

補強鉄筋のひずみ挙動に着目した孔あき鋼板ジベルのせん断抵抗に関する実験

宇都宮大学 学生員

○ 水取未流

正会員

NGUYEN MINH HAI

フェロー会員

中島章典

正会員

大野将季

藤倉修一

1. はじめに

鋼コンクリート複合構造などの異種材料間のずれ止めの1つとして孔あき鋼板ジベルがある。孔あき鋼板ジベルのせん断耐力などはジベル孔周辺のコンクリートの拘束力に依存することが指摘されている¹⁾。しかし、例えばジベル鋼板の周辺に配置する補強鉄筋の位置やジベル鋼板、ジベル孔の複数配置はどのようにジベル孔周辺のコンクリートの拘束力、つまり孔あき鋼板ジベルのせん断耐力に影響しているかは必ずしも明確にされていない。

本研究では、ジベル鋼板とジベル孔の数や配置間隔あるいは補強鉄筋の配置位置をパラメータとした押抜き試験を行い、これらの要因がジベル孔周辺の拘束力およびせん断耐力に及ぼす影響をせん断力-ずれ変位関係や補強鉄筋のひずみ挙動に基づいて検討した。

2. 実験概要

本研究では図-1に示すようにジベル鋼板を母材鋼板に溶接し母材鋼板の両側にコンクリートブロックを有する合計9体の押抜き試験体を用いた。試験体一覧を表-1に示す。試験体名のD, P, a, b, rの後の数字はそれぞれジベル孔数, ジベル鋼板枚数, ジベル孔間隔, ジベル鋼板間隔およびジベル鋼板の縁端から補強鉄筋中心までの距離を示す。また, D1P2b150r50W試験体は同種類試験体のコンクリートブロックの奥行と異なり, B=450mmとなっている。また, Q_u は各試験体のジベル孔1つ当たりのせん断耐力を示す。なおジベル孔径は全て50mmである。また, 全試験体のコンクリートの圧縮強度, 引張強度の平均値はそれぞれ32.0N/mm², 3.1N/mm²である。ジベル鋼板と補強鉄筋の降伏強度はそれぞれ409N/mm², 353N/mm²である。

試験体は油圧ジャッキを有するフレーム載荷試験機に設置し, 荷重を母材鋼板の突き出し部に載荷した。さらに, 試験体のコンクリートブロックの底面に砂を敷き, 鋼板を極力垂直に保たせており, コンクリートを打設する前にジベル鋼板の表面にグリスを塗った。なお, 母材鋼板とコンクリートブロックのずれ変位は高感度変位計を用いて計測しており, コンクリートブロック中に配置した補強鉄筋に図-1に示しているようにひずみゲージを水平方向の対面に貼付し補強鉄筋のひずみを調べた。

3. 実験結果および考察

(1) せん断力-ずれ変位関係

全試験体のせん断力-ずれ変位関係を図-2に示す。また, 図-2のずれ変位2mm以下の範囲での関係を図-3に示す。縦軸はジベル孔1つ当たりのせん断力, 横軸はずれ変位である。試験体の種類は図中の線種によって区別している。

図-3より単列鋼板配置の試験体ではせん断力が50~60kN程度, 並列鋼板配置の試験体ではせん断力が60~70kN程度からせん断力の増加に対するずれ変位の増加が大きくな

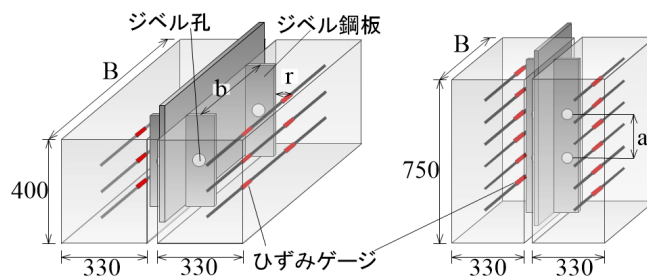


図-1 試験体

表-1 試験体一覧

試験体名	B (mm)	r (mm)	b (mm)	a (mm)	Q_u (kN)
D1P1r50	300	50	-	-	84
D1P1r5	300	5	-	-	90
D1P2b150r50	600	50	150	-	103
D1P2b150r50W	450	50	150	-	102
D1P2b300r50	600	50	300	-	96
D1P2b300r5	600	5	300	-	100
D2P1a100r50	300	50	-	100	82
D2P1a100r5	300	5	-	100	86
D2P1a200r5	300	5	-	200	83

り, 初期剛性は後者の方が大きい。全ての試験体のせん断耐力は82~103kNの範囲にあるが, 並列鋼板配置の試験体のせん断耐力は単列鋼板配置の試験体に比べ1割程度大きい。また, 全ての試験体のせん断耐力付近で図-4のように, ジベル鋼板の縁端からコンクリートブロックの側面に向かって斜め方向のひび割れが徐々に生じたことが確認されている。これは, ジベル孔で生じる押し広げ力の作用によるものであると考えられる。また, コンクリートブロック表面にひび割れが確認された後, せん断力の増加は小さい。これは図-4のようにひび割れが生じることによってジベル孔周辺の拘束力が低下したためと考えられる。

一方, 補強鉄筋の配置位置に着目すると表-1より補強鉄筋をジベル鋼板の縁端に接近させて配置した試験体とジベル鋼板の縁端から50mmの位置に配置した試験体とのせん断耐力の差異が小さい。これは, 補強鉄筋の配置位置が図-4に示すような斜めひび割れを生じさせる力に大きく影響せず, またこのひび割れの発生後にせん断力が大きく増加しなくなったためと考えられる。

前述のように単列鋼板配置の試験体に比べ, 並列鋼板配置の試験体のせん断耐力が大きくなった理由は2枚のジベル鋼板の並列配置により図-4の右側のような斜めひび割れを生じさせた後においても, 2つのジベル鋼板の間のコンクリートの領域での拘束力の低下が小さいためと考えられる。

また, 単列鋼板配置の試験体で長手方向に配置したジベル孔数の違いに着目すると, ジベル孔数の違いに関わらずジベル孔1つ当たりのせん断耐力は同程度になっている。これは, ジベル鋼板にジベル孔2つの試験体はジベル孔1つの試験体に比べて, ジベル孔1つ当たりのコンクリートブロックの側面積が同程度で, ジベル孔周辺の拘束力が同程度であったためと考えられる。

Key Words: 鋼コンクリート複合構造, 孔あき鋼板ジベル, せん断耐力, ジベル孔の配置, 補強鉄筋ひずみ, ジベル鋼板の配置

〒321-8585 宇都宮市陽東 7-1-2 宇都宮大学大学院工学研究科地球環境デザイン学専攻 Tel.028-689-6210

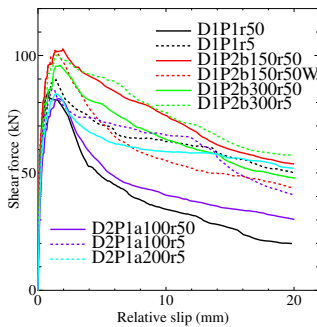


図-2 セン断力-ずれ変位関係 (全試験体)

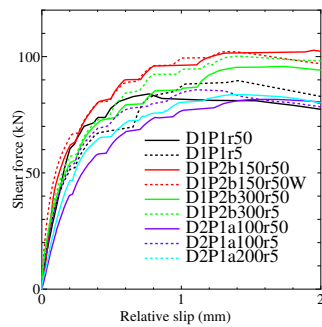


図-3 セン断力-ずれ変位関係 (ずれ変位 2mm 以下)

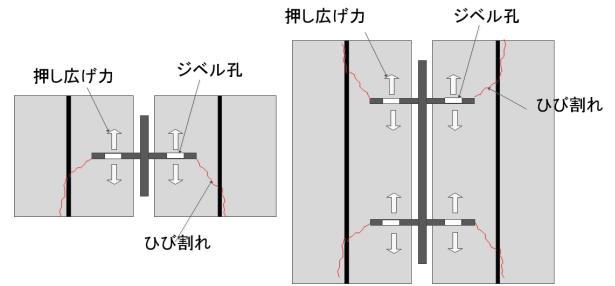


図-4 コンクリートブロック上面のひび割れ

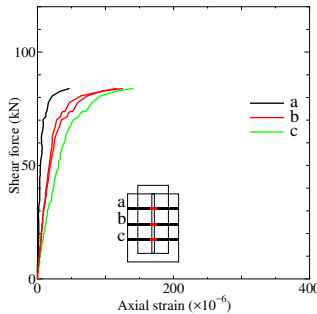


図-5 セン断力-補強鉄筋軸ひずみ関係 (D1P1r50)

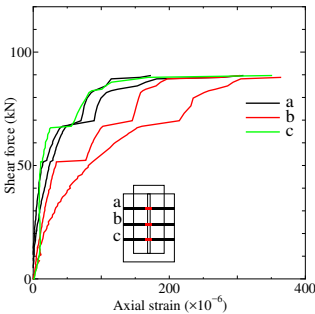


図-6 セン断力-補強鉄筋軸ひずみ関係 (D1P1r5)

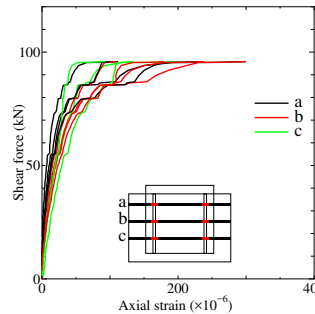


図-7 セン断力-補強鉄筋軸ひずみ関係 (D1P2b300r50)

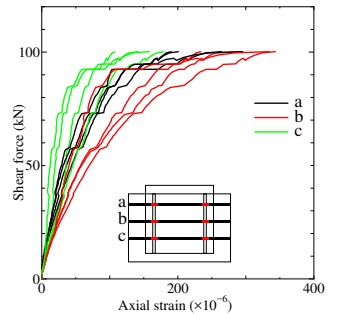


図-8 セン断力-補強鉄筋軸ひずみ関係 (D1P2b300r5)

さらに、並列鋼板配置の D1P2b150 試験体に着目するとコンクリートブロックの奥行の違いに関わらずせん断耐力は同程度となっている。これは、前述のように図-4 の右側のような斜めひび割れを生じさせた後においても、2つのジベル鋼板の間のコンクリートの領域での拘束力の低下が小さいためと考えられる。しかし、図-2 よりせん断耐力後のせん断力の低下は D1P2b150r50 試験体が D1P2br50W 試験体に比べ小さいことから奥行きを長くすることでせん断耐力後のジベル孔周辺の拘束力の低下が小さくなると考えられる。

(2) 補強鉄筋の軸ひずみ

単列鋼板配置の D1P1 試験体、並列鋼板配置の D1P2b300 試験体のせん断力-軸ひずみ関係を 図-5～図-8 に示す。図-5、図-7 は補強鉄筋をジベル鋼板の縁端から 50mm の位置に配置した試験体、図-6、図-8 は補強鉄筋をジベル鋼板の縁端に接近させて配置した試験体の関係を示している。なお、縦軸はジベル孔 1 つ当たりのせん断耐力までのせん断力、横軸は補強鉄筋の軸ひずみで、コンクリートブロック中の上段から下段までの補強鉄筋を a～c および線の色で区別している。

図-5～図-8 より、せん断力の初期段階から補強鉄筋の軸ひずみは徐々に増加している。これは、せん断力が 20kN 程度まではジベル鋼板面とコンクリートブロックとの付着力が生じるため、せん断力が 20kN 程度からはジベル孔内のコンクリートに伝達されたせん断力がジベル鋼板の周辺のコンクリートに伝達し、ポアソン効果によってコンクリートブロックの横方向の変形が生じているためと考えられる。また、付着力はジベル鋼板と周辺のコンクリートブロックの接触面で生じるため図-5～図-8 の a～c の位置、ジベル孔内のコンクリートのせん断力はジベル孔位置から横方向

および下向きに伝達するため図-5～図-8 の b, c の位置の補強鉄筋の軸ひずみを増加させると考えられる。

せん断力がさらに増加し、図-5、図-6 ではせん断力が 70kN 程度、図-7、図-8 ではせん断力が 90kN 程度から補強鉄筋の軸ひずみの増加がかなり大きくなっている。これは、ジベル孔面に形成されたせん断ひび割れ面で押し広げ力が生じ増加したためと考えられる。つまり、押し広げ力はジベル孔からジベル孔の周辺にひび割れを進展させ補強鉄筋の軸ひずみを大きく増加させたと推測される。

また、補強鉄筋の配置位置に着目すると補強鉄筋をジベル鋼板の縁端から 50mm の位置に配置した試験体に比べ補強鉄筋をジベル鋼板の縁端に接近させて配置した試験体の方が初期段階から同じせん断力で軸ひずみが大きいことが分かる。これは、ひび割れはジベル孔から周辺のコンクリートへ進展するため、補強鉄筋の配置位置がジベル孔に近いほど軸ひずみが初期に大きく生じるためと考えられる。

4. まとめ

本研究では、ジベル鋼板が母材鋼板に溶接され、コンクリートブロックが片側にのみ配置された押抜き試験体を用いて、特に、コンクリートブロック内の補強鉄筋の配置位置が押抜き挙動に及ぼす影響を検討した。その結果、補強鉄筋をジベル鋼板に近接して配置した場合とジベル鋼板から 50mm 程度離して配置した場合において、補強鉄筋がジベル孔周辺のコンクリートを拘束する状況は同程度であり、ここで用いた押抜き試験体のせん断耐力はほとんど変わらない結果となった。

参考文献

- 1) 中島章典, 小関聡一郎, 橋本昌利, 鈴木康夫, グエンミンハイ: 単純な押抜き試験に基づく孔あき鋼板ジベルのせん断耐力評価, 土木学会論文集 A1(構造・地震工学), Vol.68, No.2, pp495-508, 2012.