

スタッド溶接継手の板曲げ疲労強度

関西大学

学生員 ○上田 宗

正会員 石川 敏之

1. はじめに

スタッド溶接は、スタッド自体が溶接材になり母材に直接アーク溶接される溶接法である。鋼構造物疲労設計指針¹⁾では、主板が直応力を受ける場合、スタッド溶接された継手の疲労強度等級は E 等級に分類されている。

既往の研究²⁾では鋼床版下面からの当て板補修に利用される M20 のスタッドボルト溶接継手(上向き溶接)に関する板曲げ疲労試験が実施されている。その中で、基本としてのスタッドボルト溶接ままの疲労試験の結果において、E 等級の疲労限(62 N/mm^2)以下の応力範囲で疲労き裂が発生した事例が報告されている。既往の研究で実施されたスタッド溶接継手の疲労試験は比較的高い応力範囲で実施されていることが多く、疲労限程度の低い応力範囲で実施された事例は限られており、上向きの溶接の影響が懸念される。

そこで本研究では、下向き溶接されたスタッド溶接継手を対象に疲労限程度の低い応力範囲で板曲げ疲労試験を実施して、疲労限データの蓄積を目的とする。

2. 板曲げ疲労試験

板曲げ疲労試験は試験体の片側を固定し、自由端側に疲労試験機を設置して繰返し曲げ応力を与えている。

図-1 に試験体の寸法およびひずみゲージ位置を示す。スタッド溶接には、M12 および M16 のスタッドボルトと $\phi 16$ および $\phi 19$ の頭付きスタッドジベルを用いた。CH1 はスタッドボルト溶接位置の主板裏側に貼付けた。CH1~3 は、疲労き裂の発生・進展の検出を目的としている。CH4~7 はスタッドによる応力集中の影響を受けない位置であり、それらの位置の応力範囲を内挿して疲労き裂発生位置の応力範囲を公称応力範囲($\Delta\sigma$)とした。

繰返し回数の定義を図-2 に示す。疲労き裂が溶接止端部で発生した繰返し回数を N_{toe} 、疲労き裂が溶接止端部からスタッド溶接部の縁まで達した回数を N_b 、さらに試験体の幅方向へ 10mm き裂が進展した回数を N_{10} と

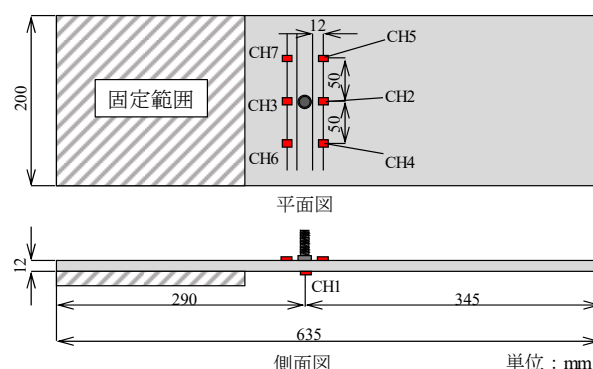


図-1 試験体

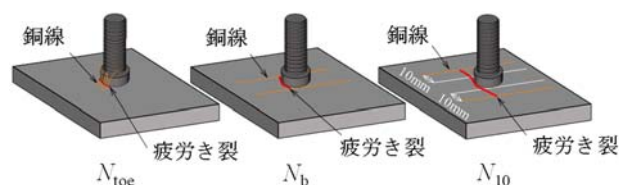


図-2 繰返し回数の定義

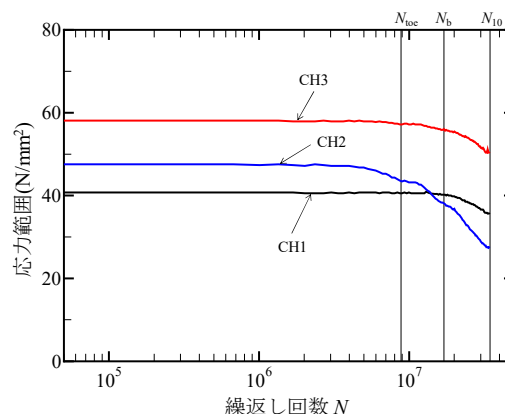


図-3 M16 のスタッドボルト($\Delta\sigma=49 \text{ N/mm}^2$)

定義した。本研究では、 N_{10} に達した時点で疲労試験を終了している。疲労き裂の検出には、被膜銅線($\phi 0.05 \text{ mm}$)を用い、き裂の発生・進展により銅線が切断したときに疲労試験機が停止するようにした。疲労き裂が発生しなかった場合、繰返し回数が 1,000 万回あるいは 2,000 万回に達した時点で疲労試験終了して公称応力範囲を上げて再度疲労試験を実施している。

3. 疲労試験結果

図-3 に一例として、M16 のスタッドボルト試験体の公称応力範囲 $\Delta\sigma=49 \text{ N/mm}^2$ の疲労試験結果を示す。図より疲労き裂の発生進展により応力範囲が低下してお

キーワード 疲労限, スタッド溶接, 板曲げ

連絡先 〒564-8680 大阪府吹田市山手町 3-3-35 TEL.06-6368-0926

り、 $N=600$ 万回程度から CH2 の低下が見られ N_{toe} より早い段階で疲労き裂が発生していたことがわかる。

図-4 に疲労試験結果の $S-N$ 関係を示す。図-4(a)は N_{toe} に対する $S-N$ 関係である。 N_{toe} は、図-4(b)の N_b や図-4(c)の N_{10} に比べてバラつきが大きい。これは溶接止端部の疲労き裂検出が困難で銅線切断時のき裂長さが試験体によってバラつくためである。ただし、疲労き裂が発生した全ての試験体は、繰返し回数が 1,000 万回以内での発生となった。

図-4(b)は N_b に対する $S-N$ 関係である。図-4(b)は、図が煩雑になるため疲労き裂発生データのみプロットしている。図より試験体の種類によらずほぼ直線上に試験結果が分布しており、試験体の種類によって疲労寿命に差異は見られなかった。

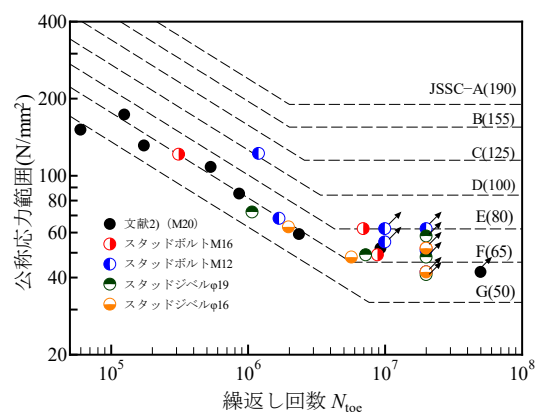
板曲げ疲労試験の結果、E 等級の疲労限以下の公称応力範囲で実施した場合でも疲労き裂が発生しており、公称応力範囲 $\Delta\sigma=50$ N/mm² 程度で実施した疲労試験では N_b に達する疲労強度は 1,000~2,000 万回程度となった。しかし、M12 のスタッドボルト試験体は他の試験体に比べて疲労限が高く、E 等級の疲労限以下で疲労き裂が発生することがなかった。

図-4(c)は N_{10} に対する $S-N$ 関係である。図より N_{10} でも試験体の種類によらず直線上に試験結果が分布していることがわかる。しかし、M12 のスタッドボルト試験体の一部のみ疲労き裂停留の影響で直線の分布から離れている。文献 3)でも同様に疲労き裂停留が生じており、その要因と同様なスタッド溶接部のサンダーによる黒皮除去による圧縮残留応力の影響と考えられる。

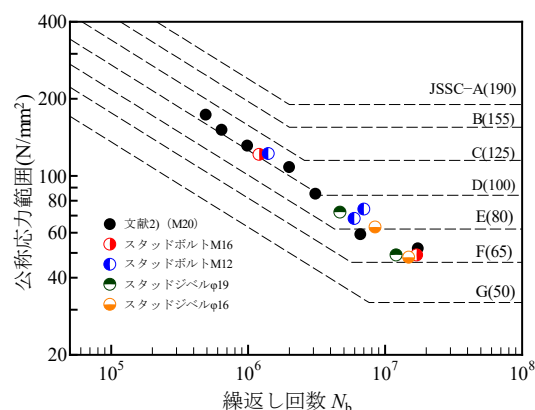
4. まとめ

本研究では、スタッド溶接継手の疲労限データの蓄積を目的として板曲げ疲労試験を実施した。得られた結果を以下に示す。

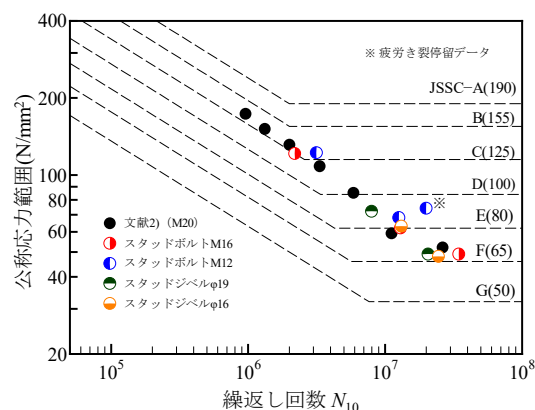
- 1) 下向き溶植されたスタッド試験体の板曲げ疲労試験結果において、E 等級の疲労限以下の公称応力範囲で疲労き裂が発生した。ただし、M12 のスタッドボルト試験体は E 等級の疲労限を満足する結果であった。
- 2) スタッド試験体の板曲げ疲労試験結果の N_b および N_{10} に対する $S-N$ 関係から、スタッド溶接継手の疲労強度はスタッド径や種類によらずほぼ直線上に



(a) N_{toe}



(b) N_b



(c) N_{10}

図-4 $S-N$ 関係

分布した。

参考文献

- 1) 日本鋼構造協会：鋼構造物の疲労設計指針・同解説～2012 年改定版～，2012。
- 2) 上田宗，石川敏之，八ツ元仁，柿木啓：当て板接合された高力スタッドボルトの板曲げ疲労強度，構造工学論文集，Vol.65A，pp525-532，2019。
- 3) 上田宗，石川敏之，八ツ元仁，柿木啓：スタッドボルトと接着接合併用継手の板曲げ疲労強度，鋼構造年次論文集，第 27 巻，pp.736-743，2019。