

1. はじめに

建築分野では、鉄骨部材とコンクリート系部材間のせん断力の伝達手段として、一般に頭付きスタッド（以下、単にスタッドという）が用いられる。スタッドのせん断終局耐力は、Fisherが提案した実験式<sup>1)</sup>に基づいた日本建築学会「各種合成設計指針・同解説」<sup>2)</sup>に示される設計式（以下、AIJ式という）によって評価される場合が多い。しかしながら、AIJ式では、スタッドの配置方法やその位置がせん断終局耐力に及ぼす影響について検討されておらず、構造細則が示されているのみである。

このような観点から、本研究は、スタッドのせん断終局耐力に関する文献調査を実施し、AIJ式に対するスタッドの配置方法及びその位置に関する適用範囲を検討する。

2. 文献調査

AIJ式によるスタッド 1 本あたりのせん断終局耐力  $q_s$  (kN) は、(1)式によって評価される。

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

$$500 \leq \sqrt{F_c \cdot E_c} \leq 900 \text{ (N/mm}^2\text{)}$$

$$s_c L / s_c d \geq 4.0$$

ここに、 $s_c a$  : スタッドの軸部断面積 (mm<sup>2</sup>)、 $F_c$ 、 $E_c$  : コンクリートの設計基準強度及びヤング係数 (N/mm<sup>2</sup>)、 $s_c L$ 、 $s_c d$  : スタ

ッドの長さ及び径 (mm) である。

(1)式に対して、図1に示すように、スタッドの配置方法及びその位置、すなわち、①スタッドのピッチ ( $p$ )、②スタッドのゲージ ( $g$ )、③スタッドのはしあき ( $l_1$ )、④スタッドのへりあき ( $l_2$ ) が及ぼす影響を文献調査によって検討する。なお、AIJ式における構造細則は、①  $p \geq 7.5 s_c d$ 、②  $g \geq 5.0 s_c d$ 、③・④  $l_1, l_2 \geq 100$  (mm) である。

文献調査は、図2に示すように、国内で実施されたスタッドの標準押抜き試験<sup>3)</sup>において、等厚スラブを用いた供試体を対象とし、スタッドのせん断終局耐力が読み取れる試験体を収集した結果、計 243 体の実験データを得た。

表1に対象とする供試体データの概要を示す。ピッチ及びゲージに関するデータは、構造細則である  $p \geq 7.5 s_c d$  及び  $g \geq 5.0 s_c d$  に対して、 $2.3 s_c d \leq p \leq 18.8 s_c d$  及び  $2.3 s_c d \leq g \leq 9.4 s_c d$  であり、構造細則を満足しない範囲のデータも多い。また、はしあき及びへりあきも同様に、各々の構造細則が  $l_1, l_2 \geq 100$  mm に対して、最小 50 mm とするデータが含まれる。また、スタッド径は近年その適用が精力的に検討されている太径  $\phi 25$ 、コンクリート強度は 100N 級以上の超高強度コンクリートを使用したデータも対象としているが、繊維補強コンクリート (FRC) を用いたデータは除外した。スタッド径高比  $s_c L / s_c d$  についても、AIJ式の適用範囲外である  $s_c L / s_c d < 4$  に関するデータが存在する。

表1 対象とする供試体の概要

	ピッチ ( $p$ )	ゲージ ( $g$ )	はしあき ( $l_1$ )	へりあき ( $l_2$ )
データ数	122	158	221	200
構造細則 <sup>1)</sup>	$p \geq 7.5 s_c d$	$g \geq 5.0 s_c d$	$l_1 \geq 100$ mm	$l_2 \geq 100$ mm
データ範囲	$2.3 s_c d \leq p \leq 18.8 s_c d$	$2.3 s_c d \leq g \leq 9.4 s_c d$	$50 \text{ mm} \leq l_1 \leq 525 \text{ mm}$	$50 \text{ mm} \leq l_2 \leq 400 \text{ mm}$
	$s_c d$ (mm)	$F_c$ (N/mm <sup>2</sup> )	$s_c L / s_c d$	
範囲	$\phi 9 \leq s_c d \leq \phi 25$	$15 \leq F_c \leq 129$	$3.0 \leq s_c L / s_c d \leq 9.0$	

スタッド : S400N 及び 490N 級鋼

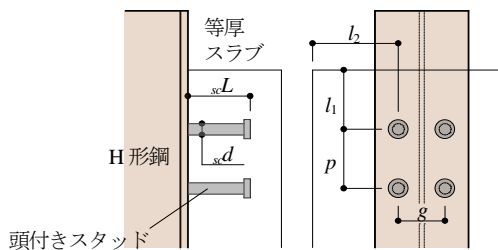


図1 頭付きスタッドの配置

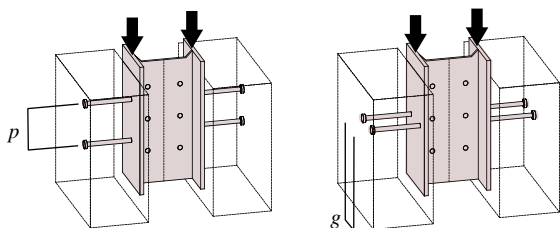
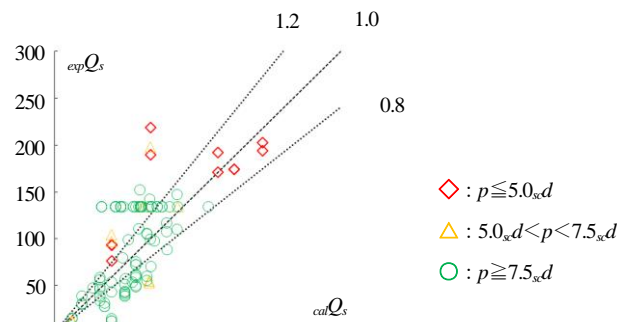
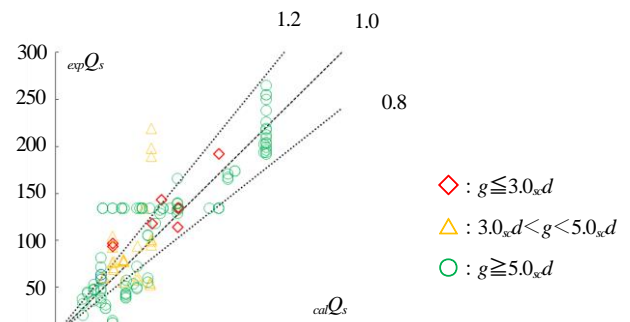


図2 標準押抜き試験法<sup>2)</sup>



(a) ピッチ ( $p$ )



(b) ゲージ ( $g$ )

図3 実験値と計算値の比較 ( $p, g$ )

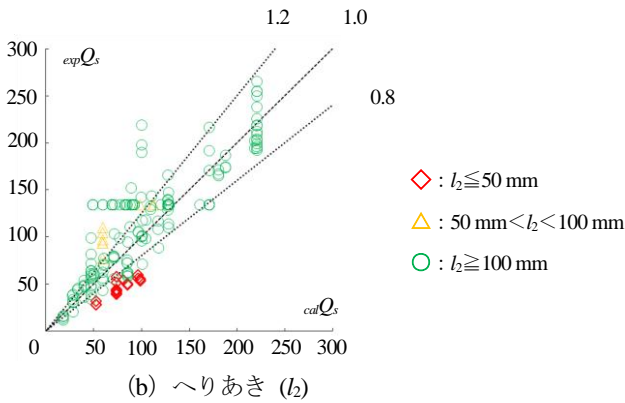
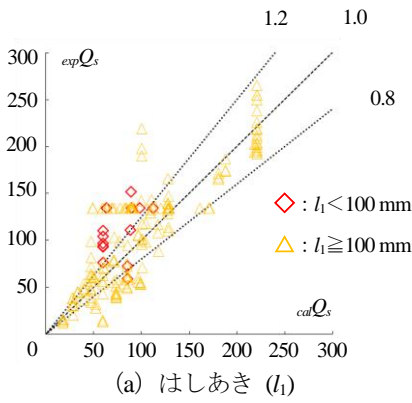


図4 実験値と計算値の比較 ( $l_1, l_2$ )

### 3. 文献調査の結果及びその考察

図3は、スタッドの (a) ピッチ及び (b) ゲージに着目したスタッドのせん断終局耐力に関する実験値と計算値の比較を示したものである。縦軸は実験値（実験値をスタッドの本数で除した1本あたりのスタッドのせん断耐力） $expQ_s$ 、横軸はAIJ式で求められた計算値  $calQ_s$  である。図中のプロットは、「各種合成構造設計指針・同解説」<sup>2)</sup>の構造細則に示される最小値に基づいて、最小値未満の2領域（図中の◇及び△）と最小値以上の領域（図中の○）によって区分されている。スタッドのピッチがせん断終局耐力に及ぼす影響に着目すると、図3(a)に示すように、構造細則に示される最小値以上の実験データが大半を占め、かつ、 $expQ_s/calQ_s$ のばらつきは非常に大きい、構造細則の最小値未満のデータは、おおよそ  $expQ_s/calQ_s \geq 0.8$  に分布していることから、スタッドのピッチがせん断終局耐力に及ぼす影響は小さいと推測される。一方、図3(b)に示すように、スタッドのゲージがせん断終局耐力に及ぼす影響についても、ピッチの場合と同様の傾向を示した。

図4は、スタッドの (a) はしあき及び (b) へりあきがスタッドのせん断終局耐力に及ぼす影響を検討したものである。縦軸及び横軸は、図3と同じである。図中のプロットについても、図3と同様に、構造細則の最小値未満の1あるいは2領域（図中の◇及び△）と最小値以上の領域（図中の○）によって区分されている。スタッドのはしあきがせん断終局耐力に及ぼす影響に着目すると、図4(a)に示すように、構造細則に示される最小値未満の実験データは非常に少なく、ほぼ構造細則の最小値以上の実験データで占められる。また、構造細則の最小値未

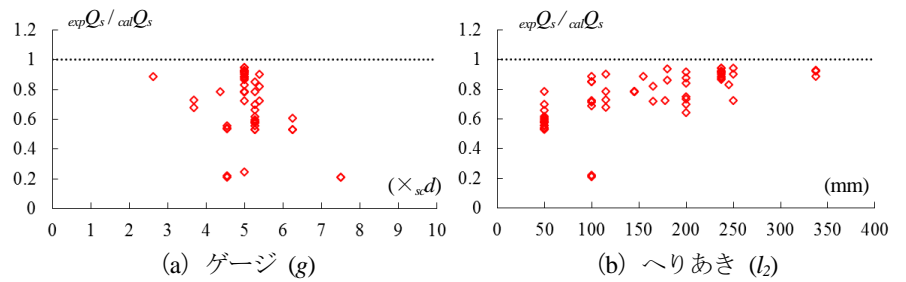


図5  $expQ_s/calQ_s < 1$  の範囲に分布するデータに及ぼす因子

満の実験データは、おおよそ  $expQ_s/calQ_s \geq 1.0$  に分布していることから、スタッドのはしあきがせん断終局耐力に及ぼす影響は、ピッチ及びゲージと同様に小さいと考えられる。一方、図4(b)に示すように、スタッドのへりあきがせん断終局耐力に及ぼす影響を見ると、へりあきに関する構造細則の最小値は100mmであるが、それを大きく下回る50mm以下の全データは、 $expQ_s/calQ_s < 0.8$  の領域に分布していることがわかる。

以上の結果より、AIJ式によるスタッドのせん断終局耐力の計算値は、ピッチやはしあきよりも、ゲージあるいはへりあきの横方向の寸法の影響が実験値を過大に評価する傾向を与えると考えられる。したがって、ここでは、 $expQ_s/calQ_s < 1$  の範囲に分布する全データ（62体）について、ゲージ及びへりあきの分布を明らかにするために、図5は、縦軸に  $expQ_s/calQ_s$ 、横軸に (a) ゲージをスタッド径で除した値 ( $_{sc}d$ ) 及び (b) へりあきの大きさ ( $l_2$ ) とする関係を示したものである。図5(a)に示すゲージに着目すると、 $expQ_s/calQ_s < 1$  を示すデータは、 $g < 5.5_{sc}d$  の範囲にほぼ分布していることがわかる。このことから、AIJ式は、構造細則の最小値である  $g = 5.0_{sc}d$  のデータを過大評価する傾向が大きいと言える。一方、図5(b)に示すへりあきの影響を見ると、へりあきが大きくなると  $expQ_s/calQ_s$  の値は1に漸近する傾向は認められる。しかしながら、構造細則である  $l_2 \geq 100$  mm を満足するデータについても幅広く分布していることから、全データが  $expQ_s/calQ_s < 1$  を示す  $l_2 \geq 50$  mm がAIJ式の適用範囲の下限を与えると推察される。

### 4. まとめ

本研究の結果、以下の知見が得られた。

- 1) AIJ式によるスタッドのせん断終局耐力の計算値は、ゲージ及びへりあきが構造細則以下の範囲に分布するデータを過大評価する傾向がある。
- 2) ゲージ ( $g$ ) については、構造細則を満足する  $g > 5.5_{sc}d$  がAIJ式の適用範囲の下限を与えられる。

#### 謝辞

本研究のデータベース作成にあたっては、多くの貴重な実験データを使用させていただいた。ここに、感謝の意を表します。

#### 【参考文献】

- 1) Fisher, J.W. et al.: Shear Strength of Stud Connectors in Light-Weight and Normal-Weight and Normal-Weight Concrete, A.I.S.C., Eng. J., 1971.4
- 2) 各種合成構造設計指針・同解説, 日本建築学会, 2010.
- 3) 日本鋼構造協会: 頭付きスタッドの押抜き試験方法 (案) とスタッドに関する研究の現状, JSSC テクニカルレポート, No.35, 1996.