

鉄筋スタッドの力学的特性に関する研究

The study about the dynamic characteristic of the reinforcing steel bar stud

尾形素臣†, 松久勝也††, 村上桂秀†††

Ogata Motoomi†, Matuhisa Katuya††, Murakami Yosihide †††

It became often that a reinforcing steel bar was welded to a steel plate by stud welding recently. The stud welding is welding method used many for the welding of the shear connector (a stud with the head) of the composite beam. The shear connector mainly bears shear power. The reinforcing steel bar stud mainly bears tension for this. On this account tension, shear power compound and act on the reinforcing steel bar stud weld. As for this study, tension and shear power compounded to a reinforcing steel stud and clarified behavior when I took it and were going to get a design, a document about the construction.

1. 研究目的

最近、鉄筋をスタッド溶接によって鋼板に溶接することが多くなった。スタッド溶接は合成梁のシアコネクタ（頭付きスタッド）の溶接に多用されていた溶接法である。シアコネクタはその名の通り、主としてせん断力を負担するものである。これに対して鉄筋スタッドは主として引張力を負担するものである。このため、鉄筋スタッド溶接部には引張力、せん断力が複合して作用する。本研究は、鉄筋スタッドに引張力とせん断力が複合してかかる場合の挙動を明らかにし、設計、施工に関する資料を得ようとしたものである。

2. 試験体

試験体の使用鋼材の記号を以下のように定めた。

SR235-22φ-D	鉄筋 JIS規格名-直径-製網メーカー記号
SD345-D22-D	鉄筋 JIS規格名-呼び名-製網メーカー記号
SD390-D22-D	鉄筋 JIS規格名-呼び名-製網メーカー記号

SS400-20-D 鋼板 JIS規格名-板厚mm-製網メーカー記号

SM490A-20-D 鋼板 JIS規格名-板厚mm-製網メーカー記号

SM520B-20-C 鋼板 JIS規格名-板厚mm-製網メーカー記号

試験はスタッド材をSR235-22φ-DとSD345-D22-D、SD390-D22-Dを用いた。鋼板はSS400、SM490AおよびSM520Bである。SR235-22φ-DにはSS400を、SD345-D22-DにはSM490Aを、SD390-D22-DにはSM520Bを使用した。鋼板の記号も鉄筋スタッドと同様溶接は最適条件で行った。

鋼材の機械的性質と化学成分を表-1に示す。試験体は図-1に示すように、鋼板の裏表の同じ位置に鉄筋をスタッド溶接した。なお、溶接後カラー（フラッシュまたは余盛りとも呼ぶ）は削除した。

3. 実験方法

実験は鉄筋スタッドに引張力とせん断力を同時にかけなければならない。引張力をかけるためにM27の強度規格4.7のボルトを摩擦圧接によって試験用鉄筋スタッドに接合した。このボルトは事前の引張試験の結果、鉄筋スタッドの強度を上回る強度が得られた。

† 愛知工業大学教授

†† 愛知工業大学非常勤講師 ISO設計株式会社

††† 村上建築技術研究所

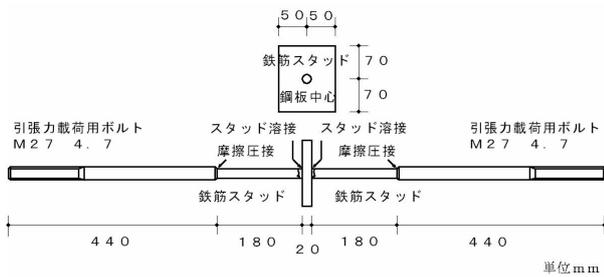


図-1 試験体形状

鉄筋スタッドのせん断力の荷重は1000kN試験機により、引張力は500kNセンターホールジャッキによった。試験は2面せん断でせん断力を荷重した。スタッド溶接を行った鋼板と保持ジグの間隔は1.0~0.5mm程度であり、摩擦はほとんど無いようにした。また、スタッド溶接部に、なるべく正しくせん断力がかかるようにするため、図-2荷重方法の詳細に示すようにS45C焼き入れリングを鉄筋スタッド支持部に挿入した。この引張力は500kNロードセルで検出した。実験は引張力を一定に保ち、せん断力を変化させて行った。ただし、鉄筋スタッドが降伏すると、せん断力が大きく変化する。このため、鉄筋スタッドの引張強度近くデータは得ることができなかった。鉄筋スタッドが引張せん断破壊する時は、ほとんど、せん断変位がなく破断する。そのためデータは破断時のせん断力と引張力のみである。

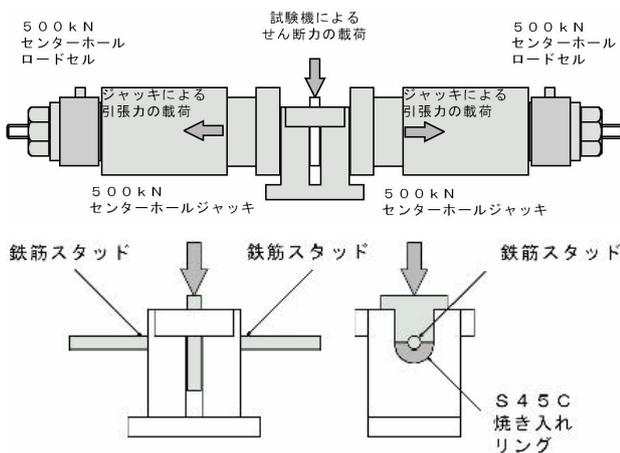


図-2 荷重方法の詳細

荷重方法には図-3に示す3つの方法が考えられる。

- ①あらかじめ定めた引張力まで引張力のみ増加させ、それを保持した状態でせん断力を増加させる。
- ②あらかじめ定めたせん断力までせん断力のみ増加させ、それを保持した状態で引張力を増加させる。
- ③引張力とせん断力を比例的に荷重する。

③がもっとも好ましい方法であるが、荷重のコントロールが

極めてむずかしい。①は③に比べ、引張力を的確に保持できる。また、鉄筋スタッドは主に引張力を負担する部材として使用されるので、①を選択した。ただし、SR235は引張力を一定値まで与え、その後引張力を加えたが、せん断力の増加に伴う引張力の減少を補正しなかったためデータのばらつきが大きくなった。SD345、SD390はせん断力の増加に伴う引張力の減少を補正しながら荷重したので、データのばらつきは少なくなった。

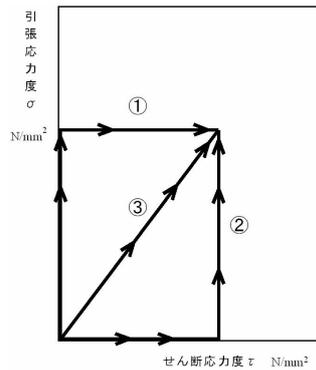


図-3 荷重の順序

3. 試験結果

図-5、図-6、図-7に引張せん断試験結果を示す。引張応力度が増加するにつれて、破断時のせん断応力度は低下して行く。引張応力度が、スタッド材の引張強さを超えると、溶接部が破断する前にスタッド軸部が破断する。溶接部は硬化しているため、スタッド軸部の引張強さより、溶接部の引張強さが高くなり、このような結果が得られたものといえる。せん断破壊は溶接部より発生する。硬化した部分の強度となり、極めて高いせん断強度が得られている。溶接部の引張強さは図-4に示すように引張試験体溶接部を切断して細くし、そこで破断するようにした試験片を用いて調べた。

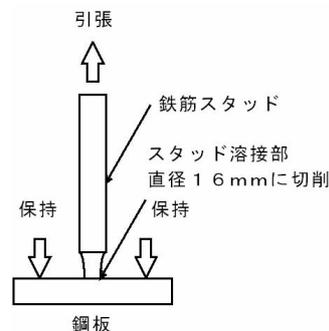


図-4 スタッド溶接部引張試験体

表-1 鋼材の機械的性質と化学成分

鉄筋スタッドの種類	降伏点	降伏点	伸び率	C	Mn	Si	Ceq*
	N/mm ²	N/mm ²					
SR235-22φ-D	326	442	30.6	0.15	0.75	0.21	0.28
SD345-D22-D	394	551	34	0.18	1.19	0.32	0.39
SD390-D22-D	463	640	32	0.22	1.26	0.36	0.45

鋼板の種類	降伏点	降伏点	伸び率	C	Mn	Si	Ceq*
	N/mm ²	N/mm ²					
SS400-20-D	263	436	31	0.19	0.6	0.18	0.3
SM490A-20-D	352	502	30	0.22	0.98	0.4	0.4
SM520B-20-C	539	618	13.3	0.14	1.23	0.44	0.36

* : Ceq=C+Mn/6+Si/24

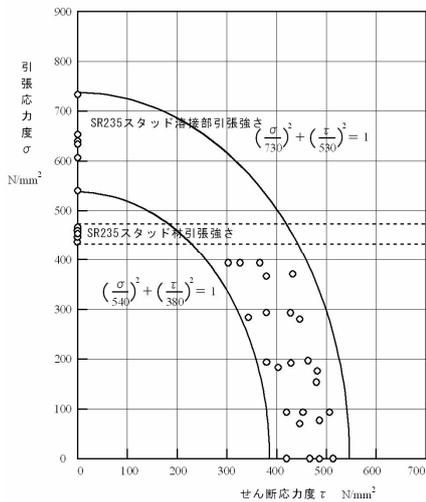


図-5 SR235-22φ-D 引張せん断試験結果

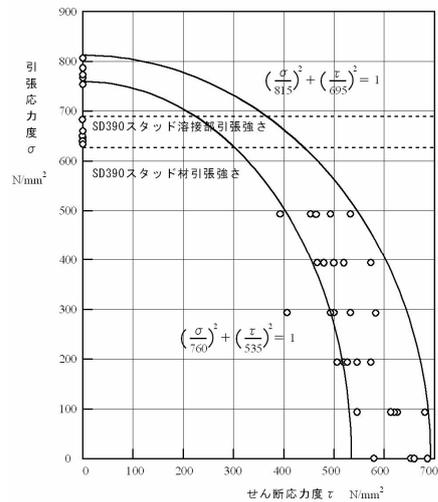


図-7 SD390-D22-D 引張せん断試験結果

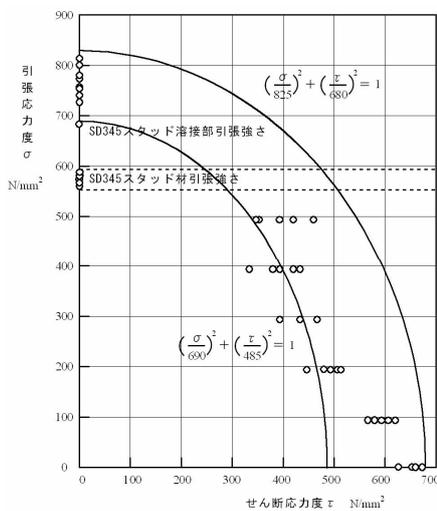


図-6 SD345-D22-D 引張せん断試験結果

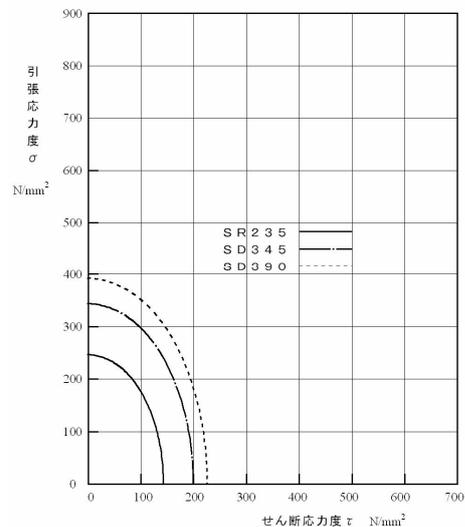


図-8 鉄筋スタッド許容応力度

4. 許容応力度

実験結果の統計的処理は行っていないが、強度の下限は式-1～式-3のようになった。

SR235-22φ-D

$$\left(\frac{\sigma}{540}\right)^2 + \left(\frac{\tau}{380}\right)^2 = 1 \quad \text{--- (式-1)}$$

SD345-D22-D

$$\left(\frac{\sigma}{690}\right)^2 + \left(\frac{\tau}{485}\right)^2 = 1 \quad \text{--- (式-2)}$$

SD390-D22-D

$$\left(\frac{\sigma}{760}\right)^2 + \left(\frac{\tau}{535}\right)^2 = 1 \quad \text{--- (式-3)}$$

ここで σ : 引張応力度 N/mm^2

τ : せん断応力度 N/mm^2

一部データがこの式以下になっているが、これは溶接部のわずかなブローホール等の欠陥が原因である。引張力を一定値に保ち、せん断力を増加させて破断させた。鋼材の引張破断は降伏後大きな変形を伴うが、せん断力による破断はほとんど変形を伴わない。そのため、降伏直後に破断することになる。引張力とせん断力を受ける部分の許容応力度を式-4で表すことができると仮定すれば、鉄筋スタッドの許容応力度は式-5～式-7で表される。図-8にこれらを示す。

$$\left(\frac{\sigma}{f_t}\right)^2 + 3\left(\frac{\tau}{f_t}\right)^2 \leq 1 \quad \text{--- (式-4)}$$

SR235

$$\left(\frac{\sigma}{235}\right)^2 + \left(\frac{\tau}{137}\right)^2 \leq 1 \quad \text{--- (式-5)}$$

SD345

$$\left(\frac{\sigma}{345}\right)^2 + \left(\frac{\tau}{201}\right)^2 \leq 1 \quad \text{--- (式-6)}$$

SD390

$$\left(\frac{\sigma}{490}\right)^2 + \left(\frac{\tau}{283}\right)^2 \leq 1 \quad \text{--- (式-7)}$$

この式は実験値に比べ、かなり少ない値であり、この材料の範囲では安全側であることを示唆している。しかし、前述のように、せん断降伏は変形をほとんど伴わないので、実験結果に対して、余裕があることが直ちに安全側とはいえない。この検証は必要である。

5. 結び

今回の報告は鉄筋スタッドの研究の一部であり、今後、継続して報告する予定である。なお、この研究は1983年から1986年にかけて行ったスタッド協会の実験をまとめたものである。当時、鉄筋スタッドはほとんど使われていなかったため、実験のみ行った。最近になり、その使用量が増加し、設計資料の必要性が増加したため、ここに報告するものである。

試験体の作製に岡部株式会社の多大な協力を得た。ここに感謝の意を表す。

参考文献

1. 佐藤和広; 井上一郎; 尾形素臣「太径、高強度スタッドの押し抜き試験(1)」日本建築学会学術講演梗概集1991年
2. 松久勝也; 井上一郎; 尾形素臣「高強度スタッドの開発研究」日本建築学会学術講演梗概集1992年
3. 須戸智一; 井上一郎; 田川泰久; 松久勝也; 尾形素臣「頭付きスタッドの押し抜き試験方法の標準化に関する研究」日本建築学会学術講演梗概集1995年
4. 日本建築学会「各種合成構造設計指針・同解説」1985年
5. スタッド協会「合成梁の設計と施工」森北出版1989年

(受理 平成20年3月19日)