80	68.40	〃
B08-J204-B0-3	49.30	49.30	69.20	〃
B08-J206-B0-1	37.10	42.75	68.15	〃
B08-J206-B0-2	46.05	45.45	68.45	〃
B08-J206-B0-3	45.40	43.15	70.85	〃
B08-J20S-B0-1	37.05	42.15	69.20	〃
B08-J20S-B0-2	31.09	37.40	69.25	〃
B08-J20S-B0-3	42.50	44.45	69.95	〃
C08-J202-B0-1	47.10	49.10	70.70	〃
C08-J202-B0-2	43.50	43.70	70.95	〃
C08-J202-B0-3	48.15	47.40	70.85	〃
C08-J204-B0-1	52.15	51.30	69.90	〃
C08-J204-B0-2	47.00	45.90	68.45	〃
C08-J204-B0-3	48.10	45.25	69.05	〃
C08-J206-B0-1	40.27	49.60	67.00	〃
C08-J206-B0-2	48.15	46.30	66.15	〃
C08-J206-B0-3	51.00	50.70	67.65	〃
C08-J20S-B0-1	44.00	45.40	67.70	〃
C08-J20S-B0-2	41.55	43.80	68.95	〃
C08-J20S-B0-3	47.45	47.30	69.10	〃

表3-b すべり試験結果(6ヶ月後)

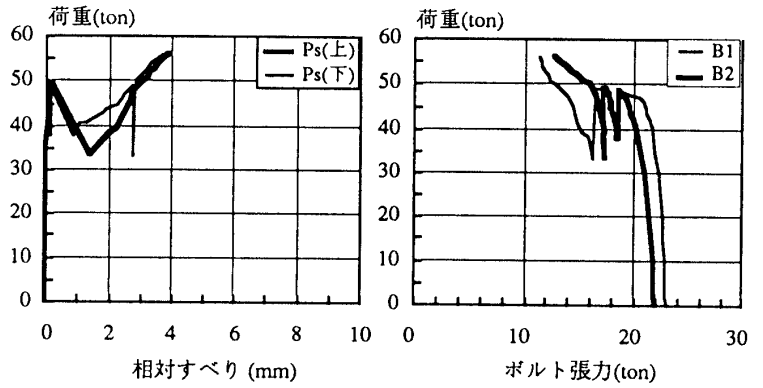
試験体名	Ps(上側) ton	Ps(下側) ton	Pmax ton	破断状況
B08-J202-R6-1	48.45	51.75	72.65	母材
B08-J202-R6-2	50.40	50.80	72.00	〃
B08-J202-R6-3	51.35	48.70	71.85	〃
B08-J204-R6-1	51.50	49.90	70.75	〃
B08-J204-R6-2	50.30	49.10	70.10	〃
B08-J204-R6-3	48.70	49.00	70.00	〃
B08-J206-R6-1	43.40	50.15	69.25	〃
B08-J206-R6-2	50.00	46.30	68.60	〃
B08-J206-R6-3	42.45	48.90	68.25	〃
B08-J20S-R6-1	46.05	46.35	69.85	〃
B08-J20S-R6-2	46.20	45.35	70.05	〃
B08-J20S-R6-3	46.50	44.95	69.70	〃

表3-c すべり試験結果(12ヶ月後)

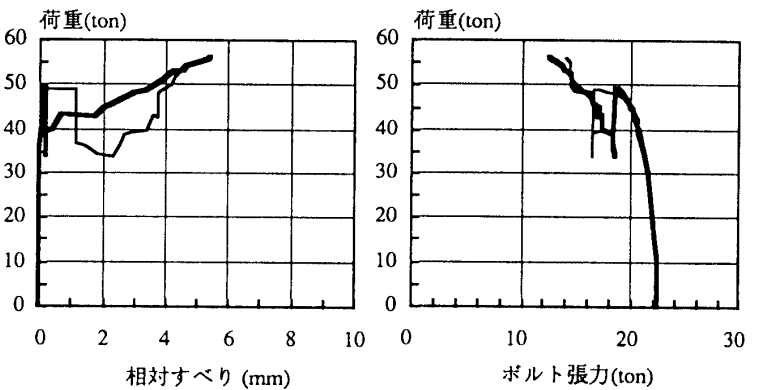
試験体名	Ps(上側) ton	Ps(下側) ton	Pmax ton	破断状況
A08-J202-B12-1	20.10	19.90	36.70	添え板
A08-J202-B12-2	20.05	18.62	36.97	母材
A08-J202-B12-3	18.67	16.52	37.37	〃
A08-J204-B12-1	20.07	20.35	35.47	〃
A08-J204-B12-2	20.60	21.47	38.25	〃
A08-J204-B12-3	15.75	16.65	36.05	〃
A08-J206-B12-1	18.50	18.12	34.95	〃
A08-J206-B12-2	19.52	18.12	34.90	〃
A08-J206-B12-3	17.00	16.75	34.80	〃
A08-J20S-B12-1	22.35	20.87	36.50	〃
A08-J20S-B12-2	21.32	22.17	36.50	〃
A08-J20S-B12-3	21.72	22.80	36.82	〃
B08-J202-R12-1	49.12	48.65	71.80	母材
B08-J202-R12-2	50.25	51.30	71.15	〃
B08-J202-R12-3	50.25	49.75	71.80	〃
B08-J204-R12-1	50.40	49.90	69.30	〃
B08-J204-R12-2	49.35	50.30	69.10	〃
B08-J204-R12-3	50.05	50.65	70.10	〃
B08-J206-R12-1	45.35	49.75	67.80	〃
B08-J206-R12-2	47.60	50.05	67.15	〃
B08-J206-R12-3	49.80	41.45	67.95	〃
B08-J20S-R12-1	47.45	47.05	69.00	〃
B08-J20S-R12-2	45.65	43.35	68.65	〃
B08-J20S-R12-3	47.85	47.60	69.65	〃
B08-J202-B12-1	46.40	43.70	70.05	〃
B08-J202-B12-2	46.20	47.80	70.90	〃
B08-J202-B12-3	45.30	42.35	70.90	〃
B08-J204-B12-1	47.10	47.55	67.95	〃
B08-J204-B12-2	46.15	36.30	68.50	〃
B08-J204-B12-3	40.40	44.65	69.70	〃
B08-J206-B12-1	44.55	46.80	67.15	〃
B08-J206-B12-2	46.85	46.55	67.85	〃
B08-J206-B12-3	46.65	45.95	68.20	〃
B08-J20S-B12-1	43.45	44.00	68.20	〃
B08-J20S-B12-2	44.75	43.10	64.40	〃
B08-J20S-B12-3	45.05	43.95	70.05	〃
C08-J202-B12-1	51.70	49.90	75.65	〃
C08-J202-B12-2	49.65	47.45	71.65	〃
C08-J202-B12-3	50.65	49.35	71.75	〃
C08-J204-B12-1	48.60	48.30	67.30	〃
C08-J204-B12-2	49.30	48.60	68.15	〃
C08-J204-B12-3	51.20	50.50	69.25	〃
C08-J206-B12-1	46.25	43.45	66.05	〃
C08-J206-B12-2	48.10	47.90	62.50	〃
C08-J206-B12-3	41.50	41.50	65.00	〃
C08-J20S-B12-1	40.70	43.90	67.50	〃
C08-J20S-B12-3	41.40	44.30	68.40	〃

表4 初期導入ボルト張力

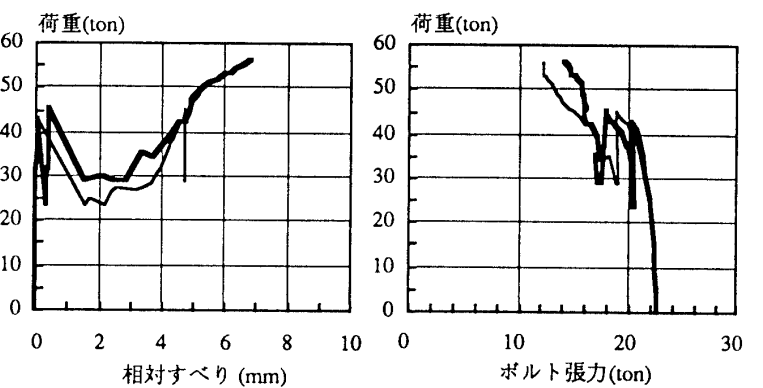
試験体	bolt1 ton	bolt2 ton	試験体	bolt1 ton	bolt2 ton
A08-J202-B0	24.7	23.9	A08-J202-B12	25.3	23.9
A08-J204-B0	24.4	23.5	A08-J204-B12	24.4	23.0
A08-J206-B0	23.8	23.3	A08-J206-B12	22.3	21.8
A08-J20S-B0	21.6	22.9	A08-J20S-B12	22.8	21.8
B08-J202-R0	24.7	22.8	B08-J202-R12	23.3	23.1
B08-J204-R0	22.5	21.9	B08-J204-R12	23.7	23.0
B08-J206-R0	23.3	22.5	B08-J206-R12	22.5	23.1
B08-J20S-R0	22.1	22.3	B08-J20S-R12	23.0	22.1
B08-J202-B0	23.0	22.0	B08-J202-B12	23.6	23.6
B08-J204-B0	22.8	22.8	B08-J204-B12	23.6	23.4
B08-J206-B0	22.9	22.8	B08-J206-B12	23.0	22.7
B08-J20S-B0	23.5	22.7	B08-J20S-B12	22.3	23.4
C08-J202-B0	23.5	23.2	C08-J202-B12	23.6	24.6
C08-J204-B0	22.1	22.3	C08-J204-B12	24.5	24.0
C08-J206-B0	23.4	23.4	C08-J206-B12	23.4	22.9
C08-J20S-B0	23.5	22.5	C08-J20S-B12	23.1	23.6
B08-J202-R6	23.9	23.8			
B08-J204-R6	22.9	22.7			
B08-J206-R6	22.5	23.2			
B08-J20S-R6	23.0	22.6			



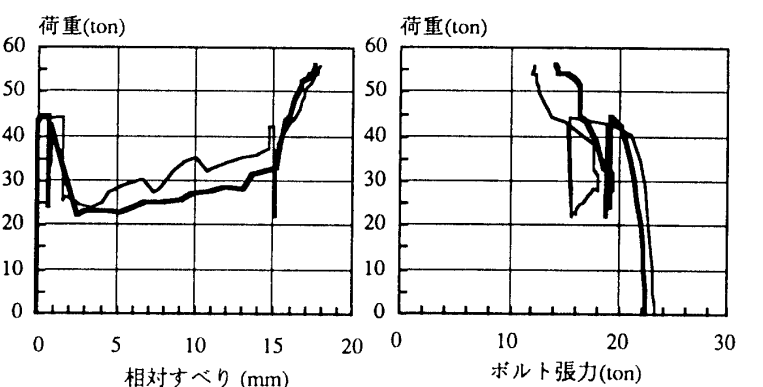
(a) B08-J202-B0-3



(b) B08-J204-B0-3



(c) B08-J206-B0-3



(d) B08-J20S-B0-3

図2 荷重-相対すべり、ボルト張力関係 (SN400B、直後)

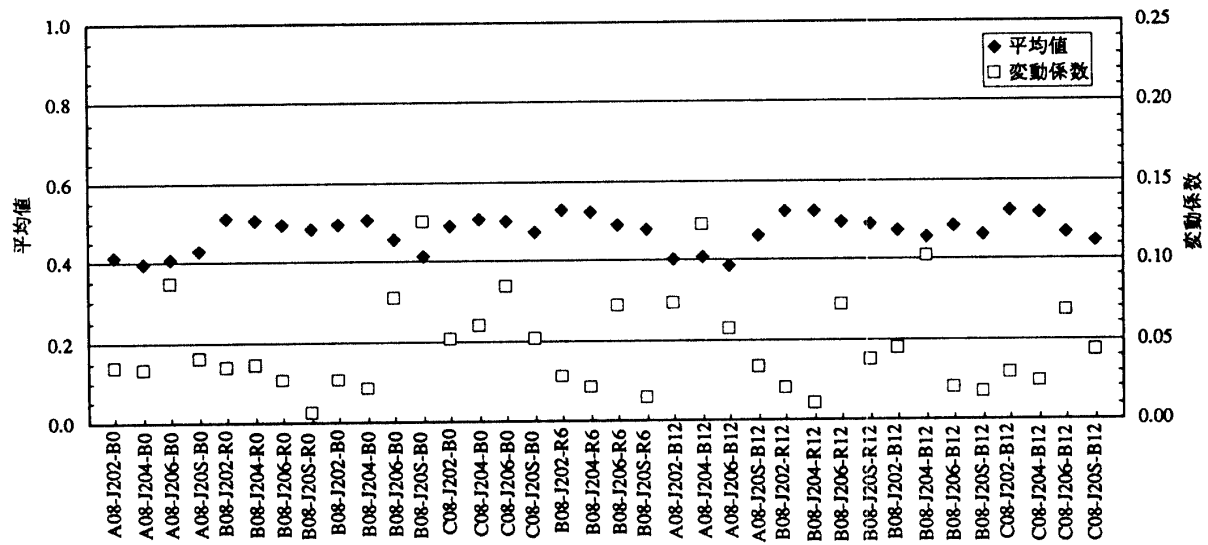


図3-a すべり係数

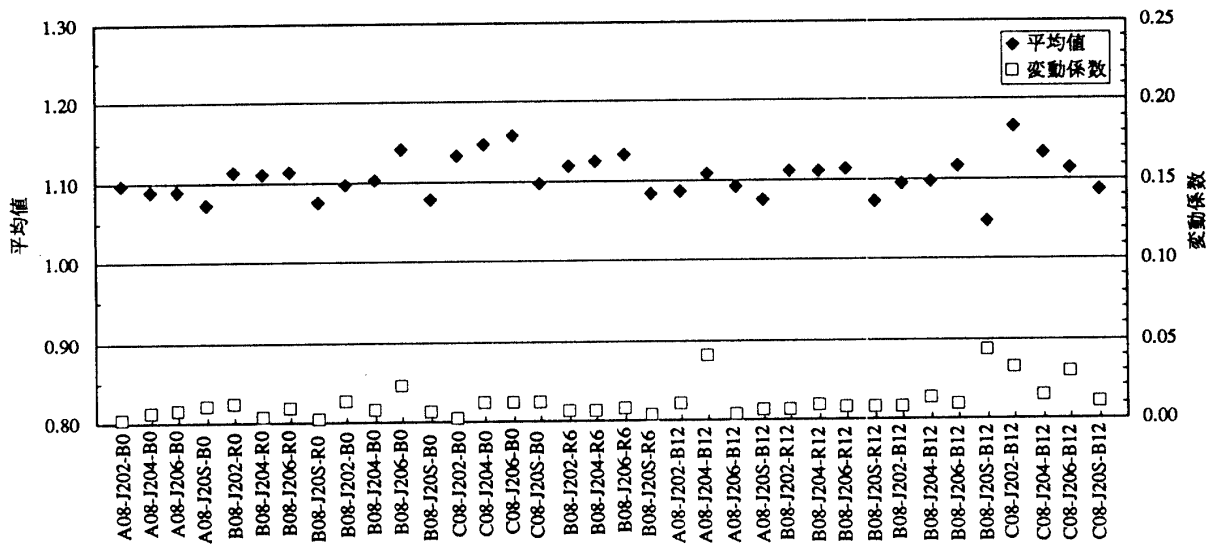


図3-b 無次元化最大荷重

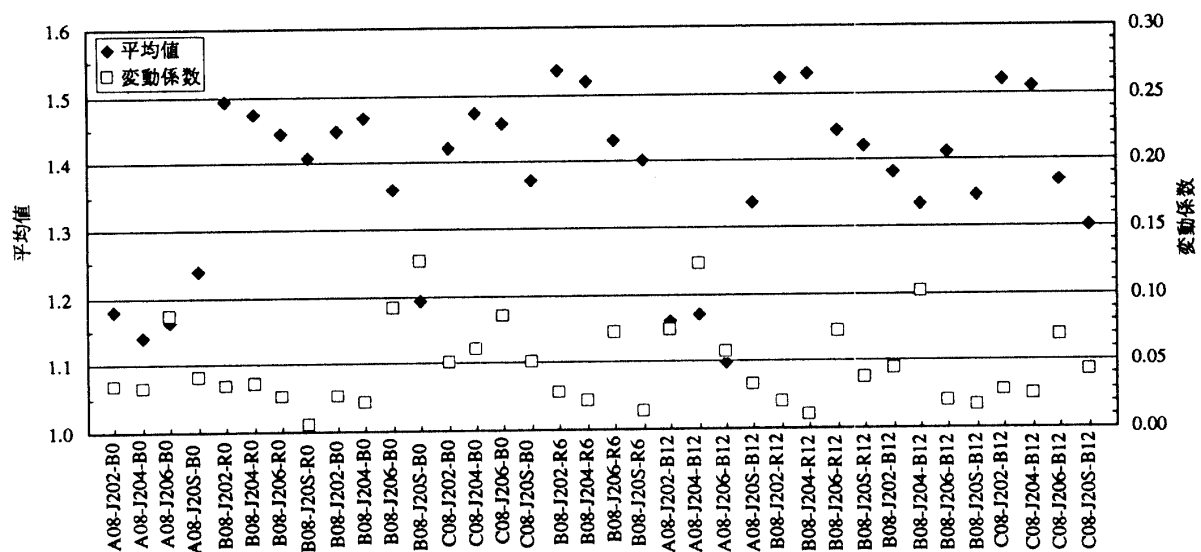


図3-c 無次元化すべり荷重

値、変動係数はほぼ同程度である。さらに、これらにおける経過時間の影響は小さいと考えられる。

3-3. 過大孔とすべり係数

次に、標準孔(d+2)、クリアランス4mm以下(d+2,d+4)、クリアランス6mm以下(d+2,d+4,d+6)の各グループでのすべり係数について検討する。

(2) 1面摩擦の場合

すべり係数の平均値は0.4程度で、クリアランス6mm以下の値はクリアランス4mm以下に比べ約5%小さいが、変動係数にはクリアランスにより大きな差異は認められなかった。これは、偏心に起因する引張力により早期にすべることよりもクリアランスの影響が大きくなったことによるからである。また、12ヶ月後の変動係数がいずれも直後に比べ大きくなり、経過時間の影響が認められた。

(2) 2面摩擦の場合

1) SN400Bの赤錆処理：標準孔・クリアランス4mm以下、クリアランス6mm以下の直後のすべり係数の平均値は各々0.511、0.504と僅かな違いが、また、6ヶ月後、12ヶ月後でも同様な傾向が認められた。変動係数は直後ではほぼ同程度の値となったが、6ヶ月後、12ヶ月後ではいずれもクリアランス6mm以下が大きい結果となった。

2) SN400BやSN490Bのブラスト処理：直後ではすべり係数の平均値は0.49前後で鋼種やクリアランスによる差異は無いと言えるが、変動係数ではクリアランス6mm以下が標準孔やクリアランス4mm以下に比べ大きくなった。一方、6ヶ月後、12ヶ月後ではすべり係数の平均値は0.49と変わらないが、変動係数は6~8%といずれも大きくなった。これは、鋼種によって平均値は異なるものの変動は小さく、クリアランス6mm以下の変動係数が大きくなるという傾向があるためである。

3-4. すべり荷重

すべり係数とボルト張力の関数であるすべり荷重についてすべり耐力 R_s との比較を行う(図3-c)。ここに、ボルト1本当当たりのすべり耐力は標準ボルト張力(M20: 18.2t)×すべり係数(0.45)×せん断面の数として算定した。1面摩擦の標準孔・過大孔ではすべり耐力の1.1~1.18倍、スロット孔で1.24~1.35倍となった。2面摩擦の標準孔・過大孔では1.33~1.53倍、スロット孔で1.19~1.42倍となった。いずれもすべり耐力より大きいのは、ボルト張力が標準ボルト張力より大きく、すべり係数が0.45より大きいことが過大孔によるすべり荷重の低下を補うからである。なお、変動係数には1面、2面の差異は見られず、一般に、クリアランス6mm、スロット孔が大きい傾向がある。

表5 すべり係数と孔径の相関

試験時期	試験体分類			平均値			変動係数		
				d+2	<d+4	<d+6	d+2	<d+4	<d+6
直後	1面	SN400B	ブラスト	0.411	0.404	0.404	0.0339	0.0366	0.0551
	2面	SN400B	赤錆	0.512	0.509	0.504	0.0342	0.0340	0.0336
		SN400B	ブラスト	0.496	0.500	0.484	0.0256	0.0237	0.0635
		SN490B	ブラスト	0.487	0.496	0.497	0.0504	0.0561	0.0644
		SN400B, SN490B	ブラスト	0.491	0.498	0.491	0.0391	0.0422	0.0644
6ヶ月後	2面	SN400B	赤錆	0.526	0.523	0.512	0.0273	0.0238	0.0523
12ヶ月後	1面	SN400B	ブラスト	0.403	0.405	0.379	0.0727	0.0965	0.0887
	2面	SN400B	赤錆	0.522	0.523	0.514	0.0188	0.0142	0.0473
		SN400B	ブラスト	0.474	0.466	0.472	0.0436	0.0761	0.0641
		SN490B	ブラスト	0.521	0.519	0.502	0.0285	0.0254	0.0632
		SN400B, SN490B	ブラスト	0.498	0.493	0.487	0.0602	0.0768	0.0704

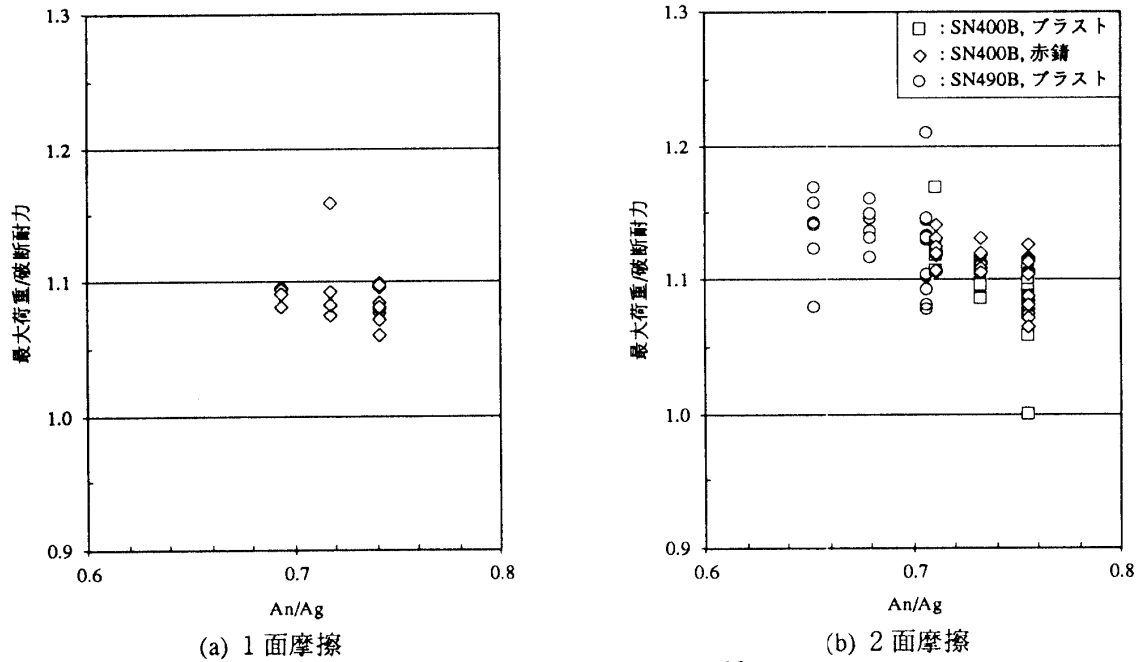


図4 最大荷重 - An/Ag 関係

3-5. 最大荷重

最大荷重を破断耐力で基準化して有効断面積比 An/Ag との相関を図4に示す。

(1) 1面摩擦

標準孔、過大孔では2軸応力の影響により最大荷重 F_{max} は破断耐力 P_B より大きく、 $1.08 \sim 1.16P_B$ の範囲 (全平均 $1.09P_B$) にあり、その程度は孔径に関わらずほぼ同じ値を示したが、これは図心軸の不一致による偏心でボルトがめり込むことによる影響がクリアランスによる影響 (2軸応力状態による収縮の拘束効果) を打ち消したことが原因と考えられる。

一方、スロット孔に関して最大荷重の平均値は $1.07P_B$ となった。これは当て板を施したことによりボルト頭のめり込みが防止出来たからである。また、スロット孔の平均値が標準孔より小さい値を示したのは、孔が荷重方向に長く収縮の拘束効果による2軸応力状態の程度が標準孔よりも小さいことによるものと考えられる。

ところで、過大孔の破断耐力は標準孔 (スロット孔) よりも小さいにも関わらず実験値は上記の拘束効果で大きくなり、即ち、標準孔の破断耐力の $1.02 \sim 1.12$ 倍で過大孔・スロット孔による最大耐力の低減を本実験のクリアランスの程度では設計上考慮する必要はないと言える。

(2) 2面摩擦

最大荷重は $1.00 \sim 1.21P_B$ の範囲にあり、1面摩擦と同様、有孔板 (母材) のボルト孔による横方向収縮の拘束効果による2軸応力により、クリアランスが大きくなるにつれて破断耐力で基準化された最大荷重は大きくなる傾向がある。一方、スロット孔に関しては各々の標準孔より小さい値となった。これは、2軸応力状態の程度が標準孔よりも小さいことが原因と考えられる。しかしながら、過大孔、スロット孔とも最大耐力は標準孔の破断耐力以上となることを得た。

4. まとめ

母材に過大孔またはスロット孔を用いた高力ボルト摩擦接合部において、ボルト孔のクリアランス量がすべり係数、破断荷重に及ぼす影響を実験により明らかにし、次の事柄を得た。

- 1) 1面摩擦接合部ではすべり係数は0.4となり、経過時間やクリアランスに影響されない。但し、変動係数には経過時間の影響が認められた。
- 2) 2面摩擦接合部において、総体的には、摩擦面処理、鋼種、経過時間による著しい差異はない。細部的には、鋼種によらずクリアランスが大きくなるとすべり係数は小さくなる。また、クリアランスを6mmまで許容してもすべり係数の平均値には差異はないが、変動係数大きくなる。
- 3) スロット孔のすべり係数の平均値は、1面摩擦接合部では当て板を用いたことにより標準孔より大きく、2面摩擦では各々の標準孔よりも小さい値となる。
- 4) すべり荷重は標準孔・過大孔の1面摩擦ではすべり耐力の1.1倍以上、2面摩擦では1.33倍以上、スロット孔で1.19倍以上といずれもすべり耐力より大きい。これは、ボルト張力が標準ボルト張力より大きく、すべり係数が0.45より大きいからである。
- 5) 2軸応力の影響により最大荷重は破断耐力より大きく、クリアランスが大きいほど高い傾向がある。また、クリアランス6mm以下の1面、2面摩擦共過大孔による破断耐力の減少を補うことが可能で、標準孔の破断耐力以上となる。

以上、摩擦面の処理方法、鋼種の違いや経過時間によって、各々のクリアランス量の限界は得られた。しかし、実際の接合部の設計を行う上では摩擦面や鋼種の配慮は困難であるので、すべり荷重と最大荷重について標準孔の耐力以上という観点に立てば、本実験の範囲であるクリアランス6mmまで許容できるものと考えられる。

参考文献

- 1) 日本鋼構造協会編：鋼構造接合資料集成、技報堂、1977年3月。
- 2) 藤本盛久、田中淳夫：過大孔を有する高力ボルト摩擦接合部の性状について（その1）、昭和52年度、日本建築学会関東支部研究報告集。
- 3) AISC：Specification for High Strength bolted Connection.
- 4) 東清三郎他2名：過大孔を有する高力ボルト摩擦接合部のボルト軸力導入に関する研究、日本建築学会大会学術講演梗概集（北海道）、1995.8.
- 5) 日本建築学会：高力ボルト接合設計施工指針、1993年3月。

（平成8年12月5日受理）