

高剛性スタッドの静的押抜き強度特性に関する研究

酒井鉄工所 正員○前田泰秀 摂南大学工学部 正員 平城弘一 富士技建 壺谷 透
酒井鉄工所 正員 石崎 茂 日本スタッドウェルディング 池尾良一 米田組 釣 篤史

1. まえがき 本研究の目的は、高いずれ剛性を有する新しいスタッドを開発する事にある。そこで、本研究では通常スタッドに高いずれ剛性が得られるようにスタッドの根元部だけを、2回りと太くした変断面形状のスタッドを提案している。この新スタッド（変断面スタッドと呼ぶ）を用いることにより設計においてスタッド本数を減らすことが可能となり、合成桁の合理化に大いに寄与できると考えられている。また、変断面スタッドを用いることにより、プレキャスト床版の送出し工法を可能とし、架設面での省力化も期待できる。本研究では押抜き試験体を用いて、高強度コンクリート内に埋め込まれた場合のスタッドのせん断耐力とずれ性状を明らかにしようとするものである。なお、一連の静的押抜き試験の結果に基づいて、変断面スタッドをより実用化させるため、許容応力度設計法に従って変断面スタッドの強度評価式を提案する。

2. 試験体の種類 表-1に静的押抜き試験に用いた試験体の種類を示す。実験パラメータはスタッド長さ
とボルト形状である。なお、比較のため、通常スタッド
を用いた試験体も同時に製作している。実験に使用した
ボルト形状には写真-1に示すように、スタッドボルトと
高力ボルトがある。ここで、高力ボルトを使用した試験
体では、高力ボルト頭部が六角形であるため、頭部のアン
カー効果によってコンクリートの応力集中が起こると
考えられたのでワッシャーを取付けている。

表-1 押抜き試験体の種類

タイプ	軸径	長さ (mm)	コンクリート強度
A	φ 16	100	押抜き試験前 $f' = 62.3 \text{ N/mm}^2$ $f_t = 3.14 \text{ N/mm}^2$ $E_c = 33953 \text{ N/mm}^2$
B	φ 16	120	
C	φ 16	140	
D	φ (25+16)	100	
E	φ (25+16)	120	押抜き試験後 $f' = 67.0 \text{ N/mm}^2$ $f_t = 3.80 \text{ N/mm}^2$ $E_c = 33632 \text{ N/mm}^2$
F	φ (25+16)	140	
G	φ (“25+16”)	100	
H	φ (“25+16”)	120	
I	φ (“25+16”)	140	

表-2 押抜き試験結果

タイプ	せん断耐力 $Q_{\max}$ (kN/4)	最大ずれ量 $\delta_{\max}$ (mm)	ずれ定数K (kN/mm/本)
A	104.9	6.8	245.0
B	104.2	6.0	318.5
C	104.4	6.8	269.5
D	198.8	1.6	490.0
E	183.6	1.7	514.5
F	196.6	2.0	539.0
G	211.2	1.9	588.0
H	200.7	1.8	588.0
I	189.0	2.1	490.0

3. 試験結果および考察

(1) せん断耐力 表-2に静的押抜き試験結果を示す。
この表より $Q_{\max}$ を比較したならば、2種類の変断面スタ
ッドが通常スタッドに比べて極めて高い値を示し、スタ
ッド長さ100mmのについてのみ着目したならば、タイプD
の $Q_{\max}$ はタイプAの1.90倍、タイプGの $Q_{\max}$ は同じく2.01
倍に向上していることが分かる。また、破壊形式は、タ
イプD,E,GではH型鋼の片側のみ、それ以外のタイプでは

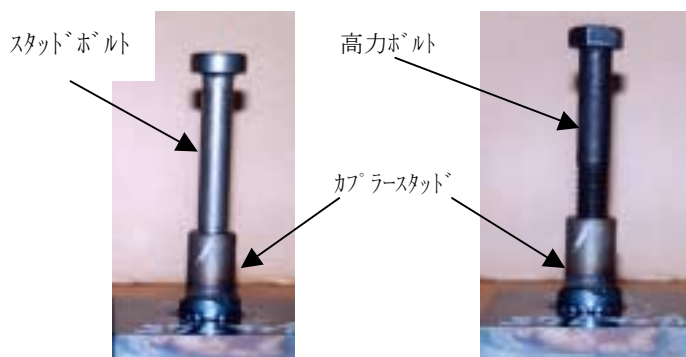


写真-1 変断面スタッド

キーワード：合成構造、ずれ止め、ずれ剛性、プレキャスト床版

連絡先 〒590-0831 大阪府 堺市 出島西町3-1

TEL 0722-44-1521 FAX 0722-45-3626

〒572-8508 大阪府 寝屋川市 池田中町17-8

TEL 072-839-9127 FAX 072-838-6599

H形鋼の両側の、カプラストッド余盛部上縁でのせん断破壊であった。

(2) **ずれ定数** 表-2より、スタッドボルトを用いた変断面スタッドのずれ定数は、スタッド長さ100mmの場合、タイプDはタイプAの2.0倍、同じくタイプGはタイプAの2.4倍という高い値を示した。同様にスタッド長さ120mmの場合、タイプEはタイプBの1.6倍、タイプHはタイプBの1.8倍で、スタッド長さ140mmの場合、タイプFはタイプCの2.0倍、タイプIはタイプCの1.8倍という値を示した。このことから、スタッドボルトを用いた変断面スタッドは通常スタッドに比べて高いずれ剛性を有していることが証明できたと言える。このことは、高力ボルトを用いた変断面スタッドに関しても言える。

(3) **ずれ性状** 図-1に、スタッド長さ100mmに着目した場合のせん断力-残留ずれ関係図を示す。この図より、変断面スタッドの残留ずれの初期接線の傾きが、通常スタッドに比べて高い作用せん断レベルまで直線区間が続くことより、期待通り高い復元性を有していることが分かった。図-2にスタッドボルトを用いた変断面スタッドに着目した場合のせん断力-相対ずれ関係図を示す。この図より、最大せん断耐力を示した後、下降している曲線の勾配がスタッド長さが長くなるに従ってゆるやかになっていることが分かる。このことより、破壊形式がカプラストッドの余盛部上縁でせん断破壊するものであったので、せん断耐力はスタッド長さにそれほど影響しない。いずれにしてもスタッドボルトあるいは高力ボルトを用いた変断面スタッド変位性能は大きいことが分かる。

4. **強度評価式** 以上の試験結果および既往のスタッドの研究結果より、変断面スタッドの強度評価式を以下のように誘導する。限界荷重 (Q_{cr}) は、Viestの研究を引用して、 $H/d=6.0$ を境にして変わるものとする。

$$H/d < 6.0 \text{ において, } Q_{cr} = 7.26dH\sqrt{f_c'} \approx 7.2dH\sqrt{f_c'}$$

ここに、 Q_{cr} : 変断面スタッドの限界荷重(N)

f_c' : コンクリートの圧縮強度(N/mm²)

d : 変断面スタッド軸径(mm)

H : 変断面スタッド高さ(mm)

f_{su} : 変断面スタッドの引張強度(N/mm²)

$$H/d \geq 6.0 \text{ に対しては, } Q_{cr} = 43.6d^2\sqrt{f_c'} \approx 43d^2\sqrt{f_c'}$$

よって、変断面スタッドの許容せん断力 Q_a は $Q_a = Q_{cr}/\gamma$

より求まる。ここで、 γ は安全率であり、3.0とおく。

$$\begin{cases} Q_a = 2.4dH\sqrt{f_c'} & (H/d < 6) \\ Q_a = 14d^2\sqrt{f_c'} & (H/d \geq 6) \end{cases} \quad \text{参考値} \begin{cases} Q_a = 1.72dH\sqrt{\sigma_{ck}} & (H/d < 5.5) \\ Q_a = 9.4d^2\sqrt{\sigma_{ck}} & (H/d \geq 5.5) \end{cases}$$

-----提案式(1) -----道示式(2)

5. **考察** 静的押抜き試験の結果から変断面スタッドは、期待通り高いずれ剛性を有していることが分かった。また、高力ボルトの頭部下面にワッシャーを付ける事によって、高力ボルト頭部のアンカー効果によるコンクリートの応力集中を抑制し、スタッドボルトとほぼ同等のずれ定数を得ることが出来た。以上の結果から、変断面スタッドは高いずれ剛性を有し、通常スタッドに比較して設計値を高く見積もることができた。参考までに、本文の提案式(1)は道路橋示方書の許容せん断力に比べて、約1.5倍の値を示している。

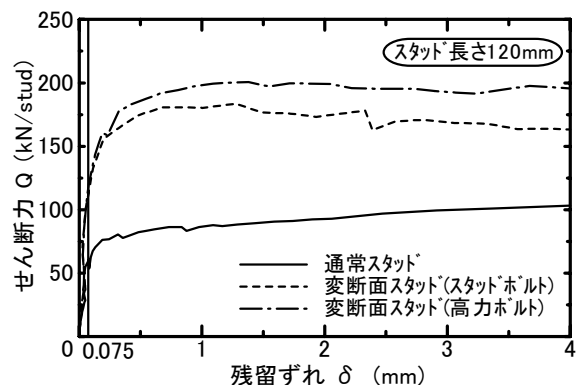


図-1 せん断力-残留ずれ関係図

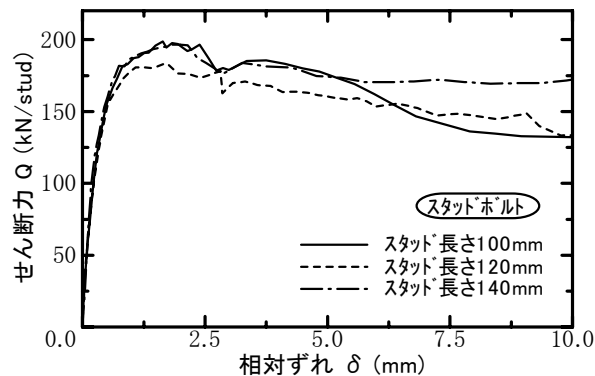


図-2 せん断力-相対ずれ関係図

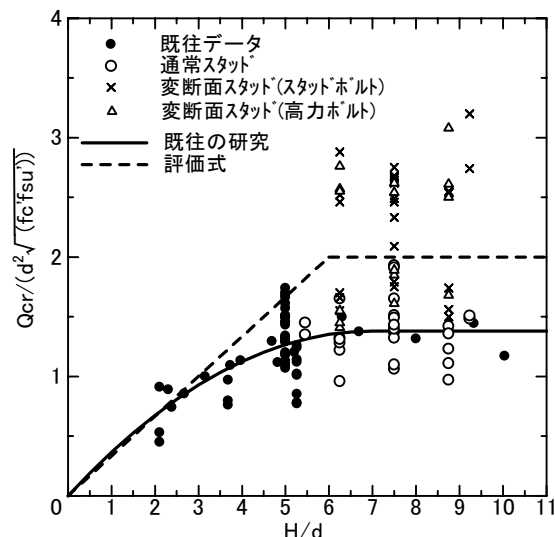


図-3 スタッドの限界荷重