

孔あき鋼板ジベルのずれ耐力と破壊メカニズム

広島大学大学院 学生会員 ○古川 祐輔
 広島大学大学院 学生会員 山口 詩織
 広島大学 非会員 江口 昇吾

広島大学大学院 正会員 藤井 堅
 IHI インフラシステム(株) 正会員 道菅 裕一

1. 背景・目的

鋼・コンクリートの複合構造に用いられる孔あき鋼板ジベル(以下 PBL)のずれ耐荷力評価式は、今までにいくつかあるが、その破壊メカニズムはまだ明らかにされていない。筆者らもコンクリートの破壊に起因してずれ耐力が決まる場合のずれ耐荷力評価式を提案しており²⁾、ずれ耐荷力は孔付近のコンクリートの拘束状態に大きく影響されることを勘案³⁾して、拘束効果を考慮できる式(1)を提案した。なお、式(1)は、CT 鋼押し抜き試験等を対象としたものである。要素試験では、ずれ耐荷力は、コンクリートとテストベッド間に敷かれた石膏などによる摩擦力(以下では底面摩擦力と呼ぶ)に大きく影響されるとしたが、実験データは少なく基礎資料としては数的に不十分である。また、粗骨材径や PBL 鋼板の板厚あるいは供試体のコンクリートの大きさなどの影響についても十分には明らかにされていない。

本研究では、底面の状態(底面摩擦の有無)、ジベル孔径、鋼板板厚、供試体のコンクリートの大きさに着目し、CT 鋼を用いて PBL の押し抜き試験を行った。そして、筆者らが提案したずれ耐力評価式の妥当性について検討する。

筆者らのずれ耐力評価式を式(1)に示す。式中、 V_{int} は孔部コンクリートがせん断破壊する時の耐力で、式(2)で与えられる。式中、孔の両面でせん断破壊する時は $k=2$ 、せん断破壊面が 1 面の場合には $k=1$ である。

2. 実験概要

スタッドジベルの押し抜きせん断試験法⁴⁾に準じて、CT 鋼のフランジを用いて図-1 のような供試体

$$V_u = \frac{V_{int} + 2.5(T_s + T_{cb} + T_{cu})}{1 - 1.25\mu} \quad \text{式 (1)}$$

$$V_{int} = k \left\{ \frac{\pi d^2}{4} + (n-1)A_s \right\} \tau_{ct} \quad \text{式 (2)}$$

V_u : 孔部コンクリートのせん断破壊荷重

V_{int} : コンクリートのせん断耐力

T_{cb} : 背かぶりによる拘束力

T_{cu} : 上かぶりによる拘束力

d : ジベル孔の直径

n : 鉄筋とコンクリートの弾性係数比

A_s : 貫通鉄筋の断面積

τ_{ct} : コンクリートのせん断強度 ($\tau_{ct} = f_{ct} \sqrt{3}$)

k : 破壊形式による係数

(1 面せん断破壊: 1, 2 面せん断破壊: 2)

μ : 底面摩擦係数

(テフロン板: 0.15, ジェットモルタル: 0.5)

を作成した。ジベルプレート及び CT 鋼に剥離剤を塗り、コンクリートとの付着を除去した。供試体概要を表-1 に示す。ジベル孔径 20mm の供試体にはモルタルを充填し、比較として孔径 40mm の供試体に対しても、モルタルを充填したものを 2 体作成した。また、供試体の底面摩擦を軽減させたケースは、テフロン板を敷き、軽減しないケースは底面にジェットモルタルを敷いた。

3. 実験結果と考察

表-1 に押し抜き試験結果と筆者らの提案式を比較して示す。また、図-2 に 1 孔当りのせん断力-ずれ曲線を示す。図-2 から、底面摩擦を軽減した供試体(破線)と、底面摩擦を軽減しない供試体(実線)を比較すると、

キーワード: 孔あき鋼板ジベル, ずれ耐力, 破壊メカニズム

連絡先: 〒739-8527 広島県東広島市鏡山 1-4-1 広島大学大学院工学研究科社会基盤環境工学専攻 TEL 082-424-7792

表-1 供試体概要と実験結果

供試体名	粗骨材の最大寸法 (mm)	底面摩擦	ジベル板厚 t (mm)	ジベル孔径 D (mm)	鋼板高さ H (mm)	背面かぶり C (mm)	コンクリート幅 W (mm)	背かぶりによる拘束力 (kN)	コンクリートのせん断耐力 (kN/孔)	提案式で求めたずれ耐力 (kN/孔)	本実験結果 (kN/孔)
S.CT-B60-H60-D20-t9-T-M	モルタル	軽減	9	20	60	60	280	4.69	4.77	20.29	18.25
S.CT-B60-H60-D20-t9-M	モルタル	有	9	20	60	60	280	4.69	4.77	43.96	30.21
S.CT-B60-H60-D20-t9-T-M	モルタル	軽減	9	20	60	60	280	4.69	4.77	20.29	19.00
S.CT-B60-H60-D20-t9-M	モルタル	有	9	20	60	60	280	4.69	4.77	43.96	30.03
S.CT-B60-H60-D40-t9-T-M	モルタル	軽減	9	40	60	60	280	4.69	19.09	37.91	38.26
S.CT-B60-H60-D40-t9-M	モルタル	有	9	40	60	60	280	4.69	19.09	82.14	65.06
S.CT-B60-H60-D40-t9-T	15	軽減	9	40	60	60	280	8.36	4.72	31.52	41.45
S.CT-B60-H60-D40-t4.5-T	15	軽減	4.5	40	60	60	280	8.36	2.36	28.62	38.09

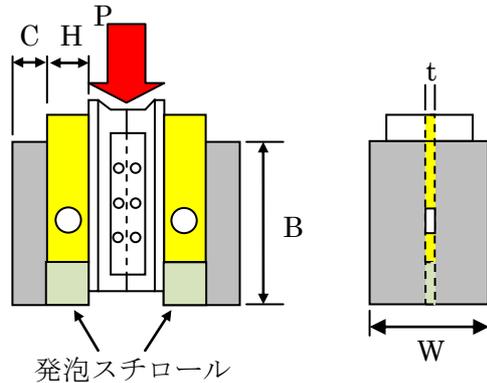


図-1 押し抜き試験供試体

底面摩擦を軽減させたずれ耐力は、摩擦有りに比べて大きく低下していることがわかる。孔径 40mm、板厚 9mm、モルタル充填の供試体(供試体名 S.CT-B60-H60-D40-t9-M)の場合、摩擦有りでは 65kN に対して、摩擦軽減では 38kN であり、後者は前者の約 3/5 程度である。この現象は、他の供試体でも同様である。

次に、孔径 20mm と孔径 40mm を比較すると、後者のずれ耐荷力は約 2 倍である。もし、ずれ耐荷力が孔の面積に比例するならば 4 倍になるはずであるが、実験結果は面積には比例していない。

また PBL の板厚が 4.5mm の場合は、孔部コンクリートの破壊後、孔内にはコンクリートが残っておらず、1 面せん断破壊であった。一方、板厚 9mm の供試体では、PBL 孔にコンクリートが残っており、2 面せん断破壊であった。このことを式(2)の k に考慮して式(1)よりずれ耐荷力を求めると、両者で約 3kN の差となる。この差は、あまり大きくなく、必ずしも有意とは言えないものの、ほぼ V_{int} の差に対応している。

4. まとめ

- 1) スタッドジベルの押し抜きせん断試験法を踏襲した PBL せん断試験法では、供試体底面の拘束力はずれ耐力に大きく影響することが全ての供試体で確認できた。

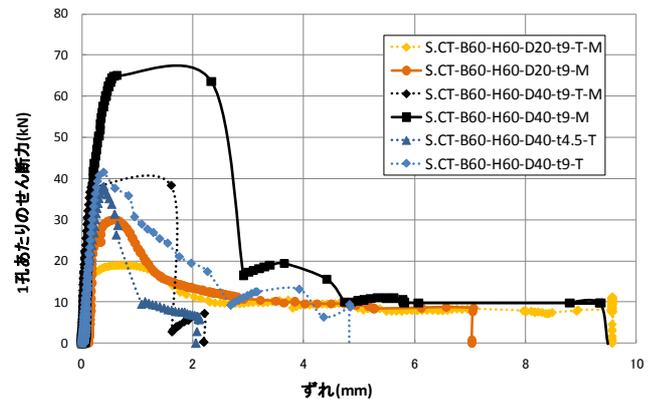


図-2 1孔あたりのせん断力—ずれ曲線

- 2) 本実験に用いた供試体の寸法は、いままでのものとはかなり小さくしている。しかし、この程度の寸法効果がずれ耐荷力に及ぼす影響は明確には現れなかった。
- 3) PBL 板の板厚が薄い場合には、孔部コンクリートが一面せん断破壊を起こし、そのためにずれ耐荷力がわずかに低下する。

参考文献

- 1) 土木学会複合構造委員会：複合構造標準示方書，(社)土木学会，2009
- 2) Fujii, K. etc.: Ultimate Shear Strength of Perforated Rib Shear Connector, *Advances in Structures Steel Concrete Composite and Aluminum '03*, Sydney, Australia, Vol.2, pp.771-776, 2003.
- 3) 藤井他：孔あき鋼板ジベルの終局ずれ挙動とコンクリート拘束因子，土木学会論文集 A, Vol.64, No.2., 2008.2.
- 4) 松井繁之編：頭付きスタッドの押し抜きせん断試験方法(案)とスタッドに関する研究の現状，(社)日本鋼構造協会，1996.
- 5) Leonhardt, F., Andrä, W., Andrä, H. P. und Harre, W.: Neues vorteilhaftes Verbundmittel für Stahlverbund-Tragwerke mit hoher Dauerfestigkeit, *Beton-und Stahlbetonbau*, pp.325-331, 1987.