

(8) 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

古川 祐輔¹・藤井 堅²・道菅 裕一³・山口 詩織⁴

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:m103601@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)

³正会員 IHIインフラシステム(株) (〒590-0977 大阪府堺市大浜西町3番地)

⁴正会員 川田工業(株) (〒114-8562 東京都北区滝野川1丁目3番11号)

本稿では、押し抜きせん断試験において、供試体のコンクリート部の寸法、孔径、ジベルの板厚および供試体底面の摩擦状態に着目して、これらのパラメータや試験条件が孔あき鋼板ジベルのずれ耐荷力におよぼす影響を実験的に調べた。押し抜き試験は、従来のCT鋼を用いた試験に加え、ジベル板一枚の供試体の押し抜き試験もあわせて行い、供試体形状の違いについても明らかにした。実験結果から、ずれ耐荷力にとくに大きく影響するのは、供試体底面とテストベッドの摩擦状態であることを検証した。従って、押し抜き試験によりPBLのずれ耐荷力を評価・把握する場合には、供試体底面の摩擦を除去する工夫が不可欠といえる。また、PBLの板厚を薄くするとずれ耐荷力は低下傾向を示すが、これは、PBL孔部コンクリートの破壊形式が板厚によって異なることに起因するためと考えられる。

Key Words : 孔あき鋼板ジベル, ずれ耐力, 底面摩擦力, 破壊メカニズム

1. はじめに

近年、合成桁やコンクリート充填鋼管柱に代表される合成構造は、力学的のみならず経済的にも優れていることから、土木構造物や、建築構造物において多用されるようになった。このような鋼コンクリート複合構造においては、鋼とコンクリートを一体化させるためにずれ止めが用いられる。鋼部分とコンクリート部分を一体化させるためのずれ止めには、頭付きスタッド、孔あき鋼板ジベル、馬蹄形ジベルなどがあるが、従来、頭付きスタッドジベルが多用されてきた。一方、孔あき鋼板ジベル(以下PBLと呼ぶ)は、高いずれ剛性や優れた疲労特性から、現在、種々の複合化技術に採用されるようになりつつある。

通常、ずれ止めの剛性や耐荷力を求めるために、押し抜き試験や引き抜き試験などの要素試験が実施される。我が国では、日本鋼構造協会(JSSC)から頭付きスタッドジベルのずれ耐荷力試験法¹⁾が示されて以来、スタッドジベルのみならず孔あき鋼板ジベルの要素試験もこの試験法に準じて実施されてきた^{2)~16)}。しかし、スタッドジベルとPBLの破壊形式は大きく異なっており、コンクリートの拘束状態に大きく影響されるPBLのずれ特性試験に、スタッドジベルの試験方法をそのまま適用するのは必ずしも適切ではないことが明らかとなった^{10~16)}。そして、

現在、土木学会複合構造委員会複合構造ずれ止めの性能評価法に関する調査研究小委員会(委員長：中島章典)では、ずれ止めのずれ特性を把握するための基準となる試験方法について検討されつつある。

筆者らは、PBLのずれ耐荷力はコンクリートの拘束状態に大きく依存することを示すとともに、ずれ耐荷力に影響するコンクリート拘束因子を明らかにした^{10)~16)}。それは、従来型のCT鋼を用いた押し抜きせん断試験においては、ジベル孔を取り巻くコンクリートブロックの寸法(B, W, c, cu, h, 図-1参照)、ジベル板の先端からコンクリート表面までの距離c(以下では背かぶりと呼ぶ)やcu(以下では上かぶりと呼ぶ)、孔内貫通鉄筋やその他の鉄筋、そして供試体底面とテストベッドの間の底面摩擦があることを指摘した。しかし、種々の因子によるコンクリート拘束効果とずれ耐荷力との関係を定量的に把握し、破壊メカニズムをふまえたずれ耐荷力算定式を力学的に表現して、要素試験と実構造物との拘束条件の違いを表現できるずれ耐荷力算定式を構築するためには、実験資料がまだ数的に不足しているように見える。加えて、今後基準とすべき試験方法についても検討しておく必要がある。このとき、試験方法としては、できるだけコンパクトで実構造物での評価において応用性、汎用性に富むだけでなく、試験法自体が簡単かつ容易で、計測精度の良い方法を目指すべきである。

2. 押し抜き試験概要

今回の実験では、まずジベル板厚 t に注目し、CT鋼供試体では $t=4.5$ および 9.0mm 、一枚板の供試体では $t=6.0$ 、 9.0mm および 12.0mm としてジベル板の板厚がずれ耐力力におよぼす影響を調べた。次に、供試体のコンクリート部の大きさについては、CT鋼供試体は幅 $280\text{mm} \times$ 高さ 300mm 、一枚板供試体は図-3に示すPBL鋼板に背かぶりが存在しない形状で、幅 $100\text{mm} \times$ 高さ 75mm とした。このとき、図-3に示すように、孔の位置はコンクリート底面と接するようにし、コンクリートブロックの大きさを極端に小さくした。

CT鋼供試体および一枚板供試体の載荷状態を、それぞれ図-5および図-6に示す。さらに、CT鋼供試体において、モルタルとコンクリート、異なる材料における違いについても同様に底面摩擦力の影響を受けるのかについても検証した。

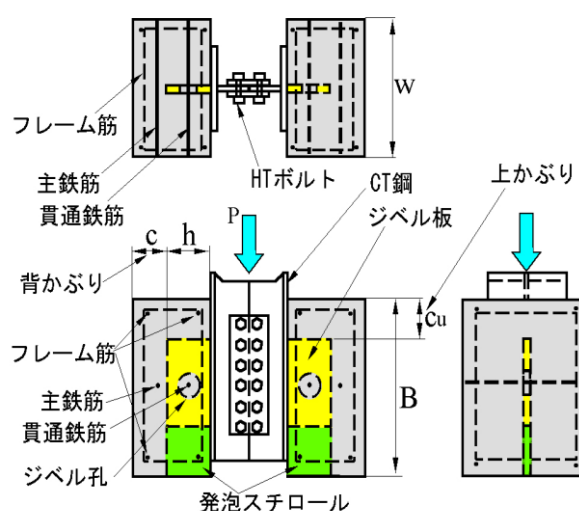


図-1 従来型の押し抜き供試体 (CT 鋼)

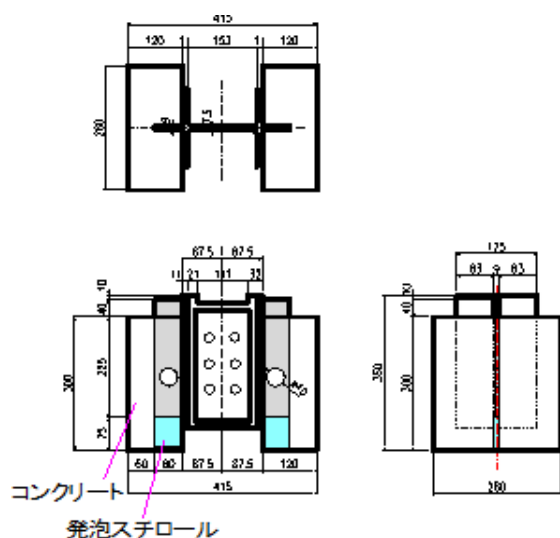


図-2 本実験 CT 鋼押し抜き供試体図

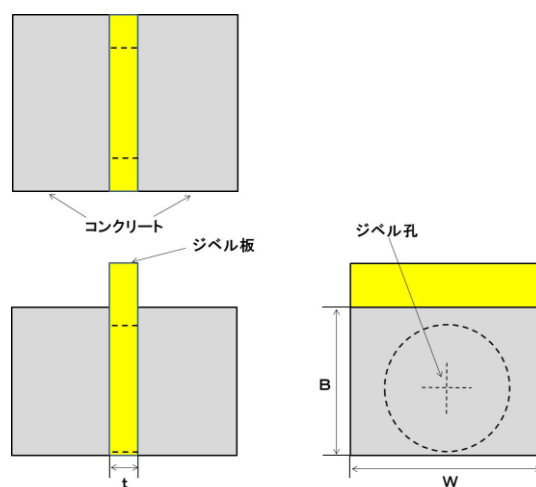


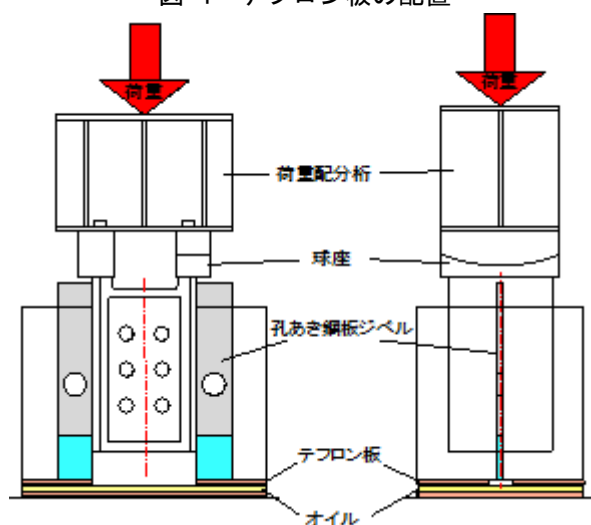
図-3 本実験一枚板押し抜き供試体図



図-4 テフロン板の配置



(a) CT 鋼供試体試験後の状態



(b) 一枚板供試体試験後の状態

図-5 供試体設置例(上図は CT 鋼の場合)

図-6 押し抜き試験後

表-1 CT 鋼押し抜き供試体概要

CT鋼押し抜き		ジベル			コンクリート				ずれ耐力(1孔 当たり) V_u	備 考
		d	t	h	B	W	σ_{ct}	c_b	実験値	
		mm	mm	mm	mm	mm	MPa	mm	kN	
本実験	S.CT-B60-H60-D20-t9-M-T	20	9	60	300	280	4.87	60	18.6	モルタル テフロン板で摩擦軽減
	S.CT-B60-H60-D20-t9-M	20	9	60	300	280	4.87	60	30.1	モルタル
	S.CT-B60-H60-D40-t9-M-T	40	9	60	300	280	4.87	60	38.3	モルタル テフロン板で摩擦軽減
	S.CT-B60-H60-D40-t9-M	40	9	60	300	280	4.87	60	65.1	モルタル
	S.CT-B60-H60-D40-t9-T	40	9	60	300	280	3.25	60	41.4	最小骨材15mm テフロン板で摩擦軽減
	S.CT-B60-H60-D40-t9	40	9	60	300	280	3.25	60	103.9	最小骨材15mm
	S.CT-B60-H60-D40-t4.5-T	40	4.5	60	300	280	3.25	60	38.1	最小骨材15mm テフロン板で摩擦軽減
	S.CT-B60-H60-D40-t4.5	40	4.5	60	300	280	3.25	60	80.7	最小骨材15mm

表-2 一枚板押し抜き供試体概要

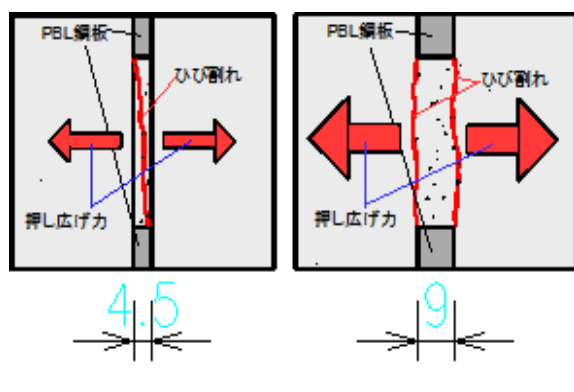
一枚板押し抜き		ジベル			コンクリート				ずれ耐力(1孔 当たり) V_u	備 考
		d	t	h	B	W	σ_{ct}	c_b	実験値	
		mm	mm	mm	mm	mm	MPa	mm	kN	
本実験	S.1-B0-H75-D60-t6-T	60	6	100	75	100	3.25	0	12.3	摩擦軽減
	S.1-B0-H75-D60-t6	60	6	100	75	100	3.25	0	16.2	
	S.1-B0-H75-D60-t9-T	60	9	100	75	100	3.25	0	15.3	摩擦軽減
	S.1-B0-H75-D60-t9	60	9	100	75	100	3.25	0	36.3	
	S.1-B0-H75-D60-t12-T	60	12	100	75	100	3.25	0	15.9	摩擦軽減
	S.1-B0-H75-D60-t12	60	12	100	75	100	3.25	0	33.6	

3. 押し抜き試験結果

3.1 破壊形式

押し抜き試験終了後の写真を図-6に示す。今回の実験供試体は、全供試体において、PBLの孔部コンクリートの破壊によりずれ耐力が決まった。CT鋼供試体では、図-6(a)に示すように、背かぶり部分にジベルプレート先端からかぶりコンクリートの表面に向かうひび割れが発生し、最高荷重到達時あるいは最高荷重到達直後には、ほとんどの供試体はジベル孔部コンクリートが2つに分割されて、急激に耐力を失った。

一方、表-2に示す一枚板の供試体では、背かぶりが無いので、上記のひび割れは無いが、図-6(b)に示すように、テフロン板により底面摩擦を除去したものは、供試体下面が広がる(ジベル板からコンクリートが離れる)ような挙動を示して破壊した。このとき、破壊後のジベル孔部のコンクリートのひび割れ状態をみると、ジベルの板厚が薄い $t=6.0\text{mm}$ の場合には、図-7(a)に示すような破壊面が1つ(一面せん断破壊)であったのに対して、板厚が厚い $t=12.0\text{mm}$ の場合は、図-7(b)に示すように、破壊面がジベル板と平行に2つ発生する二面せん断破壊であった。一方、 $t=9.0\text{mm}$ の場合には、一面せん断破壊と二面せん断破壊の両破壊形式が現れ、前者のずれ



(a) 一面せん断破壊 (b) 二面せん断破壊
図-7 破壊形式の違い

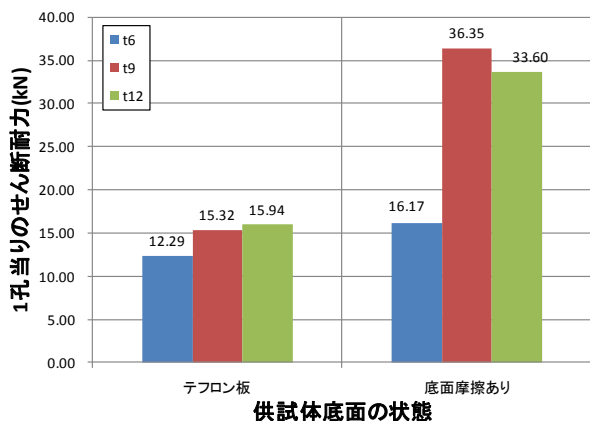


図-9 一枚板押し抜き試験結果(平均値)

耐力は後者よりも20%異なっている。図-8および図-9に一枚板押し抜き試験結果をまとめたグラフを示す。図-8は横軸に板厚(mm)、縦軸に1孔当りのせん断耐力(kN/孔)を示す。中抜きになっている凡例はテフロン板による摩擦軽減を行った試験結果である。図-9は、テフロン板で摩擦軽減した場合と、していない場合に分け、同じ条件の平均値をとり、縦軸に1孔当りのせん断耐力(kN/孔)を示す。同様に、図-10はCT鋼押し抜き試験結果をまとめた図である。このように、ジベル板の厚さが増加するとPBLのずれ耐力は増加傾向を示すが、その増加量はテフロン板ではわずかであることが図-9および図-10からわかる。とくに、二面せん断破壊を起こした $t=9\text{mm}$ と $t=12\text{mm}$ のずれ耐力はほとんど同じであり、また、一面せん断破壊の場合の $t=6\text{mm}$ と $t=9\text{mm}$ でも板厚の変化に対して有意な差はなさそうである。しかしながら、底面摩擦を軽減していない場合を比較すると一枚板供試体において、ジベル板の厚さが $t=6\text{mm}$ から $t=9\text{mm}$ に、CT鋼供試体において、 $t=4.5\text{mm}$ から $t=9\text{mm}$ に変化することで孔部の破壊形式が一面せん断破壊か二面せん断破壊と異なり、ずれ耐力への大きな影響が現れる。また、 $t=9\text{mm}$ と $t=12\text{mm}$ の結果を比較することで破壊形式に違いがない場合には、摩擦軽減しない場合もジベル板の板厚が変化してもずれ耐力にはほとんど影響しないと判断できる。

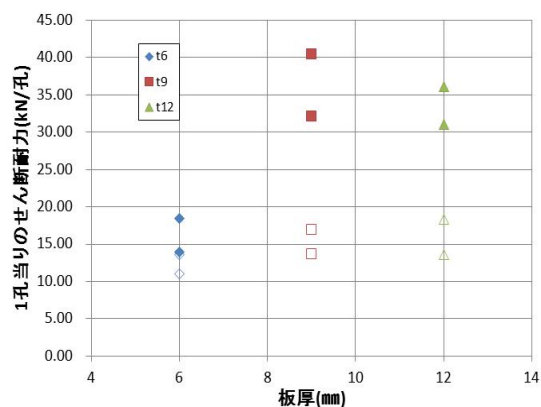


図-8 一枚板押し抜き試験結果

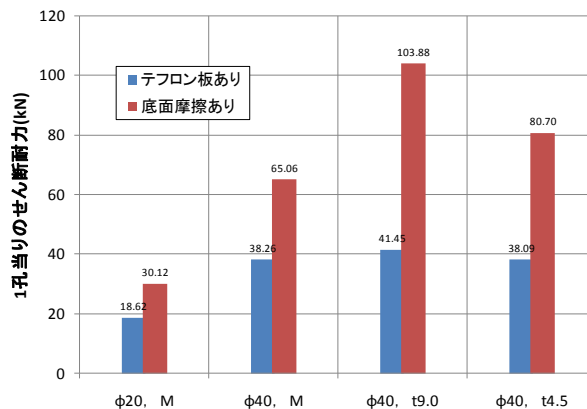


図-10 CT鋼押し抜き試験結果

3.2 背かぶりの影響

過去に行われた鉄筋を配置していない供試体の押し抜きおよび引き抜き試験結果も含めて、背かぶりの変化にともなうずれ耐力の影響を示すと、図-11のようになる。横軸に背かぶり厚(mm)で、縦軸は1孔当りのせん断耐力(kN/孔)を示す。また、凡例の中抜きのマークは、テフロン板により供試体底面の摩擦を軽減したもので、中塗りのマークは底面の摩擦を軽減していない。

図-11から言えることは大間知ら⁴⁾の一枚板引き抜き試験と今回の一枚板の押し抜き試験結果、CT鋼の押し抜き試験結果から孔あき鋼板ジベルの背かぶりが大きくなると1孔当りのずれ耐力が上昇していることがわかる。

3.3 供試体のコンクリート部の大きさの影響

もし、PBLのずれ耐力が、3.2で示すような孔部コンクリートの一面あるいは二面せん断破壊だけで決まるならば、PBLを取り囲むコンクリートの大きさは、PBLのずれ耐力に影響しないはずである。この子音を確かめるために以下では、深田らの行った実験結果と今回行った実験結果とを比較する。

表-3に深田らの結果¹⁰⁾と今回行った実験結果をまとめて示す。表-3からわかるように、今回行ったコンクリートの大きさは、深田らの供試体の大きさは幅300mm×高さ300mmであるのに対して、幅100mm×高さ75mmと極端に小さくしている。また、試験結果は、コンクリートの強度が異なるので、その影響を取り除くために、深田らの実験結果には、コンクリートの引張強度の比1.3倍を実験値にかけて補正した。このようにして、ずれ耐力を比較したものが図-12である。図からわかるように、テフロン板により底面摩擦を除去した場合、および底面摩擦を除去していない場合ともに両者のずれ耐力はほとんど同じであり、コンクリートの大きさはずれ耐力に影響しないと判断できる。ただし、ジベル板表面とコンクリートの付着がある場合には、ずれ耐力はその影響を受けるのは明らかである。また、かぶりがある場合には、かぶりがある場合には孔部コンクリートが拘束されるのでずれ耐力に大きく影響するのは言うまでもない。

3.4 底面摩擦の影響

藤井ら^{10)~16)}は、底面摩擦が孔あき鋼板ジベルのずれ耐力に大きく影響をすることを指摘しているが、数的に十分な検証は行われていない。図-8~12に示すように、今回の実験結果からも供試体とテストベッドの間の底面摩擦がPBLのずれ耐力に大きく影響することがわかる。これらの図からわかるように、ずれ耐力はテフロン板を用いて底面摩擦を低減したものと比較すると、低減しない場合は、低減したものの約2倍となっていることがわかる。

実際の構造物では、底面摩擦が発生するような場合は無いと考えられるので、底面摩擦がある押し抜き

試験結果を実務設計にそのまま適用するのは危険側となる。したがって、ずれ耐力を評価するために押し抜き試験を適用するのであれば、底面摩擦を除去する工夫が不可欠である。

このように押し抜き試験において底面摩擦がずれ耐力に極めて大きな影響をおよぼすことは、CT鋼、一枚板および十字柱といった試験方法に関わらず影響する。

3.5 試験方法に関する考察

本論文で、1) 背かぶりが大きくなるとずれ耐力が上昇する、2) 背かぶりが無い場合、供試体コンクリート部の寸法がずれ耐力に影響しない、3) 底面摩擦の有無がずれ耐力に大きく影響する、上記の結果をふまえてPBLのずれ耐力を求める試験方法を提案する。従来型のCT鋼を用いた押し抜き試験では、コンクリートの打設方向の影響を考慮できるものの、試験そのものが大規模で供試体も大きくなる。

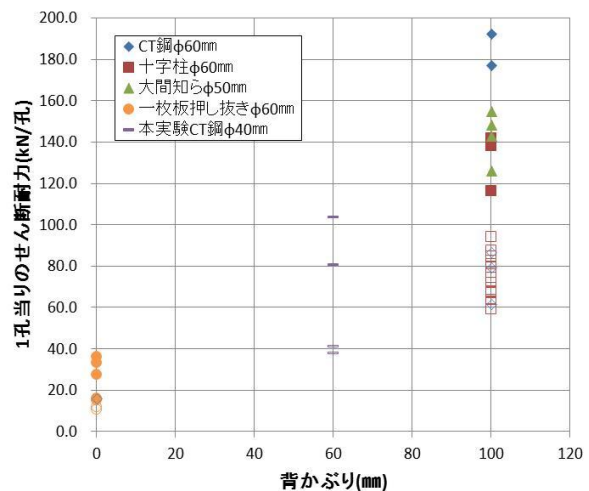


図-11 過去の無筋供試体試験結果まとめ

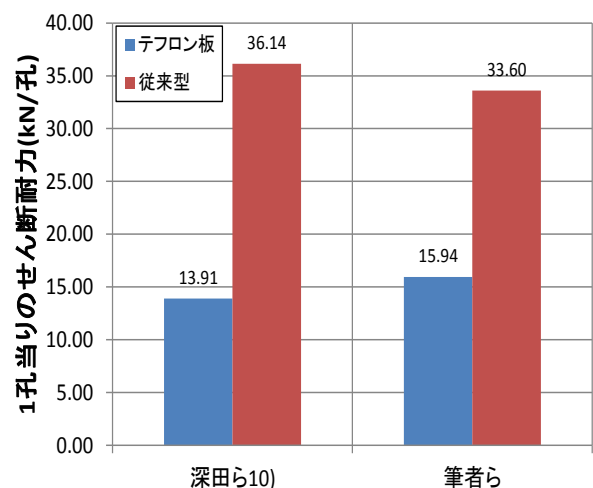


図-12 一枚板押し抜き試験結果(補正後)

これに対して一枚板の場合、供試体の大きさはそれほど小さくなくてもよいが、かぶりを考慮する場合、ジベルの両側にかぶりが付くことになり、合成桁を対象とするような場合とは異なる。加えて、供試体作成時のジベル板の配置に工夫を要する。

これらのことをふまえて、本論文では、図-13に示すような十字柱を用いた押し抜き試験を提案する。この場合、CT鋼と同様にコンクリートブロックは2つあり、それぞれのジベル板も2つ存在するが、一枚板の押し抜き試験と異なってかぶりの数は合成桁のような場合に対応できる。また、供試体の大きさもそれほど小さくなくても十分で、供試体作成も容易である。ただし、図-4に示すようにテフロン板を配置して、底面摩擦を除去しなくてはならない。

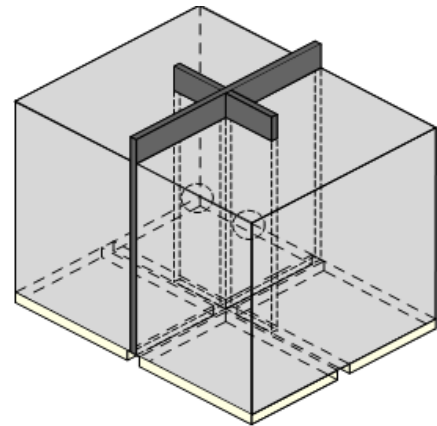


図-13 十字柱における供試体図

表-3 過去の実験結果

CT鋼押し抜き		ジベル			コンクリート				ずれ耐力(1孔当たり) V _u	備考	
		d	t	h	B	W	α _s	c _b			
		mm	mm	mm	mm	mm	MPa	mm			
藤井ら	S-B100-U0-N-T	60	12	150	520	400	2.80	100	61.3	摩擦軽減	
	S-H-B0-U0-N-T	60	12	150	520	400	2.45	0	16.0	摩擦軽減	
	SCT-B100-H100	60	12	100	100	400	2.64	100	192.3		
	SCT-B100-H100	60	12	100	100	400	2.64	100	177.0		
	SCT-B100-H100-T	60	12	100	100	400	2.64	100	79.1	摩擦軽減	
	SCT-B100-H100-T	60	12	100	100	400	2.64	100	86.7	摩擦軽減	
本実験	SCT-B60-H60-D20-t9-M-T	20	9	60	300	280	4.87	60	18.6	モルタル テフロン板で摩擦軽減	
	SCT-B60-H60-D20-t9-M	20	9	60	300	280	4.87	60	30.1	モルタル	
	SCT-B60-H60-D40-t9-M-T	40	9	60	300	280	4.87	60	38.3	モルタル テフロン板で摩擦軽減	
	SCT-B60-H60-D40-t9-M	40	9	60	300	280	4.87	60	65.1	モルタル	
	SCT-B60-H60-D40-t9-T	40	9	60	300	280	3.25	60	41.4	最小骨材15mm テフロン板で摩擦軽減	
	SCT-B60-H60-D40-t9	40	9	60	300	280	3.25	60	103.9	最小骨材15mm	
	SCT-B60-H60-D40-t4.5-T	40	4.5	60	300	280	3.25	60	38.1	最小骨材15mm テフロン板で摩擦軽減	
	SCT-B60-H60-D40-t4.5	40	4.5	60	300	280	3.25	60	80.7	最小骨材15mm	
保坂ら	タイプ-3 No.1	35	12	70	500	600	2.12	90	36.6		
	タイプ-3 No.2	35	12	70	500	600	2.12	90	57.2		
	タイプ-3 No.3	35	12	70	500	600	2.12	90	60.4		
	タイプ-4 No.1	35	8	70	500	600	2.12	90	54.9		
	タイプ-4 No.2	35	8	70	500	600	2.12	90	51.5		
	タイプ-4 No.3	35	8	70	500	600	2.12	90	55.2		
十字押し抜き		ジベル			コンクリート				かぶり	ずれ耐力(1孔当たり) V _u	備考
		d	t	h	B	W	α _s	c _b			
		mm	mm	mm	mm	mm	MPa	mm			
藤井ら	S-C-B100-H100 No.1	60	12	100	520	400	2.64	100	142.1	摩擦有	
	S-C-B100-H100 No.2	60	12	100	520	400	2.64	100	138.3	摩擦有	
	S-C-B100-H100-T No.1	60	12	100	520	400	2.64	100	74.5	摩擦軽減	
	S-C-B100-H100-T No.2	60	12	100	520	400	2.64	100	81.3	摩擦軽減	
	S-C-B200-H100-T	60	12	100	520	400	2.64	100	127.4	摩擦軽減	
	S-C-B100-H150-T	60	12	150	520	400	2.64	100	67	摩擦軽減	
	S-C-B100-H200-Y100-T No.1	60	12	200	520	400	2.64	100	76.9	摩擦軽減	
	S-C-B100-H200-Y100-T No.2	60	12	200	520	400	2.64	100	72.3	摩擦軽減	
	S-C-B100-H200-Y150-T	60	12	200	520	400	2.64	100	67.1	摩擦軽減	
	S-C-B100-H200-Y200-T No.1	60	12	200	520	400	2.64	100	59.3	摩擦軽減	
	S-C-B100-H200-Y200-T No.2	60	12	200	520	400	2.64	100	67.6	摩擦軽減	
	S-S-B100-H100 '05	60	12	100	520	400	2.64	100	116.6	摩擦有	
	S-S-B100-H100-T '05	60	12	100	520	400	2.64	100	63.7	摩擦軽減	
	S-S-B100-H100-T No.1 '06	60	12	100	520	400	2.64	100	85	摩擦軽減	
	S-S-B100-H100-T No.2 '06	60	12	100	520	400	2.64	100	79.4	摩擦軽減	
	S-S-B100-H100-T No.1 '07	60	12	100	520	400	2.64	100	68.1	摩擦軽減	
	S-S-B100-H100-T No.2 '07	60	12	100	520	400	2.64	100	87.7	摩擦軽減	
	S-S-B100-H100-T No.3 '07	60	12	100	520	400	2.64	100	94.3	摩擦軽減	
一枚板押し抜き		ジベル			コンクリート				ずれ耐力(1孔当たり) V _u	備考	
		d	t	h	B	W	α _s	c _b			
		mm	mm	mm	mm	mm	MPa	mm			
深田ら	S-P-B0-U0-N	60	12	150	300	300	2.50	0	27.8		
	S-P-B0-U0-N-T	60	12	150	300	300	2.50	0	10.7	摩擦軽減	
本実験	S.1-B0-H75-D60-t6-T	60	6	100	75	100	3.25	0	12.3	摩擦軽減	
	S.1-B0-H75-D60-t6	60	6	100	75	100	3.25	0	16.2		
	S.1-B0-H75-D60-t9-T	60	9	100	75	100	3.25	0	15.3	摩擦軽減	
	S.1-B0-H75-D60-t9	60	9	100	75	100	3.25	0	36.3		
	S.1-B0-H75-D60-t12-T	60	12	100	75	100	3.25	0	15.9	摩擦軽減	
	S.1-B0-H75-D60-t12	60	12	100	75	100	3.25	0	33.6		
一枚板引き抜き		ジベル			コンクリート				ずれ耐力(1孔当たり) V _u	備考	
		d	t	h	B	W	α _s	c _b			
		mm	mm	mm	mm	mm	MPa	mm			
大間知ら	A50-12	50	12	200	400	400	3.53	100	142.7		
	A50-12	50	12	200	400	400	3.53	100	126.0		
	A50-9	50	9	200	400	400	3.53	100	148.2		
	A50-9	50	9	200	400	400	3.53	100	154.8		

4. 結論

以上、孔あき鋼板ジベルの押し抜き試験において、供試体寸法、ジベル孔径、ジベル板厚および供試体底面の状態の影響因子がどのようにずれ耐力に影響するかを調べ、ジベル孔近傍のコンクリート拘束効果と破壊形式の観点から考察した。本実験におけるPBLの破壊形式は、すべてジベル孔周辺のコンクリートが破壊する形式で、ジベル鋼板の降伏に起因する形式は現れなかった。本研究で得られた知見をまとめると以下ようになる。

- 1) ジベルの孔径が大きくなるとずれ耐力は上昇する。しかし、孔の面積に比例するような増加傾向はみられなかった。
- 2) ジベルの板厚が厚くなると、ずれ耐力は増加傾向を示す。しかし、その増加率はあまり大きくない。試験後のジベル孔内のコンクリートの破壊状態から判断すると、板厚が厚くなることによる耐力の上昇は、ジベルの板厚が薄い場合には、ひび割れ面は図-7に示すような1面せん断面を形成しているのに対して、板厚が厚い場合には2面せん断面となることに起因していると推察される。
- 3) PBLのずれ耐力は、供試体のコンクリートの大きさ(寸法)に影響され、コンクリートの高さ h および厚さ b (背かぶりの厚さに対応)に影響される。とくに背かぶりがある場合には、コンクリートの高さの影響度が大きくなる。一方、コンクリート幅 W については、ほとんど影響しない。
- 4) 背かぶりの厚さが大きいほどずれ耐力は大きくなる。
- 5) 供試体底面の摩擦がずれ耐力におよぼす影響は極めて大きいことを再確認した。したがって、PBLのずれ耐力を求めるための標準試験方法については、この底面摩擦を除去する工夫が不可欠といえる。
- 6) 図-13に示すような鋼十字柱を用いた押し抜き試験および1枚板押し抜き試験と従来型のCT鋼を用いた押し抜き試験を比較すると、試験法による大きな差は認められなかった。これをふまえて、標準試験法として、十字柱を用いた押し抜き試験法を提案した。このとき供試体底面の摩擦は、図-4に示すようにテフロン板を配置して、底面摩擦を除去する必要がある。
- 7) 背かぶりがある場合には、十字柱およびCTの押し抜き試験に比べ、一枚板試験は若干大きめのずれ耐力となったが、これは、かぶり部分が、一枚板試験の場合には2箇所となるが、他の試験法では1箇所となる違いと考えられる。

いままでに多数の研究者により、多数のPBLせん断強度試験が行われている。本稿では、すでに行われているこれらの実験結果をまとめることによって、

ずれ耐力に影響する種々の因子を抽出しようとした。しかし、実験結果は実に様々なコンクリート寸法が採用されているのに対して、ジベルの板厚や孔径、コンクリート粗骨材径などは比較的限定された範囲に絞られている、また、供試体底面の摩擦の状態も十分には検討されていないなど、PBLのずれ耐力には種々の因子が影響するため各因子の影響を明確にすることが極めて難しくなっていることを再認識した次第である。たとえば、ずれ耐力とジベル孔径の関係を示す図を描いても、孔径は概ね30～80mmの範囲であり、粗骨材寸法なども異なっており、傾向を正確に捉えるのは難しい。今後は、各因子の影響度を把握できるようにパラメータを選定して実験的に把握・検証するとともに、破壊メカニズムをふまえたずれ耐力評価式による現象の究明が不可欠であろう。

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) Leonhardt, F., Andra, W., Andra, H. P. und Harre, W. : Neues Vorteilhaftes Verbundmittel für Stahlverbund-Tragwerke mit hoher Dauerfestigkeit, Beton-und Stahlbetonbau, pp. 325-331, 1987
- 3) 日本道路協会：道路橋示方書・同解説 IV 下部構造編, pp.110-119, 1996。
- 4) 大間知良晃, 永田淳, 高田和彦, 清田練次：パワースラブ(鋼・コンクリート合成床板)の性能確認実験, 横河ブリッジ技報, No.26, pp.24-34, 1997
- 5) 上中宏二郎, 赤城尚宏, 鬼頭宏明, 園田恵一郎：パーフォボンドリブのせん断特性に関する実験的研究, 構造工学論文集, Vol.46A, pp. 1605-1616, 2000。
- 6) 保坂鐵矢, 光木香, 平城弘一, 牛島祥貴, 橘吉宏, 渡辺滉：孔あき鋼板ジベルのせん断特性に関する実験的研究, 構造工学論文集, Vol.46A, pp.1593-1604, 2000。
- 7) 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
- 8) 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。
- 9) 岩崎初美, 藤井堅, 豊田正, 藤村伸智：孔あき鋼板ジベルのせん断強度試験に関する一考察, 土木学会応用力学論文集, Vol.6, pp.487- 492, 2003。
- 10) 深田和弘, 藤井堅, 豊田正, 岩崎初美, 藤村伸智：コンクリート拘束効果を考慮した孔あき鋼板ジベルのずれ耐力評価, 第 6 回複合構造の活用に関するシンポジウム, 2005。
- 11) 岩崎初美, 藤井堅, 豊田正, 深田和弘：合成桁における孔あき鋼板ジベルのずれ挙動に関する研究, 土木学会構造工学論文集, Vol.51A, pp.1483-1491, 2005。
- 12) 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。
- 13) 岩崎初美, 藤井堅, 深田和弘, 天野仁美：少数主桁橋梁における孔あき鋼板ジベルのずれ挙動に関する研究,

- 土木学会構造工学論文集, Vol.52A, pp.1073-1082, 2006.
- 14) 日向優裕, 藤井堅, 深田和宏, 道菅裕一: 並列配置された孔あき鋼板ジベルの終局ずれ挙動, 土木学会構造工学論文集, Vol.53A, pp.1089-1098, 2007.
- 15) 藤井堅, 岩崎初美, 深田和宏, 豊田正, 藤村伸智: 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.
- 16) 森賢太郎, 藤井堅, 道菅裕一, 佐々木達也, 山口詩織: PBL の種々の試験方法におけるコンクリート拘束効果, 土木学会第 64 回年次学術講演会
- 17) 土木学会: 複合構造標準示方書, 2009

ON PUSHES TESTS SLIP STRENGTH OF PBL UNDER DIMENSIONAL PARAMETERS

Yusuke FRUKAWA, Katashi FUJII, Yuichi DOUKAN and Shiori YMAGUCHI

The ultimate slip strength of perforated rib shear connectors is investigated through push-out tests, in relation with radius of PBL-hole, thickness of PBL-plate, dimensions of concrete block and the friction of the bottom a specimen, also investigated in the difference of test methods. It is concluded from the test results that the most significant factor in the push-out test is the friction between a test specimen and test bed. Therefore, it is important to remove the friction force in order to get actual slip strength, also concluded that thinner thickness of PBL-plate make the slip strength decrease, because of fractural holes.