

文献調査に基づく孔あき鋼板ジベルのせん断終局耐力の評価 (その1) 既往のせん断終局耐力式

213-079 田中 将聖

1. 序

近年、建築分野では、鉄骨部材と鉄筋コンクリート（以下、RC という）部材の接合部における機械的ずれ止めとして、孔あき鋼板ジベル（以下、PBL という）を適用した接合部のディテールの研究・開発が行われている。PBL は、土木分野で Leonhardt らによって開発され¹⁾、土木構造物への実績は高い一方、建築分野における実績は数例であり、PBL のずれ挙動に伴うせん断終局耐力を評価する手法は未だ確立されていない。

本研究は、PBL を対象とした文献調査を行い、作成されたデータベースを用いて既往の PBL のせん断終局耐力式の妥当性を検討する。

2. 文献調査

2.1 既往の実験データの抽出

表 1 に文献及び対象試験体数を示す。また、図 1 に PBL の詳細を示す。ここでは、基本的な観点から、既往の実験データのうち、1) 円孔に挿入鉄筋等が配置されていない、2) PBL のせん断終局耐力が円孔に充填されたコンクリートの二面せん断破壊に支配される、3) RC 部材に外力として拘束応力が作用していない中心載荷が実施されたデータを対象とする。また、PBL のせん断終局耐力の算定に必要な諸条件が明らかにされていないデータは対象外とする。

図 2 に対象データにおいて、PBL のせん断終局耐力の検討を実施した実験方法の概要を示す。実験方法は、PBL の単調引抜き試験 (Type A) と押抜き試験に大別される。さらに、押抜き

試験は、頭付きスタッドのせん断終局耐力を検討する場合に用いられる標準押し抜き試験法 (Type B) とそれ以外 (Type C-1・C-2) に細分される。

2.2 適用範囲

図 3 に対象データの主な適用範囲を示す。図中の () 内の数値はデータ数を示し、グラフは図 2 に示す実験方法に基づいて分類されている。実験データは押抜き試験、特に Type C-1

表 1 PBL に関する対象文献

	論文数 ^{*)}	データ数
日本建築学会構造系論文集	1/3	2
日本建築学会大会学術講演梗概集	3/51	11
土木学会論文集	3/9	37
構造工学論文集	1/11	6
コンクリート工学年次論文集	1/23	4
九州大学大学院人間環境学研究院紀要	0/2	0
Σ	9/99	60

*) 対象論文数 / 総論文数

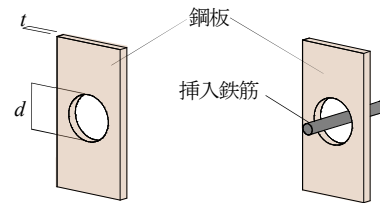


図 1 PBL の詳細

加力方法	引抜き		押抜き	
	Type A (一枚板引抜き)	Type B (標準押抜き)	Type C-1 (一枚板・十字押抜き)	Type C-2 (押し引き)
試験体図				

図 2 実験方法

圧縮強度 σ_b (N/mm ²)	板厚 t (mm)	孔径 d (mm)	埋込み深さ H_1 (mm)	かぶり厚さ c (mm)
33~36 (6)	25 (4)	60 (27)	~350 (3)	400 (1)
30~ (39)	19 (4)	50 (27)	~300 (7)	200 (7)
27~ (14)	12 (52)	40 (6)	~250 (28)	150~ (22)
24~ (0)			~200 (19)	100~ (12)
21~ (1)			~150 (3)	50~ (14)
				0~ (4)

図 3 対象データの主な適用範囲

によるものが支配的であり、引抜き試験 (Type A) に関するデータは非常に少ないことがわかる。

3. 既往のせん断終局耐力式

ここでは、既往の PBL のせん断終局耐力式として、(a) Leonhardt らによる提案式 (以下、Leonhardt 式という) 及び (b) 福元による提案式²⁾ (以下、福元式という) を対象とし、前章で示された対象データを用いて、その妥当性を検討する。以下、コンクリートの二面せん断耐力に支配される場合の Leonhardt 式及び福元式による PBL のせん断終局耐力式を示す。なお、 $PBL Q_{u1}$ は円孔一つあたりのせん断終局耐力であり、本研究で対象とするディテールを有するデータの検討に必要な耐力式のみを示す。

(a) Leonhardt 式

PBL のせん断終局耐力 $PBL Q_{u1}$ は、(1)式によって求められる。

$$PBL Q_{u1} = 1.08 \cdot \sigma_B \cdot 2 \left(\frac{d^2 \cdot \pi}{4} \right) \quad (1)$$

(b) 福元式

PBL のせん断終局耐力 $PBL Q_{u2}$ は、(2)式によって求められる。

$$PBL Q_{u2} = Q_{su} + Q_b \quad (2)$$

ここに、

Q_{su} : 孔部分のコンクリートの二面せん断耐力 (kN)

Q_b : 鋼板ジベル表面とコンクリートとの摩擦・付着耐力 (kN)

Q_{su} 及び Q_b は以下の (3) 及び (4) 式で示される。

$$Q_{su} = \alpha \cdot \prod_{i=1}^n \beta_i \cdot Q_c \quad (3)$$

$$Q_c = n_s \cdot A_c \cdot \tau_c = 2 \cdot c \cdot A_c \cdot \tau_c$$

$$Q_b = A_{b1} \cdot \tau_b + A_{b2} \cdot \tau_{b0} \quad (4)$$

$$\tau_b = \mu \cdot \sigma_b + \tau_{b0}$$

ここに、

Q_c : 孔部分コンクリートのせん断ひび割れ耐力 (kN)

α : 拘束力によるひび割れ耐力から終局耐力までの耐力上昇率

β_i : 種々の因子による耐力倍率

n_s : せん断面数 (=2)

c : 孔内コンクリートの有効断面積 (mm²)

$c \tau_c$: せん断ひび割れ応力度 (N/mm²)

A_{b1} : 拘束力が作用する鋼板部分の面積 (mm²)

A_{b2} : 拘束力が作用しない部分の面積 (mm²)

τ_b : 摩擦・付着の終局せん断応力度 (N/mm²)

τ_{b0} : 付着応力度相当 (N/mm²)

μ : 摩擦係数相当

σ_b : 摩擦・付着面に作用する垂直応力度 (N/mm²)

4. 実験値と計算値の比較

図 4 は、実験値と (1)及び (2)式による計算値を比較検討したものである。縦軸は実験値 $exp Q$ 、横軸は計算値 $cal Q$ である。な

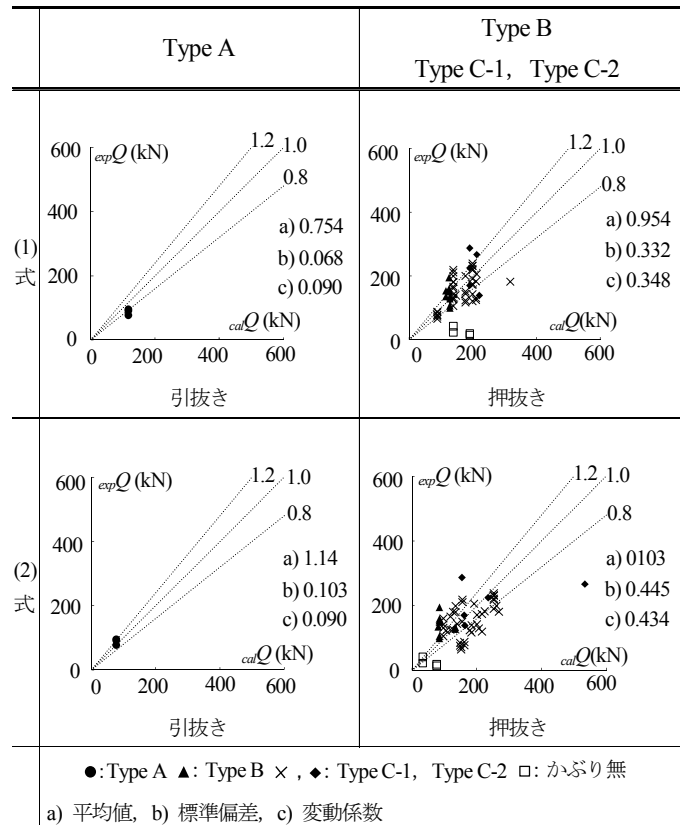


図 4 加力方法による実験値と計算値の比較

お、(4)式の計算においては、文献 2) に基づいて α 及び β_i 等の係数を算出している。ここでは、図 2 に示す実験方法の相違がせん断終局耐力式に及ぼす影響に着目する。引抜き試験 (Type A) に関する実験データは非常に少ないが、(1)式による計算値は実験値を若干過大評価している一方、(2)式による計算値は実験値を若干安全側に表現している。また、押抜き試験 (Type B, C) の結果に着目すると、実験データ数が多いことからばらつきは認められるものの、(1) 及び (2)式による計算値は、おおよそ実験値の平均値に対応している。しかしながら、(1)式による結果に比べて、(2)式による結果はばらつきが大きくなる傾向が認められる。

4. まとめ

本研究によって、以下の知見が得られた。

- 1) 引抜き試験結果に対する評価において、Leonhardt 式による計算値は若干過大な評価を与えるが、福元式は概ね表現できる。ただし、対象データが少ないことに留意する必要がある。
- 2) 押抜き結果に対する両式の評価は、実験値の平均値をおおよそ表現するが、福元式による結果は Leonhardt 式による結果に比べてばらつきは大きくなる。

謝辞

本研究のデータベースの作成にあたっては、多くの貴重なデータを使用させて頂いた。ここに、感謝の意を表します。

参考文献

- 1) Leonhardt, F et al : Neues, vorteilhaftes Verbundmittel für Stahlverbund-Tragwerkemithoher Dauerfestigkeit, beton-und Stahlbeton, pp.325-331, 1987.12
- 2) 福元敏之:摩擦・付着を考慮した拘束応力下に於ける孔あき鋼板ジベルの終局せん断耐力, 日本建築学会構造系論文集 第 82 巻 第 742 号, pp.1935-1944, 2017.12