

フィンガージベルに関する実験的研究（その2）

(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・複合構造においては、鋼とコンクリートのずれ止めによる一体化を通じて、所定の性能が発揮できる。この種のずれ止めには、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、図-1に示す「孔あき鋼板ジベル（以下、PBL という）」が採用され始めている。このジベルは、頭付スタッドジベルと同等な水平せん断耐力を保有し、かつ高い疲労耐久性を有する特徴がある。また、保坂らの研究¹⁾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、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-2に示す「フィンガージベル」を考案し、昨年度に、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した²⁾。しかし、ジベル上部に鉄筋を配筋しなかったために、コンクリートの拘束効果が不足し、低いせん断耐力しか得られなかった。そこで、実橋の床版と同等の鉄筋を配置し、再試験を実施した。本文では、その試験結果と考察を報告する。

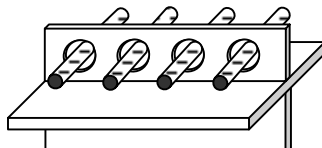


図-1. 孔あき鋼板ジベル

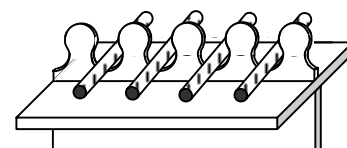


図-2. フィンガージベル

2. 供試体および試験方法

合成桁のずれ止めへの適用を想定し、床版主鉄筋ピッチをD16×125mmとし、フィンガージベル1種類2体、および孔径を変化させたPBL2種類の各2体ずつ、合計6体の供試体を製作した。各供試体の一覧を表-1に、また供試体概要図を図-3に示す。ここで、PBL-T72の孔内面積はフィンガージベル供試体-T12.5のフィンガー間コンクリート面積と同等とするために、孔径を72φとした。そして、両者の力学的特性の比較を、試みた。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。

表-1. 供試体一覧

Type	フィンガー数 または 孔数	孔径 (mm)	ピッチ (mm)	供試 体数
T12.5	2 (フィンガー)	—	125	2
T36	2 (PBL)	36	125	2
T72	2 (PBL)	72	125	2

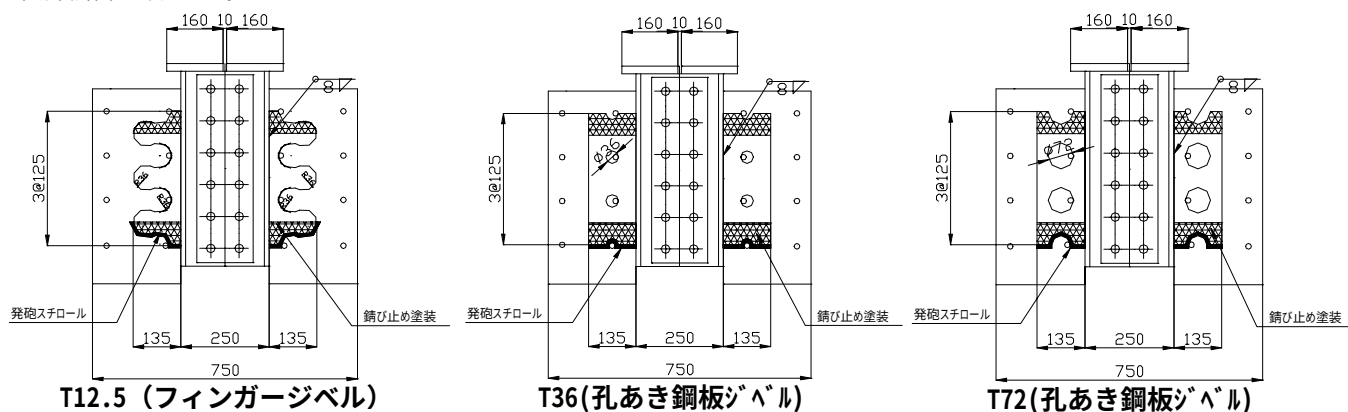


図-3. 供試体概要図

3. 試験結果

3-1. 終局状況 図-4には、試験終了後の供試体切断写真を示す。フィンガージベル及びPBL-T72では、鋼板の塑性変形状況が確認でき、またT36供試体では鋼板の塑性変形が確認できなかった。

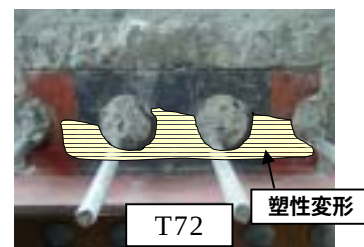


図-4. 供試体切断写真

キーワード：ずれ止め、フィンガージベル、孔あき鋼板ジベル、押し抜きせん断特性

連絡先 〒657-0845 兵庫県神戸市灘区岩屋中町4丁目2-7 TEL 078-261-7815 FAX 078-261-7799

3-2. ずれ性状およびせん断耐力 試験で得られたフィンガー1個、および孔1個あたりの最大せん断耐力 $Q_{\max}$ 、最大ずれ量 $\delta_{\max}$ ($Q_{\max}$ 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)、ならびに降伏せん断耐力 Q_y (0.2mm オフセット法) を表-2 に、また荷重-相対ずれ量の包絡線を図-4 に示す。PBL-T36 (孔径 36φ) は、鋼板剛性が大きいので、ずれ剛性は大きい。しかし、孔内コンクリート断面積が小さいため、せん断耐力は、低く、コンクリートのせん断耐力で決定される。一方、PBL-T72 (孔径 72φ) では、鋼板に占める孔面積が大きく、また鋼板ジベル剛性が小さいため、ずれ剛性が小さくなるものの、コンクリート断面積が大きく、せん断耐力が大きい。これらに対して、フィンガージベルの T12.5 では、ずれ剛性、および、せん断耐力は、PBL-T72 と同等であるものの、降伏せん断耐力を超えた荷重に対する変形が大きい。すなわち、せん断耐力は、PBL-T72 と同様に、フィンガー間で拘束されたコンクリートのせん断耐力にて決定される。しかし、フィンガージベルのずれ量は、ジベル剛性により決定されていることが判る。

表-2. 押し抜きせん断試験結果

Type	No.	最大せん断耐力 $Q_{\max}$ (kN)	$\delta_{\max}$ (mm)	ずれ剛性 K_{st0} (kN/mm)	降伏せん断耐力 Q_y (kN)
T12.5	1	285	9.8	1093	160
	2	310	9.8	1089	175
	Ave.	298	9.8	1091	168
T36	1	206	8.6	1759	133
	2	169	5.8	1763	126
	Ave.	188	7.2	1761	130
T72	1	285	4.8	1020	162
	2	303	4.7	1294	167
	Ave.	294	4.8	1157	165

3-3. 耐力評価式との比較

PBL の耐力式は、数多く提案されている。ここでは、既往の多くの実験結果を回帰分析して導かれている保坂らの次式¹⁾により、今回の実験結果を評価してみる。

・貫通鉄筋のある場合のせん断強度 (Q_u):

$$Q_u = 1.45 \{ (d^2 - \phi^2) \cdot f'_c + \phi^2 \cdot f_{st} \} - 26.1$$

ただし、 $51.0 < (d^2 - \phi^2) \cdot f'_c + \phi^2 \cdot f_{st} < 488.0$

ここに、 d : 孔径 (仮想円径)、 ϕ : 鉄筋径

f'_c : コンクリート圧縮強度、 f_{st} : 鉄筋の引張強度

この耐力式と試験結果とを比較したものが、図-5 である。PBL-T36 供試体の結果は、耐力式と良好に一致している。しかし、PBL-T72 供試体では、耐力式で導かれるせん断強度の 8 割程度の結果に留まった。これは、耐力式で鋼板剛性を評価する項目がなく、今回の供試体のように、鋼板に占める孔面積が大きくなることにより、鋼板ジベル剛性が低下する影響が考慮されていないためと考えられる。今回の試験で明らかのように、PBL-T36 供試体と PBL-T72 供試体との間に鋼板ジベル剛性の影響 (鋼板変形がコンクリートせん断耐力へ有意な影響を及ぼす) を考慮すべき、境界線が存在すると思われる。なお、今回の試験は、鋼板サイズ一定 (高さ 135mm)、板厚一定 (12mm)、および孔間隔一定 (125mm) で実施した。ところが、鋼板剛性は、孔径に依存するほか、鋼板サイズ、板厚、および孔間隔の相互要因で決定されることに注意が必要である。ちなみに、土木学会「複合構造物の性能照査指針 (案)」によると、孔の中心間隔は、孔直径の 2.25 倍以上と規定している。フィンガージベルは、PBL-T72 供試体と同等な耐力が得られたが、鋼板ジベル剛性の影響により、フィンガー間のコンクリート拘束効果が小さく、十分な鋼板剛性を持つ孔あき鋼板ジベルに対し、80%程度の耐力となることが判った。ただし、昨年度行った試験結果では、耐力式に比べ、30%程度であったことから、ジベル上部に配置した鉄筋によるコンクリートの拘束効果による影響が大きい。そして、その影響は、耐力の 50%程度にも及ぶことが明らかになった。

4. まとめ

実橋の床版を模擬した鉄筋配置により、ジベル拘束効果を高めた試験を行い、フィンガージベルは、同等な孔径を有する PBL と同程度のせん断耐力を有することが明らかとなった。ただし、鋼板ジベル剛性の影響により、提案されている孔あき鋼板ジベル耐力評価式の 80%程度の耐力となった。本試験結果により、ジベル剛性に留意さえすれば、実用に供することが可能となることを確認した。

【参考文献】

- 1) 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.
- 2) 沼田克、山田岳史、栗田章光、中井博：フィンガージベルに関する実験的研究、土木学会第 58 回年次学術講演会、2003.9

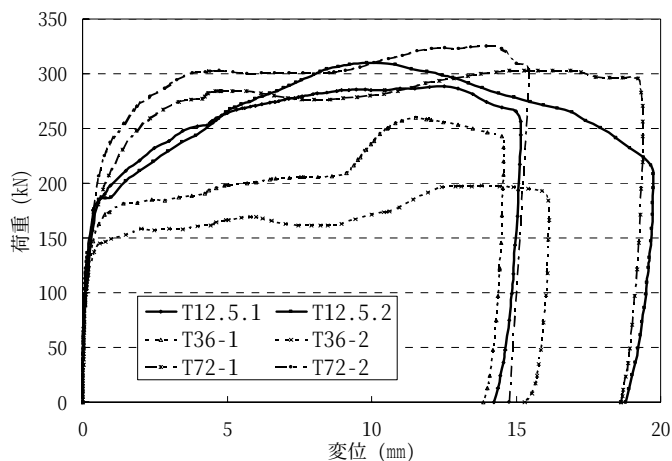


図-4. 荷重-ずれ量包絡線

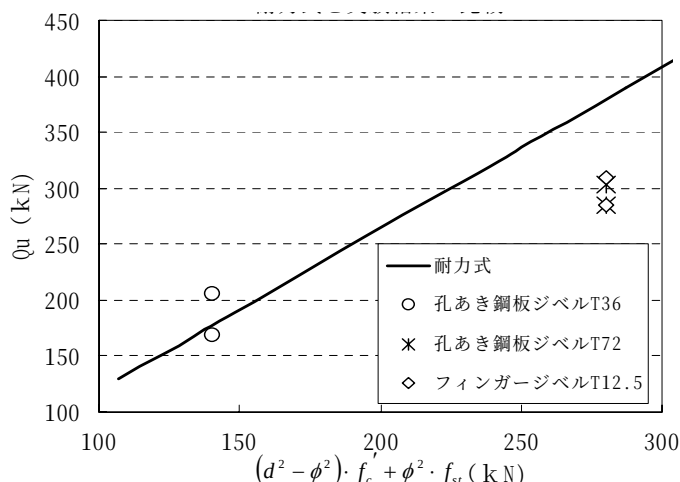


図-5. 耐力式と試験結果の比較