

フィンガーゼベルに関する実験的研究

(株)神戸製鋼所	正会員	沼田 克	(株)神戸製鋼所	正会員	山田 岳史
大阪工業大学	正会員	栗田 章光	福井工業大学	正会員	中井 博

1.はじめに 合成・複合構造における鋼とコンクリートとは適切なすれ止めによる一体化により、所定の性能が発揮できる。このすれ止めには、現在頭付スタッドジベルが多用されている。しかし、近年では、ドイツの Leonhardt ら¹⁾によって開発された「孔あき鋼板ジベル：PBL」が採用され始めている。この種のジベルは、頭付スタッドジベルと同等な水平せん断耐力を保有し、かつ鋼材母材への連続すみ肉溶接を用いた取付による高い疲労耐久性を有する特徴がある。また、保坂らの研究²⁾では、孔の中に配置した貫通鉄筋により、最大せん断耐力の向上や、変形性能の低下を防ぐことが確認されている。しかし、現場において、長尺の鉄筋や曲げ加工された鉄筋を孔内へ配筋する作業は、煩雑で、困難なことが予想される。そこで、PBL の発展型的一种として、製作性・施工性を配慮した図-1 に示す「フィンガージベル」を考案した。フィンガージベルは、孔が閉じていないため、配筋作業が極めて簡単で、合成桁などの桁上スペーサーとしても兼用できるなど、施工品質の向上に寄与できる。さらに、1 枚の鋼板から、2 枚のジベルを切り出すことができるため、材料のロスが生じない構造である。本研究では、押し抜きせん断試験を行い、基本的な力学特性を明らかにしようとするものである。



図-1.フィンガージベル図

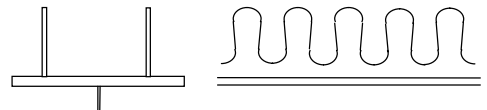


図-1.フィンガーゼベル図

2. 供試体および試験方法 実験供試体は、フィンガージベルの強度特性に影響を及ぼすと考えられるフィンガーピッチに着目した 6 体の供試体と、鋼板厚の影響を調べる 1 体の供試体を製作した。それらの寸法諸元を、図-2 および表-1 に示す。なお、鉄筋は、全ての供試体においてフィンガー基部に D16 の鉄筋を各 1 本配置した。

表-1. 試験体の一覧

試験体記号	鋼板厚 (mm)	フィンガー数	フィンガー ピッチ (mm)	試験体 個数
Type-10	12	3	100	2
Type-12.5	12	2	125	2
Type-15	12	2	150	2
Type-16	16	2	125	1

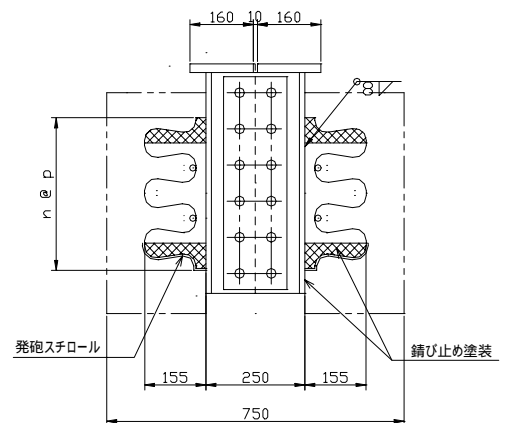


図-2.実験供試体

試験には、2000kN 型万能試験機を用いた。そして、コンクリートブロックの下面には、速乾性の石膏を用いて供試体を水平に保持した。また、載荷部には、鋼板を用いて、両フランジへ均等に荷重が載荷されるようにした。H 型鋼とコンクリートブロックの相対ずれ変位量は、鋼とコンクリートとの接合部中央に設けた 4 台の高感度変位計で測定した。載荷荷重は、ロードセルを用いて計測を行った。載荷方法は、荷重制御にて、漸増繰返し載荷を行い、相対変位が 1.0mm までは 0.2mm 増すごとに、それ以降 4.0mm までは 0.5mm 増すごとに載荷、および除荷の漸増繰返し載荷を行った。なお、4.0mm 以降は、破壊まで単調載荷を行った。

3. 試験結果

3-1. 終局状況

TYPE-12.5の終局状態を、写真-1 および 2 に示す。写真-1 は試験終了時全景を、また写真-2 は試験後にジベル表面で切断した断面を示している。全ての供試体は、写真-1 に示すように、ジベルに沿ったコンクリートの割裂破壊状態となった。また、切断後の断面観察では、フィンガージベルの基部で曲げに伴う降伏変形と、フィンガー



写真-1.終局状況（全景）



写真-2.終局状況(切断後)

前面コンクリートの圧壊による砂利化現象とが確認された。すなわち、始めにジベル剛性の高い基部前面コ

キーワード：合成構造、ずれ止め、押し抜きせん断特性、ずれ剛性

連絡先 〒657-0845 兵庫県神戸市灘区岩屋中町4丁目2-15 TEL 078-261-7815 FAX 078-261-7799

ンクリート付近から割列クラックを、生じている。これが、鉄筋に拘束されることで、圧縮領域がフィンガー基部より、上部まで広がり、ジベルが曲げ降伏するとともに、割裂破壊が進行して終局状態に至ったと考えられる。

3-2. ずれ性状およびせん断耐力 フィンガー1個あたりの荷重と相対ずれ量の包絡線を図-3に示す。また、その結果から最大せん断耐力 Q_{max} 、最大ずれ量 δ_{max} (Q_{max} 時のずれ量)、ずれ剛性 K_{st0} (原点と $Q_{max}/3$ 荷重点を結ぶ直線の傾き)、および降伏せん断耐力 Q_y (0.2mm オフセット法) を表-2に纏めた。

この表より、最大せん断耐力、および降伏せん断耐力は、フィンガーピッチが大きくなるとともに、向上しており、フィンガー間のコンクリート量の増大およびフィンガー剛性の影響を受けていることがわかる。そこで、せん断耐力とフィンガーピッチとの関係を、図-4に示す。同図より、せん断耐力は、ほぼピッチに比例した関係にあることがわかる。貫通鉄筋の影響については、その有無に関して試験を実施していないので、定量的な評価ができなかった。しかし、最大せん断耐力以降の急激な変形性能の低下がなかったことから、これまでの孔あき鋼板ジベルなどの類似試験例と同様に、貫通鉄筋は、最大せん断耐力の向上、および変形性能の低下を防いでいると考えられる。

3-3. 孔あき鋼板ジベルとの比較

フィンガージベルのせん断耐力が、孔あき鋼板ジベルのせん断耐力で近似できると仮定した場合に、その強度を既往の研究²⁾による提案式で算出し、比較を行う。なお、ここで孔径は、フィンガー開口部の上部R部を除いた面積に等価な仮想円として求める。

貫通鉄筋のある場合のせん断強度 (Q_u):

$$Q_u = 1.45 \{ (d^2 - \phi_{st}^2) \cdot f_{cu} + \phi_{st}^2 \cdot f_{st} \} - 26.1$$

ただし、 $51.0 < (d^2 - \phi_{st}^2) \cdot f_{cu} + \phi_{st}^2 \cdot f_{st} < 488.0$

ここに、 d : 孔径 (仮想円径) ϕ_{st} : 鉄筋径

f_{cu} : コンクリート圧縮強度、 f_{st} : 鉄筋の引張強度

表-3. 孔あき鋼板ジベルとの比較

供試体	実験結果 (kN)	評価式 (kN)	/
TYPE-10	133.4	435.0	0.31
TYPE-12.5	150.6	521.4	0.29
TYPE-15	167.1	607.0	0.28

計算結果を、表-3に示す。フィンガージベルは、孔あき鋼板ジベルのせん断強度に対して、約30%程度の耐力を保有することがわかる。これは、まず孔を閉じていないことによるコンクリートの拘束効果が、小さいためであると考えられる。つぎに、鋼板剛性が孔あきジベルよりも小さいため、鋼板変形により孔内のコンクリートの3軸圧縮応力状態が得られず、早期に塑性変形を起こし、せん断破壊が生じたためと考えられる。

4. まとめ フィンガージベルの押し抜きせん断試験の結果、せん断耐力は、フィンガーのピッチ、およびフィンガーの剛性に強く依存していることが判明した。また、孔を閉じていないことにより、孔あき鋼板ジベルに対し、約30%程度の耐力に留まることがわかった。しかし、製作性および施工性を考えれば、十分に実用化できる可能性があるため、さらなる実験的・解析的検討を、進めてゆく予定である。

【参考文献】

1) Leonhardt, F. et al: Neues, vorteilhaftes Verbundmittel für Stahlverbund-Tragwerke mit hoher Dauerfestigkeit. Beton- und Stahlbetonbau, S. 325-331, 12/1987.
2) 保坂鐵也、平城弘一、牛島祥貴他：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, pp1593-1604, 2000.

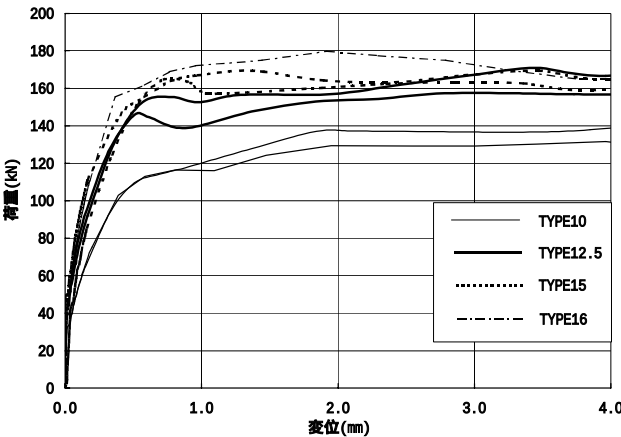


図-3. 荷重-相対ずれ量

表-2. 押抜き試験結果一覧表

TYPE	鋼板 板厚 (mm)	フィン ー ピ ッ チ (mm)	供試 体 No	最大せん 断耐力 Q_{max} (kN)	δ_{max} (mm)	ずれ剛性 K_{st0} (kN/mm)	降伏せん 断耐力 Q_y (kN)
10	12	100	1	137.2	2.14	663	95
			2	129.5	1.95	731	95
			平均	133.4	2.05	697	95
12.5	12	125	1	155.3	0.79	1363	115
			2	145.8	0.51	1519	120
			平均	150.6	0.65	1441	118
15	12	150	1	164.8	0.73	733	130
			2	169.4	1.40	2017	125
			平均	167.1	1.07	1375	128
16	16	125	-	179.8	1.92	1362	143

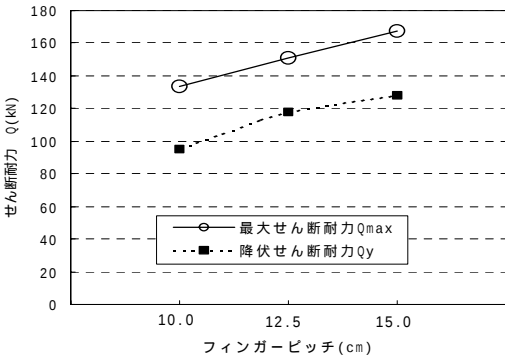


図-4. せん断耐力実験値比較