

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 正会員 八ツ元 仁 正会員 柿木 啓

1. はじめに

鋼床版において、デッキプレートと U リブの溶接部に疲労損傷が生じている事例が多く、その対策として弾性当て板工法が提案されている¹⁾。この工法では、スタッドボルトと接着剤を併用して弾性当て板がデッキプレートに接合されている。しかし、下面からデッキプレートに溶植されたスタッドボルトに対しては、溶植止端部からの疲労が懸念される。一方で、スタッドボルトと当て板接着接合を併用した場合、当て板に応力が分担されるため溶植止端部の応力が低減し、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、板曲げ疲労試験および FEM 解析を実施し、疲労強度の向上効果を明らかにする。

2. 板曲げ疲労試験

本研究では、主板上に M12 のスタッドボルトを上向きに溶植した試験体 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、接着直後に M12 の普通ボルトと同等のトルク(42N・m)で締め付けている。ひずみゲージの位置を図-1 に示す。CH1 はスタッドボルト溶植位置の主板上に貼付け、疲労き裂の検出に用いた。CH2, 3 は応力集中の影響を受けない位置に貼付け、公称応力範囲の算出に用いた。疲労試験は板曲げ疲労試験機を用いて、応力比 $R=0$ で実施した。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疲労寿命 N_b と定義した。

図-2 に CH1 の応力範囲の変化を示す。繰返し回数に伴って、き裂が進展し応力範囲が低下しており、試験体 Stud では応力範囲が 2%低下した時点の繰返し回数が N_b と同程度であった。したがって、当て板により疲労き裂の進展が見えず N_b が把握できない試験体 Stud-Patch では、CH1 の応力範囲が 2%低下した時点の繰返し回数を N_b 相当と考える。CH1 の応力範囲が 2%低下

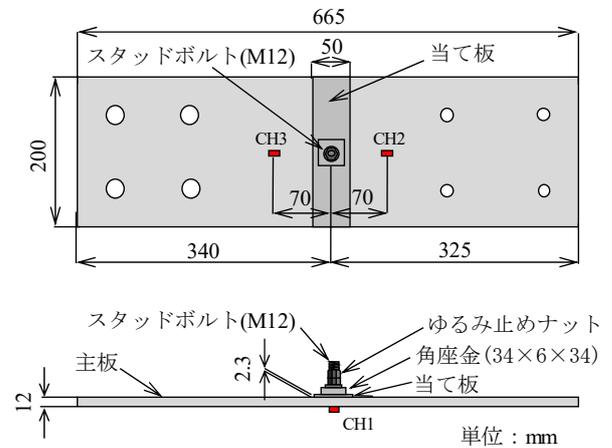


図-1 試験体

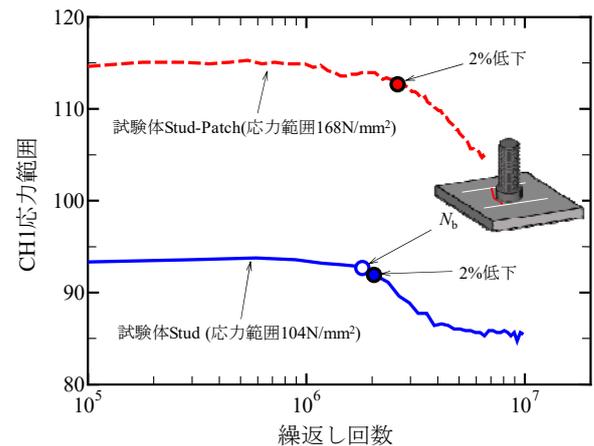


図-2 CH1 応力範囲の変動

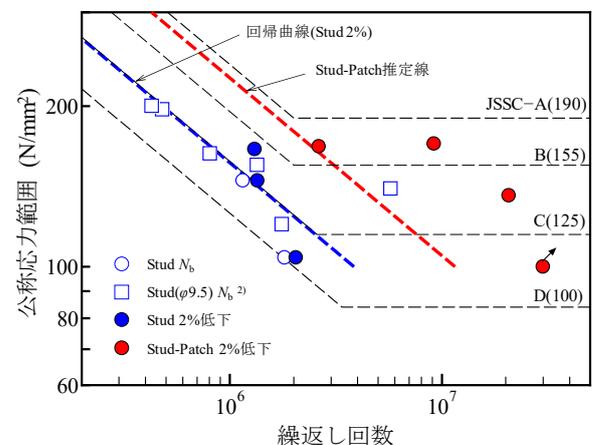


図-3 S-N 関係

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

した繰返し回数および N_b に対する S-N 関係を図-3 に示す。図-3 には文献 2) の $\phi 9.5\text{mm}$ のスタッドジベルの疲労試験結果 (N_b) も示す。S-N 関係から、試験体 Stud-Patch の結果にはバラつきが見られるが、当て板接着を併用することで、2 等級以上向上することが確認できた。

疲労試験終了後、当て板の端部では接着剤のはく離が生じていたが、スタッドボルト近傍では、はく離は生じていなかった。また、溶植止端部を確認すると、止端部まで接着剤が充填されていた。FEM 解析では、これらを参考にして接着剤をモデル化して応力低減効果の評価を行う。

3. FEM 解析

解析モデルを図-4 に示す。解析コードは MSC.Marc である。解析ではエフェクティブノッチ応力(ENS)による評価を行うため、溶植止端部は曲率半径 1mm、止端角度 90° でモデル化した。载荷荷重は固定側溶植止端部の公称応力範囲が 200 N/mm^2 となるような集中荷重を与えた。試験体 Stud-Patch のモデルは、溶植止端部の接着剤の有無、接着剤のはく離の有無を分け、計 4 ケースとした(図-5)。接着剤のはく離範囲の接着剤要素を除去することで、はく離を模擬した。接着剤厚さは試験体の平均計測値を参考に 0.3mm とした。

表-1 に FEM 解析から得られた溶植止端部の応力低減効果(試験体 Stud に対する試験体 Stud-Patch の比率)を示す。载荷側溶植止端部と固定側溶植止端部での低減効果の差はわずかであったため、表-1 には固定側の結果のみ示している。溶植止端部に接着剤が充填されることでより応力低減効果が高くなり、はく離が生じることで応力低減効果が低くなっている。これらは接着剤を介した当て板への応力分担が影響し、応力低減効果が異なっていると考えられる。

図-3 に、試験体 Stud(2%低下)の回帰曲線と、ケース 1(試験体に最も近い条件)の応力低減効果を用いた場合の試験体 Stud-Patch の推定線を示す。ENS を用いた評価では、当て板接着を併用することでスタッドボルトの疲労強度が 2 等級程度向上すると推定され、一部の疲労試験結果と一致した。

4. まとめ

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、板曲げ疲労試験および FEM 解析を実施した。得られた主な結果を以下に示す。

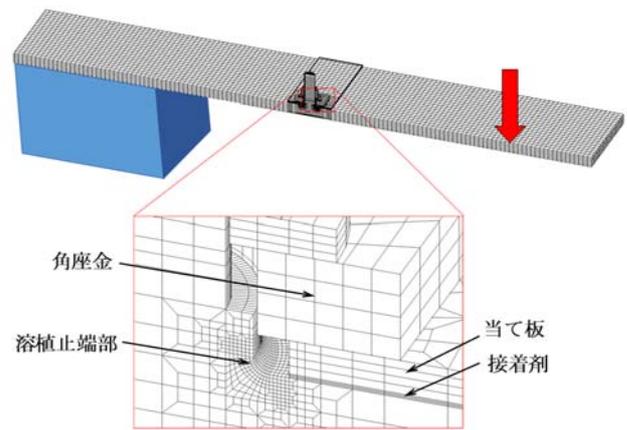


図-4 解析モデル

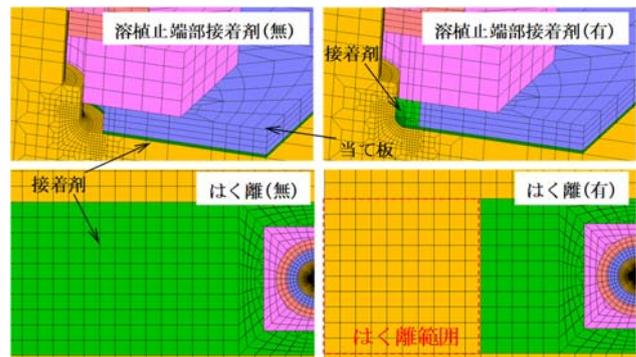


図-5 試験体 Stud-Patch ケース

表-1 溶植止端部応力低減効果

ケース	1	2	3	4
止端部	有	有	無	無
はく離	有	無	有	無
応力低減効果	0.69	0.64	0.76	0.70

- 1) 板曲げ疲労試験の結果、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に比べて疲労強度が 2 等級以上向上した。
- 2) FEM 解析の結果、溶植止端部の接着剤の有無または、接着剤のはく離の有無によって応力低減効果に違いが見られ、ケース 1(試験体に最も近い条件)では、2 等級程度疲労強度が向上する結果となった。

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.