並列配置された孔あき鋼板ジベルの終局ずれ挙動

Ultimate Slip Behavior of Double-lined Perfobond Rib Conector

日向優裕*,藤井堅**,深田和宏***,道管裕一**** Masahiro HIMUKAI, Katashi FUJII, Kazuhiro FUKADA, Yuuichi DOUKAN

*広島大学大学院 工学研究科 (〒739-8527 広島県東広島市鏡山 1-4-1) **工博 広島大学大学院助教授 工学研究科(〒739-8527 広島県東広島市鏡山 1-4-1) ***工修 西日本旅客鉄道株式会社 大阪支社(〒536-0025 大阪府大阪市城東区森ノ宮 1-6-115) ****工修 石川島播磨重工業株式会社 橋梁事業部(〒478-8650 愛知県知多市北浜町 11-1)

Push-out tests were conducted to clarify the ultimate slip behavior of double-lined perforated rib connector (Perfobond Leisten, called PBL hereafter) which has two-lined parallel perforated ribs. From the tests, the following conclusions were obtained: 1) The slip strength is influenced by the concrete confinements caused by the concrete covering, reinforcing bars set through or near a PBL-hole, and the friction force at the boundary between the test bed and the concrete, which is wholly the same as the case of single-lined PBL, 2) Double slip force (shear force) of single-lined PBL is obtained even if the distance between two PBLs is smaller than that indicated in the Draft of Japanese Standards, which requires three times of PBL-height. 3) The ultimate slip strength of double-lined PBL may be predicted by applying the same concept formulated for single-lined PBL proposed previously.

KeyWords: perfobond rib connector, ultimate slip behavior, slip strength キーワード: 孔あき鋼板ジベル, 終局ずれ挙動, ずれ耐力

1.まえがき

鋼・コンクリート複合構造では,通常,異種材料間の 応力伝達のためにずれ止めを用いる.ずれ止めにはスタ ッドジベルが多用されてきたが,昨今,孔あき鋼板ジベ ル(以下,PBL と呼ぶ)の優位性が注目され¹⁾,その施 工例も増加しつつある.少数主桁合成桁橋梁などでは, 従来施工されている多主桁橋梁に比べ鋼桁と床版の間に 発生するせん断力が大きく,孔あき鋼板ジベルを並列に 配置する場合が多いようである.

孔あき鋼板ジベルは,鋼板にあけた孔と孔内コンクリ ートのせん断抵抗で鋼とコンクリート境界面のずれを拘 束するものであり,崩壊はジベルプレートの降伏かコン クリートの破壊によって起こる²⁾.ジベルの崩壊がコン クリートの破壊に起因する場合には,筆者らが過去に行 った実験では,図-1の様なジベルプレートと平行なコ ンクリートひび割れを発生してずれ耐力を失う破壊形式 がほとんどであった.コンクリートの破壊に起因する場 合,単列配置の場合では,ジベルプレートを包むコンク リートかぶり(ここでは,図-1に示すようにジベルプレ ート端からコンクリート表面までの距離をかぶりと呼ぶ ことにする.図-1では,背かぶりと上かぶりがあるが, 本実験では上かぶりは無い)や孔内貫通鉄筋,不陸調整の ために敷く供試体底面の石膏などの摩擦によって,ずれ 耐力が大きく影響されることが明らかとなっている³⁾. しかし,並列に配置した場合のPBLの終局ずれ挙動や崩 壊性状は,まだ十分には解明されていないようである.



保坂ら⁴⁾⁵⁾は,実験結果に基づいて設計マニュアル (案)⁶⁾を提案した.そこでは,PBLの配置間隔は鋼板 高さの3倍程度以上(L 3・H 図 - 2 参照)とされてお り,この配置間隔を確保すれば,単列に配置した場合と 比べて孔1つ当りのずれ耐力の低下はないとしている. しかし,PBLの配置間隔については,さらに力学的に十 分に検討する余地があると思われる.また,並列配置の PBLでは,図-3のようなひび割れが生じて破壊に至る ことが報告されているが,試験数も少なく,破壊形式に ついて更に基礎資料を蓄積する必要がある.

そこで本研究では,並列配置された孔あき鋼板ジベル の押し抜きせん断試験を行い,かぶり,PBLの配置間隔 と鋼板高さの比,そして貫通鉄筋が及ぼすずれ破壊性状 を明らかにし,ずれ耐力評価法について考察する.

2.押し抜きせん断試験

図 - 4 に示す供試体を作成し,押し抜きせん断試験を 行った.供試体は,表-1 に示す各ケース1体,並列配 置供試体5体,単列配置供試体1体の計6体であり,鋼 板の両側面にジベルプレートを溶接した鋼材にコンクリ ートを打設して作成した.ジベルプレートと鋼板の下に は発泡スチロール板を配置し,ジベル端の支圧抵抗を取 り除いている.また,ジベル孔内以外の全ての鋼表面に 剥離剤を塗ってコンクリートと鋼材の付着を除去した.

各供試体の寸法を表 - 1 に示す.かぶり(B)と PBL 配置間隔(L)と鋼板高さ(H)の比(L/H)や貫通鉄筋の有無 をパラメータとして,各々が終局ずれ挙動に及ぼす影響 を実験的に調べる.表 - 1 に示す全ての供試体について, PBLの孔径は60mm,板厚は12mmである.また,孔内貫 通鉄筋は孔の中心に配置し,貫通鉄筋以外の鉄筋は配置 していない.

コンクリート



図 - 3 並列配置した供試体の崩壊性状



図 - 4 供試体形状 (S.D-B100-L300-H100-R1.13)

表 - 1 各供試体の寸法

供試体夕	貫通鉄筋	コンクリート	PBL配置間隔	PBL鋼板高さ	コンクリート
供	(D13)	かぶりB (mm)	L (mm)	H (mm)	の種類
S.D-B100-L300-H100	無	100	300	100	В
S.D-B100-L300-H100-R.1-13	有	100	300	100	A
S.D-B50-L300-H100	無	50	300	100	В
S.D-B200-L300-H100	無	200	300	100	В
S.D-B100-L300-H150	無	100	300	150	В
S.S-B100-H100	無	100		100	В

S.D : 並列配置供試体 , S.S : 単列配置供試体

表-2 材料特性

	圧縮試験結果		引張試験結果						
	弾性係数	ポアソン比	圧縮強度	引張強度			D) 頁週:	跃肋	
						径	硝性係数	降伏広力	ここの
	(MPa)		(MPa)	(MPa)		11	거두 1도 157 호조	P4 //////J	JI JU JE JE
コンクリート A	25506	0.20	34.55	2.84			(MPa)	(MPa)	(MPa)
コンクリート B	24500	0.20	28.92	2.20	0	013	183200	318.0	462.0

載荷試験の状況を写真 - 1 に示す.供試体底面に不陸 を調節するために石膏を敷き,写真 - 1 に示すように, 図 - 4 の供試体の上面に載荷板を置いて,鋼板とジベル プレートを同時に押し下げることによって PBL にせん 断力を作用させた.載荷は,500㎡ 耐圧試験機を使用し, 載荷速度0.05㎡、の荷重制御である.

実験に使用したコンクリートと貫通鉄筋の材料特性 を表 - 2に示す.ジベルプレートの鋼種はSS400である. なお,供試体 S.D-B100-L300-H100-R.1-13 に用いたコン クリートはコンクリートA,それ以外の供試体ではコン クリートBである.

ジベルプレートとコンクリートの相対ずれとコンク リート表面のひずみ,ジベル孔部のコンクリートの開き 量,貫通鉄筋のひずみを測定した.

3. 実験結果

3.1 ずれ耐力

荷重とともにずれは増加し,最高荷重に達する直前に, 4 枚のジベルプレートのコンクリートのかぶりにひび割 れが発生した.最高荷重後はひび割れ幅が増加して耐力 が低下した.ここでは,ひび割れがほぼ同時に発生した ことをふまえて,最高荷重をジベル孔数で除したずれ力 を,孔1つ当たりのずれ耐力と呼ぶことにし,各ジベル 位置で測定したずれの平均をずれと呼ぶことにする.

図 - 5,図 - 6 に孔1つ当りのせん断力とずれの関係, 各供試体のずれ耐力を表 - 3に示す.比較として,図 - 5 および表 - 3には,単列配置の実験結果(S.S-B100-H100) もあわせて示す.

図 - 5 をみると,並列配置した供試体の孔1つ当りの ずれ耐力は,単列配置した場合と比べ,大きくなっている.

図 - 5 から,貫通鉄筋を配置していない供試体 (S.D-B100-L300-H100とS.S-B100-H100)では,単列配 置・並列配置供試体ともに最高荷重を過ぎてからの耐力 低下が大きい.一方,貫通鉄筋を配置した供試体 (S.D-B100-L300-H100-R.1-13)は,耐力の低下が緩やか であり,貫通鉄筋を配置すると最高荷重後の耐力低下を 抑えることができるのがわかる.また,貫通鉄筋を配置 するとずれ耐力が幾分大きくなることがわかる.

また,表-3 および図-6から,かぶりが厚くなるとずれ耐力が大きくなることがわかる.これらのことは,単列配置したPBLの場合と同様である⁷⁾.一方,L/HについてみるとL/H=2と3の供試体(S.D-B100-L300-H150とS.D-B100-L300-H100)ともに,ずれ耐力は同程度であった.このことから,PBL 鋼板高さは,ずれ耐力にあまり影響しないようにみえる.



写真 - 1 載荷状況 (S.D-B100-L300-H100-R1.13)



図 - 6 せん断力-ずれの関係(かぶりB, L/H比較)

表 - 3 各供試体のずれ耐力

	孔1つ当たりの	最高荷重時の	
供試件者	ずれ耐力(kN)	ずれ(mm)	
S.D-B100-L300-H100	150.4	1.79	
S.D-B100-L300-H100-R.1-13	205.8	2.56	
S.D-B50-L300-H100	123.0	1.45	
S.D-B200-L300-H100	199.7	2.37	
S.D-B100-L300-H150	144.1	2.10	
S.S-B100-H100	116.6	1.64	

3.2 ひび割れの様子

写真 - 2 と3 および図 - 7 にひび割れの様子を示す. 並列配置した供試体も単列配置した場合と同様, ジベル 先端から供試体背面へ向うひび割れを発生して破壊して いる.写真-2 や図-7からわかるように,ひび割れは 供試体背面へ貫通しているが,底面では供試体底面に敷

かれた石膏がひび割れを拘束するので,写真-2のよう に,ひび割れ幅は底面に向かうほど小さくなっている. また,かぶり厚50mmの小さな供試体は,ひび割れ幅が大 きく,かぶり200mmの供試体や貫通鉄筋を配置した供試 体は,ひび割れ幅が小さくなっていた.したがって,貫 通鉄筋,コンクリートかぶりや供試体底面の摩擦はひび 割れの進展に大きく影響すると判断できる.



a) 供試体上面の様子



b) 供試体背面の様子 写真 - 2 ひび割れの様子 (S.D-B50-L300-H100)



a) S.D-B100-L300-H100





c) S.D-B200-L300-H100







単列配置した場合,ジベル孔内のコンクリートは2面 せん断破壊を起こし,孔周辺コンクリートを押し広げな がらずれが進行する³⁾⁷⁾.この孔周辺の広がり量をここ では押し広げ量と呼ぶが,これは図-8に示したように, 2枚のジベルプレートを挟むコンクリートの両側に設置 したダイアルゲージを用いて測定した孔1つ換算のコ ンクリートの広がり量である.

供試体 S.D-B100-L300-H100, S.D-B50-L300-H100, S.D-B200-L300-H100の終局状態におけるひび割れの様 子を写真 - 3 に示す.また,ずれと押し広げ量の関係を 図 - 9, せん断力と押し広げ量の関係を図 - 10 に示す.

写真-3の楕円Aに示すように,ジベル孔周辺で押し 広げ量が見られる.図-9より,ずれが進行するとジベ ル孔周辺のコンクリートは徐々に押し広げられていく 様子がわかる.図-9と図-10から,押し広げ量は,か ぶりが厚い程小さく,また,同じかぶりの場合には,貫 通鉄筋がある場合の方が押し広げ量は小さくなること がわかる.また,図-9で,曲線の傾きが変化する点(押 し広げ量が急増する点)は,図-10の最高荷重に対応し ており,押し広げ量が大きくなると耐力低下を起こして いることがわかる.図-10より,最高荷重までは,押し 広げ量はほとんど現れないことから,最高荷重ではあま り大きなひび割れはないと考えられ,また,押し広げ量 は最高荷重後のジベル孔付近のひび割れ幅を示すと考 えられる.



3.4 供試体表面のひずみ分布

図 - 11 に示すコンクリートひずみの測定位置の S.D-B100-L300-H100の供試体上面と供試体背面(位置A, B,C)での各荷重におけるコンクリートひずみ分布を, それぞれ図 - 12a),b)に示す.また,L/H=2の供試体 (S.D-B100-L300-H150)についても同様に,図-13a), b)に示す.

コンクリートの上表面において,AおよびC位置(ジ ベルプレート面の断面)のひずみ分布は,図-12a)に示 すように,ジベルプレート縁端で引張,背面で圧縮の曲 げひずみ分布となっており,ジベルプレート面のかぶり には曲げモーメントが作用していることがわかる.とこ ろが,図-12a)に示す位置 B(ジベルプレート間の中央 断面)のかぶりのひずみはほとんど現れていない.図-12b)のかぶり背面のひずみの鉛直方向成分は,概して圧



縮ひずみであるが,上面と下面のひずみを比べると,下 面のひずみはほとんど現れていないのに対して上面では 大きな圧縮ひずみが発生している.これは明らかに底面 の摩擦抵抗に起因する.また,図-12b)から,ずれ力(荷 重)が大きくなり,最高荷重付近になると,孔位置で曲 げひずみが急増して崩壊に至ることが分かる.

図 - 13 に示すように,L/H=2 の供試体 (S.D-B100-L300-H150)でも上記と同様のひずみ分布で あるのがわかる.したがって,ジベル間隔を PBL 鋼板高 さの2倍に狭めたことによる影響はないと判断できる. また,かぶり内のジベルプレート面内の断面で曲げ モーメントが発生することは、単列配置 PBL においても 確認されている現象である³⁾⁷⁾.



図 - 13 各荷重におけるコンクリートひずみ分布 (S.D-B100-L300-H150)

貫通鉄筋のひずみ測定位置を図 - 14 に示す.なお,貫 通鉄筋には,図 - 14 に示すように溝を掘り,溝内にひず みゲージを貼り付けることによって鉄筋の付着条件が変 化しないよう工夫してある.また,図 - 15 に各ずれ荷重 における貫通鉄筋の軸ひずみ分布の一例を示し,図 - 16 にずれ荷重とジベル位置での貫通鉄筋の軸ひずみの関係 を示す.図 - 15 から,ジベル位置のひずみは,ずれ荷重 が小さいときにはあまり大きくないが,最高荷重付近お よび最高荷重後には急増しているのがわかる.また,図 - 16 をみると,ジベル位置でのひずみは概ね 300x10⁶~ 500x10⁶程度から急増している.

写真 - 4 に試験後にひび割れに沿って切断した写真を 示すが,貫通鉄筋は孔内を移動し,中心からずれている のが確認できる.このように,最高荷重後では,鉄筋は コンクリート内部を移動し,最終的にジベル鋼板と接触 して V 字形に変形していくと考えられる.今回は十分に 検討出来なかったが,それぞれのジベル位置で貫通鉄筋 が V 字形に変形できるように2枚のジベル間隔を採れば, それぞれのジベルは単列配置のジベルと同じ挙動となる ように思われる.



写真 - 4 ジベル孔部の崩壊の様子 (S.D-B100-L300-H100-R.1-13)

3.6 並列配置 PBL の特徴

写真 - 3 に,試験後のコンクリート部分の破壊状態を 示す.ジベル縁端から発生したひび割れが進展すると, 図 - 17 に示すように,ひび割れたコンクリート塊が回転 しているのが写真からわかる.このため,ジベルプレー トとコンクリートは両側の部分で肌隙が起こっている (写真 - 3 の楕円 B).またこの肌隙は,かぶりの厚さに より異なっていることがわかる.

保坂ら⁴⁾の実験では,本実験で得られたコンクリート ひび割れのほかに,2枚のジベル縁端を結ぶ平面内にひ び割れ(図-3のTypelのひび割れ)が発生している. しかし,本実験ではこのようなひび割れは認められなか った.これはおそらく底部コンクリートの境界条件の違 いと考えられる.



図 - 16 ずれ荷重とジベル位置でのひずみの関係

さらに,保坂らは,ジベル配置間隔をジベル高さの3 倍程度以上にするよう定めている.表-3に,実験で得 られたずれ耐力を示すが,L/H=2の供試体 S.D-B100-L300-H150のずれ耐力は,L/H=3の供試体 S.D-B100-L300-H100のそれとあまり差がないことをふ まえると,この配置間隔については,合成桁などではフ ランジ幅の設計に大きく影響してくるので,今後さらに 検討すべきと思われる.

4. 並列配置 PBL のずれ耐力評価

筆者らは、単列配置された PBL のずれ耐力評価式を構築し、これがいままでに行われた押し抜き試験あるいは引き抜き試験結果をうまく説明できることを示した⁷⁷. 一方、今回の実験結果から、並列配置 PBL も単列配置の場合と同様の終局挙動を呈すことがわかった.そこで、以下では、まず単列配置の場合を拡張して、実験結果と比較する.

(1) 単列配置 PBL のずれ耐力評価式

コンクリートの破壊に起因して PBL が破壊する場合, かぶりのコンクリート,孔内貫通鉄筋や種々の補強鉄筋 による拘束力が,ジベル孔の破壊に抵抗してずれ耐力を 上昇させることを示すとともに,特に押し抜き試験にお いては,不陸調整のために敷かれた石膏などによる底面 摩擦力も,拘束力としてずれ耐力に大きく影響すること を明らかにし,単列配置された押し抜き試験のずれ耐力 評価式を提案した⁷⁾.以下では,その提案式を拡張して, 並列配置 PBL のずれ耐力評価式の提案を試みる.

上記の拘束力を考慮した単列配置 PBL のずれ耐力評価式は,次式で与えられる⁷⁷.

$$V_{\mu} = V_{int} + 2.5(T_s + T_c + T_f)$$
⁽¹⁾

ここで, V_u :孔1つ当たりのずれ耐力, V_{int} :孔部コン クリートのせん断強度, T_s :貫通鉄筋がジベル孔部のコ ンクリートを拘束する力, T_c :背かぶりコンクリートが ジベル孔部のコンクリートを拘束する力, T_f :供試体底 面に敷かれた石膏やモルタルの摩擦による拘束力である. また,それぞれの拘束力は次式で与えられる.



図 - 18 算出のための各パラメータ



$$V_{int} = 2 \cdot \left\{ \frac{\pi d^2}{4} + (n-1)A_s \right\} \cdot \tau_{ct} \quad (\tau_{ct} = f_{ct} / \sqrt{3})$$
(2)

$$T_s = E_s \cdot A_s \cdot \varepsilon_s \quad \left(\varepsilon_s = 400 \times 10^{-6}\right)^{7} \tag{3}$$

$$T_{c} = \frac{f_{ct}}{\frac{ye}{I_{e}} + \frac{1}{A_{e}}} \qquad \left(\because \quad \varepsilon_{ct} = \frac{T_{c} \cdot y}{E_{c} \cdot I_{e}} \cdot e + \frac{T_{c}}{E_{c} \cdot A_{e}} \right) \qquad (4)$$

$$T_f = \mu \cdot N \qquad \left(\mu = 0.5, \quad N = \frac{V_u}{2}\right) \tag{5}$$

ここで,d:ジベルの孔径, A_s :貫通鉄筋の断面積,n: 鉄筋とコンクリートの弾性係数比($n=E_s/E_c$), a:コン クリートのせん断強度, f_d :コンクリートの引張強度,

。: 貫通鉄筋のひび割れ拘束ひずみ, a: コンクリートのひび割れ発生ひずみ,y: かぶり部中立軸からジベル 孔中心までの偏心量,e: ジベル天頂部からかぶり部中立 軸までの距離, I_e : ジベル補強筋,フレーム筋を考慮し たかぶり部の換算断面2次モーメント, A_e : ジベル補強 筋,フレーム筋を考慮したかぶり部の換算断面積, μ : 供試体底面に働く石膏やモルタルの摩擦係数,N: 垂直 抗力,である(図-18 参照).なお,貫通鉄筋のひずみ を 400x10⁶としたのは,文献7)で示したように,単列配 置 PBL の実験で最高荷重時の鉄筋のひずみは概ね 300x10⁶~500x10⁶の範囲であったことによる.

式を整理すると,式(1)は次式のように表すことができる.

$$V_{u} = \frac{V_{int} + 2.5(T_{s} + T_{c})}{1 - 1.25\,\mu} \tag{6}$$

(2) 並列配置した場合のずれ耐力評価法

さて,並列配置した場合について考えると,コンクリ ートかぶりをモデル化すると図 - 19 のようになる.単列 配置した場合のモデルと比較すると,ジベル孔部のせん 断強度やかぶりによる拘束力,貫通鉄筋による拘束力, 供試体底面の摩擦による拘束力はそれぞれ2倍となるこ とがわかる.したがって,PBL 配置間隔がある程度あれ ば,並列配置 PBL のずれ耐力は,単列配置のずれ耐力の 2倍になる. PBLの配置間隔については,PBL 鋼板高さの3倍程度 以上にするとジベル相互の干渉がなくなり,各PBLは, 単列配置した場合と比べて耐力低下は起こらないとされ ている⁴⁾.しかし今回の実験をみると,PBLの配置間隔 を鋼板高さの2倍にした供試体でも,ずれ耐力は変わら ない結果が得られた.また,ずれ耐力評価式(6)に基づ くと,図-19に示すように,2枚のPBL間のコンクリー トには押し広げ力Tにより圧縮力Tが働くことになり, ずれ耐力は,ジベルの配置間隔には影響されないことに なる.ジベルの配置間隔については今後なお検討はすべ きであるが,ある程度の間隔があれば十分であると推察 される.

なお,実構造物では本実験のような底面の摩擦は無い. したがって,実構造物では,式(6)において底面の摩擦係数µ=0とし,かぶりの換算断面2次モーメントI_eおよび 換算断面積A_eの算出に有効奥行(孔の中心間隔)を用いれ ば,孔1つ当たりのずれ耐力を求めることができる.

(3) 評価式と実験結果との比較

本実験で得られたずれ耐力とここで提案したずれ耐 力評価式,また保坂ら⁴⁾の式よって求めた評価値の比較 結果を,図-20 a),b) および表-4 に示す.なお,土木学 会では,保坂らのずれ耐力評価式を基にした下限値曲線 を採用している⁶⁾.図-20a)から,本評価式は相関係数 =0.900 であり,ずれ耐力を精度よく表現していることが わかる.保坂らの式では,かぶりの影響が考慮されてい ないので,かぶり厚が異なる場合でも同じずれ耐力とな る.なお,本評価式から得られるずれ耐力は,先でも述 べたように,ジベルの配置間隔には影響されないまた, 表-4 に示すように,かぶりが小さい場合は,実験値よ りも評価値が小さく,かぶりが大きい場合には評価値は 実験値よりも大きくなっている.これらについては,今 後なお検討の余地がある.



世試休名	孔1つ当たりの	式(6)による	保坂らの式による
「「「「「」」「「」」「「」」」	ずれ耐力(kN)	推定値(kN)	推定値(kN)
S.D-B100-L300-H100	150.4	128.1	118.4
S.D-B100-L300-H100-R.1-13	205.8	237.4	223.9
S.D-B50-L300-H100	123.0	57.3	118.4
S.D-B200-L300-H100	199.7	296.5	118.4
S.D-B100-L300-H150	144.1	108.9	118.4
S.S-B100-H100	116.6	128.1	118.4

表 - 4 実験値と評価式のよる推定値の比較

6.まとめ

並列に配置した PBL の終局ずれ挙動とその破壊メカ ニズムを調べた.得られた知見をまとめると以下のよう になる.

- 1) 並列配置した場合,単列配置した場合と同様にジベル 孔部のコンクリートは2面せん断破壊を起こし,押し 広げ力に起因にした曲げ変形がコンクリートかぶり 部で発生する.その結果,ジベル先端からひび割れが 発生し,耐力を失う.
- 2) 鉄筋をジベル孔内に配置すると最高荷重後の耐力低 下を抑制できる.このことは,単列配置 PBL の場合と 同様であった.
- 3) 並列配置 PBL においても、コンクリートのかぶりはずれ耐力に影響することを確認した.このとき、かぶり内に発生する曲げモーメントは、ジベルプレート面内の断面付近に限られており、2つのジベルの中央断面でのかぶりのひずみはほとんど現れなかった.このことは L/H=3のみならず2の場合でも同様であった.
- 4) ジベルの配置間隔を PBL 鋼板高さの3倍にした供試体と2倍にした供試体ともに,ずれ耐力はほぼ同程度であった.このことは,保坂ら⁵⁾の実験結果でも得られており,ジベルの配置間隔は,PBL 鋼板高さの2倍でも十分と考えられる.これが成り立つならば,フランジ幅は設計上有利となる.ジベルの配置間隔については,今後さらに詳細な検討が必要であるが,PBL 鋼板の高さのみで決めるのではなく,ずれ耐力や崩壊性状に大きく影響するジベルの孔径やかぶり厚なども考慮する必要があろう.
- 5) 文献 7)で示した単列配置した場合のずれ耐力評価式 を拡張して,並列配置 PBL のずれ耐力を求めた.その 結果,本評価式は実験結果とよく対応していることが わかった.

参考文献

- 平陽平,天野玲子,大塚一雄:孔あき鋼板ジベルの疲労特性,コンクリート工学年次論文報告集,Vol.19,No.2, pp.1503-1508,1997.
- Leonhardt, F., Andra, H. P., und Harre, W. : Neues vorteilhaftes Verbundmittel für Stahlverbund-Tragwerke mit hoher Dauerfestigkeit, *Beton-und Stahlbetonbau*, pp. 325-331, 1987.
- 3) たとえば,深田和宏,藤井堅,豊田正,岩崎初美:孔あ き鋼板ジベルの終局せん断耐力に影響を及ぼすコンク リート拘束因子,第6回複合構造の活用に関するシンポ ジウム論文集, Vol.6, pp28-1~pp28-8, 2005.
- 4)保坂鐵矢,光木香,平城弘一,牛島祥貴,橘吉宏,渡辺: 孔あき鋼板ジベルのせん断特性に関する実験的研究構造工学論文集, Vol.46A, pp.1593-1604, 2000.
- 5) 保坂鐵矢,光木香,平城弘一,牛島祥貴:孔あき鋼板ジ ベルのせん断強度評価式と設計法に関する研究 構造工 学論文集, Vol.48A, pp.1265-1272, 2002.
- 6) 土木学会 鋼構造委員会,新形式の鋼・コンクリート複合橋梁調査研究小委員会,合成構造WG,孔あき鋼板ジベル班:孔あき鋼板ジベル設計マニュアル(案),2002.
- 7) 藤井堅,深田和宏,豊田正,藤村伸智,岩崎初美,日向 優裕,中村秀治:孔あき鋼板ジベルのずれ耐力試験にお ける拘束因子とずれ耐力評価式,土木学会論文集(投稿 中).

(2006年9月11日受付)