

## 第I部門 スタッドボルトと当て板接着併用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  
 阪神高速道路(株) 正会員 八ツ元 仁, 正会員 柿木 啓

## 1. はじめに

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生じている事例が報告されている。その対策として弾性当て板工法が提案されている<sup>1)</sup>。

図-1に示すように、この工法では厚さ2.3mmの折り曲げ鋼板(弾性当て板)が接着接合され、デッキプレートには、スタッドボルトによる接合が併用されている。

鋼構造物の疲労設計指針では直応力を受けるスタッドが溶接された継手の疲労強度等級はE等級とされており、デッキプレートに溶植されたスタッドボルトの疲労が懸念される。しかし、弾性当て板工法では、スタッドボルトを溶植した後、当て板接着接合し、スタッドボルトを普通ボルトと同等のトルクで締め付けるため、当て板に応力が分担され、スタッドボルトの見かけの疲労強度が向上することが期待できる。

本研究ではスタッドボルトと当て板接着併用継手に対して、板曲げ疲労試験を実施し、疲労強度の向上効果を明らかにする。

## 2. 試験方法

本研究では、幅200mm×長さ665mm×板厚12mmの鋼板にM12のスタッドボルトを溶植した試験体 Stud とスタッドボルトと当て板接着を併用した試験体 Stud-Patch の2種類を用いた。試験体 Stud-Patch では、幅200mm×長さ50mm×板厚2.3mmの当て板を接着し、即座にスタッドボルトをM12の普通ボルトと同等のトルク42N・mで締め付けている。主板表面は試験体 Stud と試験体 Stud-Patch とともに2種ケレンによる処理が行われている。図-2に試験体の写真を示す。板曲げ疲労試験は図-3に示すように、試験体の片側を固定し、自由端側に板曲げ振動疲労試験機を設置して実施した。また、自由端側にあるバネにより静的な予荷重を与え、スタッドボルト中央位置で応力比が $R=0$ となるように設定した。疲労試験の公称応力範囲 $\Delta\sigma$ は図-3に示すように、応力集中の影響を受けない位置のひずみゲージ(CH2, 3)の応力範囲をスタッドボルトの疲労き裂発生側溶植止端位置に内挿して算出した。疲労寿命の

定義については、文献2)と同様に、疲労き裂が溶植部の縁から10mm離れた位置まで進展した繰返し回数を $N_{10}$ とする。

## 3. 疲労試験結果

本研究の疲労試験では、スタッドボルト溶植位置(主板裏側)にひずみゲージ(CH1)を設け、繰返し载荷に伴

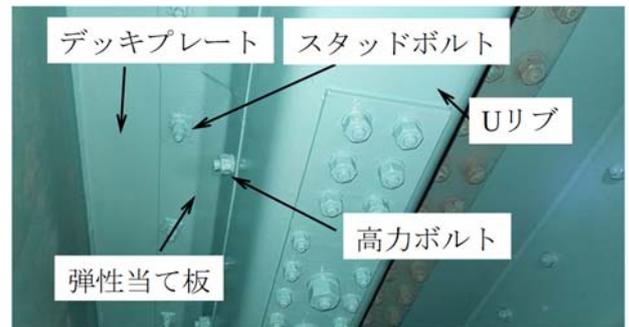


図-1 弾性当て板工法実施事例



(a) 試験体 Stud (b) 試験体 Stud-Patch

図-2 試験体

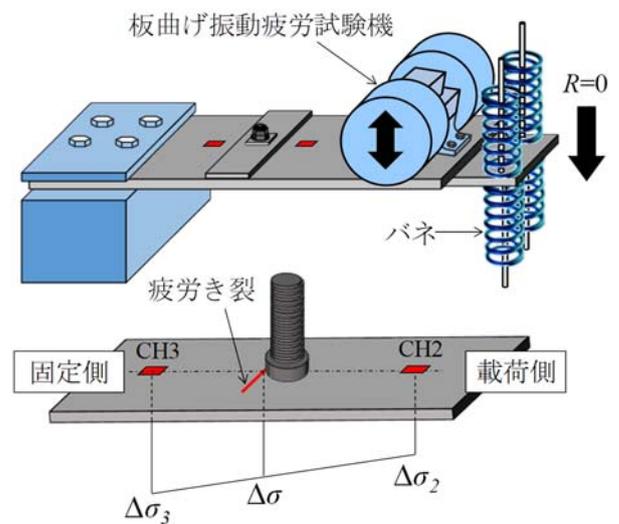


図-3 板曲げ疲労試験と公称応力の定義

う応力範囲の変動を計測した。図-4に、一部の試験体の応力範囲の変動を示す。試験体 Stud(166N/mm<sup>2</sup>)では、溶植止端部から発生した疲労き裂の進展に伴って応力範囲が低下し、繰返し回数 195 万回で  $N_{10}$  に達した。一方、試験体 Stud( $\Delta\sigma=104$ N/mm<sup>2</sup>)では、疲労き裂が発生し、一定の長さに進展後、疲労き裂の停留とともに応力範囲の低下が停滞した。試験体 Stud-Patch( $\Delta\sigma=170$ N/mm<sup>2</sup>)でも応力範囲の低下が停滞していることから、当て板により目視で確認ができないが疲労き裂が停留したと考えられる。試験体 Stud-Patch( $\Delta\sigma=168$ N/mm<sup>2</sup>)では試験体の固定部でフレットングき裂が生じたため、早期に疲労試験を終了した。応力範囲の低下傾向から 653 万回の段階で疲労き裂の停留はなかったと考えられる。

疲労き裂の停留の原因を明らかにするために主板表面(2種ケレン処理表面)の残留応力を計測したところ、スタッドボルト溶植部から 50mm 離れた位置で 390N/mm<sup>2</sup>程度の圧縮残留応力が導入されていた。したがって、2種ケレンの圧縮残留応力の影響によって疲労き裂の停留が生じたと考えられる。ただし、100 $\mu$ m 電解研磨をすると、110N/mm<sup>2</sup>程度の圧縮残留応力になったため、2種ケレン処理では極表面のみに圧縮残留応力が導入されていると言える。

図-5に、疲労試験結果の  $N_{10}$  に対する S-N 関係を示す。試験体 Stud-Patch では当て板によって疲労き裂の進展が確認できないため、 $N_{10}$  を把握することができない。したがって、試験体 Stud-Patch の疲労試験結果は疲労試験を終了した際の繰返し回数を示す。試験体 Stud の疲労き裂が停留した疲労試験結果に対しても疲労試験を終了した際の繰返し回数を示す。図-5には文献2)の  $\phi 9.5$ mm のスタッドジベルの疲労試験結果( $N_{10}$ )も示しており、本研究の試験体 Stud の  $N_{10}$  が同様な疲労強度であることがわかる。

試験体 Stud( $\Delta\sigma=104$ N/mm<sup>2</sup>)ではスタッド溶植止端部から疲労き裂が発生したが、試験体 Stud-Patch( $\Delta\sigma=100$ N/mm<sup>2</sup>)では疲労き裂が発生しなかった。さらに、試験体 Stud( $\Delta\sigma=166$ N/mm<sup>2</sup>)では繰返し回数 195 万回で表面のき裂が 33.2mm まで進展しているのに対して、試験体 Stud-Patch( $\Delta\sigma=168$ N/mm<sup>2</sup>)ではフレットングき裂で疲労試験を終了した繰返し回数 653 万回の段階で表面のき裂長さが 23.6mm であった。これらの結果から、スタッドボルトと当て板接着併用継手はスタッドボルト溶植ままと比べて見かけの疲労強度が向上することが明らかとなった。

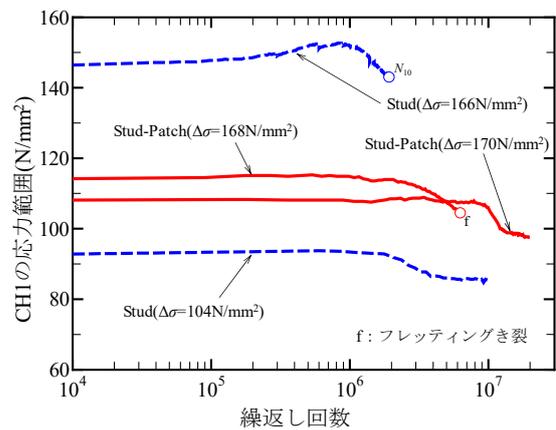


図-4 CH1 の応力範囲の変動

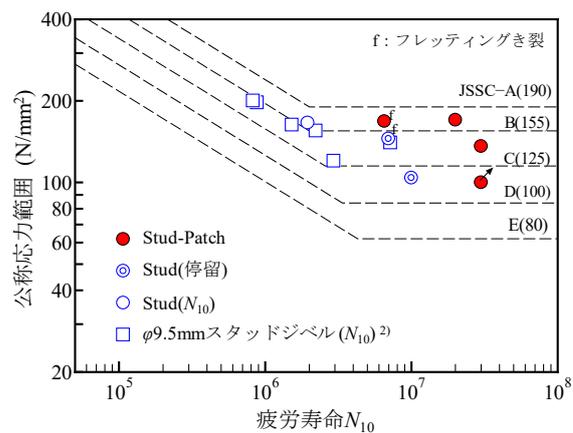


図-5 疲労試験結果 S-N 関係

#### 4. 結論

本研究では、スタッドボルトと当て板接着併用継手の疲労強度の向上を明らかにするため、板曲げ疲労試験を実施した。主な結果を以下に示す。

- 1) 試験体 Stud と試験体 Stud-Patch の板曲げ疲労試験の結果、当て板接着を併用することによって、スタッドボルト溶植ままと比べて見かけの疲労強度が向上することが明らかとなった。
- 2) 2種ケレンによって処理部の極表面に圧縮残留応力が導入され、その影響で溶植止端部から発生した疲労き裂が停留した試験体が見られた。

#### 参考文献

- 1) 岡本亮二, 八ツ元仁, 田畑晶子, 岩崎雅紀, 一宮充, 竹内信弘: 折り曲げ薄鋼板を接着接合した U リブ鋼床版の実橋での補強効果検証, 土木学会第 72 回年次学術講演会概要集 I, pp469-470, 2017.
- 2) 白彬, 柿市拓巳, 石川敏之, 小塩達也, 山田健太郎: 鋼床版上の吊りピースおよびスタッドジベルの板曲げ疲労挙動, 鋼構造論文集, 第 17 巻, 第 65 号, pp.43-52, 2010.