# (13) スリット入り鋼パイプを用いた新型ずれ止めにおけるせん断伝達性能の実験的研究

山口 隆一1・中村 善彦2・古内 仁3・上田 多門4

<sup>1</sup>正会員 株式会社IHI 技術開発本部(〒235-8501 神奈川県横浜市磯子区新中原1番地) E-mail:ryuichi\_yamaguchi@ihi.co.jp

<sup>2</sup>株式会社IHIインフラシステム 技術本部(〒108-0023 東京都港区芝浦3丁目17番12号 吾妻ビル) E-mail: yoshihiko\_nakamura@iis.ihi.co.jp

<sup>3</sup>正会員 北海道大学大学院 工学研究院(〒060-8628 北海道札幌市北区北13条西8丁目) E-mail: jin@eng.hokudai.ac.jp

<sup>4</sup>フェロー 北海道大学大学院 工学研究院(〒060-8628 北海道札幌市北区北13条西8丁目) E-mail: ueda@eng.hokudai.ac.jp

著者らは孔あき鋼板ジベルの更なる高性能化を目的として,スリット入り鋼パイプを挿入した新型のずれ止め構造(以下,グリップジベル)を考案した.本研究ではグリップジベルのせん断伝達性能の把握を目的として静的押抜き試験を実施し,貫通鉄筋を配置した孔あき鋼板ジベルとの比較を行った.結果,剛性,耐力,残留ずれ変位など孔あき鋼板ジベルと比較して高い性能を発揮した.また,グリップジベルを複数配置した場合の影響も確認し,孔間隔の影響は少ないことを確認した.また,疲労試験を実施しグリップジベルの疲労強度線を得た.試験終了後には試験体を切断し,その破壊性状を確認した.また,グリップジベルの設計値に関して一考察を加えた.

Key Words: Shear Connector, Slit-Steel Pipe, Perfobond Strip, Shear Transfer Capacity

### 1. はじめに

橋梁上部工における鋼桁とプレストレストコンクリート桁の接合部やラーメン橋脚部における上下部一体構造の接合部などの鋼・コンクリート複合構造は,設計上狭隘な箇所にずれ止め構造や鉄筋が数多く設置することが要求され,それらを配置および施工することが困難となる場合がある.また,配置できたとしてもコンクリートの確実な充填が困難となる場合がある.

これらの問題点を解決するため,ずれ止め1つあたりの受け持つせん断力を増加させ,構造を簡素化する手法が考えられ,従来からせん断伝達性能や疲労耐荷性能に優れた孔あき鋼板ジベルに関する数多くの研究<sup>(),2),3)</sup>が行われている.

これらの背景の中,著者らはずれ止め構造の更なる高性能化を目的とし,孔あき鋼板ジベルにスリット入り鋼パイプを挿入した構造(以下,グリップジベル;写真-1)を提案し,優れた性能を有するという知見を得た<sup>4,5</sup>. そこで,本研究ではグリップジベルのせん断伝達性能

の把握を目的として静的押抜き載荷試験を実施し,静的荷重下におけるせん断伝達性能の評価および従来の貫通 鉄筋を配置した孔あき鋼板ジベルとの性能の比較を行った.また,グリップジベルの疲労試験を実施し,繰返し荷重下における性能評価を行った.さらに,設計値について一考察を行うことを目的とした.



写真-1 グリップジベル

### 2. 静的荷重下のせん断伝達性能の評価

### (1) 実験概要

a) 静的押抜き試験体概要と試験パラメータ 静的押抜き試験で用いた試験体を図 - 1に示す.

試験体は先ず,ウェブを切断したH鋼(SS400)に孔 あき鋼板リブ(SM490)を溶接した.次にH鋼のフランジ法線方向からコンクリートを打設することでブロックを製作した.その後,2つのブロックを添接板と連結ボルトで締め付けることで静的押抜き載荷用試験体とした.ここで,孔あき鋼板の端面にはその部分での支圧抵抗を避けるため,発泡スチロールを配置した.また,鋼材とコンクリートの付着を除去するため,鋼パイプ以外の鋼材はセロハンを貼り付けた.試験体の下面には石膏を敷き,底面との摩擦が効くようにした.

試験パラメータを表 - 1に示す.

試験体は全11体とし, $C1 \sim C3$ は $D22 \sim 29$ の太径の貫通 鉄筋(SD345)を配置した孔あき鋼板ジベル, $C4 \sim C6$ は 孔部を貫通する鋼材量が $C1 \sim C3$ と概ね同程度のグリップジベルとした.ここで, $C4 \sim C6$ に用いたスリット入りの鋼パイプは全長にわたり同じ径(ストレートタイプ)であるが, $C7 \sim C11$ に用いたグリップジベルは設置時の施工性を考慮して先端を絞った形状(先端絞りタイプ;写真 -1)とした.

C1~C7とC8~C11とはコンクリート強度が異なり,C9~C11はグリップジベルを1ブロックあたり載荷方向に2つ配置し,その配置間隔をパラメータとした.孔あき鋼板の板厚はC1~C7の場合は12mmとし,C8~C11は38mmとした.C8~C11の板厚を厚くしたのは孔間の鋼板をせん断降伏させないことを目的としたためである.

ここで,全試験体とも試験体の外寸と補強筋は同一と

し,孔径は全て 60mmとした.また,グリップジベルは長さ150mm,スリットの幅30mm,引張強さの規格値が400N/mm<sup>2</sup>のものを用いた.スリットは打設時のエア抜きのため全て鉛直上向きに配置した.

### b) 測定項目および載荷方法

測定項目は載荷荷重および孔中心高さにおける鋼とコンクリートの相対ずれ変位量とした. 載荷方法は2500kNの油圧ジャッキを用いてH鋼の軸方向に鉛直下向きに載荷した. 荷重履歴は漸増繰り返し載荷とした.

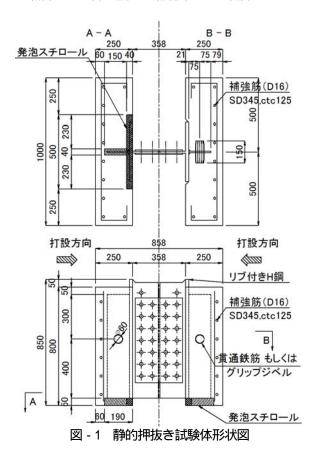


表-1 試験パラメータ

試験 体名	コンクリート 圧縮強度	ジベル種類	貫通鉄筋径 若しくは 鋼パイプ厚	ジベル 配置数	ジベル 配置間隔	孔あき 鋼板厚
	N/mm <sup>2</sup>		mm	個/片側あたり	mm	mm
C1	27.5	孔あき鋼板ジベル (貫通鉄筋)	D22		-	12
C2			D25			
C3			D29			
C4		グリップジベル (ストレートタイプ)	3.2	1		
C5			3.5			
C6			4.5			
C7		グリップジベル (先端絞りタイプ)	3.2			
C8	37.1					
C9				2	100	38
C10					150	
C11					200	

### (2) 実験結果と評価

### a) 破壊性状

ここではグリップジベルの破壊性状に関して述べる. 静的押抜き試験終了後におけるC4,C7,C8のジベル 部の破壊状況を写真-2から写真-7に示す.

これらよりグリップジベルを用いた試験体は孔あき鋼

板の表面とほぼ同じ平面において,鋼パイプとコンクリートの破壊が発生することが判った.また,写真-3より鋼パイプは載荷点に近い側(上側)が破断の起点になっていることが見てとれる.その後,写真-4および写真-5に示すように徐々に鋼パイプの亀裂が下側に伝播し,最終的に破断に至ることが判った.



写真 - 2 破壊状況 (C4)



写真 - 3 破壊状況 (C4)



写真 - 4 破壊状況 (C7)



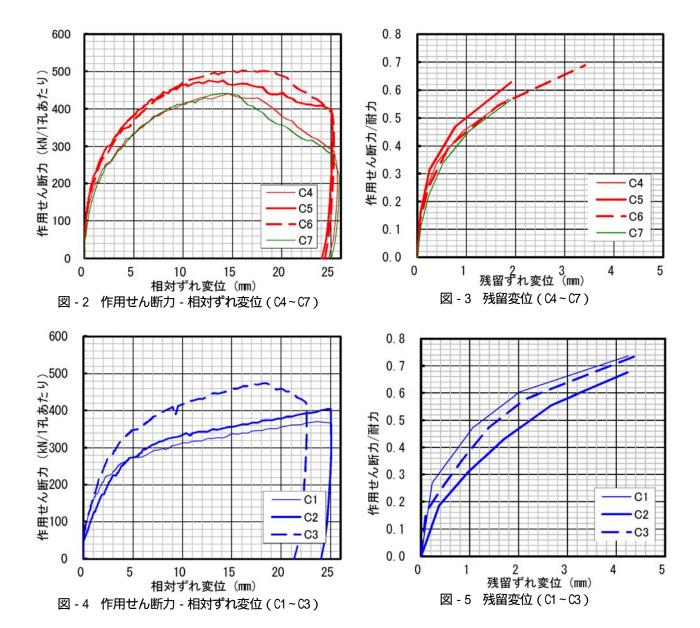
写真 - 5 破壊状況 (C7)



写真 - 6 破壊状況 (C8)



写真 - 7 破壊状況 (C8)



### b) 静的せん断伝達性能と孔あき鋼板ジベルとの比較

グリップジベルの作用せん断力と相対ずれ変位の関係を図 - 2に, グリップジベルの残留変位を図 - 3にそれぞれ示す.また,比較のため貫通鉄筋を配置した孔あき鋼板ジベルの場合を図 - 4と図 - 5に示す.

図 - 2および図 - 4より,貫通鉄筋を配置した孔あき鋼板ジベルと同様にグリップジベルも孔を通過する鋼材の断面積が増えるほど耐力が増加し,鋼パイプがせん断力に対して抵抗していることが判る.また,貫通鉄筋を配置した孔あき鋼板ジベルは相対ずれ変位が5mmを過ぎたあたりから作用せん断力と相対ずれ変位関係の傾き(以下,剛性)が大きく低下したのに対して,グリップジベルは載荷当初から前者と比較して高い剛性を保持し続け,その後なだらかに低下することが判った.

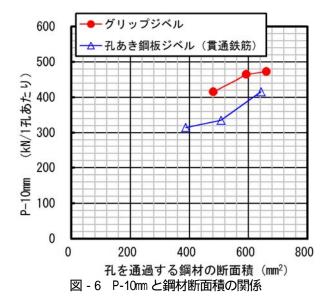
図 - 3および図 - 5より, グリップジベルの残留変位は 貫通鉄筋を配置した孔あき鋼板ジベルよりも小さかった. これは, 鋼板とコンクリートが相対ずれ変位を生じる際 に発生するコンクリートの局部応力を鋼パイプが緩和するためと考える.つまり,鋼パイプが支圧面積を増加させ,コンクリートの塑性変形を抑えるものと考える.

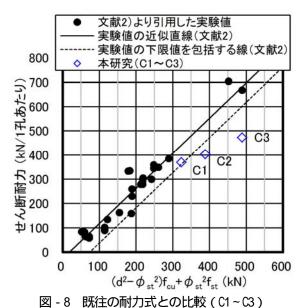
C7は,設置時における挿入手間を低減するためC4の 鋼パイプの先端を絞ったものであるが,図-2および図-3の結果からは殆どC4との差が見られず,先端を絞った形状にしても問題ないことが判った.

相対ずれ変位が10mmの時の作用せん断力 (P-10mm) と孔を通過する鋼材の断面積との関係を図 - 6に,耐力と孔を通過する鋼材の断面積との関係を図 - 7にそれぞれ示す.

これらより, 孔を通過する鋼材断面積が同一の条件下では, 相対変位が10mmのときの作用せん断力はグリップジベルの方が約2割, 耐力では約1割高い結果となった.

本研究の結果,剛性,残留ずれ変位,耐力等のせん断 伝達性能は,孔あき鋼板ジベルと比較してグリップジベ ルの方が優れた構造であることが判った.





### c) 孔あき鋼板ジベル試験体の既往の耐力式との比較

図 - 8に貫通鉄筋を配置した孔あき鋼板ジベル試験体(C1~C3)と既往の耐力式<sup>2</sup>との比較を示す.ここで,同図中のdは孔径, 。は鉄筋径,f。はコンクリート圧縮強度,f。は鉄筋の引張強度である.

既往の耐力式の根拠となった実験値は,図-8に示すようにX軸の値が300kN以下のデータが多く,現在波形鋼板ウェブ橋のような実構造物で使用される太径鉄筋を用いた場合(Xが300~500kN前後)のデータが少ない.そこで本研究では,Xが300kN以上となる条件において,実験値と耐力式を比較することとした.

本研究で用いた試験体は,そのサイズ,補強筋量,底面における摩擦等の観点から比較的ジベル部の拘束度の大きな試験体と考えられる.しかし,D22の貫通鉄筋を配置したC1の耐力は既往の耐力式の下限線と同程度となったものの,鉄筋径をD25およびD29としたC2やC3は下限線を下回る結果となり,特にC3はその度合いが顕

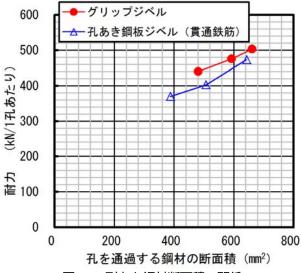
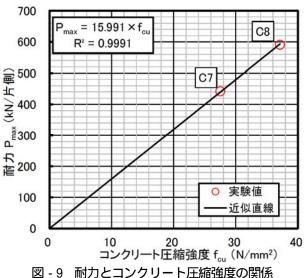


図 - 7 耐力と鋼材断面積の関係



凶・3 間がてコングリード圧縮地域の場所

### 著であった.

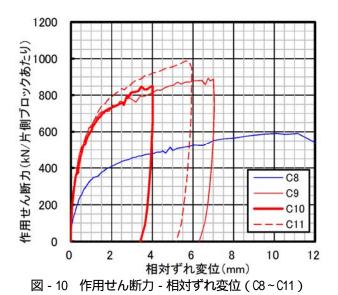
これらの結果は文献6で指摘されているように,太径 鉄筋を用いると,孔の中に粗骨材がうまく回らず,耐力 低下を引き起こすことが一因にあると考えられ,今後更 なるデータの積み重ねが必要と考える.

### d) 圧縮強度がグリップジベルの耐力に及ぼす影響

図 - 9にコンクリート圧縮強度と耐力の関係を示す. ここで,着目したC7とC8は鋼パイプの形状・材質や周辺の補強鉄筋が同一でコンクリート圧縮強度と孔あき鋼板厚が異なる.

文献5ではパイプの張出し長さ(=パイプの長さ-孔あき鋼板厚)が一定以上であると耐力の増加は頭打ちとなるとの報告がある.今回のC7とC8のパイプの張出し長さの差は耐力に影響を及ぼさない範囲にほぼ該当する.

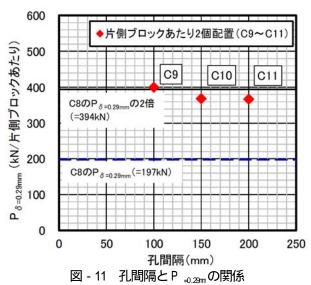
以上より,データ数が少ない問題点はあるが,コンクリート圧縮強度と耐力はほぼ比例関係にある傾向があった.



e) グリップジベルを複数配置した場合の作用せん断力図 - 10にC8からC11の作用せん断力と相対ずれ変位の関係を示す.ここで,グリップジベルを片側ブロックあたり1個配置したC8は,相対ずれ変位が11.2mmで最大耐力の591kN (= $P_{C8MAX}$ )となった.しかし,グリップジベルを片側あたり2個配置したC9 ~ C11は載荷装置の問題から相対ずれ変位が4nm ~ 7nm程度で載荷を中止した.そのため,ここでは使用レベル相当のC8試験体の作用せん断力が $0.33 \times P_{C8MAX}$  (=197kN)となる相対ずれ変位(=0.29nm)における各試験体の作用せん断力(= $P_{=0.29$ nm)を評価対象とした.

図 - 11に孔間隔とP =0.29nmとの関係を示す.

これらより,使用レベルにおいて,2個配置した場合の片側ブロックあたりのP =0.25mm は1個配置の場合のほぼ2倍となった.また,孔間隔による影響は少なかった.



3. 繰り返し荷重下のせん断伝達性能の評価

### (1) 実験概要

a) 疲労試験体概要と試験パラメータ 疲労試験で用いた試験体を図 - 12に示す.

試験体は厚さ22mmの鋼板(SM490)に 60の孔を1個設け、その孔に静的押抜き試験のC7~C11で用いたものと同じスリット入り鋼パイプ(先端絞りタイプ、パイプ厚3.2mm,長さ150mm,スリット幅30mm)を挿入した.ここで、スリットの向きは静的試験と同様に載荷方向に対して90度傾いた方向とした.また、鋼板の上部は載荷時の偏心を避けるため十字に鋼板を溶接した.

疲労試験体はこれらの鋼部材を拘束を高めるために補 強帯鉄筋(D16,SD345)を3段配置したコンクリートに埋 め込んだものとした.ここで,静的押抜き試験と同様に

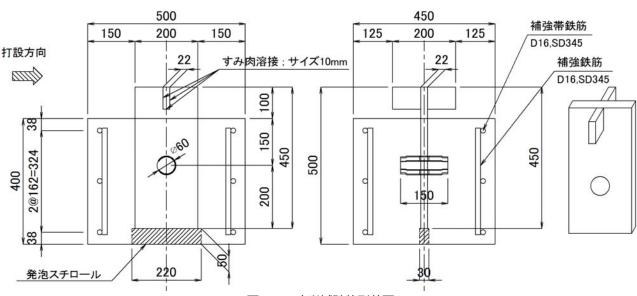


図 - 12 疲労試験体形状図

表-2 試験パラメータ

試験 体名	コンクリート 圧縮強度 (N/mm²)	ジベル種類	荷重種別	下限荷重 / 静的耐力 L / Q	上限荷重/ 静的耐力 U/Q	(U - L)/Q = R/Q
S1	34.2	ゲリップジベル 先端絞りタイプ	静的	-	-	-
F70	34.9		繰り返し	0.10	0.80	0.70
F63	39.7				0.73	0.63
F55	36.9				0.65	0.55
F50	41.0				0.60	0.50
F40	38.5				0.50	0.40

孔あき鋼板の端面にはその部分での支圧抵抗を避けるため,発泡スチロールを配置した.また,鋼材とコンクリートの付着を除去するため,鋼パイプ以外の鋼材はセロハンを貼り付けた.試験体の下面には石膏を敷き,底面との摩擦が効くようにした.

試験パラメータを表 - 2に示す.

試験体は全6体であり、1体を静的耐力を求めるためのもの(S1)とし、他の5体は疲労試験体とした.疲労試験における試験パラメータは上限荷重とし、静的耐力に対して50%~80%とした.ここで、下限荷重は全ての疲労試験体で静的耐力の10%一定とした.

### b) 測定項目および載荷方法

測定項目は破壊に至るまでの繰り返し載荷回数とした. ここで,破壊とは疲労試験体に載荷しても上限荷重までには至らず,変位のみが増加する状態と定義した.

また,1つの試験体で上限荷重と下限荷重は載荷開始から変更せず載荷し続けた.さらにその繰り返し荷重は4Hzで与えた.

# 600 (パイピー/ V) (KN/ 1 子の) ( 静的耐力: 517.6kN) ( 静的耐力: 517.6kN) ( 静的耐力: 517.6kN) ( 事的耐力: 517.6kN) ( 事的可力: 517.6

図 - 13 作用せん断力 - 相対ずれ変位 (S1)

### (2) 実験結果と評価

### a) 静的耐力(S1)

図 - 13にS1の作用せん断力と相対ずれ変位の関係を示す.

これらより静的耐力(Q)は517.6kNとなり,これを基準に疲労試験の上限荷重と下限荷重を決定した.

また、図 - 9における近似直線から求めたS1の静的耐力の計算値はS46.9kNであり、実験値はS46.9kNであり、実験値はS46.9kNであり、実験値はS46.9kNであり、図 - S46.9kNであり、図 - S46.9kNであり、実験値はS46.9kNであり、図 - S46.9kNであり、S46

### b) 疲労試験

図 - 14に繰り返し回数 (LogN) と上限荷重と下限荷 重の差を静的耐力で除した値 (R/Q) の関係を示す.

図 - 14より,R / Qが0.55以上の場合は破壊に至った. それに対してR / Qが0.50以下の場合は繰返し載荷回数が $2 \times 10^6$ 回を超えても破壊に至らなかったため, $3 \times 10^6$ 回

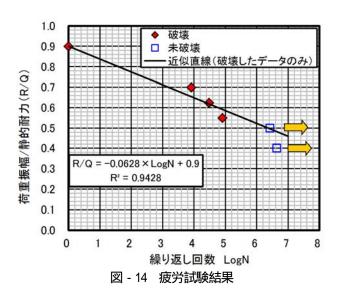




写真 - 8 破壊状況 (S1;コンクリート側)



写真 - 10 破壊状況 (F63;コンクリート側)

### 前後で載荷を中止した.

これらより、破壊に至ったデータをもとにR/Q-LogN線の近似直線を得た.この近似直線から機械分野で一般的に疲労限度とみなせる繰り返し回数と言われる1×10<sup>7</sup>回のR/Qを求めると0.46となり、この値がグリップジベルの疲労設計強度の1つの指標になるものと考える.

### c) 破壊性状

載荷試験終了後におけるS1およびF63のジベル部の破壊状況を写真 - 8から写真 - 11に示す.

これらより荷重種別が静的荷重と繰り返し荷重のどちらであっても孔あき鋼板の表面とほぼ同じ平面での鋼パイプとコンクリートで破壊が生じており, 載荷方法による大きな違いは見られなかった.

鋼パイプの外側のコンクリートはパイプの変形で擦れた跡があるものの,大きな破壊は生じていなかった.また,写真-6および写真-7に示すように,静的押抜き試験体とほぼ同様な破壊性状であることから,本研究で用いた2種類の試験体の違いによる破壊性状の違いは無かった.



写真 - 9 破壊状況 (S1; 孔あき鋼板から取出し後)



写真 - 11 破壊状況 (F63; 孔あき鋼板から取出し後)

### 4. 設計値に関する一考察

本章ではグリップジベルの設計値について一考察を行う.

現在までに貫通鉄筋を配置した孔あき鋼板ジベルは保 坂らの成果<sup>2)</sup>が設計に広く使われている<sup>例えば7),8)</sup>.

具体的に文献8では、図 - 8に示す実験値(耐力)の近似式に対して、コンクリートの材料係数等を考慮し、実験値のばらつきの下限値を包括する形で標準偏差の2倍低いほうにシフトした式が設計用に用いられている。

言い換えればこれら両式によって計算されるせん断力の割合が設計上の安全率となっており、孔径 60mm, 貫通鉄筋径22mm,コンクリート強度30N/mm²,貫通鉄筋の引張強度490N/mm²の条件でその安全率 を計算すると1.285となる.

それに対して,グリップジベルも貫通鉄筋を配置した 孔あき鋼板ジベルと同様に,実験値のばらつきを考慮し て設計値を設定するべきであるが,現段階では実験デー タが少ないのが現状である.

しかし,いずれも孔に鋼材を挿入するという類似した 構造であることから,グリップジベルの設計値を算出す る際に,孔あき鋼板ジベルと同等の安全率 を用いても 概ね問題ないものと考えられ,以下に設計値に関する一 考察を行う.

例えば,本研究における $C7 \sim C11$ ,S1, $F70 \sim F40$ で使用した 60mm , 長さ 150mm , スリットの幅30mm , 厚さ 3.2mm , 引張強度の規格値が400N/mm² , コンクリート強度30N/mm²の条件であれば , 図 - 9に示す近似線で実験値 (耐力)を求め , その値を安全係数 で除した値が設計値 ( $P_{th}=373$ kN) として用いることが可能と考える .

また,図-3と図-5に示すようにグリップジベルの方が貫通鉄筋を配置した孔あき鋼板ジベルよりも残留変位が小さく,かつ残留変位が急激に増加する作用せん断力/耐力も大きい傾向にあることから,使用性の(死荷重や活荷重等に対する)検討を行う場合は,文献7や8に示す貫通鉄筋を配置した孔あき鋼板ジベルと同様の係数を乗じた値( $P_{ta}=0.33\times P_{ta}$ )で設計しておけば安全側の評価となるものと考える.

### 5. 結論

本研究により得られた結論を以下に示す.

(1) グリップジベルを用いた試験体の破壊は,孔あき 鋼板の表面とほぼ同じ平面での鋼パイプとコンク リートで発生し,鋼パイプは載荷点に近いが破断 の起点となり,徐々に鋼パイプの亀裂が下側に伝 播し,最終的に破断に至ることが判った.

また,荷重種別が異なっても破壊性状に大きな 違いは見られなかった.

(2) グリップジベルは孔を通過する鋼材の断面積が増えるほど耐力が増加し、鋼パイプがせん断力に対して抵抗していることが判った、貫通鉄筋を配置した孔あき鋼板ジベルと比較して、グリップジベルは載荷当初から高い剛性を発揮した。

また、残留変位は小さく抑えられた.これは鋼板とコンクリートが相対ずれ変位を生じる際に発生するコンクリートの局部応力を鋼パイプが緩和するためと考える.つまり、鋼パイプが支圧面積を増加させ、コンクリートの塑性変形を抑えるものと考える.さらに、孔を通過する鋼材断面積が同一の条件での作用せん断力はグリップジベルの方が約1~2割高い結果となった.

(3)本研究の結果,太径の貫通鉄筋を配置した場合の 耐力は既往の耐力式の下限線と同程度か下限線を 下回る結果となった.これは太径鉄筋を用いると, 孔の中に粗骨材がうまく回らず,耐力低下を引き 起こすことが一因にあると考えられる.

- (4)本研究の結果,コンクリート圧縮強度とグリップ ジベルの耐力はほぼ比例関係にある傾向があり, 近似直線を得た.また,これは本研究で用いた2種 類の試験体の耐力算出が概ね可能である.
- (5) グリップジベルを片側ブロックあたり2個配置した場合の作用せん断力は,使用レベルにおいて,1個配置の場合のほぼ2倍となった.また,孔間隔による影響は少なかった.
- (6) グリップジベルの疲労試験の結果,(上限荷重 下限荷重)/静的耐力が0.55以上の場合は破壊に至った.これらの破壊に至ったデータをもとに疲労強度線を得た.この近似直線から1×10<sup>7</sup>回の(上限荷重-下限荷重)/静的耐力を求めると0.46となり,この値がグリップジベルの疲労設計強度の1つの指標になるものと考える.
- (7) グリップジベルは貫通鉄筋を配置した孔あき鋼板 ジベルと同等の安全率 (=1.285)を用いて設計すれば概ね問題ないものと考えられ,図-9に示す近似線で実験値(耐力)を求め,その値を安全係数で除した値を設計値として用いることが可能である.

また,グリップジベルの方が貫通鉄筋を配置した孔あき鋼板ジベルよりも残留変位が小さく,かつ残留変位が急激に増加する作用せん断力/耐力も大きいことから,使用性の検討を行う場合は,貫通鉄筋を配置した孔あき鋼板ジベルと同様の係数(0.33)を乗じた値で設計しておけば安全側の評価となるものと考える.

### 参考文献

- 1) 平 陽兵, 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
- 2) 保坂鐵矢ほか: 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, 2000.3
- 3) 古内 仁, 上田多門, 鈴木 統, 田口秀彦: 孔あき鋼板ジベルのせん断伝達耐力に関する一考察, 複合構造の活用に関するシンポジウム講演論文集, Vol.6, pp. 26-1-26-8, 2005
- 4)山口隆一,中村善彦:孔あき鋼板ジベルを改良した新型ジベルの押抜き試験,第 64 回年次学術講演会報告集,CS,pp.71-72,2009
- 5) 山口隆一, 古内 仁, 上田多門: 鋼パイプを用いた新型ずれ止め構造の実験的研究, コンクリート工学年次論文集, Vol.32, No.2, 2010
- 6) 蛯名貴之ほか: パーフォボンドリブのせん断耐力に関する 基礎的研究, プレストレストコンクリート技術協会, 第8回 シンポジウム論文集, pp.31-36, 1998.10
- 7) 土木学会:複合構造標準示方書,2009
- 8) NEXCO: 設計要領第二集

## EXPERIMENTAL STUDY ON SHEAR TRANSFER CAPACITY OF NEW SHEAR CONNECTOR USING SLIT-STEEL PIPE

### Ryuichi YAMAGUCHI, Yoshihiko NAKAMURA, Hitoshi FURUUCHI and Tamon UEDA

To improve the capacity of perfobond strip, new shear connector using slit-steel pipe was proposed. In this study, static push-out tests were carried out to investigate the shear transfer capacity of the new shear connector. The experimental results showed a great increase of the capacity as compared with the ordinary perfobond strip. And in case of arranging the two pipes, the effects of spacing are little for the shear transfer capacity. In the fatigue tests, the line of fatigue strength were obtained. The internal failure condition around the perfobond strip was observed by cutting the tested specimens. Finally, a consideration to design value of the new shear connector was given.