

V-53

孔あき鋼板ジベルのせん断伝達耐力について

北海道大学工学部○学生員 田口 秀彦

北海道大学大学院 正 員 古内 仁

北海道大学大学院 正 員 上田 多門

石川島播磨重工業(株) 正 員 鈴木 統

1. はじめに

近年、橋梁や港湾構造物などにおいて合成構造や混合構造が盛んに用いられるようになってきている。これらの構造物においては、鋼とコンクリートをいかに結合させるかが大きな問題となる。従来は頭付きスタッドジベルが一般的に用いられてきたが、ドイツの Leonhardt¹⁾によって提案されている孔あき鋼板ジベルは、疲労耐久性に優れるといった既往の研究²⁾もあり、また、溶接等の作業を大幅に削減できることから、製作時の省力化、コストダウンといった利点を有する可能性がある。

Leonhardt は孔あき鋼板ジベルの耐力評価時のパラメーターとして鋼板の断面積、降伏強度、孔の径、コンクリート強度のみを用いている。しかし、実構造物への適用を考えた場合、以上のパラメーターのほかにも孔数、孔間隔、貫通鉄筋の有無など、さまざまな要因が影響を及ぼす可能性がある。更に、Leonhardt が提案したせん断伝達耐力評価式では過大評価されているといった実験結果³⁾もあり、孔あき鋼板ジベルの実構造物への適用に際しては解明すべき点が多い。

そこで、本研究では孔あき鋼板ジベルのせん断伝達耐力評価式を確立することを最終的な目的としてせん断伝達に影響を及ぼすと予想されるパラメーターを用いて基礎的な実験を行った。

2. 実験概要

2.1 実験供試体

押し抜きせん断試験の供試体形状を図1に、孔あき鋼板の形状を図2に示す。供試体は H 鋼フランジの両側に孔あき鋼板を各2枚づつ溶接し、各々にコンクリートブロックを打設した形状になっている。孔あき鋼板の形状は長さ 300mm、高さ 100mm、板厚 12mm、孔径 50mm、孔数3を基本 1-1 とし、断面積を一定として孔径を変化させたもの 1-2、孔の中に貫通鉄筋を通したもの 1-4、孔数が1つ

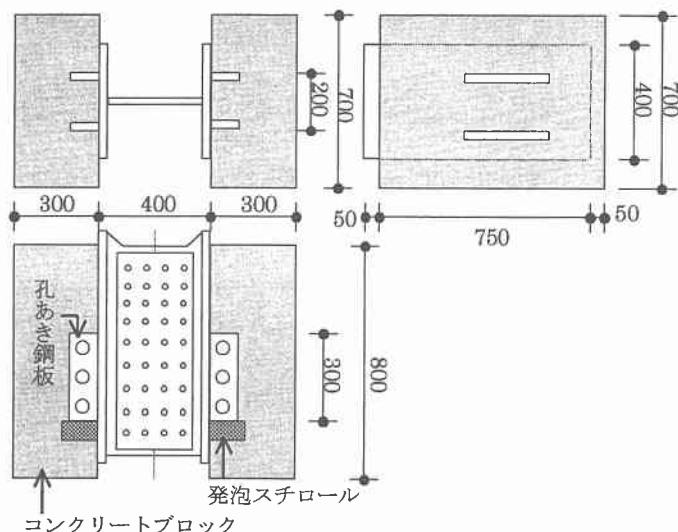


図1 供試体形状

のもの 2-1 とした (図2参照)。 供試体 1-2 は孔径 43mm、孔数 4、供試体 1-4 は貫通鉄筋として D13 を

A Study on Capacity for shear Transfer of Perfobondstrip

By Hidehiko Taguchi, Hitoshi Furuuchi, Tamon Ueda and Osamu Suzuki

用いた。なお、供試体 2-1 は H 鋼フランジの両側に孔あき鋼板を各 1 枚溶接し、コンクリートブロックの幅は供試体 1 シリーズの半分の 350mm とした。左右のコンクリートブロックは鉄筋で十分に補強されている。

孔あき鋼板の設計には以下に示す Leonhardt の設計式を用いて行った。

i. コンクリートが破壊する場合

$$P_c = 1.4 \times d^2 \times \sigma_c'$$

d : 孔径 (mm)

σ_c' : コンクリートの立方体強度 (N/mm²)

ii. 鋼板が破壊する場合

$$P_s = 1.44 \times A_s \times \sigma_{sy}$$

A_s : 鋼板の断面積 (mm²)

σ_{sy} : 鋼板の降伏強度 (N/mm²)

Leonhardt によると、孔あき鋼板ジベルの破壊形態はコンクリートがせん断破壊する場合と鋼板が降伏する場合の 2 種類の破壊形態があるとされている。そこで、本研究ではコンクリート面での破壊が起こるように鋼板を設計した。また、純粋に孔のみでせん断力に抵抗する目的で H 鋼フランジ及び、孔あき鋼板にはグリスを塗り、コンクリートと鋼板の付着を排除した。さらに、鋼板端部のコンクリートへの支圧によるせん断力への影響を取り除くため発泡スチロールを配置した。

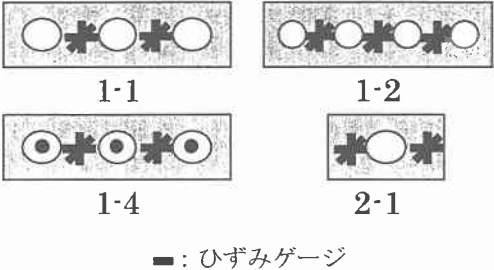


図 2 孔あき鋼板ジベル

2.2 試験方法

試験方法は、(社) 日本鋼構造協会の「頭付きスタッドの押し抜きせん断試験方法(案)」³⁾を適用した。試験体の左右への傾きをなくし、コンクリートブロックの全底面を密着させるため、コンクリートブロックの下に石膏を敷いている。H 鋼フランジに均等に載荷できるように供試体を設置し、H 鋼のみを押し抜いた。計測項目は荷重、鋼とコンクリートの相対ずれ (図 3 参照)、及び、孔あき鋼板の降伏を判定するために鋼板のひずみとした (図 2 参照)。最大荷重に到達した後は変位が 20 mm になるまで載荷しつづけ、その後、除荷した。なお、1-1、1-4、2-1 については単調載荷とし、1-2 については単調載荷の最大荷重の 1/20 の荷重増分ごとに除荷を行った。

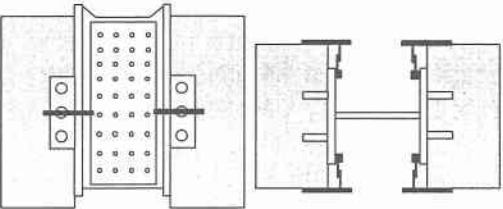


図 3 変位測定位置

3 実験結果

押し抜きせん断試験の結果を表 1 に、荷重—相対ずれ曲線を図 4 に示す。

表 1 押し抜きせん断試験結果

供試体番号	鋼板 1 枚あたり 最大せん断耐力 kN	鋼板 1 枚あたり 設計せん断耐力 kN	1 孔あたり 最大せん断耐力 kN	1 孔あたり 設計せん断耐力 kN	コンクリート 圧縮強度 Mpa
1-1	416.99	460.00	139.00	153.33	34.5
1-2	400.82	454.00	100.21	113.50	34.5
1-4	484.86	460.00	161.62	153.33	34.5
2-1	161.80	137.59	161.80	137.59	31.4

ここで、相対ずれとは左右のコンクリートブロックの変位の大きい方である。ただし、1-2 の荷重—相対ずれ曲線は包絡線を示した。

Leonhardt によるとコンクリートが破壊を起こす場合において、せん断伝達耐力は孔径とコンクリート強度の影響を受けるとされている。そこで、供試体によってコンクリート強度が異なるため、実験結果をコンクリート強度及び、孔面積で割った値で比較した。その値を図 4 に示す。

3.1 鋼板の破壊状況

ミーゼスの降伏条件を用いて、鋼板の降伏を判定したところ、2-1 ではコンクリートの破壊が起こった後に鋼板が降伏していたが、1 シリーズでは、場所によっては最大荷重に到達する前に降伏している箇所も確認された。1-2 では最大荷重前に下から順に鋼板が降伏し、片側 3 カ所のひずみ測定位置のうち 2 カ所が最大荷重前に降伏した。1-1 もほぼ同様の傾向が見られた。供試体 1-4 では、鉄筋の降伏時に最大せん断耐力が発生しており、鋼板はそれよりも前の時点で降伏していた。鋼板の破壊位置に着目すると、載荷方向に対して鋼板の下側から先に降伏する傾向が多く見られたが必ずしも全ての供試体がそのような挙動を示すわけではなかった。

3.2 孔数による比較

Leonhardt の式は、せん断耐力は孔が 1 つの場合の式であり、複数の孔を持つ鋼板ジベルの設計値を求める場合は孔数を乗じる必要がある。図 4 の結果を見ると、供試体 2-1 においては設計値よりも大きなせん断耐力が測定された。しかし、供試体 1-1、1-2 においては設計値を下まわる実験結果が得られた。孔 1 つあたりのせん断耐力で比較した場合、供試体 2-1 と供試体 1-1 では、明らかに 2-1 の方が耐力は大きく、供試体 1-1 においては計算値よりも小さな値が測定されている。鋼板の破壊状況も含めると、孔数が複数になると、コンクリートおよび、鋼板が均等にせん断力に抵抗するわけではなく、順を追って破壊に至るのではないかと考えられる。

3.3 単位面積あたりのコンクリートジベルのせん断耐力

単位面積あたりのせん断耐力について比較した場合、1-1 と 1-2 では差は見られなかった。(図 4 参照) しかし、1-1 及び 1-2 と 2-1 を比較した場合は孔数同様、複数の孔を持つ供試体よりも 1 つ孔の 2-1 の方が大きな耐力を示した。孔 1 つあたりのせん断耐力で比較すると、孔径の異なる供試体においてもそれほど大きな違いは見られなかった。これより、1 つの孔

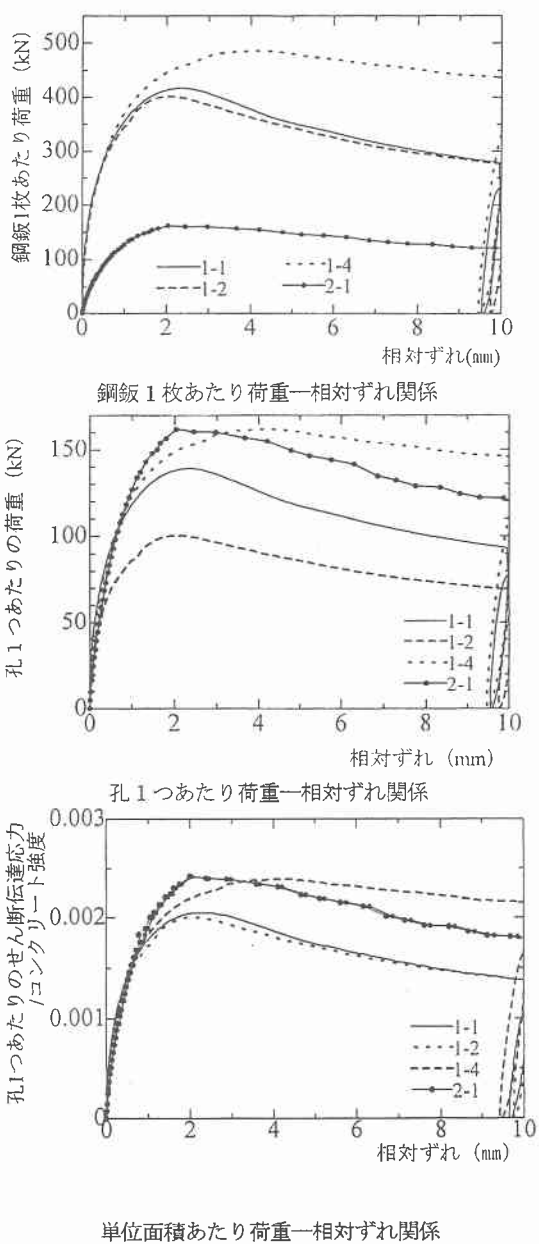


図 4 荷重—相対ずれ関係

に関しては孔面積はせん断耐力に大きく関係していると思われる。

3.4 貫通鉄筋の影響(図 4 参照)

孔に鉄筋を貫通させた場合、耐力が大幅に増加することが確認された。また、ずれ性状も改善されている。貫通鉄筋を含む供試体は最大荷重を記録する前に鋼板のひずみ測定個所の全ての点において降伏が確認された。鋼板破壊後も荷重が増加し続けたのは鉄筋が有効に働いているからであると考えられる。しかし、他の研究⁴⁾では鉄筋の効果は少ないとの報告もあり、孔面積にしめる鉄筋断面積等によって効果が違ってくることが考えられる。

4.まとめ

本研究では、孔数、孔面積、貫通鉄筋の有無、及び、鋼板の破壊状況について検討を行い、次のことが確認された。

- (1) Leonhardt が提案したせん断伝達耐力評価式は、1 孔もしくは貫通鉄筋がある場合は有効であるが、孔の数が複数になると実験値が計算値を下回る事が確認された。
- (2) 単位面積あたりのコンクリートジベルのせん断伝達耐力は 1 孔、複数孔での違いはあるものの、複数孔同士では孔の径に関わらず、ほぼ一定の値を示した。
- (3) 貫通鉄筋を含む供試体は含まないものと比べると耐力が 16%ほど増加した。また、ずれ性状も改善された。しかし、孔面積にしめる鉄筋断面積の影響は明らかではない。
- (4) 今回はどの供試体もコンクリートの破壊が先行する設計だったが、最大荷重に到達する前に鋼板が部分的に降伏していることが確認された。

今後は、孔数、貫通鉄筋の径などせん断伝達耐力に影響が十分に確認できなかったパラメーターに加え、今回実験できなかったパラメーター（コンクリート強度、孔間隔等）についても実験をし、せん断伝達耐力評価式を提案する予定である。

5.参考文献

- (1) Leonhardt, F. et al. : Neues, Verbundmittel für Stahlverbund-Tragwerk mit hoher Dauerfestigkeit, Beton und Stahlbetonbau, 1987
- (2) 平他：孔あき鋼板ジベルの疲労特性、コンクリート工学年次論文報告集、Vol19、No.2、1997
- (3) (社) 日本鋼構造協会の「頭付きスタッドの押し抜きせん断試験方法(案)とスタッドに関する研究と現状、平成 8 年 11 月
- (4) 上原他：パーフォボンドリブのせん断耐力に関する基礎的研究、第一回鋼橋床版シンポジウム講演論文集