

# (57) 孔あき鋼板ジベルを活用した合成部材の弾塑性性状に関する一実験

三谷 和司<sup>1</sup>・上田 洋一<sup>2</sup>・神谷 隆<sup>3</sup>・南 宏一<sup>4</sup>

<sup>1</sup>正会員 福山大学大学院 工学研究科地域空間工学専攻 (〒729-0292 広島県福山市東村町字三蔵985)  
E-mail:k.mitani@fuarc.fukuyama-u.ac.jp

<sup>2</sup>正会員 矢作建設工業株式会社 地震工学技術研究所 (〒461-0004 愛知県名古屋市東区葵3-19-7)  
E-mail:y-ueda@yahoo.co.jp

<sup>3</sup>正会員 矢作建設工業株式会社 地震工学技術研究所 (〒461-0004 愛知県名古屋市東区葵3-19-7)  
E-mail:t-kamiya@yahoo.co.jp

<sup>4</sup>正会員 福山大学教授 工学部建築・建設学科 (〒729-0292 広島県福山市東村町字三蔵985)  
E-mail:minami@fucc.fukuyama-u.ac.jp

鋼とコンクリートのずれ止めとして用いられる孔あき鋼板ジベルを用いた鋼板が、せん断破壊を生ずる合成部材の剛性、せん断強度および変形能力の増加に対して、どのように寄与するのかを検討するために、実験1では孔あき鋼板ジベルの有無、せん断補強筋量および軸力比を変数として、6体の柱部材の基礎実験を行った。実験2では孔あき鋼板ジベルのせん断抵抗性能の基礎データを確認するために単純な押抜き試験を行った。その結果に基づいて実験1の実験結果を再検討した結果、実験値と計算値はほぼ一致することが示され、孔あき鋼板ジベルは合成部材のせん断破壊の防止に対して有効に寄与することが示された。

**Key Words :** Perforated-bond Plate, Shear Failure, Bond, Composite column

## 1. はじめに

鋼とコンクリートの合成構造では、異なる材料間の応力伝達や一体化のために、ずれ止めが用いられる。近年注目されているずれ止めとして孔あき鋼板ジベルが掲げられる。図-1に孔あきジベルを示す。

孔あき鋼板ジベルとは、複数の孔を持つ鋼板をコンクリートに埋設し、その孔の中のコンクリート部が3次元的に拘束されるため大きなせん断力を伝達する機能を有するものである。このずれ止めは優れたずれ耐力と耐疲労特性を持つこと、また、コンクリートに対して能動的に拘束圧を与えれば、ずれ耐力がその拘束圧に対して比例的に向上することが報告されている<sup>1)</sup>。

このずれ止めは鉄筋補強等によりコンクリートの割裂強度を改善すればずれ耐力が向上することを示唆するものであり、コンクリートの拘束条件が孔あき鋼板ジベルのずれ止め特性に大きな影響を持つと考えられる。現在、孔あき鋼板ジベルは、土木構造物に使用されており、鉄道における連続合成桁の中間支点上のずれ止め、波形鋼板ウェブと床版の定着部、上下部一体構造の剛結部などに採用されている。孔あき鋼板ジベルは、鋼とコンクリートのずれ止めとして、疲労特性、施工性に優れ、省力

化が可能になると考えられる。また、鋼板に孔をあけるだけなので、加工性がよく、孔あき鋼板を補強リブとして使用することが出来る。

## 2. 孔あき鋼板ジベルの鋼板を用いた合成部材のせん断抵抗機構

従来 RC 部材において、せん断力は、主筋からせん断補強筋により伝達する。本研究では、孔あき鋼板ジベルを RC 部材に入れることにより、直接的(弦材を主筋、腹材を鋼板)に抵抗機構を構成して、鋼板によりせん断力のみを伝達することができる。図-2に試験体の孔あき鋼板のせん断力伝達のモデルを示す。

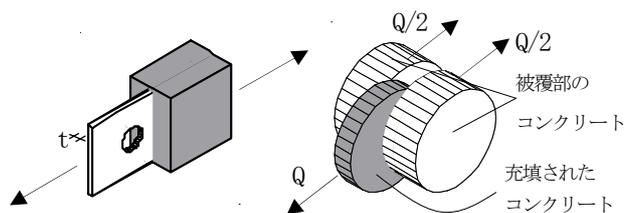


図-1 孔あき鋼板ジベル

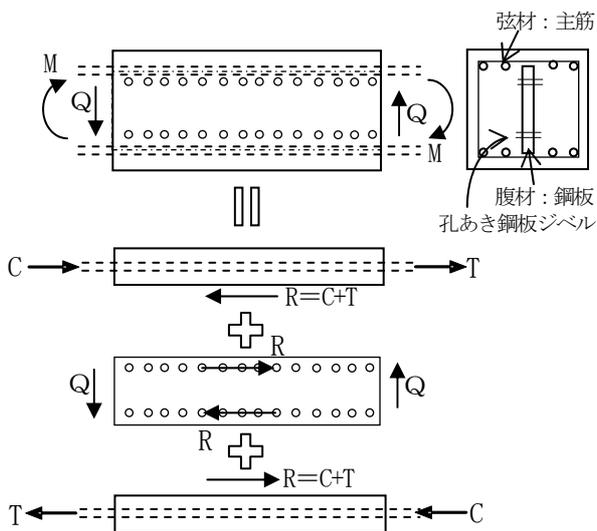


図-2 孔あき鋼板のせん断力伝達機構

### 3. 実験1

#### (1) 実験計画

孔あき鋼板ジベルの力学的性能を把握するための基礎実験計画として図-3 に試験体形状および断面詳細、表-1 に試験体詳細を示す。試験体は、孔なし鋼板を用いた試験体 A-1, C-1 の 2 体, 30φ-@100 の孔がある孔あき鋼板を用いた試験体 A-2, B-2, B-3, C-2 の 4 体の全 6 体を計画する。また, 試験体 B-2 は孔に貫通鉄筋を通し, B-3 はせん断補強筋比を 0.4%にしたものである。

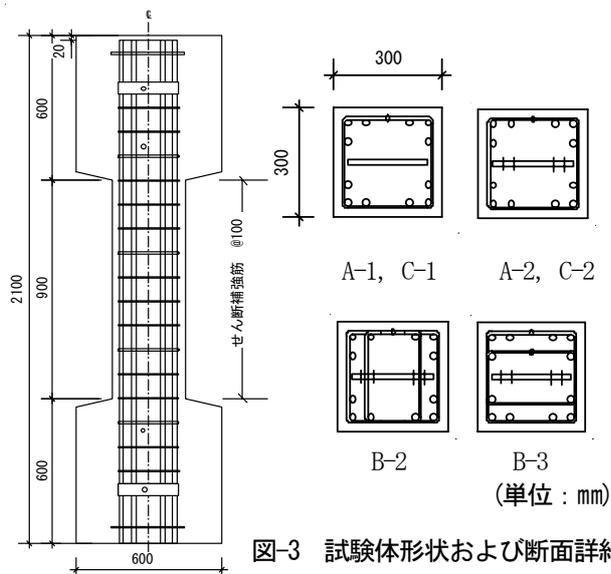


図-3 試験体形状および断面詳細

#### (2) 使用材料の機械的性質

主筋は D16 (SD345), せん断補強筋は D6 (SD295A), 鋼材は t16 (SS400) を用いた。鋼材の機械的性質を表-2

表-1 試験体詳細

試験体名	鋼材の孔の有無	貫通鉄筋の有無	せん断補強筋比 $P_w$ (%)	作用軸力 (kN)
A-1	N	-	0.2	0
A-2	Y	N		
B-2	Y	Y	0.4	0
B-3	Y	N		
C-1	N	-	0.2	0.3N <sub>0</sub>
C-2	Y	N		

注) Y:有, N:無, N<sub>0</sub>:中心圧縮耐力,  $N_0 = A_c \cdot \sigma_B + A_s \cdot r \cdot \sigma_y + t \cdot b \cdot \sigma_s$ , A<sub>c</sub>:コンクリート断面,  $\sigma_B$ :コンクリート強度, A<sub>s</sub>:主筋断面積, r:主筋降伏強度, t:鋼板厚さ, b:鋼板の幅,  $\sigma_s$ :鋼板降伏強度

に示す。また, コンクリート圧縮強度は, 圧縮試験を実験前 (材齢 35 日), 実験中 (材齢 53 日), 実験後 (材齢 66 日) の三回行った圧縮試験の平均値で  $\sigma_B = 35.1 \text{ N/mm}^2$  となっている。

コンクリート強度-材齢関係を図-4 に示す。

表-2 鋼材の機械的性質

種別	材質	降伏点強度 (N/mm <sup>2</sup> )	引張強度 (N/mm <sup>2</sup> )
D16	SD345	379.9	547.3
D6	SD295A	423.3	585.5
PL-16	SS400	279.0	443.7

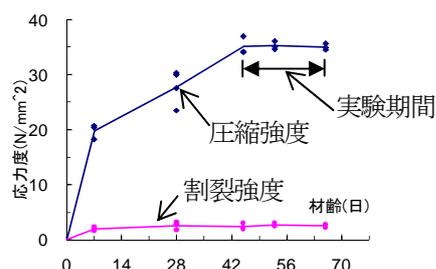


図-4 コンクリート強度-材齢関係

#### (3) 載荷方法

載荷装置は, 建研式載荷装置を用いた。載荷は L フレームを介して柱長さの 1/2 の点に水平荷重を作用させる。柱頭の水平変位制御とし, 水平変位および鉛直変位は, 試験体上下端に固定した治具に変位計を各 2 個ずつ取り付け測定し, 平均値を用いる。載荷サイクルは, 変位部材角  $R$  ( $=\delta/H$ ) による変位制御として,  $R=0.2 \times 10^{-2} \text{ rad}$  を正負 2 サイクル行う。  $R=1.2 \times 10^{-2} \text{ rad}$  まで  $R=0.2 \times 10^{-2} \text{ rad}$  ずつ増加させる。その後は,  $R=0.4 \times 10^{-2} \text{ rad}$  ずつ増加させ各 2 サイクルずつ繰返し載荷を行い,  $R=3.2 \times 10^{-2} \text{ rad}$  まで載荷を行う。

#### (4) 実験結果

##### a) 破壊性状

最大耐力時, 終局時の破壊性状の数例を図-5 に示す。A シリーズ, B-3 では共通したひび割れ性状を示した。ひび割れは曲げひび割れ, 端部斜めひび割れ, 中央斜め

ひび割れの順に発生し、最大耐力時に中央にひび割れが生じ、耐力の低下とともにひび割れが徐々に多く発生した。最終的に主筋に沿って付着割裂ひび割れが大きくなり、端部のかぶりコンクリートの剥離が生じた。

**b) 初期剛性**

図-6 に初期剛性を示す。軸力がない試験体ではジベルの有無が、初期剛性に寄与している。ジベルのある試験体は、ジベルと RC 部分が一体化して、剛性を高くする事を示した。

**c) 履歴性状**

各試験体の荷重-部材角関係を図-7 に示す。縦軸は水平荷重 Q (kN) , 横軸は部材端水平変位量 δ を試験体長さ l で除した部材角 R (10<sup>-2</sup>rad) を表す。

鉛直変位の関係では、縦軸に水平荷重 Q (kN) , 横軸に軸方向の変形量を試験体長さ l で除した鉛直ひずみ度 ε<sub>N</sub> (%) と縦軸に鉛直ひずみ度 ε<sub>N</sub> (%) , 横軸に部材角 R (10<sup>-2</sup>rad) とを共に示す。

A および B シリーズとも逆 S 字形のスリップ性状を示しており、C シリーズでは紡錘形の性状を示している。A シリーズでは R=1.0×10<sup>-2</sup>rad で最大耐力に達し、B-2 は A シリーズと同様に R=1.0×10<sup>-2</sup>rad で最大耐力に達している。しかし、せん断補強筋比が 0.4% である B-3 は R=1.6×10<sup>-2</sup>rad で最大耐力に達している。C シリーズで

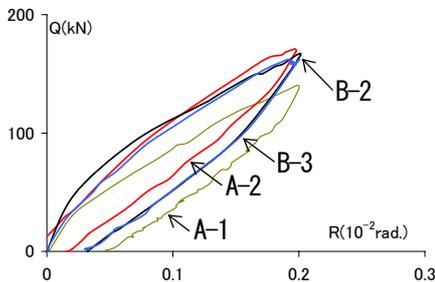


図-6 初期剛性

は、両試験体とも R=0.8×10<sup>-2</sup>rad で最大耐力を発揮した。

作用軸力がない A, B シリーズの最終部材角は R=3.2×10<sup>-2</sup>rad であったが、C シリーズではせん断補強筋が破断した為 R=2.0×10<sup>-2</sup>rad で作用軸力の支持が不可能になり、実験を終了した。

水平荷重と鉛直ひずみ度の関係では A シリーズと C シリーズでは軸力のない A シリーズは最終部材角まで載荷を行っても鉛直ひずみ度は小さく、軸力が高い C シリーズでは水平変位が進むにつれ、鉛直ひずみ度が高くなっている。A シリーズの孔の有無で比較すると、鉛直ひずみ度はほぼ同じである。C シリーズの孔の有無で比較すると、鉛直ひずみ度は鋼板に孔が有る試験体の方が高くなっている。

**d) 終局耐力**

実験値と計算値の比較を表-3 に示し、鉄骨部分および RC 部分の終局耐力の計算式を下記に示す。

孔あき鋼板を用いていない試験体の終局耐力は、(1) 式で算定した。

$$Q_u = w Q_u + c Q_u + s Q_u \quad (1)$$

- RC 部分  $w Q_u$ : 帯筋による抵抗力 (トラス耐力)

$$w Q_u = p_w \cdot w \cdot \sigma_y \cdot \frac{b}{b_t} \cdot b_t \cdot j_t = p_w \cdot w \cdot \sigma_y \cdot b \cdot j_t \quad (2)$$

- RC 部分  $c Q_u$ : コンクリートによる抵抗力 (アーチ耐力)

$$c Q_u = \sigma_B \cdot (b - b_t) \cdot \frac{D}{2} \cdot (\sqrt{1 + \eta^2} - \eta) \quad (3)$$

ここで、 $b_t$ : トラス機構の形成に必要とされる幅

- 鉄骨部分  $s Q_u$ : 鋼板による抵抗力

$$s Q_u = \frac{2 M_S}{\ell} \quad (4)$$

$$M_S = M_{S0} \cdot m = m \cdot \frac{t_s \cdot d_s^2}{4} \cdot \sigma_y \quad (5)$$

	A-1		A-2		B-3	
	終局時	最大耐力時	終局時	最大耐力時	終局時	最大耐力時
$Q_{max}$	331		319		415	
R	3.2	1.0	3.2	1.0	3.2	1.6

註)  $Q_{max}$ : 最大耐力 (kN) (正負の平均とする), R: 部材角 (10<sup>-2</sup>rad)

図-5 破壊性状

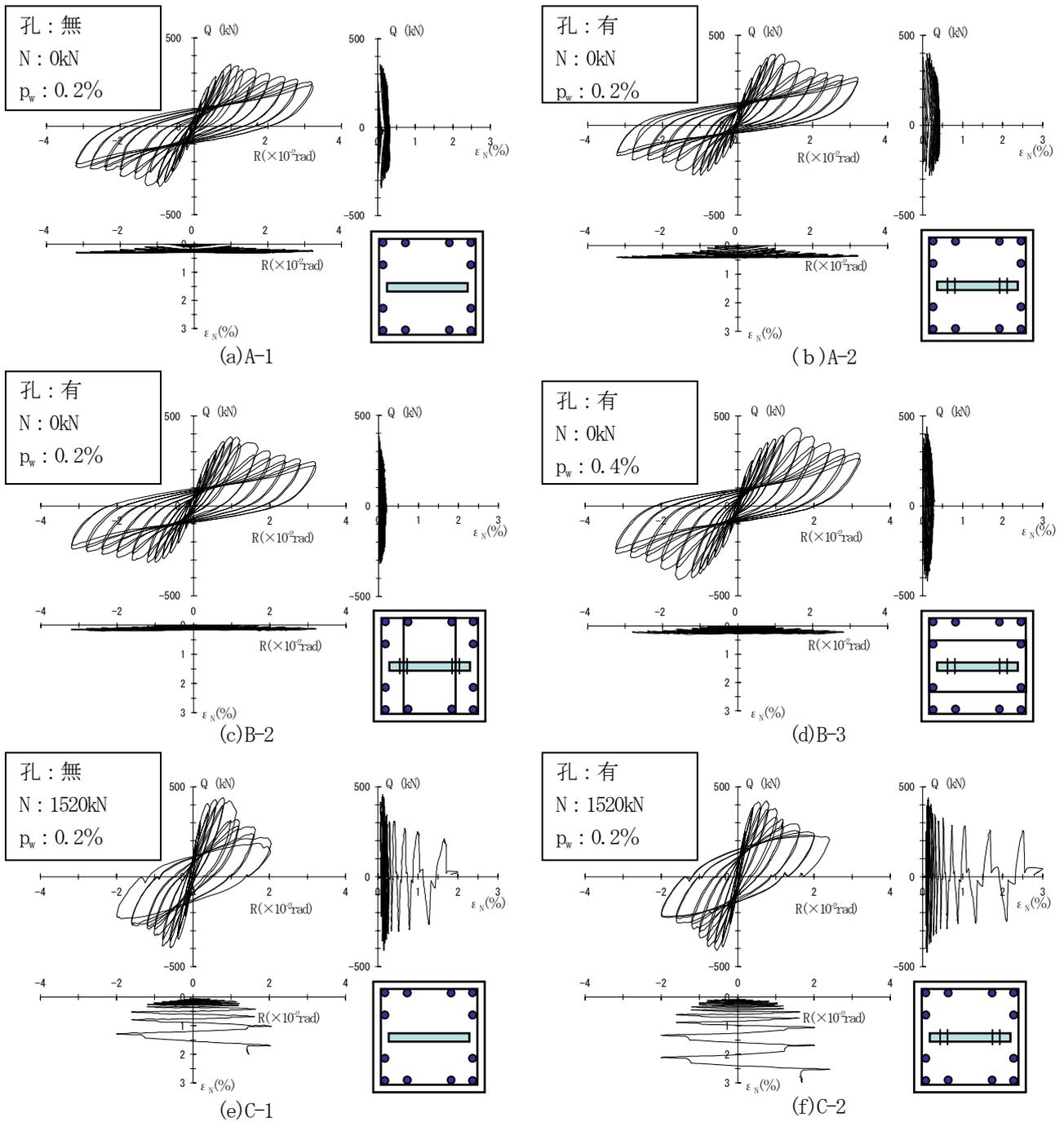


図-7 荷重-部材角関係

$$m = \frac{M_S}{M_{S0}} = \sqrt{1 - \left( \Lambda \cdot \frac{M_S}{M_{S0}} \right)^2} \cdot \left[ 1 - \left( \frac{N_S}{N_{S0}} \right)^2 \cdot \frac{1}{1 - \left( \Lambda \cdot \frac{M_S}{M_{S0}} \right)^2} \right]$$

$$\Lambda = \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot \frac{d_s}{\ell} \cdot \frac{1}{\kappa}$$

$$\frac{N_S}{N_{S0}} = \frac{N_C - N_R}{N_{S0}}$$

孔あき鋼板を用いた試験体の終局耐力は、(6)式で算定した。ただし、(8)式はジベルに必要な板厚を引いた残りの板厚で求める。

$$Q_u = W Q_u + C Q_u + P_B Q_u + S Q'_u \quad (6)$$

● 鉄骨部分  $_{PB}Q_u$ : ジベルによる抵抗力

$$_{PB}Q_u = \frac{j_t}{\ell} \cdot n \cdot R_0 \quad (7)$$

$$R_0 = 1.4 \cdot d^2 \cdot (1.16 \cdot \sigma_B)$$

表-3 実験値と計算値の比較

	作用軸力 N (kN)	実験値 Qu(kN)			S部分 PBQu (kN)	S部分 sQu (kN)	RC部分 cQu (kN)	RC部分 wQu (kN)	合計 Qu (kN)	実験値/計算値		
		正荷重	負荷重	平均						正荷重	負荷重	平均
A-1	0	342.66	319.68	331.17	0	76.59	243.23	60.26	380.07	0.90	0.84	0.87
A-2	0	388.61	249.75	319.18	112.97	26.89	243.23	60.26	443.35	0.88	0.56	0.72
B-2	0	378.62	311.69	345.16	112.97	26.89	243.23	60.26	443.35	0.85	0.70	0.78
B-3	0	430.57	398.60	414.59	112.97	41.95	229.89	120.52	505.33	0.85	0.79	0.82
C-1	1520	435.56	391.61	413.59	0	117.37	243.23	60.26	420.86	1.03	0.93	0.98
C-2	1520	406.59	395.60	401.10	112.97	83.93	243.23	60.26	500.39	0.81	0.79	0.80

$$t_{PB} \cdot (\ell - n \cdot d) \frac{s \sigma_y}{\sqrt{3}} = n \cdot R_0$$

$$t_{PB} = \frac{n \cdot R_0 \cdot (\ell - n \cdot d) \cdot \sqrt{3}}{s \sigma_y}$$

ここで、 $t_{PB}$ :ジベルに必要とされる板厚

- 鉄骨部分  $Q'_u$ : 鋼板による抵抗力

$$s Q'_u = \frac{2M'_s}{\ell} \quad (8)$$

$M'_s$  は(5)式の  $t_s$  を  $t_s - t_{PB}$  として計算したものである。

$$M'_s = M'_{s0} \cdot m' = m' \cdot \frac{(t_s - t_{PB}) \cdot d_s^2}{4} \cdot s \sigma_y \quad (9)$$

$$m' = \frac{M'_s}{M'_{s0}}$$

$$= \sqrt{1 - \left( \Lambda \cdot \frac{M'_s}{M'_{s0}} \right)^2} \cdot \left[ 1 - \left( \frac{N'_s}{N'_{s0}} \right)^2 \cdot \frac{1}{1 - \left( \Lambda \cdot \frac{M'_s}{M'_{s0}} \right)^2} \right]$$

孔の有無で比較すると、軸力の有無に関わらずどの試験体も孔あき鋼板ジベルを用いた試験体の計算値は高い値を示したが、実験値には有意差は示されなかった。せん断補強筋量の違いで比較すると、計算値、実験値ともせん断補強筋が多いほど大きい値を示した。

#### (5) まとめ

水平荷重と鉛直ひずみ度の関係ではAシリーズとCシリーズでは軸力のないAシリーズは最終部材角まで荷重を行っても鉛直ひずみ度は小さく、軸力が高いCシリーズでは水平変位が進むにつれ、鉛直ひずみ度が高くなっている。

Aシリーズの孔の有無で比較すると、鉛直ひずみ度はほぼ同じである。Cシリーズの孔の有無で比較すると鋼板に孔が有る試験体の方が高くなっている。

### 4. 実験2

#### (1) 実験目的

実験1では、実験値は計算値の約8割しか発揮されて

おらず、期待していた効果が得られなかった。

そこで、孔あき鋼板ジベルの特性を明らかにするため、に基礎実験の要素試験として鋼・コンクリートの付着性能の基礎データを確認することを目的に押抜き試験によって、より直接的に孔あき鋼板ジベルのせん断強度を実験的に検討する。

#### (2) 孔あき鋼板ジベルのせん断強度の予備解析

孔あき鋼板ジベルの耐力は、ドイツの Leonhardt らが提案している孔あき鋼板のずれ止めとしての計算式(10)、支圧耐力式(11)より算出した。

孔あきジベルの1個当たりのせん断耐力

$$PB Q_s = 1.4 \cdot d^2 \cdot (1.16 \cdot \sigma_B) \quad (10)$$

ここで、 $PB Q_s$ : 孔あきジベルのせん断耐力,  $d$ : 孔径,  $\sigma_B$ : コンクリートの圧縮強度

抑止すべき円孔内のコンクリートの支圧破壊によるせん断強度  $Q'_i$  に対して

$$PB Q_b = 7.2 \cdot \sigma_B \cdot d \cdot t \quad (11)$$

ここで、 $t$ : 鋼板の厚さ

(10)式、(11)式にコンクリート強度を用いて計算すると鋼板の板厚  $t=6.5$  においては孔径が  $28.2\phi$ 、板厚  $t=10$  においては  $43.7\phi$  より小さい場合は、孔あきジベルのせん断耐力により耐力が決まり、孔径がそれより大きくなるとコンクリートの支圧破壊により耐力が決まる。

#### (3) 実験計画

実験2では孔あき鋼板ジベルに及ぼす孔径および板厚の影響について検討を行う。試験体にはA,Cシリーズの H-300×150×6.5×9 (SS400) と B,Dシリーズの H-300×300×10×15 (SS400) を使用した。孔径は祖骨材の最大寸法が 15mm までなので、コンクリートが孔径に十分に充填されるよう  $\phi 20$  より大きい孔径を計画した。試験体の I シリーズはフランジとウェブに付着が有る試験体 10 体、II シリーズではウェブだけに付着があるようにフランジ部分にスチレンボードを貼り、側面の付着を低減した試験体 10 体の計 20 体を計画した。

図-8 に試験体形状を示す。表-4 に試験体一覧を示す。

コンクリート強度はFc30 とする。

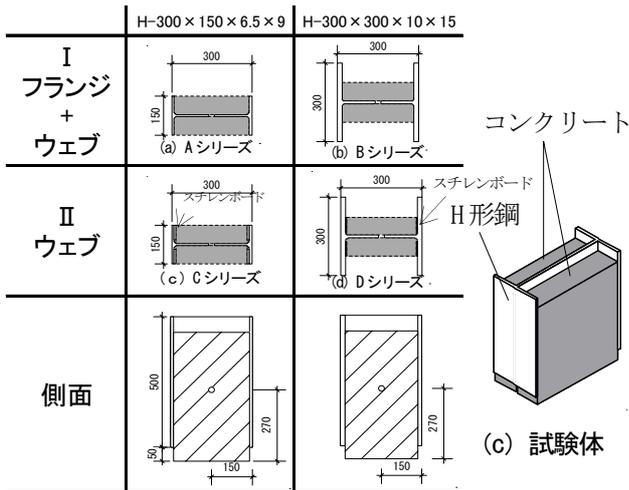


図-8 試験体形状 (単位:mm)

表-4 試験体一覧

	孔径	0φ	20φ	30φ	40φ	50φ	60φ	80φ
I	A	○	○	○	○	○	-	-
	B	○	○	○	○	○	-	-
II	C	-	-	○	○	○	○	○
	D	-	-	○	○	○	○	○

#### (4) 材料強度

試験体に使用したコンクリート圧縮および割裂試験結果の平均値を表-5 にそれぞれ示す。

表-5 コンクリート強度試験結果 (単位 : N/mm<sup>2</sup>)

a) I シリーズ

材令	7日	21日 実験前	29日 実験中	35日 実験後
圧縮強度	25.4	33.1	35.5	36.1
割裂強度	—	2.7	2.9	2.6

b) II シリーズ

材令	7日	29日	49日 実験前	56日 実験後
圧縮強度	20.7	27.7	29.1	32.3
割裂強度	—	2.5	1.9	2.4

#### (5) 載荷方法

載荷装置は、島津万能試験機 UH-5000kN A 形を用いた。載荷は鉛直荷重による押し抜き試験とし、繰返し載荷と単調載荷とした。

鉛直変位制御とし、鉛直変位は、コンクリートの両側面に埋め込んだずん切りボルトに変位計を各1個ずつ取り付け測定し、変位量の大きい方を用いる。

最大変位は 20.0mm までとし、A シリーズおよび B-20 では 0.5mm から 2.0mm までを 0.5mm ずつ除荷と載荷を繰返し、2.0mm から 10.0mm までは 1.0mm ずつ除荷と載荷を繰返す。10.0mm から 20.0mm までは 2.0mm ずつ除荷と載荷を繰返した。また、B-20 を除く B シリーズでは単調

載荷とし最大変位を 20.0mm まで載荷した。図-9 に測定方法、写真-1 に載荷方法を示す。

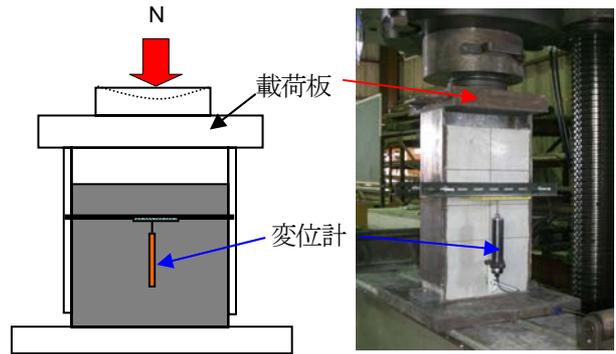


図-9 測定方法

写真-1 載荷方法

#### (6) 破壊性状

実験中、実験後ともコンクリート外面にひび割れが見られなかったが、コンクリートとウェブ面で肌別れが生じていた。A シリーズおよび B シリーズとも孔径が大きくなるにつれ肌別れの幅が広がっている。

#### (7) 履歴性状

A シリーズおよび B-20 では除荷を行っているが、荷重を取り除く間はずれることが無く、除荷した荷重まで荷重を加えないとずれることはなかった。

A シリーズと B シリーズの履歴性状を比較すると、A シリーズでは最大耐力をむかえてずれ始めているが、B シリーズではずれ始めても最大耐力になっておらず、0.5mm から 1.0mm ずれた時に最大耐力になっている。履歴性状の性状も A シリーズと B シリーズでは違いがあり、A シリーズではある程度耐力が低下をするとそれ以降は耐力の低下はせず変位だけが進んでいる。しかし、B シリーズでは最大耐力をむかえた後なだらかに耐力低下をしながら変位が進んだ。これはコンクリートの幅を A シリーズの幅で揃えている為、A シリーズと B シリーズで

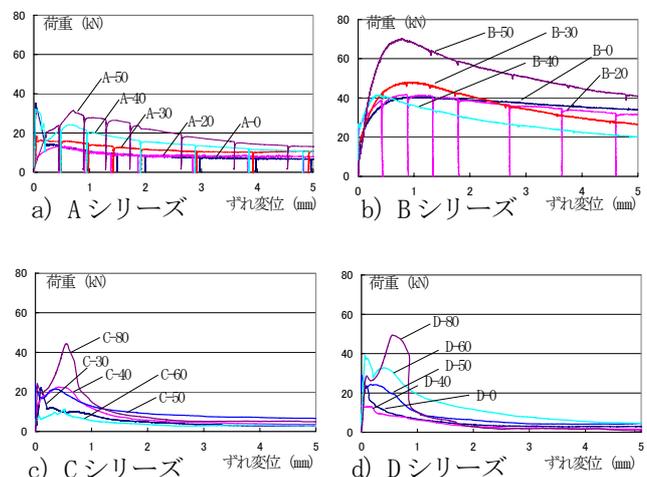


図-10 荷重-ずれ変位

表-6 計算値と実験値の比較

	作用軸力 N (kN)	実験値 Qu(kN)			S部分 PBQu (kN)	S部分 sQu (kN)	RC部分 cQu (kN)	RC部分 wQu (kN)	合計 Qu (kN)	実験値/計算値		
		正荷重	負荷重	平均						正荷重	負荷重	平均
A-1	0	342.66	319.68	331.17	0	76.59	243.23	60.26	380.07	0.90	0.84	0.87
A-2	0	388.61	249.75	319.18	56.49	53.12	243.23	60.26	413.09	0.94	0.60	0.77
B-2	0	378.62	311.69	345.16	56.49	53.12	243.23	60.26	413.09	0.92	0.75	0.84
B-3	0	430.57	398.60	414.59	56.49	65.62	229.89	120.52	472.51	0.91	0.84	0.88
C-1	1520	435.56	391.61	413.59	0	117.37	243.23	60.26	420.86	1.03	0.93	0.98
C-2	1520	406.59	395.60	401.10	56.49	100.65	243.23	60.26	460.62	0.88	0.86	0.87

はフランジの形状が異なるため、コンクリートの側圧が異なりこのような結果になったと推測する。フランジの付着を取除いたIIシリーズではAシリーズとほぼ同じ履歴性状を示した。図-10に荷重-ずれ変位関係を示す。

### (8) 計算値と実験値の比較

計算値と実験値の比較を図-11に示す。点線は(9)で検討した計算値を示している。計算値と実験値を比較するとA-0, B-0, B-20は計算値よりも大きくなっている。しかし他の試験体では計算値の半分の耐力しか出てない。Bシリーズではφ50以外の試験体では孔径に関わらず最大耐力がほぼ等しくなった。

C, Dシリーズとも計算値よりも低い値を示した。しかし実験値の値がほぼ等しい為板厚の違いによる影響はないと推測する。

### (9) 孔あき鋼板ジベルの耐力式の検討

実験2において全試験体のうちほとんどが(10)式、(11)式で算定した計算値の1/2程度の強度しか発揮されていない。そこで(10)式、(11)式に補正係数0.5で乗じた耐力式を、孔あき鋼板ジベルの耐力評価式とし、下記に示す。

1. 孔あきジベルの1個当たりのせん断耐力

$$PBQ_s = (1.4 \cdot d^2 \cdot (1.16 \cdot \sigma_B)) \cdot 0.5 \quad (12)$$

2. 孔あきジベルの1個当たりの支圧耐力

$$PBQ_b = (7.2 \cdot \sigma_B \cdot d \cdot t) \cdot 0.5 \quad (13)$$

AおよびCシリーズではほぼ計算値と実験値の値は等しくなることが認められる。

### (10) まとめ

計算値と実験値を比較するとA-0, B-0, B-20は計算値よりも大きくなっている。しかし他の試験体では計算値の半分の耐力しか出てない。Bシリーズではφ50以外の試験体では孔径に関わらず最大耐力がほぼ等しくなった。

C, Dシリーズとも計算値よりも低い値を示した。しかし実験値の値がほぼ等しい為板厚の違いによる影響はないと推測する。BシリーズとDシリーズでは側面の付着

がある場合と無い場合では荷重が半分程しか無く付着力がおよぼす影響が大きいと推測する。

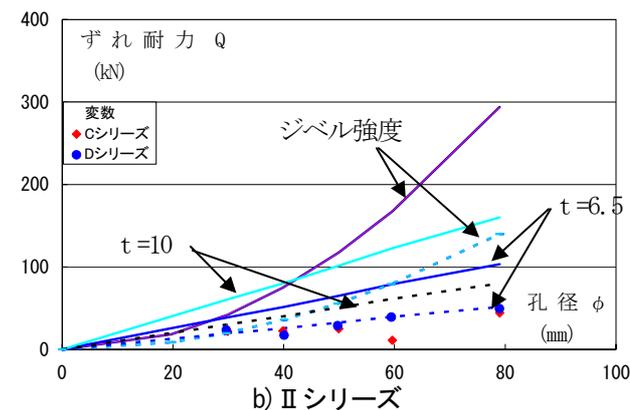
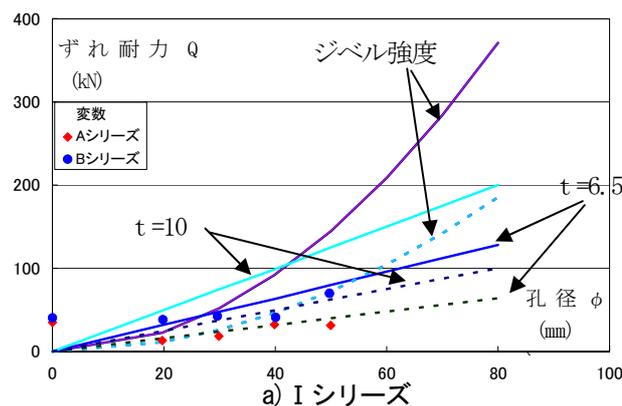


図-11 理論値と実験値の比較

### 5. 実験1の実験結果の再検討

孔あき鋼板ジベルの耐力式を実験1の柱型の(7)式に入れなおし再度計算を行った。実験値と計算値の比較では正荷重時で9割になる。計算値と実験値の比較を表-6に示す。

孔あき鋼板ジベルを用いない試験体では主筋の曲げ強度(mIf)とコンクリートの曲げ強度(cIf)を累加したRC部分の曲げ強度(rIf)とRC部材のせん断強度(rIu)の低い方に鋼板部分の曲げ強度(sIf)を累加することによってSCのせん断強度(Iu)を求めた。

同様にして孔あき鋼板ジベルを用いた試験体も求める

が、鋼板は孔あきジベルのせん断抵抗力を差し引いた残りの鋼板部分の曲げ強度 (sIf) を用いる。また、RC部材のせん断強度にせん断補強として鋼板ジベルのせん断強度 (pbIu) を累加し求めた。累加強度の n-q 相関曲線を図-12に示す。

## 6. 結論

1. 実験 1 の実験値と計算値の比較は孔の有無で比較すると、軸力の有無に関わらずどの試験体も孔あき鋼板ジベルを用いた試験体の計算値は高いが実験値には有意差は示さなかった。

2. 実験 2 の孔あき鋼板ジベルの耐力評価では、既往の文献による耐力のほぼ、1/2 の耐力しか発揮されないことが示された。

3. 実験 2 で得られた孔あき鋼板ジベルの耐力式を用いて、実験 1 の計算値の再検討を行った結果、ほぼ実験値は計算値と等しい結果になることが示された。

## 付録

Iu : SC のせん断強度

rIu : RC 部分のせん断強度 (wIu+cIu)

rIf : RC 部分の曲げ強度

mIf : 主筋の曲げ強度

sIf : 鋼板部分の曲げ強度

cIf : コンクリート部分の曲げ強度

cIu : アーチ機構に基づくコンクリート部分のせん断強度

wIu : トラス機構の帯筋部分のせん断強度

wpbIu : 帯筋と鋼板ジベルの強度を累加したせん断強度 (pbIu+wIu)

pbrIu : 鋼板ジベルによる強度を考慮した RC 部分のせん断強度 (cIu+wpbIu)

pbIu : 鋼板ジベルによるせん断強度

sIf<sup>\*</sup>: 孔あき鋼板ジベルのせん断抵抗力を差し引いた残りの鋼板部分による曲げ強度

## 参考文献

- 1) Fritz Leonhardt, Wolfhart Andrä, Hans-Peter Andrä und Wolfgang Harre : Neues, vorteilhaftes Verbundmittel für Stahlverbund-Tragwerke mit hoher Dauerfestigkeit, Beton und Stahlbetonbau, pp.325 - 331, 1987.12

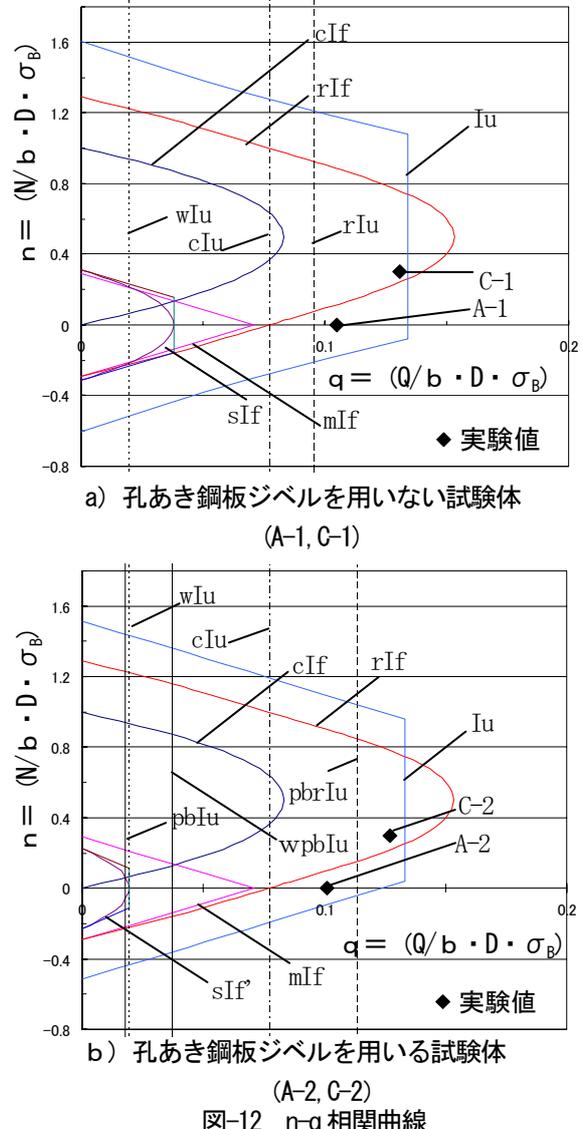


図-12 n-q 相関曲線

## Some Tests on Elastic-plastic Behavior of Composite Members with Perforated-Bond Plate

Kazushi MITANI Yoichi UEDA Takashi KAMIYA and Koichi MINAMI

It was assumed the variable in experiment 1 compared with the presence of the hole getting tired steel board dowel, the amount of shear reinforcement, and the axial tension so that the steel board with a hole getting tired steel board dowel used as a gap of steel and concrete stop might examine how to contribute for an increase in the rigidity of the composite beam which caused the shear fracture, shear strength, and the deformation capability, and experimented on the base of six pillar materials. To confirm the basic data of the shear resistance performance of the hole getting tired steel board dowel, a simple push-out test was done in experiment 2. It was shown that it was shown that the experiment value and the calculation value were almost corresponding since the experiment result of experiment 1 was reexamined based on the result, and the hole getting tired steel board dowel contributed to the prevention of the shear fracture of the composite beam effectively.