

第 I 部門

亀裂発生抑制に着目した鋼床版デッキプレート・U リブ溶接部の疲労耐久性向上(その 3)
～小型継手試験による疲労亀裂発生寿命評価～

(株) 神戸製鋼所 正会員 ○高嶋 康人
 (株) 神戸製鋼所 正会員 松下 政弘
 (株) 神戸製鋼所 正会員 杵渕 雅男
 関西大学 環境都市工学部 正会員 石川 敏之

1. 緒言

高経年化が進んでいる鋼橋の維持管理では疲労耐久性が課題の 1 つである。亀裂発生が懸念される部位に鋼床版のデッキプレートと U リブの片面溶接継手のルート部からデッキプレート方向に亀裂が進展することが知られている。この亀裂は進展しても舗装を剥離する以外に目視点検で確認困難なため、亀裂の発生抑制が望まれる。本研究では、鋼床版の疲労耐久性を改善する手段として、固溶強化元素を活用して亀裂発生を抑制できる耐疲労鋼¹⁾を用いてデッキプレート貫通型の疲労亀裂発生寿命の改善に取り組んだ。

2. 鋼床版 U リブ溶接部を模擬した小型継手試験モデルによる実験

板厚 16 mm の SM490Y 従来鋼と開発した耐疲労鋼¹⁾をデッキプレートとして、図 1 に示すように鋼床版デッキプレートと U リブの溶接部を模擬した小型継手試験モデルを製作した。デッキプレートに対して板厚 6 mm の鋼板で U リブを模擬して斜めに組み立てて溶込み深さが板厚の 75%程度となるように溶接し、横リブを模擬して U リブと交差するように組み立てて両面すみ肉溶接したのち、幅 200 mm で横リブが幅中央に位置するように継手を切断して試験体とした。

疲労試験は可搬型アクチュエータを用いて片持ち曲げ方式で実施し、荷重制御により応力比を 0.1 として载荷して、打ち切り限界は 1000 万回とした。図 2 に示す位置で試験体デッキプレートに貼り付けたひずみゲージの値を計測し、疲労試験中のひずみ変動範囲を調べた。横リブ交差の影響の無い一般部において曲げモーメントに応じたひずみ勾配を確認し、模擬 U リブ位置に外挿

した値で公称応力範囲 $\Delta \sigma$ を定義した。打ち切り限界強度 σ_w は打ち切り限界までに亀裂が発生した最小 $\Delta \sigma$ と発生しなかった最大 $\Delta \sigma$ の平均値とした。亀裂発生を検知は山田らの検討²⁾を参考にして、リブ近傍のひずみゲージで測定したひずみ変動範囲が初期値から 5%低下したときの繰返し数を疲労亀裂発生寿命 $N_{5\%}$ と定義して評価した。

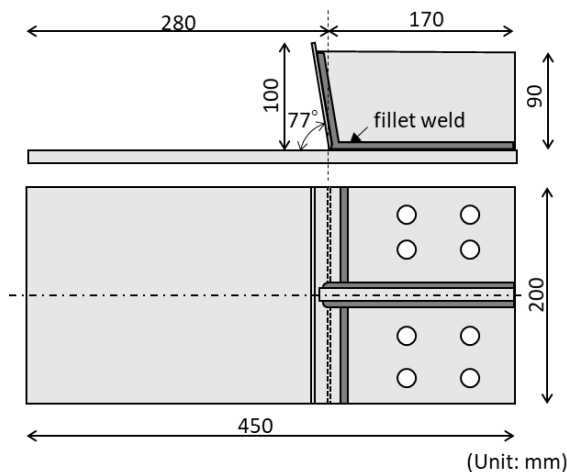


図 1 小型継手試験モデル

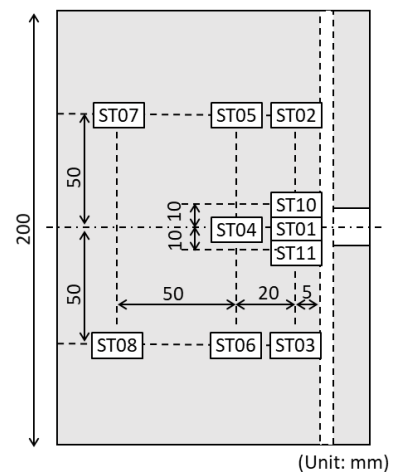


図 2 ひずみ計測位置

3. 小型継手試験モデルの疲労亀裂発生・進展挙動

疲労試験中のひずみ計測結果の一例を図 3 に示す。試験開始後は変化なく一定のひずみ変動範囲を保っているが、リブ交差部付近のゲージ ST01、ST10、ST11 では途中でひずみ変動範囲が減少している。この変化は、これらのゲージ付近で疲労亀裂が発生したことによるものと考えられる。また、リブ交差部から試験体の幅方向に離れた位置のゲージ

ST02 や ST03 では値が増加傾向になっており、これは交差部付近で亀裂が発生したことに伴う変化であると考えられる。

疲労試験後に試験体を強制破断させて破面を確認した一例について図 4 に示す。疲労亀裂はリブ交差部である試験体の幅中央で発生しており、デッキプレートの板厚方向と幅方向に進展していた。図 3 に示したひずみ変動範囲の変化は、この亀裂発生に対応した結果であることが示唆された。図 3 では、ひずみ変動範囲の変化から判断できる $N_{5\%}$ の時点も示している。

4. 耐疲労鋼による疲労亀裂発生寿命改善効果

デッキプレートに従来鋼を用いた継手の疲労試験結果について、公称応力範囲 $\Delta\sigma$ と亀裂発生寿命 $N_{5\%}$ の関係で整理したものを図 5 に示す。図 5 では $N_{5\%}$ のプロットが大きくばらついており、JSSC 疲労設計曲線を参考に傾きを $m=3$ として両対数で直線回帰した(以降、 $S-N_{5\%}$ 線とする)。図 5 の破線は平均値を示しており、図 5 の実線は標準偏差 σ を用いて平均 -2σ (95%下限) の寿命を示している。打ち切り限界強度 σ_w は 22.5 MPa であった。

これに対し、デッキプレートに耐疲労鋼を用いた継手の疲労試験結果を図 6 に示す。従来鋼継手の発生寿命 95% 下限値に比べて 2 倍以上の疲労寿命となっており、従来鋼に比べて寿命データのばらつきも小さくなっていた。また、 σ_w は 27.5 MPa で従来鋼継手に比べて 22% 増となっており、従来鋼継手よりも疲労限が高いことが示唆された。以上の結果から、亀裂発生を抑制できる耐疲労鋼を用いると溶接継手の亀裂発生寿命が安定して改善することが明らかとなった。

5. 結言

鋼床版デッキプレートと U リブ溶接部を模擬した小型継手試験モデルを用いた実験により、疲労亀裂発生抑制に効果のある耐疲労鋼をデッキプレートに用いることで溶接継手の疲労亀裂発生寿命が改善し、打ち切り限界強度が高くなることを明らかにした。今後は板厚の影響なども含めて調査を進めていく計画である。

参考文献

- 1) 伊藤ら：日本機械学会第 30 回機械材料・材料加工部門技術講演会 (M&P2023) , 2023.
- 2) 山田ら：構造工学論文集, Vol.54A, pp.675-684. 2008.

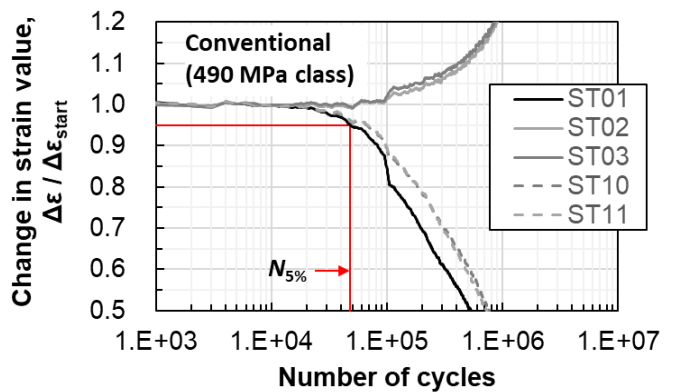


図 3 疲労試験中のひずみ範囲の変化

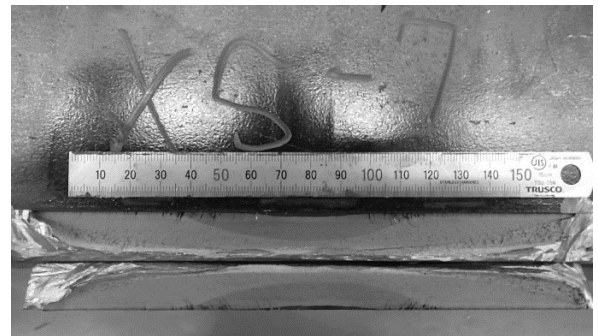


図 4 疲労亀裂発生状況 (破面)

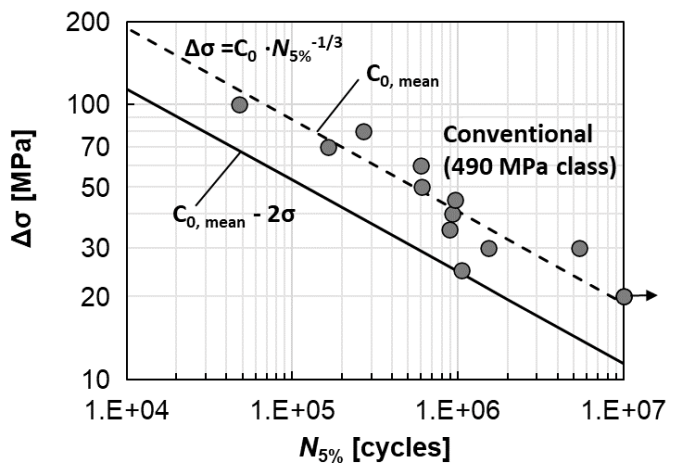


図 5 従来鋼継手の疲労試験結果

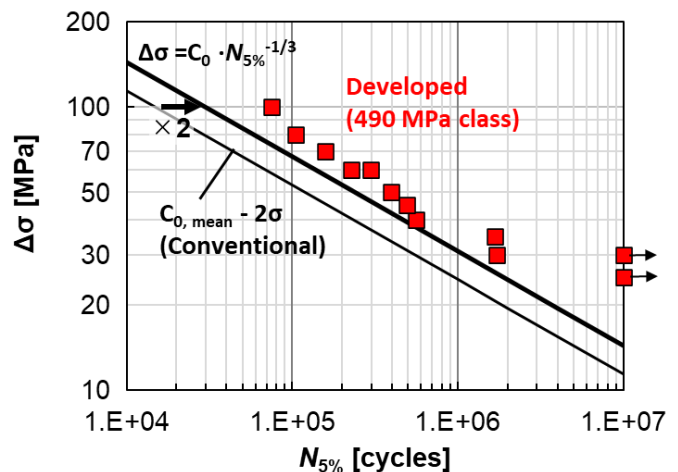


図 6 耐疲労鋼継手の疲労試験結果