

軸径 25 mm 頭付きスタッドの押抜きせん断強度性状

神戸大学 正会員 ○大谷 恭弘

スタッド協会 非会員 渡部 健太

スタッド協会 非会員 稲本 晃士

宇都宮大学 正会員 中島 章典

スタッド協会 非会員 佐々木 一明

スタッド協会 非会員 内海 祥人

1. 序論

鋼コンクリート複合構造物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方法

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、30N/mm²、42N/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。

載荷方法と計測方法 載荷方法は文献 2) に則り、押抜き試験体の載荷面が水平となるよう石膏を試験体底部に敷き、2 つの載荷側フランジ断面

に均等に荷重が作用するよう球座を介して載荷梁を設置し、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。各コンクリート強度に対して 3 体ある軸径 25mm 試験体の内、1 体を弾性挙動確認の為の若干の低荷重域での除荷・再載荷を含む準単調載荷で、2 体を荷重と残留ずれ量の関係を求めるために片振り繰返し載荷で行い、いずれもキーワード ずれ止め、実験、許容せん断力、終局せん断耐力

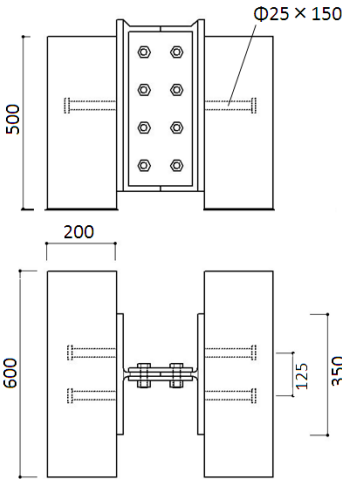


図 1 押抜き試験体

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		載荷方法	実験値 Qmax (kN/本)	破壊モード
	ds (mm)	hs (mm)	fs (N/mm2)	Fc (N/mm2)	Ec (kN/mm2)			
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	繰返し	196	コンクリート破壊
φ25-f30-2				31.3	31.6	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	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				34.3	32.6	繰返し	139	コンクリート破壊
φ19-f42				54.4	35.7	繰返し	166	シアアオフ

連絡先 〒657-8501 神戸市灘区六甲台町 1-1 神戸大学大学院工学研究科 TEL078-881-1212

れも最大荷重が得られるまで載荷を行った。繰り返し載荷については約 50kN 増加毎に無載荷状態への除荷・再載荷を行い、荷重一ずれ関係において残留ずれ量が 0.2mm を十分越えるまで繰り返しを行った。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、ならびにスタッド溶接位置での鋼材フランジ端部とその近傍位置のコンクリートブロックとの界面ずれ量の 2 種類を変位計により、対称位置 4 箇所、計 8 箇所で測定した。

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。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。破壊モードはコンクリート圧縮強度が約 55 N/mm² の試験体 (f42) のみスタッドのせん断破断に至り、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、シアオフに至ったものはなかった。

終局せん断耐力式との比較 軸径 25mm および軸径 19mm スタッドの最大強度と以下の平城ら³⁾の耐力評価式との比較を図 3 に示す。

○平城らの耐力評価式 (1 本当たり) :

$$S_j = 100A_s\sqrt{(h_s/d_s)f'_c} + 1000 \quad (\text{kgf})$$

ここに、スタッドの全高 : h_s (cm), 軸部直径 : d_s (cm)
軸部断面積 : A_s (cm²), コンクリート強度 : f'_c (kgf/cm²) である。

図から軸径 19mm スタッドの最大耐力は上記評価式と良く一致しているが、軸径 25mm の実験耐力は評価式より少し下回り、危険側になっていることが分かる。

降伏せん断耐力式との比較 道路橋仕方書⁴⁾では以下の式でスタッド 1 本の許容せん断力 Q_a (N) を与えている。

$$Q_a = 9.4 \times d^2 \times \sqrt{\sigma_{ck}} \quad (H/d \geq 5.5)$$

ここに、スタッドの軸径 : d (mm), 全高 : H (mm)
コンクリートの設計基準強度 : σ_{ck} (N/mm²) である。

上式はスタッドの残留ずれ量に基づいているとされ、降伏に対して約 3 倍以上の安全率を有するとされている。

文献 2) では残留ずれ 0.2mm オフセット値を降伏せん断力としており、その降伏荷重と上式の 3 倍の値を比較したものを図 4 に示す。図より、0.2mm オフセット値を降伏荷重と考えると、軸径 25mm スタッドに対して道路橋仕方書の式は降伏荷重に対して 3 倍の安全率を確保する許容せん断力を与えることが分かる。

4. まとめ

- 1) 軸径 25mm スタッドの終局せん断耐力は既存のせん断耐力評価式による値を下回る傾向がある。
- 2) 軸径 25mm スタッドの降伏せん断耐力は道路橋仕方書の許容せん断力の 3 倍を確保する傾向がみられた。

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) 平城弘一等 : 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.
- 4) 日本道路協会 : 道路橋示方書・同解説, 2012

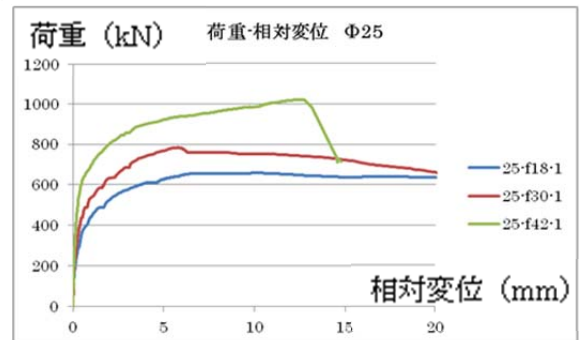


図 2 荷重-相対変位関係 (軸径 25mm)

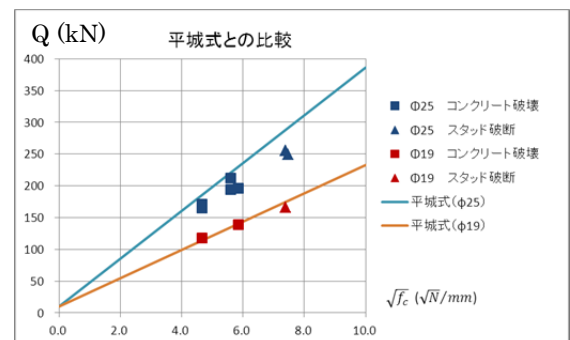


図 3 平城らの最大耐力式との比較

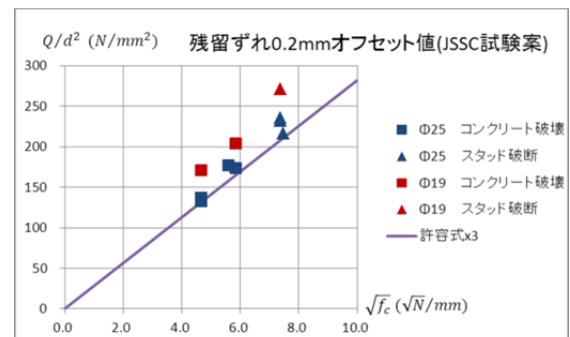


図 4 降伏荷重での比較 (0.2mm オフセット)