

孔あき鋼板ジベルのせん断抵抗機構に着目した実験的研究

宇都宮大学大学院 学生員 ○ NGUYEN MINH HAI フェロー会員 中島章典
宇都宮大学大学院 正会員 鈴木康夫 前田建設工業(株) 正会員 橋本昌利

1. はじめに

鋼コンクリート複合構造のずれ止めとして用いられる孔あき鋼板ジベルは、ジベル孔内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。そのせん断抵抗には、ジベル孔のせん断面に沿ったコンクリートのせん断ひび割れを発生させる力とひび割れが発生した後の骨材の噛み合わせ力に関係し、両者の力の発生時点や大きさの相対割合でせん断耐力が決まると考えられる。しかし、従来の孔あき鋼板ジベルの強度評価式¹⁾は一般にこのようなせん断抵抗機構ではなく、種々のパラメータを有する実験データの統計処理に基づいて構築されているのが実情である。

そこで本研究では、上述のような孔あき鋼板ジベルのせん断抵抗機構に着目し、ジベル孔せん断面のひび割れ発生、骨材の噛み合わせ状態、およびせん断力に影響する拘束力を調べる実験を行い、せん断抵抗機構の確認を試みた。

2. 想定されるせん断抵抗機構

著者らは、図-1に示すコンクリートブロックが孔あき鋼板ジベルを取り囲むような試験体の押抜き試験を行い、図-2のような荷重-ずれ変位関係を得た²⁾。この試験体の鋼板のジベル孔径 60mm、板厚 12mm で、貫通鉄筋は配置していない。いずれの試験においても、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有意なずれ変位が急激に生じた。これは、鋼板と周辺コンクリートの付着が切れたことによると考えられる。さらに荷重が増加するとともにずれ変位が増加した。これは、鋼板に載荷された荷重がジベル孔内のコンクリートに伝達され、荷重が増加するとともに、ジベル孔内コンクリートのせん断面にひび割れが生じ始めたためと考えられる。ずれ変位 1~3mm 付近において荷重-ずれ変位関係の傾きが徐々に変化し、そのいずれかの時点において、せん断ひび割れがジベル孔の全面を貫通していると予測される。しかし、この時点から劣化域に入るわけではなく、ずれ変位の増加とともにさらに荷重は増加して最大荷重に達し、次第に荷重が減少する傾向を示す。この段階においては、ジベル孔内コンクリートのせん断破壊面の骨材噛み合わせによるせん断抵抗が作用する。せん断破壊面の凹凸はジベル孔内に充填されるコンクリートの骨材量やその位置の影響を受ける。そして、さらにずれ変位が大きくなるとせん断破壊面の骨材の噛み合わせ抵抗が徐々に劣化し荷重が減少し始めるものと考えられる。このようなせん断抵抗機構が複雑に影響するため、図-2のように荷重-ずれ変位関係に大きなばらつきが見られると考えられる。

3. せん断抵抗機構の確認試験方法

上述の孔あき鋼板ジベルのせん断抵抗機構を確認するために、ここでは、図-3のような試験体3体を用いて、押抜き試験を行った。試験体のジベル孔径 60mm、板厚 12mm のジベル鋼板は上述の試験のものを再利用し、側面のコンクリートのかぶりをなくした。したがって、コンクリートはジベル孔内の部分のみで連結されるため、その部分に発

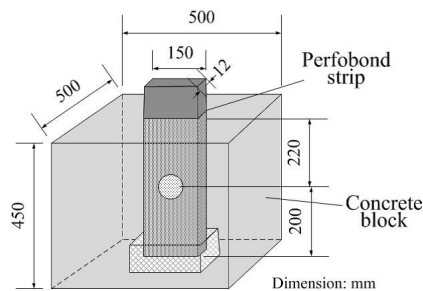


図-1 既往研究²⁾の試験体

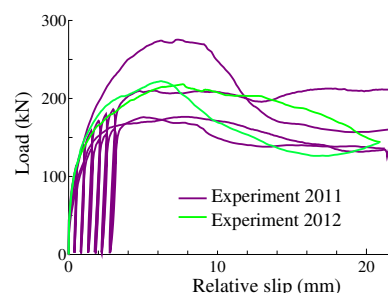


図-2 既往研究²⁾の荷重-ずれ変位関係

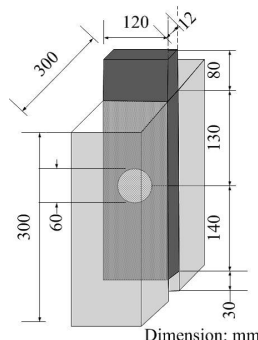


図-3 試験体の詳細

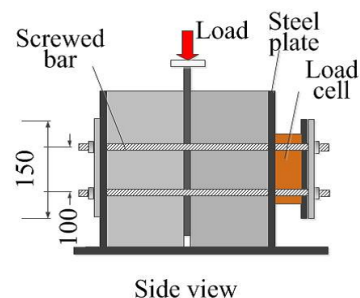


図-4 試験体の設置状況

生したせん断ひび割れが貫通した場合、せん断破壊面を容易に観察できる。しかし、図-1の試験体と異なり、せん断抵抗に影響する拘束因子が弱い。そこで、試験中の押抜き試験体の設置状況を図-4に示すが、ジベル孔せん断面に擬似的に拘束因子を与えるために、4本の全ねじ(径 20mm)を用いて水平方向にも拘束力を与えた。試験体の側方に設置したロードセルの値で、拘束力の大きさを調整した。西海らの研究³⁾を参考にして、3体の試験体に与える拘束力を、それぞれ 50kN, 25kN, 5kN とし、以下では、その試験体名を HL50, HL25, HL5 と呼ぶ。

また、鉛直荷重は油圧ジャッキを有するフレーム載荷試験機を用いて、平鋼板のみから荷重が作用するように試験体の平鋼板突き出し部上面から載荷し、鋼板の突き出し部に高感度変位計を設置して鋼板とコンクリートの相対変位を計測した。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、摩擦の影響を小さくさせた。なお、実験中に鉛直荷重とずれ変位の関係を確認し、ある段階で載荷を止め、途中のジベル孔せん断面のひび割れ状況などを観察

Key Words: 鋼コンクリート複合構造, 孔あき鋼板ジベル, せん断抵抗機構, 拘束力

〒 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 Fax.028-689-6210

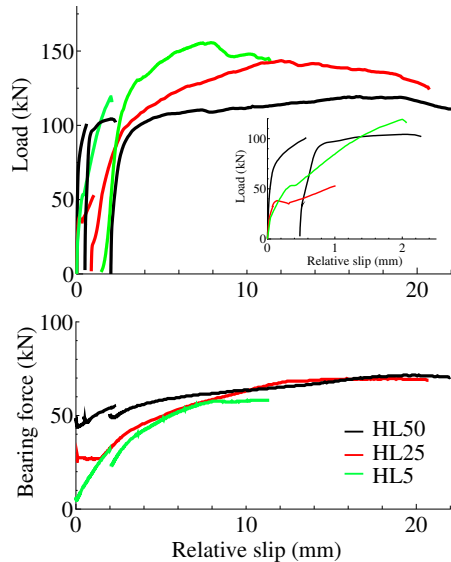


図-5 鉛直荷重、および拘束力とずれ変位関係

した。なお、せん断面を観察した結果、ひび割れが生じていた場合においても、できるだけ骨材の噛み合わせなどを乱さないようにして試験体を設置し、再び荷重を載荷した。ここでは、使用材料の材料特性の説明は省略する。

4. 試験結果

(1) 荷重-ずれ変位関係とせん断面の状況

本実験で得られた荷重-ずれ変位関係を図-5の上段に示す。横軸はずれ変位を、縦軸は荷重を表しており、試験体の違いを線の色で区別している。また、試験体 HL5 (緑線) では、ずれ変位 2mm で、試験体 HL25 (赤線) では、ずれ変位 1mm で、試験体 HL50 (黒線) では、ずれ変位 0.5mm および 2mm で鉛直荷重を除荷し、拘束力も開放してジベル孔せん断面の状況を観察した。そのため、図-5の上段に示す荷重-ずれ変位関係においては、それぞれ対応するずれ変位で関係が途切れている。また、ずれ変位 2mm 以下の関係を図-5の上段に拡大して示している。

試験体 HL50 のジベル孔のせん断面をずれ変位 0.5mm で確認した際には、両側のコンクリートブロックは分離しないことから、この段階ではまだジベル孔せん断面にひび割れが貫通するほどは生じていない。しかし、ずれ変位 2mm でせん断面を確認した際には、両側のコンクリートブロックが容易に分離し、ジベル孔せん断面の両面にひび割れが生じていた。観察後に試験体せん断面の凹凸をできるだけ元の状態になるように設置し、所定の拘束力を与えて荷重を載荷した際の荷重-ずれ変位関係においてもずれ変位の増加に伴って荷重が増加し、せん断面の骨材の噛み合わせ効果が認められた。

これに対して、試験体 HL5 のずれ変位 2mm、試験体 HL25 のずれ変位 1mm でジベル孔のせん断面を確認したところ、それぞれ片方のジベル孔せん断面だけが分離した。つまり、片面のジベル孔せん断面の全面にひび割れが生じたが、もう一方のせん断面のひび割れは全面までには至っていなかったと予想される。これらの試験体についても試験体のせん断面の凹凸を合わせ、所定の拘束力を与えて荷重を載荷したときに得られた荷重-ずれ変位関係においては、ずれ変位が増えるとともに荷重は顕著に増加して、最大荷重に達したのち荷重が減少する関係を示した。片方のジベル孔せん断面においてひび割れは全面に生じていなかったが、この実験からも、ジベル孔せん断面のひび割れ



写真-1 せん断破壊面
(HL25, 1mm)



写真-2 せん断破壊面
(HL25, 21mm)

が生じた後においてもせん断面の骨材の噛み合わせ効果によってせん断抵抗力は増加し、せん断抵抗力が最大値に達した後にせん断抵抗力が減少することがわかった。

(2) 拘束力-ずれ変位関係とせん断面の状況

側方の拘束力-ずれ変位関係を図-5の下段に示す。横軸はずれ変位を、縦軸はロードセルで計測した拘束力である。上述のように、ずれ変位 1mm あるいは 2mm で鉛直荷重を除荷し、ジベル孔せん断面を観察してから、再度試験体を設置し、拘束力を与えているため、それらの変位で拘束力が不連続に変化しているところがある。しかし、ジベル孔せん断面の観察後に荷重を載荷した場合、ずれ変位が増加するとともに拘束力が大きくなっており、ジベル孔せん断面の骨材の噛み合わせによる押し広げ力が生じていることが推察される。特に、試験体 HL5 と HL25 では、ずれ変位の増加に伴って拘束力が顕著に大きくなっている。これに対して、試験体 HL50 では、再載荷後のずれ変位の増加に伴う拘束力の増加はあまり大きくない。試験体 HL50 のずれ変位 2mm 時にジベル孔せん断面を観察した際には、両側のジベル孔せん断面が分離したため、再載荷時のせん断面の凹凸の噛み合わせが必ずしも元のようにならなかったと考えられる。しかし、試験体 HL5 と HL25 においてジベル孔せん断面を観察した際には、片方のせん断面のみが分離し、再載荷時のせん断面の凹凸の噛み合わせを元の状態に近づけることができたと考えられる。さらに、HL5、HL25 に比較して、HL50 の場合には観察したせん断面の凹凸は大きくなかったことが上述のような性状の原因になったと考えられる。

(3) せん断破壊面の状況

試験体 HL25 のずれ変位 1mm におけるせん断破壊面の写真とその後さらに荷重を載荷してずれ変位 21mm に達したときの同じせん断面の写真を写真-1と写真-2に示す。ずれ変位 1mm 時にはせん断面の凹凸がかなり大きいですが、ずれ変位 21mm 時のせん断面は比較的滑らかになっており、せん断面のずれとともに骨材の噛み合わせにより凹凸が崩されたことがわかる。

5. おわりに

本研究では、貫通鉄筋がない孔あき鋼板ジベルのせん断抵抗機構を確認するための実験を行い、有用な情報を得ることができた。

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、ここに謝意を表します。

参考文献

- 1) 土木学会：複合構造標準示方書，pp.64-66，2009.12.
- 2) 中島ら：土木学会論文集 A1，Vol.68，No.2，pp495-508，2012.8.
- 3) 西海ら：土木学会論文集，No.633，pp.193-203，1999.10.