(3) コンクリート拘束力と孔径の変化が 孔あき鋼板ジベルに及ぼす影響

實田 雅人1・藤井 堅2・民家 洋輔3

1学生会員 広島大学大学院工学研究科 社会基盤環境工学専攻(〒739-8527 東広島市鏡山1-4-1) E-mail:m151487@hiroshima-u.ac.jp

²正会員 広島大学大学院工学研究院 社会基盤環境空間部門 教授(〒739-8527 東広島市鏡山1-4-1) E-mail:ken214f@hiroshima-u.ac.jp

³正会員 東海旅客鉄道株式会社 新幹線鉄道事業本部 静岡保線所 (〒420-0851 静岡市葵区黒金町29)

鋼・コンクリート複合構造物のずれ止めとして、孔あき鋼板ジベル (PBL) の利用が広がっている. PBLのずれ耐荷力は、ジベル孔径やコンクリートの圧縮強度の他に、孔部コンクリートの拘束状態に影響されることが確認されている。拘束因子について、それぞれのずれ耐荷力へ及ぼす影響などの研究が行われ、これらの拘束力を用いたずれ耐荷力評価式が提案されている。しかし、能動的に側圧を与えた場合の拘束力がずれ耐荷力に及ぼす影響や、大きな孔径を用いた際の影響は明らかではない。そこで、本研究では、能動的に側圧を作用させた状態で、孔径を変化させてPBLの押し抜き試験を行った。結果として、ずれ耐荷力は、孔の断面積に比例して上昇し、側圧の2.3倍に比例して上昇することを確認した。

Key Words: Perfobond strip, slip strength, lateral pressure, diameter of hole, concrete confinement

1. 背景·目的

孔あき鋼板ジベル (PBL) は、従来多用されていた頭付きスタッドに比べ、高いずれ合成や優れた疲労特性、施工の優位性を有しており、合成桁や合成床版などに多用されるようになった.

PBLは、1987年に Leonhardt ら りによって提案、発表されたずれ止めである。 孔あき鋼板プレートを鋼材に溶接し、コンクリート中に埋め込まれ、 孔内に充填されたコンクリートが、プレートのずれに対してせん断(割裂)抵抗することにより、ずれ止めとしての機能を果たす.

PBLの破壊形態は、鋼板が極端に薄い場合や孔が密に配列された場合は、鋼板の降伏により破壊するが、通常の場合、孔部コンクリートがずれによるせん断力により破壊する。そのため、PBLのずれ耐荷力は、たとえば複合標準示方書²にあるように、ジベル孔径(孔断面積)とコンクリートの圧縮強度を基本パラメータとして、その評価式が構築されている³.

しかし、PBLの破壊メカニズムは、PBL鋼板にせん断力が作用すると、孔部から垂直方向にコンクリートを二分するような押し広げ力(割裂力)が作用し、鋼板孔部周辺のコンクリートが、ジベル鋼板に平行なひび割れを

生じて破壊する. したがって,押し広げ力と逆向きの力を作用させれば,コンクリートのひび割れ発生を拘束し,ずれ耐荷力は大きくなる.

藤井ら⁴は,ずれ耐荷力に影響を及ぼす拘束因子とし て、PBLのかぶりコンクリートや貫通鉄筋、供試体とテ ストベッド間の摩擦力などがあり、これらの拘束状態が ずれ耐荷力に大きな影響を与えることを明らかにした. そして, 孔部コンクリートの拘束状態の影響を考慮した ずれ耐荷力評価式を提案した5. しかし、上記の拘束力 は、ジベル孔の破壊過程において発生する押し広げ力に 抵抗する受動的な拘束力であり、拘束力として側圧を能 動的に作用させた場合については、十分には明らかにさ れていない. また、従来の実験的研究では、孔径が概ね 40mm~80mm程度で、大孔径PBLのずれ耐荷挙動につい ては十分な検討がなされていない⁶. そこで, 本研究で は、能動的に側圧を作用させた状態で、孔径を変化させ て押し抜き試験を行い、側圧や孔径の変化がずれ耐荷力 やずれ挙動にどのような影響をおよぼすかを調べ、さら に、藤井らが提案したずれ耐荷力評価式⁵⁾の妥当性を検 討する.

2. 実験概要

(1) 実験供試体概要

実験は、PBL鋼板に十字柱を用いた供試体⁷の押し抜き試験である。材質はSS400、ジベル鋼板1枚当りの孔数は1個、鋼板板厚は12mmとした(図-1参照).

コンクリートの配合条件を表-1及び表-2に示す. コンクリートの養生条件は封緘養生とし、養生期間は28日である. コンクリートの強度を、表-3に示す. コンクリートの強度試験は、圧縮試験(JIS A 1108)、引張試験(JIS A 1113)とした. コンクリートの打込みは2回に分けて行ったため、1バッチ目と2バッチ目において、実験前と実験後に3体ずつ行った. 表-3には各3体から求められた強度の平均値を示す.

本実験で用いた供試体は、10体であり、表4に供試体パラメータを示す.ジベル孔径はについては、60mm、100mm、150mm、200mmとし、背かぶりc(ジベル板端からコンクリート表面までの距離)については、c=150mmと無いもの(c=0)とした.また、本実験の目的である拘束効果のずれ耐荷力への影響度の把握を容易にするために、ジベル孔内貫通鉄筋などの鉄筋は配置していない.

(2) 載荷方法

載荷は、図-2に示すように、2基の載荷ジャッキを用いて、押し抜き試験を行った。まず、1基のジャッキによりジベル孔に所定の側圧(条件により開き止めのような一定変位拘束の場合もある)を与え、その後、側圧状態を保ったまま、鉛直方向にずれ力を作用させた。また、荷重-ずれ関係がほぼ直線となる荷重域(以下弾性域と呼ぶ)では、載荷速度0.3kN/sの荷重制御で載荷した。その後の荷重-ずれ関係が直線的に変化しなくなる荷重域(以下塑性域と呼ぶ)に入る前から変位制御に変えて載荷した。このときのジャッキの載荷速度は、弾性域からPBL鋼板とコンクリートの相対ずれ量が3mmまでは0.0017mm/s、3mmから8mmまでは0.0056mm/s、8mm以降は0.017mm/sである。載荷の状況を図-3に示す。

側圧については、荷重制御により孔部のコンクリートに一定の側圧を与える場合と、従来の実験の開き止め⁸と同様に、変位制御によりずれとともに増加するコンクリートの広がりを拘束する場合の2ケースとした。荷重制御では、1孔当たり30kNの一定の側圧を与えた。一方、変位制御では、初期側圧として1孔当たり5kNを作用させた状態でその後のコンクリートの広がりを拘束した。そのため、ずれ荷重が増加するにつれて押し広げ力が上昇するため、変位制御では側圧が上昇していくが、この荷重は、ロードセルにより計測した。

また、供試体底面の摩擦力を除去するために、テフロ

表-1 コンクリートの配合条件

セメント種類	粗骨材最大寸法	水セメント比	スランプ(cm)		呼び強度			
	(mm)	(%)	1バッチ	2バッチ	(N/mm2)			
早強ポルトランドセメント	20	65	9	5	30			

表-2 コンクリートの配合条件

細骨材率	空気量		単位量(高性能減水剤			
(%)	(%)	水	セメント	細骨材	粗骨材	(kg/m3)	(C×%)
49	2	168	258	944	998	1.29	0.5

表-3 コンクリートの強度試験結果

	圧縮強度			引張強度			弾性係数		
		(N/mm ²)		(N/mm ²)			(kN/mm2)		
	試験前	試験後	平均	試験前	試験後	平均	試験前	試験後	平均
1バッチ目	34.8	36.7	35.7	2.5	3.0	2.8	27.1	11.0	19.1
2バッチ目	35.4	37.6	36.5	2.7	3.0	2.8	14.4	7.7	11.1

表4 供試体パラメータ

表4 供試体ハフメータ							
/// = A / L &	孔径	背かぶり	高	破壊時 の側圧	側圧		
供試体名	d	С	В	P∟	効果		
	(mm)	(mm)	(mm)	(kN)			
xa-d60-c0	60	0	300	24.6	開き		
xa-d100-c0	100	0	300	21.8	曲と		
xa-d150-c0	150	0	300	18.5	шαл		
xb-d60-c0	60	0	300	29.2			
xb-d100-c0	100	0	300	32.7			
xb-d150-c0	150	0	300	36.2	_		
xb-d200-c0	200	0	300	26.6	一定 荷重		
xb-d60-c150	60	150	300	30.4	191里		
xb-d100-c150	100	150	300	31.6			
xb-d150-c150	150	150	300	33.9			

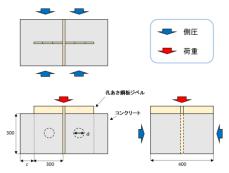


図-1 供試体図面

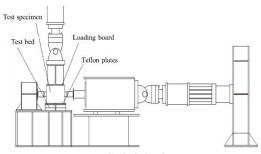


図-2 載荷試験の概略



図-3 載荷実験の状況

ン板を4分割した形で2層敷き、板の間には潤滑油を塗布 した. また、供試体底面とテフロン板の間は、早強セ メントを敷き、不陸を除去した.

(3) 測定項目

本実験において、測定した項目は、鉛直荷重、側圧、 供試体のコンクリートと鋼板間の相対鉛直ずれ、押し広 げ量、ひび割れ幅、かぶり部のひずみである。それぞれ の測定方法は、鉛直荷重は、ジャッキ (アクチュエータ) のロードセルで測定した. 側圧は、鋼板の孔部位置に取 り付けたロードセル(左右2つずつ)で測定し、計4つの 平均値を側圧とした. 鉛直ずれは、供試体側面部の鋼板 とコンクリートにクリップゲージを左右1つずつ設置し て測定し、その平均値をずれ量とした. 押し広げ量は、 側圧作用方向のロードセルの上下に1つずつの計8箇所で 測定し、それらの平均値を押し広げ量とした. ひび割れ 幅は、側面の鋼板にまたがるようにπゲージを等間隔に 左右に各4箇所設置し側圧作用方向のひび割れ幅を測定 した. かぶりのある供試体は、かぶり部上面にもπゲー ジを各2箇所設置した. ひずみに関しては、かぶりのあ る供試体のみにおいて、左右のかぶり部の側面は各3箇 所,上面は各2箇所で測定した.

図-4に、ひずみゲージなどの設置位置を示す.

3. 実験結果

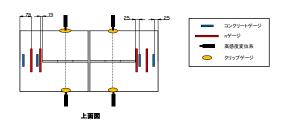
(1) 側圧による影響

表-5に本試験で得られた各供試体の実験結果を示す. 1孔当りのずれ耐荷力は最高荷重をPBL孔数(本試験では 1供試体に2孔を設けたので孔数=2)で除した値である. 表中,xbシリーズは一定側圧(30kN)とした条件である が,破壊時の側圧はかなり変化している.また,変位制 御によりコンクリートの広がりを拘束した状態(以下, 開き止めと呼ぶ)のxaシリーズの破壊時の側圧は,xbシ リーズ(30kN程度)よりも小さい.

図-5に孔径が100mmの荷重ーずれ関係を示す. 図から,一定側圧のずれ耐荷力は,開き止めの場合よりも大きいことがわかる. これは,破壊時の側圧の大きさに対応する. また,側圧が作用している場合には,最高荷重後のずれ力の低下は緩やかである. これは,水平方向の広がりが側圧により拘束されるために,ジベル孔部コンクリートの骨材の噛み合いが大きくなるからといえる.

なお, 孔径が100mm以外の供試体においても同様の結果が得られた.

図-6に、開き止めの場合におけるずれ力-側圧関係を示す. 孔部コンクリートが破壊するまでは、ずれ力の増加にともない、側圧は増加して行く. 孔部コンクリート



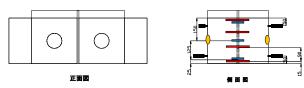


図4 ゲージ,変位系測定位置

表-5 各供試体の実験結果

	71 /2	また ご口	破壊時	1孔当た	刷荷力	
供試体名	孔径	背かぶり	の側圧	評価値		実験値
供訊体石	d	С	P∟	$\alpha = 2.3$	$\alpha = 2.5$	(kN)
	(mm)	(mm)	(kN)	(kN)	(kN)	(KIN)
xa-d60-c0	60	0	24.6	87.6	95.2	104.7
xa-d100-c0	100	0	21.8	114.0	121.5	141.4
xa-d150-c0	150	0	18.5	171.6	179.4	208.4
xb-d60-c0	60	0	29.2	100.2	109.3	130.0
xb-d100-c0	100	0	32.7	143.5	154.2	190.3
xb-d150-c0	150	0	36.2	219.1	232.1	252.9
xb-d200-c0	200	0	26.6	284.7	296.5	252.2
xb-d60-c150	60	150	30.4	138.2	151.4	164.5
xb-d100-c150	100	150	31.6	175.4	189.5	195.9
xb-d150-c150	150	150	33.9	249.8	265.9	283.0

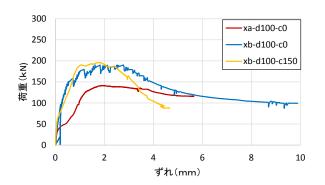


図-5 荷重ーずれ関係

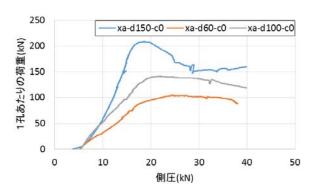


図-6 荷重一側圧関係

が破壊した後は、ずれ力は減少していくものの、側圧は増加した.これは、鋼板のずれに伴いジベル孔部のコンクリートの骨材の噛み合いによる影響であると考えられる.また、開き止めの場合、孔部コンクリートが破壊するときの側圧は20kN程度で、孔径にはあまり影響されないようにみえる.

(2) 孔径がずれ耐荷力に及ぼす影響

図-7に30kNの一定側圧作用下の背かぶりの無い供試体3体と、背かぶりのある供試体3体においてのずれ耐荷力一孔径関係を示す.背かぶりの有無に関わらず、ジベル孔径が上昇するにつれ、ずれ耐荷力が上昇することが図からわかる.従来のずれ耐荷力評価式^{1),3}では、ずれ耐荷力はジベル孔の面積に比例するとしている.図-7にはこの関係を破線で示すが、ずれ耐荷力は、概ねジベル孔径の二乗に比例して増加している.なお、この破線は、藤井らのずれ耐荷力評価式を用いて描いた.

また、図に示すように、かぶりがある場合と無い場合で、d=0時の切片が異なることがわかる. これは、かぶりによる拘束力に起因するが、PBLのずれ耐荷力を評価する際、孔部コンクリートのせん断耐力による影響と拘束力による影響は独立していると考えられるため、それらの足し合わせによりずれ耐荷力を評価できると推測される.

図-8に各側圧作用状態においての荷重ーずれ関係を示す. 側圧作用時において, ジベル孔径の変化はずれ剛性にはあまり影響しないようにみえる.

(3) xb-d200-c0のずれ耐荷力低下についての考察

今回の実験において、xb-d200-c0の供試体だけが予測値を大きく下回る結果となったので、この結果について考察する.この供試体を用いた実験の目的は、ジベル孔径が200mmという大きなジベル孔径においても、藤井らのずれ耐荷力評価式が適用できるか否かを検討をすることである.しかし、実験結果は、ずれ耐荷力が252.2kNとなり、評価式による予測値の296.5kNと44.7kNも差が生じており、ジベル孔径が150mmのxb-d150-c0のずれ耐荷力252.9kNとほぼ変わらない結果となった.なお、xb-d150-c0の実験値は、藤井らの評価式による予測値232.2kNに近い値である.xb-d200-c0のずれ耐荷力低下の理由として以下のいくつかが考えられる.

一つ目は、鋼板の降伏により、ずれ耐荷力が低下したということが考えられる。鋼板の耐荷力 V_s は、通常、次式のレオンハルトの鋼板せん断耐荷力式 1 を用いて評価される。

$$V_s = A_s \frac{f_y}{\sqrt{3}} \frac{100}{40}$$
$$A_s = st$$

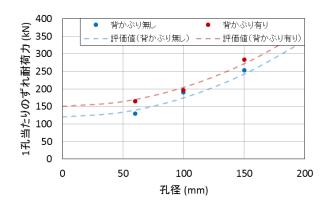


図-7 ずれ耐荷力-孔径関係

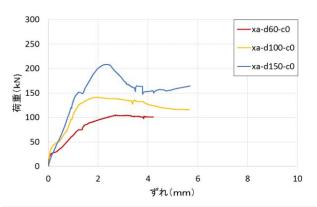


図-8(a)開き止め、背かぶり無し

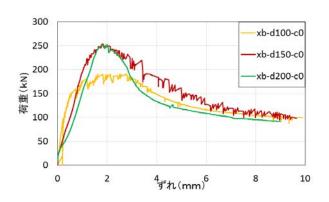


図-8(b)一定側圧, 背かぶり無し

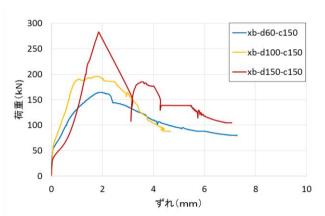


図-8(c)一定側圧, 背かぶり有り 図-8 荷重-ずれ関係

この式は、鋼板のせん断強度に、図-9に示すジベル孔 間隔sと鋼板板厚tを掛け合わせて、せん断耐荷力を評価 するという式である. 今回の実験においては、ジベル鋼 板当たりの孔が1つのため、ジベル孔間隔は、ジベル孔 から、鋼板の上端までの長さとなる。また、ジベル孔径 を変えているので、ジベル孔径が大きくなるにつれ、コ ンクリートのずれ耐荷力は増加するのに対して、せん断 に抵抗する鋼板の面積が小さくなるので、鋼板の耐荷力 は低下する. xb-d200-c0の供試体の場合, ジベル孔部コ ンクリートのずれ耐荷力の予測値は296.5kNとなるが、 上式から得られる鋼板の降伏によるずれ耐荷力は 271.4kNとなる. したがって、孔径200mmの場合、ジベル 鋼板の降伏がコンクリートの破壊よりも早期に現れ、こ の影響でずれ耐荷力が低下した可能性が考えられる. し かし、載荷試験後の鋼板の変形状態を観察すると、視認 できるような大きな鋼板の変形は確認できなかった. ま た、試験終了後のジベル孔部コンクリートはせん断破壊 を生じていた.

二つ目は、ジベル孔部のコンクリートの破壊状態が、 他の供試体と異なったということが考えられる. ジベル 孔径に対して十分大きな板厚を有するジベルは、通常の 場合, 孔部コンクリートは, 図-10(a)のように, 鋼板と 平行に2面せん断により破壊することが多い.しかし, xb-d200-c0の供試体は、鋼板の板厚が12mmに対して、ジ ベル孔径200mmと大きいため、2孔のジベルのうちの一つ は、図-11のように、1面せん断により破壊し、他方のジ ベル孔は、孔部の上側は2面せん断破壊していたが、孔 部の下側は1面せん断破壊していた(図-10(c)). この ように、ずれ耐荷力評価値は、ジベル孔部コンクリート が2面せん断により破壊すると仮定して得た値であるが、 xb-d200-c0の供試体の破壊状態は、孔部コンクリート全 体が1面せん断破壊に近い状態であった. 因みに, 孔部 コンクリートが1面せん断した場合の藤井らの提案式か ら得られるずれ耐荷力は、189kNと計算される.以上の ことから,200mmという大きな孔径においては,ジベル 板厚12mmは相対的に板厚が薄く、1面せん断破壊となる ことが予想される. したがって、2面せん断破壊によっ て壊れるようにするには、板厚を大きくする必要がある が、具体的にどの程度の板厚の拡大が必要かの検討は、 今後の課題であろう.

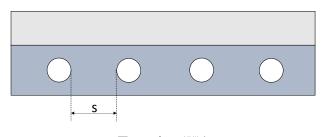


図-9 ジベル間隔s

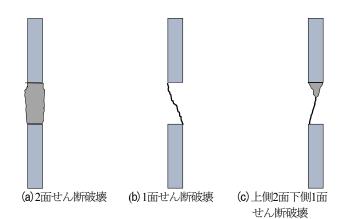


図-10 ジベル孔部コンクリートの破壊形態



図-11 1面せん断破壊後の孔部断面写真(側面)

(4) ずれ耐荷力評価式の妥当性の検討

藤井ら⁵によって提案されている, ずれ耐荷力評価式 は次式で与えられている.

$$V_u = V_{int} + \alpha T_R \tag{1}$$

$$T_R = T_s + T_{cb} + T_{cu} + T_f$$
 (2)

$$V_{int} = 2 \times \left\{ \frac{\pi d^2}{4} + (n-1) \times A_s \right\} \times f_{ct}$$
 (3)

$$T_{cb} = \frac{f_{ct}}{\frac{e_b \times y_b}{I_{cb}} \times \frac{1}{A_{cb}}} \tag{4}$$

$$T_f = \mu N \tag{5}$$

V_u:ジベル孔一つのずれ耐荷力

Vint: コンクリート拘束力がない状態のずれ耐荷力

α:押し広げ力に対する強度上昇係数

 T_R :押し広げ力に対する抵抗力 (コンクリート拘束因子

による抵抗力の和)

Ts: ジベル孔貫通鉄筋による拘束力

 T_{cb} , T_{cu} : コンクリートのかぶりおよびコンクリート寸 法に依存する拘束力(ここではコンクリートを背かぶり 部 T_{ch} と上かぶり部 T_{cu})

T_f: 供試体の底面摩擦による拘束力

d: ジベル孔径

P_L:能動的側圧による拘束力

As: 貫通鉄筋の断面積

n: 鉄筋とコンクリートの弾性係数比

 f_{ct} : コンクリートの引張強度

 e_h : 背かぶりの中立軸からジベル天端までの距離

y_b: ジベル孔中心から背かぶりの中立軸までの距離

 I_{cb} : 背かぶりコンクリート換算断面 2次モーメント

 A_{cb} : 背かぶりコンクリートのコンクリート換算断面積 μ : 底面の摩擦係数(テフロンにより摩擦を除去した場

合: 0.15, 摩擦力を除去しない場合: 0.5)

N:垂直抗力 (CT 鋼及び十字柱試験では N=V,/2)

本実験における背かぶりのない供試体では、上かぶりおよび貫通鉄筋もなく、また側圧のみが押し広げ力に抵抗するコンクリート拘束力として作用されているので、この状態を考慮すると式(2)は次のように書き直すことができる.

$$T_R = T_f + P_L \tag{2}$$

また,式(3)についても

$$V_{int} = \frac{\pi d^2}{2} f_{ct} \tag{3}$$

のように書き直される.

以上の評価式の妥当性を検討する。式(1)の押し広げ力に対する強度上昇係数 α について、背かぶりなし、孔径60mmの供試体のずれ耐荷力とその時の側圧の関係より検討を行う。図-12に、xb-d60-c0、xa-d60-c0の本実験結果と表-6に示す6体の計8体について、ずれ耐荷力と側圧の関係を示す。図から1孔当たりのずれ耐荷力と最高荷重時の側圧には線形の関係が成り立ち、ずれ耐荷力と押し広げ力に抵抗する力(側圧)は比例関係にあることがわかる。なお、切片の値は、式(3)よりこの時の V_{int} である17kNとした。以上を踏まえて回帰解析した結果、傾きは α =2.3となった。

過去に筆者らが行った 112 体の PBL 押し抜き試験のずれ耐荷力の実験結果と係数 2.3 を用いた式 (1) による評価値を比較して、図-13 に示す。また、係数 2.3 と係数 2.5 を用いたそれぞれの評価値との比較を行った。係数 2.3 と 2.5 の実験値に対する評価値の二乗平均平方根誤差はそれぞれ 3.50 及び、3.82 であり、係数 2.3 用いた方が幾分正確にずれ耐荷力を評価できていると考えられる。また、図-13 からわかるように、係数 2.3 を用いた式 (1) による評価値は、ずれ耐荷力をよく捉えている。

表-6 係数評価に用いた実験結果

	供試体名	側圧	1孔当たりの	ずれ耐荷力
	供試体石	PL (kN)	評価値(kN)	実験値(kN)
	x-c0-h300-11.5kN-No.1	16.0	65.0	74.4
民家ら実験	x-c0-h300-11.5kN-No.2	20.0	74.3	80.5
(2013)	x-c0-h300-29.5kN-No.1	37.2	113.7	106.9
	x-c0-h300-29.5kN-No.2	37.8	115.0	117.6
本田ら実験	j-c0-h300-11kN	12.7	57.7	65.8
(2014)	j-c0-h300-30kN	32.5	113.8	113.8
今回の実験	xa-d60-c0	24.6	95.2	87.6
フロの夫状	xb-d60-c0	29.2	109.3	100.2

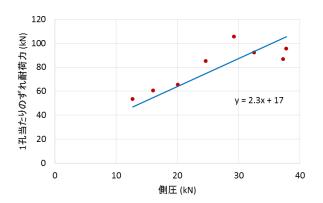


図-12 ずれ耐荷力ー側圧関係

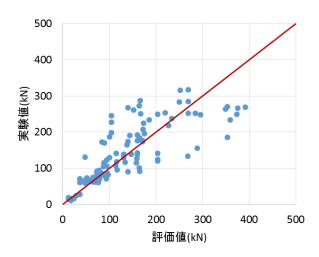


図-13 ずれ耐荷力の実験値-評価値(係数2.3)関係

4. 結論

本研究では、側圧を能動的に作用させた状態で押し抜き試験を行うことによって、側圧による能動的拘束がずれ耐荷力やずれ挙動に及ぼす影響、および側圧が作用した状態での孔径や背かぶりなどの供試体パラメータの変化がずれ耐荷力へ及ぼす影響を調査した。また、藤井らによるずれ耐荷力評価式⁵⁰の妥当性の検討を行った。その結果として、以下の結論を得た。

1) 側圧作用下では、孔部コンクリート破壊後も急激に 荷重が下がることは無く、高いずれ耐荷力を示した. こ

の現象は、一定側圧よりも変位制御による側圧を作用させたほうが顕著に現れた.また、変位制御による側圧は、 孔部コンクリート破壊後もずれに伴い側圧が上昇した.

- 2) 側圧作用下においても、側圧が作用してないときと同様に、孔径の2乗に比例してずれ耐荷力が上昇した.また、孔径の変化によるずれ剛性への影響は小さい.
- 3) ジベル孔径が大きく、相対的にジベル板厚が薄い場合には、孔内コンクリートは2面せん断ではなく1面せん断による破壊が起こる可能性がある。1面せん断と2面せん断の破壊形式が異なる場合、ジベル孔が大きいためにせん断面の破壊がずれ耐荷力およぼす影響は大きい.
- 4) 藤井らの提案したずれ耐荷力評価式のずれ耐荷力と 押し広げ力に抵抗する力の関係の係数は、既往の研究結果と今回の実験結果を用いると、 α =2.3がより正確な推定が可能である.

参考文献

- Leonhardt, F., Andrä, W., Andrä, H. P. und Harre, W.: Neues vorteilhaftes Verbundmittel für Stahlverbund-Trangwerke mit hoher Dauerfestigkeit, *Beton-und Stahlbetonbau*, pp.325-331, 1987.
- 2) 土木学会:複合構造標準示方書,2014.
- 3) 保坂鐵矢,光木香,平城弘一,牛島祥貴:孔あき鋼板ジベルのせん断耐力評価式と設計法に関する研究, 構造工学論文集,Vol48A,pp1265~1272,2002.
- 4) 藤井堅, 岩崎初美他: 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, pp. 502-512. 2008.
- 5) 藤井堅, 道菅裕一他: 孔あき鋼板ジベルのずれ耐荷 力評価式, 土木学会論文集A1, Vol. 70, No. 5, pp. II53~II68. 2014.
- 5) 西海健二,沖本真之:拘束力を考慮した有孔鋼板のずれ止め特性に関する研究,土木学会論文集, No.633/I-49, pp.192-203, 1999.
- 7) 古川祐輔,藤井堅他: 孔あき鋼板ジベルの押し抜き 試験における各種パラメータのずれ耐荷力への影響, 第9回複合構造の活用に関するシンポジウム, 2011.
- 8) 中島章典,橋本昌利,小関聡一郎,鈴木康夫:拘束 度の高い押し抜き試験に基づく孔あき鋼板ジベルの 強度評価,第9回複合構造の活用に関するシンポジ ウム講演集,pp.49-57,2011.

SLIP STRENGTH OF PERFOBOND STRIP WITH SEVERAL HOLE SIZES UNDER EXPRICIT CONCRETE CONFINEMENTS

Masato JITSUDA, Katasi FUJII and Yosuke TAMIYA

A perfobond strip (called PBL, hereafter) is a type of the shear connectors. If the PBL steel plate does not yield, slip strength of PBL, whose slip resistance is caused by the dowel action of the concrete in a hole, will be decided by a concrete fracture, which depends on the confined condition of the concrete around the PBL hole.

The purpose of this study is to clarify how the lateral force effects on the slip strength of PBL, and to investigate the effects of diameter of PBL hole by the reason that the ultimate slip behavior has not been clarified yet, especially in case of large hole.

The slip strength of PBL becomes larger in proportion to lateral force. The conclusions obtained by this study can be summarized as below. The slip strength of PBL becomes larger in proportion to square of the PBL hole size. The slip strength is enhanced by a lateral force. In addition, the slip strength does not decrease so rapidly after the maximum load. The slip strength of PBL becomes larger in proportion to lateral force.