

## 薄板に高強度ねじ付きスタッドを用いた摩擦接合継手の力学的挙動に関する実験的研究

大阪市立大学大学院 学生会員 ○奥原 大貴  
川田工業(株) 正 会 員 吉田 賢二

大阪市立大学大学院 正 会 員 山口 隆司  
日鉄住金ボルテン(株) 正 会 員 吉見 正頼  
日本スタッドウェルディング(株) 非 会 員 尾籠 秀樹

## 1. 研究背景および目的

近年、鋼・コンクリート合成床版の採用事例が増加しており、図-1に示す底鋼板の継手部には、図-2a)に示す高力ボルト摩擦接合継手が採用されている。底鋼板の防錆仕様が塗装である場合、底鋼板下面からボルト頭部およびその周辺部の塗装が必要となり施工効率が低下する。著者らは、現場塗装を省略し、底鋼板上面からのみの作業を可能とする工法として、図-2b)に示す高強度ねじ付きスタッドボルト（以下、スタッドボルト）を使用した工法について検討を進めている<sup>1)</sup>。底鋼板厚に相当する8mmの薄板にスタッドボルトを用いた摩擦接合継手を適用する場合、スタッド溶接による熱変形と締付けによる変形により摩擦接合面に不陸が生じ、接触面積の減少に起因してすべり耐力が減少することが予想される。

本研究では、スタッド溶接による熱変形と締付けによる変形が薄板の一面摩擦接合継手の力学的挙動に及ぼす影響をすべり試験により確認した。

## 2. 試験体概要

試験体形状を図-3に示す。母板と添接板の材種はSS400、板厚は8mmとした。母板と添接板の接合面には、実際の合成床版と同様に無機ジンクリッチペイントを75 $\mu$ m塗布している。スタッドボルトには溶接性に優れた高強度鋼のHT570材を使用し、ねじ部の呼び径はM22、軸部径は $\phi$ 20.3mmとしている。スタッド溶接部の余盛との干渉を避けるため、添接板スタッドボルト側の孔径を $\phi$ 32mmの拡大孔とし、座金は拡大孔用にM30用を使用した。また、添接板に高さ100mmの補強リブを設けているが、これは試験中の偏心曲げの影響を除くことを目的としている。スタッドボルト軸部には軸力管理用にひずみゲージを貼付しており、リード線の導線を確保するためライナー材を使用している。設計軸力は100kN、締付け軸力は110kNとした。すべり/降伏耐力比 $\beta$ は0.48である。母板-添接板間の相対変位は、図-3に示すように、内側および外側スタッドボルトの軸心位置のコバ面で計測した。

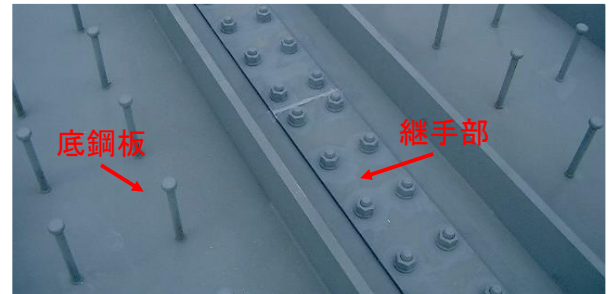


図-1 底鋼板上面の継手部

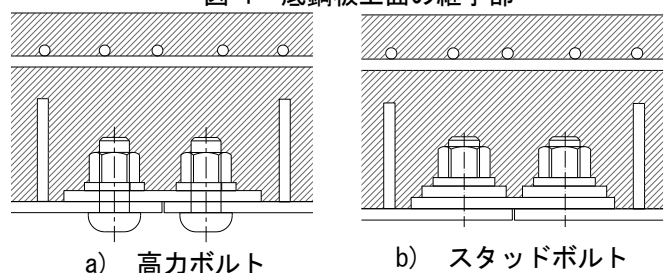


図-2 底鋼板継手部構造比較

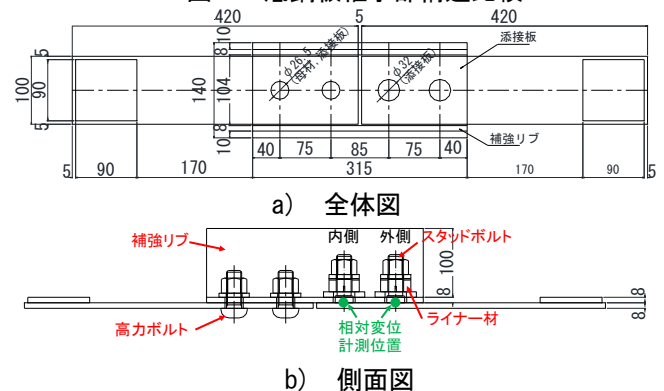


図-3 試験体形状および寸法（単位：mm）

## 3. 試験結果および考察

## 3.1 すべり耐力およびすべり係数

すべての試験体において明確な主すべりが確認できなかったため、すべり耐力は文献 2)を参考に、内側および外側ボルト位置での相対変位が0.2mmに到達した時の荷重とした。すべり係数は式(1)により算出した。

$$\mu = \frac{P}{m \cdot n \cdot N} \quad (1)$$

ここで、 $\mu$ ：すべり係数、 $P$ ：すべり耐力[kN]、 $m$ ：接合面数(=1)、 $n$ ：ボルト本数(=2)、 $N$ ：試験前軸力[kN]である。

すべり係数 $\mu$ は表-1に示すように、3体平均で0.662と

キーワード スタッドボルト、溶接変形、摩擦接合継手

連絡先 〒558-8585 大阪市住吉区杉本 3-3-138 大阪市立大学大学院 工学研究科 都市系専攻 TEL&FAX06-6605-2765

なり、道路橋示方書の設計すべり係数 0.45 を満足した。

図-4 には接合面の状況、図-5 には締付け時に感圧紙により計測した接触圧分布をそれぞれ示す。図-4 のすべり痕の半径と図-5 の接触圧半径は、文献 3) を基に算出した理論的な接触圧半径と同程度であることが確認された。

### 3.2 荷重と相対変位の関係

荷重-相対変位関係を図-6 に示す。図中の相対変位は内側スタッドボルト位置で計測した母板と添接板間の相対変位としている。荷重はすべり耐力  $P_{SL}$  で除し、無次元化している。また、図中には文献 4) の試験結果を併記した。文献 4) の試験体形状は、母板と添接板の板厚が 19mm、スタッドボルトの呼び径が M20、すべり/降伏耐力比  $\beta$  は 0.24 である。図より、 $\beta$  は本試験体の方が大きいものの、荷重-相対変位関係に大きな差は見られなかった。

### 3.3 ボルト軸力低下率と荷重の関係

ボルト軸力の低下率-荷重関係を図-7 に示す。ただし、軸力低下率は試験前軸力からの低下率である。図より、文献 4) と同様に、すべり時における軸力低下率は内側より外側が高くなった。すべり以前の軸力低下率は、内側、外側ともに文献 4) と比較して本試験体の方が小さくなった。すべり時の軸力低下率は外側では文献 4) と同程度、内側では本試験体の方がやや小さくなった。外側ボルトの軸力低下率の荷重初期の挙動が本研究と文献 4) で異なる理由については今後の検討課題である。

## 4. 結論

本研究では、実接合面処理を施した、薄板スタッドボルト摩擦接合継手のすべり試験を行い、スタッド溶接による熱変形と締付けによる変形がそのすべり挙動に及ぼす影響を明らかにした。得られた結果を以下に示す。

- 1) 試験前軸力で評価したすべり係数  $\mu$  は 3 体平均で 0.662 となり、道路橋示方書の設計すべり係数 0.45 を満足した。また、荷重後の接合面のすべり痕の半径および感圧紙による接触圧分布の半径は、高力六角ボルトを対象とした理論的に計算されている接触半径と同程度であることが確認された。
- 2) 荷重-相対変位関係は本研究よりも板厚が大きい文献 4) の試験結果と比較して大きな差はなかった。また、荷重-軸力低下率の関係についても、板厚が薄い本試験体の方が、荷重中の軸力低下率が小さくなった。
- 3) 1)~2) より、薄板にスタッドボルトを溶接した場合においても、摩擦接合継手としての性能を十分に有していることが確認された。

表-1 すべり試験結果

| 試験体名      | S1    | S2    | S3    |
|-----------|-------|-------|-------|
| 設計軸力[kN]  | 100   |       |       |
| 試験前軸力[kN] | 内側    | 104.2 | 102.4 |
|           | 外側    | 101.3 | 101.4 |
| すべり耐力[kN] | 135.6 | 137.2 | 137.5 |
| すべり係数     | 0.660 | 0.673 | 0.653 |
|           | 平均    |       | 0.662 |

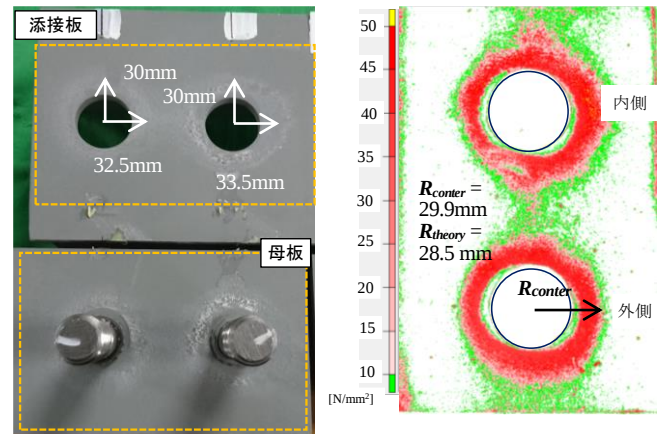


図-4 試験後の接合面状況

図-5 接触圧分布

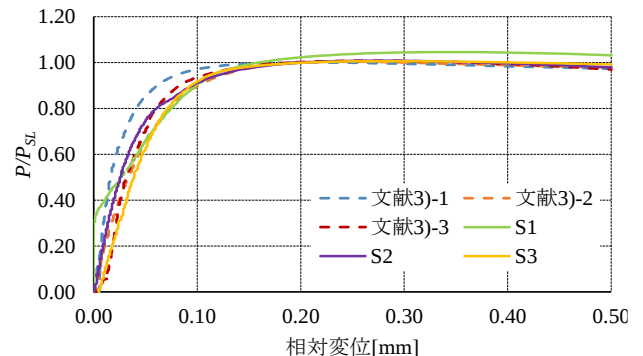


図-6 荷重-相対変位関係

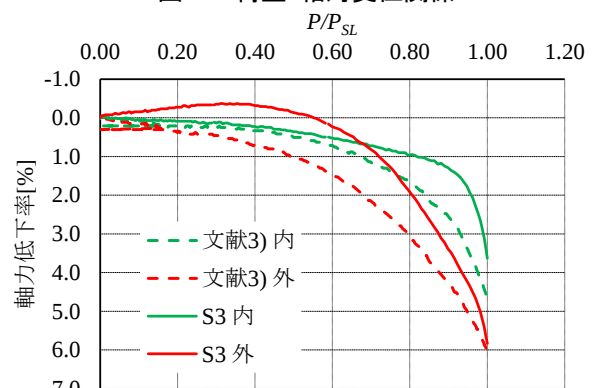


図-7 軸力低下率-荷重関係

## 参考文献

- 1) 例えば、奥原大貴，山口隆司，吉田賢二，吉見正頼，長谷亮介，尾籠秀樹：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，土木学会第 72 回年次学術講演会（平成 29 年 9 月）
- 2) 土木学会：高力ボルト摩擦接合継手の設計・施工・維持管理指針(案)，丸善株，2006，12
- 3) 日本鋼構造協会：高力ボルト接合技術の現状と課題，JSSC テクニカルレポート No. 96，pp. 69-78，2013. 3.
- 4) 山本佑大，山口隆司，彭雪，奥村学：高力スタッドを用いた一面摩擦接合継手の力学的挙動に関する研究，平成 29 年度土木学会関西支部年次学術年次学術講演会，I-8，土木学会