

神戸市立工業高等専門学校 正会員 ○上中宏二郎

大阪市立大学大学院 学生員 赤城 尚宏

大阪市立大学工学部 坪田 慎一

大阪市立大学工学部 正会員 鬼頭 宏明

大阪市立大学工学部 フェロー 園田恵一郎

1. はじめに

鋼とコンクリートから構成される合成部材における両材料間の接合部のずれ止めとして慣用の頭付きスタッドに代わるものとしてレオンハルトらの開発したパーフォボンドストリップ¹⁾がある。これは、複数の円孔を設けた鋼帯板を鋼桁フランジに連続溶接したもので、優れた疲労特性と簡易な施工性より注目されているが、そのせん断特性評価法は明確に定められていないのが現状である。ここでは、スタッドに対する規範的な JSSC 案に準拠した押抜き試験法²⁾により、孔数、貫通鉄筋の有無を実験変数とした 6 供試体の載荷実験を行った。得られた実験結果と既報の引抜き実験成果³⁾との比較を通して載荷条件がせん断特性評価に及ぼす影響について考察する。

2. レオンハルトらの評価式

レオンハルトらの提案したパーフォボンドストリップ(以下、帯板と呼称する)の1孔当たりの設計せん断強度(D)、および終局せん断強度(D^*)の算定式は次の通りである。(ここに、 d : 円孔直径、 f_c : コンクリート強度)

$$D = \frac{\pi}{4} d^2 \times 1.08 f_c \times 2 \quad (1)$$

$$D^* = D / 0.7 \quad (2)$$

3. 実験概要

押抜き試験(Fig.1)はでは、まず、H 形鋼(H200×200×12/19)をウェブで半分に切断した鋼材のフランジ部分に帯板の底面を連続すみ肉溶接し、その部分にコンクリートブロックを打設し、切断部分を 2 枚の添接板を介して高力ボルト接合し、1つの供試体とした。そして、H 形鋼を上側から押抜くことで接合部すなわち帯板にせん断力を与えた。一方、引抜き試験(Fig.2)では、母材である鋼板($t=19$)に帯板を連続すみ肉溶接したもの同士を向かい合わせ、その間にコンクリートを打設した供試体を作成し、両母材を引抜くことでせん断力を与えた。なお、帯板のみの特性を評価できるように、母材にはグリース塗布とビニール敷設を施し、両材料間の付着を除去し、さらに、コンクリートと帯板との支圧抵抗を除去するため、発泡スチロールを帯板のずれる方に設置もした。さらに、コンクリートの割裂破壊を防止するため補助鉄筋(D10)も配置した。そして、帯板の孔数(1~3)と円孔内の貫通鉄筋(有、無)を実験変数とした。なお、円孔径は 40mm、帯板厚 12mm は一定とした(Fig.3 参照)。

4. 実験結果と考察

本年度行った押抜き試験と昨年度までに行った引抜き試験の結果を Table.1 にまとめている。表中最左欄の Tag(供試体名)は、載荷条件: Push(押抜き)/Pull(引抜き)、実験変数: 1~3(孔数)と N(鉄筋無し)/R(鉄筋有り)から構成されている。

(1)最大せん断強度: Table.1 の最右欄の無次元化せん断強度を整理

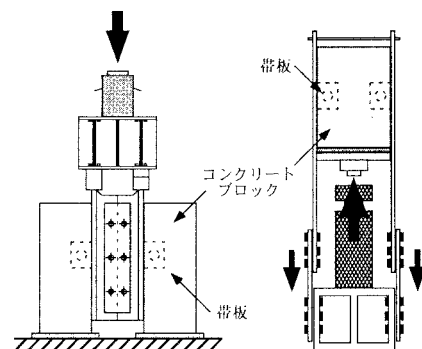


Fig.1 押抜き試験 Fig.2 引抜き試験

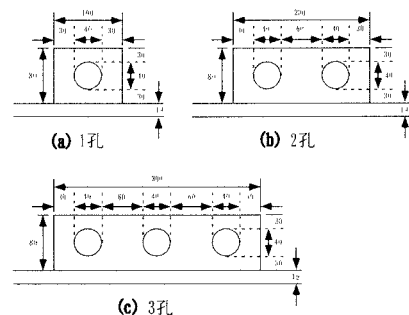


Fig.3 帯板の形状(SS400, t=12)

した Fig.4 より、一例を除き、最大せん断強度は押抜き試験の方が平均で 18% 大きな値が得られた。

(2) **ずれ変形特性** : Fig.5 は、共通の実験変数を有する両試験結果として、載荷せん断力とずれ変形の関係の一例を示したものである。最大せん断強度到達以降に引抜き試験下ではせん断強度が下がるのに対し、押抜き試験時ではピーク強度をほぼ保持できていた。

(3) **初期ずれ剛性** : Fig.6 は Fig.5 の初期載荷段階を拡大したもので、点線・破線はそれぞれの初期ずれ剛性を表す。押抜き載荷することで、初期剛性は 3~8 倍の上昇が見られた。

(4) **貫通鉄筋の軸方向引張力** : Fig.7 は作用せん断力と円孔内に配置した貫通鉄筋の軸方向引張力の関係の比較例である。引抜き試験では、押抜き試験に比して最大せん断強度到達前での軸方向引張力の増加傾向が著しかった。これより、引抜き試験では帯板と境にコンクリートの開く挙動が著しいと言える。なお、載荷終了時におけるコンクリート部のクラックの程度にもその違いが表れていた。

(5) **孔数の効果** : Fig.8 は貫通鉄筋を有する供試体の無次元化最大せん断強度を比較したものである。引抜き試験では孔数の増加に伴い 1 孔当たりの平均せん断強度が減少していたが、押抜き試験の場合はほぼ一定であった。

5. まとめ

- (1) 最大せん断強度は引抜き試験に比して押抜き試験が大きい値となった。
- (2) 貫通鉄筋を有する供試体での最大せん断強度到達以降の挙動において、押抜き試験ではせん断強度が保持されたのに対し、引抜き試験時では顕かな強度低下があった。
- (3) 押抜き試験下での初期剛性 $[K_0]$ は引抜き試験時のそれより 3~8 倍大きくなった。
- (4) 引抜き試験下は押抜き試験時よりも、最大せん断強度到達時の貫通鉄筋の軸方向引張力が大きくなった。また、載荷終了時も、大きなクラックが生じていた。
- (5) 以上をまとめると、押抜き試験法は引抜き試験法に比べて、帯板とコンクリートの界面における拘束力が過大になっており、これらの試験法による付着強度を実構造物の設計に適用するには、この拘束力の評価が重要であると結論付けられる。

参考文献 : 1) Leonhardt et al : Beton-und Stahlbetonbau, pp.325-331, 12/1987. ; 2) 日本鋼構造協会 : 頭付きスタッドの押抜き試験方法(案)とスタッドに関する研究の現状, pp.1-24, 1996. ; 3) 上中ほか : 構造工学論文集, Vol.46A, pp.1605-1616, 2000.

Table.1 実験結果一覧

Tag	Stiff.		Shear Strength (kN)		Comparison		S=
	f_c (N/mm ²)	K_0 (kN/mm)	D_{exp} [0]	Eq. (1) [1]	Eq. (2) [2]	[0]/[1] [0]/[2]	
Push-1N	22.9	1008.3	79.9	61.5	88.3	1.30 0.91	2.19
Push-1R	22.9	1190.1	76.9	61.5	88.3	1.25 0.87	2.10
Push-2N	22.9	4727.7	149.7	123.6	176.6	1.21 0.85	4.10
Push-2R	22.9	3289.0	157.0	123.6	176.6	1.27 0.89	4.29
Push-3N	22.9	5597.8	195.0	185.4	264.8	1.05 0.74	5.33
Push-3R	22.9	6924.5	231.5	185.4	264.8	1.25 0.87	6.33
Pull-1N	29.2	419.1	75.9	78.9	112.7	0.96 0.67	1.62
Pull-1R	25.6	383.8	111.0	69.2	98.9	1.60 1.12	2.71
Pull-2N	25.6	643.6	140.8	138.4	197.7	1.02 0.71	3.44
Pull-2R	25.6	478.6	167.4	138.4	197.7	1.21 0.85	4.09
Pull-3N	25.6	∞	192.4	207.7	296.7	0.93 0.65	4.70
Pull-3R	25.6	∞	213.5	207.7	296.7	1.03 0.72	5.21

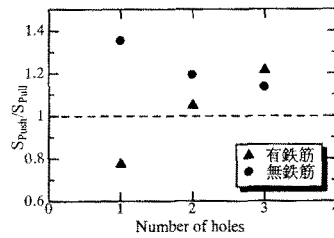


Fig.4 最大せん断強度の比較

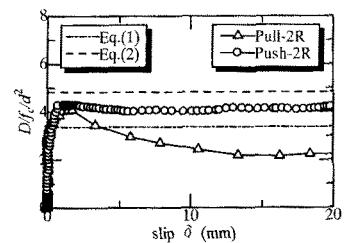


Fig.5 ずれ変形特性(2孔有鉄筋)

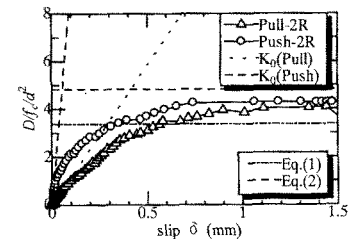


Fig.6 初期ずれ剛性(2孔有鉄筋)

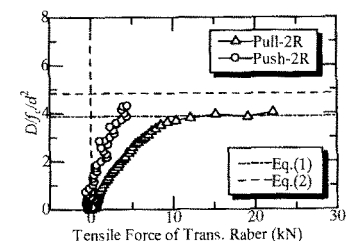


Fig.7 軸方向引張力(2孔有鉄筋)

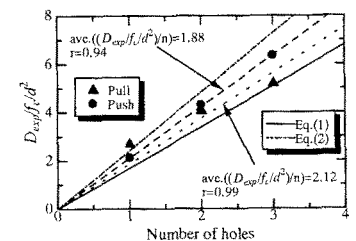


Fig.8 孔の効果(有鉄筋)