

PBL の各種パラメータがずれ耐力に及ぼす影響と破壊メカニズム

広島大学大学院 学生会員 ○古川 祐輔
広島大学大学院 正会員 藤井 堅
広島大学大学院 学生会員 山口 詩織
IHI インフラシステム(株) 正会員 道菅 裕一
広島大学 非会員 江口 昇吾

1. 背景・目的

鋼・コンクリートの複合構造において、異種材料間の応力伝達に用いられるずれ止め的一种として孔あき鋼板ジベル(以下 PBL)がある。PBL はスタッドジベルやブロックジベルと比べ、高いずれ剛性と優れた疲労特性を有しているため、近年、PBL を用いた施工事例が増加している。

文献¹⁾が発刊されて以来、PBL についても文献¹⁾の試験法が準用され、すでに我が国で提案されているずれ耐力評価式は、この押し抜き試験結果に基づいて提案されている²⁾。しかしながら、PBL と頭つきスタッドジベルでは、破壊メカニズムが異なることに注意すべきである^{3),4)}。PBL では、コンクリートの破壊に起因してずれ耐力が決まる場合が多いので、実構造物におけるコンクリートの拘束状態と要素試験から得られるずれ耐力が異なることが懸念される。特に押し抜き試験では、不陸調整のために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)が、ずれ耐力に影響することは実験的に明らかにされている^{5),6)}。

そこで本研究では、コンクリートの破壊に起因する PBL の終局ずれ挙動と、ずれ耐力に及ぼす拘束因子の影響を把握するためにジベル孔径、鋼板板厚、供試体スケールに着目し、押し抜き試験を行う。また、底面摩擦の有無がずれ耐力に及ぼす影響の再確認をし、これらがずれ耐力に及ぼす影響と実験結果から破壊メカニズムを明らかにするとともに、筆者らが提案するずれ耐力評価式の妥当性を検討する。

筆者らが提案するずれ耐力評価式を(式 1.1)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を示す。

$$V_u = \frac{V_{int} + 2.5(T_s + T_{cb} + T_{cu})}{1 - 1.25\mu} \quad (\text{式 1.1})$$

$$V_{int} = k \left\{ \frac{\pi d^2}{4} + (n-1)A_s \right\} \tau_{ct} \quad (\text{式 1.2})$$

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)

2. 実験概要

筆者らが提案するずれ耐力評価式の妥当性を検討するにあたり、押し抜き試験を行いずれ耐力を測定する。供試体は CT 鋼のフランジに PBL プレートに溶接し、これにコンクリートを打設後、2 つの CT 鋼を HT ボルトでつないで、図-1 に示すような供試体を作成する。ジベル孔径 20mm の供試体にはモルタルを使用し、ジベル孔径が 40mm の供試体には最大寸法 15mm の粗骨材を用いたコンクリートを充填した。コンクリートを打設する際には、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する。そして、テストヘッド上に供試体を据え付け、CT 鋼を押して PBL にずれ力を作用させる。

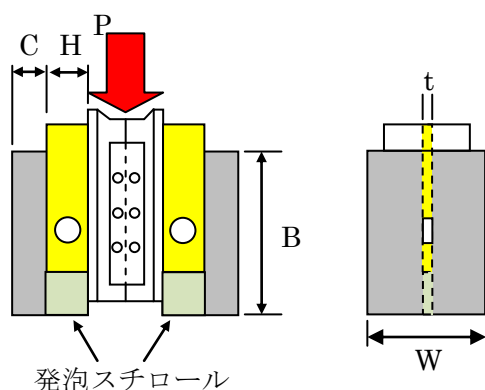


図-1 押し抜き試験供試体



図-2 テフロン板の配置

本研究ではずれ耐力への影響を比較するために、10体の供試体を作成し実験を行った。ジベルの孔径20mmの供試体にはモルタルを充填し、比較用に孔径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。表-1に、作成した押し抜き供試体の概要を示す。供試体の底面摩擦の軽減を図るために、底面摩擦軽減のケースにおいてはテフロン板を2層敷き(図-2参照), 間に潤滑油を介して摩擦の軽減を行った。

3.実験結果

表-2に今回の押し抜き試験結果と筆者らが提案するずれ耐力評価式で求めたずれ耐力を示す。図-2は1孔当りのせん断力とずれ量の関係を示したグラフである。まず、供試体底面に作用する摩擦力の影響に着目する。底面摩擦を軽減した供試体(破線のグラフ)と、底面摩擦を軽減しない供試体(実線のグラフ)を比較すると、供試体底面にテフロン板を設置し底面摩擦を軽減させるとずれ耐力が大きく低下することが確認できる。孔径40mm, 板厚9mm, モ

表-1 供試体概要

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)
S.CT-B60-H60-D20-t9	モルタル	軽減	9	20	60	60
S.CT-B60-H60-D20-t9	モルタル	有	9	20	60	60
S.CT-B60-H60-D20-t9	モルタル	軽減	9	20	60	60
S.CT-B60-H60-D20-t9	モルタル	有	9	20	60	60
S.CT-B60-H60-D40-t9	モルタル	軽減	9	40	60	60
S.CT-B60-H60-D40-t9	モルタル	有	9	40	60	60
S.CT-B60-H60-D40-t9	15	軽減	9	40	60	60
S.CT-B60-H60-D40-t4.5	15	軽減	4.5	40	60	60

表-2 実験結果と評価値比較

供試体名	粗骨材の最大寸法 (mm)	底面摩擦	T_{cb} (kN)	V_{int} (kN/孔)	V_u (kN/孔)	1孔当りのずれ耐力 (kN/孔)
S.CT-B60-H60-D20-t9	モルタル	軽減	4.69	4.77	20.29	18.25
S.CT-B60-H60-D20-t9	モルタル	有	4.69	4.77	43.96	30.21
S.CT-B60-H60-D20-t9	モルタル	軽減	4.69	4.77	20.29	19.00
S.CT-B60-H60-D20-t9	モルタル	有	4.69	4.77	43.96	30.03
S.CT-B60-H60-D40-t9	モルタル	軽減	4.69	19.09	37.91	38.26
S.CT-B60-H60-D40-t9	モルタル	有	4.69	19.09	82.14	65.06
S.CT-B60-H60-D40-t9	15	軽減	8.36	4.72	31.52	41.45
S.CT-B60-H60-D40-t4.5	15	軽減	8.36	2.36	28.62	38.09

ルタル充填の供試体をみると、摩擦軽減が無い供試体の最高せん断力が約67kNであるのに対して、摩擦軽減した供試体の最高せん断力は約41kNであり、底面摩擦の有無がずれ耐力に大きく影響を及ぼすのは明らかである。その他の供試体の結果についても同様である。

次に、PBLの孔径に着目する。孔径20mmと孔径40mmを比較すると、およそ2倍のずれ耐力差が生じていることが分かる。これは、式(1.2)中の孔径断面積がずれ耐力評価式の孔部コンクリートのせん断強度を決定し、押し広げ力が作用し始めるせん断力が異なるためであると考えられる。

最後に、PBLの板厚に着目する。板厚4.5mmの供試体では供試体破壊後、孔径内にコンクリートが残っておらず、1面せん断破壊をしていた。また、板厚9mmの供試体では破壊形式がすべてPBL孔に平行なひび割れが生じており2面せん断破壊をしていた。実験結果より板厚を薄くすると若干の耐力低下は確認できるが、約3kNの低下と板圧がずれ耐力に及ぼす影響は小さいといえる。また表-2より、この耐力低下は1面せん断破壊による背かぶりの拘束力の差が出ているとも考えられるため、破壊形式による耐力低下について今後考察していく。実験値と理論値の相関関係を図-4に示す。実験値とずれ耐力評価式の値を比較すると、概ね直線上に近く提案するずれ耐力評価式が妥当であるといえる。

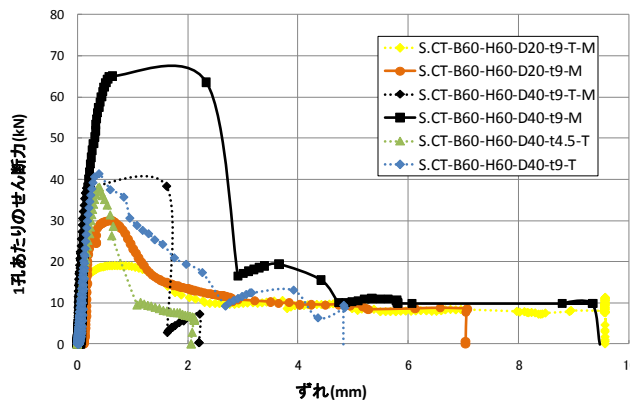


図-3 1孔あたりのせん断力—ずれ曲線

4. 結論・考察

- 1) PBLの板厚を極端に薄くすると、1面せん断を起こしやすくなり、若干の耐力低下につながる事が考えられるが、ずれ耐力に及ぼす影響は小さいといえる。
- 2) PBLの孔径が小さくなるほど、ずれ耐力は低下する。低下量からみても影響因子として大きいといえる。これは孔径断面積が決定する孔部コンクリートのせん断強度が小さくなり、押し広げ力が作用し始める荷重が低下するためである。
- 3) 底面摩擦の有無によるずれ耐力の低下を再確認することができ、ずれ耐力に影響を及ぼす因子であるといえる。また、提案する評価式の妥当性を示すことが出来た。
- 4) 本実験で作成した供試体は過去の実験で作成された供試体よりも小さいスケールで同様の押し抜き試験を行ったがスケールの違いにおけるずれ耐力の影響はほぼ無いものと考えられる。
- 5) PBLのずれ耐力に影響を及ぼす各種パラメータとしてPBLの孔径、摩擦力はずれ耐力に大きな影響をおよぼすことが明らかとされた。また、板厚に対しては破壊形式による影響が起因し耐力の低下が生じたと考えられる。

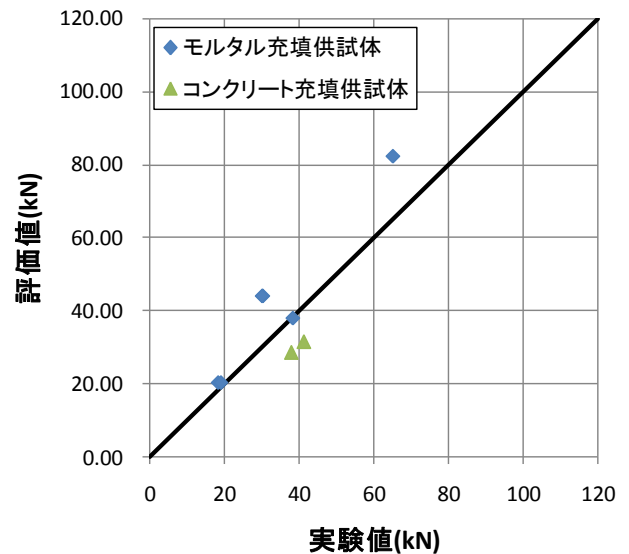


図-4 実験値と理論値の関係

参考文献

- 1) 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.
- 2) 坂根鐵矢，光木香，平城弘一，牛島祥貴：孔あき鋼板ジベルのせん断強度評価式と設計法に関する研究，構造工学論文集，Vol.48A，pp.1265-1272，2002.
- 3) Fujii, K., Iwasaki, H. and Fujimura, N.: Ultimate Shear Strength of Perforated Rib Shear Connector, Advances in Structures, Int. Conf. on Steel Concrete Composite and Aluminum '03, Vol.2, pp.771-776, 2003.
- 4) 岩崎初美：孔あき鋼板ジベルの構造部材における力学特性とせん断強度評価に関する研究，広島大学博士論文，2006.
- 5) 森賢太郎：PBLの試験方法におけるコンクリート拘束効果とそれを考慮したずれ耐力評価式(2009年度広島大学修士論文)
- 6) 日向優裕：コンクリート拘束効果に注目した孔あき鋼板ジベルの合理的活用に関する研究(広島大学大学院修士論文，2008.3)