

解析順序は、step1) 熱弾塑性解析を行うことによる溶接残留応力の導入, step2) 熱膨張ひずみ ε_T を用いた, ピーニング施工時の圧縮残留応力の再現, step3) 繰返し荷重を 100 回与えることによる疲労試験の再現, とした. なお step2 については, ピーニング施工箇所にあたる幅 5mm の範囲へ, 文献³⁾を参考に深さ $d=3\text{mm}$ に $\varepsilon_T=0.006$ を与えた. また, 解析では図 4 の計 3 パターンについて検討した.

ピーニング後の X 軸方向残留応力解析結果を図 5 に示す. これはルート部と止端部において, 後述する疲労試験再現結果で注目した要素における結果である. いずれのパターンにおいてもルート部・止端部ともに圧縮残留応力が増加しているが, 内側ピーニングの場合はルート部, 外側ピーニングの場合は止端部において特に大きく増加しており, 内・外側ピーニングにおいてはルート部・止端部ともに 30%以上増加していた.

次に疲労試験再現結果を示す. 図 6 はルート部・止端部において, 累積相当塑性ひずみ H の増加率が最大の要素に注目した. いずれのピーニングパターンにおいても, ピーニングなしのモデルより H の増加率は低下した. この結果を $H=10$ まで外挿することにより, 繰返し数 N を求めた. ここで, ルート部と止端部で繰返し数の小さい方をき裂発生箇所とみなし, その箇所における繰返し数 N を疲労寿命として評価した. 結果を図 7 に示す. いずれのパターンにおいても疲労寿命が向上している. また, 内・外側ピーニングは内側ピーニングよりも疲労寿命が向上しており, ピーニングパターンと効果の大小関係は実験と対応した結果を得ることができた. ここで, 本研究で使用した試験体よりも滑らかなビード形状を有するモデル B についても同様の方法で検討を行ったところ, この場合はピーニングパターンの違いで効果に有意な差は見られなかった (表 3).

4. 結論

ピーニング処理を行った U リブ試験体に対する疲労試験およびそれを模擬した数値解析より, 以下のことが明らかとなった.

1. U リブ内側へピーニングを行うことにより, 疲労寿命は向上する ($\Delta\sigma=170\text{MPa}$ において約 2.09 倍). 内側と外側へピーニングを行うことで, さらに疲労寿命は向上する.
2. 本研究で用いたピーニングパターンではいずれも, ルート部・止端部において圧縮残留応力の増加, 累積相当塑性ひずみ増加率の低下が見られた.
3. ビード形状によって, ピーニング効果の大小関係は異なる.

今後, 数値解析精度の向上を目指した材料モデルの改良や疲労寿命評価手法の提案等が望まれる.

参考文献

- 1) 三木千壽, 菅沼久忠, 富澤雅幸, 町田文孝: 鋼床版箱桁橋のデッキプレート近傍に発生した疲労損傷の原因, 土木学会論文集, No.780/ I -70, 57-69, 2005.1
- 2) 石川敏之, 松本理佐, 堤成一郎, 河野広隆: ピーニングによる U リブと鋼床版デッキプレートの溶接ルート部の疲労強度向上効果, 溶接構造シンポジウム 2014 講演論文集, pp185-188, 2014 年
- 3) 松本理佐, 石川敏之, 堤成一郎, 河野広隆, 山田健太郎: ハンマーピーニング処理による残留応力の解析的検討, 構造工学論文集, in press

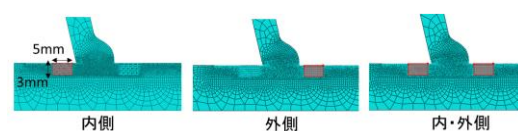


図 4 ピーニングパターン

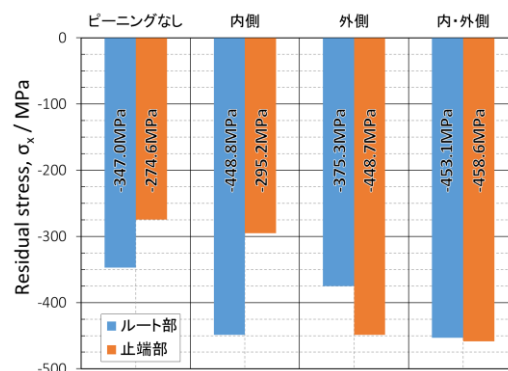


図 5 残留応力解析結果 (X 軸方向)

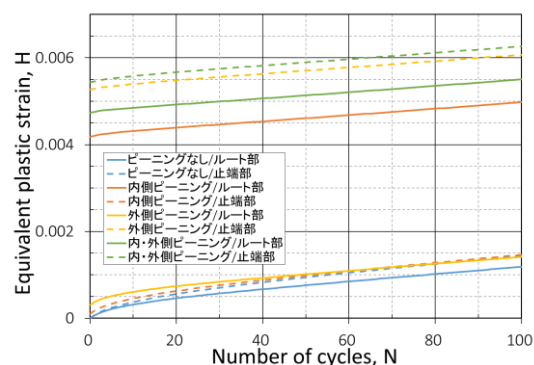


図 6 累積相当塑性ひずみと繰返し数の関係

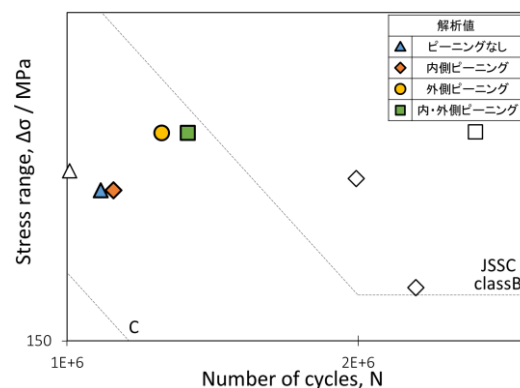


図 7 S-N 線図 (拡大)

表 3 ビード形状による違い (解析値)

		ピーニングなし	内側	外側	内・外側
モデル A	き裂発生箇所	止端部	止端部	ルート部	ルート部
	疲労寿命	1,083,369回	1,117,257回	1,253,056回	1,332,700回
モデル B	き裂発生箇所	ルート部	ルート部	ルート部	ルート部
	疲労寿命	599,508回	602,513回	598,067回	600,692回

A: 本研究の試験体のビード形状 B: より滑らかなビード形状