

大径φ25頭付きスタッドの押抜きせん断実験と強度評価 (その2) -埋め込み長さの影響-

正会員 ○柴 真堂* 正会員 大谷 恭弘*
 非会員 仲地健二郎** 非会員 佐々木一明**
 非会員 尾籠 秀樹** 非会員 内海 祥人**

ずれ止め 接合材 せん断強度
 合成構造 複合構造

1. 序論

2011年に軸径25mmの頭付きスタッド(以下、φ25スタッド)がJISに採用された。しかし、φ25スタッドのせん断耐力評価に関して、φ22以下のスタッドを対象とした現行の設計式の適用性は十分に確かめられていない。前年度の研究¹⁾で高さ/軸径比:H/d=6のφ25スタッドに対して現行設計式の適用性を検討するためにコンクリート強度を変化させ押し抜き実験を行っている。そこで、本研究では新たにH/d<6のφ25スタッドに対しても押し抜き実験を行い、現行設計式の適用性を検討するとともに、せん断強度への埋め込み長さの影響について検討する。

2. 押し抜きせん断実験の概要

押し抜き実験は日本鋼構造協会「頭付きスタッドの押し抜き試験方法(案)²⁾」に基づいて行った。前年度の実験¹⁾と同様の方法で図1に示す押し抜き試験体を制作した。準備した試験体シリーズを表1に示す。現行の設計式と比較するため全高Hを実験パラメータとして150mm, 125mm, 100mmの3種を用意した。また、比較のためφ19スタッドをH/d≒4~5を用いて試験体を制作した。なお、用いたスタッドの降伏強度は325N/mm²である。本実験はコンクリート強度も実験パラメータとし目標強度30N/mm²と42N/mm²の2種で準備したが養生環境の問題で両者ともシリンダ強度はほぼ同等の実強度となってしまった。

文献2)に則り、水平となるよう石膏を試験体底部に敷き、2つの载荷側フランジ断面に均等に荷重が作用するよう加力を作用させた。また、コンクリートブロックの開きに対処するため、開き止めを設置した。各試験体には片振り繰返し载荷を行い最大荷重が得られるまで载荷を行った。計測については、文献2)で求めているスタッド溶接位置での鋼材フランジ端部とコンクリートブロックにおけるスタッド頭部位置の相対変位量を変位計により測定した。

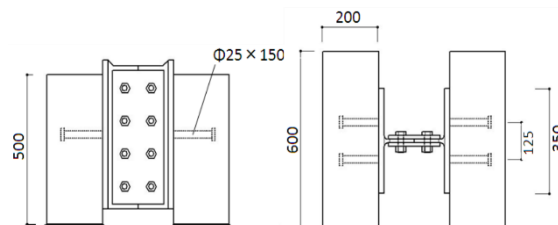


図1 押し抜き試験体(L=150)

3. 押し抜き実験結果と既往の強度評価式との比較

押し抜き実験結果を表1に示す。破壊モードは全てコンクリート破壊となり、今回の実験でシアアオフによる破壊はなかった。図2に押し抜き試験での荷重-相対変位関係を示す。f30とf42のコンクリート実強度はほぼ同等な値であるにもかかわらず、目標強度と対応した結果となった。これは、養生環境によりシリンダ強度と試験体内部の強度に差が生じていた可能性が考えられる。f30シリーズではスタッド長さが短いほど、最大強度が小さくなる結果となった。しかし、f42シリーズではスタッド長さL=125の試験体がL=100およびL=150のものより大きな強度を示した。これは、最大耐力時の破壊モードがコンクリート破壊であったことから、試験体のコンクリートブロックの寸法が関係している可能性が考えられる。

表1 試験体シリーズおよび実験結果

試験体名	スタッド			コンクリートブロック			最大耐力 Qmax (kN/本)	破壊モード
	全高H	直径d	H/d	目標強度	f _c	E _c		
	mm	mm		N/mm ²	N/mm ²	kN/mm ²		
φ25-f30(37)-L150	150	25	6.0	30	37.2	27.4	218	コンクリート破壊
φ25-f30(37)-L125-1	125		5.0		37.2	27.4	204	コンクリート破壊
φ25-f30(37)-L125-2	125		5.0		37.2	27.4	203	コンクリート破壊
φ25-f30(37)-L100-1	100		4.0		37.2	27.4	192	コンクリート破壊
φ25-f30(37)-L100-2	100		4.0		37.2	27.4	199	コンクリート破壊
φ19-f30(37)-L100	100		19		5.3	37.2	27.4	139
φ19-f30(37)-L80	80	4.2		37.2	27.4	140	コンクリート破壊	
φ25-f42(35)-L150	150	25	6.0	42	35.0	28.3	226	コンクリート破壊
φ25-f42(35)-L125-1	125		5.0		35.0	28.3	265	コンクリート破壊
φ25-f42(36)-L125-2	125		5.0		36.1	29.1	238	コンクリート破壊
φ25-f42(35)-L100-1	100		4.0		35.0	28.3	219	コンクリート破壊
φ25-f42(36)-L100-2	100		4.0		36.1	29.1	209	コンクリート破壊

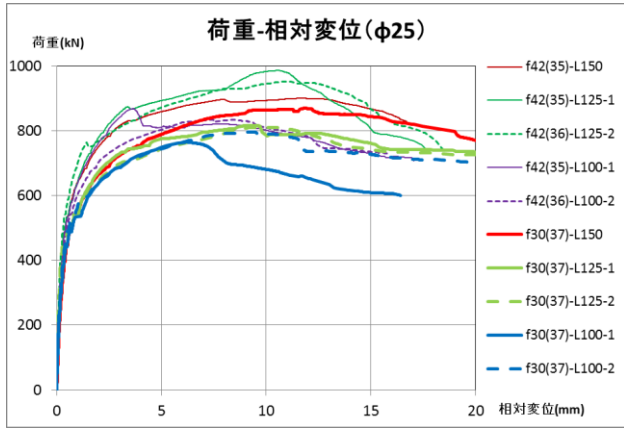


図2 荷重—相対変位関係（軸径 25mm）

3.1 日本建築学会の設計強度評価式³⁾との比較

学会は1本当たりのせん断耐力 q_s の評価式として、Fisherらの簡易式を採用しており、次式で与えられる。

$$q_s = 0.5 \times s_c a \times \sqrt{F_c \times E_c} \quad (1)$$

ここに、

- $s_c a$: 頭付きスタッドの軸部断面積 (mm^2)
- F_c : コンクリートの設計基準強度 (N/mm^2)
- E_c : コンクリートのヤング係数 (N/mm^2)

なお、 $500 \text{ N}/\text{mm}^2 \leq \sqrt{F_c \times E_c} \leq 900 \text{ N}/\text{mm}^2$ で、 $900 \text{ N}/\text{mm}^2$ を超える場合は $900 \text{ N}/\text{mm}^2$ とする。

本実験で得られた最大せん断強度との比較を図3に示す。図中には、 $\phi 19$ の結果および前年度の実験結果も併せて示す。 $\phi 19$ スタッドの場合はすべての実験値を安全側に評価しているが、 $\phi 25$ スタッドにおいては $\sqrt{F_c \times E_c} = 1000$ 付近で実験値が上下に均等にバラつく結果となった。

3.2 平城らの強度評価式⁴⁾との比較

スタッドの静的せん断耐力を評価する式として、平城らが提案した次式と比較する。

$$S_j = 31.3 A_s \sqrt{(h_s/d_s) f_c'} + 9800 \quad (2)$$

ここに、

- S_j : スタッド1本当たりの静的せん断耐力 (N)
- h_s : スタッドの全高 (mm)
- d_s : スタッドの軸部直径 (mm)
- A_s : スタッドの軸部断面積 (mm^2)
- f_c' : コンクリートの設計圧縮強度 (N/mm^2)

本式はせん断耐力がH/dに依存する式となっているため上式(2)を下式に変形し、

$$Y = (S_j - 9800) / (A_s \sqrt{f_c'}) = 31.3 \sqrt{(h_s/d_s)}$$

縦軸にYを横軸にH/dを取っている。本実験で得られた $\phi 25$ スタッドの最大せん断強度との比較を図4に示す。図中には $\phi 19$ の結果および前年度の結果も併せて示す。

$\phi 25$ スタッドについてはH/d=6.0の実験値は前年度と同様に全て設計式を下回る結果となった。しかし、H/dが

4~6の範囲では、強度式の線の上下に実験値はバラついており、強度式(2)は実験結果のほぼ平均値レベルの耐力評価式となっていることがわかる。また、f42, f30 シリーズ全体を通してH/dの変化に対するYの変化に一貫した傾向は見られず、今回の結果からはH/dによるせん断強度への有意な影響は確認できなかった。

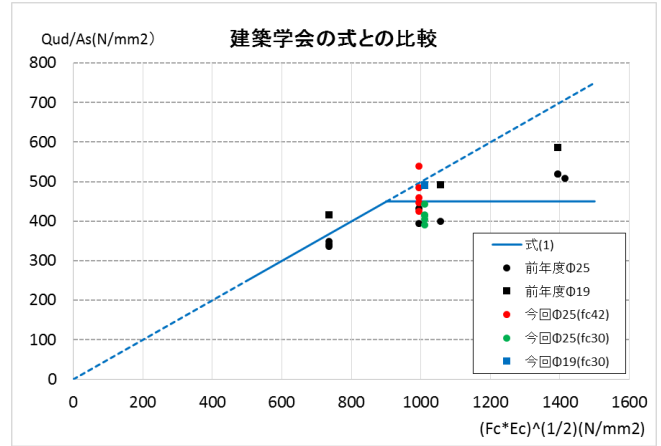


図3 日本建築学会の強度評価式との比較

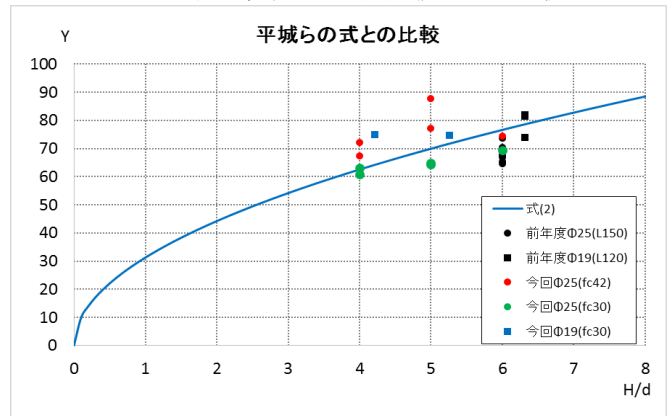


図4 平城らの強度評価式との比較

まとめ

- 1) 日本建築学会の設計せん断強度評価式は $\phi 25$ 頭付きスタッド L=100~150mm に対してほぼ平均値レベルの耐力評価となっている。
- 2) $\phi 25$ 頭付きスタッド L=100~150mm において、H/d のせん断耐力に対して有意な影響は確認できなかった。

参考文献

- 1) 大谷等: 太径 $\phi 25$ 頭付きスタッドの押抜きせん断実験と強度評価, 平成 26 年日本建築学会大会発表梗概集, 2014.
- 2) 日本鋼構造協会: 頭付きスタッドの押し抜き試験方法(案)とスタッドに関する研究の現状, 1996.
- 3) 日本建築学会: 各種合成構造設計指針・同解説, 2010.
- 4) 平城等: 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. 35App. 1221-1232, 1989.

* 神戸大学大学院工学研究科建築学専攻

** スタッド協会

* Graduate School of Eng., Kobe Univ.

** Association of Stud Welding