

拘束度の高い押抜き試験に基づく孔あき鋼板ジベルの強度評価

宇都宮大学大学院 学生員 ○橋本昌利 フェロー 中島章典 正会員 鈴木康夫
JR 東日本コンサルタンツ株式会社 正会員 小関聡一郎

1. はじめに

近年、鋼コンクリート複合構造のずれ止めとして、孔あき鋼板ジベルが多く用いられている。しかし、孔あき鋼板ジベルの終局ずれ挙動や破壊性状はまだ十分には解明されていない。既往の研究^{1)~4)}では試験時に孔あき鋼板ジベル周辺のコンクリートブロックにひび割れが生じている試験体をいくつか確認している。しかし、鋼殻に囲まれているラーメン橋剛結部等の構造物では周辺コンクリートのひび割れが生じにくいいため、既往の強度評価式がすべての構造物に対応しているとは言い難い。また孔あき鋼板ジベルのせん断耐力は周辺コンクリートブロックの拘束状態により変化すると予想されるが、既往の強度評価式にはコンクリートブロックの寸法の影響が考慮されていない。

本実験では拘束度が高くひび割れが生じない試験体により実験を行い、孔あき鋼板ジベル周辺のコンクリートブロック寸法がせん断耐力に及ぼす影響を確認する。その結果に基づきジベル孔径及びコンクリート圧縮強度等をパラメータとした実験を行い、ラーメン橋剛結部等のひび割れが生じない構造物に適用出来る強度評価式を作成する。

2. 実験概要

(1) 試験体

試験体のコンクリートブロック寸法をパラメータとしたものをシリーズ1として各試験体2体ずつ作製する。また、ジベル孔径及びコンクリート圧縮強度をパラメータとしたものをシリーズ2として各試験体3体ずつ作製する。両シリーズの基本試験体となる B4H4(D5C3T12) の詳細を図-1に、各試験体の一覧を表-1に示す (f'_c :コンクリート圧縮強度, Q'_u :せん断耐力の平均値)。シリーズ1, 2における試験体名の説明は図-2に示す。B4(1)H4NC は図-1における B_1 が 100mm, B_2 が 400mm として、 B_1 方向のかぶりがない試験体である。

(2) 押抜き試験の試験方法

試験体を台座上に設置し、荷重は鋼板上面から行い、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する。相対ずれ変位が 20mm に達した時点で荷重を終了する。

(3) 使用材料

鋼板に SS400 を使用し、シリーズ1, 2に用いた鋼板の降伏強度は順に 355, 364N/mm² であり、引張強度は 446, 450N/mm² である。各試験体のコンクリート圧縮強度 f'_c は表-1に示す。

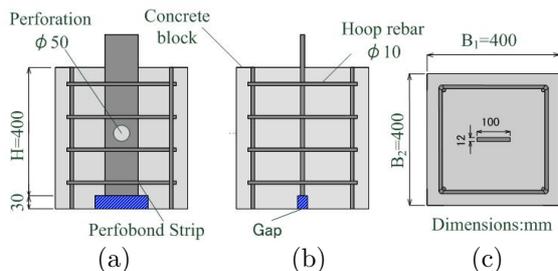


図-1 B4H4(D5C3T12) 基本試験体の形状

表-1 試験体一覧

試験体名	f'_c (N/mm ²)	Q'_u (kN)	試験体名	f'_c (N/mm ²)	Q'_u (kN)
B4H4	32.6	-	D5C3T12	29.0	148
B3H4	32.6	119	D6C3T12	29.0	200
B4H3	32.6	148	D7C3T12	29.0	254
B5H4	32.6	219	D5C4T12	48.6	182
B4H5	32.6	192	D5C5T12	53.8	219
B4H4NB	32.6	153	B4(1)H4NC	32.6	33

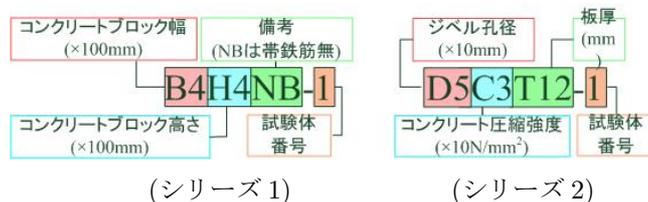


図-2 試験体名

3. 試験結果と考察

(1) コンクリートブロック寸法とせん断耐力の関係

B5H4 の荷重-ずれ変位関係を図-3に示す。縦軸に荷重、横軸に試験体の鋼板とコンクリートブロックの相対変位をプロットしている。本研究では縦軸の荷重を孔あき鋼板ジベルのせん断力とする。また、荷重-ずれ変位関係において、荷重が僅かにでも減少した最初の点をせん断耐力と定義する。

コンクリートブロック寸法をパラメータとした試験体のせん断耐力を図-4に示す。横軸にはパラメータとしたコンクリートブロックの幅、もしくは高さをプロットする。また、後に示す強度評価式(1)から得られる値で除したせん断耐力を縦軸にプロットする。図中に示す青線は複合標準示方書⁵⁾により提案されている式(以下、示方書式)により算出した本実験のせん断耐力である。このことからかぶりの無い試験体 B4(1)H4NC 以外、示方書式で示すせん断耐力を上回っており、コンクリートブロック寸法が増加するに従ってせん断耐力が増加している傾向が見られる。またシリーズ1の試験体において B4(1)H4NC を除いて、ひび割れが生じていないことを確認した。よってシリーズ1におけるほとんどの試験体は既往の研究で行われた孔あき鋼板ジベルの試験体と比べて拘束度の高い試験体であり、コンクリートブロック寸法の変化によりせん断耐力が影響されることが確認出来た。

(2) 強度評価式の提案

シリーズ2ではシリーズ1でひび割れが生じなかった B4H4(D5C3T12) を基本試験体として、ジベル孔径、コンクリート圧縮強度をパラメータとした押抜き試験を実施する。シリーズ2のみの実験データを統計処理して誘導した強度評価式を式(1)に示す。なお、ここでの統計処理には、平城らの研究⁶⁾に示されている統計処理法を参考にしている。

$$Q_{u1} = 9.34A_f f'_c{}^{0.53} + 44.0 \times 10^3 \quad (1)$$

Key Words: 複合構造, 孔あき鋼板ジベル, 強度評価式, コンクリートブロック寸法

〒 321-8585 宇都宮市陽東 7-1-2 宇都宮大学大学院 Tel.028-689-6210 Fax.028-689-6210

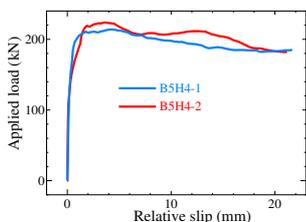


図-3 荷重-ずれ変位関係

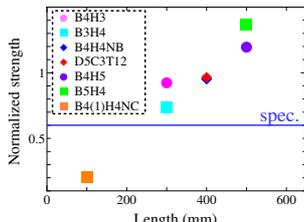


図-4 せん断耐力の変化

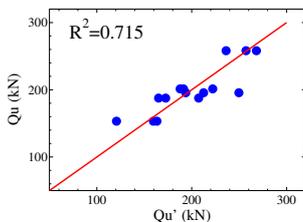


図-5 式(1)と実験値の比較

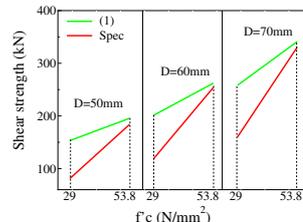


図-6 式(1)と示方書式の比較

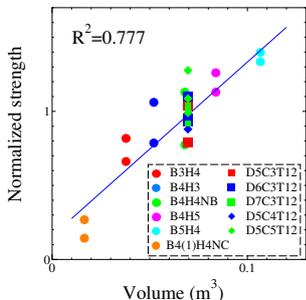


図-7 体積の影響

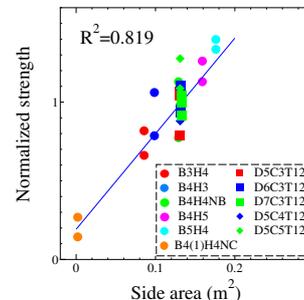


図-8 側面面積の影響

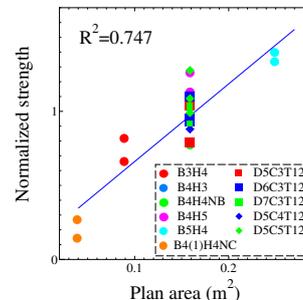


図-9 立面面積の影響

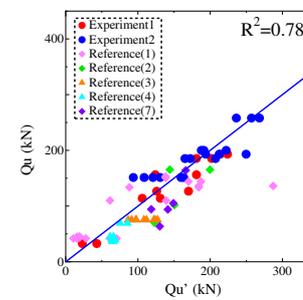


図-10 式(2)と実験値の比較

式(1)のAは孔面積、 f'_c はコンクリートの圧縮強度を表す。適用範囲は本実験の変数の範囲内であり、ジベル孔径Dが50~70mm、 f'_c が29~53.8N/mm²である。図-5は縦軸に式(1)で算出した値 Q_u 、横軸に実験値 Q'_u をとり相関関係を表したグラフである。その結果、比較的高い相関が認められる。

次に、示方書式と式(1)で得られるせん断耐力の比較を行う。図-6は横軸にコンクリートの圧縮強度、縦軸にせん断耐力をとり、ジベル孔径ごとに比較したものである。示方書式の適用範囲が式(1)の適用範囲を包括していることから、式(1)の適用範囲内で比較を行っている。これより、式(1)で算定したせん断耐力の方が示方書式で算定するせん断耐力より大きくなっている。しかし、コンクリートの圧縮強度が増加すると両者の値は近づくこととなる。これは、示方書式ではせん断耐力がコンクリートの圧縮強度に比例するとしているのに対し、式(1)ではせん断耐力がコンクリートの圧縮強度の0.53乗に比例する結果となったためである。これより、示方書式は式(1)と比較し、コンクリートの圧縮強度が低い時にせん断耐力を過小評価している。また、拘束度の高い試験体を用いたことにより、適応範囲では式(1)が示方書式のせん断耐力を上回る結果になったと考えられる。ただし、前述したように、周囲のコンクリートブロックの寸法によってせん断耐力は変化するため、孔あき鋼板ジベルを拘束する因子の影響を適切に考慮することが望ましい。

そこで、せん断耐力に最も影響するコンクリートブロック寸法の諸元を調べるために図-7、図-8、図-9にそれぞれ体積、図-1(a)のコンクリートブロック面積(側面面積)、図-1(c)のコンクリートブロック面積(立面面積)を横軸にとり、縦軸には本研究の実験値を式(1)で除した値を示した。これらの結果から側面面積とせん断耐力の間に決定係数 R^2 値が0.819と最も高い相関が得られたので、孔あき鋼板ジベルのせん断耐力は側面面積の影響を大きく受けると言える。このことから図-8において青線で示す近似直線により得られる倍率を式(1)に乗じることにより、側面面積を考慮した強度評価式(2)を以下に示す。また、 A_s は試験体の側面面積である。

$$Q_{u2} = Q_{u1}(6.25A_s + 0.20) \quad (2)$$

縦軸に(2)により得られた値をプロットし、横軸に実験値をプロットしたものを図-10に示す。図中には本実験及び既往の研究^{1)-4),7)}の実験結果を用いている。決定係数 R^2

が0.784という結果から、条件の異なる試験体を含む場合でも適応性の高い結果が得られている。

4. おわりに

本実験ではシリーズ1においてコンクリートブロック寸法をパラメータとした試験体による押抜き試験を行い、孔あき鋼板ジベルのせん断耐力がコンクリートブロック寸法の影響を大きく受けることを確認した。同時に、ひび割れの生じることのない試験体寸法を把握することが出来た。シリーズ2ではひび割れの生じないコンクリートブロック寸法の試験体により、ジベル孔径及びコンクリート圧縮強度をパラメータとして押抜き試験を行った。その結果より、ジベル孔径、コンクリート圧縮強度を変数とした強度評価式を提案した。しかし、本研究において孔あき鋼板ジベルのせん断耐力には試験体の側面面積が最も影響していると確認出来ることから、最終的にジベル孔径、板厚、試験体の側面面積を変数とした強度評価式を提案している。本研究により提案された強度評価式は拘束度の高い試験体のせん断耐力に基づき提案しているので、ラーメン橋剛結部等の拘束度の高い孔あき鋼板ジベルのせん断耐力を算定する際に適応性があると考えられる。

今後の課題としては、拘束度を定量的に強度評価式に組み込むことが挙げられる。また、本研究では貫通鉄筋を使用しない試験体を対象に実験を行っているが、貫通鉄筋を有する試験体の実験も行い、データ収集や統計処理により、貫通鉄筋が及ぼす影響についても検討する必要がある。

参考文献

- 1) 藤井堅ら：孔あき鋼板ジベルの終局ずれ挙動とコンクリート拘束因子，土木学会論文集 A Vol. 64, No2, pp.502-512, 2008. 6.
- 2) 日向優裕ら：並列配置された孔あき鋼板ジベルの終局ずれ挙動，構造工学論文集 A Vol. 53, pp.1089-1098, 2007. 3.
- 3) 中島章典ら：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，No56, 2009. 11.
- 4) 小関聡一郎ら：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，第65回年次学術講演会講演概要集，2010. 9.
- 5) 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.
- 6) 平城弘一ら：頭付きスタッドの強度評価式の誘導-静的強度評価式，構造工学論文集，Vol.35A, pp.1221-1232, 1989.
- 7) 古内仁ら：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講演論文集，No.26, 2005. 11.