

大阪市立大学工学部
阪神高速道路(株)
大阪市立大学大学院

学生員○儀賀 大己
正会員 田畑 晶子
正会員 松村 政秀

大阪市立大学大学院 正会員 山口 隆司
(一社)日本建設機械施工協会 正会員 小野 秀一

1. 研究背景および目的

現在、疲労亀裂を有するUリブ鋼床版の下面からの補修・補強工法として、図-1に示すような当て板をスタッドボルトにより固定して補強する工法が検討されている。疲労き裂の補修補強工法として用いるためには、スタッドボルトを溶殖した鋼板の疲労耐久性の検証が必要となる。これまで、頭付きスタッドが溶殖された鋼板の引張疲労試験はなされており¹⁾、スタッド溶接止端部近傍に応力が集中し、疲労強度はE等級とされている。しかし、溶殖されたスタッドボルトに軸力が導入された鋼板の疲労強度については検討がなされていない。

本研究では、スタッドボルトが溶殖された鋼板の疲労強度、およびスタッドボルトへの軸力導入の有無が疲労強度に及ぼす影響について引張疲労試験とFEM解析により検討した。



図-1 鋼床版の補修補強用いるスタッドボルト

2. 引張疲労試験

供試体形状およびひずみゲージ貼付位置を図-2に示す。供試体は厚さ12mmの鋼板にM22スタッドボルトを溶殖し、厚さ16mm、ボルト孔φ32の正方形板をスタッドボルトで締め付けたものである。母材はSM490YA、正方形板はSS400、スタッドボルトにはHT570を用いた。試験ケースは、スタッドボルトに軸力導入をしたものをCase1、導入をしないものをCase2とした。さらに、軸力導入による摩擦の影響を排除し、正方形板が荷重分担しないように、母板と正方形板の間に樹脂およびグリース・鋼球を塗布したものをCase3とした。荷重条件は応力比0.05の片振り引張荷重とし、応力範囲は100, 125,

155N/mm²の3種類とした(Case1は100N/mm²のみ)。なお、軸力導入前後に静的な引張試験(公称応力:100N/mm²)も実施した。

3. 静的引張試験

Case1とCase3について軸力導入前後の引張荷重荷時の鋼板の引張方向応力を図-3に示す。Case1は軸力導入により正方形板にも応力が伝達され、応力が低下し、Case3は摩擦を低減する処理をしているため、軸力導入による応力低下はわずかであった。

4. 引張疲労試験結果

疲労試験で得られたS-N線図を図-4に示す。全てのケースの疲労強度は、頭付きスタッドが溶殖され

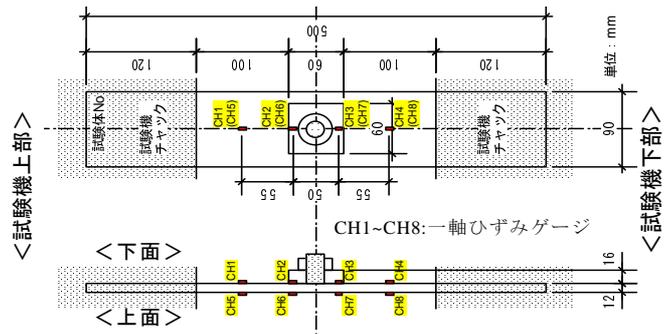


図-2 供試体寸法, ひずみゲージ位置(単位:mm)

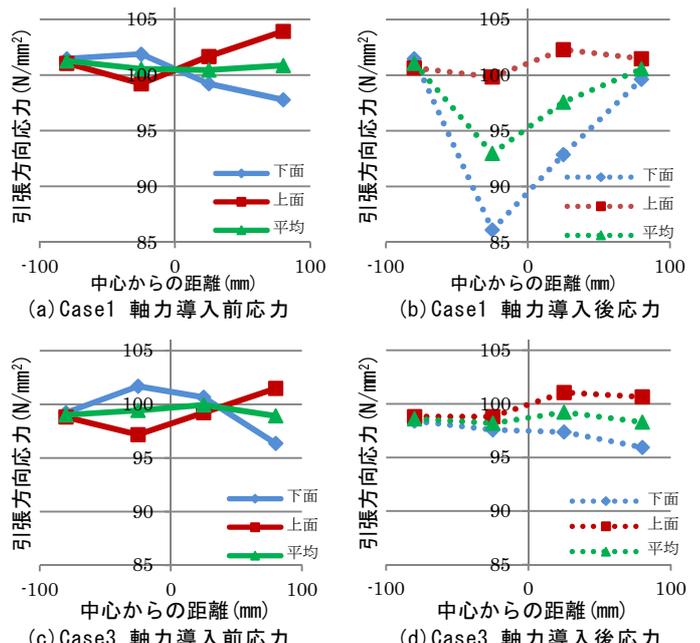


図-3 Case1,3 軸力導入前後の引張方向応力の比較

た鋼板のE等級と同等以上であった。疲労き裂は全供試体で図-5に示すようにスタッド溶接止端部で発生した。Case1とCase2を比較すると、軸力が導入される方が疲労強度は高かった。摩擦力を軽減する鋼球や樹脂がないCase1はCase3に比べて疲労強度が高く、摩擦により応力が正方形板にも伝達され、母板側の応力集中が低減されたためと考えられる。

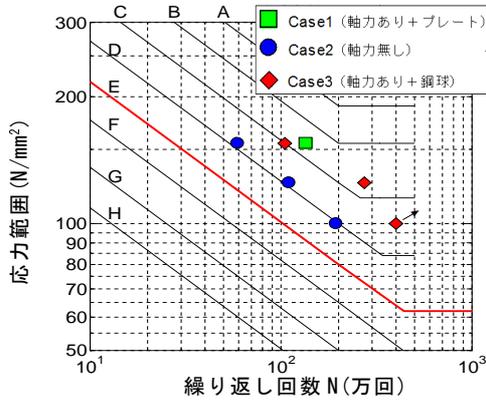


図-4 S-N線図

図-5 試験体の破断面 (Case1-応力範囲 100N/mm²)

5. FEM 弾性解析

汎用構造解析プログラム ABAQUS により弾性解析を行った。解析モデルを図-6に示す。溶接ビードを含む溶接部近傍は約 1×1×1mm の立方体に分割した。軸力および接合面の摩擦係数を変化させた解析ケースを表-1に示すように設定した。解析に使用するヤング係数は $E=2.0 \times 10^5 \text{ N/mm}^2$ 、ポアソン比は $\nu=0.3$ とし、載荷荷重が公称応力 $\sigma=100 \text{ N/mm}^2$ となるようにチャック部に強制変位を与えた。

6. 解析結果

ボルト軸中心を原点、固定側を負に、引張側を正として、引張時の引張方向の応力分布を図-7に示す。軸力導入した f04-A, f01-A は溶接部に非常に高い応力が発生している。一方、正方形板の直下付近では応力が低減しており、その傾向は実験結果と一致する。次に、溶接止端部付近における軸力導入後から引張荷重載荷後の応力変化量（応力範囲）を図-8に示す。軸力導入した f04-A, f01-A では溶接止端部の応力増加が抑えられ、正方形板接触位置で応力が増加した。疲労試験での破断位置である溶接止端部では、摩擦係数が大きい f04-A の方が f01-A に比べ応

力変化量を抑えられていることがわかる。これは、摩擦によって正方形板に伝達される荷重が増えるためと考えられ、疲労試験結果と符合している。

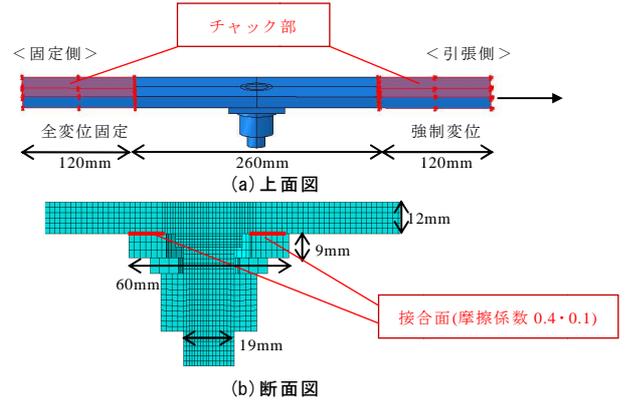


図-6 解析モデル上面図と断面図

表-1 解析ケース

モデル名	モデル化対象	摩擦係数	軸力
f04-A	Case1	0.4	有
f04-N	Case2	0.4	無
f01-A	Case3	0.1	有

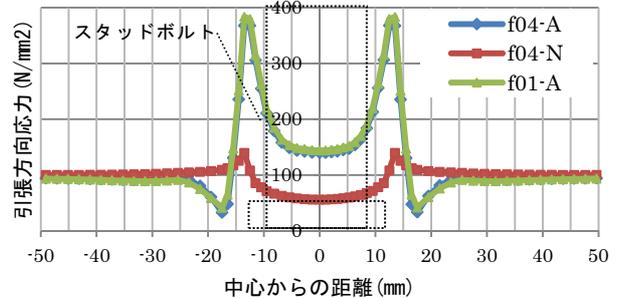


図-7 引張時の引張方向応力分布

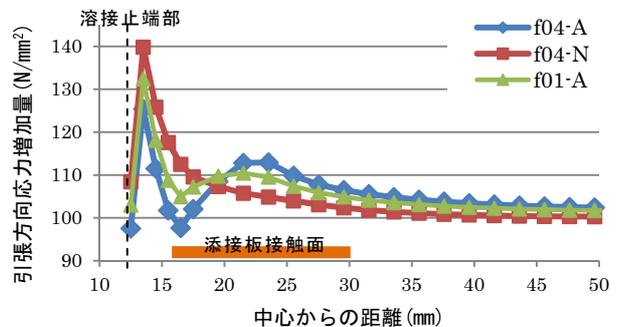


図-8 溶接止端部からの応力増加量分布

7. まとめ

スタッドボルトを溶接した鋼板の疲労強度を検討するために疲労試験および FEM 解析を行った。本研究で得られた成果を以下に示す。

- 1) 全てのケースにおいて、頭付きスタッドを溶接した鋼板の疲労強度と同等以上であった。
- 2) 軸力導入したスタッドボルトにより当て板を固定する場合、疲労強度は低下しないと考えられる。

参考文献

- 1) 榎田, 高田, 宮地, 大石: スタッド径と鋼板厚に関する一考察, 川田技報 Vol.24, pp.14-19, 2005.