

貫通鉄筋の効果に着目した孔あき鋼板ジベルの押抜き試験

宇都宮大学 学生員 ○ NGUYEN MINH HAI 学生員 橋本昌利
フェロー会員 中島章典 正会員 鈴木康夫

1. はじめに

鋼コンクリート複合構造形式では、それぞれの材料の接合部で十分な応力伝達を図るため一般にずれ止めが必要となる。ずれ止めとして頭付きスタッドが多用されてきたが、昨今、製作時の省力化、接合部のコンパクトな断面の設計を可能にすることが期待される孔あき鋼板ジベルの優位性が注目され、その施工例も増加している。

孔あき鋼板ジベルとは、コンクリートが硬化した後、孔に充填されるコンクリートのせん断抵抗で鋼材とコンクリートを一体化させる方法である。孔あき鋼板ジベルを用いる際には、ジベル孔に貫通鉄筋を配置するのが一般的である。そして、貫通鉄筋を有する孔あき鋼板ジベルのせん断耐力は、基本的にジベル孔部分のコンクリートのせん断抵抗と貫通鉄筋のせん断抵抗の足し合わせで評価できるとされている^{1),2)}。しかし、孔あき鋼板ジベルの貫通鉄筋がせん断耐力に及ぼす効果については必ずしも明確にされていない。

そこで本研究では、孔あき鋼板ジベルの貫通鉄筋の効果を明確にすることを目的として、ジベル孔径と貫通鉄筋径を相対的に変えた試験体を用いて押抜き試験を行い、せん断耐力や貫通鉄筋の挙動を詳細に調べた。

2. 実験概要

(1) 試験体および試験方法

孔あき鋼板ジベルの貫通鉄筋の効果を確認するために、2つのシリーズの実験を行った。試験体の概要を図-1に、試験体のパラメータとそれぞれの試験体数を表-1に示す。

試験体を載荷フレームの台座上に設置し、1000kNの油圧ジャッキで鋼板上面から載荷を行った。試験体の下に砂を敷き、鋼板の鉛直状態を保持すると同時に試験体底面の摩擦の影響を極力除去した。シリーズ1では試験体3体の内、繰返し載荷1体、単調載荷2体で、シリーズ2では全試験体に繰返し載荷を行った。高感度変位計を試験体上面に2つ取付け、鋼板とコンクリートブロックの相対ずれ変位を計測し、相対ずれ変位が20mmに達した時点で載荷を終了した。また、シリーズ2では貫通鉄筋のひずみを計測するために、貫通鉄筋を溝切りし、貫通鉄筋1本当たり18枚のひずみゲージを両面に間隔20mmごとに貼り付けた。また、押抜き試験が終了した後、種類ごとに代表的な試験体のコンクリートブロックを切断し、ジベル孔部分の破壊状況を観察した。

(2) 使用材料

シリーズ1の実験で使用したコンクリートの圧縮強度、静弾性係数および引張強度の平均値はそれぞれ31.1N/mm²、29.2kN/mm²、2.8N/mm²である。また貫通鉄筋はD10の異形鉄筋(SD295A)を使用し、その降伏強度、引張強度はそれぞれ409、548N/mm²である。鋼板はSS400を使用し、その降伏強度、引張強度はそれぞれ361、439N/mm²である。

一方、シリーズ2の実験で使用したコンクリートの圧縮強度、静弾性係数および引張強度の平均値はそれぞれ33.2N/mm²、27.3kN/mm²、3.3N/mm²である。貫通鉄筋D10の降伏強度、引張強度はそれぞれ400、513N/mm²である。鋼板はSS400を使用し、その降伏強度、引張強度はそれぞれ355、443N/mm²である。

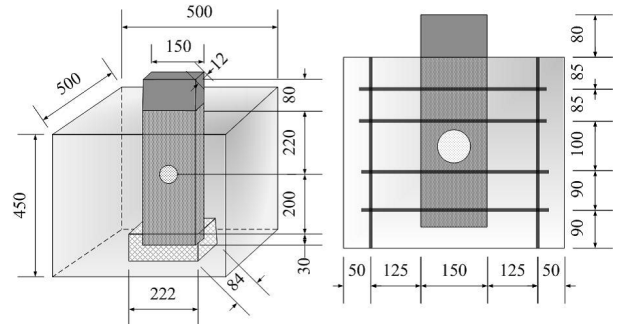


図-1 試験体概要

表-1 試験体種類

試験体名	ジベル孔径	貫通鉄筋	試験体数	
			シリーズ1	シリーズ2
D10PR	10mm	有	3	-
D30PR	30mm	有	3	2
D60PR	60mm	有	3	2
D90PR	90mm	有	3	2
D30NR	30mm	無	3	1
D60NR	60mm	無	3	1
D90NR	90mm	無	3	1

3. 実験結果

(1) 荷重-ずれ変位関係

D10PRを除く各試験体の荷重-ずれ変位関係を図-2～図-5に示す。いずれの関係においても荷重が小さいときにはほとんどずれ変位は生じないが、荷重がある程度の値に達すると曲線の傾きが急激に変わることがわかる。これは、鋼板と周辺コンクリートの付着の影響によるものである。試験体のジベル孔径や貫通鉄筋の有無に関係なく、荷重が25～70kN程度で付着が切れてから鋼板とコンクリートブロックのずれ変位が生じ始める。そして、ずれ変位が増加するとともに荷重が増加して最大荷重に達し、その後ずれ変位の増加とともに荷重が減少する傾向を示す。最大荷重までの荷重の増加傾向や最大荷重後の荷重の減少傾向は貫通鉄筋の有無やジベル孔径によって異なっている。この理由は貫通鉄筋のひずみの項で説明する。

ただし、D30PRにおいて最大荷重付近で荷重が急激に減少したのは貫通鉄筋が破断したためであり、D90PRにおいては、コンクリートブロックの表面にまでひび割れが発生したためである。

(2) せん断耐力

荷重-ずれ変位関係のずれ変位が20mmまでの範囲において、最大となる荷重をせん断耐力と定義する。D90試験体の場合にはコンクリートブロックにひび割れが発生した時点で荷重が急に減少し、その後荷重が少し増加する場合もある。しかし、コンクリートブロックのひび割れ発生点の荷重をせん断耐力と定義する。

シリーズ2の貫通鉄筋を有する試験体では、ひずみゲージを貼り付けるために、貫通鉄筋に溝を切ったためシリーズ2の貫通鉄筋有りの試験体のせん断耐力はシリーズ1の値より小さくなった。ジベル孔径の違いに着目するとジベル孔径が大きくなるほど、もちろんせん断耐力は増加する。

Key Words: 孔あき鋼板ジベル, せん断耐力, 貫通鉄筋の挙動, 押抜き試験

〒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

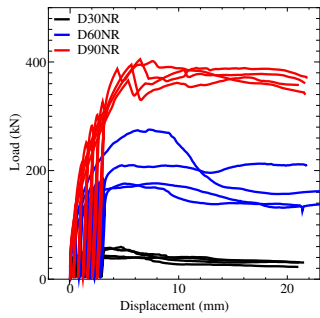


図-2 荷重-変位関係(貫通鉄筋無し)

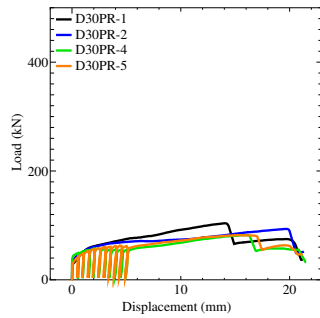


図-3 荷重-変位関係(D30PR)

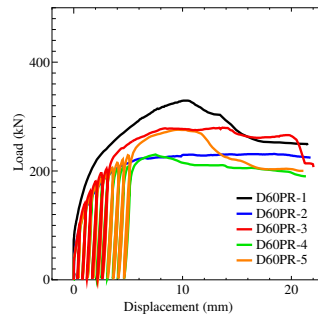


図-4 荷重-変位関係(D60PR)

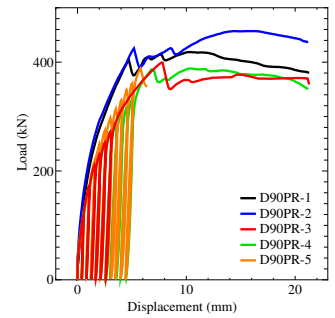


図-5 荷重-変位関係(D90PR)

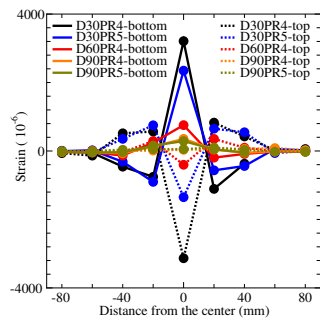


図-6 長手方向ひずみ分布(ずれ変位が0.5mmの時)

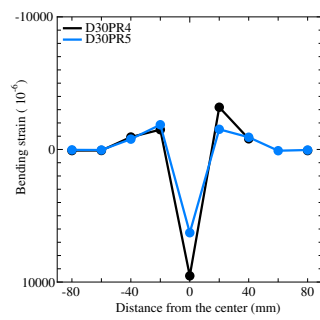


図-7 ずれ変位1mm時の曲げひずみ分布(D30PR)

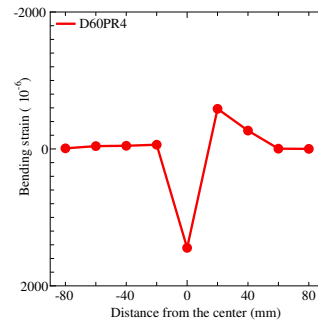


図-8 ずれ変位1mm時の曲げひずみ分布(D60PR)

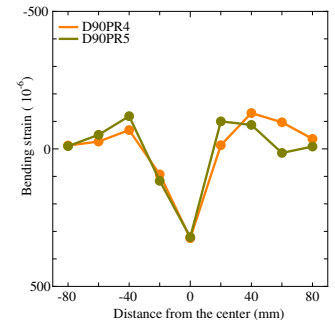


図-9 ずれ変位1mm時の曲げひずみ分布(D90PR)

しかし、ジベル孔径によって、貫通鉄筋の有無によるせん断耐力の差が異なっている。ジベル孔径 30, 60, 90mm の貫通鉄筋の有無によるせん断耐力の差はシリーズ 1 でそれぞれ 45, 83, 20kN, シリーズ 2 でそれぞれ 28, 55, -3kN となった。この結果から、同じ径の貫通鉄筋を使用してもジベル孔径によって、その貫通鉄筋の効果も異なることがわかる。ジベル孔径 90mm の場合に、貫通鉄筋の有無によるせん断耐力の差が小さいのは貫通鉄筋の効果を発揮する前にコンクリートブロックにひび割れが生じたからと考えられる。一方、ジベル孔径 30mm の場合の貫通鉄筋の有無によるせん断耐力の差はシリーズ 1, シリーズ 2 のどちらにおいても、ジベル孔径 60mm 場合より小さい値となった。このことについては以下でさらに説明する。

(3) 貫通鉄筋のひずみ

ずれ変位が 0.5mm になる時点における貫通鉄筋の長手方向ひずみ分布を図-6 に示している。ここで、引張が正、圧縮が負である。この図から、同じずれ変位においても、ジベル孔径が小さいほど貫通鉄筋中央部のひずみが早期に大きく生じることが分かる。また、貫通鉄筋中央からの距離に着目すると、ひずみは貫通鉄筋の中央位置で最も大きく、中央から離れるほど小さくなっている。

さらに、上下面のひずみの差分の 1/2 を曲げひずみ(上が圧縮、下が引張を正)とし、図-7 ～ 図-9 にずれ変位が 1mm になる時の貫通鉄筋の曲げひずみ分布を示す。これらの図から、各試験体の貫通鉄筋の曲がり具合が確認できる。中央点からの距離に着目すると貫通鉄筋の中央部に大きな正曲げひずみが発生し、その外側の曲げひずみは小さく負曲げになっている。この段階ではコンクリートを介して貫通鉄筋に、鋼板から作用する力が局所的な曲げを生じさせていると理解できる。そして、ジベル孔径が小さいほど貫通鉄筋中央部の曲げひずみが非常に大きいことが分かる。また、中央部から外側に向かって曲げひずみが負となっている位置を貫通鉄筋の局所的な曲げの支点として考えると、ジベル孔径 90mm の支点間隔はジベル孔径 60, 30mm の場合より広い。

つまり、ジベル孔径 30, 60, 90mm の中ではジベル孔径 30mm の貫通鉄筋の分担力が最も大きいと考えられる。し

かし、前述のせん断耐力の項目よりジベル孔径 60mm の貫通鉄筋の有無によるせん断耐力の差が最も大きく、ジベル孔径 60mm の貫通鉄筋の効果が最も大きく見える。貫通鉄筋を有する孔あき鋼板ジベルでは、荷重作用に伴い変形した貫通鉄筋がジベル孔内を移動するため、結果的にコンクリートによるせん断抵抗を減少させる。そのため、貫通鉄筋の曲りが大きいジベル孔径 30mm においてせん断抵抗の減少割合が大きく、結果的に、貫通鉄筋の有無によるせん断耐力の差異がジベル孔径 60mm の場合よりも小さくなったと考えられる。さらに、貫通鉄筋径に対して相対的にジベル孔径が小さい D30 では、その隙間に存在する粗骨材が少ないことも影響していると考えられる。

4. おわりに

本研究では、孔あき鋼板ジベルの貫通鉄筋の効果を明確にするために、同径の貫通鉄筋を配置しジベル孔径を相対的に変えた試験体の押抜き試験を行い、せん断耐力や貫通鉄筋の挙動を詳細に調べた。その結果以下のような知見を得た。

貫通鉄筋とジベル孔径の相対的關係によって、孔あき鋼板ジベルのせん断抵抗における貫通鉄筋の効果は異なり、貫通鉄筋径に対してジベル孔径が小さいほど貫通鉄筋の曲げ変形は著しく貫通鉄筋によるせん断抵抗も大きくなるが、この貫通鉄筋の挙動がコンクリートによるせん断抵抗を減少させる。そのため貫通鉄筋の有無によるせん断耐力の差は必ずしも大きくない。

なお、本研究の一部は、科学研究費補助金(基盤研究(C)、課題番号 22560472)の補助を受けて実施したことを付記し、関係各位に謝意を表する。

参考文献

- 土木学会複合構造委員会：複合構造標準示方書 2009 年制定, 2009.12.
- 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実験的研究, 構造工学論文集, Vol.48A, pp.1265-1272, 2002.3.
- 西海健二, 富永知徳, 室井進次, 古市耕輔：拘束条件を考慮した孔あき鋼板ジベルのずれ止め特性に関する研究, コンクリート工学年次論文報告集, Vol.20, No.3, pp.865-870, 1998.6.