

高力スタッドボルトによる当て板接合した鋼板の板曲げ疲労強度

関西大学 学生員 ○上田 宗, 正会員 石川 敏之
 阪神高速道路 正会員 ハツ元 仁, 正会員 柿木 啓

1. はじめに

現在, 既設の鋼床版においてデッキプレートとUリブの溶接部で疲労損傷が報告されている. その疲労損傷の補修・補強工法として溶接ビード部を切断し溶接接合から当て板接合とする方法が提案されている¹⁾. この補修方法では, デッキプレート下面に上向き姿勢で高力スタッドボルトを溶植する必要がある. しかし, スタッドボルト溶植止端部の応力集中部から疲労き裂が発生することが懸念されている. これまでの研究で, 高力スタッドボルトによる当て板接合は, 当て板が摩擦接合されているのでスタッドボルト溶植部近傍の作用応力が低減され, スタッドボルト溶植部の疲労強度が向上しているが, 限られた試験結果の報告である²⁾.

そこで, 本研究では上向き溶植されたスタッドボルトによる当て板接合を実橋にて適用するための基礎的研究として高力スタッドボルトが当て板接合された場合の疲労強度を, 板曲げ疲労試験を実施して明らかにする.

2. 板曲げ疲労試験

2.1 試験方法

本研究では, スタッドボルト軸力の導入を行っていないスタッドままの試験体 Stud と高力スタッドボルトで当て板を接合した試験体 Stud-Patch の 2 種類を用意した. 試験体は幅 200mm×長さ 665mm×板厚 12mm の鋼板(SM490Y)に呼び径 M20 の高力スタッドボルトを一本上向き姿勢で溶植している. 当て板(SM490Y)の寸法は, 幅 200mm×長さ 100mm×板厚 9mm であり, トルシア型高力スタッドボルトを加工して高力スタッドボルトとして, 約 100kN の軸力を導入して締付けを行っている.

本研究では, 図-1 に示すように, 試験体の片側を固定し, もう方端側に板曲げ疲労試験機を設置し疲労試験を実施した. 本研究ではバネを押し下げて, 応力比 $R=0$ で疲労試験を実施した.

ひずみゲージは図-2 に示すように, スタッドボルト溶植位置の主板裏(CH1), ボルト中心から 70mm(CH2, 3)とし, スタッドままの試験体 Stud では, 溶植止端部から 12mm の位置にもひずみゲージ(CH4, 5)を設けた. スタッドボルト中心の公称応力範囲は, CH2, 3 の平均のひずみ範囲にヤング係数を乗じて算出した.

疲労き裂の定義として, 図-3 に示すように, 溶植部から発生した疲労き裂が溶植部の縁まで進展した繰返し回数を N_b , さらにき裂が 10mm 進展した繰返し回数を N_{10} とする. 疲労き裂の検出には, 被膜銅線($\phi 0.05\text{mm}$)を用いた.

2.2 試験結果

図-4 に, N_b , N_{10} に対する S-N 関係を示す. 板曲げ疲労試験では, スタッドままの試験体 Stud の試験結果は, N_b , N_{10} 共に, $m=3$ の傾きとなっているが, 応力範囲

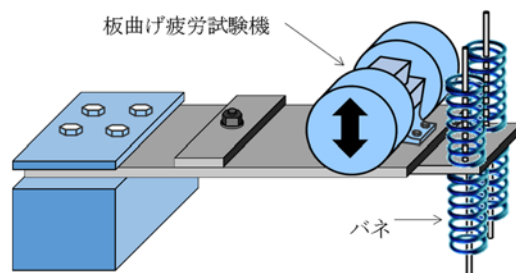


図-1 板曲げ疲労試験の概念図

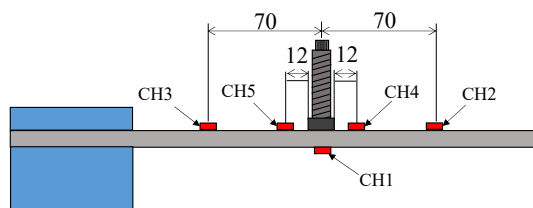


図-2 ひずみゲージの位置

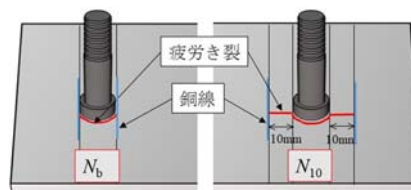


図-3 繰返し回数の定義

キーワード 高力スタッドボルト, 疲労強度, 当て板

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

$\Delta\sigma=50 \text{ N/mm}^2$ の疲労試験で疲労き裂が発生し、応力範囲 $\Delta\sigma=40 \text{ N/mm}^2$ では 5,000 万回の繰返しで疲労き裂が発生していない。したがって、スタッドままの疲労限は $\Delta\sigma=40 \text{ N/mm}^2$ となり、JSSC の S-N 関係の疲労限よりも小さい結果となった。一方、当て板を高力スタッドボルト接合した試験体 Stud-Patch では、応力範囲 $\Delta\sigma=120 \text{ N/mm}^2$ の疲労試験では疲労き裂(N_b)が発生したが、応力範囲 $\Delta\sigma=100 \text{ N/mm}^2$ では 5,000 万回の繰返しで疲労き裂が発生していないので、当て板によって疲労強度および疲労限が大幅に向上することがわかる。

図-5 に試験体 Stud の応力範囲 $\Delta\sigma=40, 50 \text{ N/mm}^2$ の応力範囲と繰返し回数の関係を示す。疲労き裂が発生した $\Delta\sigma=50 \text{ N/mm}^2$ の試験体では、CH5 の応力範囲が繰返し回数 500 万回程度で低下し始めていることがわかる。また、CH1, 3 の応力範囲も 1,000 万回程度から低下し始めている。一方、 $\Delta\sigma=40 \text{ N/mm}^2$ の試験体では、試験を一時中断した際に、応力範囲に若干段差($N=2,500$ 万回, 3,200 万回)が生じているが、全ての応力範囲が、5,000 万回に達しても低下していない。

図-6 に試験体 Stud-Patch の応力範囲 $\Delta\sigma=100, 120 \text{ N/mm}^2$ の CH1, 3 の応力範囲と繰返し回数の関係を示す。試験体 Stud-Patch では、応力範囲 $\Delta\sigma=100 \text{ N/mm}^2$ に対して、CH1,3 の応力範囲が、繰返し回数が 5,000 万回に達しても変化が見られなかった。一方、応力範囲 $\Delta\sigma=120 \text{ N/mm}^2$ では、CH1, 3 の応力範囲が、1,700 万回程度から徐々に低下した。繰返し回数 2,300 万回で疲労試験を終了し、当て板を外したところ、スタッドボルト溶植部に N_b 程度の疲労き裂が生じていた(図 7)。

3. まとめ

本研究では、高力スタッドボルトによる当て板接合の板曲げ疲労試験を実施し、当て板をボルト締めすることで、スタッドボルトの疲労強度および疲労限が大幅に向上することを明らかにした。

参考文献 1)田畑晶子, 儀賀大己, 小野秀一, 山口隆司:ねじ付きスタッドによりあて板した鋼板の繰返し引張挙動に関する基礎的研究, 土木学会論文集 A1(構造・地震工学), Vol.73, No.1, pp114-125, 2017. 2)奥村学, 田畑晶子, 原田潤: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 回年次学術講演会講演概要集, I-391, pp.781 -782, 2016.

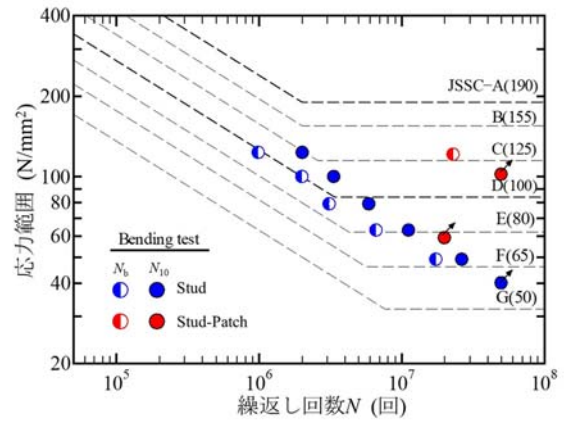


図-4 S-N 関係

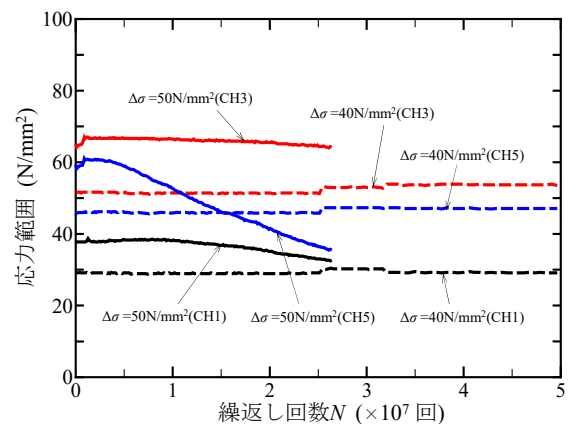


図-5 試験体 Stud の応力範囲の変化

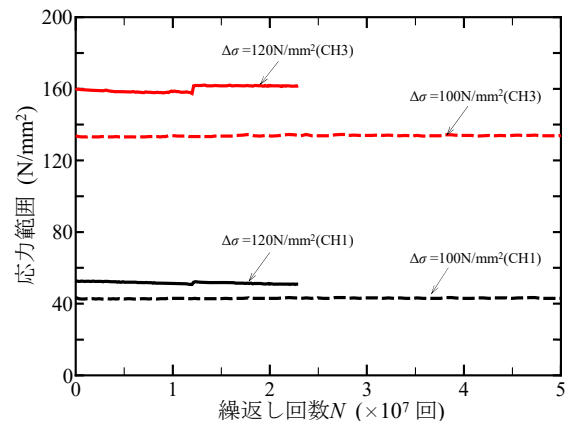


図-6 試験体 Stud-Patch の応力範囲の変化

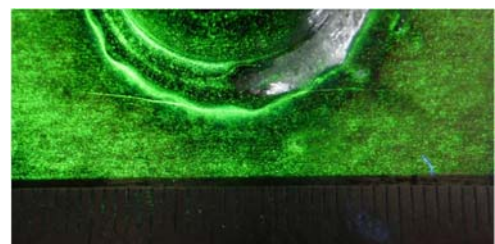


図-7 試験体 Stud-Patch で発生した疲労き裂