

高強度ねじ付きスタッドの軸力導入に関する基礎的検討

大阪市立大学大学院
川田工業(株)
川田工業(株)

学生会員
正 会 員
正 会 員

○奥原 大貴
吉田 賢二
長谷 亮介

大阪市立大学大学院
日鉄住金ボルテン(株)
日本スタッドウェルディング(株)非会員

正会員
正会員
尾籠 秀樹

山口 隆司
吉見 正頼

1. 研究背景および目的

近年、採用が増加している鋼・コンクリート合成床版（以下、合成床版）では、底鋼板をつなぐ継手に高力ボルトを用いた一面摩擦接合が用いられている。しかしながら、防錆仕様が塗装である高力ボルトを用いる場合、底鋼板下面からの作業が必要であり、施工効率が悪い。そこで、高力ボルトに代わり、底鋼板上面からのみの施工が可能な高強度ねじ付きスタッド（以下、スタッドボルト）を用いた継手の検討が進められている。スタッドボルトに軸力を導入する場合、高力ボルトとは異なり、スタッド溶接による初期不整の影響が生じると考えられるが、その詳細な検討はなされていない。

本研究では、スタッドボルトのキャリブレーション試験および締付け試験を実施し、スタッドボルトの荷重-ひずみ関係およびトルク-ひずみ関係をもとに、スタッドボルトの軸力導入に関していくつか検討したのでここに報告する。

2. キャリブレーション試験

2.1 試験概要

試験体は、図 1 に示す板厚 16mm、直径 60mm の円形鋼板と、ボルト呼び径 M22 のスタッドボルトを使用した。なお、鋼板厚はスタッド溶接時の溶接ひずみを低減できる板厚とした。鋼種は、スタッドボルトが HT570 材、円形鋼板が SS400 材である。円形鋼板およびスタッドボルトの機械的性質の規格値を表 1 に示す。試験方法は、図 2 に示すように 2,000kN 万能試験機に試験体を設置し、固定鋼板を介して引張荷重の載荷と除荷を 3 回行った。なお、スタッドボルト軸部のひずみの計測は、図 1 に示す円形鋼板上面から 20mm の位置とし、同軸部の対称位置の 2 カ所とした。

2.2 試験結果および考察

試験より得られた荷重-ひずみ関係の一例を図 3 に示す。ただし、図 3 のひずみは 2 カ所から得られたひずみの平均値としている。これより、1 回目の除荷時

に残留ひずみが生じていることがわかる。これは、溶接による残留応力およびスタッドボルトの傾き等の初期不整によるものと考えられる。次に、図 3 の 1 回目の載荷時における荷重と 2 カ所のひずみの関係を図 4 に示す。これより、20kN 程度の荷重レベルまでは、圧

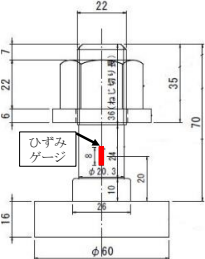


図 1 試験体（単位：mm）

表 1 円形鋼板およびスタッドボルトの機械的性質

鋼種	ヤング率 [N/mm ²]	ポアソン比	降伏強度 [N/mm ²]
SS400	2.0×10 ⁵	0.3	235
HT570			460

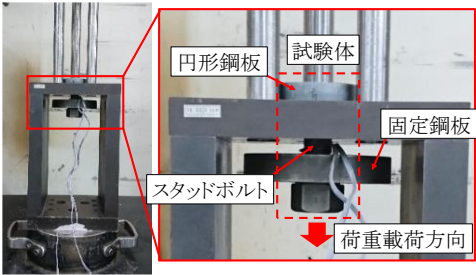


図 2 試験体の設置状況

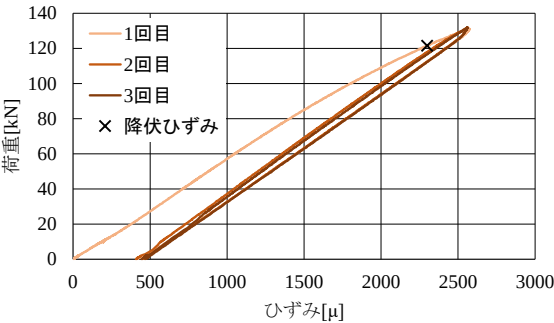


図 3 荷重-ひずみ（平均）関係

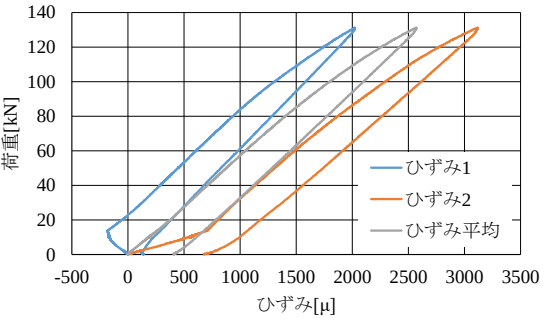


図 4 荷重-ひずみ関係

縮と引張のひずみが発生していることがわかる。これは、スタッドボルトが円形鋼板に対して傾いていることでスタッドボルトに曲げが生じたためと考えられる。

3. 締付け試験

3.1 試験概要

スタッドボルトを締付けた際のトルク-ひずみ関係を確認するため、実施工に近い継手構造を有する締付け試験を行った。母材および添接板の板厚は合成床版の底鋼板および添接板の板厚である 8mm とし、鋼種は SS400 材を使用した。スタッドボルトの傾きを 2 軸で測定した結果を表 2 に示す。締付けは、設計軸力 100kN に対して 10% 程度のリラクゼーション¹⁾を考慮した標準軸力 110kN とし、式(1)を用いて算出した 320kN・mm を目標に行った。試験は締付け、弛緩を 5 回行い、20kN・mm ずつひずみを計測した。なお、ひずみの計測位置は、キャリブレーション試験と同様である。

$$T = k \cdot d \cdot N \quad (1)$$

ここで、 T : トルク[kN・mm], k : トルク係数 0.133 (実験値), d : ボルト呼び径 (=22[mm]), N : 軸力[kN]である。

3.2 試験結果および考察

試験より得られた 1 本目のトルク-ひずみ関係を図 5 に示す。キャリブレーション試験と同様に 1 回目の締付け時に残留ひずみが生じ、それ以降は生じていない。次に、図 5 の 1 回目の載荷時におけるトルクとそれぞれのひずみの関係を図 6 に示す。図 6 より、締付け試験においてもスタッドボルトが母材に対して傾いていることで曲げが生じ、圧縮と引張のひずみの発生が確認された。

また、式(2)よりキャリブレーション試験 6 体の引張荷重 110kN 時のひずみおよび締付け試験 2 体のトルク 320kN・mm 時のひずみより計算した軸力を図 7 に示す。

$$N = E \cdot A \cdot \varepsilon \quad (2)$$

ここで、 E : ヤング係数[N/mm²], A : スタッドボルト軸部断面積[mm²], ε : ひずみを表す。

図 7 より、キャリブレーション試験結果より求められる軸力は、118kN から 140kN の範囲でばらつく結果となった。これは、個々の試験体における残留応力およびスタッドボルトの傾き等の初期不整の程度がそれぞれ異なるためと考えられる。

表 2 スタッドボルトの傾き

ボルト	計測方向	角度 θ [度]
1本目	長手	90.0
	板幅	90.3
2本目	長手	91.3
	板幅	90.5

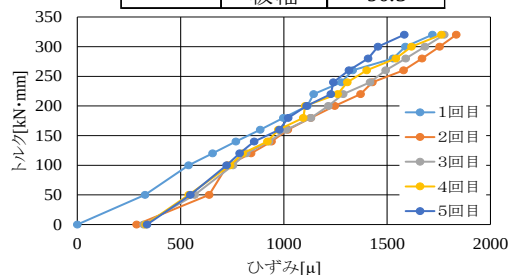


図 5 トルク-ひずみ（平均）関係

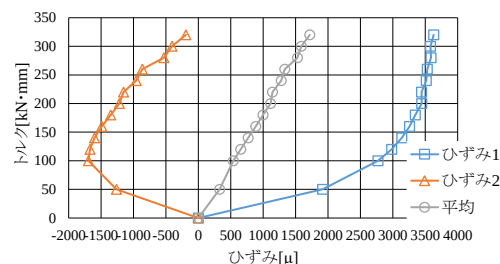


図 6 トルク-ひずみ関係

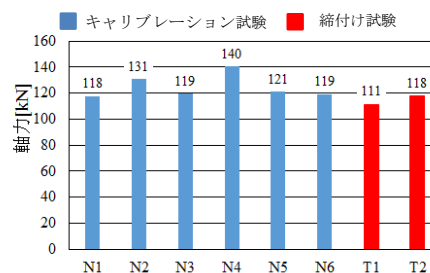


図 7 軸力計算結果

4. 結論

得られた結果を以下にまとめる。

- 1) 荷重-ひずみ関係およびトルク-ひずみ関係において、1 回目の除荷で残留ひずみが生じた。これは、溶接による残留応力およびスタッドボルトの傾き等の初期不整によるものと考えられる。
- 2) 締付け試験においてもキャリブレーション試験の結果と同様の傾向が確認され、被接合材の板厚の違い等による影響は見られなかった。したがって、スタッドボルトに、従来通りのキャリブレーション試験が適用できると考えられる。

参考文献

- 1) 吉見正頼, 田畑晶子, 山口隆司, 馬場敏, 小野秀一: 上向きに溶接したスタッドボルト摩擦接合のすべり試験, 土木学会第 69 回年次学術講演会概要集 I-444, pp.887-888, 2014.9