

等厚部を省略した LP 鋼板の高力ボルト摩擦接合継手のすべり強度試験

An experimental study on slip strength of HSFG bolted joints
of LP steel plate without uniform thickness parts.

亀井義典*, 中村貴史**, 秋山寿行***, 高木優任****, 西村宣男*****

Yoshinori KAMEI, Takashi NAKAMURA, Hisayuki AKIYAMA, Masahide TAKAGI, Nobuo NISHIMURA

- * 工 修 大阪大学大学院助手 (〒565-0871 吹田市山田丘2-1)
 ** 大阪大学大学院博士前期課程 (〒565-0871 吹田市山田丘2-1)
 *** 博(工学) 駒井鉄工株式会社 (〒555-0041 大阪市西淀川区中島2-5-1)
 **** 工 修 新日本製鐵株式会社 (〒100-8071 東京都千代田区大手町2-6-3)
 ***** 工 博 大阪大学大学院教授 (〒565-0871 吹田市山田丘2-1)

In the case of the longitudinally profiled steel plate is applied to the flange of rationalized girder, the uniform thickness has been set up on the both side of the longitudinally profiled steel plate for the HSFG(high-strength friction grip) bolted joints. However, as the change of plate thickness is small in the range of length of splice plate, it will be expect that the production of longitudinally profiled steel can be rationalized by omitting part of the uniform thickness. In this study the slip strength is clarified to the tension test which is carried out for the HSFG bolted joints of the flange of the different taper gradient.

Keywords : HSFG bolted joints, LP steel plate, taper gradient, slip strength

1. まえがき

近年, 鋼橋の設計の合理化や製作, 施工工程の省力化が望まれている. 設計の合理化と施工工程の省力化を実現する一手法として, LP 鋼板 (Longitudinally Profiled Steel Plate) をプレートガーダーやボックスガーダーのフランジに採用する方法が考えられている. ドイツやフランスでは, この LP 鋼板を, SOMME 橋など, 既に 40 橋程度に適用したことが報告されている¹⁾. 我が国でも造船用鋼板としての使用実績のほか, 道路橋のフランジや斜張橋の主塔などに適用された例が報告されている^{2)~4)}.

これまで LP 鋼板の連結に高力ボルト摩擦接合を用いる場合, 等厚部を設けることがおこなわれてきたが, 等厚部を設けずに板厚変化部分で高力ボルト摩擦接合を用いれば製作上のメリットが生じる. しかし連結される LP 鋼板間のテーパ勾配が異なることが考えられ, テーパ勾配の相違により生じた母材-連結板間の隙間が継手の挙動に影響を与える可能性がある.

テーパ勾配の異なる母材を連結する継手の問題点としては, 以下の項目が挙げられる.

- ・母材と連結板の隙間を閉じるために連結板を曲げ変形させるので, 母材突合せ部付近の連結板に局部的に塑性ひずみが生じ, 継手の引張強度に影響を与える可能性がある.

- ・LP 鋼板を高力ボルトで締付ける時, ワッシャーとボルトヘッドまたはナットが全面で均等に接触せず片当りの状態となり, 有効摩擦面積が減少することが考えられる.
- ・ボルトヘッドまたはナットが片当りの状態になると, ボルトが偏心引張を受けることになり, 曲げ応力が作用するので, 初期ボルト軸力導入時に降伏する可能性がある.
- ・継手中心から継手端部に向かって母材厚が増加するタイプの継手ではすべり方向に連結板間の距離が拡大するため摩擦効果が減少する可能性がある.

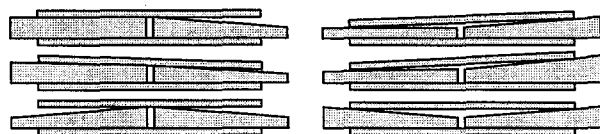
等厚部を省略した LP 鋼板の高力ボルト摩擦接合継手に関する既往の研究としては, 鳴沢らの実験⁵⁾が挙げられ, テーパー勾配の影響により大幅なすべり強度の低下は見られないと報告されている. しかし, 対象が後述する連結板内折れタイプの試験に限られており, 連結板外折れタイプを扱ったものは報告されていないのが現状である.

本研究では, 等厚部を省略した LP 鋼板の高力ボルト摩擦接合継手を対象に引張試験を行ない, 上記の問題点がすべり強度に与える影響について検討した.

2. 実験供試体

2.1. 供試体の種類

図-1に典型的な LP 鋼板高力ボルト摩擦接合継手のタイプを示す. 連結される母材のタイプとしては, 図の 1 段



(a)連結板内折れタイプ (b)連結板外折れタイプ

図-1 LP鋼板摩擦接合継手のタイプ

表-1 実験供試体の諸元

供試体記号	LPJ2IN	LPJ4IN	LPJ2OUT	LPJ4OUT
タイプ	連結板内折れ	連結板内折れ	連結板外折れ	連結板外折れ
テーパ勾配	2.0/1000	4.8/1000	2.0/1000	4.8/1000
T1 (mm)	34.00	35.00	34.00	34.00
T2 (mm)	33.54	33.90	34.46	35.10
T3 (mm)	33.42	33.61	34.58	35.38
β (薄部/厚部)	0.767/0.758	0.756/0.738	0.758/0.750	0.758/0.739
γ (薄部/厚部)	1.13/1.12	1.11/1.09	1.12/1.11	1.12/1.09
最大板厚差 (mm)	0.460	1.104	0.460	1.104
供試体数	3	3	3	3

目の等厚-LP 連結タイプと 2, 3 段目の LP-LP 連結タイプが考えられるが、テーパ勾配の違いによって生じる母材-連結板間の隙間には2種類あって、図-1の(a)に示すように、継手中心から継手端部へ遠ざかるに従って母材-連結板間の隙間が増えるタイプと、(b)のように継手中心で最大の隙間となるタイプに分けられる。高力ボルトを締付けることによりこの隙間が閉じるように連結板が変形するが、このときの連結板の変形形状により、前者を連結板内折れタイプ、後者を連結板外折れタイプと称する。本研究では、これらの連結板内折れ、外折れタイプの代表的なものとして図-2に示す2タイプの供試体を対象に引張試験を行った。表-1に供試体の諸元を示す。なお、表中の値は計画値である。LP 鋼板のテーパ勾配は長さ1m当りの板厚変化で定義する。継手の片側には等厚の母材を使用し、他方の母材に片テーパで、勾配 0.0020 (2.0/1,000) および 0.0048 (4.8/1,000) の LP 鋼板を使用した。連結板内折れタイプでテーパ勾配 0.002 の供試体を LPJ2IN、テーパ勾配 0.0048 の供試体を LPJ4IN、同様に連結板外折れタイプでは、それぞれ LPJ2OUT、LPJ4OUT と称する。なお、実測のテーパ勾配は平均値において計画値と等しく、T1断面の実測板厚の平均値は、母材厚 34.0mm の供試体で 34.1mm、35mm の供試体で 35.2mm であった。 β はすべり強度-母材降伏強度比を表し、 γ は連結板-母材降伏強度比を表す⁶⁻⁸⁾。また、本試験ではすべり強度に着目するため、すべての供試体はすべり先行タイプ($\beta < 1.0$)とした。LP 鋼板を含め母材、連結板の材質は SM490Y とした。連結板の板厚はすべての供試体で 19mm (実測値 19.1mm) とした。板幅については、母材、連結板ともに 155mm (実測値 155.3mm) である。すべての高力ボルトは F10T, M22 を使用し、ボルト配置は等厚側、LP 鋼板側ともに2行3列、ボルト孔径は ϕ

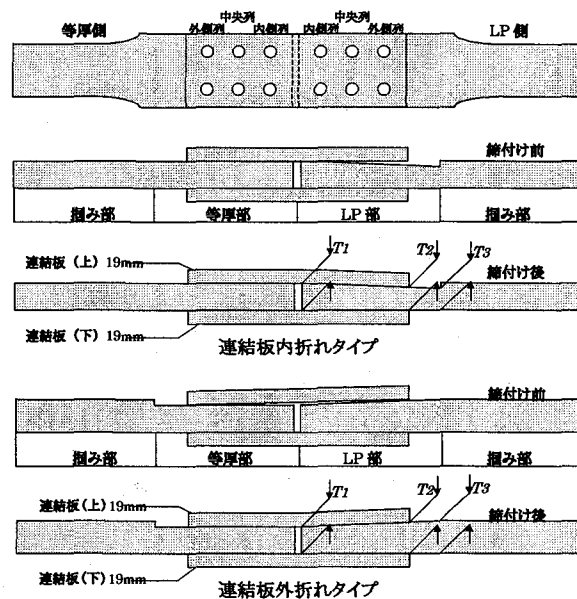


図-2 実験供試体

24.5mm とした。ボルト間隔、縁端距離などは道路橋示方書⁹⁾に従って設計した。また、引張の際に偏心が生じないように握み部に板厚増加部を設けた。供試体は各タイプで3体ずつ製作し、荷重-全伸び関係などの図化の際には、供試体番号を供試体記号の後に添え字として表記する。

2.2. 供試体の組立て

供試体の製作については以下の手順に従った。

- 摩擦面の処理は母材および連結板ともにショットブラスト後の赤錆状態とし、組み立て時にワイヤブラシを用い浮き錆を除去した。
- 連結板内折れタイプでは、まず等厚側母材の接合端を上にして下方を万力で鉛直に固定する。次に連結板を取付け、等厚側に内側列から順に所定の初期ボルト軸力を導入した。続いて LP 鋼板側母材を連結板間に差し込み、内側列から順にボルトの締め付けを行った。この時、母材間の突合せ部の隙間に鋼板を挟み母材どうしを水平に取り付け、ボルト位置がずれないように心掛けるとともに、引張試験の際に偏心荷重が作用しないように配慮した。
- 連結板外折れタイプでは、等厚側母材の接合端を上にして万力で鉛直に立て、連結板を最外列ボルトで仮止めする。LP 側母材を連結板間に挿入して、連結板を最外列ボルトで仮止めする。この時、連結板内折れタイプと同様に母材間の突合せ部の隙間には鋼板を挟んでおき、母材どうしを水平に取り付ける。続いて全ボルトを差し込み、等厚内側ボルト列より順次所定の初期ボルト軸力を導入した。
- 高力ボルトの締め付けはトルクレンチを使用し、ボルト軸に貼付したひずみゲージの測定値により軸力を管理した。

表-2 材料試験結果

供試体記号		弾性係数 ($\times 10^6 \text{ kgf/cm}^2$)	降伏応力 (kgf/cm^2)	引張強度 (kgf/cm^2)
母材 1号試験片	F34	2.051	3706	5483
	F35	2.029	3759	5379
連結板 1号試験片	S19	2.046	3812	5352
LP鋼板 4号試験片	LP34	2.118	3964	5518
	LP35	2.084	3891	5601

(鋼種 SM490YA)

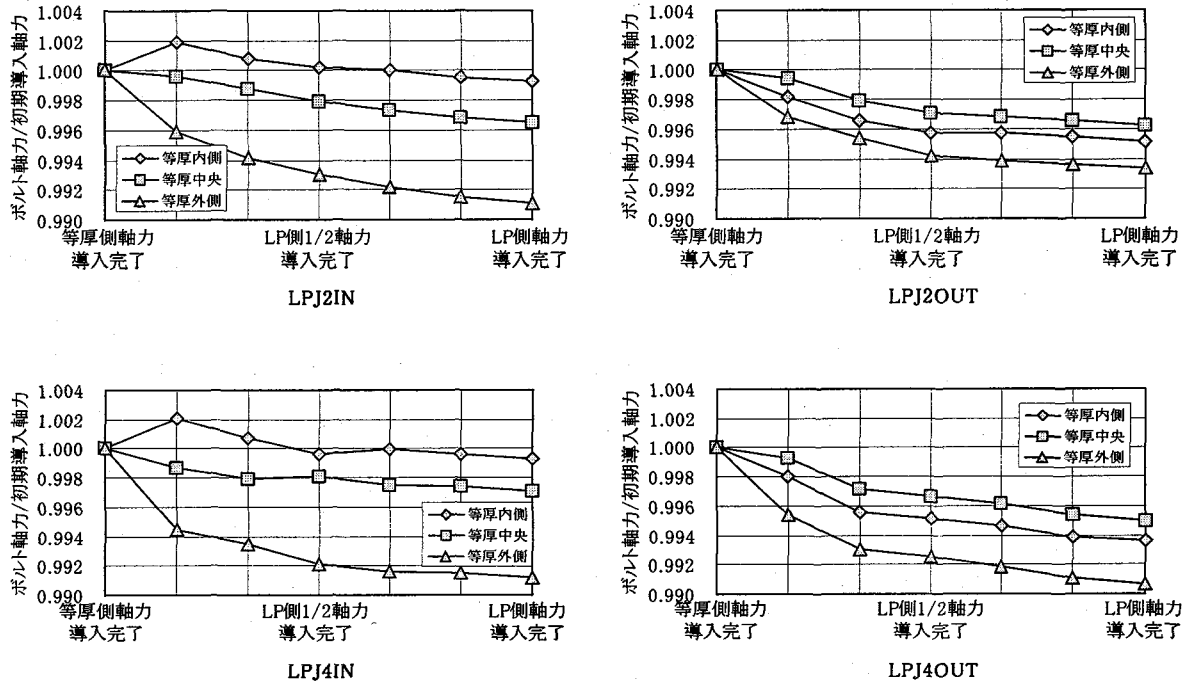


図-3 LP 側軸力導入時における等厚側ボルト軸力変化

ボルト軸力の導入順序は中央から端部に向かい2度締めとし、設計軸力の1割増し22.55tfを導入した。

3. 予備試験

3.1. ボルト軸力の検定

ボルトの導入軸力を測定するため、あらかじめボルト引張試験装置でボルト軸力のキャリブレーションを行った。すべての高力ボルトには、試験時にボルト軸力を測定するため、軸部に2枚のひずみゲージを貼付した。ボルト引張試験は10tfまでの引張試験を10本行い、弾性係数及び、初期導入軸力の目標値22.55tf時におけるひずみの値を評価した。試験に使用する高力ボルト(F10T, M22)の弾性係数は $1.978 \times 10^6 \text{ kgf/cm}^2$ 、初期導入ボルト軸力22.55tfに対するひずみ推定値は平均で 3005μ 、標準偏差はボルト軸力に換算すると0.11tfであった。また、22.55tfまでの引張試験を1本行い、推定値の確認およびその挙動の線形性を確認した。

3.2. 材料試験

表-2に材料試験の結果を示す。継手供試体に使用するすべての板厚について、おのおの3本ずつ材料試験を行い、弾性係数、降伏応力度、引張強度の測定を行った。表中の記号 F34,F35 が母材に使用した板厚 34mm, 35mm の鋼材, S19 が連結板に使用した鋼材, LP34, LP35 が LP 鋼板に使用した板厚 34mm, 35mm の鋼材である。

3.3. 初期ボルト軸力導入試験

ボルト締め付け時における継手のテーパ勾配の影響による挙動の変化を調査した。

図-3に LP 鋼板側ボルト軸力導入時における等厚側ボルト軸力の変化を示す。図の縦軸はボルト軸力を各ボルト締め付け直後の初期軸力で無次元化した値を、図の横軸は等厚側初期ボルト軸力導入完了後、LP 鋼板側の内側ボルト列、中央ボルト列、外側ボルト列に規定ボルト軸力

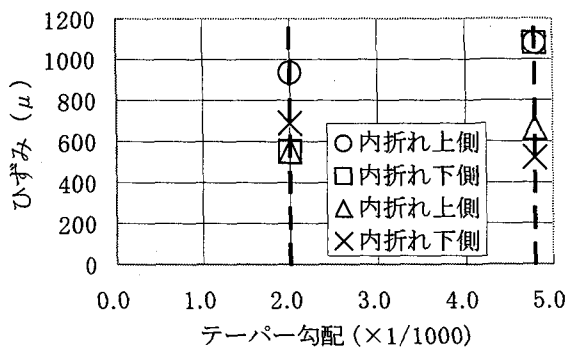


図-4 連結板中央ひずみ

の半分の軸力を導入し、続いて内側ボルト列、中央ボルト列、外側ボルト列に規定軸力の1割増である 22.55tf を順次導入した過程を表わしている。

テーパ勾配 2/1000 の連結板内折れタイプ LPJ2IN では等厚側初期ボルト軸力導入後、LP 鋼板側の内側ボルト列に 1/2 の軸力を導入した時に等厚内側ボルト列の軸力が 0.2% 程度上昇し、その後、ほぼ線形的に減少していく。LPJ4IN でも同様に、LP 内側ボルト列の 1/2 ボルト軸力導入時において等厚内側ボルト軸力が 0.2% 上昇している。また規定軸力導入時においても LP 内側ボルト列を締付けた際に等厚内側ボルト列のボルト軸力が若干上昇している。テーパ勾配の影響によりボルト軸力の上昇が見られるが、テーパ勾配から算出したボルトの曲げ変形による応力上昇は、1500kgf/cm² 程度であり、それを加味してもボルトの降伏応力度 9,000kgf/cm² には達していない。

このように連結板内折れタイプでは LP 側ボルト軸力導入の際に、テーパ勾配の影響により等厚側の連結板が浮き上がるような状態になるため、ボルト軸力は上昇するが、それにより等厚側母材-連結板間の板厚方向の作用力は減少しているものと思われる。

連結板外折れタイプの LPJ2OUT、LPJ4OUT では連結板内折れタイプで見られたボルト軸力上昇は見られない。LP 側締付け時における等厚側ボルト列の軸力抜けが、連結板外折れタイプでは等厚中央ボルト列より等厚内側ボルト列のほうが大きく、連結板内折れタイプでは等厚内側ボルト列より等厚中央ボルト列のほうが大きいという傾向の違いが見られる。この原因の一つとしては、LP 側締付け時におけるボルト軸力の上昇が起らないため、すべての等厚側ボルト列でほぼ線形的に減少していることが考えられる。連結板外折れタイプでは、ボルト軸力に加えて締付け時の連結板変形に伴うスプリング効果による母材-連結板間の板厚方向の作用力が働いていると考えられる。

図-4 にボルト軸力導入終了時の連結板中央部におけるひずみの測定値を示す。ゲージの添付位置は、等厚側と LP 側の内側ボルトを結ぶ直線上のちょうど中央に位置

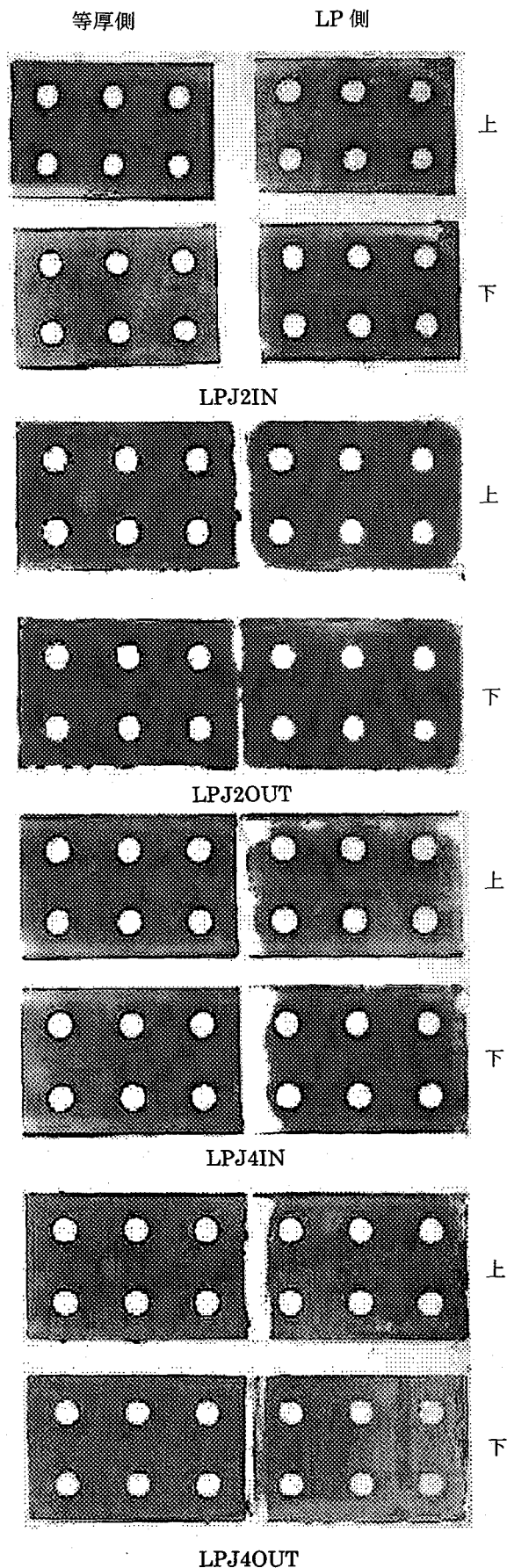


写真-1 圧着試験結果

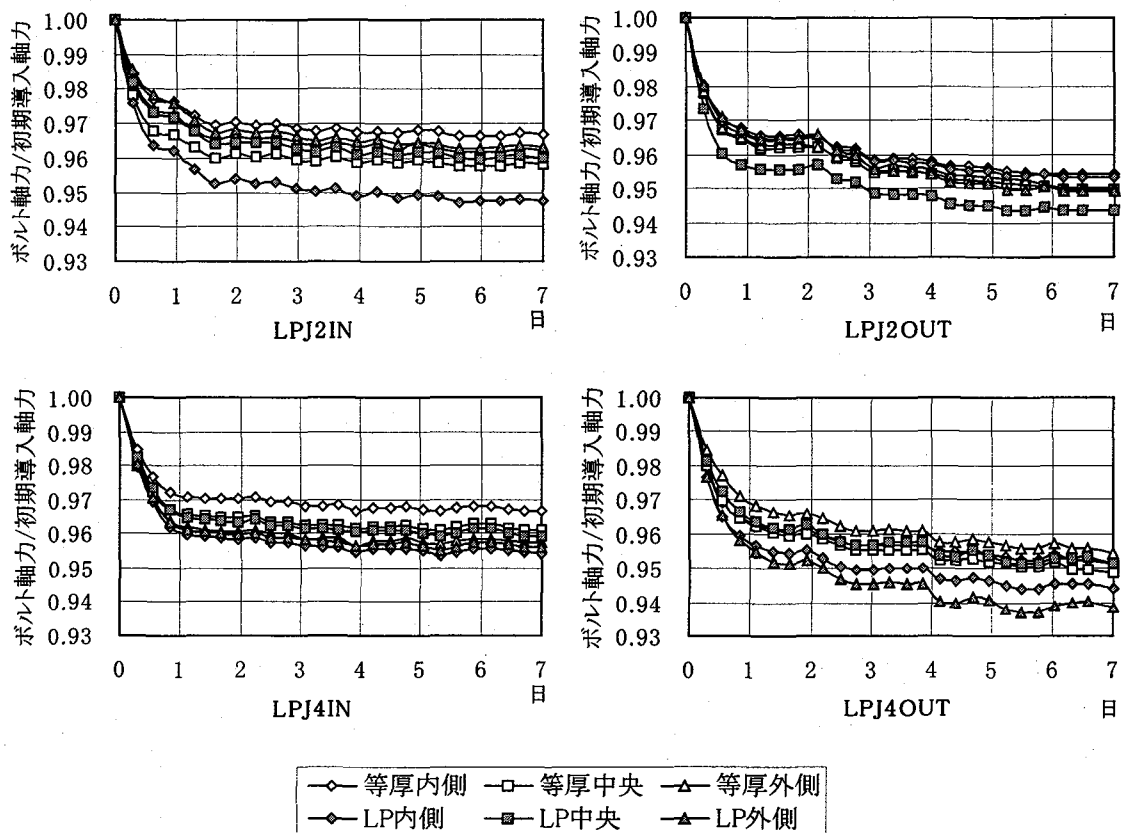


図-5 ボルト軸力変動

する(図-8参照)。図の縦軸はひずみ測定値で、横軸はテーパ勾配である。テーパ勾配 4.8/1000 連結板内折れタイプの供試体ではボルト軸力導入時における連結板中央でのひずみが大きくなっているが連結板は降伏していないことが確認できる。

また各タイプごとに別途試験体を用意し、初期ボルト軸力導入時における母材-連結板間の接触状況を確認するため、感圧紙を用いた圧着試験を行った。写真-1に圧着試験の結果を示す。写真は、図-2に従い、左が等厚側、右がLP側で、上が上面、下が下面側の母材-連結板間の圧着試験結果である。感圧紙には富士写真フィルム㈱製のPrescale(型番:LWR270 10M 1)を使用しており、図上で黒く表示された領域が、感圧紙が圧力を受け着色した領域である。この圧着試験により、初期ボルト軸力導入時においてすべてのタイプの供試体で母材-連結板間に十分な有効摩擦面積を有していることを確認した。

3.4. ボルト軸力リラクセーション試験

図-5にボルト軸力リラクセーション試験の結果を示す。図の縦軸はボルト軸力を締付け直後の初期導入軸力で無次元化した値、横軸はボルト締付けから経過した日数を表わしている。

初期ボルト軸力を導入し、その後1週間程度ボルト軸力

の測定を続け軸力抜けを測定した。締付け直後から一日の間は3%程度の急激なボルト軸力抜けが見られ、その後、ボルト軸力は緩やかに減少している。ボルト軸力抜けに若干のばらつきが見られるものの一週間放置した時、連結板内折れタイプに比べて、連結板外折れタイプのボルト軸力抜けが大きくなる傾向が見られる。

全供試体を通じて、初期ボルト軸力導入時のボルト軸力の平均値は 22.50tf、標準偏差 0.26tf。試験開始直前の最終導入軸力に対する平均値は 21.94tf、標準偏差 0.55tf と締め付けから試験開始まで 2.5%程度の軸力低下が認められるが、ほぼ目標とするボルト軸力が導入できていた。

4. 継手引張試験

4.1. 測定項目

載荷能力 200tf の万能試験機(島津 Type REH-200)に供試体を鉛直に取り付け引張試験を行った。LP、等厚の両側で同時に主すべりが発生しない場合、片側の母材-連結板間に主すべりが生ずると、荷重は一旦急激に低下するが、ボルトの支圧等で摩擦抗力が復帰すると荷重が再び増加し、荷重が反対側のすべり強度に達すると、反対側の母材-連結板間に主すべりが生じる。このような過程を経て、LP、等厚の両側ですべりが完全に終了するま

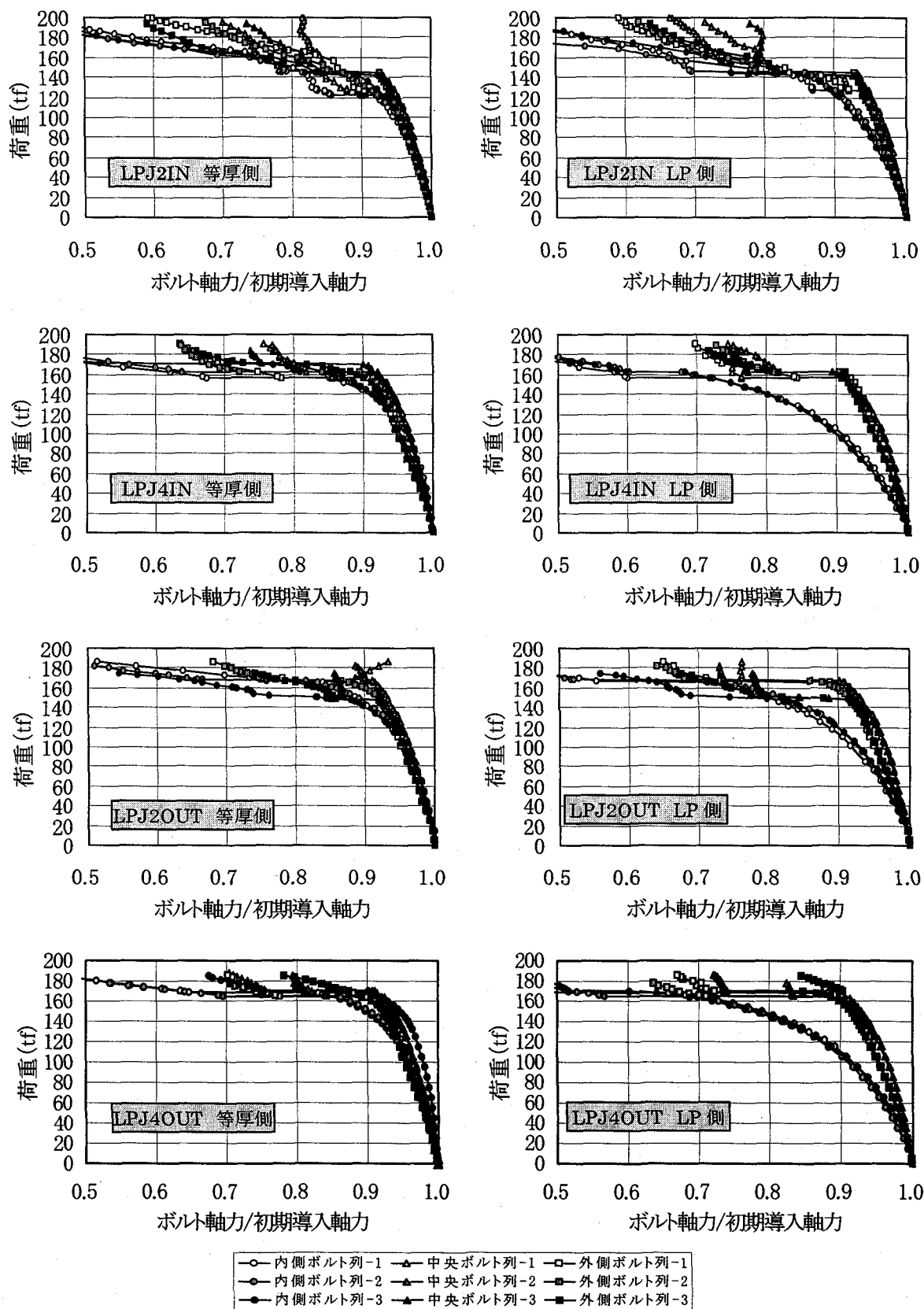


図-6 ボルト軸力変化

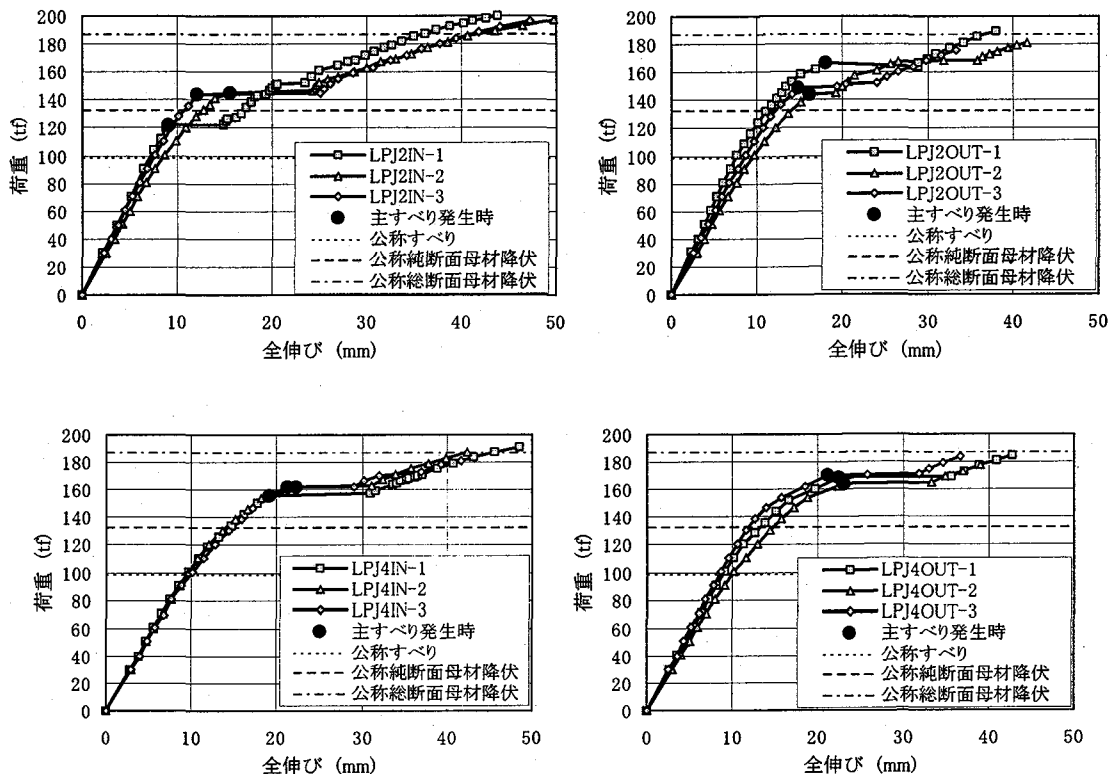


図-7 荷重－供試体全伸びの関係

で引張荷重を作用させた。測定項目は以下の通りである。

- ・高力ボルトの軸部に貼付したひずみゲージにより、ボルト締付け時から引張試験終了時まで継続してすべての高力ボルトの軸力を測定した。
- ・連結板の表面および母材、連結板のコバ面のひずみをひずみゲージにより測定した。
- ・鋼材の伸びを含む継手供試体の全伸びを変位計により測定した。
- ・等厚側、LP 側での連結板端部における母材と連結板の相対変位量および母材突合せ部での等厚側母材と LP 側母材の相対変位量を変位計により測定した。

4.2. ボルト軸力

図-6に引張試験時のボルト軸力変化を示す。図の縦軸は引張荷重を、横軸はボルト軸力を引張試験開始時のボルト軸力で無次元化した値を表わしている。また、凡例の数字は各タイプ3体における何番目かを表している。

等厚外側ボルト、LP 外側ボルトの軸力変化を比較しても連結板内折れ、連結板外折れの両方で大きな相違は確認できない。

等厚内側ボルト、LP 内側ボルトの軸力変化を比較した場合、すべての供試体において等厚内側ボルトに比べて LP 内側ボルトのボルト軸力抜けが大きくなっている。本試験の供試体は全てすべり先行型の継手であり、通常のす

べり先行型の継手では各ボルト列でほぼ均等に軸力抜けが発生する。図-6 の等厚側の軸力変化は、すべり先行型の傾向にほぼ一致しているが、LP 側については参考文献 6)-8),10)-12) における連結板降伏先行型の傾向に類似している。このことから連結板内折れ、連結板外折れの両方のタイプでテーパ勾配の影響により連結板を弾性変形させたことが、LP 内側ボルト列の軸力の低下を招いたと言える。

テーパ勾配 2.0/1000 のタイプと 4.8/1000 のタイプでボルト軸力変化を比較した場合、連結板内折れ、連結板外折れの両方で 4.8/1000 のタイプにおいて LP 内側ボルトの軸力抜けが 2.0/1000 のタイプより顕著にあらわれている。

4.3. 荷重－全伸び関係&すべり係数

図-7に荷重－全伸び関係、表-3にすべり係数の一覧を示す。図の縦軸は引張荷重を表し、横軸は鋼材の伸びを含む継手供試体の全伸びを表す。図中には各タイプ3体ずつプロットしており、●印は各供試体で最初の主すべり発生時を表す。また、参考までにすべり強度、母材純断面および母材総断面降伏強度の公称値を示している。等厚側、LP 側のどちらの主すべりが先に発生したかについては、等厚側、LP 側両方の母材－連結板間に取り付けた変位計により確認し、さらに引張試験中に目視で確認し

表-3 すべり係数一覧

Type	すべり荷重 (tf)	初期主すべり	公称軸力	公称軸力1割増し	引張試験開始時
			20.5tf	22.55tf	測定軸力
LPJ2IN-1	122.00	等厚側	0.496	0.451	0.470
LPJ2IN-2	145.09	等厚側	0.590	0.536	0.556
LPJ2IN-3	144.16	等厚側	0.586	0.533	0.548
平均	137.08	—	0.557	0.507	0.525
LPJ4IN-1	156.10	等厚側	0.635	0.577	0.579
LPJ4IN-2	162.28	同時	0.660	0.600	0.613
LPJ4IN-3	162.07	等厚側	0.659	0.599	0.611
平均	160.15	—	0.651	0.592	0.601
LPJ2OUT-1	166.07	同時	0.675	0.614	0.719
LPJ2OUT-2	144.24	LP側	0.586	0.533	0.542
LPJ2OUT-3	148.16	同時	0.602	0.548	0.554
平均	152.82	—	0.621	0.565	0.605
LPJ4OUT-1	168.18	同時	0.684	0.621	0.642
LPJ4OUT-2	164.17	LP側	0.667	0.607	0.622
LPJ4OUT-3	170.10	LP側	0.691	0.629	0.650
平均	167.48	—	0.681	0.619	0.638

た。すべり荷重については、最初に等厚側、LP側のどちらか一方に主すべりが発生した時のものである。すべり係数については、公称ボルト軸力 20.5tf、初期導入ボルト軸力 22.55tf、および引張試験開始時におけるボルト軸力の3つで評価している。

すべての供試体においてすべり強度、すべり係数が公称値を上回っており、テーパ勾配の範囲が 4.8/1000 程度であれば連結板内折れタイプ、連結板外折れタイプにかかわらず、大幅なすべり強度の低下は起こらないことが確認できた。

LP側、等厚側のどちらにおいて最初の主すべりが発生するかについては、連結板内折れタイプでは等厚側もしくは両方同時であった。これはLP鋼板側の継手の形状がくさびのような役目をしてすべりを抑制しているためだと考えられる。LPJ2IN-1では他の2つの供試体と比較して低い荷重で等厚側に主すべりが発生した。続いてLP側で主すべりが発生したが、LP側において、すべりが進行しながら荷重が増加するという現象が生じた。連結板外折れタイプですべり始めるのはLP鋼板側もしくは両方同時であった。これはLP鋼板側の母材の板厚が継手端部に向かうほど増加しているため等厚側と比較して若干すべりやすくなっているためと考えられる。

テーパ勾配 2.0/1000、4.8/1000の両方のタイプで連結板内折れタイプに比べて連結板外折れタイプの供試体のすべり係数が高くなっている。連結板内折れタイプではテーパ勾配の影響によりボルトを締めつけると連結板が浮き上がるような状態となる。一方、連結板外折れタイプではボルトを締めつけると、ボルト軸力に加えて、連結板の弾性変形に伴うスプリング効果による板厚方向の力が作用しているためだと考えられる。

連結板内折れ、連結板外折れの両方のタイプでテーパ勾配 2.0/1000よりも 4.8/1000のタイプの方がすべり係数が高くなっている。これは連結板内折れタイプではLP側において 4.8/1000のタイプでくさび効果がより強く働き、

連結板外折れタイプにおいては 2.0/1000のタイプと比較して 4.8/1000の方がより強いスプリング効果が働いたためだと考えられる。

4.4. ひずみ測定値

図-8に連結板のボルト孔間のひずみ測定値を示す。縦軸は荷重、横軸はひずみを表す。なお、凡例中の数字は供試体番号を表し、(上)・(下)については図-2における連結板(上)および(下)に対応している。等厚内側—中央ボルト列間、LP内側—中央ボルト列間を比較した場合、LPJ4IN、LPJ4OUTの両方のタイプでLP側の方のひずみが若干大きくなっており、LP鋼板による母材—連結板間の隙間の影響が確認できる。

継手中央における連結板のひずみを比較した場合、LPJ4INのほうがLPJ4OUTよりも早く降伏している。これはボルト軸力導入時における初期ひずみの違いがあらわれているものと考えられる。

継手中央部以外の個所では連結板内折れ、連結板外折れのひずみの違いは明確にあらわれておらず、LP鋼板による母材—連結板間の隙間は継手中央部に最も顕著に影響していることがわかる。

また主すべり発生後、ボルト孔間のひずみに圧縮力が作用していることにより各ボルト列においてすべりが終了し、支圧状態になっていることが確認される。

5. まとめ

連結板内折れおよび外折れ2つのタイプについて等厚部を省略したLP鋼板の高力ボルト摩擦接合継手の挙動を解明することを目的として高力ボルト摩擦接合継手の引張試験を行った。本試験で得られた知見は以下の通りである。

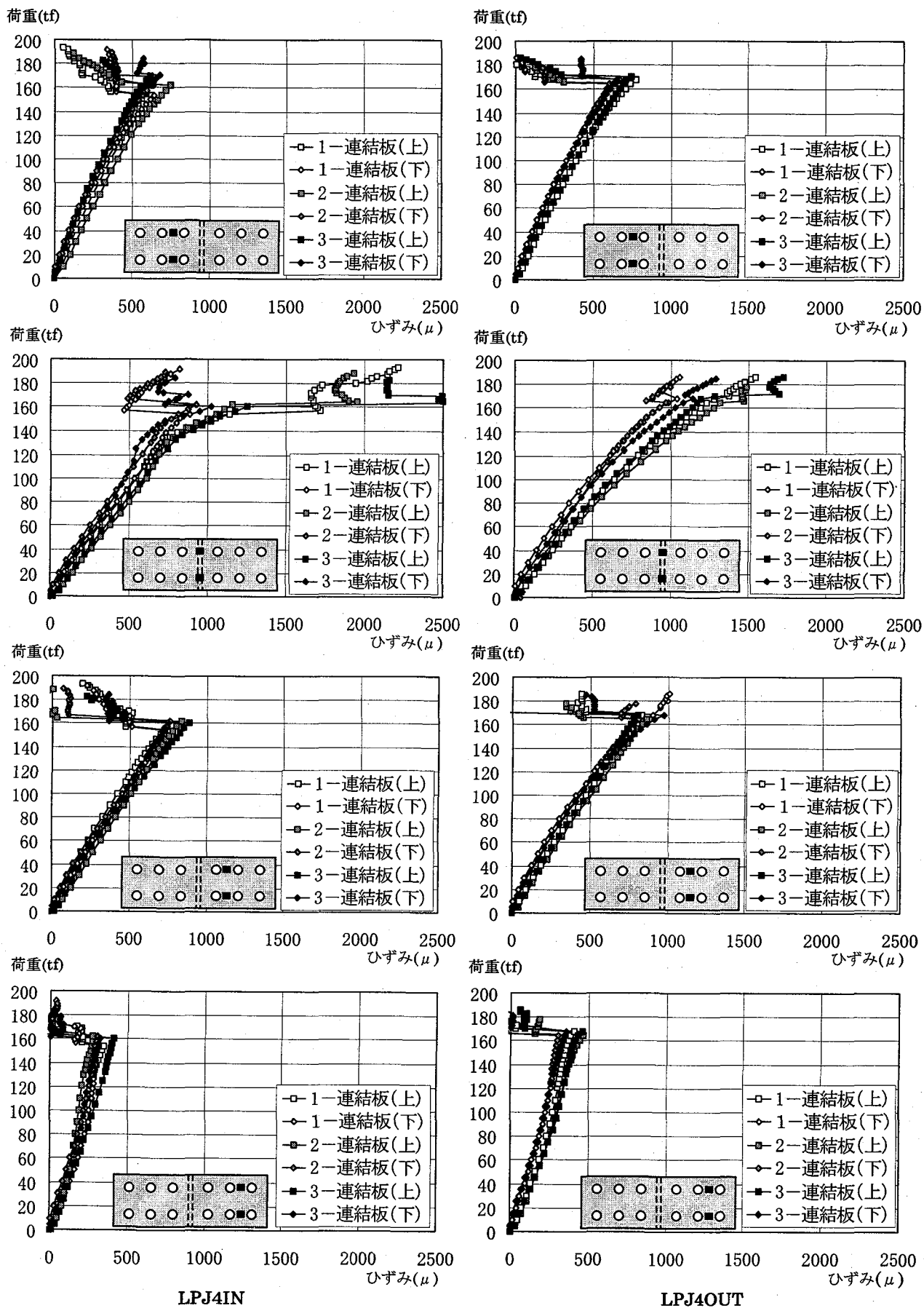


図-8 ボルト孔間のひずみ

- ・ボルト軸力導入時において連結板を曲げ変形させるために連結板が局部的に降伏することが考えられたが、テーパー勾配 4.8/1000 までの範囲では連結板の降伏は発生しなかった。
- ・テーパー勾配の影響により母材-連結板間の有効摩擦面積が減少することが考えられたが、圧着試験の結果、十分な有効摩擦面積を有していることを確認した。
- ・テーパー勾配の影響により初期ボルト軸力導入の際に、高力ボルトが降伏する可能性が考えられたが、曲げによる応力上昇は 1500kgf/cm^2 程度であり、連結板内折れタイプでは若干のボルト軸力上昇が見られたもののボルトの降伏($9,000\text{kgf/cm}^2$)には達しないことが確認できた。
- ・連結板内折れタイプでは LP 鋼板側の母材の板厚が継手端部に向かうほど減少していることによる連結板のくさび効果により、すべり強度の低下は見られず、テーパー勾配 4.8/1000 の範囲であれば連結板の浮き上がりの影響は小さい。
- ・連結板外折れタイプでは LP 鋼板側の母材の板厚が継手端部に向かうほど増加しており摩擦効果が減少することが考えられたが、連結板の弾性変形に伴うスプリング効果により母材-連結板間にボルト軸力以上の力が作用しているためすべり強度の低下は見られなかった。
- ・等厚部を省略した LP 鋼板の高力ボルト摩擦接合継手では、テーパー勾配による母材-連結板間の隙間の影響によりすべり強度が低下することが考えられたが、すべての供試体ですべり係数が公称値 0.4 を大幅に上回っており、LP 鋼板の影響により大幅にすべり係数が低下することはなかった。

以上のことより、テーパー勾配 4.8/1000 程度の範囲であれば連結板内折れタイプ、連結板外折れタイプにかかわらず、連結板にプレバンドを与える必要はなく、等厚部を省略した LP 鋼板の継手であっても、等厚継手と同様の摩擦接合としての機能が十分に得られることが確かめられた。

参考文献

- 1) Garrigues,G., Granboulan,J. and Mazou,J.: Un Product Nouveau Pour la Construction Metallique, les Toles a Epaisseur Variavle, Symp. De L'association Internationale des Ponts et Charpentes, Association Francaise Pour la Construction, Leingard, USSR, 11th-14th, 1991.
- 2) 緒方辰男, 林辰一, 上高原正弘, 板橋壮吉: テーパープレート of 橋梁への適用, 第 50 回土木学会年次学術講演会概要集, I-306, 1995.9.
- 3) 益子直人, 並川賢治, 宮田明, 板橋壮吉: 第 51 回土木学会年次学術講演会概要集, I-A292, 1996.9.
- 4) 日本道路公団: 名港西大橋パンフレット
- 5) 鳴沢明雄, 櫻井謙次: テーパー鋼板を用いた高力ボルト摩擦接合試験, 宮地技報, No.12, pp. 126-131, 1997.1.
- 6) Nishimura,N., Kamei,Y. and Ikehata,B.: Analysis of HSFG Bolted Joints Considering Local Slip, TECHNOLOGY REPORTS OF THE OSAKA UNIVERSITY, Vol.46, No.2257, pp.227-236, 1996. 10.
- 7) 亀井義典, 池端文哉, 西村宣男: 低材質フィラープレートを用いた高力ボルト摩擦接合の限界状態, 構造工学論文集, Vol.43A, pp.65-72, 1997.3.
- 8) 亀井義典, 池端文哉, 西村宣男: 高力ボルト摩擦接合継手の限界状態区分に関する解析的研究, 土木学会論文集, No.584, pp.243-253, 1998.1.
- 9) (社)日本道路協会: 道路橋示方書・同解説, 1997
- 10) 駒井鉄工株式会社, 大阪大学土木工学科構造研究室: 高力ボルト摩擦接合引張継手の限界状態に関する実験的研究, OUCS9301, 1993.2.
- 11) 秋山寿行, 播本章一: 高力ボルト摩擦接合引張継手の強度に関する実験, 駒井技報, Vol.12, pp.9-22, 1993.3
- 12) 秋山寿行: 高力ボルト摩擦接合継手の限界状態に関する研究, 大阪大学学位論文, 1996.1.

(1999 年 9 月 17 日受付)