

(18)スタッド配置段数が押抜き試験体の力学挙動に及ぼす影響

又吉 彩乃¹・中島 章典²・菅原 健太郎³・NGUYEN MINH HAI⁴・藤倉 修一⁵

¹正会員 東京都建設局 第一建設事務所 (〒104-0044 東京都中央区明石町 2-4)

E-mail: Ayano-Matayoshi@member.metro.tokyo.jp

²フェロー会員 宇都宮大学教授 地域デザイン科学部社会基盤デザイン学科 (〒321-8585 宇都宮市陽東

7-1-2) E-mail: akinorin@cc.utsunomiya-u.ac.jp

³学生会員 宇都宮大学大学院 工学研究科博士前期課程 (〒321-8585 宇都宮市陽東 7-1-2)

E-mail: mt166427@cc.utsunomiya-u.ac.jp

⁴正会員 宇都宮大学助教 地域デザイン科学部社会基盤デザイン学科 (〒321-8585 宇都宮市陽東 7-1-2)

E-mail: nguyenminhhai@cc.utsunomiya-u.ac.jp

⁵正会員 宇都宮大学准教授 地域デザイン科学部社会基盤デザイン学科 (〒321-8585 宇都宮市陽東 7-1-2)

E-mail: shuichi.fujikura@cc.utsunomiya-u.ac.jp

鋼コンクリート複合構造のずれ止めとして頭付きスタッドが幅広く使用されている。頭付きスタッドのようなずれ止めの性能を評価するために、ずれ止めを含む構造物の一部を取り出した要素試験体が用いられ、頭付きスタッド 1 段配置の押抜き試験体が一般に用いられている。しかし、頭付きスタッド 1 段配置の試験体にはコンクリートブロックが回転しやすいなどの問題点が指摘されている。本研究では、コンクリートブロックの回転を抑制することを意図して、頭付きスタッド配置段数を増やした場合の押抜き挙動を検討した。そこで、頭付きスタッド 1 段配置と頭付きスタッド 2 段配置の押抜き試験体を作製し、両者の試験体内のスタッドの挙動を明らかにするために、計測項目を増やし詳細な挙動を調べて比較検討を行った。

Key Words : steel concrete hybrid structures, push-out test, headed stud, stud arrangement

1. はじめに

鋼コンクリート複合構造物に用いられているずれ止めの設計に必要な性能を求めるためには、複合構造物中のずれ止めの挙動を適切に評価しなければならない。しかし、一般的には実際の複合構造物中のずれ止めの挙動を確認することは難しいため、ずれ止めを含む構造物の一部を取り出した要素試験体を用いてずれ止めの挙動などを調べる方法が用いられている。複合構造物のずれ止めとして一般的な頭付きスタッド（以下、スタッドと呼ぶ）の要素試験体としては、スタッド 1 段配置の押抜き試験方法¹⁾（以下、標準試験方法案と呼ぶ）が用いられている。スタッドを 1 段配置とした理由の 1 つに、押抜き試験体をコンパクトなものとし、押抜き試験をやりやすくするという考えもあった。しかし、標準試験方法案の試験体にはコンクリートブロックが回転しやすいなどの問題点が指摘されている²⁾。

これに対して、Eurocode4³⁾ではスタッドを 2 段配置した押抜き試験体が用いられているが、押抜き試験

体にスタッドを 2 段配置した場合には、1 段配置の場合よりもコンクリートブロックの回転を抑制できる可能性もある。しかし、これまでもスタッドを 2 段配置した押抜き試験は行われている^{4),5)}ものの、スタッド 2 段配置と 1 段配置における押抜き試験体中のスタッドの力学挙動の差異はあまり明確にされていない。

そこで本研究では、スタッドを 2 段配置した押抜き試験体と 1 段配置した押抜き試験体を用いた押抜き試験を行い、ずれ変位に加えて、H 鋼フランジとコンクリートブロックの開き変位、スタッド軸部のひずみなどの挙動を詳細に調べて両試験体内のスタッドの挙動を確認した。

2. 押抜き試験

(1) 試験体

本研究では、図-1 に示すようなスタッドを 1 段 4 本あるいは 2 段 8 本配置した押抜き試験体を、それぞれ

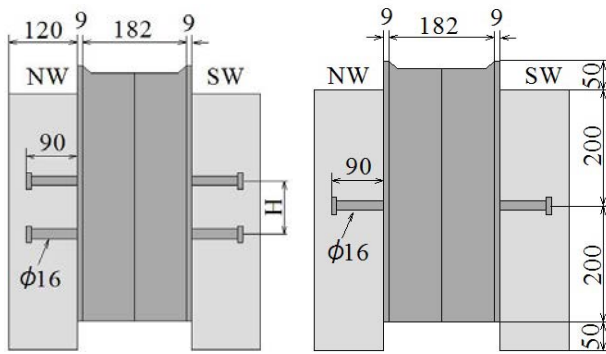


図-1-a 2段配置試験体

図-1-b 1段配置試験体

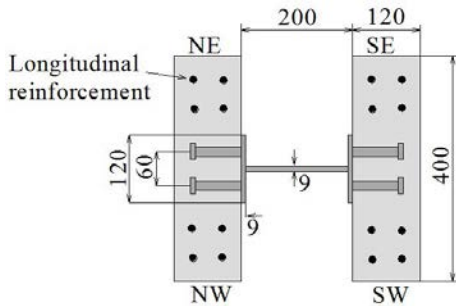


図-1-c 試験体上面図

図-1 押抜き試験体概要

4体作製して静的載荷試験に用いた。なお、スタッドの軸径は16mm、全高は90mmである。また、2つのT鋼を溶接により接合したH鋼のフランジ幅は120mm、厚さは9mmであり、ウェブ厚も9mmで、H鋼の高さは200mmである。そして、H鋼の押抜き方向長さは450mmで、コンクリートとの接触面の長さは400mmである。

図-1-aに示している2段配置のスタッドの配置間隔Hは、150mmあるいは100mmであり、H鋼の下端から下側のスタッド配置位置までの距離は、前者で125mm、後者で150mmである。試験体一覧を表-1に示している。また、コンクリートブロックの断面は別に実施しているはり試験体の断面に合わせて400×120mmとしている⁶⁾。さらに、はり試験に対応させてコンクリートブロック中には、高さ方向にD13鉄筋を4列で2段に、水平方向にD10の帯鉄筋を3段あるいは4段配置している。

(2) 測定項目と試験方法

載荷試験に際しては、コンクリートブロックとH鋼の鉛直方向相対ずれ変位（以下、ずれ変位と呼ぶ）、コンクリートブロックとH鋼フランジの水平方向相対変位（以下、開き変位と呼ぶ）を計測した。ずれ変位は、図-2の青三角マークのように、各スタッド位置で計測するものとし、スタッド2段配置の試験体では8箇所、スタッド1段配置の試験体では4箇所を計測した。

表-1 試験体一覧

試験体名	スタッド 本数	配置間隔 H (mm)	支持条件
2HS-15-F	8	150	固定
2HS-15-M	8	150	可動
2HS-10-F	8	100	固定
2HS-10-M	8	100	可動
1HS-F-1	4	-	固定
1HS-F-2	4	-	固定
1HS-M-1	4	-	可動
1HS-M-2	4	-	可動

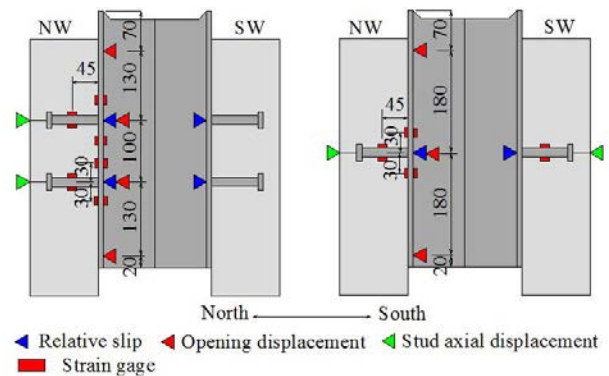


図-2 変位計、ひずみゲージの測定位置

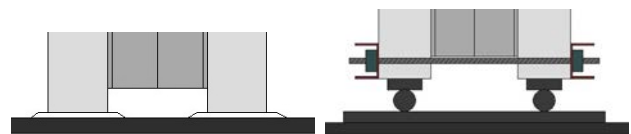


図-3-a 固定支持

図-3-b 可動支持

図-3 コンクリートブロック底面の支持方法

これに対して、それぞれのコンクリートブロックについてウェブ片側の位置で開き変位を計測した。つまり、図-2の赤三角マークで示すように、スタッド2段配置では、高さ方向の4箇所、合計8箇所、スタッド1段配置では、高さ方向の3箇所、合計6箇所をコンクリートブロックの背面とH鋼ウェブ位置の開き変位を計測した。

また、図-2の赤四角マークで示すように、スタッド基部から45mm位置の上下方向のスタッド軸部ひずみをひずみゲージにより計測した。スタッド1段配置の試験体では、すべてのスタッドで、スタッド2段配置の試験体では、上下組で半分のスタッドで計測した。そして、スタッド2段配置の試験体ではひずみを計測しているスタッドで、スタッド1段配置の試験体では半分のスタッドで、スタッド位置の上下30mm位置のH鋼フランジ両面のひずみも計測した。さらに、ひずみを計測しているスタッド頭部のコンクリートブロック

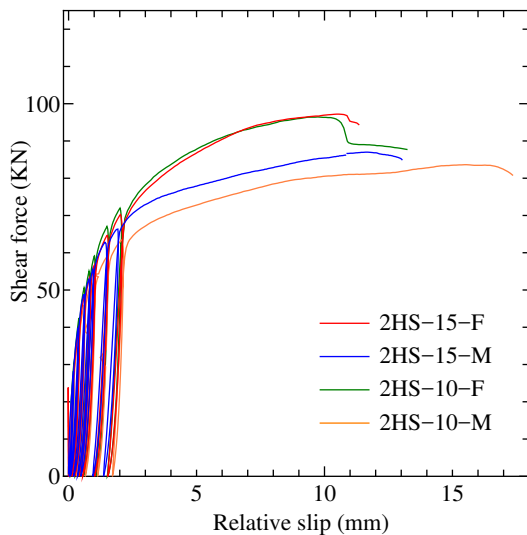


図-4-a スタッド 2 段配置

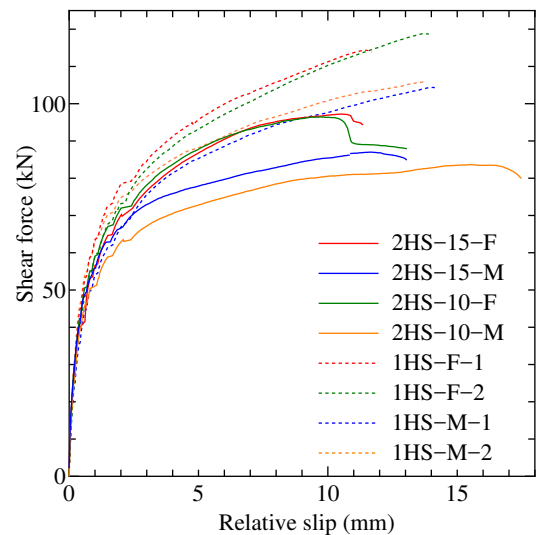


図-5 セン断力-ずれ変位関係 (包絡線)

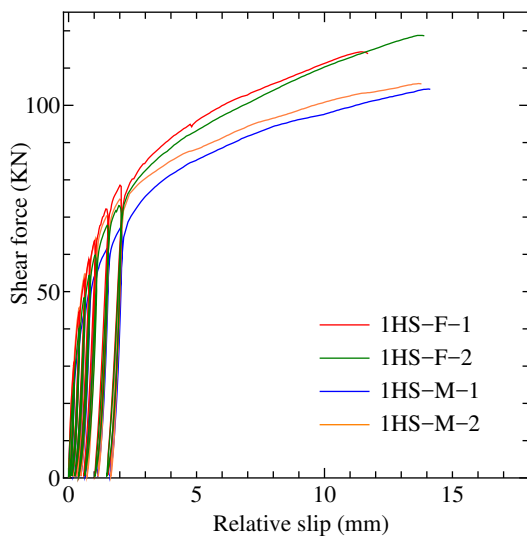


図-4-b スタッド 1 段配置

図-4 セン断力-ずれ変位関係

に対する軸方向相対変位も変位計により計測した。

コンクリートブロック底面の支持方法としては図-3に示すように、標準試験方法¹⁾に準拠して行う固定支持と島⁷⁾が提案する可動支持の2種類の方法に従って実験を行った。なお、可動支持の際には図-3-bに示すように、コンクリート下端付近に開き止めを設置している。

荷重の載荷方法は、漸増繰返し載荷とし、スタッドが破断、もしくは載荷荷重が著しく低下したことを確認した時点で載荷終了とした。表-1に示す試験体名のアルファベット HS の前の数字がスタッド配置段数を表し、その後ろの F あるいは M の記号は押抜き試験体の支持条件に対応し、F が固定支持、M が可動支持を表している。ただし、スタッド 2 段配置の試験体では、HS の後に 2 段のスタッドの配置間隔を表す数字を挿入している。

(3) 使用材料

本試験のコンクリートには、最大骨材寸法 25mm のレディーミクストコンクリートを用いた。試験中のコンクリートの圧縮強度、引張強度及び弾性係数の平均値はそれぞれ 31.3N/mm^2 、 2.9N/mm^2 及び 24.5kN/mm^2 である。また、スタッドの降伏強度及び引張強度は 413N/mm^2 及び 470N/mm^2 である。

3. 実験結果及び考察

(1) セン断力-ずれ変位関係

スタッド 2 段配置の全試験体のせん断力-ずれ変位関係を図-4-a に、スタッド 1 段配置の全試験体のせん断力-ずれ変位関係を図-4-b に示す。縦軸はせん断力を、横軸はずれ変位を表している。縦軸のせん断力とは、載荷荷重をスタッド本数で除したスタッド 1 本当たりに作用するせん断力である。また、横軸のずれ変位とは、スタッド 2 段配置では 8 箇所、スタッド 1 段配置では 4 箇所計測したずれ変位の平均値である。特に、スタッド 2 段配置では、ずれ変位の計測位置によって多少のばらつきは見られるが、上段のスタッド位置と下段のスタッド位置で顕著な差異は見られなかったため、ここではずれ変位を全計測位置の平均値で示している。

また、ずれ剛性やせん断耐力を比較するために、全試験体のせん断力-ずれ変位関係の包絡線を図-5 に示す。実線はスタッド 2 段配置の押抜き試験、点線はスタッド 1 段配置の押抜き試験の結果を示している。スタッド 1 段配置と 2 段配置を比較すると、スタッド 2 段配置は 1 段配置に比較してせん断耐力が小さい。この理由は、スタッド 2 段配置の試験体では、試験体に作用する総荷重はスタッド 1 段配置の試験体の 2 倍に近い、コンクリートブロックがより大きい力を受

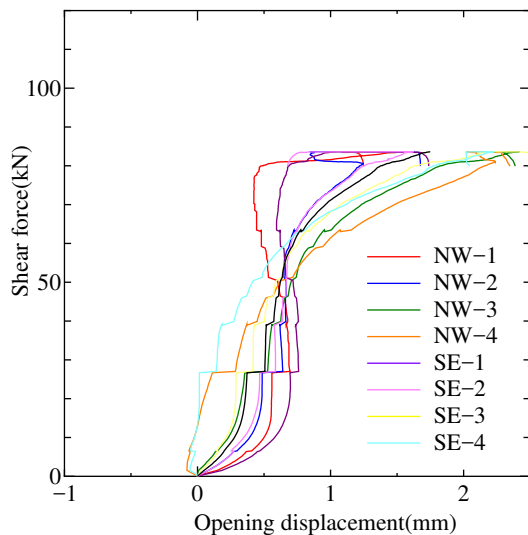


図-6-a スタッド 2 段配置 (可動支持)

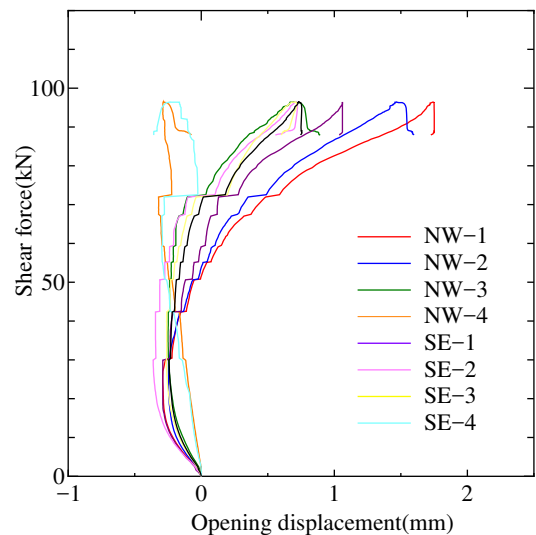


図-6-b スタッド 2 段配置 (固定支持)

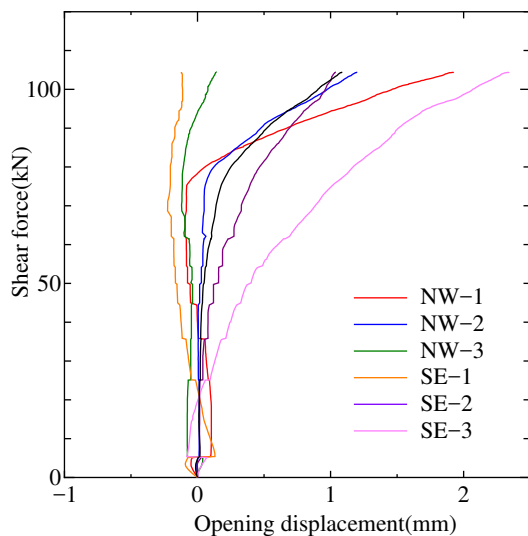


図-6-c スタッド 1 段配置 (可動支持)

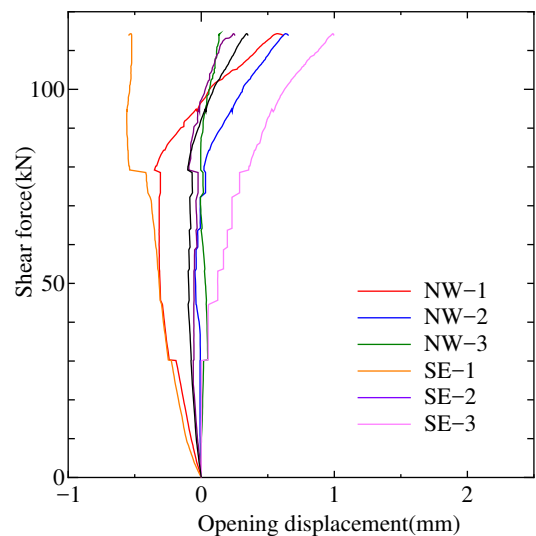


図-6-d スタッド 1 段配置 (固定支持)

図-6 各試験体のせん断力-開き変位関係

けてスタッドが破断する前にコンクリートブロックにひび割れが生じたためであると考えられる。実際にスタッド 2 段配置の試験体では、載荷荷重が 520kN 程度でコンクリートブロック表面にひび割れが生じたが、スタッド 1 段配置の試験体では、スタッド軸部が破断するまでの総荷重は 500kN 以下であり、その荷重までコンクリートブロック表面にひび割れは見られなかった。

一方、支持方法に着目すると、スタッド 1 段配置と 2 段配置の押抜き試験体ともに、固定支持の方が可動支持と比較してせん断耐力は大きい。可動支持は、水平方向に移動が可能のためコンクリートと H 鋼の押し合う力が小さくなるので、固定支持と比較してせん断耐力が小さくなると考えられている²⁾。

ただし、せん断力が 50kN 程度までは、すべての試験体のせん断力-ずれ変位関係はほぼ一致しており、初期剛性に差異はほとんど認められない。

(2) せん断力-開き変位関係

図-6 には、せん断力-開き変位関係の包絡線を示す。スタッド 2 段配置としては、スタッド配置間隔 100mm の場合を、スタッド 1 段配置としては、それぞれ 2 体のうちの 1 体の結果を示している。縦軸はスタッド 1 本当たりのせん断力を、横軸は H 鋼フランジとコンクリートブロックの開き変位を表し、H 鋼フランジとコンクリートが開く方向を正として示している。また、各図に示した記号と数字は、図-2 の赤三角マークで示す試験時の変位計の位置に対応し、北西 (NW) 及び南東 (SE) と上段からの取り付け位置を数字で示している。可動支持と固定支持あるいはスタッド 2 段配置と 1 段配置の結果において、特に、傾向は認められない。どちらかと言えば、スタッド 1 段配置に対してスタッド 2 段配置の場合には、せん断力に対して開き変位が複雑な挙動を示していると言える。

ここで、図-7 には、図-6 に示した関係のうち、そ

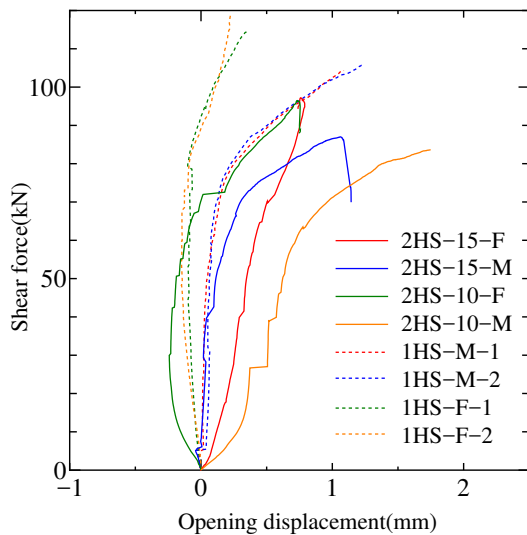


図-7 セン断力-開き変位関係 (平均値)

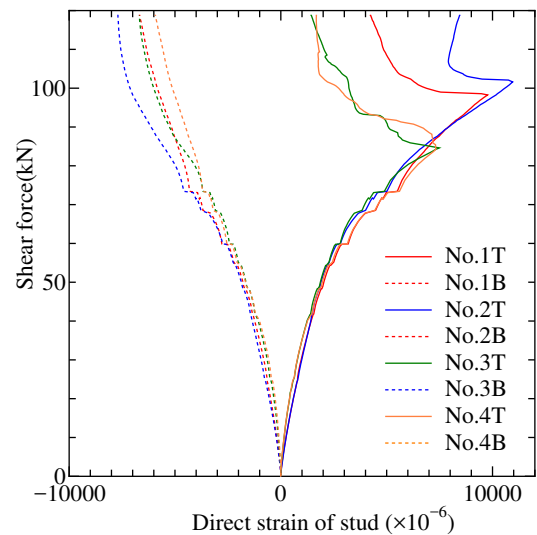


図-9 セン断力-スタッド軸方向ひずみ関係 (1HS-F-2)

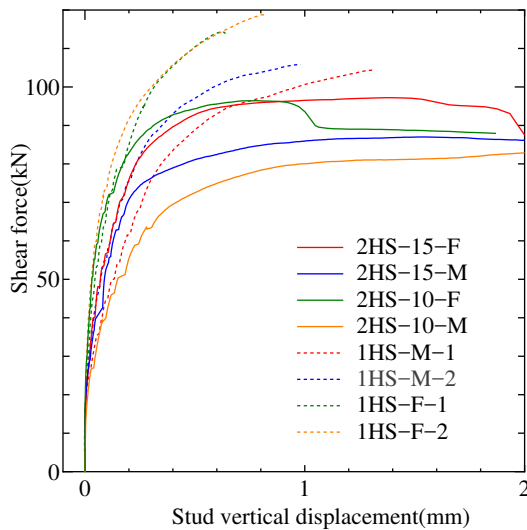


図-8 セン断力-スタッド軸方向変位関係

それぞれの試験体においてすべての変位計の平均値の開き変位とせん断力の関係を示している。実線はスタッド2段配置の関係、点線はスタッド1段配置の関係で、高さ方向の4箇所あるいは3箇所で計測した値の平均値を示している。つまり、この開き変位はH鋼フランジとコンクリートブロックの高さ方向中央位置の開き変位に相当すると言える。この図から、試験体2HS-15の場合を除いて、可動支持の方が固定支持の場合よりも開き変位が大きい。また、スタッド1段配置の関係に対して、スタッド2段配置の関係の方が、試験体ごとの差異は大きい傾向がある。スタッド1段配置よりもスタッド2段配置の方が開き変位は小さくなると予想されたが、逆の結果となった。この理由は、特にスタッド2段配置押抜き試験体のT鋼を溶接してH鋼にする際にH鋼の形に不整が生じた影響もあると考えられる。

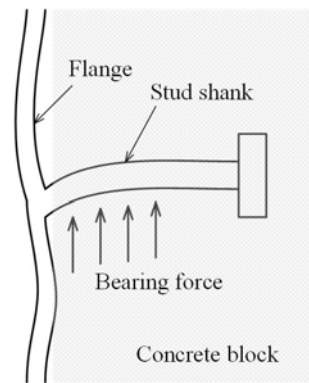


図-10 スタッド及びH鋼フランジの変形状況

(3) セン断力-スタッド軸方向変位関係

図-8には、せん断力とスタッド軸方向変位の関係を示す。軸方向変位は図-2の緑三角マークで示すそれぞれの試験体の4箇所計測した変位の平均値であり、スタッド頭部がコンクリートブロックに沈み込む方向を正としている。実線はスタッド2段配置、点線はスタッド1段配置の結果である。この図から、せん断力が増加するにつれてスタッド2段配置の軸方向変位がスタッド1段配置の場合よりも大きくなっていることがわかる。この理由は、スタッド2段配置の場合には、せん断力の増加に伴ってコンクリートブロックにひび割れが生じたためであると考えられる。また、どちらかと言えば、固定支持よりも可動支持の場合の方が同じせん断力において軸方向変位は大きい傾向がある。これは可動支持の場合にはコンクリートブロックの下側に開き止めが設置されているが、コンクリートブロックは幾分外側に開くことが可能であるためと考えられる。

(4) セン断力-スタッド軸方向ひずみ関係

図-9には、せん断力とスタッド軸方向ひずみの関係の例を試験体1HS-F-2について示す。縦軸はせん断力、横軸は図-2の右図に示すようにスタッド軸部に貼付し

たひずみゲージでのひずみの計測値であり、4本のスタッド上下面に貼り付けた結果をすべて示している。図中の実線はスタッドの上側、点線はスタッドの下側の位置のひずみである。この図から、せん断力が80kN程度までは、引張側（上側）と圧縮側（下側）で同程度のひずみとなっており、図-10に示すようにせん断力の伝達に伴ってスタッドが上に凸に変形しているものと考えられる。ただし、せん断力が80kN程度以上になると引張側のひずみが急に減少するような挙動が見られる。この明確な理由は現状ではわからないが、ひずみゲージの計測が不調になったためと考えられる。このような挙動はすべてのスタッドのひずみゲージにおいて認められた。

(5) ずれ変位-スタッド軸ひずみ関係

図-11は、ずれ変位とスタッド軸ひずみの関係を示している。縦軸は各試験体において複数計測したずれ変位の平均値、横軸は試験体の着目スタッドに貼付した全ひずみゲージにより計測されたひずみの平均値を軸ひずみとして示している。実線がスタッド2段配置の場合、点線がスタッド1段配置の場合の結果である。この図において、ずれ変位の増加に伴って軸ひずみが急激に減少しているところが見られるが、これは図-9で説明したように、個々のスタッドに貼付した上側のひずみゲージが途中で不調になったことによる。そして、試験体及びスタッドによってひずみゲージが不調になる载荷段階が異なるため軸ひずみが急に減少するずれ変位の大きさは試験体ごとに異なる。

図-11において、例えば、ずれ変位が1mmから3mm程度の範囲において、同じずれ変位に対して軸ひずみの大きさには試験体によって $200 \sim 400 \times 10^{-6}$ 程度の幅が認められる。しかし、いずれの関係においてもずれ変位が極小さい範囲では勾配は高く、その後いったん勾配が減少した後、ずれ変位が1mmを越えたあたりで再度勾配が高くなるような関係が見られ、ずれ変位が3mm程度までの定性的な挙動は同様であると言える。

(6) ずれ変位-スタッド曲げひずみ関係

図-12は、ずれ変位とスタッド曲げひずみの関係を示している。縦軸は各試験体において複数計測したずれ変位の平均値、横軸は試験体の着目スタッドに軸部中央高さの対面で貼付した2枚のひずみゲージにより計測されたひずみから求めた曲げひずみの平均値であり、スタッドが上に凸に曲がる場合を正としている。実線がスタッド2段配置の場合、点線がスタッド1段配置の場合の結果である。ずれ変位と軸ひずみの関係の場合と同様に、ずれ変位が3mm程度以上になると、ずれ変位と曲げひずみの関係が不規則な関係を示しているが、これは、軸部に貼付したひずみゲージの不調によるものである。しかし、ずれ変位が3mm程度まで

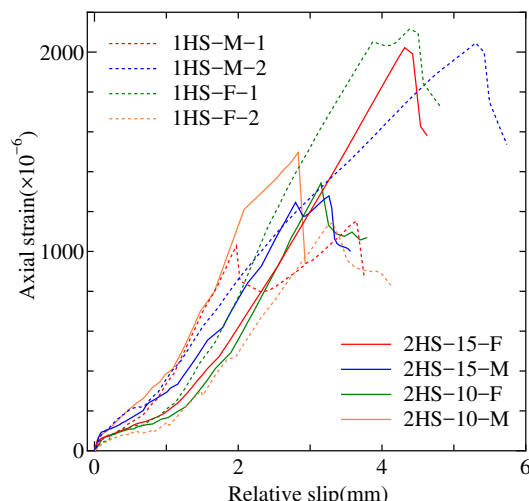


図-11 ずれ変位-スタッド軸ひずみ関係

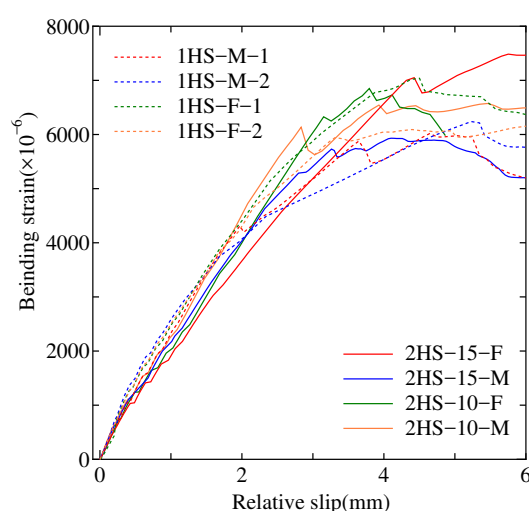


図-12 ずれ変位-スタッド曲げひずみ関係

は、スタッドの配置段数やコンクリートブロックの支持条件に関わらずどの試験体においてもずれ変位の増加とともにほぼ同様に曲げひずみが増加しており、ずれ変位が生じるとともにスタッドが同程度に曲がる挙動を示していると言える。また、例えばずれ変位2mmにおいて図-12に示す曲げひずみの値は 3000×10^{-6} 以上であり、図-11に示す軸ひずみ 600×10^{-6} 程度に比較して顕著に大きい。

(7) スタッド曲げひずみとフランジ曲げひずみの対応関係

スタッドがせん断力を受けて曲がるときにはスタッドが溶植されているH鋼フランジも曲げの影響を受けると予想される。そこで、図-2のフランジの赤四角で示すようにスタッドの上下30mmの位置に貼付したH鋼フランジの曲げひずみとスタッド中央高さの曲げひずみの関係を確認する。

その関係を説明するものとして、ここでは、せん断力とスタッド曲げひずみ及びフランジ曲げひずみの関

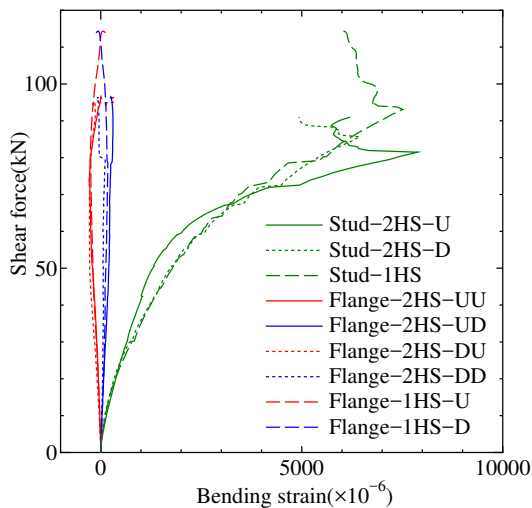


図-13 セン断力-スタッド曲げひずみ，フランジ曲げひずみ関係

係の包絡線を図-13に示す。ここで，スタッド2段配置として，試験体 2HS-10-F の結果を，スタッド1段配置として，試験体 1HS-F-1 の結果を示している。縦軸はスタッド1本あたりに作用するせん断力，横軸は曲げひずみを表しており，実線はスタッド2段配置の上段スタッド，破線はスタッド2段配置の下段スタッドの結果を，点線はスタッド1段配置の結果を示している。また，緑線がスタッドの曲げひずみ，赤線がスタッド位置の上側のフランジの曲げひずみ，青線がスタッド位置の下側のフランジの曲げひずみである。さらに，スタッドの曲げひずみは図-13で説明したように求めたものであり，H鋼フランジの曲げひずみはスタッドの上下位置でフランジの両面に貼付したひずみゲージにより計測したひずみに基づいて算定している。なお，フランジの曲げひずみは図-10に示すスタッド位置の下側のフランジのように曲がる場合を正としている。

この図から，それぞれの色線で表すせん断力と曲げひずみの関係は，スタッド2段配置の上下位置の関係及びスタッド1段配置の場合の関係とも同様の挙動を示している。つまり，図-10中の変形のイメージに示すようにせん断力の作用に伴ってスタッドが上に凸の曲げ変形をするのに対して，スタッドの上下位置のフランジはそれぞれ反対側の曲げ性状を示していることがわかる。ただし，スタッドの曲げひずみに対して，フランジの曲げひずみは非常に小さい。

なお，ここには示していないが，スタッド2段配置の上下のスタッドの配置間隔が，スタッドの曲げひずみとH鋼フランジの曲げひずみの対応関係に及ぼす影響はほとんど認められなかった。

(8) フランジの高さ方向ひずみ分布

図-13に示したスタッド上下位置のフランジのひず

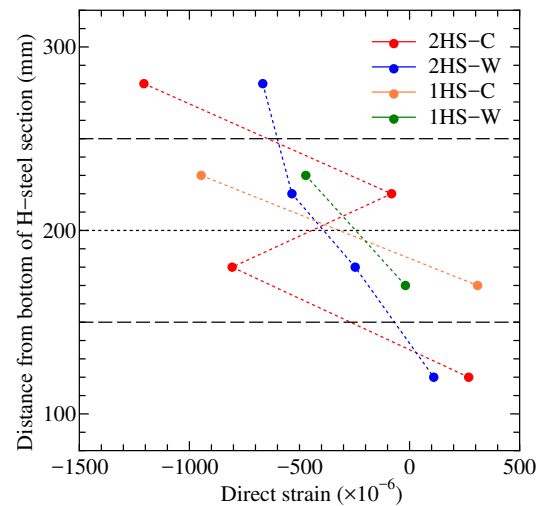


図-14 フランジの高さ方向ひずみ分布（70kN）

みの高さ方向分布を，せん断力 70kN 時について図-14に示す。縦軸はH鋼フランジ下端からのひずみゲージの貼付位置を，横軸はそれぞれのひずみゲージで計測したひずみの値である。赤マークと青マークがスタッド2段配置のコンクリートブロック側フランジ面とウェブ側フランジ面のひずみであり，橙マークと緑マークがスタッド1段配置のコンクリートブロック側フランジ面とウェブ側フランジ面のひずみである。また，黒破線はスタッド2段配置の場合のスタッド位置であり，黒点線はスタッド1段配置の場合のスタッドの位置を表している。それぞれのひずみを計測した高さ位置でコンクリートブロック側とウェブ側のフランジのひずみの平均値が軸ひずみを表すことになり，スタッド上側位置の軸ひずみから下側位置の軸ひずみを差し引いた値がスタッドによって伝達されたせん断力に比例すると考えられる。

スタッド2段配置及びスタッド1段配置ともスタッドの上側の軸ひずみが下側の軸ひずみよりも圧縮側に大きいことがわかる。そして，スタッド1段配置の下側及びスタッド2段配置の最下段の軸ひずみは引張側になっているが，これは，せん断力の伝達に伴うスタッド下側のフランジのせん断遅れの影響によるものと考えられる。さらに，スタッドの配置段数に関わらずスタッドの上側ではウェブ側よりもコンクリートブロック側の圧縮ひずみが大きく，下側では逆になっていることがわかる。これは，図-13に示しているようにスタッドの上下でフランジが逆に曲がっていることを表している。

4. まとめ

本研究では，頭付きスタッドの押抜き試験体において，スタッドの配置段数がスタッドの押抜き挙動に及

ばす影響を詳細に比較検討することを目的として、スタッド1段配置の押抜き試験体とスタッド2段配置の押抜き試験体を作製し、漸増繰返し载荷を行った。押抜き試験に際しては、ずれ変位に加えて、H鋼フランジとコンクリートブロックの開き変位、スタッド軸部のひずみなどの挙動を詳細に調べて両試験体内のスタッドの挙動を比較考察した。その結果得られた主な結論をまとめると以下となる。

1. スタッド2段配置のせん断耐力はスタッド1段配置のせん断耐力よりも小さくなった。この理由は、スタッド2段配置の場合のほうがコンクリートブロックに作用する総荷重が大きく、コンクリートブロックにひび割れが生じたためであると考えられる。また、支持方法に着目すると、スタッド1段配置とスタッド2段配置の押抜き試験体ともに、固定支持の方が可動支持と比較してせん断耐力は大きくなった。ただし、せん断力が50kN以下では、スタッドの配置段数及びコンクリートブロックの支持方法がせん断力-ずれ変位関係に及ぼす影響はほとんど認められない。
2. H鋼フランジとコンクリートブロックの開き変位に着目して、スタッド1段配置とスタッド2段配置の押抜き試験結果を比較すると、スタッド2段配置の場合のほうがスタッド1段配置の場合よりも開き変位は大きく、また、計測位置間の差異も大きくなった。
3. スタッド軸部のひずみのうちスタッドの上側のひずみは引張側となり、下側が圧縮側となるが、各スタッドに作用するせん断力が70kN程度になると、引張側のひずみは急に増分方向を圧縮側に変える傾向が認められた。しかし、このせん断力以

下では、スタッド1段配置とスタッド2段配置の挙動の差異はあまり認められず、結果的に、ずれ変位とスタッド軸ひずみ及びスタッド曲げひずみの関係は同様の傾向を示した。

4. せん断力の伝達に伴うスタッド軸部の曲げに伴って、H鋼フランジも曲げを受けるが、スタッド2段配置とスタッド1段配置では、同様の挙動を示すことが認められた。

参考文献

- 1) 日本鋼構造協会：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，JSSCテクニカルレポートNo.35，1996.11.
- 2) 土木学会：複合構造ずれ止めの抵抗機構の解明への挑戦，2014.8.
- 3) EN1994-1-1, Eurocode 4 : Design of composite steel and concrete structures, General rules and rules for buildings, CEN, 2004.12.
- 4) 田川泰久，平城弘一，尾形素臣，井上一朗，松井繁之：頭付きスタッドの押抜き試験法の標準化に関する検討，鋼構造論文集，Vol.2，No.8，pp.47-60，1995.12.
- 5) 大城壮司，上條崇，奥井義昭，長井正嗣：プレキャスト床版連続合成桁のずれ止めに関する実験および解析，土木学会論文集A1（構造・地震工学），Vol.68，No.2，pp.331-346，2012.6.
- 6) 中島章典，岡崎靖幸，菅原健太郎，佐藤美乃里，溝江慶久，Nguyen Minh Hai，藤倉修一：限界状態に着目した合成はり床版取替え時のスタッド配置に関する実験的研究，構造工学論文集，Vol.63A，pp.931-942，2017.3.
- 7) 島弘，中島章典，渡辺忠朋：土木分野におけるずれ止めの性能評価法，第9回復合・合成構造の活用に関するシンポジウム講演集，pp.S29-S37，2011.11.

EFFECT OF LONGITUDINAL ARRANGEMENT OF STUDS ON BEHAVIOR OF PUSH-OUT SPECIMEN

Ayano Matayoshi, Akinori Nakajima, Kentaro Sugawara, Minh Hai Nguyen and Shuichi Fujikura

Headed studs are widely used as the shear connector for the steel-concrete hybrid structures. In order to evaluate the structural performance of the headed stud in the hybrid structures, the push-out test specified in the Japanese standard push-out test method is generally employed. In the push-out specimen, a pair of studs in a row is arranged on both side of the H-steel column. However, it is pointed out that the concrete block in the push-out specimen is likely to rotate against the H-steel column. In this research, the detailed behavior of the push-out specimen with a pair of studs in two rows is investigated comparing to the push-out specimen with a pair of studs in one row.