

高力スタッドボルトを用いた片面当て板補強の引張疲労試験

日本ファブテック 正会員 ○彭 雪, 奥村 学, 山本 佑大
 大阪市立大学 正会員 山口 隆司
 大阪市立大学 学生会員 申 啓航

1. はじめに

既設トラス橋の閉断面部材を対象とした片面当て板補修・補強において、母材への孔あけが不要な高力スタッドボルト（以下：スタッド）による当て板補強の適用を検討している。疲労耐久性に関して、既往の曲げ疲労試験¹⁾²⁾では、スタッドのみに比べ当て板補強することで2等級向上することを確認したが、引張疲労試験での検討がなされていない。

そこで、既設トラス橋の弦材（板厚9～12mm）を対象とし、スタッドにより当て板補強した試験体の疲労強度を、引張疲労試験により確認する。

2. 試験方法

図-1 に試験体形状を示す。鋼種は母板、当て板共にSM400A材を使用した。板幅100mmの試験体は、板厚9mmの母板にM20のスタッド（F8T相当）を溶接し、板厚6mmの当て板により補強したものである。ボルト軸力は、文献3)の母板せん断耐力より70kN（F4T相当）とした。試験時の応力範囲は、 $\Delta\sigma=100, 120, 150 \text{ N/mm}^2$ とし、载荷能力1000kNの小型疲労試験機によって実施した（写真-1）。計測項目は引張荷重 P 、母板と当て板のひずみである。

3. 試験結果

図-2 に荷重と母板、当て板のひずみ値から算出した断面力を示す。当て板補強された中央断面は、当て板への荷重分担により、母板の断面力が約2割低減している。本試験体は、母板の応力範囲が最も厳しくなる当て板端部に着目しており、スタッドを最小本数としたため当て板への荷重分担が小さい設定となっている。

図-3 に荷重と母板、当て板のひずみの関係を示す。片面当て板補強した試験体は、母板と当て板補強断面の中立軸位置が異なるため偏心曲げが作用する。当て板補強された中央断面は、母板側に引張、当て板側に圧縮の曲げが作用している。試験機に固定されている両端部の母板断面は、モーメント反力が作用するため、母板表に引張、母板裏に圧縮の曲げが作用している。

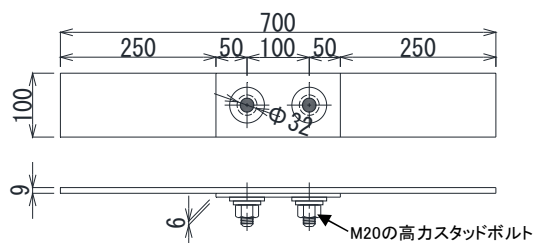


図-1 試験体形状（単位：mm）



写真-1 引張疲労試験の実施状況

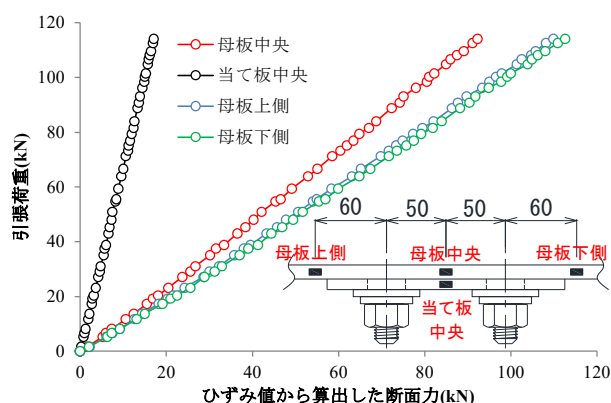


図-2 荷重と母板、当て板の断面力

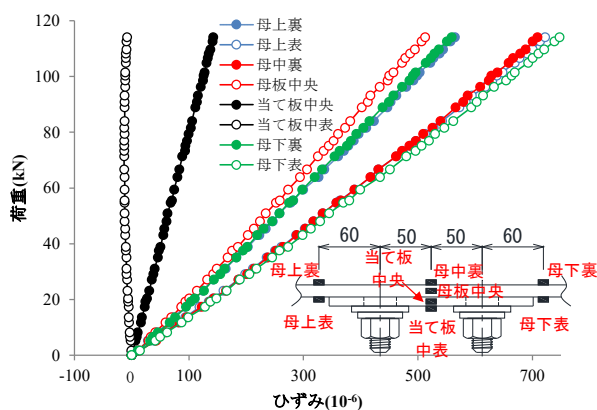


図-3 荷重と母板、当て板のひずみの関係

キーワード 高力スタッドボルト、当て板補強、引張疲労試験、疲労強度、スタッド溶接

連絡先 〒550-0001 大阪市西区土佐堀 1-3-7 肥後橋シミズビル 11 階 TEL:06-7730-9120

図-4 に 2 体目の最大荷重と最小荷重時の応力と繰返し回数の関係を示す。計測点 5,6 は、スタッド溶接止端から発生する疲労き裂を検証するためのものである。計測点 6 の応力は、繰返し回数が 70 万回に達した時に低下し始め、110 万回に達した時に 5 %程度低下し、母板表面のスタッド溶接止端からき裂が発生したと考えられる。また、最大・最小荷重時の計測点 1~4 の応力は、破断までの変動が小さかった。

表-1 に試験結果のまとめを示す。表中の応力範囲は、図-4 に示した計測点 1~4 のひずみ（平均）である。1 体目は、上側スタッドの溶接止端が破断し、268 万回で試験を終了した。2 体目は、下側スタッドの溶接止端が破断し、158 万回で試験を終了した。3 体目は、破断せず 1000 万回に達したため、試験を終了した。

図-5 に S-N 線図を示す。図中にはスタッドの板曲げ疲労試験の既往研究結果も併記した。応力範囲は、JSSC の疲労設計指針に基づき、曲げ応力範囲の 4/5 倍で整理した。文献 1)の試験体は、母板厚 12 mm でボルト軸力を 100 kN 導入し、文献 2)の試験体は、母板厚 19 mm でボルト軸力を 133 kN (F8T 相当) 導入している。以上の既往研究結果との比較より、1,2 体目は文献 1)と 2)の当て板補強されたケースと同程度の C 等級となり、スタッドのみの E 等級より 2 等級向上した。応力範囲 $\Delta\sigma=100\text{ N/mm}^2$ の試験体は 1000 万回に達した後、磁粉探傷試験を行い、スタッド溶接止端部にき裂がないことを確認した。

写真-2 に 2 体目の破断状況を示す。下側のスタッドの溶接止端部からき裂が生じ、徐々に板幅方向に進展し破断に至った。

4. まとめ

母板厚 9 mm のスタッド当て板補強の試験体による引張疲労試験を実施した。疲労強度は、既往の曲げ試験と同程度の C 等級であり、当て板補強なしの試験体 (E 等級) と比べ 2 等級向上した。

参考文献

- 1) 奥村学ら：高力スタッドボルトによる当て板補強の板曲げ疲労強度，土木学会第 71 回年次学術講演会，I-391，pp.781-782，2016.9.
- 2) 彭ら：S8T 相当の高力スタッドボルトを用いる片面当て板補強の曲げ疲労試験，土木学会第 72 回年次学術講演会，I-263，pp.525--526，2017.9.
- 3) 彭ら：閉断面部材の高力スタッドボルト当て板補強

に関する基礎的検討，鋼構造年次論文報告集，Vol28，pp.561-566，2020.11.

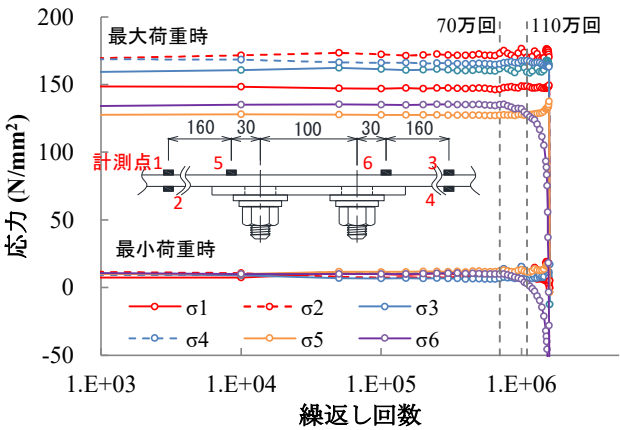


図-4 応力と繰返し回数の関係（2 体目）

表-1 試験結果のまとめ

試験体	応力範囲 (N/mm ²)	繰返し回数 (万回)	備考
1体目	129.5	268	上側スタッドの溶接止端の破断
2体目	153.0	158	下側スタッドの溶接止端の破断
3体目	102.6	1000	1000万回に達して終了する

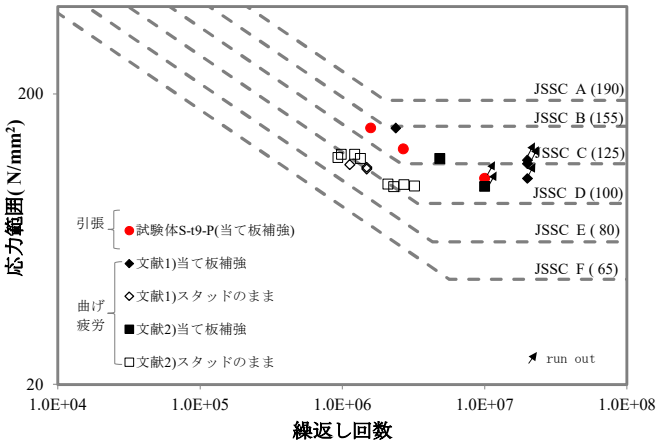


図-5 S-N 線図（曲げ応力範囲の 4/5 倍で整理）

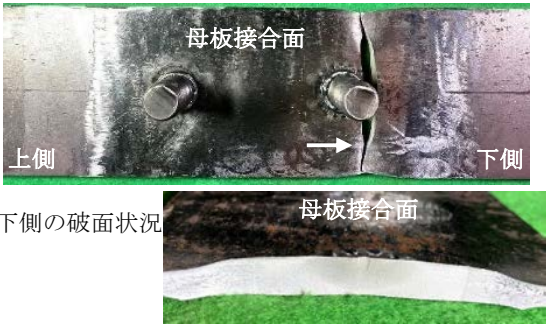


写真-2 破断状況（2 体目）