

# 頭付きスタッドの垂直力を考慮できるせん断—ずれ関係の計算方法

110331 多田周平

高知工科大学工学部社会システム工学科

頭付きスタッドによる鋼とコンクリートの接合部には、せん断力だけでなく、スタッド軸方向の力（垂直力）も作用する場合があります。垂直力の影響を設計で考慮できるようにする必要があります。そこで、本研究では頭付きスタッド接合部に垂直外力を加えた時の接合部のくさびモデルを用いたせん断力—ずれ関係の計算方法を検討した。

**Key Words :** スタッド, すべり, 開き, 開き—すべり関係, 軸方向外力, 摩擦係数, 外部条件, 内部条件

## 1. はじめに

頭付きスタッドによる鋼とコンクリートの接合部には、せん断力だけでなく、スタッド軸方向の力（垂直力）も作用する場合があります。垂直力の影響を設計で考慮できるようにする必要があります。頭付きスタッドに対するせん断力—ずれ関係の設計式<sup>1)</sup>は提案されているが、垂直力の影響は取り入れられていない。そこで、本研究では頭付きスタッド接合部に垂直外力を加えた時の接合部のくさびモデルを用いたせん断力—ずれ関係の計算方法を検討した。

## 2. 計算方法

せん断—ずれ関係は、図-1 に示すような抵抗メカニズムを想定し、ずれ  $\delta$  と垂直力  $C_e$  が与えられた時にせん断力  $V$  が計算できるようにする。未知数であるスタッドのひずみは、開き  $\delta_n$  の外部条件と内部条件が等しくなることにより求める。

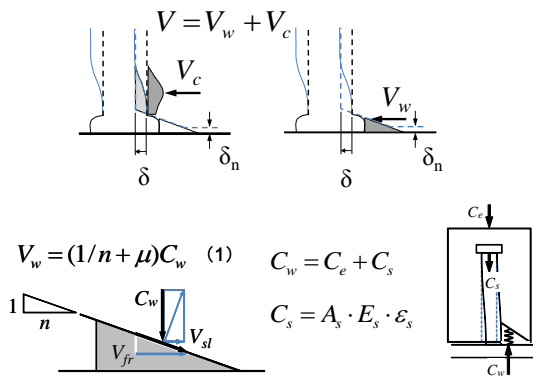


図-1 抵抗メカニズム

ここで、 $V$  : せん断力(kN)、 $V_w$  : くさびの抵抗力(kN)、 $V_c$  : 水平方向の抵抗力(kN)、 $C_w$  : くさびに作用する圧縮力(kN)、 $C_s$  : スタッドの引張力(kN)、 $C_e$  : スタッド軸方向外力(kN)、 $n$  : くさびの縦横比、 $\mu$  : 摩擦係数、 $E_s$  : ヤング係数(N/mm<sup>2</sup>)、 $\epsilon_s$  : スタッドひずみ( $\mu$ )、 $A_s$  : スタッド断面積(mm<sup>2</sup>)、 $\delta$  : ずれ(mm)、 $\delta_n$  : 開き(mm)

## 3. 実験

試験体の形状と寸法を、図-2 に示す。

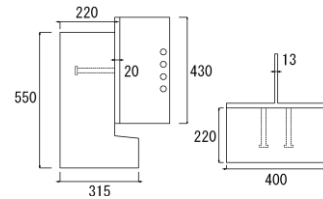


図-2 試験体の形状と寸法

試験方法を図-3 に示す。測定方法は、せん断力  $V$ 、軸方向外力  $C_e$ 、開き  $\delta_n$ 、ずれ  $\delta$  を測定した。

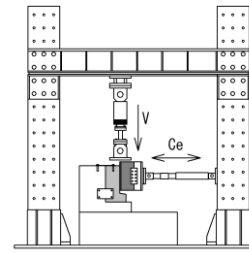


図-3 試験方法

载荷は、垂直力  $C_e$  の値を変えながらせん断力をかけ、垂直力  $C_e$  は、5kN、0kN、-35kN、-70kN とした。

## 4. 実験結果および考察

### (1) 外部条件の開き—ずれ関係

開き—ずれ関係の実験結果を図-4 に示す。垂直力が大きくなるにつれて開きが小さくなっているが、それぞれの垂直力において、それらの関係式(2)の直線で表すことができる。

$$\delta_{n1} = k \cdot \delta \quad (2)$$

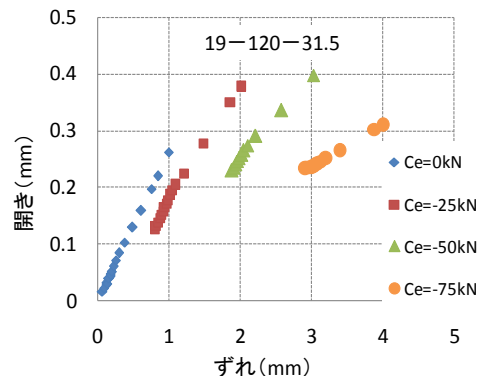


図-4 開き—ずれ関係

傾きは、 $k$  と垂直力  $C_e$  の関係を図-5 に示す。これらの関係は試験体の条件関係なく、同じ傾きの直線として、式(3)で表すことができる。

$$k = 0.0022C_e + k_t \quad (3)$$

切片  $k_t$  は、コンクリート強度の影響を考慮する。過去の実験と本研究の実験の結果をもとに垂直力が0kNでの  $k_t$  とコンクリート強度の関係を図-6 に示す。

これらの関係は、式(4)の直線で表すこととする。

$$k_t = 0.42 - \frac{f'_c}{200} \quad (4)$$

ここで、 $f'_c$  : コンクリート強度 (N/mm<sup>2</sup>)

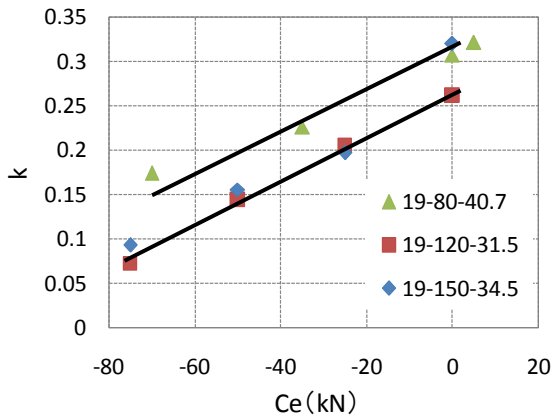


図-5 傾き  $k$  と垂直力の関係

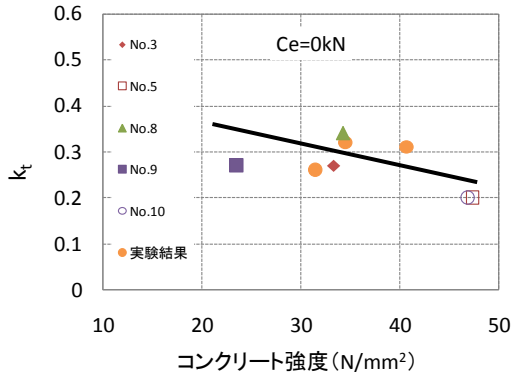


図-6 切片  $k_t$  とコンクリート強度の関係

### (2)内部条件の開き-ずれ関係

内部条件は式(5)で表すことができる。開きとスタッドひずみの実験値から計算したひずみと  $\delta_{hd}$  との関係を図-7 に示す。

$$\delta_{n2} = \varepsilon_s \cdot h_{sc} + \delta_{hd} \quad (5)$$

ここで、 $\delta_{hd}$  : スタッド頭部の変位

これらの関係を式(6)および式(7)のように定式化した。

$$\varepsilon_s = 1200(1 - e^{-4.5\delta_{hd}}) \quad (\delta_{hd} \leq 0.4mm) \quad (5)$$

$$\varepsilon_s = -428\delta_{hd} + 1170 \quad (\delta_{hd} \geq 0.4mm) \quad (6)$$

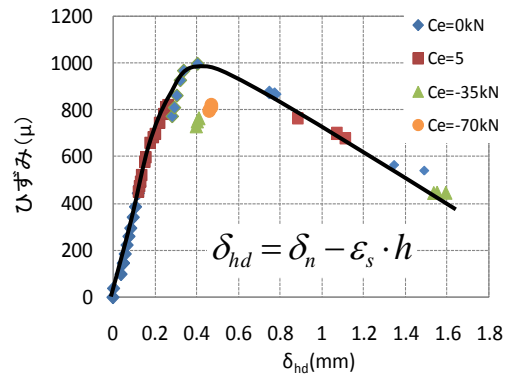


図-7 ひずみ- $\delta_{hd}$ の関係

### (3) $V_c$ とずれとの関係

$V_c$  はせん断力からくさびの抵抗力  $V_w$  を引くことで求まる。くさびの抵抗力  $V_w$  は式(2)で表すが、くさびの縦横比  $n$  は5とした。摩擦係数  $\mu$  を変えることで  $V_c$  を計算し、最適値となる摩擦係数を求めた。

摩擦係数は1.0となり、その時の  $V_c$ -ずれ関係を図-8 に示す。 $V_c$ とずれの関係は、放物線状に増加し、ずれの進展とともに直線状に0まで減少する結果となった。

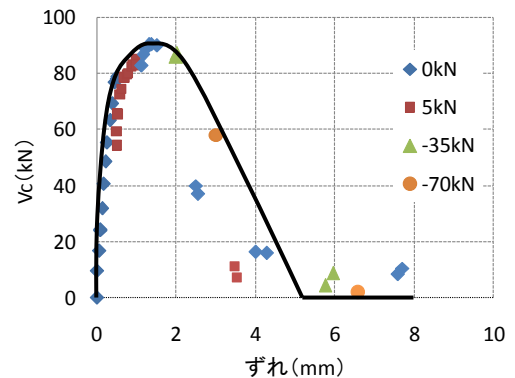


図-8  $V_c$ -ずれの関係

## 5. 結論

1) 垂直力を受けるときのせん断とずれの関係は、くさびモデルを用いた抵抗メカニズムによって計算することができる。

2) スタッドひずみは、内部条件の開きと外部条件の開きが等しいという条件から求めることができる。

3) くさびの摩擦係数  $\mu$  は1.0程度となった。

4) 水平抵抗力  $V_c$  は、放物線状に増加し、ずれの進展とともに直線状に0まで減少した。

### 参考文献

1) 島 弘, 渡部誠二: 頭付きスタッドのせん断力-ずれ関係の定式化, 土木学会論文集, No.4, pp.935-947, 2008.11