

# 孔あき鋼板ジベルの板厚がせん断耐力及び破壊形態に及ぼす影響

法政大学 学生会員 ○時任 秀哉  
株式会社 IHI 正会員 木作 友亮  
法政大学 正会員 藤山知加子

## 1. 研究目的

本研究の目的は、鋼・コンクリート複合構造のずれ止めの1つである、孔あき鋼板ジベル（以下 PBL）の板厚が、PBLのせん断耐力及び破壊モードに及ぼす影響を明らかにすることである。

## 2. 実験概要

PBL を埋設した 165.2×300mm の円柱試験体 18 体を用いた押し抜きせん断試験を実施した。試験体の概要を図 1 に示す。荷重方法は単調荷重とずれ変位 2mm ごとに 0kN まで一度除荷してから再荷重（以降、完全除荷・完全再荷重と呼ぶ）とした。荷重試験状況を写真 1 に示す。荷重後にせん断破壊面を撮影し、画像処理ソフト（ImageJ）より孔内の残留コンクリートの面積を算出した。ずれ定数は Nguyen ら<sup>2)</sup>の定義に従い、最大せん断耐力の 1/2 荷重点の初期割線の傾きとした。本研究では、特に以下の 2 項目に着目して試験分析を行った。

- 1) 板厚とせん断耐力及び孔内コンクリート残留面積の相互関係。
- 2) 複合標準示方書<sup>1)</sup>及び既往の研究<sup>2)</sup>で提案されたせん断耐力推定式より算出した推定値と本実験との整合性。

## 3. 試験結果

### 3.1 最大せん断耐力

表 1 に試験結果を示す。荷重試験後の孔内残留コンクリートの面積を本来の孔面積で割って、残留面積率として算出した。また、各板厚のせん断耐力とせん断耐力到達時のずれ変位の関係を図 2 に示す。中抜きは完全除荷・完全再荷重を行った試験体を示す。

せん断耐力到達時のずれ変位の範囲は 6mm 試験体で 10.31~20mm、9mm 試験体は 9.42~14.38mm、12mm 試験体は 5.56~7.45mm であり、板厚が厚くなるほど早期にせん断耐力に到達することが分かった。

### 3.2 破壊形態

荷重試験後の一部試験体のコンクリート表面に水平ひび割れが生じていた。また、荷重試験後、板厚によって孔内のコンクリート残留面積が異なっていた。荷重試験後のせん断破壊面の例（FF②-T9-M）を写真 2 に示す。

## 4. 検討項目の考察

### 4.1 板厚とせん断耐力

キーワード 孔あき鋼板ジベル、板厚、残留面積、せん断耐力、破壊形態

連絡先 〒162-0843 東京都新宿区市谷田町 2-33 複合構造研究室 TEL：050-3136-4675 E-mail：shuya.tokito.6y@stu.hosei.ac.jp

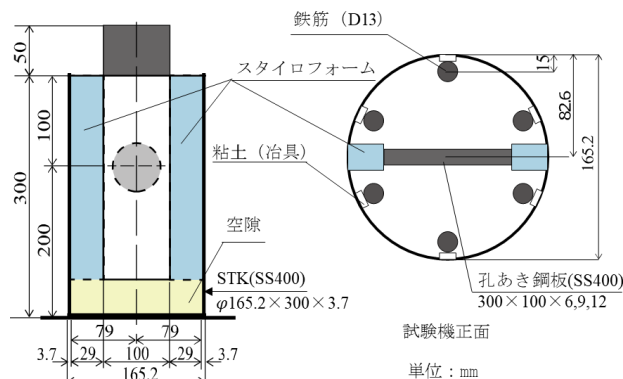


図 1 試験体概要

表 1 試験結果

| 試験体名       | 板厚<br>(mm) | せん断耐力<br>(kN) | ずれ定数<br>(kN/mm) | 圧縮強度<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 残留面積率<br>(%) | ひび割れ |
|------------|------------|---------------|-----------------|------------------------------|--------------|------|
| F①-T6      | 6          | 167.00        | 30.63           | 34.85                        | 0.00         | ×    |
| F①-T6-M1   | 6          | 167.67        | 33.12           |                              | 75.10        | ×    |
| F①-T6-M2   | 6          | 171.34        | 28.13           |                              | 39.52        | ×    |
| F①-T9-1    | 9          | 223.00        | 58.29           | 37.10                        | 85.31        | ×    |
| F①-T9-2    | 9          | 200.67        | 69.44           |                              | 76.99        | ×    |
| F①-T9-M    | 9          | 169.34        | 54.59           |                              | 91.01        | ×    |
| F①-T12     | 12         | 138.67        | 65.04           | 38.29                        | 87.80        | ×    |
| F①-T12-M1  | 12         | 149.00        | 67.85           |                              | 94.72        | ×    |
| F①-T12-M2  | 12         | 155.00        | 67.27           |                              | 95.39        | ×    |
| FF②-T6     | 6          | 166.34        | 28.22           | 36.47                        | 83.95        | ×    |
| FF②-T6-M1  | 6          | 148.37        | 33.46           |                              | 0.00         | ×    |
| FF②-T6-M2  | 6          | 154.67        | 31.27           |                              | 81.74        | ○    |
| FF②-T9-1   | 9          | 155.34        | 35.07           | 37.88                        | 83.19        | ○    |
| FF②-T9-2   | 9          | 177.34        | 40.73           |                              | 91.11        | ×    |
| FF②-T9-M   | 9          | 153.00        | 34.76           |                              | 81.52        | ○    |
| FF②-T12    | 12         | 106.67        | 30.13           | 37.88                        | 99.06        | ×    |
| FF②-T12-M1 | 12         | 221.00        | 86.60           |                              | 89.13        | ×    |
| FF②-T12-M2 | 12         | 131.00        | 143.64          |                              | 98.05        | ○    |



写真 1 荷重状況

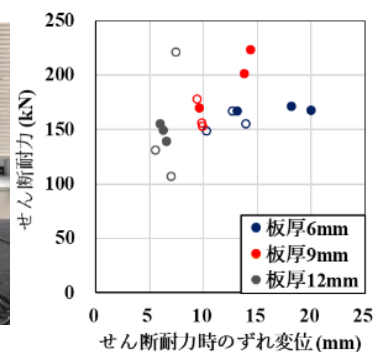


図 2 せん断耐力の比較

図 3 に、せん断耐力—板厚関係を示す。板厚が 12mm の試験体のせん断耐力は FF②-T12-M1 のみが突出して高かった。このため、せん断耐力の変動係数は 23.43% となった (FF②-T12-M1 を除いた場合は 12.4%)。一方、板厚 6mm の試験体のせん断耐力のばらつきは最も小さかった。板厚 6mm 試験体は板厚が薄く、載荷後鋼板が変形していたことから、孔内コンクリートの破壊ではなく、鋼板の降伏によって耐力が決定したためと考えられる。せん断耐力と板厚の相関係数は  $-0.23$  であったが、板厚 9mm と前述の FF②-T12-M1 を除いた場合のせん断耐力と板厚の相関係数は  $-0.72$  であり、板厚が厚くなるとせん断耐力は減少する傾向が得られた。

#### 4.2 板厚と残留面積

図 4 に残留面積率—板厚の関係を示す。面積率の低いもの (残留コンクリートの破壊が進んでいたもの) は面積率の計測が難しかったため、図 4 には面積率が 50% 以上の試験結果を示している。板厚と面積率の相関係数は  $0.74$  となった。これは、板厚の増減が、孔内コンクリート (上部) に生じる支圧応力の大小に直接影響を与えるためだと考えられる。

以上より、板厚は破壊モード (残留面積率) に影響を及ぼし、板厚の増加は必ずしも耐力増加に寄与しないことが分かった。

#### 4.3 せん断耐力推定式との整合性

示方書<sup>1)</sup>の推定式及び Nguyen ら<sup>2)</sup>の推定式よりせん断耐力とずれ定数の推定値を算出した。

せん断耐力については、示方書の推定値は、全体として本研究の実験値を上回っていたが、Nguyen ら<sup>2)</sup>の推定値は下回っていた (図 5, 図 6)。また、各推定式の板厚適用範囲内である板厚 12mm (中央値: 144kN) で比較すると、示方書の推定値は板厚 12mm の中央値より 50% 大きく、グエンらの推定値は 30% 小さくなり、本研究の実験値は Nguyen らの推定式との整合性が高かった。ずれ定数に着目すると、ばらつきはあるが板厚の増加に伴いずれ定数が増加する傾向が見られた (図 7)。また、板厚 12mm でずれ定数が高かった FF②-T12-M2 を除いて、実験値は推定値を下回っていた。これは本研究の円柱試験体は試験体寸法が小さく、また試験体に配力鉄筋などを設置していないため、孔部コンクリートを拘束する力が小さいことが要因として考えられる。

### 5. 結論

本研究の範囲で得られた主な知見を以下に示す。

- (1) 板厚は破壊モード (残留面積率) に影響を及ぼすが、板厚が厚くなると必ずしも耐力が増加するわけではない。
- (2) 拘束が小さい本研究でのせん断耐力は、示方書の推定式より Nguyen ら<sup>2)</sup>の提案式との整合性が高かった。

### 参考文献

- 1) 土木学会：2014 年制定複合構造標準示方書 原則編設計編，pp.74-77
- 2) Nguyen Minh Hai, 大野 将季, 中島 章典, 藤倉 修一：貫通鉄筋のない孔あき鋼板ジベルのせん断力—ずれ変位関係式の再検討，第 12 回複合・合成構造の活用に関するシンポジウム，pp19\_1-19\_8



写真 2 せん断破壊面

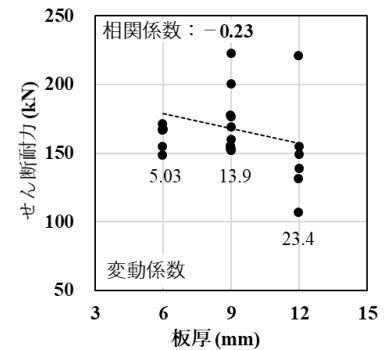


図 3 せん断耐力—板厚

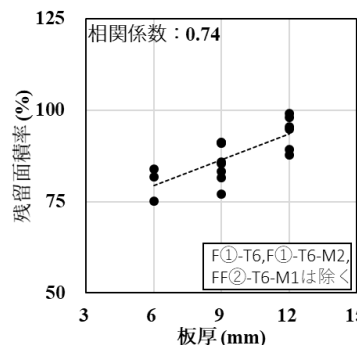


図 4 残留面積率—板厚

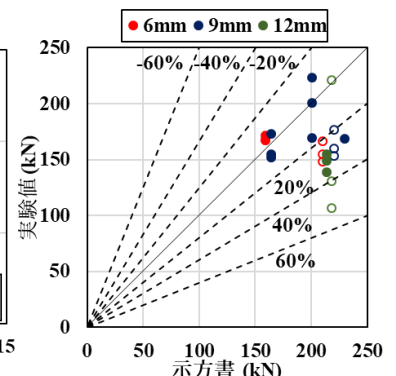


図 5 せん断耐力の比較 (示方書<sup>1)</sup>)

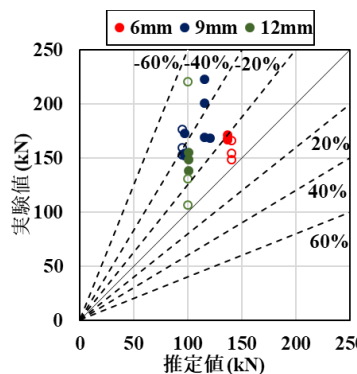


図 6 せん断耐力の比較 (Nguyen ら<sup>2)</sup>)

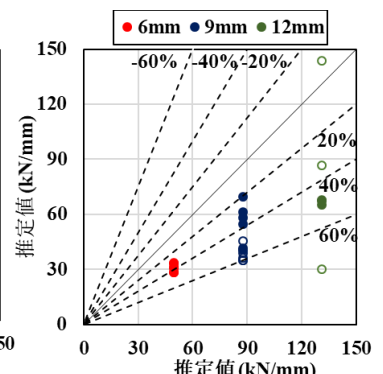


図 7 ずれ定数の比較<sup>2)</sup>