

パーフォボンドストリップのせん断特性に関する実験的研究

Experimental study on Perfobond Strips under direct shear

上中宏二郎*, 赤城尚宏**, 鬼頭宏明***, 園田恵一郎****

Kojiro UENAKA, Naohiro AKAGI, Hiroaki KITO and Keiichiro SONODA

*修(工) 大阪市立大学大学院 工学研究科土木工学専攻(〒558-8585 大阪市住吉区杉本 3-3-138)

**大阪市立大学大学院 工学研究科土木工学専攻(〒558-8585 大阪市住吉区杉本 3-3-138)

***博(工) 大阪市立大学助教授 工学部土木工学科(〒558-8585 大阪市住吉区杉本 3-3-138)

****工博 大阪市立大学教授 工学部土木工学科(〒558-8585 大阪市住吉区杉本 3-3-138)

Perfobond strip is a shear connector proposed by Leonhardt et al. in 1987 which is a plain and narrow steel plate with a number of circular holes punched out and to be fillet welded upright to a flange or base steel plate. Its empirical design strength also by Leonhardt et al. still be adopted at present, although its load carrying mechanism has not make clear. In this paper, therefore, we examined the mechanism through direct pull-out shear tests of 31 specimens with various parameters such as strip's surface treatment, hole's diameter, number of holes and existence of transverse reinforcement. From the results, these parameters' influences upon the shear strength and slip deformability of the perfobond strips are discussed.

Key words: Composite Structure, Perfobond Strip, Shear Connector, Embossed Steel Plate

1. まえがき

パーフォボンドストリップ¹⁾ (Perfobond Strip ; Perfobond Rib または Concrete dowel と呼ばれる)は、合成桁等の合成部材において慣用されている頭付きスタッド²⁾(以下スタッドと呼ぶ)に代わるものとして、1980年代後半にドイツのレオンハルトらによって提案されたものである。それは複数の円孔を設けた鋼帯板(strip)を鋼桁フランジに垂直に連続溶接したもので、施工が比較的容易であるとともに、点状すなわち局所的に溶接施工されるスタッドが、局所的な応力集中による疲労破壊に配慮しなければならないのに対して、耐疲労特性が向上するとされている。なお、その主たるせん断抵抗は円孔内に埋め込まれたコンクリートのせん断すなわち骨材の噛み合わせ効果といわれ、高い剛性と優れた変形性を有するとされている¹⁾。このように同ずれ止めはその優れた力学的特性と簡便な施工性が注目を浴び、種々の検討³⁾⁻⁹⁾の下、海外では南米 Venezuela の Third Caroni Bridge⁹⁾、そして我が国では本谷橋(波形鋼板ウェブ PC 橋)^{10),11)}などへの適用に至っている。

このように、パーフォボンドストリップには、新しいタイプのずれ止めとして多くの期待が寄せられている。しかしながら、設計に用いられるせん断強度の評価式^{1),12)}は、開発者であるレオンハルトらの限られた基礎実

験結果に基づく経験式を準用しているのが現状であり、本質的な耐荷機構は明瞭にされていない。

そこで、本研究では、そのせん断特性、主としてせん断耐荷機構を構成する要因として想定しうる帯板とコンクリートとの付着抵抗、孔部コンクリートのせん断抵抗そして、孔部に通す横断方向鉄筋(以下鉄筋と呼ぶ)の引張あるいは曲げ抵抗のそのせん断強度への寄与率を計31体の引抜き型直接せん断実験結果に基づいて論じた。供試体に与えた実験変数は突起付き鋼板¹³⁾の使用からグリースの塗布までに及ぶ帯板の表面性状、円孔径寸法、円孔数そして鉄筋の有無とした。

なお、本稿は既報¹⁴⁾に主として円孔数を実験変数とした15供試体の成果を加え、再構成したものであることを付記する。

2. 実験方法

2.1 供試体

(1) 概要

まず供試体の概要を図-1に示す。一般に付着特性の評価方法としては、押抜き試験法²⁾がよく用いられるが、本研究では、底鋼板に引張を与える引抜き載荷方法を採用した。具体的には母材である底鋼板(以下母材と呼ぶ)にパーフォボンドストリップ(以下帯板と呼ぶ)の底面

表-1 供試体一覧

#	Tag	Parameters							Material Properties				
		Perfobond Strip						Trans. Rebar	f_c E_c f_{sy} E_s				
		Embossments			Bond at Strip Surface	Hole's dia- meter	No. of holes						Whole length
		Sort	Height	Bear. Ratio ¹⁵⁾									
			(mm)			(mm)		(mm)		(MPa)	(GPa)	(MPa)	(GPa)
1	PB0-N-1	Plain	0.0	0.0000	exist	0	0	100	non	29.2	24.8	267	206
2	PB0-N-2	Plain	0.0	0.0000	exist	0	0	100	non	29.2	24.8	267	206
3	PU3-1N	Plain	0.0	0.0000	non	30	1	100	non	29.2	24.8	267	206
4	PU4-1N-1	Plain	0.0	0.0000	non	40	1	100	non	29.2	24.8	267	206
5	PU4-1N-2	Plain	0.0	0.0000	non	40	1	100	non	29.2	24.8	267	206
6	PB4-1N-1	Plain	0.0	0.0000	exist	40	1	100	non	29.2	24.8	267	206
7	PB4-1N-2	Plain	0.0	0.0000	exist	40	1	100	non	29.2	24.8	267	206
8	PU4-1R	Plain	0.0	0.0000	non	40	1	100	D10	29.2	24.8	267	206
9	PU5-1N	Plain	0.0	0.0000	non	50	1	100	non	29.2	24.8	267	206
10	PB4-1R-1	Plain	0.0	0.0000	exist	40	1	100	D10	29.2	24.8	267	206
11	PB4-1R-2	Plain	0.0	0.0000	exist	40	1	100	D10	25.8	25.7	258	213
12	PB4-2N	Plain	0.0	0.0000	exist	40	2	200	non	25.8	25.7	258	213
13	PB4-2R	Plain	0.0	0.0000	exist	40	2	200	D10	25.8	25.7	258	213
14	PB4-3N	Plain	0.0	0.0000	exist	40	3	300	non	25.8	25.7	258	213
15	PB4-3R	Plain	0.0	0.0000	exist	40	3	300	D10	25.8	25.7	258	213
16	CB0-N	Check.	1.3	0.0185	exist	0	0	100	non	22.2	23.2	299	197
17	CB4-1N	Check.	1.3	0.0185	exist	40	1	100	non	22.2	23.2	299	197
18	CB4-1R-1	Check.	1.3	0.0185	exist	40	1	100	D10	22.2	23.2	299	197
19	CB4-1R-2	Check.	1.3	0.0185	exist	40	1	100	D10	25.8	25.7	299	197
20	CB4-2N	Check.	1.3	0.0185	exist	40	2	200	non	25.8	25.7	282	216
21	CB4-2R	Check.	1.3	0.0185	exist	40	2	200	D10	25.8	25.7	282	216
22	CB4-3N	Check.	1.3	0.0185	exist	40	3	300	non	25.8	25.7	282	216
23	CB4-3R	Check.	1.3	0.0185	exist	40	3	300	D10	25.8	25.7	282	216
24	RB0-N	Rib	2.5	0.0625	exist	0	0	100	non	22.2	23.2	350	202
25	RB4-1N	Rib	2.5	0.0625	exist	40	1	100	non	22.2	23.2	350	202
26	RB4-1R-1	Rib	2.5	0.0625	exist	40	1	100	D10	22.2	23.2	350	202
27	RB4-1R-2	Rib	2.5	0.0625	exist	40	1	100	D10	25.8	25.7	350	202
28	RB4-2N	Rib	2.5	0.0625	exist	40	2	200	non	25.8	25.7	350	202
29	RB4-2R	Rib	2.5	0.0625	exist	40	2	200	D10	25.8	25.7	350	202
30	RB4-3N	Rib	2.5	0.0625	exist	40	3	300	non	25.8	25.7	350	202
31	RB4-3R	Rib	2.5	0.0625	exist	40	3	300	D10	25.8	25.7	350	202

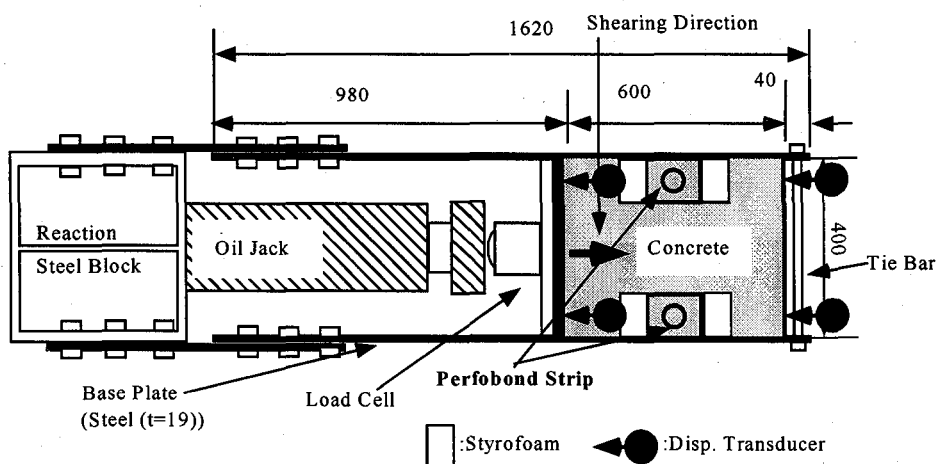


図-1 供試体の一例(単位:mm, 孔数1, 奥行き幅320)

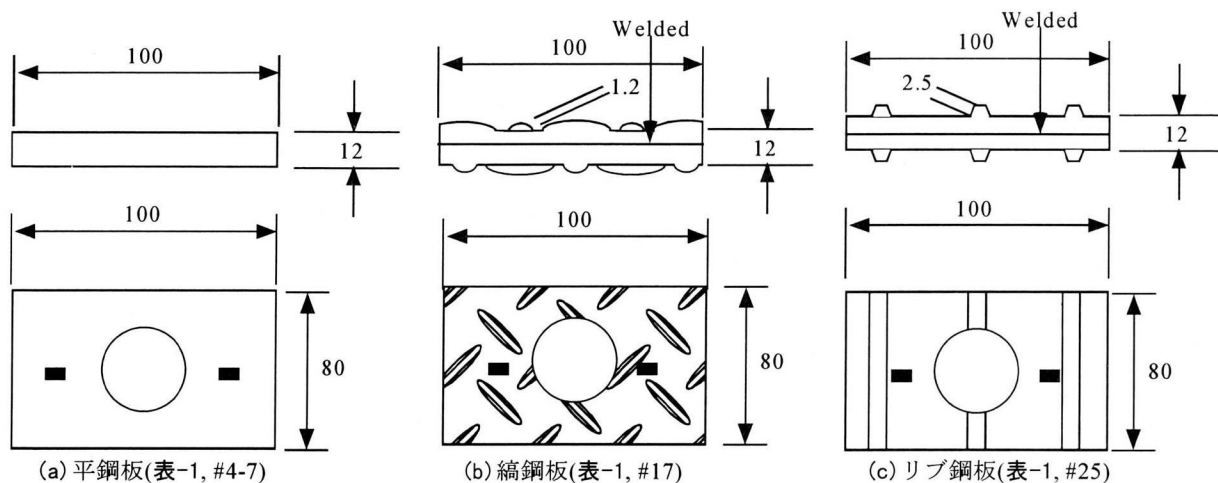


図-2 単孔帯板の詳細(孔数 1, 極太線：ひずみゲージ貼付位置)

を連続すみ肉溶接し、その面同士を図-1 のように向かい合わせ、その間にコンクリートを打設し、サンドイッチ型の供試体を作成した。そして両母材端を反力函にボルト接合し、コンクリートと反力函間に設置した油圧ジャッキにより荷重計、厚鋼板と硬質ゴムを介してコンクリートを押す、すなわち両母材を同時に引き抜き、両帯板に直接せん断载荷を与えた(写真-1 参照)。また、図-1 の供試体右端部に示すタイ・バー(母材の開き止め)の軸方向に一軸ひずみゲージ(以下ゲージと呼ぶ)を貼付し、载荷に伴う母材端の拘束力を計測した。この拘束力は、慣用の押抜き試験法にてコンクリートスラブと反力床間の設置状態に依存して界面に与えられる拘束力に対応するものである。なお、本実験にて計測された拘束力は最大で 23kN、最小で 0kN、そして平均で 13kN であった。

つぎに、供試体作成に関しては、帯板を設けた側の母材表面にグリースを塗り、さらにその上をビニールシートで覆ってコンクリートと母材の付着を可能な限り除去した。また、母材となる鋼板は本来の合成桁への適用を想定し、面外変形を抑制するべく鋼板厚を 19mm とし、十分な曲げ剛性を与えた。

一方、実験変数は図-2(a)に示す直径 40mm の単一円孔を有する厚さ 12mm、高さ 80mm、長さ 100mm の帯板を基準として定めた。それを 1 単位として、2 孔を有するものには、その 2 倍の帯板長(200mm：図-3(b)参照)を、また、3 孔では、3 倍の帯板長(300mm：図-3(a), (c)参照)を与えた。なお突起付き鋼板¹³⁾として、リブ鋼板や縞鋼板を用いた帯板には、板厚 6mm の突起付き鋼板 2 枚を突起の無い面同志で溶接し、板厚を上記基準値 12mm にした上で、母材へ溶接した(図-2(b), (c)参照)。

また、各帯板長さ方向両端辺には、高さ 80mm、長さ 60mm、厚さ 50mm の発泡スチロールを接着し(図-1 参照)、帯板がコンクリートを直接支圧することを緩和し、それによる抵抗を除去するように努めた。さらに、コンクリートは载荷方向(図-1, 3 参照)から打設し、ブリーディングの悪影響が帯板のせん断特性に及ばぬように配慮し

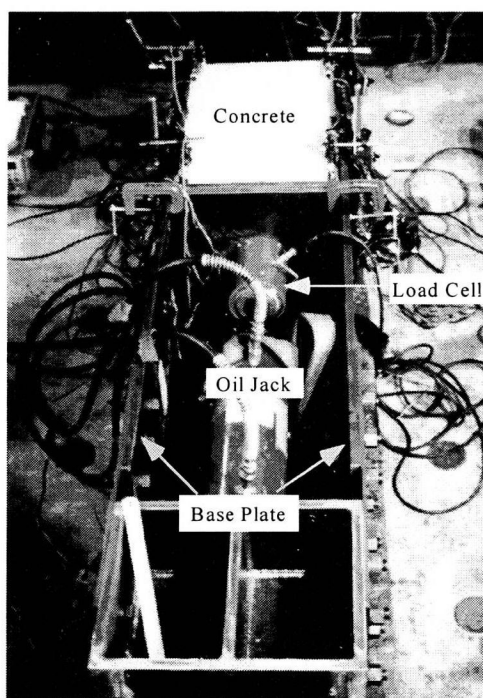


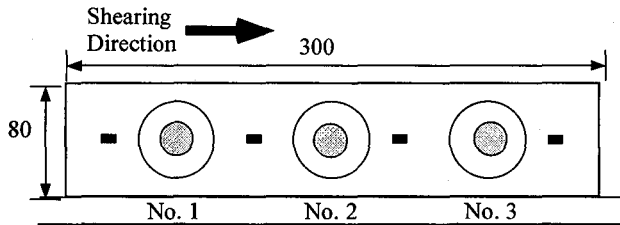
写真-1 载荷風景

た。

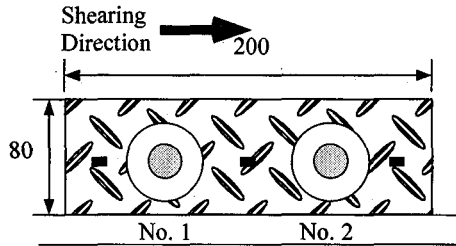
(2) 実験変数

表-1 に供試体一覧を示す。供試体名(Tag)は、i)帯板の表面突起形状、ii)帯板表面の付着の有無、iii)孔径寸法、iv)孔数、v)鉄筋の有無という 5 種の実験変数の組み合わせから名付けた。

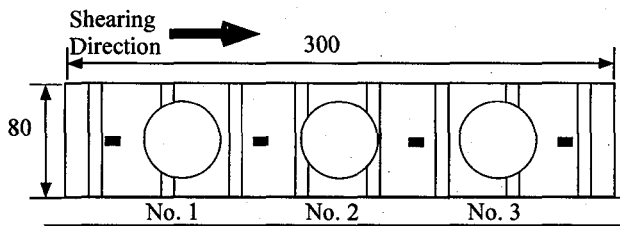
まず、帯板に使用した鋼材種はその表面突起形状より a)P:平鋼板、b)C:縞鋼板と c)R:リブ鋼板の 3 者とし、これらの帯板を以下各々、平、縞、リブ帯板と、そして第 2 者と第 3 者を総称して突起付き帯板と呼ぶ。なお、縞鋼板とは図-2(b)に示すように、一般市場にて入手可能な突起高さ 1mm 程度の既製品を用いた。一方、図-2(c)



(a) 平鋼板帯板(孔数3, 鉄筋:灰色円で図示;表-1, #15)



(b) 縞突起帯板(孔数2, 鉄筋:灰色円で図示;表-1, #21)



(c) リブ突起帯板(孔数3, 鉄筋無し;表-1, #30)

図-3 帯板詳細(極太線: ひずみゲージ)

に示したリブ鋼板は、突起高さ 2.5mm, 間隔 40mm 程度の合成構造用鋼材¹³⁾であった。

つぎに、帯板の表面の付着に関しては、U:付着無し、B:付着有りの2種とした。すなわち、U:付着無しでは、円孔内を除く全ての表面にグリースを塗り、コンクリートとの間に作用する自然付着を除去した。

一方、帯板に設けた円孔径すなわちその直径に関しては、a)4:40mm を基本とし、小なる者として b)3:30mm を、また大なる者として c)5:50mm の3種与えた。

また、帯板の円孔数は、単一の a)1, から複数の b)2, c)3 の3種を与え、これらの帯板を以下各々、単孔、2孔、3孔帯板と呼ぶ。

最後に、鉄筋の有無は、a)R:鉄筋有り、b)N:鉄筋無しを表し、これらの帯板を以下各々、有鉄筋、無鉄筋帯板と呼ぶ。なお、Rでは型枠で固定した1孔当たり1本のD10鉄筋を、全ての孔の中心に貫通配置した。

(3) 強度算定式

本項では、実験結果に対して参照する既往の算定式として、レオンハルトの実験に基づく提案式¹⁾、とホセインらが提案した強度算定式⁴⁾の2種について概説する。

まず、レオンハルトらによる帯板の1孔当たりのせん断強度の設計値(D)¹⁾は、孔の面積内のコンクリートが2面せん断で抵抗することから、次式にて表される。

$$D = \frac{\pi}{4} d^2 \times 0.9 \beta_{WN} \times 2 \quad (1)$$

ここで、 D : 帯板の設計せん断強度、 d : 孔径、 β_{WN} : コンクリートの立方体強度である。また、コンクリートの円柱体圧縮強度 f_c は $\beta_{WN} = 1.20 f_c^{16)}$ (立方体寸法を 20cm) とおおむね置換できるので、上式(1)は以下になる。

$$D = \frac{\pi}{4} d^2 \times 1.08 f_c \times 2 \quad (1)'$$

なお、この算定式が鉄筋を有さない既往の有孔帯板 14 体と著者らの単孔帯板 6 体の実験せん断強度を精度良く評価しうるのは、著者らの既報¹⁴⁾に示した通りである。

つぎに、その終局せん断強度(D^*)は、レオンハルトらにより実施された載荷実験値に基づいたものであり、上述の D は安全率 0.7 を乗じて設計強度とした値である。

すなわち D^* は式(1)'を 0.7 で除した値で、

$$D^* = D / 0.7 \quad (2)$$

となる。なお、この算定式は鉄筋を有する既往の有孔帯板 34 体と著者らの単孔帯板 2 体の実験せん断強度をばらつきはあるものの、その平均値を良好に評価しうること、すなわち鉄筋の存在効果により3割程度の強度上昇が見込めることも著者らの既報¹⁴⁾に示した通りである。

一方、孔と孔の間の有孔帯板自体のせん断強度は、次式のように表される。

$$D_s = A_s \frac{\beta_s}{\sqrt{3}} \frac{100}{40} \quad (3)$$

ここで、 A_s は孔部を除去した帯板の長さ方向最小断面積を、 β_s は帯板の降伏強度を表す。

さらに、孔内のコンクリートの支圧応力は、以下のよう表される¹⁾。

$$D_b = d t \times 6 \beta_{WN} \quad (4)$$

ここで $\beta_{WN} = 1.20 f_c$ より、

$$D_b = d t \times 7.2 f_c \quad (4)'$$

となる。なお、ここで t は帯板厚を表す。

また、孔当たりの必要鉄筋量(A_{sq})は、以下の様に制約される¹⁾。

$$A_{sq} \geq 0.8 \frac{D^*}{\beta_s} \quad (5)$$

なお、前述の 2.1(2)および表-1 に示した全供試体の設計にあたっては、式(1)', (3)および(4)'を比較し、コンクリートのせん断破壊に至るようにその諸元を与え、かつ式(5)を満足するように鉄筋径を選択した。

上記に対しホセインらが提案した帯板のせん断強度算定式⁴⁾は、次式のとおりである。

$$D_d = 0.635 A_{cc} \sqrt{f_c} + 1.17 A_{re} f_r + 1.64 A_{cd} \sqrt{f_c} \quad (6)$$

ここで、 A_{cc} : コンクリートのせん断面積、 A_{re} : 鉄筋の断面積、 f_r : 鉄筋の降伏強度、 A_{cd} : 孔の面積である。すなわち、式(6)を構成する右辺3項は各々帯板に対するコンクリートの支圧抵抗、鉄筋の引張あるいは曲げ抵抗、

表-2 実験結果一覧

#	Tag	Parameters							Trans. Rebar	Stiff.		Shear Strength(kN)			Comparison		
		Perfobond Strip								[1] Int. K_0	[2] K_D at D_{exp}	[3] D_{exp}	[4] D Eq.(1)'	[5] D^* Eq.(2)	[6] [1]/[2]	[7] [3]/[4]	[8] [3]/[5]
		Embossments			Bond at Strip Surface	Hole's diameter	No. of holes	Whole length									
		Sort	Height (mm)	Bear. Ratio ¹⁵⁾													
1	PB0-N-1	Plain	0.0	0.0000	exist	0	0	100	non	-	-	16.1	0.0	0.0	-	-	-
2	PB0-N-2	Plain	0.0	0.0000	exist	0	0	100	non	-	-	14.0	0.0	0.0	-	-	-
3	PU3-1N	Plain	0.0	0.0000	non	30	1	100	non	67.6	47.6	52.4	44.6	63.7	1.4	1.18	0.82
4	PU4-1N-1	Plain	0.0	0.0000	non	40	1	100	non	26.3	27.5	72.7	79.2	113.2	1.0	0.92	0.64
5	PU4-1N-2	Plain	0.0	0.0000	non	40	1	100	non	198.0	51.1	75.1	79.2	113.2	3.9	0.95	0.66
6	PB4-1N-1	Plain	0.0	0.0000	exist	40	1	100	non	36.5	29.0	82.9	79.2	113.2	1.3	1.05	0.73
7	PB4-1N-2	Plain	0.0	0.0000	exist	40	1	100	non	198.0	151.8	75.9	79.2	113.2	1.3	0.96	0.67
8	PU4-1R	Plain	0.0	0.0000	non	40	1	100	D10	∞	30.6	98.5	79.2	113.2	∞	1.24	0.87
9	PU5-1N	Plain	0.0	0.0000	non	50	1	100	non	94.4	31.6	115.7	123.8	176.8	3.0	0.93	0.65
10	PB4-1R-1	Plain	0.0	0.0000	exist	40	1	100	D10	190.0	66.0	109.5	79.2	113.2	2.9	1.38	0.97
11	PB4-1R-2	Plain	0.0	0.0000	exist	40	1	100	D10	102.9	114.5	111.0	70.0	100.0	0.9	1.59	1.11
12	PB4-2N	Plain	0.0	0.0000	exist	40	2	200	non	373.4	128.0	140.0	140.0	200.0	2.9	1.00	0.70
13	PB4-2R	Plain	0.0	0.0000	exist	40	2	200	D10	1746.6	98.5	167.4	140.0	200.0	17.7	1.20	0.84
14	PB4-3N	Plain	0.0	0.0000	exist	40	3	300	non	∞	384.8	192.4	210.0	300.0	∞	0.92	0.64
15	PB4-3R	Plain	0.0	0.0000	exist	40	3	300	D10	∞	338.6	213.5	210.0	300.0	∞	1.02	0.71
16	CB0-N	Check.	1.3	0.0185	exist	0	0	100	non	428.0	45.2	111.3	0.0	0.0	9.5	-	-
17	CB4-1N	Check.	1.3	0.0185	exist	40	1	100	non	389.0	117.4	99.8	60.2	86.0	3.3	1.66	1.16
18	CB4-1R-1	Check.	1.3	0.0185	exist	40	1	100	D10	375.0	103.9	149.6	60.2	86.0	3.6	2.48	1.74
19	CB4-1R-2	Check.	1.3	0.0185	exist	40	1	100	D10	288.0	226.8	93.8	70.0	100.0	1.3	1.34	0.94
20	CB4-2N	Check.	1.3	0.0185	exist	40	2	200	non	858.4	132.0	153.3	140.0	200.0	6.5	1.10	0.77
21	CB4-2R	Check.	1.3	0.0185	exist	40	2	200	D10	1137.9	132.0	210.4	140.0	200.0	8.6	1.50	1.05
22	CB4-3N	Check.	1.3	0.0185	exist	40	3	300	non	∞	∞	199.4	210.0	300.0	-	0.95	0.66
23	CB4-3R	Check.	1.3	0.0185	exist	40	3	300	D10	2774.3	338.6	253.1	210.0	300.0	8.2	1.21	0.84
24	RB0-N	Rib	2.5	0.0625	exist	0	0	100	non	473.0	111.4	134.8	0.0	0.0	4.2	-	-
25	RB4-1N	Rib	2.5	0.0625	exist	40	1	100	non	∞	157.9	135.8	60.2	86.0	∞	2.25	1.58
26	RB4-1R-1	Rib	2.5	0.0625	exist	40	1	100	D10	310.0	152.3	137.1	60.2	86.0	2.0	2.28	1.59
27	RB4-1R-2	Rib	2.5	0.0625	exist	40	1	100	D10	255.1	114.5	133.7	70.0	100.0	2.2	1.91	1.34
28	RB4-2N	Rib	2.5	0.0625	exist	40	2	200	non	1890.9	336.3	220.5	140.0	200.0	5.6	1.58	1.10
29	RB4-2R	Rib	2.5	0.0625	exist	40	2	200	D10	1630.7	170.4	238.5	140.0	200.0	9.6	1.70	1.19
30	RB4-3N	Rib	2.5	0.0625	exist	40	3	300	non	2428.1	852.3	255.7	210.0	300.0	2.8	1.22	0.85
31	RB4-3R	Rib	2.5	0.0625	exist	40	3	300	D10	2881.3	205.3	344.9	210.0	300.0	14.0	1.64	1.15

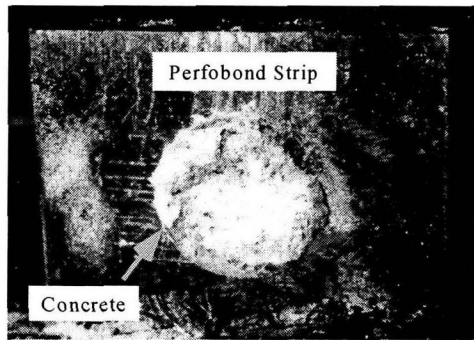
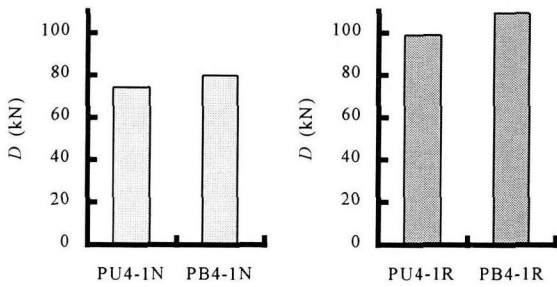


写真-2 破壊形式(平鋼板, 孔径 40mm, 鉄筋無し)



(a) 鉄筋無し (b) 鉄筋有り

図-4 付着の効果に関する比較

ならびに帯板孔内のコンクリートのせん断抵抗の和で構成されると解釈できる。なお、同式は式(1)~(4)に示すレオンハルトら¹⁾の一連の式のように、破壊形式における分類を行ってはいない。

2.2 測定項目

母材の面内力、すなわち各母材に働く引抜き力を測定するためのゲージを貼付した。これは、母材に溶接され

た各帯板のせん断力となる母材の引抜き力として、ジャッキから与える、すなわち荷重計にて計測される全作用荷重を両母材に分配・管理する用途にある。また、帯板本体にも図-2, 3 の極太線で示す複数位置で、その表裏両面にせん断方向に沿ってゲージを貼付した。なお、鉄筋の孔位置での軸引張力を調べるためにも、同様の処理を施した。

さらに、図-1 と写真-1 に示すようにコンクリート端

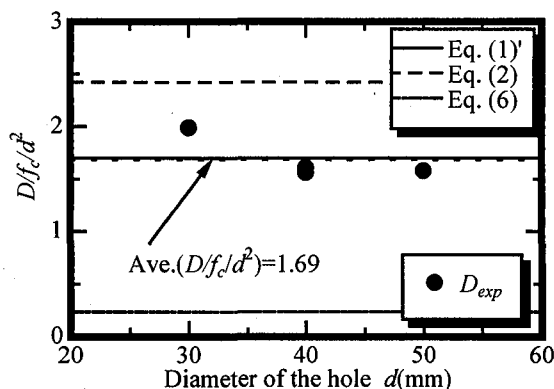


図-5 実験せん断強度と孔径($f_c = 29.2\text{MPa}$)

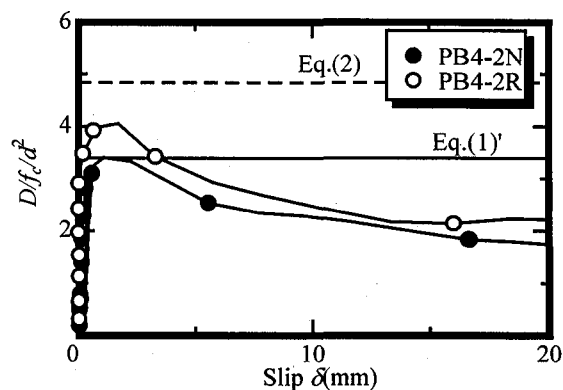


図-6 せん断力-ずれ関係(2孔を有する平鋼帯板)

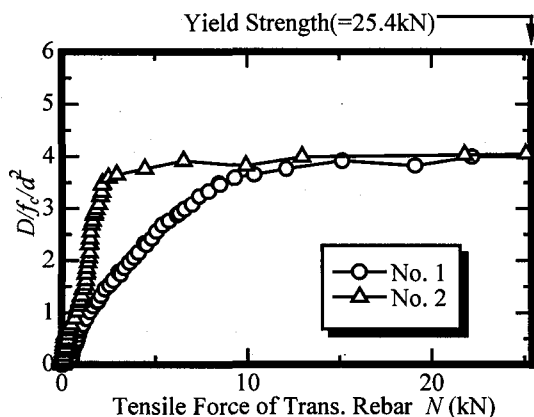


図-7 鉄筋の軸引張力(供試体 PB4-2R)

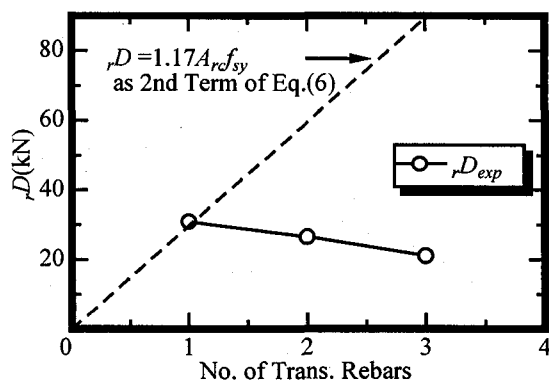


図-8 実験せん断強度に与える鉄筋の効果

部と荷重点付近の4箇所において、母材とコンクリートの相対水平変位(ずれ)を計測する変位計を設置した。

3. 実験結果および考察

実験結果一覧を表-2に示す。ここで、[1] K_0 は49kNまでの繰り返し荷重における初期ずれ剛性(kN/mm)を、[2] K_D は最大荷重値におけるずれ割線係数(kN/mm)を、[3] D_{exp} は帯板1枚当たりの実験せん断強度(kN)を、[4]は式(1)'より得られる設計強度を、[5]は式(2)より得られる終局強度を示している。なお、得られた全ての破壊形式は、式(1)~(5)の算定通りにコンクリートが孔部2面に直接せん断されるものであった(写真-2参照)が、鉄筋の破断は認められなかった。

3.1 平鋼板を用いた帯板

(1) 帯板とコンクリートとの付着

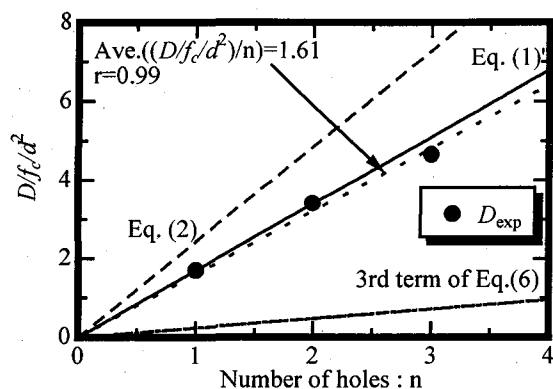
まず、無孔帯板に関して考察する。表-2に示す同形状の無孔帯板(#1,2)の結果より基準円孔面積を割り引いてみると、有孔帯板とコンクリートとの付着強度： rD_{exp} は12.1kN (0.94MPa)と推定された。また、鉄骨鉄筋コンクリートにおけるコンクリートとの付着強度 τ_b とコンクリート強度 f_c の比(τ_b / f_c)は0.08~0.10と報告されているが¹⁷⁾、ここで得られた値は、0.03と低かった。この差

異は、既報¹⁷⁾が鋼板埋込み方向に沿って加力したのに対して、ここでは直交すなわち水平方向にせん断荷重したことで、前者はコンクリートの破壊を伴ったのに対して、後者はそれが見られなかったという破壊形式の差異などに起因すると考えられる。

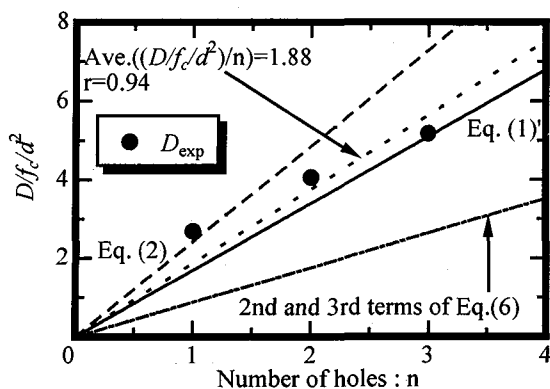
次に、単孔帯板表面の付着の有無に対する比較を図-4に示す。同図(a)での差異は5.5kNで、付着により6%の強度上昇が、一方同図(b)での差異は11kNと上述の無孔帯板の結果程度で、10%の強度上昇が認められた。以上の結果を総合すれば、付着抵抗： rD_{exp} が有孔帯板のせん断強度に占める割合は、10%程度であると判断に至った。

(2) 円孔径の効果

図-5は、帯板の表面にグリースを塗り、コンクリートとの付着を除去した上で、孔径を変化させた3種4供試体(表-1, #3,4,5,9)を式(1)', (2)ならびに(6)と比較したものである。ここで、縦軸は式(1)'をコンクリート強度と孔径の2乗の積で除した無次元量とした。図より、孔径が大きくなるに従って、若干強度低下するものの、レオンハルトらによる設計強度式(1)'が示すように帯板のせん断強度は孔面積に比例することが確認できた。一方、発泡スチロールの配置(図-3参照)により、第1項すなわち支圧項を0とした(6)式は、過小評価を与えた。なお、実験せん断強度 D_{exp} は孔径 d 自身に比例する傾向も伺え

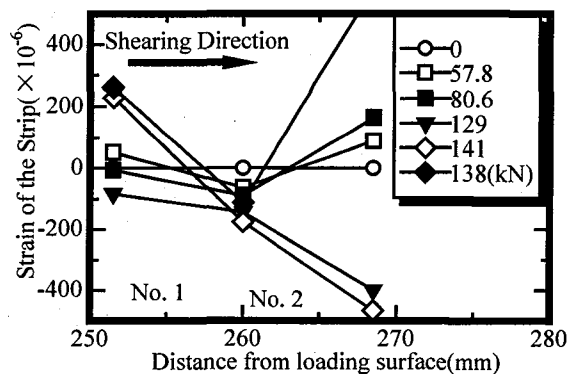


(a) 鉄筋無し

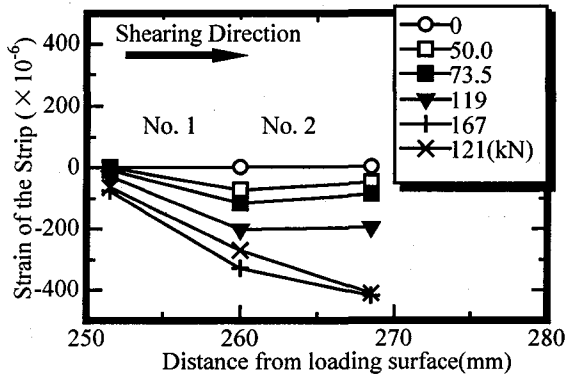


(b) 鉄筋有り

図-9 孔数と実験せん断強度(平鋼板帯板)



(a) PB4-2N : 鉄筋無し



(b) PB4-2R : 鉄筋有り

図-10 帯板のひずみ分布

たこと¹⁴⁾も付記しておく。

(3) 鉄筋の効果

図-6 は 2 孔を設けた帯板のずれ挙動に及ぼす鉄筋の影響を調べたもので、○が鉄筋有りで●が無いものである。なお、ずれ量は最初に破壊すなわちずれが急増した帯板について示した。また図-1 に示した載荷端と自由端でのずれ計測値間の有意な差は無かった。図-6 ならびに表-2 より、鉄筋を用いることにより、ばらつきがあるものの、10%~30%のせん断強度の向上が期待できた。ただし、ずれ変形がかなり進んだ領域、例えば $\delta=10\text{mm}$ 当たりではその効果は鉄筋の降伏により、おおむね消失していた。

つぎに、表-3 では、[1]最大せん断力 D_{exp} におけるずれ量 $\delta_{D_{exp}}$ 、[2] D_{exp} 到達後、作用せん断力が $0.9D_{exp}$ に低下した際のずれ量 $\delta_{0.9D_{exp}}$ 、[3]上記両者の差、ならびに[4]有鉄筋帯板の[3]と同諸元の無鉄筋帯板[3]との差を列記した。なお、同表内の供試体は、孔数の比較が可能なように帯板表面に自然付着があり、かつ直径 40mm の孔を有するものを表-1 より抽出した。同表より、例外はあるものの有鉄筋帯板が無鉄筋帯板に比して、せん断強度到達後のずれ増加時(以下、ピーク以降と呼ぶ)での強度低下の抑制が得られることが解った。

一方、図-7 は図-6 に示した供試体 PB4-2R の鉄筋に貼付したゲージより測定した軸引張力と作用せん断力との関係を示したものである。図中 No. 1, No. 2 とは、載荷側からの鉄筋の番号を表している(図-3 参照)。図より、載荷初期段階においては、両者とも同様な挙動を呈したがその後、載荷側に近い No. 1 が No. 2 と比して大きな値を示した。これは、鉄筋に作用するせん断力が一様ではなく載荷側のものへと集中する傾向を示している。その後、図-6 に示す実験せん断強度 $D_{exp}/f_c/d^2=4$ 程度にて急激に軸引張力が増加し、降伏に至った。なお、このような傾向は孔数 3 の帯板においても同様に見られた。

最後に、図-8 はホセインらによる式(6)の第 2 項すなわち鉄筋に関する項と、同諸元の有鉄筋帯板と無鉄筋帯板の両実験せん断強度の差 $:D_{exp}$ すなわち D_{exp} 内における鉄筋の抵抗成分の関係を示したものである。図より、単孔帯板ではほぼその評価式に一致するものの、複数孔帯板では単孔とほぼ同等と見なせ、全ての孔に鉄筋を貫通配置させる必要は無く、3 孔あたりに 1 本で妥当であるともいえる結果となった。

(4) 孔数の効果

図-9 は孔数と実験せん断強度の関係を示したものである。図中の“Ave.”は実験値と原点通過で補間した回帰

表-3 D_{exp} , $0.9 D_{exp}$ におけるずれ量

#	Tag.	[1] $\delta_{D_{exp}}$ (mm)	[2] $\delta_{0.9D_{exp}}$ (mm)	[3] [2]-[1] (mm)	[4] R-N (mm)
6	PB4-1N-1	2.86	3.98	1.12	-0.06
7	PB4-1N-2	0.50	1.41	0.91	
10	PB4-1R-1	1.66	2.14	0.48	
11	PB4-1R-2	1.14	2.58	1.44	
12	PB4-2N	1.08	3.35	2.27	-1.22
13	PB4-2R	1.69	2.74	1.05	
14	PB4-3N	0.51	1.65	1.14	0.73
15	PB4-3R	1.27	3.14	1.87	
17	CB4-1N	0.85	1.72	0.87	5.41
18	CB4-1R-1	1.44	8.29	6.85	
19	CB4-1R-2	9.06	14.75	5.69	
20	CB4-2N	0.65	2.59	1.94	4.40
21	CB4-2R	1.62	7.96	6.34	
22	CB4-3N	0.00	0.20	0.20	3.66
23	CB4-3R	0.67	4.52	3.85	
25	RB4-1N	0.86	1.76	0.90	1.35
26	RB4-1R-1	0.90	1.68	0.78	
27	RB4-1R-2	5.46	9.17	3.71	
28	RB4-2N	0.64	2.53	1.89	1.32
29	RB4-2R	1.36	4.57	3.21	
30	RB4-3N	0.27	1.58	1.31	1.08
31	RB4-3R	1.89	4.28	2.39	

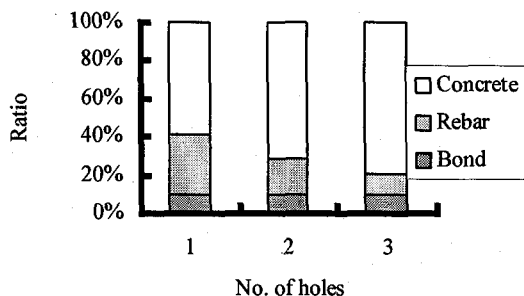


図-11 実験せん断強度の成分比率(平鋼板帯板)

式の係数を, "r"は実験値の相関係数を示し, 以降も特にことわらない限りこれと同じである. 同図(a)無鉄筋帯板では, 孔数に依存せずば式(1)'が与える設計強度に整合した. 一方, 有鉄筋帯板では, 孔数が多くなるに従って式(2)が与える終局強度から低下し, 前述の設計強度: 式(1)'程度となった. なお, 3.1(2)同様に, 式(6)の第1項の支圧項を0とした値は, 孔径の効果と同様に, 過小な評価を与えた.

つぎに, 図-10は帯板に貼付したひずみ分布を, 各載荷段階ごとに示したものである. 図中 No. 1 は載荷側の, No. 2 は自由端側の孔の位置を表している(図-3 参照). 図より, 鉄筋を配置することで, 帯板の各孔に均等にせん断力が分担されるという鉄筋の効用を副次的に確認できた. さらに, 表-2内[1],[2]に示すように孔数の増加によるずれ剛性, 特に初期剛性: K_0 の向上も認められた.

最後に図-11は孔数と実験せん断強度に占める孔内の

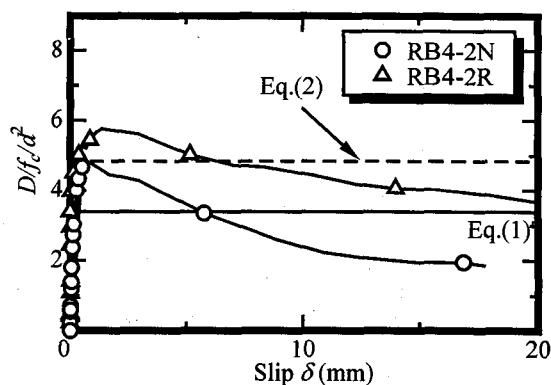


図-12 せん断力-ずれ関係(2孔を有するリブ鋼板)

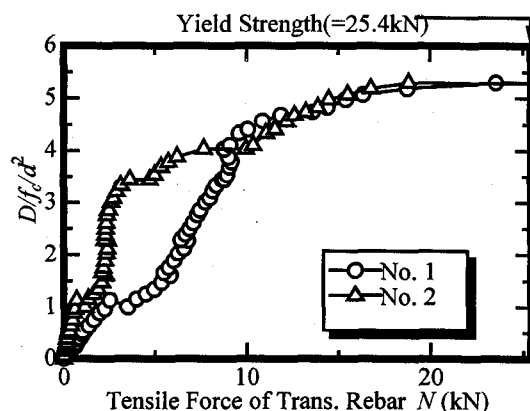


図-13 鉄筋の軸力(RB4-2R)

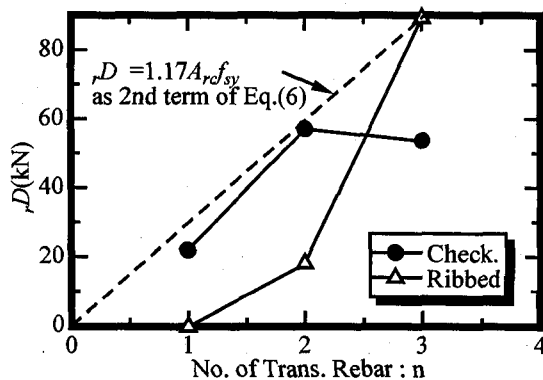


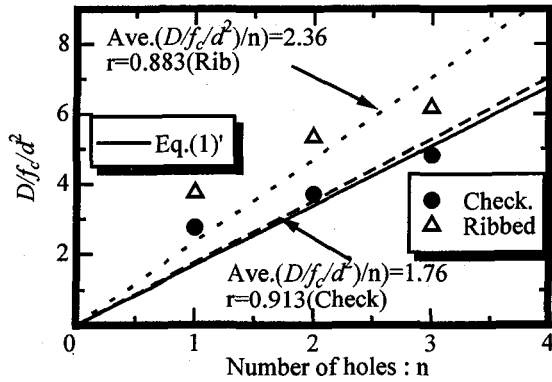
図-14 実験せん断力に与える貫通鉄筋の効果(突起付き帯板)

コンクリートのせん断(Concrete): D_{exp} , 鉄筋の抵抗(Rebar)すなわち図-8内の D_{exp} , そして帯板表面の付着(Bond)すなわち bD_{exp} の3成分の比率を比較したものである. なお, ここで帯板表面の付着の比率は3.1(1)で述べたように10%で固定している. 図より, 単孔帯板では30%程度を鉄筋が抵抗分担しているのに対して, 孔数の増加に伴ってそれは低下し, 3孔帯板では約10%となった.

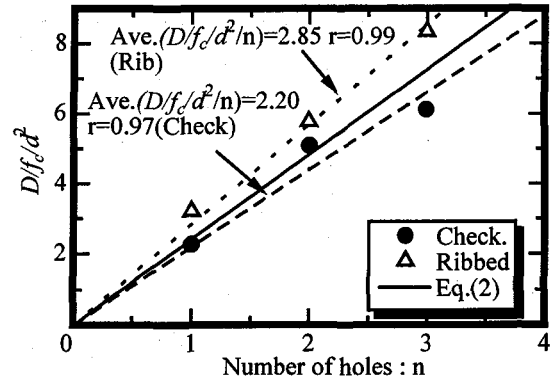
表-4 突起付帯板と平帯板の比較

#	Emboss.	Bear. Ratio ⁽¹⁵⁾	$(D/f_c d^2)/n$				Comparison					
			Experiment		Estimated		[1]/[3]	[2]/[3]	[1]/[4]	[2]/[4]	Emboss. / Plain	
			[1]	[2]	[3]	[4]					N	R
			m	N	R	Eq.(1)'						
1	Plain	0.0000	1.61	1.88	1.70	2.42	0.95	1.11	0.66	0.78	1.00	1.00
2	Check.	0.0185	1.76	2.20	1.70	2.42	1.04	1.30	0.73	0.91	1.09	1.17
3	Ribbed	0.0625	2.36	2.85	1.70	2.42	1.39	1.68	0.97	1.18	1.47	1.52

Note; n: Number of holes

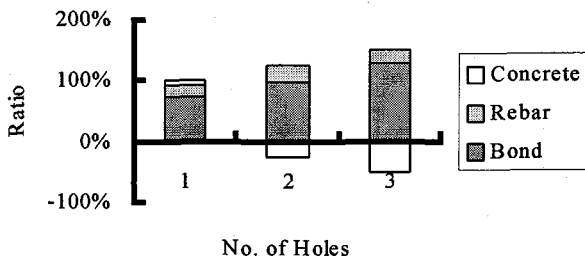


(a) 鉄筋無し

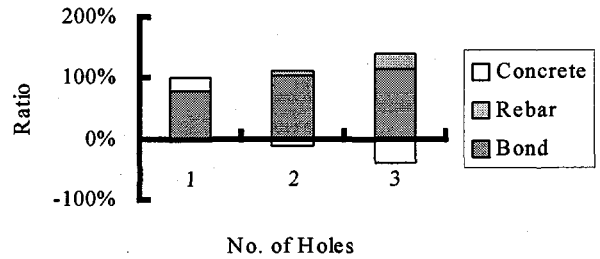


(b) 鉄筋有り

図-15 孔数と実験せん断強度(突起付帯板)

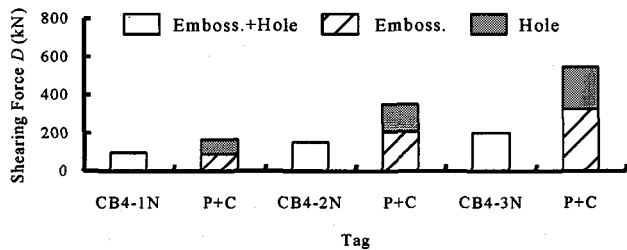


(a) 縞帯板

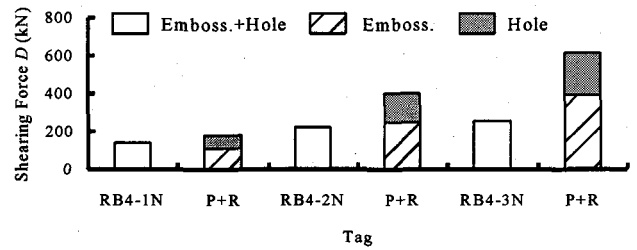


(b) リブ帯板

図-16 実験せん断強度の成分比率(有鉄筋突起付帯板)



(a) 縞帯板



(b) リブ帯板

図-17 実験せん断強度(無鉄筋)-突起と孔部コンクリートのせん断強度の累加強度

3.2 突起付き鋼板を用いた帯板

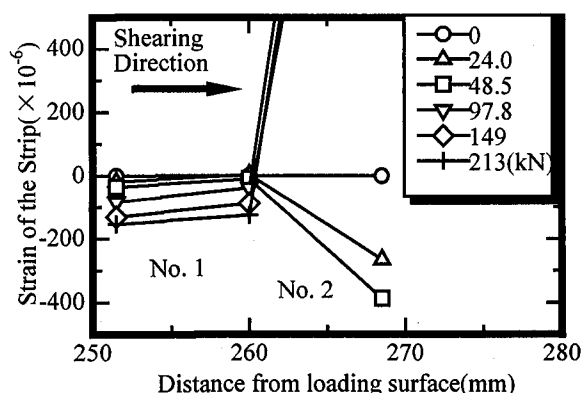
(1) 鉄筋の効果

鉄筋の有無以外は共通の諸元を有する突起付き帯板間でずれ変形特性を比較したものが図-12である。図より、鉄筋を用いることにより、平帯板と同等に、ピーク以降の強度低下の抑制効果が得られた。また、鉄筋の配置によりリブ帯板で 20%、縞帯板にて 25%の実験せん断強度上昇も得られた。

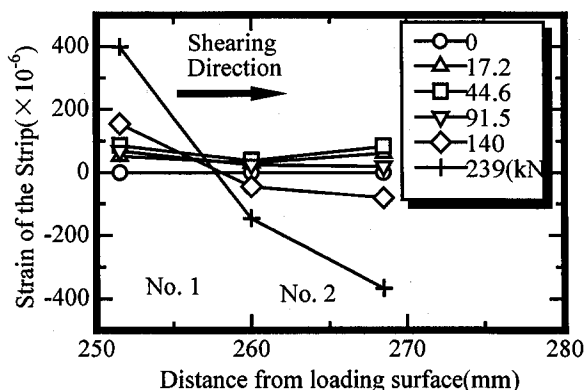
次に、図-12 の供試体 RB4-2R の鉄筋に貼付したゲー

ジより求めた軸引張力とせん断力の関係を示したものが、図-13である。平帯板の図-7に比して、ここでは実験せん断強度到達以前に大きな軸力が作用し、平鋼帯板とは鉄筋の分担仕様が異なることが示唆された。なお、この傾向は程度の差こそあれ突起付き帯板全般に観察された。

さらに、表-3[4]に示されている $0.9D_{max}$ と D_{max} におけるずれ量の差を、鉄筋の有無で比較したところ、平帯板と同様に、鉄筋の配置によりピーク以降での良好な強度低下が認められた。



(a) RB4-2N : 鉄筋無し



(b) RB4-2R : 鉄筋有り

図-18 帯板のひずみ分布

最後に図-14は、図-8同様に実験せん断強度内の鉄筋の抵抗成分: D_{exp} を示したものである。単孔と2孔の縞帯板と3孔リブ帯板にて算定値に良く一致しているが、全体的にばらつきも見られ、定量的な評価に至らなかった。

(2) 孔数の効果

図-15は図-9と同様に、突起付帯板の実験せん断強度と孔数の関係を示したものである。図より、平帯板と同様に孔数と最大せん断強度はほぼ正比例関係言い換えれば、強い相関関係を有することが理解できる。また、有鉄筋平帯板では、孔数の増加に伴い終局強度算定式(2)を割り込む傾向が見られたが、ここでは縞帯板でほぼ一致、リブ帯板でやや上回る傾向が見られ、突起の効用が認められた。

つぎに図-16は、図-11と同様に有鉄筋突起付き帯板の孔数と3種の強度(抵抗)成分比率を表したものである。なお、ここで突起表面の付着強度: bD_{exp} は、3.1(1)の手法に準じて表-2内#16と#24の各 D_{exp} 値より縞鋼板帯板(#16)で 111.3kN (17.4MPa)で、一方#24より、リブ帯板では 134.8kN (21.1MPa)と推定できた。これらの値は平帯板の $bD_{exp}=12.1$ kN に比して、約 10 倍と大きく、成分比率算出上、実験せん断強度 D_{exp} の大半を表面の付着抵抗で占めていた。残りの部分から平帯板の時と同じ手順で図-14に示した鉄筋の抵抗: D_{exp} を割り引くと、単孔帯板ではコンクリートのせん断抵抗が幾分残るものの、2孔および3孔帯板では、2者すなわち bD_{exp} と D_{exp} の和が実験せん断強度を越える矛盾が生じ、表記の都合上、孔部コンクリートのせん断を負値とした。

一方、無鉄筋突起付帯板の実験せん断強度: D_{exp} を上述の#16と#24から抽出した各 bD_{exp} の値と付着のない単孔平帯板の実験せん断強度(表-2の#4と#5の D_{exp} の平均値)との和、すなわち累加強度で評価し得るかを検討した。なお、複数孔帯板では図-15に示した孔数と実験せん断強度の比例関係より、上述の単孔帯板の値の孔数倍とした。検討の結果を図-17に示す。ここに前者(bD_{exp})

は斜線: Emboss.で、後者すなわち孔部コンクリートのせん断抵抗を灰色: Hole で表記し、両者を単純累加した。また、各突起付帯板の結果: D_{exp} を白色で併記した。図より明かなように累加強度は実験せん断強度を上回り、無鉄筋帯板の実験せん断強度の定量的評価を得るに至らなかった。これらは、実験にて突起の支圧破壊にコンクリートのせん断破壊が複合した破壊が観察されたことに関係があると思われる。また、両破壊形式におけるずれ特性を比較すると、前者はピーク以降に、ずれが発生すると著しく強度が低下するのに対して、後者はその領域でもほぼ強度を保持しながらずれが発生するという変形性能の差異もその一因に挙げられる。なお、支圧破壊を呈する突起のずれ変形性能に関しては、文献 18)を参照されたい。

最後に、帯板のひずみ分布を表したものが、図-18である。前述の平帯板のそれと比して、帯板に作用するせん断強度が鉄筋の有無に関わらず均等に分布されない傾向が観察された。これは、ゲージ貼付位置近傍の突起の配置に依存して生ずる局所応力の影響を敏感に受け、良質なデータの取得が困難であった。

(3) 平鋼板帯板との比較

表-4の Experiment で示した2列(ここにNは無鉄筋、Rは有鉄筋帯板を示す)に突起付き帯板と平帯板両者の1孔当たりの無次元化実験せん断強度(以下、無次元化実験せん断強度とする)を列記した。すなわち表内実験値の#1行[1]列の無鉄筋平帯板の値は図-9(a)の回帰式の係数より、また#3行[2]列の有鉄筋リブ帯板は図-15(b)の(Rib)式の係数より得たものである。表より、有鉄筋平帯板では、終局強度である式(2)に一致しないものの、突起を用いた同縞帯板は同式に対してほぼ同等に、同リブ帯板はそれに対して 20%程度の強度の向上が得られた。また、平帯板の無次元化実験せん断強度と突起付帯板のそれとを比較したところ、鉄筋の有無(N or R)に関わらず縞帯板で約 10%、リブ帯板で約 50%程度の強度の上昇が認められた(表-4内 Emboss./Plain 参照)。

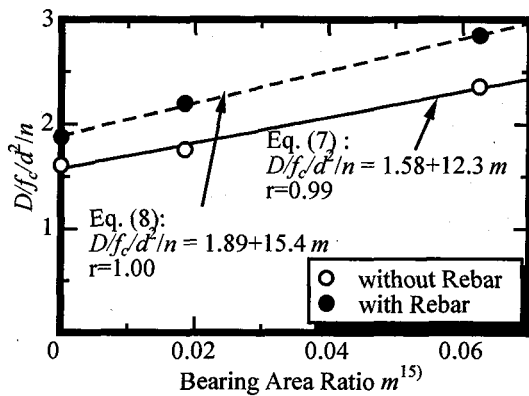


図-19 支圧面積比¹⁵⁾と実験せん断強度

つぎに、図-19は突起付き鋼板自身の付着強度の1指標である突起間隔とその高さの比、すなわち支圧面積比(m)¹⁵⁾と表-4の第4ならびに第5列に示した無次元化実験せん断強度の関係を示したものである。図より、両者間には強い相関関係があることが明確にわかる。これより、突起周りのコンクリートが支圧破壊することを前提に高くかつ間隔の密な突起を帯板に設けることにより、さらにそのせん断強度の上昇が期待できることが予想できる。また、この図の“Ave.”は原点通過させない回帰式の傾きを示している。この結果より、突起付き鋼材を用いた帯板のせん断強度の評価式は、支圧面積比を用いて以下に表される。

$$D/f_c/d^2/n = 1.58 + 12.3m \text{ (無鉄筋帯板)} \quad (7)$$

$$D/f_c/d^2/n = 1.89 + 15.4m \text{ (有鉄筋帯板)} \quad (8)$$

なお、平鋼板帯板を表す $m=0$ の式(7)は、レオンハルトの設計せん断強度式(1)'の93%、一方、式(8)は式(1)'の111%であった。

最後に、同諸元で両突起付帯板と平帯板(いずれも有鉄筋)のずれ挙動を比較したものが図-20である。初期ずれ剛性に対して、その差は横軸スケールの関係上顕著に表れないものの、突起の存在程度、すなわち m 値に依存して実験せん断強度が上昇することが明瞭にわかる。また、ピーク以降では3者が平行関係を維持する傾向も認められた。なお、図-20の挙動は突起付き鋼板を合成構造用部材の表層あるいは被覆材として用い、突起のみにずれ止めの性能を求めた際¹⁸⁾の、脆性的なピーク後挙動に比して良質すなわち変形能に富んだものであることを付記する。

4. まとめ

帯板表面性状、円孔諸元や鉄筋補強を実験変数とする計31体の供試体に対する直接せん断実験結果より、パーフォボンドストリップのせん断特性を定量的に論じた。また、合成構造用鋼材として開発された突起付き鋼板の新たな活用法についても言及した。本研究より結論づけられる事項を以下に列記する。

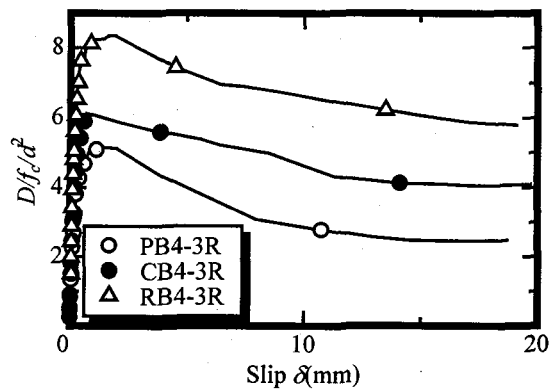


図-20 せん断力-ずれ関係(3孔を有する有鉄筋帯板)

平鋼板帯板について

- (1) 得られた破壊形式は、孔内のコンクリートが帯板表面にて直接2面せん断されるものであり、孔内に貫通配置した鉄筋の破断は認められなかった。
- (2) 帯板とコンクリートの間に働く自然付着の強度は、実験せん断強度に対して、約10%程度であった。
- (3) 実験せん断強度に及ぼす孔径の効果は、孔面積に比例し、レオンハルトらの設計強度式で評価し得た。
- (4) 円孔の中心に通す鉄筋の効果は、単孔帯板にて約30%の強度の上昇をもたらした。レオンハルトらの終局強度算定値にほぼ一致した。しかし、孔数が増える程、その効果は低下し、上記(3)の設計強度算定値程度となった。
- (5) 上記(2)~(4)より、単孔帯板の実験せん断強度の分担率は、孔部コンクリートのせん断抵抗：鉄筋の効果：帯板とコンクリートとの付着の3者にて、約6：3：1であった。一方、複数孔帯板では鉄筋の効果が低下する傾向が見られた。
- (6) 鉄筋の効用として、上述のせん断強度向上に加えて、ピーク以降での強度低下抑制と各孔への均等なせん断力分散の2者が認められた。
- (7) 孔数の増加に伴い、ずれ剛性(特に初期ずれ剛性)の向上が認められた。
- (8) 鉄筋は帯板のせん断荷重過程において軸引張力を受けた。またその力は帯板の実験せん断強度到達と同時に急増し、降伏に至った。

突起付き鋼板帯板について

- (9) 鉄筋配置により、上記(4)の平帯板と同程度の実験せん断強度の向上が認められた。また平帯板に関する上記(6)の前者、すなわちピーク以降の強度低下抑制効果も認められた。ただし、(6)の后者は突起の存在による局所応力の影響が顕著に表れ言及できなかった。
- (10) 鉄筋は上記(8)の平帯板と同様に軸引張力を受けるが、その降伏は帯板が実験せん断強度に達する以

前の載荷段階で見られた。

- (11) 破壊形式は上記(1)の孔部コンクリートのせん断破壊と突起前面のコンクリートの支圧破壊が複合、すなわち混合したものとなり、これが上記(5)のような実験せん断強度に対する抵抗成分分析や、上記2種の破壊時での各強度の和で実験せん断強度を評価するいわゆる単純累加強度算出手法の適用を成し得なかった一因と考えられた。
- (12) 実験せん断強度は鉄筋の有無に拘わらず、孔数ならびに突起の支圧面積比に対して良好な比例関係を示した。
- (13) 支圧面積比を用いて、突起付き鋼材を帯板に用いた場合の実験せん断強度の評価方法を示した。
- (14) 合成構造用鋼材として開発された突起付き鋼板を、帯板形式のずれ止めとして活用することの有用性を示した。

謝辞：載荷実験の実施に際し、当時大阪市立大学工学部に在籍された蒔直樹(現大阪市)、同在学中の竹田善則、寺浦太郎ならびに脇坂和征各氏にご協力を頂いた。また、供試体の作成では、ドービー建設工業(株)・上平謙二主席研究員、蛭名貴之研究員ならびに、ケイコン(株)・田野口耕一次長、白石芳明課長の御協力を頂戴した。なお、一部の帯板に使用したリブ鋼板は NKK(株)基盤技術研究所より提供を受けたもので、特に同所・長山秀昭主査にはその調達に御尽力を賜った。ここに記して関係各位に深謝の意を表する。

参考文献

- 1) Leonhardt, F., Andra, W., Andra, H., and Harre, W.: Neues, vorteilhaftes Verbundmittel für Stahlverbund-Tragwerke mit hoher Dauerfestigkeit, Beton-und Stahlbetonbau, pp. 325-331, 1987.
- 2) 土木学会：鋼・コンクリート合成構造の設計ガイドライン, pp. 86-96, 1989.
- 3) 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, 日本コンクリート工学協会, Vol. 19, No. 2, pp. 1503-1508, 1997.
- 4) Oguejiofor, E. C. and Hosain, M. U.: Perfobond Rib Connectors for Composite Beams, Composite Construction in Steel and Concrete II, American Society of Civil Engineers, pp. 883-898, 1992.
- 5) 平陽兵, 古市耕輔, 山村正人, 富永知徳：孔あき鋼板ジベルの基本特性に関する実験的研究, コンクリート工学年次論文報告集, 日本コンクリート工学協会, Vol. 20, No. 3, pp. 859-864, 1998.
- 6) 保坂鐵矢, 平城弘一, 小枝芳樹, 橘吉宏, 渡辺洸：鉄道用連続合成桁に用いるずれ止め構造のせん断特性に関する実験的研究, 構造工学論文集, Vol. 44A, pp. 1497-1504, 1998.
- 7) 蛭名貴之, 高橋恵悟, 上平謙二, 柳下文夫：パーフォボンドリブのせん断耐力に関する基礎的研究, 第8回プレストレストコンクリートの発展に関するシンポジウム講演論文集, 日本プレストレストコンクリート技術協会, pp. 31-36, 1998.
- 8) Kraus, D., and Wurzer, O.: Bearing Capacity of Concrete Dowels, Composite Construction - Conventional and Innovative, Conference Report, International Conference, Innsbruck, IABSE, pp. 133-138, 1997.
- 9) Zellner, W.: Recent Designs of Composite Bridges and a New Type of Shear Connectors, Composite Construction in Steel and Concrete, American Society of Civil Engineers, pp. 240-252, 1988.
- 10) 水口和之, 大浦隆, 芦塚憲一郎, 滝憲司, 古田公夫, 加藤卓也：本谷橋の設計と施工-張出し架設工法による波形鋼板ウェブ PC 箱桁橋-, 橋梁と基礎, 建設図書, Vol. 32, No. 9, pp. 2-10, 1998.
- 11) 水口和之, 芦塚憲一郎, 依田照彦, 佐藤幸一, 桜田道博, 日高重徳：本谷橋の模型実験と実橋載荷実験-張出し架設工法による波形鋼板ウェブ PC 箱桁橋-, 橋梁と基礎, 建設図書, Vol. 32, No. 10, pp. 25-34, 1998.
- 12) Wayne, S. R., and Robert, J. H.: An Innovation to Increase the Competitiveness of Short Span Steel Concrete Composite Bridges, Papers Presented at the Fourth International Conference on Short and Medium Span Bridge Engineering, Canadian Society of Civil Engineering, pp. 1161-1166, 1994.
- 13) 土木学会：合成構造用鋼材の利用に関する調査研究報告書, 1993.
- 14) 赤城尚宏, 上中宏二郎, 鬼頭宏明, 園田恵一郎：パーフォボンドストリップのせん断耐荷機構に関する基礎的研究, 第4回複合構造の活用に関するシンポジウム講演論文集, 土木学会, pp. 163-168, 1999.
- 15) 園田恵一郎, 鬼頭宏明, 中島一男, 上中宏二郎：突起付き鋼板のせん断伝達特性に関する系統的研究, 土木学会論文集, No. 598/I-44, pp. 183-202, 1998.
- 16) 横道英雄, 藤田嘉夫：鉄筋コンクリート工学, 訂正2版, 共立出版, p. 8, 1981.
- 17) 若林実：鉄骨鉄筋コンクリートに関する実験的研究, 東京大学生産技術研究所報告, Vol. 6, No. 2, pp. 66-72, 1956.
- 18) 上中宏二郎, 鬼頭宏明, 上平謙二, 園田恵一郎：突起付鋼板に頭付スタッドを併用した場合の付着せん断特性, コンクリート工学年次論文報告集, 日本コンクリート工学協会, Vol. 20, No. 3, pp. 853-858, 1998.

(1999年9月17日受付)