

十字型鋼板押抜き試験による 孔あき鋼板ジベルのせん断力分担特性の検討

宇都宮大学 学生員 ○中島絢平 小関聡一郎 フェロー 中島章典 正会員 鈴木康夫

1. はじめに

近年、橋梁などの建設に際して、力学特性や経済性・維持管理性の向上、騒音・振動への配慮から複合構造の採用事例が増えつつある。複合構造の鋼とコンクリートの材料間で応力伝達に用いるずれ止めの1つとして孔あき鋼板ジベル（以下、PBLと呼ぶ。）の利用が増えてきている。PBLを長手方向に複数配置した場合には、各ジベル孔が伝達するせん断力の分担割合はまだ明らかにされていない^{1),2)}。

本研究では、実際に用いられるPBLの応力伝達状況を考慮して、母材鋼板両面に1~3個のジベル孔を有するリブを溶接させた十字型鋼板の押抜き試験体を用い、力が母材鋼板からジベル孔を有するリブに力が伝達される状況において、各ジベル孔のせん断力分担特性を検討した。

2. 実験概要

(1) 試験体

本研究では、十字型鋼板の母材にのみ荷重を載荷することでジベルに間接的にせん断力を与え、各ジベル孔に作用するせん断力の分担特性を調べる。そのために、母材鋼板両面にジベル孔を有するリブを溶接させた十字型鋼板をコンクリートで囲む押抜き試験体(CP)を製作し、ある程度の拘束効果を有するPBL構造を再現した。また、基本的な性状を知るために同径のジベル孔を有する平鋼板を用いた試験体(FP)と、鋼板とコンクリートの接触面に生じる付着力を調べるためジベル孔のない十字型鋼板を用いた押抜き試験体(NP)も製作した。試験体の形状を図-1に示す。試験体の種類は、表-1に示すように平鋼板の試験体は孔数1個のみ、十字型鋼板は孔数2, 4, 6個とし、それぞれ貫通鉄筋の有無で2体ずつ製作した。ジベル孔のないNP試験体は孔数に対応する大きさでそれぞれ2体ずつ製作した。

母材鋼板は幅200mm、厚さ19mm、リブは幅80mm、厚さ12mmのものを使用した。孔径はすべて40mmとし、孔間隔は円孔中心間を160mmとした。貫通鉄筋を有する試験体では、円孔中心に貫通鉄筋を配置し、コンクリート打設前に鋼板にはクラフトテープを貼付け、ひずみゲージの貼り付けがずれに与える影響を極力小さくした。

(2) 測定項目

コンクリートと鋼板の相対変位を高感度変位計を用いて計測する。計測位置は母材鋼板上部からコンクリート上面までである。また、ひずみゲージを孔間の中央高さに8枚ずつ母材とリブに貼り付ける。孔数2個の場合、上から1個目と2個目の孔間の中央高さに計16枚、孔数3個のときは上から1個目と2個目、2個目と3個目の孔間に計32枚貼り付けひずみを計測する。

スターラップ、貫通鉄筋にもひずみゲージを貼り付ける。貼り付け位置はスターラップの場合、上から見て各孔のす

表-1 各試験体の孔数・貫通鉄筋の有無

鋼板形状	試験体名	ジベル孔数	貫通鉄筋	試験体名	ジベル孔数	貫通鉄筋
平鋼板	FP10x	1	無	—	—	—
	FP11x	1	有	—	—	—
十字型鋼板	CP10x	2	無	NP001	無	—
	CP11x	2	有	NP002	無	—
	CP20x	4	無	NP003	無	—
	CP21x	4	有	NP004	無	—
	CP30x	6	無	NP005	無	—
	CP31x	6	有	NP006	無	—

※ x は試験体番号 1or2 が入る

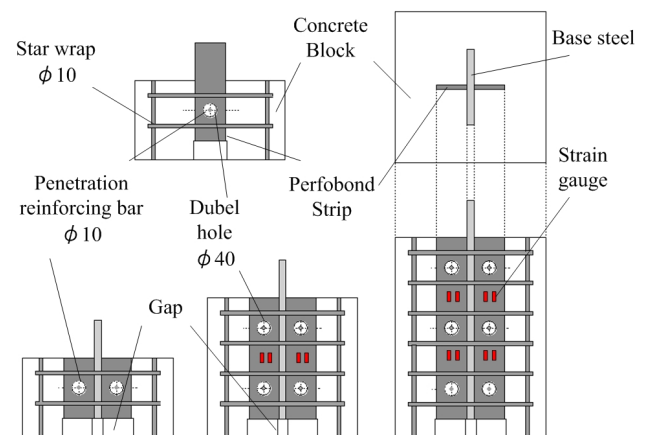


図-1 試験体

ぐ下にあたる鉄筋の1辺の中央部に、貫通鉄筋は孔内に入る部分にそれぞれ2枚ずつ対面で貼り付けた。

(3) 試験方法

押抜き試験は油圧ジャッキを有するフレーム載荷試験機を用いて、母材鋼板のみに荷重が作用するように試験体の上部から載荷した。試験体の下には砂を敷き、鋼板の垂直を保たせるとともに、試験体底面と載荷台との摩擦の影響を小さくさせた。また、載荷はコンクリートと鋼板の相対変位が20mmに至るまで行った。

(4) 使用材料

載荷試験実施時のコンクリートの圧縮強度及び引張強度、弾性係数の平均値はそれぞれ29.9N/mm²、3.1 N/mm²、28.1kN/mm²である。また、貫通鉄筋はD10を使用し、降伏強度、引張強度はそれぞれ361N/mm²、519N/mm²である。さらに、鋼板はSS400を使用し降伏強度、引張強度はそれぞれ311N/mm²、447N/mm²である。

3. 試験結果と考察

表-2に各試験体の最大せん断耐力と複合構造標準示方書³⁾に記載されている強度算定式による設計せん断耐力を示す。最大せん断耐力は、相対変位5mm以内に最大荷重を示した点の荷重とし、その値から鋼板とコンクリートの

Key Words: 複合構造, 孔あき鋼板ジベル, 十字型鋼板押抜き試験体, せん断力分担

〒321-8585 宇都宮市陽東 7-1-2 宇都宮大学工学部建設学科 Tel.028-689-6210 Fax.028-689-6210

表-2 各試験体最大せん断耐力・強度算定式

試験体名	最大せん断耐力 (kN)	強度算定式 (kN)	試験体名	最大せん断耐力 (kN)	強度算定式 (kN)	試験体名	付着力	
							貫通有	貫通無
FP101	81.4	49.7	FP111	58.2	114.5	FP	5.0	4.2
FP102	70.9	49.7	FP112	65.1	114.5	—	—	—
CP101	113.1	99.4	CP111	136.0	228.9	NP001	20.5	18.7
CP102	110.3	99.4	CP112	138.9	228.9	NP002	35.7	38.6
CP201	239.7	198.8	CP211	276.8	457.8	NP003	44.9	35.0
CP202	221.7	198.8	CP212	282.0	457.8	NP004	37.4	33.3
CP301	319.7	298.2	CP311	383.6	686.7	NP005	64.1	47.2
CP302	348.3	298.2	CP312	425.7	686.7	NP006	59.8	50.6

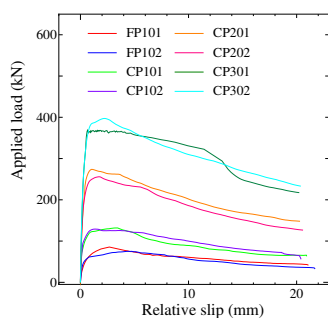


図-2 荷重-ずれ関係 (貫通無)

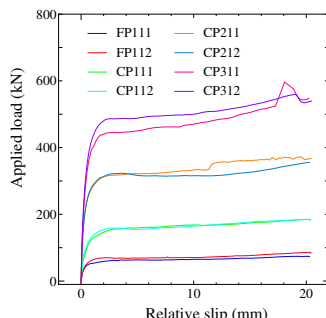


図-3 荷重-ずれ関係 (貫通有)

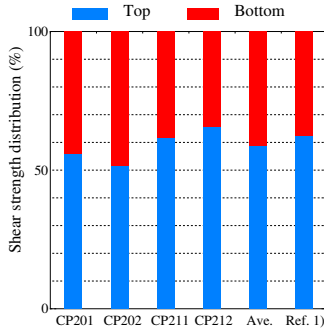


図-4 分担割合 (孔数 2)

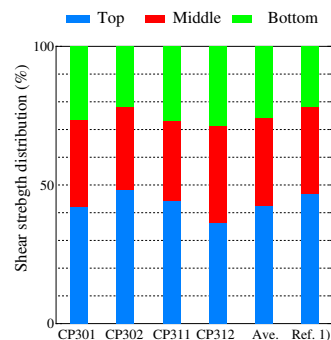


図-5 分担割合 (孔数 3)

接触面に作用する付着力を除いた値である。付着力は、各 CP 試験体で最大せん断耐力時ずれ量を求め、そのずれ量に対応する同形状の NP 試験体のせん断耐力を付着力とみなした。なお、平鋼板を有する FP 試験体の付着力は、十字型鋼板の試験体から得た結果をもとに表面積と付着力の比を求め算出した。

強度算定式と CP 試験体の最大せん断耐力を比較すると、貫通鉄筋無しの場合は算定式の方が小さく、貫通鉄筋有りの場合は、算定式の方が大幅に大きいことがわかる。これは、強度算定式が適応される試験体の拘束状態と本実験の拘束状態が異なっているためと、試験体製作に用いた貫通鉄筋の引張強度が適応範囲を超えた大きさであったためと考えられる。

図-2、図-3 はそれぞれ貫通鉄筋が無い場合と有る場合の各試験体のせん断力-ずれ変位関係を示す。これらの図から、貫通鉄筋を有する試験体は荷重がピークに達して以降の耐力が増え続けていることがわかる。これはずれが大きくなるにつれ、貫通鉄筋が孔内を移動して孔の縁に接近し、支圧されるコンクリートの拘束度が高くなるためと考えられる。

次に、孔が複数個ある場合のせん断力の分担について比較する。孔間の中央高さに貼ったひずみゲージを母材、リブごとに平均を算出し、そこから求めた軸力をその鋼板断面に作用する軸力と見なし、孔間に作用している軸力と載荷荷重の差から、各孔のせん断力の分担割合を算出した。なお、分担割合は試験体に作用する荷重が小さい時にはばらつきが大きいため、各試験体の最大せん断耐力の 50%～90%の載荷荷重によって得た分担割合を平均させたものをその試験体の持つせん断力の分担割合とした。以上のように求められた各試験体の分担割合と既往の研究で得られた分担割合²⁾を合わせて図-4、図-5 に示す。

図-4 より、試験体によってばらつきはあるが、貫通鉄

筋の有無による分担率への大きな影響は見られず、孔数 2 個の試験体の上下のジベル孔のせん断力分担割合は、平均すると約 60:40 となった。

一方、孔数 3 個の試験体の各ジベル孔が負担するせん断力の割合を示した図-5 から、孔数 3 個の試験体におけるせん断力の分担割合は、平均して上から順番に約 43:31:26 となった。

ここで得た結果と、図-4、図-5 の右端に示す既往の研究の結果と比較すると、どちらも載荷位置に近いジベル孔から順に高い分担割合を占めているのがわかるが、本実験の方が底面側のジベル孔にも比較的多く力が流れている傾向が見られる。

4. まとめ

本研究では、1～3 個のジベル孔を複数配置したリブを持つ十字型鋼板を用いた試験体の押抜き試験を行った。その結果、ジベル孔数比例して最大せん断耐力が増加していることが明らかになった。しかし、各ジベル孔に分担されるせん断力の割合は均等ではなく、上側のジベル孔に高い割合で力が流れていることから、複数のジベル孔がある場合、上側のジベル孔は孔数 1 個の時よりもせん断耐力が大きくなると考えられる。また、貫通鉄筋を有する平鋼板の試験体の最大せん断耐力が貫通鉄筋無しの試験体のせん断耐力よりも低い値となった。他の試験体と異なる結果なので、試験体を切断し、ジベル孔内の様子を確認する予定である。

参考文献

- 1) 古内 仁, 上田多門, 鈴木 統, 田口秀彦: 孔あき鋼板ジベルのせん断伝達耐力に関する一考察, 第 6 回複合構造の活用に関するシンポジウム, No.26, 2005.
- 2) 中島章典, 内藤雅人, 鈴木康夫: 長手方向に複数配置した孔あき鋼板ジベルのせん断力分担特性, 第 8 回複合・合成構造の活用に関するシンポジウム講演集, No.56, 2009.
- 3) 土木学会複合構造委員会: 複合構造標準示方書 2009 年制定, 2009.