

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

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

1. はじめに

近年, 橋梁などの建設に際して, 力学特性や経済性の向上あるいは騒音・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. しかし, 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あまり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鋼板を溶接させた十字型鋼板の押抜き試験体を用い, 母材鋼板からジベル孔を有するリブ鋼板に応力が伝達される状況において, 各ジベル孔に作用するせん断力分担特性の検討と, 文献²⁾と比較して応力伝達方法による挙動の違いを検討した.

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母材鋼板を介してジベル孔に伝達され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鋼板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ジベル孔数 1 個のみ, 十字型鋼板はリブ鋼板のジベル孔数 1, 2, 3 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 試験体はジベル孔数に対応する大きさでそれぞれ 2 体ずつ製作した.

母材鋼板の寸法は幅 200mm, 厚さ 19mm, リブ鋼板の寸法は文献²⁾と各寸法の比が等しくなるよう幅 80mm, 厚さ 12mm のものを使用した. ジベル孔径はすべて 40mm とし, ジベル孔間は 160mm とした. 貫通鉄筋を有する試験体では, ジベル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, ひずみゲージをジベル孔間の中央高さに 8 枚ずつ母材とリブ鋼板に貼付ける. リブ鋼板のジベル孔数 2 個の場合, 上段と下段のジベル孔間の中央高さに計 16 枚, リブ鋼板のジベル孔数 3 個のときは上段と中段, 中段と下段のジベル孔間に各 16 枚で計 32 枚貼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付ける. 貼付け位置はスターラップの場合, 上段から各ジベル孔の

表-1 各試験体のリブ鋼板のジベル孔数・貫通鉄筋の有無

鋼板形状	貫通鉄筋 無		貫通鉄筋 有		ジベル孔なし
	試験体名	ジベル孔数	試験体名	ジベル孔数	
平鋼板	FP101 FP102	1	FP111 FP112	1	-
十字型鋼板	CP101 CP102	1	CP111 CP112	1	NP001 NP002
	CP201 CP202	2	CP211 CP212	2	NP003 NP004
	CP301 CP302	3	CP311 CP312	3	NP005 NP006

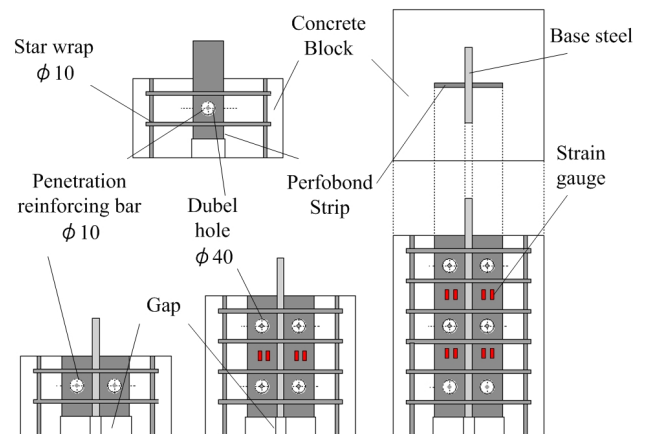


図-1 試験体

すぐ下部にある鉄筋の 1 辺の中央部に, 貫通鉄筋はジベル孔内に入る部分にそれぞれ 2 枚ずつ対面で貼付ける.

(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試験体の母材鋼板突き出し部上面から載荷した. 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 を越えるまで行った.

(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

図-2, 図-3, 図-4 はそれぞれリブ鋼板のジベル孔数 1~3 個の試験体のせん断力-ずれ変位関係を示し, 貫通鉄筋の有無によるせん断力の違いを比較する. 図の横軸のずれ変位はコンクリートブロック上面と載荷点直下の鋼板との相対ずれ変位を表し, 縦軸は試験体への載荷荷重である. 図中の青い実線は貫通鉄筋がない試験体の結果であり, 赤

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 宇都宮大学大学院工学研究科学際先端システム学専攻 Tel.028-689-6210 Fax.028-689-6210

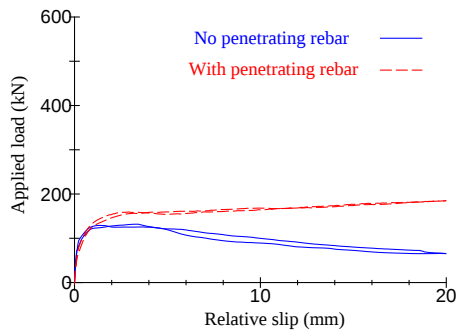


図-2 荷重 - ずれ変位 (CP101~CP112)

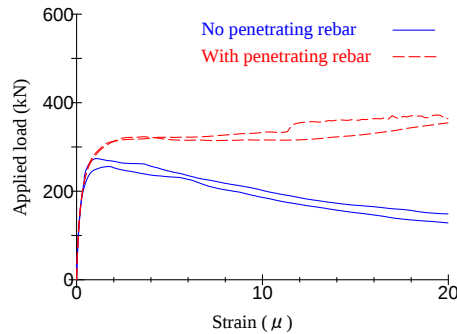


図-3 荷重 - ずれ変位 (CP201~CP212)

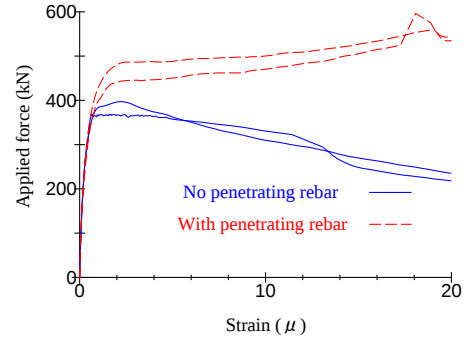


図-4 荷重 - ずれ変位 (CP301~CP312)

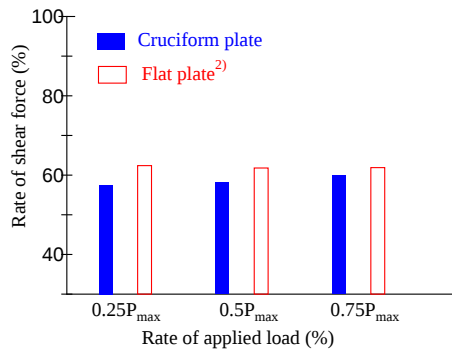


図-5 分担割合 (ジベル孔数 2 個)

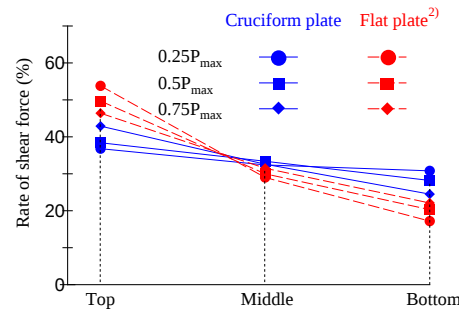


図-6 分担割合 (ジベル孔数 3 個)

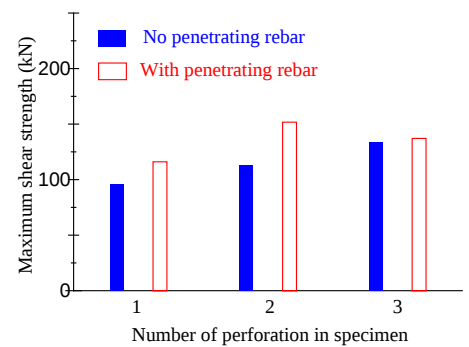


図-7 1 段目のジベル孔のせん断耐力

い破線は貫通鉄筋を設けた試験体の結果である。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、貫通鉄筋がジベル孔内を移動してジベル孔の縁に接近し、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、リブ鋼板にジベル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。ジベル孔間の中央高さに貼ったひずみゲージから母材、リブ鋼板ごとに平均ひずみを算出し、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、ジベル孔間に作用している軸力と載荷荷重の差から、各ジベル孔のせん断力の分担割合を算出した。なお、分担割合は載荷荷重との関係も調べるため、各試験体の最大荷重 P_{max} に対して 25%、50%、75% の載荷荷重によって得た分担割合を考察した。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-5、図-6 に示す。

図-5 より、図中の青い実線で示すリブ鋼板のジベル孔数 2 個の試験体の上段のジベル孔が負担するせん断力分担割合は、載荷荷重の割合 25% では 57.5%、50% では 58.2%、75% では 59.9% となっている。これに対し、図中の赤い実線で示す文献 2) の平鋼板での結果は、それぞれ 62.4%、61.8%、61.9% となっており、平鋼板の場合の方が分担割合が大きい。しかし、どちらの場合も上段のジベル孔が負担する値が下段よりも大きい。

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図-6 に示す。なお、平鋼板における結果を赤マークで、十字型鋼板の結果を青マークで示している。平鋼板の結果は荷重によって変化するが、上段、中段、下段の順に約 50 : 30 : 20 となっており、十字型鋼板の結果は約 40 : 33 : 27 という結果となった。これらの結果から、母材鋼板を介してジベル孔に応力が伝達される方が各ジベル孔に比較的均等にせん断力が分担される傾向が見られる。

本実験で算出したせん断力分担割合から、各試験体の上段のジベル孔に作用する最大せん断耐力を算定した。その最大荷重 P_{max} の 75% における結果を図-7 に示す。図の

縦軸を上段のジベル孔の最大せん断耐力を、横軸は試験体のリブ鋼板に設けているジベル孔数を表している。この図から、ジベル孔数が複数ある場合の方がジベル孔 1 個の場合よりせん断耐力が大きくなっていることが確認できる。これは、押抜き試験時に、コンクリートブロックの下側は開き、上側では逆に圧縮されるため上側のジベル孔付近の拘束効果が大きいと考えられる。

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鋼板を持つ十字型鋼板を用いた試験体の押抜き試験を行い、鋼板のひずみを詳細に調べ、各ジベル孔に作用するせん断力分担割合を算出した。その結果と文献 2) での結果を比較し、応力伝達状況が異なる孔あき鋼板ジベルの各ジベル孔に作用するせん断力分担割合を考察した。

本研究を通して得られた主な知見をまとめると以下のようである。

- 算出されたせん断力の分担割合は、リブ鋼板にジベル孔数 2 個有する試験体の場合、上段のジベル孔の負担する割合は約 58% となり、ジベル孔数 3 個の試験体においては、載荷荷重の大きさによって幾分変化するが、せん断力分担割合は上段、中段、下段の順で大きいことが確認でき、その割合は上段のジベル孔でおよそ 40%、中段は 33%、下段は 27% となっている。
- 試験体の孔数が増えるに従って、貫通鉄筋の有無によらず、試験体上段の孔あき鋼板ジベルのせん断耐力は増加する傾向が認められる。
- ジベル孔を有する鋼板に直接応力が伝達される場合に対し、母材鋼板を介してジベル孔に応力が伝達される場合の方が、ジベル孔 1 個のせん断耐力は小さい。

参考文献

- 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.
- 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.