

(51) 高強度コンクリートを用いた孔あき鋼板ジベルの拘束効果を考慮したせん断耐力

平 陽兵¹・浅沼 大寿²・一宮 利通³・大窪 一正⁴・古市 耕輔⁵

¹正会員 鹿島建設株式会社 技術研究所 (〒182-0036東京都調布市飛田給2-19-1)
E-mail: ytaira@kajima.com

²正会員 鹿島建設株式会社 技術研究所 (〒182-0036東京都調布市飛田給2-19-1)
E-mail: asanumta@kajima.com

³正会員 鹿島建設株式会社 技術研究所 (〒182-0036東京都調布市飛田給2-19-1)
E-mail: ichinomt@kajima.com

⁴正会員 鹿島建設株式会社 技術研究所 (〒182-0036東京都調布市飛田給2-19-1)
E-mail: okubokaz@kajima.com

⁵正会員 鹿島建設株式会社 技術研究所 (〒182-0036東京都調布市飛田給2-19-1)
E-mail: furuichi-k@kajima.com

鋼コンクリート複合構造のずれ止めのひとつである孔あき鋼板ジベルのせん断耐力算定式は、複合構造標準示方書(土木学会)に、貫通鉄筋がある場合と、貫通鉄筋がない場合とに区別され記されている。この耐力算定式は、国内外で実施された実験結果を回帰することによりに導出された式であるが、圧縮強度が 60N/mm^2 を超えるようなコンクリートを用いる場合は適用範囲外である。そこで、示方書の耐力式に加えてこれまでに提案されているせん断耐力算定式と高強度コンクリートを用いた実験結果の比較を行い、その適用性について検討を行った。さらに、コンクリート強度と拘束力を実験要因とした実験を実施し、その結果からせん断耐力算定式を提案するとともに、既往の拘束効果を取り入れた耐力算定式との比較を行った。

Key Words : perfobond shear connector, shear capacity, high strength concrete

1. はじめに

孔あき鋼板ジベル(PBL)は、鋼とコンクリートのずれ止めとして鋼コンクリート複合構造に多く使われている。そのせん断耐力算定式は、複合構造標準示方書¹⁾(以下、示方書)に貫通鉄筋を有さない場合と、有する場合とが示されている。この耐力式はもともと保坂ら²⁾によって提案されたものであり、それまでに実施された実験で貫通鉄筋を有さない場合は39体、貫通鉄筋を有する場合は37体の結果の回帰式となっている。

示方書式のコンクリート圧縮強度の適用範囲に着目すると、回帰に使われた実験のコンクリート圧縮強度は、貫通鉄筋がない場合 $23.8\sim 57.6\text{N/mm}^2$ 、貫通鉄筋がある場合は、 $29.2\sim 57.7\text{N/mm}^2$ の範囲となっている。筆者らは、圧縮強度が 100N/mm^2 を超える高強度コンクリートとともにPBLを使用することを考えたが、示方書式は圧縮強度の適用範囲外であることから、実験によってせん断耐

力を確認している³⁾。その結果、貫通鉄筋がない場合、示方書式ではせん断耐力が過大評価されることが明らかにされている。これはPBLのせん断耐力がその破壊形態からコンクリートの引張強度に依存していると考えられるものの、示方書式によるせん断耐力はコンクリート圧縮強度に比例するとされているからと考えられる。

古内らは、せん断耐力は圧縮強度に比例するほどの強い関係はなく、圧縮強度の増加に伴い耐力の増加は緩やかになるとして、圧縮強度の約0.6乗に比例するせん断耐力式を提案している⁴⁾。

一方、実験方法に着目すると、示方書式では押抜き試験と引抜き試験の結果が使われている。押抜き試験は、頭付きスタッドでは標準的な試験方法⁵⁾であり、H形鋼のフランジに溶接したPBLによりH形鋼とコンクリートブロックを接合し、H形鋼を押し抜くことでPBLにせん断力を作用させる試験方法である。しかしながら、藤井らはPBLの破壊形態は頭付きスタッドと異なるためせん

断耐力を始めとするPBLのずれ特性を把握する際に押抜き試験を用いるのは適切ではないことを指摘し⁶⁷⁾、実験方法や境界条件の違いがせん断耐力に与える影響を検討しており、その上でせん断耐力式を提案している⁸⁹⁾。

中島ら¹⁰⁾はコンクリートブロックの内、孔あき鋼板で分断されていない連続したコンクリート面積と高い相関があることを示し、コンクリート圧縮強度とコンクリート面積をパラメータとした耐力式を提案している。

これら、境界条件やコンクリートブロックの大きさがせん断耐力に与える影響は、PBLが破壊する際に孔内のコンクリートがコンクリートブロックを押し広げようと、それに対する抵抗があると孔あき鋼板に垂直な方向に力が作用するものとされ、これを拘束力と呼んでいる。

以上より、これまでにPBLのせん断耐力について、コンクリート圧縮強度の影響、及び拘束による影響を考慮した実験はあるが、圧縮強度が100N/mm²を超えるような高強度コンクリートを含み、さらに拘束の影響を考慮して同じ試験方法で結果を比較した例はない。

そこで本研究では、貫通鉄筋がない場合のPBLのせん断耐力に着目し、コンクリート強度の適用範囲を広げることを目的にコンクリート圧縮強度を実験要因とした1つの孔を有する鋼板を用いた押抜き試験（以下、要素実験）を実施した。また同時に、拘束力の影響も把握することとした。拘束力については、PBL周囲のコンクリートの大きさや鉄筋量によって変化すると考えられる。そのため、中島らのようにこれらを変化させた実験が考えられるが、実際にどの程度の拘束力が作用したかを評価するのは難しい。一方、拘束力を制御した実験では実構造物においてどの程度の拘束力が作用するかが不明のため、直接、実構造物の設計に使うことはできないが、拘束力とせん断耐力の関係を直接評価できる。そのため、本研究では基本データを得ることを重視し、孔あき鋼板に垂直に作用する圧縮力を拘束力として、油圧ジャッキで直接与えて载荷を行った。そして、その結果をもとに圧縮強度と拘束力を変数とするせん断耐力式を提案する。

2. 既往のせん断耐力式

貫通鉄筋のないPBLのせん断耐力式について、示方書式のほか、既往の提案式を示す。なお、式に用いた記号は参考文献に記されている通りでなく、同じ意味のものは統一した。

(1) 示方書式¹⁾

複合構造標準示方書では貫通鉄筋の有無により、耐力式が示されるが、ここでは貫通鉄筋なしの場合の式を、

示方書式として記す。

$$V_u = (4.31A - 39 \times 10^3)/\gamma_b \quad (1)$$

$$A = \frac{\pi d^2}{4} \left(\frac{t}{d}\right)^{1/2} f'_c \quad (2)$$

$$17.3 \times 10^3 \leq A \leq 152.4 \times 10^3 \quad (3)$$

ここで、 t は鋼板の板厚(mm)、 d は孔径(mm)、 f'_c はコンクリートの設計圧縮強度(N/mm²)、 γ_b は部材係数であり、本研究では1.0として計算した。

(2) 古内らによる耐力式⁴⁾

古内らは、押抜き試験から得られた結果から、コンクリート圧縮強度の影響を考慮した耐力式を提案している。

$$V_c = 8.33A_c f'_c {}^{0.601} \quad (4)$$

ここで、 A_c は孔の面積(mm²)、 f'_c はコンクリートの圧縮強度(N/mm²)である。

(3) 中島らによる耐力式¹⁰⁾

中島らは、コンクリートブロックの大きさによって拘束度が異なるとして、コンクリートブロックの側面積の影響を考慮した次式を提案している。なお、コンクリートの引張強度の関数とした耐力式も提案しているが、ここでは圧縮強度を用いた式を記す。

$$V_c = 0.044A_c f'_c {}^{0.65} A_s {}^{0.43} \quad (5)$$

ここで、 A_s はコンクリートブロックの側面積(mm²)である。

(4) 藤井らによる耐力式⁸⁹⁾

藤井らは、コンクリートのせん断強度と拘束力の和とした式を提案している。拘束力についてはPBLが破壊する時の押し広げ力に対して、コンクリートブロックが曲げ抵抗すると考えることによって算出できるとしている。ここでは、拘束力を直接考慮できる次式を記す。

$$V_c = k \frac{\pi d^2}{4} \tau_c + 2.5P_L \quad (6)$$

$$\tau_c = 0.5\sqrt{f'_c \cdot f_t} \quad (7)$$

ここで、 k は破壊形状係数（一面せん断の場合：1、二面せん断の場合：2） τ_c はコンクリートのせん断強度、 f_t はコンクリートの引張強度(N/mm²)である。

(5) 西海らによる耐力式¹³⁾

西海らは、拘束力をジャッキで直接制御した実験により、拘束力を考慮したせん断耐力式を提案している。ただし、孔の直径が100mm、または200mmの鋼板を使用しており、他の既往の実験の35～60mm程度に比べて大きいものとなっている。

$$V_c = 1.70P_c + 0.21A_c f'_c \quad (8)$$

$$\text{ただし、} V_c \leq 1.90A_c f'_c \quad (9)$$

ここで、 P_c は拘束力である。

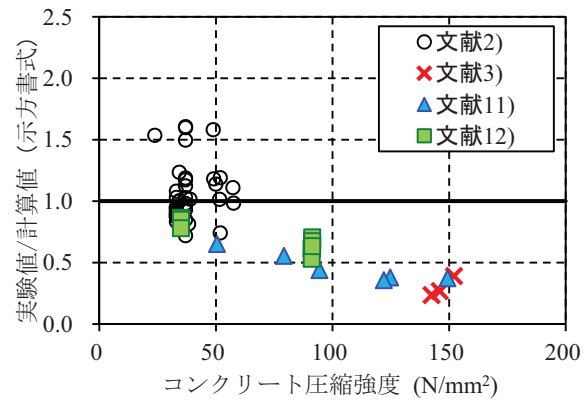
3. 高強度コンクリートへの適用性

示方書式の構築に使われた実験結果²⁾（圧縮強度23.8～57.6N/mm²）と高強度コンクリートを用いて押抜き試験が行われた既往の実験^{3,11,12)}の結果を比較する。図-1(a)にせん断耐力実験値と示方書式による計算値との比を縦軸に、コンクリート圧縮強度を横軸に示したグラフを示す。

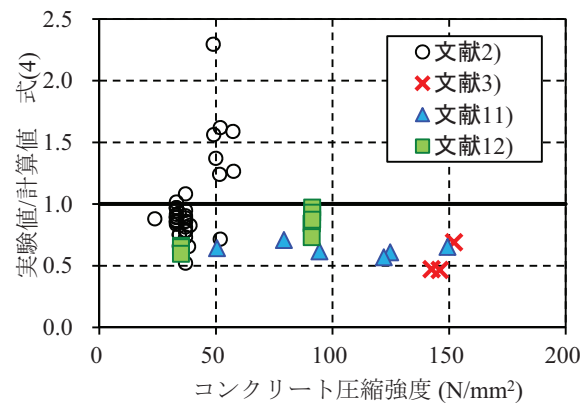
文献3)は圧縮強度が約150N/mm²でコンクリートブロックの幅の異なる試験体を含む3体の結果である。文献11)は圧縮強度が50～150N/mm²の範囲で行われた6体の実験結果である。文献12)は圧縮強度が35N/mm²と91N/mm²で行われたもので、3体ずつ製作され、3体の内1体は、漸増繰り返しで載荷されたものである。いずれの実験も孔径50mm、鋼板厚12mmの孔あき鋼板が使用されている。

図-1(a)から、圧縮強度が大きい範囲では示方書式による計算耐力が実験結果を過大評価しているのが明らかである。これは前述したように示方書式のせん断耐力が圧縮強度に比例するものとなっているからである。PBLがコンクリートで破壊する場合、鋼板厚が薄いと鋼板からの支圧によりコンクリートが圧壊するとされているが、多くの実験では圧壊の様子はなく、鋼板面に沿った2面のせん断破壊となることが報告されている。このことから、コンクリート強度の影響は圧縮強度よりも引張強度の影響を大きく受けると考えられる。

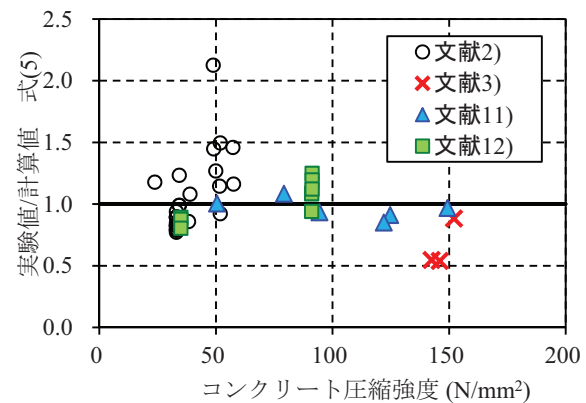
そこで、計算耐力が圧縮強度とは比例しない既往の耐力式(4)～(6)によって、同様に実験結果と比較する。図-1(b)と(c)に式(4)、及び式(5)との比較をそれぞれ示す。なお、一部コンクリートブロックの形状が文献からは読み取れない試験体があったので、その試験体については式(5)との比較ができなかった。また、式(6)については対象とした試験体における拘束力が算出できなかったためここでは比較を行わなかった。比較の結果、式(4)と(5)はいずれも圧縮強度の約0.6乗に比例する式となっており、高強度の領域での対応は示方書式と比べて明らかに良くなっている。一方、示方書の適用範囲で実験値と計算値との差が顕著になったものが見られた。この差が大



(a) 示方書式



(b) 式(4)



(c) 式(5)

図-1 実験値/計算値と圧縮強度の関係

きい試験体に着目すると、いずれも実験値が大きくなっているが、試験体は孔あき鋼板が各フランジに1枚だけ溶接され、かつ、図-2(a)に示すコンクリートブロックの幅 W が1250mmの押抜き試験であり、他の試験体の幅 W が400、または750mmであるのに比べて非常に大きかった。これはコンクリートブロックと反力床の間の摩擦抵抗により、ブロックの底面が拘束され、せん断耐力が大きくなっているものと思われる。よって、拘束の影響を考慮することでより精度よく実験結果を評価できると考えられる。ただし、式(5)ではすでに拘束効果を考慮し

たものとなっているが、図-2(b)に示す孔あき鋼板を除くコンクリートブロックの断面積によって拘束力を評価しているため、前述の幅 W については考慮することができない。よって、様々な試験方法や試験体形状による条件を整理する必要がある。

以上より、コンクリート強度の影響については圧縮強度に比例としない方がよいことは明確である。一方、拘束効果についてはコンクリートブロックの大きさひとつとっても図-2に示す W 、 B 、 H 、 c などが影響しており、それを評価するためには多くのデータが必要である。

4. 要素実験

(1) 実験概要

a) 実験方法

前章の既往耐力式の比較、あるいは既往の文献で言われているようにPBLのせん断耐力は周囲の拘束条件の影響を大きく受け、また、その要因は様々である。よって、拘束の影響を実験的に把握しようとした場合、試験体の形状の設定が難しい。そこで筆者らは拘束力の大きさとせん断耐力への影響を直接把握することが重要であると考へ、拘束力を外的に与える要素実験を実施した。写真-1に要素実験の状況を示す。本実験では貫通鉄筋がない試験体を用いて拘束力の大きさを直接計測できるように、外部から拘束を与える方法でせん断実験を実施した。実験では試験体底面にテフロンシートを用いて摩擦を極力小さくし、水平方向の拘束をなくした。また、鋼板を挟む2つのコンクリートブロックを孔内のコンクリート以外では一体化させないことにより、外部から油圧ジャッキにより与える圧縮力以外に拘束力が作用しないようにした。

b) 試験体

図-3 に試験体形状を示す。試験体はその中央に厚さ12mm で直径 50mm の孔を有する鋼板を配置し、その両側にコンクリートブロックを配置したものである。PBLに貫通鉄筋はなく、また、試験体両側のコンクリートブロックも無筋とした。孔の直径は土木構造物で比較的多く使われるものとして直径 50mm を設定し、鋼板の幅を150mm とした。コンクリートブロックの幅は両側のコンクリートが中央の孔あき鋼板で完全に分割されるように孔あき鋼板と同じ幅の150mm とした。

表-1 に試験体一覧を示す。試験体は全 26 体であり、実験要因はコンクリートの圧縮強度と拘束力とした。試験体名は圧縮強度の目標値・面圧で示している。ここで面圧とは、拘束力をコンクリートブロックの面積(200mm×150mm)で除した値である。なお、コンクリ

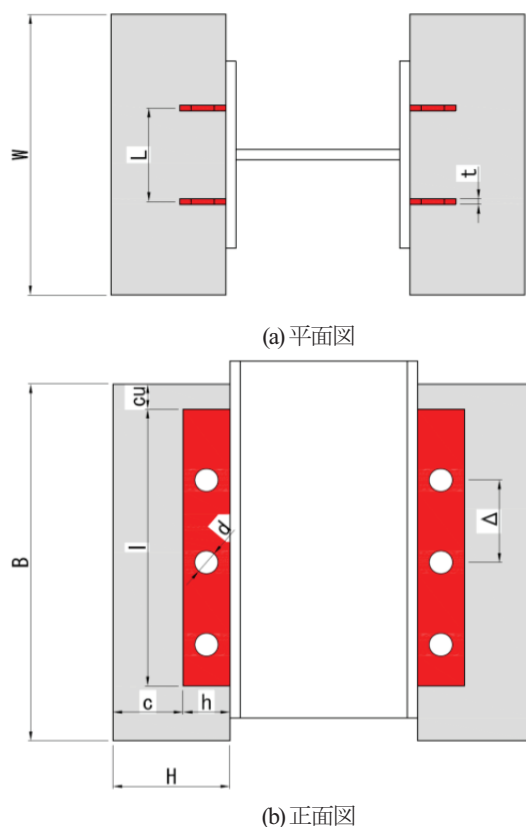


図-2 押抜き試験における試験体形状

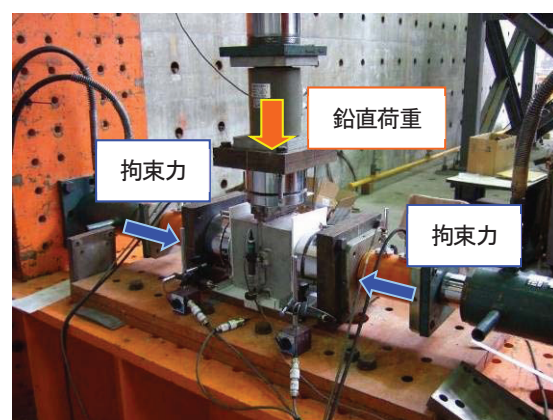


写真-1 要素実験状況

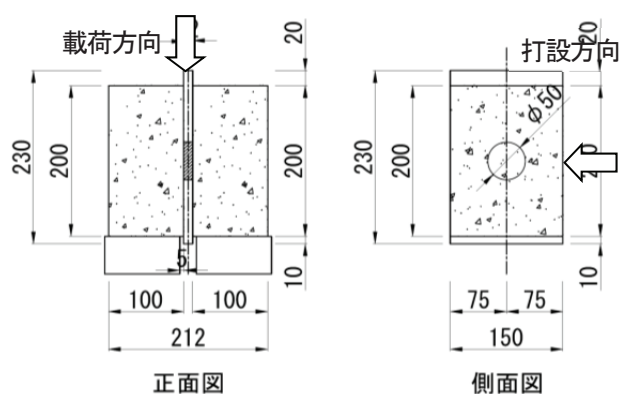


図-3 試験体形状

表-1 試験体一覧（要素実験）

試験体 No.	孔径 mm	板厚 mm	板面積 mm ²	孔面積 mm ²	圧縮 強度 N/mm ²	拘束力 kN	面圧 N/mm ²	拘束圧 =拘束力 /孔面積 N/mm ²	最大荷重 (せん断耐力) kN	最大 荷重時 のずれ mm	計算値 ※2 kN	実験値 / 計算値
40-1	50	12	30000	1963.5	42.2	30.0	1.0	15.3	75	0.357	136	0.55
40-2						60.0	2.0	30.6	114	0.625	136	0.84
40-3						90.0	3.0	45.8	135	1.405	136	0.99
40-4						120.0	4.0	61.1	163	1.257	136	1.20
40-6					45.2	180.0	6.0	91.7	236	0.270	148	1.59
40-8						240.0	8.0	122.2	237	0.778	148	1.59
40-10						300.0	10.0	152.8	295	0.022	148	1.99
80-2					75.7	60.0	2.0	30.6	140	0.516	275	0.51
80-4						120.0	4.0	61.1	227	0.710	275	0.82
80-6					81.5	180.0	6.0	91.7	298	0.675	299	1.00
80-8						240.0	8.0	122.2	358	1.081	299	1.20
80-10						300.0	10.0	152.8	385	0.682	299	1.29
120-2					126.3	60.0	2.0	30.6	168	0.504	485	0.35
120-4						120.0	4.0	61.1	251	1.166	485	0.52
120-6					130.7	180.0	6.0	91.7	354	0.618	503	0.70
120-8						240.0	8.0	122.2	386	0.696	503	0.77
120-10						300.0	10.0	152.8	428	0.648	503	0.85
150-1					153.9	30.0	1.0	15.3	97	0.109	599	0.16
150-2						60.0	2.0	30.6	177	0.443	599	0.29
150-3						90.0	3.0	45.8	204	0.604	599	0.34
150-4						120.0	4.0	61.1	248	1.171	599	0.41
150-6					156.3	180.0	6.0	91.7	341	0.561	609	0.56
150-8						240.0	8.0	122.2	364	0.689	609	0.60
150-10						300.0	10.0	152.8	468	0.667	609	0.77
160-2					165.4	60.0	2.0	30.6	162	0.816	647	0.25
160-4						120.0	4.0	61.1	257	0.804	647	0.40

※1 面圧＝拘束力／コンクリートブロックの断面積（200mm×150mm）

※2 示方書式 $Q_u = 3.38 \times d^2 \times (t/d)^{1/2} \times f'_c - 39.0$ (kN)

Q_u ：せん断耐力(kN)， d ：孔径(mm)， t ：板厚(mm)， f'_c ：コンクリートの円柱体の圧縮強度(N/mm²)

ートブロックの断面は、全面が鋼板と接している。

試験体の製作は、鋼板とコンクリートの付着を除去するために鋼板にグリスを塗布し、図-3 に示す方向からコンクリートを打設した。

c) 載荷方法

コンクリートブロックに挟まれた孔あき鋼板を鉛直下向きに油圧ジャッキで加力し、鋼板とコンクリートブロックの接合面にせん断力を与えた。孔あき鋼板への加力中、水平方向の油圧ジャッキによる拘束力を一定に保つようコンピューターで制御した。

載荷は最大荷重が得られた後、鋼板とコンクリートの相対ずれが 8mm となるまで途中除荷をせずに行った。

d) 計測

計測項目は、載荷荷重（鉛直方向ジャッキの荷重）と拘束力（水平方向ジャッキの荷重）のほか、鋼板とコンクリートブロックの相対ずれとした。

(2) 実験結果

表-1 に最大荷重及び最大荷重時の相対ずれを示す。表には示方書に示される貫通鉄筋がない場合の示方書式による計算値も合わせて示す。また、図-4 に載荷荷重と相対ずれの関係を示す。ここでは No.40-4 と No.160-4 の結果を示すが、いずれの試験体も挙動に大きな違いはなく、最大荷重前に相対ずれが生じ始め、最大荷重以降、荷重は緩やかに低下した。

載荷終了後の試験体の状況を写真-2 に示す。ここでは試験体 No.160-4 について示すが、いずれの試験体も鋼板の孔の中に鋼板とほぼ同じ厚さのコンクリートが残っており、鋼板面に沿って 2 面の破壊面を持つせん断破壊をした。破壊面は完全な平滑ではなく、試験体によって異なるが若干の凹凸が見られ、孔周囲の粗骨材の配置状況によって異なったのだと思われる。PBL の破壊メカニ

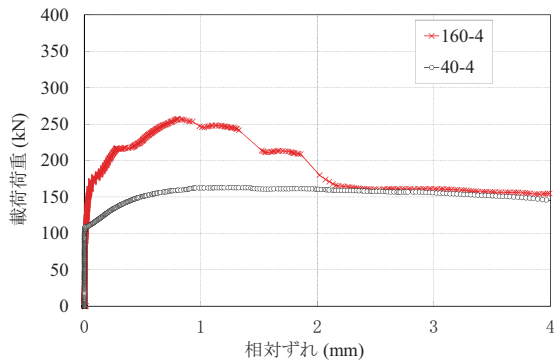


図4 載荷荷重と相対ずれの関係
(No.160-4)

ズムを考える上で、コンクリート内部の孔周囲のひび割れ状況を把握することが重要であるが、載荷の途中でのひび割れ状況を実験から把握することは難しく、コンクリート内部の状況までは不明である。ただし、試験体により多少異なっているが、せん断耐力に達した時点では相対ずれが 0.5mm 程度生じていることを鑑みると、この時点で孔周辺にはひび割れが生じていると思われる。つまり、孔の周辺には最大荷重に達する前にひび割れが生じ、その後、破壊後の状況に見られるように鋼板に沿ったひび割れ面が形成され、ひび割れ面におけるコンクリート同士の摩擦力によりずれが生じた後も荷重が増加したものと考えられる。

本実験における最大荷重（せん断耐力）と圧縮強度の関係に着目し、縦軸にせん断耐力、横軸に圧縮強度をとり、面圧ごとにまとめたグラフを図-5 に、また、同様に横軸を面圧としたグラフを図-6 に示す。圧縮強度の増加、あるいは面圧の増加に伴い、せん断耐力は増加傾向が見られた。

以上より、圧縮強度と拘束力の両者がせん断耐力に影響を与えており、これらを考慮したせん断耐力式の構築が可能だと考えた。

(3) 拘束を考慮したせん断耐力式の提案

前述した要素実験結果を基に、コンクリートの圧縮強度と拘束力を考慮したせん断耐力式を構築した。コンクリート標準示方書⁸⁾には圧縮強度と面圧の影響を積の形で考慮したせん断伝達耐力式が示されており、これを参考にせん断耐力の評価を試みた。

$$V_c = \mu \cdot f'_{cd} \cdot (\sigma_{nd} / 2)^{1-b} \cdot A_c \quad (10)$$

ここで、 V_c ：せん断伝達耐力、 μ ：固体接触に関する平均摩擦係数、 f'_{cd} ：コンクリートの設計圧縮強度、 σ_{nd} ：せん断面に垂直に作用する平均圧縮応力度、 b ：面形状を表す係数（0～1）、 A_c ：せん断面の面積である。



写真-2 実験後の状況

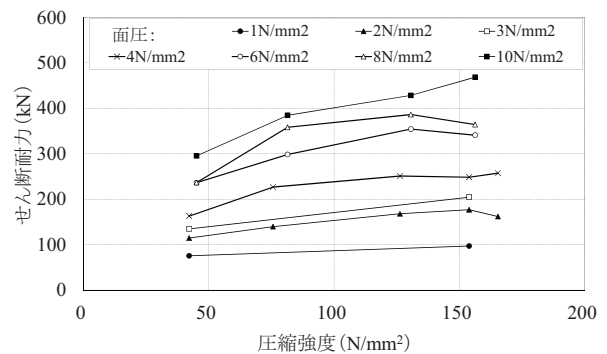


図-5 せん断耐力と圧縮強度の関係

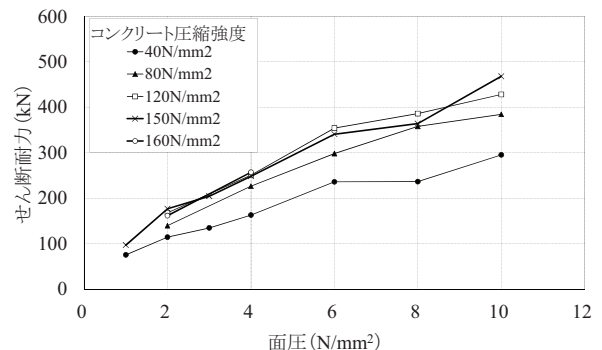


図-6 せん断耐力と面圧の関係

式(10)では、 σ_{nd} を設計上安全側とするために 1/2 としているが、本実験結果については孔に作用する拘束圧（＝拘束力/孔の面積）を σ_{nd} とし、2 面の孔の面積分のせん断伝達面によってせん断抵抗するとした。よって、式(11)に示す関数を設定し、回帰分析によって係数を決定した。

$$Q_c = (\alpha \cdot f'_c{}^A \cdot \sigma_n{}^B) \times \frac{\pi d^2}{4} \times 2 \quad (11)$$

ここで、 Q_c は PBL のせん断耐力、 f'_c はコンクリート圧縮強度、 σ_n は拘束圧（＝拘束力/孔の面積）、 d は孔の直径、 α 、 A 、 B は定数とする。

表-2 実験値と計算値の組合せ

凡例	実験データ	耐力計算
①	本実験	式(12)
②	文献13)	式(12)
③	本実験	式(6)
④	文献13)	式(6)
⑤	本実験	式(8)
⑥	文献13)	式(8)

まず、圧縮強度と拘束力の影響度合いを示す指数 A 、 B を重回帰分析¹⁴⁾により決定した。その結果、 $A=0.315$ 、 $B=0.629$ を得た。拘束圧は圧縮強度に比べてせん断耐力に与える影響が大きく、指数として2倍程度であった。次に、この数値を丸めて $A=1/3$ 、 $B=2/3$ と設定し、回帰分析により係数 α を求めた。その結果、 $\alpha=0.784$ が得られPBLのせん断耐力式として式(12)を得た。

$$Q_c = \left(0.784 \cdot f_c^{\frac{1}{3}} \cdot \sigma_n^{\frac{2}{3}} \right) \times \frac{\pi d^2}{4} \times 2 \quad (12)$$

(4) 既往の耐力算定式との比較

前節で提案したせん断耐力式(12)と実験結果を比較する。また、本実験と同様に拘束力を直接与えることで拘束力の値が明確になっている実験¹³⁾も合わせて比較する。さらに、せん断耐力式に拘束力が直接変数として入っている式(6)、及び式(8)による比較も示す。図-7に実験値と計算値の比較を示すが、凡例の①～⑥は表-2の実験結果と計算値の組合せである。また、図-8～図-10はせん断耐力式ごとに比較したものである。この図中にはデータの回帰直線を破線で示す。

今回提案した式は、本実験結果に加えて文献13)の結果に対しても評価できた。式(8)も精度よく評価できているが、全実験データに対する回帰直線の傾きは、式(12)で1.02、式(8)で0.89と、今回提案した式(12)の方がより精度の高いものであった。式(6)については、高い相関が得られているが、回帰直線の傾きが0.62と、精度という点では式(12)、式(8)よりも劣るものであった。

5. まとめ

本研究で得られた主な結論を以下に示す。

- (1) 圧縮強度と拘束力を実験要因としたPBLのせん断実験を実施し、コンクリートが2面せん断破壊する場合のせん断耐力を確認した。
- (2) 本実験の範囲では、コンクリート圧縮強度の影響よりも拘束力の影響の方がせん断耐力に与える影響は大きかった。

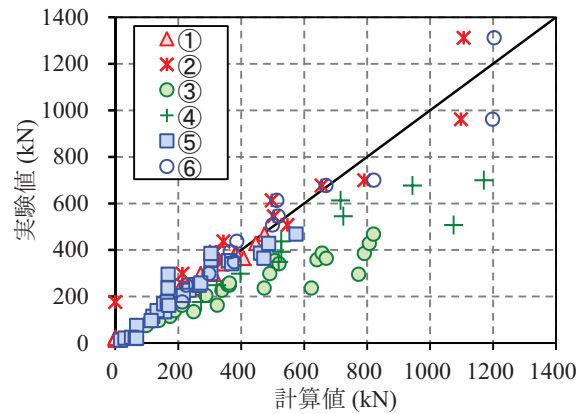


図-7 実験値と計算値の比較

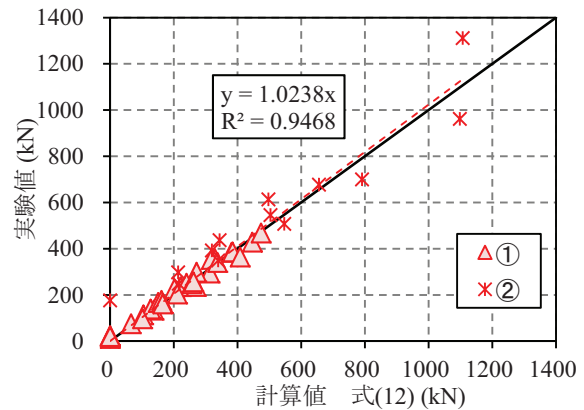


図-8 実験値とせん断耐力式(12)の比較

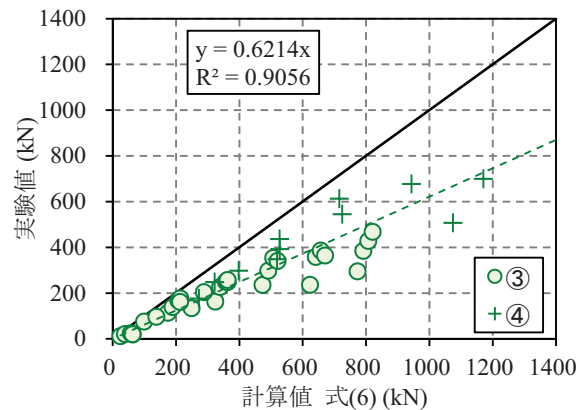


図-9 実験値とせん断耐力式(6)の比較

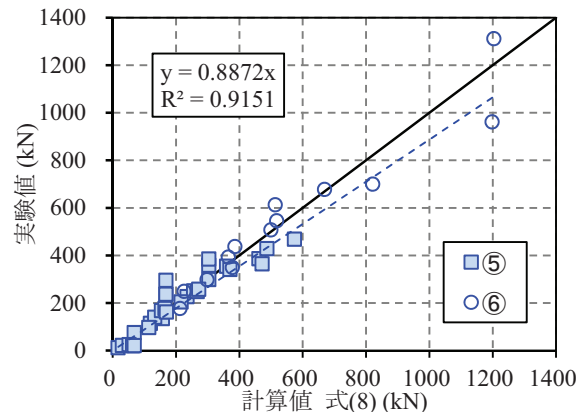


図-10 実験値とせん断耐力式(8)の比較

(3) 実験結果から圧縮強度と拘束力を変数としたせん断耐力式を提案し、良好な算定精度を有することを確認した。

今回提案した式は、せん断耐力式に拘束力を直接導入したものであり、実構造物においては、例えばプレストレスなどにより拘束力を導入した場合に直接適用できると考えている。しかしながら、拘束力を直接与えていない今までの一般的な使われ方の場合においては、コンクリートの形状や補強筋による拘束効果と拘束力を関連付ける必要があり、今後、既往のデータを用いて関連付けを行っていく予定である。

参考文献

- 1) 複合構造標準示方書：土木学会，pp.59-73，2009
- 2) 保坂鐵矢，光木香，平城弘一，牛島祥貴，橘吉宏，渡辺滉：孔あき鋼板ジベルのせん断特性に関する実験的研究，構造工学論文集，Vol.46A，pp.1593-1604，2000.3
- 3) 一宮利通，盛田行彦，日紫喜剛啓：孔あき鋼板で補強した超高強度コンクリート部材の構造性能，JCI「高強度コンクリート構造物の構造性能評価研究委員会」報告会・シンポジウム，pp.510-515，2006
- 4) 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，pp.26-1～26-8，2005
- 5) 頭付きスタッドの押抜き試験方法（案）とスタッドに関する研究の現状：日本鋼構造協会，1996
- 6) 藤井堅，岩崎初美，深田和宏，豊田正，藤村伸智：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，No.2，pp.502-512，2008.6
- 7) 古川祐輔，藤井堅，道菅裕一，山口詩織：孔あき鋼板ジベルの押し抜き試験における各種パラメータのずれ耐力への影響，第9回複合構造の活用に関するシンポジウム，pp.58-64，2011
- 8) 日向優裕，藤井堅，深田和宏，道菅裕一：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，Vol.53A，p p. 1089-1098，2007
- 9) 民家洋輔，道菅裕一，藤井堅：側圧効果が孔あき鋼板ジベルのずれ耐力に及ぼす影響，土木学会第68回年次学術講演会，CS3，pp.21-22，2013
- 10) 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，Vol.68，No.2，pp.495～508，2012
- 11) 平陽兵，浅沼大寿，一宮利通，古市耕輔：拘束効果を考慮した孔あき鋼板ジベルの耐力評価法，コンクリート工学年次論文集，Vol.35，No.2，p p.1225-1230，2013
- 12) 山口隆一：高性能コンクリートを用いた孔あき鋼板ジベルの押抜き試験，第8回複合・合成構造の活用に関するシンポジウム，pp.54-1～54-7，2009
- 13) 西海健二，沖本眞之：拘束力を考慮した有孔鋼板のずれ止め特性に関する研究，土木学会論文集，No.366/ I -49，193-203，1999.10
- 14) 平城弘一，松井繁之，福本嘯士：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

SHEAR STRENGTH OF PERFOBOND SHEAR CONNECTORS USING HIGH STRENGTH CONCRETE UNDER THE RESTRAINING FORCE

Yohei TAIRA, Taijyu ASANUMA, Toshimichi ICHINOMIYA, Kazumasa OHKUBO
and Kosuke FURUICHI

The formulas for calculating the perfbond shear connector, one of the shear connectors for steel-concrete composite structures, are given in the Standard Specifications for Hybrid Structures of Japan Society of Civil Engineers in the case where reinforcement is applied and otherwise. The formulas were derived through the regression of the results of tests conducted in Japan and abroad. The formulas are inapplicable to cases where concrete with a compressive strength exceeding 60 N/mm² is used. In addition to the formulas given in the Specifications, an equation for calculating shear strength that has been proposed was used. The results of calculation made by the proposed equation were compared with the results of tests that used high strength concrete, and the applicability of the equation was examined.