

## 底面を単純支持とした頭付きスタッドの押抜き試験方法の検証実験

宇都宮大学 学生員 ○橋本昌利, フェロー会員 中島章典, 日立市 非会員 渡邊裕人

## 1. はじめに

種々の鋼コンクリート複合構造においてずれ止めとして用いられる頭付きスタッド(以下, スタッドと呼ぶ)の標準的な押抜き試験方法<sup>1)</sup>が提案されている. その試験方法では, 図-1のような押抜き試験体を用いて行われるが, 押抜き試験体のコンクリートブロックを, モルタルなどを用いて試験ベッドに設置するため, その際の反力の重心位置が明確ではなく, 結果的にスタッドのせん断耐力やせん断力-ずれ変位関係に及ぼす偏心した鉛直反力によるモーメント作用の影響も明らかでないとの指摘がある<sup>2),3)</sup>. そのため, 図-2に示すような押抜き試験体のコンクリートブロック底面に回転および水平移動が可能な支承を設置して単純支持とし, 支点反力によるモーメント作用を明確にし, 結果的にスタッド軸に作用する軸方向の力の影響を明らかにした上で, スタッドのせん断耐力などを確認する試験方法が提案された<sup>2),3)</sup>.

そこで本研究では, 上述のように押抜き試験体のコンクリートブロックを単純支持とした押抜き試験を行い, 上記の試験方法の有効性を確認する. 実験においては, 支点反力によるモーメント作用に伴うスタッド軸方向の力を変化させるため, 支点間の距離およびコンクリートブロック下端の開止めの有無をパラメータとした実験を行う. また, 試験中のコンクリートブロックのひび割れの影響を確認するため, コンクリートブロックの厚さを変えた実験も行う.

## 2. 実験概要

## (1) 試験体

実験に用いた試験体の特徴と押抜き試験で得られた各試験体のせん断耐力を表-1に, 押抜き試験体の基本的な形状を図-3に示す. 試験体は標準試験方法<sup>1)</sup>および, 島の研究<sup>2)</sup>に準じて作製した. 試験体に用いたスタッドの軸径は19mm, 高さは120mmであり, 軸直角方向の配置間隔はスタッド径の5倍とした. 試験体名は, R, NRがそれぞれ開止めの有無を, O, C, I, MIが支承位置を示しており, それぞれ支点間距離が480, 380, 280, 250mmとなっている. T18, T27, T36はコンクリートブロック厚さがそれぞれ180, 270, 360mmであることを示す. H形鋼の断面積は $200 \times 200 \times 8 \times 12$ mmであり, 長さは400mmである. なお, 開止めはコンクリートブロック下端に設け, 断面寸法が $75 \times 40 \times 5 \times 7$ mm, 長さ530mmの溝型鋼と, 径20mmのボルト(全ねじ)2本を用いて構成した. ボルト中央部にはひずみゲージを2枚を貼り付けボルト軸ひずみを計測した. また, 試験体は片割り試験体を溶接で接合した.

## (2) 測定項目

本研究では, 種々の角度からスタッドの挙動を確認するために島の研究<sup>2)</sup>を参考にして多くの計測項目を設けた. その詳細の説明は省略するが, 項目のみを示すと, せん断力, ずれ変位(4箇所), コンクリートブロックの変位(8箇所), H形鋼とコンクリートブロックとの開き変位(8箇所), スタッドの軸方向変位(4箇所), H形鋼ウェブ

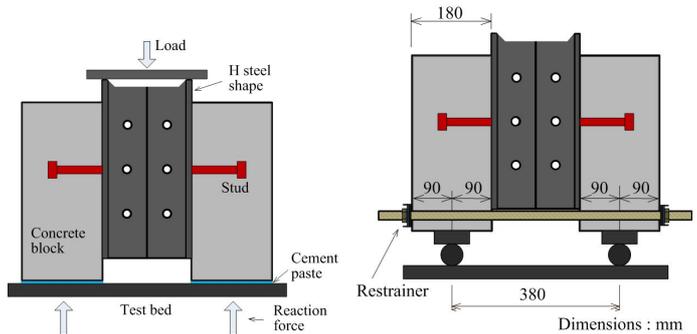


図-1 押抜き標準試験体

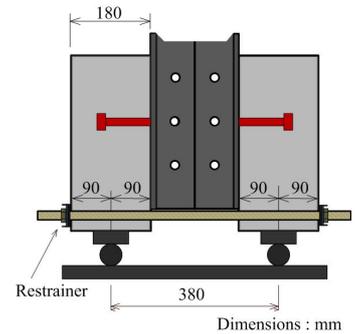


図-2 RC-T18 試験体の詳細

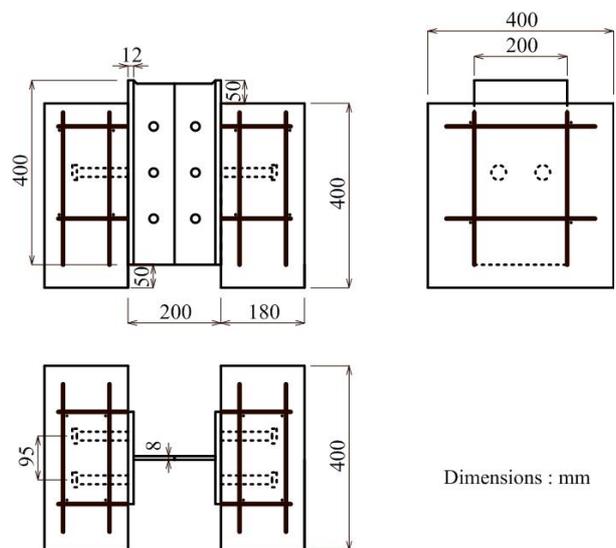


図-3 試験体詳細

表-1 各試験体の詳細とせん断耐力

試験体名	開止め	支承間距離 (mm)	せん断耐力 (kN)
NRMI-T18	無し	250	95
NRI-T18	無し	280	93
NRI-T27	無し	280	107
NRI-T36	有り	280	104
RMI-T18	有り	250	130
RI-T18	有り	280	141
RC-T18	有り	380	135
RO-T18	有り	480	124

のひずみ(16点), スタッドのひずみ(8点), 開止めボルトのひずみである(4点).

## (3) 試験方法

支承を載荷フレームの台座上に所定の間隔で設置し, その上にセメントペーストを挟んで試験体を図-2のように設置した. H形鋼上部に鋼板および球座をおき, その上から荷重を載荷した. 荷重は, 漸増繰り返し載荷で行い, 除荷はずれ変位が0.2, 0.4, 0.6, 0.8, 1.0, 1.5, 2.0mmの時に行った. 最大荷重到達後, 載荷荷重が低下した時点で載荷終了とした.

**Key Words:** 複合構造, 頭付きスタッド, 押抜き試験, 支承位置, 開止め

〒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.028-689-6208 Fax.028-689-6208

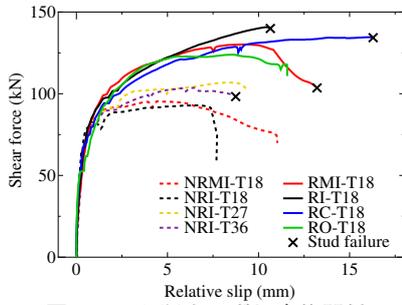


図-4 せん断力-ずれ変位関係

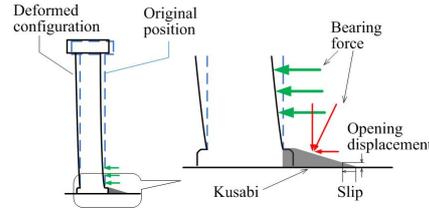


図-5 くさびモデル

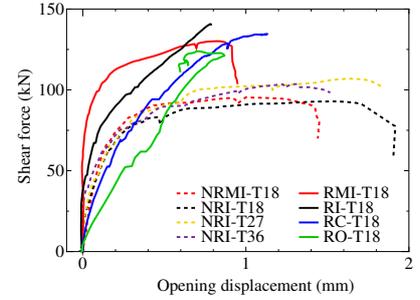


図-6 せん断力-スタッド位置における開き変位関係

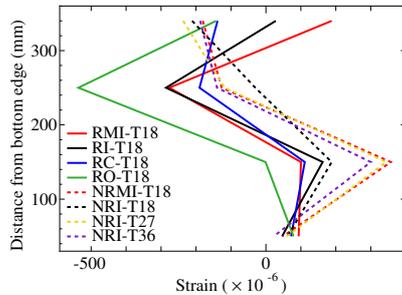


図-7 H形鋼下端からの距離-H形鋼ウェブのひずみ関係

#### (4) 使用材料

実験で使用したコンクリートの試験中の平均圧縮強度は、T18試験体では  $35.9\text{N/mm}^2$ 、その他の試験体では  $38.9\text{N/mm}^2$  である。また、スタッドの引張強度は  $481\text{N/mm}^2$ 、降伏強度は  $372\text{N/mm}^2$  である。

### 3. 実験結果および考察

#### (1) せん断力-ずれ変位関係

押抜き試験から得られた、せん断力-ずれ変位関係を図-4に示す。この図は、縦軸がせん断力 (kN) を、横軸がずれ変位 (mm) を表している。図-4から、全体の傾向として、実線で示される開止め有り試験体の方がせん断耐力は高い結果となっていることがわかる。

この理由を考察するために、島<sup>2)</sup>が指摘したスタッド基部前面のくさびモデルの影響を検討する。くさびモデルとは図-5に示すような、スタッド基部前面にできる三角形型のコンクリート片のことであり、このくさびが、スタッドのずれとともに移動することにより、H形鋼とコンクリートブロックを割り裂こうとする力が働き、これがスタッド軸自身に作用する支圧力に加わることで、スタッドのせん断力が増加するというものである。

図-4のせん断力-ずれ変位関係から、開止め有り試験体において特にくさびの影響が予想される。

#### (2) スタッド位置における開き変位

スタッド位置におけるH形鋼とコンクリートブロックとの水平方向の開き変位が小さいほどくさびに作用する支圧力は大きくなると考えられる。そこで、上述のくさびの効果を確認するためにスタッド位置の開き変位とせん断力の関係を図-6に示す。この図では、縦軸がせん断力 (kN) を、横軸が開き変位 (mm) を表しており、スタッド位置における開き変位は、H形鋼フランジとコンクリートブロック接触面の上端および下端で測定した開き変位から、直線近似により補間して求めている。この図から、実線で示す開止め有り試験体と、破線で示す開止め無し試験体では、せん断力が  $90\text{kN}$  程度までは開き変位に明確な差はない。しかし、せん断力がそれ以上に大きくなると、開止めの有

無による開き変位の大きさに差が生じており、開止め有りの場合の方がくさびの影響は大きいと予想される。

#### (3) H形鋼ウェブのひずみ

H形鋼横方向中心から、左右それぞれ  $65\text{mm}$  の位置の両面で計測したH形鋼ウェブの高さ方向ひずみ分布を図-7に示す。高さ方向の計測位置はH形鋼下端からの  $50, 150, 250, 340\text{mm}$  の位置であり、縦軸はH形鋼下端からの距離を、横軸はH形鋼ウェブのひずみを表している。ここでは、開止めの有無によりせん断力に顕著な差異が生じているずれ変位  $5.0\text{mm}$  時点でのH形鋼ウェブのひずみ分布を示している。破線で示される開止め無し試験体ではスタッド位置 (H形鋼下端から  $200\text{mm}$  の位置) におけるH形鋼ウェブのひずみは正 (引張) の向きであるが、開止め有り試験体では、負 (圧縮) の向きになっていることがわかる。つまり、実線で示される開止め有り試験体では、スタッド位置においてH形鋼ウェブが圧縮されていることがわかる。したがって、スタッド基部のくさびに作用する支圧力が大きいと考えられる。このことから、開止め有り試験体ではくさびによるせん断力の増加が大きく、このためせん断耐力が大きくなったと考えられる。

#### 4. まとめ

本研究では、スタッドの押抜き試験体コンクリートブロック底面を単純支持とし、支点反力の位置を明確にした試験体を用いてスタッドの押抜き試験を行った。その結果、開止め有り無しの場合において、せん断耐力に明確な差異が生じた。この理由は、島により明らかにされたスタッド基部前面のくさびの影響であると考えられる。しかし、支点間距離を変えることによって、スタッド軸方向力を変化させた場合においても、スタッドのせん断耐力やせん断力-ずれ変位関係に一定の傾向が認められなかった。この理由は開止めによる拘束は弾性拘束であること、また、ほとんどの試験体において載荷中にコンクリートブロックにひび割れが生じることが原因であると考えられる。

本研究の実施に当たっては、土木学会複合構造委員会・複合構造ずれ止めの性能評価法に関する調査研究小委員会のメンバーに種々の有益なご助言をいただいた。また、試験体のスタッド溶植は大谷工業の青木一賀氏にお願いした。ここに記して関係各位に謝意を表す。

#### 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) 島 弘：頭付きスタッドのせん断力とずれ変位およびスタッド軸方向挙動との関係に及ぼす試験方法の影響, 土木学会論文集 A1 (構造・地震工学) Vol. 67, pp.307-319, 2011.7.
- 3) 島 弘ら：土木分野におけるずれ止めの性能評価法, 第9回複合・合成構造の活用に関するシンポジウム講演論文集, 2011.11.