

太径φ25頭付きスタッドの押抜きせん断実験と強度評価

正会員 ○大谷 恭弘* 正会員 石川 孝重**
 非会員 渡部 健太*** 非会員 佐々木一明***
 非会員 稲本 晃士*** 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

鋼コンクリート合成構造におけるずれ止めとして広く用いられている頭付きスタッド(以下、スタッド)は JIS B 1198¹⁾において規定されているが、2011年に改正が行われ、従来のものに加えて軸径 25mm のスタッドが追加された。しかし、わが国におけるスタッドに対する現行の設計せん断強度評価式は軸径 22mm までを対象としたものであり、軸径 25mm の太径スタッドに対してのそれら設計式の適用性については十分な確認がされていない。そこで本研究では、軸径 25mm のスタッドを用いて押抜き実験を行い、強度性状の確認ならびに既存のせん断強度評価式の適応性について検討を行った。

2. 押抜きせん断実験の概要

2.1 試験体シリーズ

押抜き実験はコンクリート強度を実験パラメータとし、日本鋼構造協会「頭付きスタッドの押抜き試験方法(案)²⁾」に基づいて行った。図1に示す試験体には JIS B 1198 (2011) を満足する同一ロットの軸径 25mm スタッド(呼び長さ 150mm)を使用した。T127.5×350×12×19 (SS400) 鋼材のフランジ中央部にゲージ長 125mm (=5D) でスタッド 2本を専用溶接ガンにより下向き溶接し、スタッドが鉛直正置の状態でもコンクリートブロック(600mm×500mm×200mm)を下向き打設した。コンク

リートブロックとの界面となる鋼材フランジには付着を切るためにグリースを塗布している。コンクリート硬化後にそれら 2つを組合せて高力ボルトで接合することにより、押抜き試験体 1 体を制作した。準備した試験体シリーズを表 1 に示す。実験に用いたコンクリート強度は 3種類とし、目標強度を 18N/mm²、30 N/mm²、42 N/mm²、とした。各コンクリート強度に対して押抜き試験体 3 体ずつを準備した。なお、比較のため、軸径 19mm スタッド(呼び長さ 120mm) 2 本を T125×250×9×14 (SS400) 鋼材にゲージ長 100mm (=5D) で溶接し、コンクリートブロック(400mm×400mm×200mm)に埋め込んだ押し抜き試験体も各コンクリート強度に対して 1 体ずつ準備した。

2.2 荷重方法と計測方法

荷重方法は文献 2)に則り、押抜き試験体の荷重面が水平となるよう石膏を試験体底部に敷き、2つの荷重側フランジ断面に均等に荷重が作用するよう球座を介して荷重梁を設置し、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。各試験体には準単調荷重、あるいは片振り繰返し荷重を行い、いずれも最大荷重が得られるまで荷重を行った。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

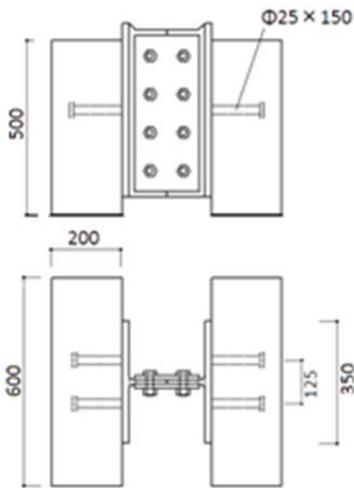


図1 押抜き試験体

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		荷重方法	実験値 Qmax (kN/本)	破壊モード		
	ds (mm)	hs (mm)	fs (N/mm ²)	Fc (N/mm ²)	Ec (kN/mm ²)					
φ25-f18-1	25	150	469	21.7	25.0	準単調増加	165	コンクリート破壊		
φ25-f18-2						繰返し	171	コンクリート破壊		
φ25-f18-3						繰返し	167	コンクリート破壊		
φ25-f30-1				34.3	32.6	31.3	31.6	繰返し	196	コンクリート破壊
φ25-f30-2								単調増加	194	コンクリート破壊
φ25-f30-3								繰返し	212	コンクリート破壊
φ25-f42-1				54.4	35.7	55.7	35.9	単調増加	255	シアアオフ
φ25-f42-2								繰返し	255	シアアオフ
φ25-f42-3								繰返し	250	シアアオフ
φ19-f18	19	120	473	21.7	25.0	準単調増加	118	コンクリート破壊		
φ19-f30						繰返し	139	コンクリート破壊		
φ19-f42						繰返し	166	シアアオフ		

スタッド頭部位置の相対変位量を変位計により、対称位置4箇所測定した。

3. 押抜き実験結果と既往の強度評価式との比較

押抜き実験結果を表1に示す。破壊モードはコンクリート圧縮強度が約 55 N/mm^2 の試験体 (f42) のみスタッドのせん断破断 (シアーオフ) に至り、それより低いコンクリート強度ではコンクリート破壊が支配的となり、シアーオフに至ったものはなかった。また、図2に軸径25mmスタッド試験体の代表的な荷重-相対変位関係の包絡線を示す。これらの曲線は、コンクリート強度の増加とともに最大強度が大きくなる傾向を示すが、最大強度前後の曲線形状には違いが見られる。試験体 25-f42-1 のピーク後の急激な低下はスタッド破断によるものである。

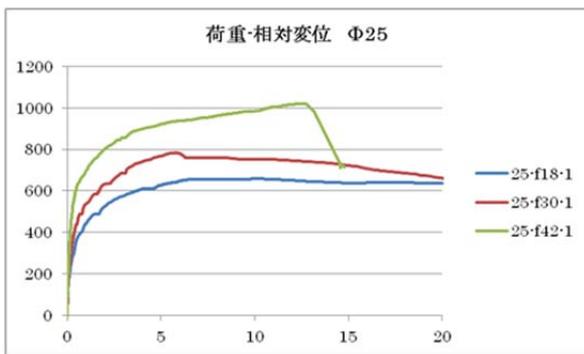


図2 荷重-相対変位関係 (軸径 25mm)

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⁴⁾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
- F_c : コンクリートの設計基準強度
- E_c : コンクリートのヤング係数

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

本実験で得られた軸径 25mmおよび軸径 19mm スタッドの最大せん断強度との比較を図3に示す。

3.2 J.W. Fisherらの強度評価式⁴⁾との比較

Fisherら⁴⁾は1本当たりのせん断耐力 Q_u (kips) を次式で与えている。

$$Q_u = 1.106 \times A_s \times f'_c{}^{0.3} \times E_c^{0.44} \quad (\text{kips}) \quad (2)$$

ここに、

- A_s : スタッド軸部断面積 (in^2),
- f'_c : コンクリート圧縮強度 (ksi),
- E_c : コンクリート弾性係数 (ksi)

本実験で得られた軸径 25mmおよび軸径 19mm スタッドの最大せん断強度との比較を図4に示す。

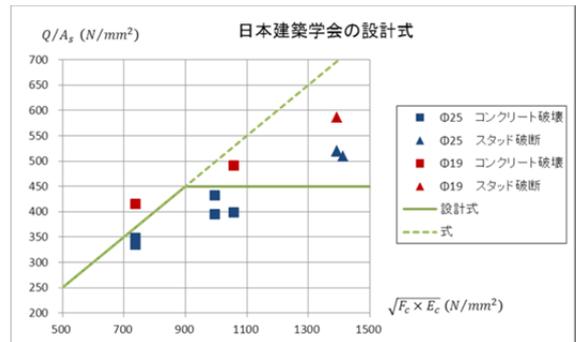


図3 日本建築学会の強度評価式との比較

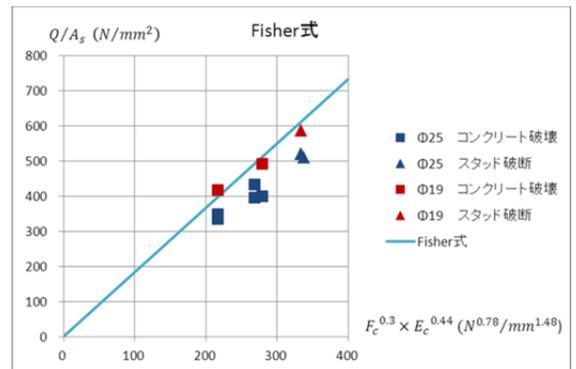


図4 Fisherらの強度評価式との比較

図4での比較より、軸径 19mm スタッドについては、Fisherらの強度評価式と実験結果はほぼ一致しているが、軸径 25mm スタッドの結果は、当該評価式を下回るものとなっている。Fisherらの簡易式に基づいた学会の強度評価式においても、図3から、軸径 19mm スタッドに対しては安全側となるが、軸径 25mm スタッドに対しては、スタッドがシアーオフしなかった場合において、危険側の強度評価となる可能性があることが分かる。

まとめ

学会の設計せん断強度評価式は軸径 25mm頭付きスタッドに対して危険側の値を与える可能性がある。

謝辞 本実験は平成 25 年度神戸大学工学部卒業生の藤井厚君の卒業研究で実施したものである。ここに、謝意を表します。

参考文献

- 1) 日本工業規格：JIS B 1198:2011 頭付きスタッド、2011.
- 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) Ollgaard, I.G., Slutter, B.G., and Fisher, J.W. : Shear Strength of Stud Connectors in Lightweight and Normal-Weight Concrete, AISC, Engineering Journal, Vol.8, No.2, pp.55-64, 1971

* 神戸大学大学院工学研究科建築学専攻
 ** 日本女子大学家政学部住居学科
 *** スタッド協会

* Graduate School of Eng., Kobe Univ.
 ** Faculty of Human Sciences and Design, Japan Women's Univ.
 *** Association of Stud Welding