

第 I 部門 鋼床版デッキプレートの垂直補剛材端のき裂に対する ICR 処理効果

関西大学 学生員 米谷 滉太, 正会員 石川 敏之
高田機工 (株) 正会員 松本 直樹

1. はじめに

鋼橋では、多くの疲労き裂が発生しており、補修・補強対策が多数検討されている。鋼床版では、デッキプレートと垂直補剛材の接合部には多くの疲労き裂が発生している。このき裂の補修法として、疲労き裂の開口部に塑性変形を与えて閉口させる ICR 処理¹⁾が適用されている。ICR 処理は、面外ガセット溶接継手等の小型要素試験体での疲労試験は多く実施されているが、実構造のタイヤ荷重の影響や不静定力が生じる状況を模擬した試験はほとんど実施されていない。

そこで本研究では、鋼床版のデッキプレートと垂直補剛材の接合部を模擬した箱形試験体を用いて疲労試験を行い、ICR 処理による疲労強度の向上を明らかにすることを目的とする。

2. 疲労試験概要

本研究では、厚さ 12mm のデッキプレートを模した鋼板を天端に持つ箱形試験体に垂直補剛材を模したリブをすみ肉溶接している試験体を用いて疲労試験を行った。疲労試験には、最大載荷能力 400kN(動的 320kN)の油圧サーボ式ジャッキを利用し、厚さ 40mm のタイヤを模したゴム板を介し、試験体上面の中央 200mm×200mm の範囲に荷重範囲 30kN (最大荷重 32kN, 最小荷重 2kN)の圧縮荷重を繰り返し載荷した。図-1 に示す試験体のデッキプレートと垂直補剛材の接合部のデッキプレート側溶接止端部が試験の対象位置である。2つの止端のうち、L 側は ICR 処理ツールを用いたピーニング処理により圧縮応力を導入した。R 側は疲労き裂を発生させ、ICR 処理を行った後、再度疲労試験を行った。ICR 処理前に発生させた疲労き裂は図-2 の状態であり、16mm 程度のき裂である。比較のために、L 側、R 側ともに溶接ままとした試験体の疲労試験も実施した。

ひずみゲージは、図-1 に示すように貼付し、試験体中央の溶接止端部から 12mm の位置をゲージ A とした。

3. 試験結果とひずみ範囲の変化

各試験体の疲労試験結果を表-1 に示す。ΔP = 30kN に対して、溶接ままの試験体では L、R 側ともにデッキプレート側溶接止端部から疲労き裂が発生した。溶接部から主板部に

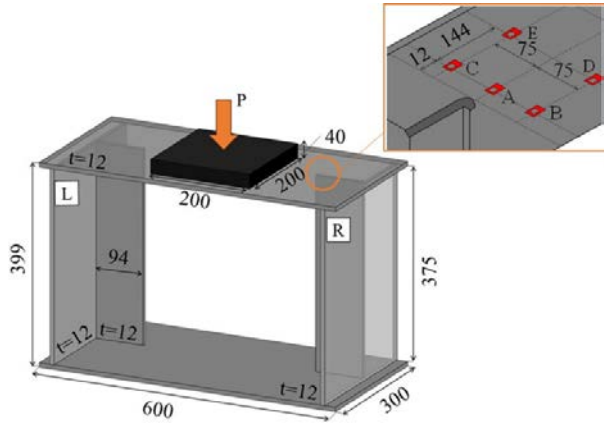


図-1 試験体寸法とゲージ位置

表-1 各試験体の荷重範囲と疲労強度

試験体		ΔP (kN)	疲労強度($\times 10^4$ 回)					
			$N_{5\%}$	N_b	N_{10}	N_f	N_{20}	N_{30}
AW30	L	30	3.3	10.9	24.1	43.7	50.3	97.3
	R	30	5.4	17.2	35.8	66.1	75.8	—
HP30	L	30	Run out					
ICR30	R	30	Run out					

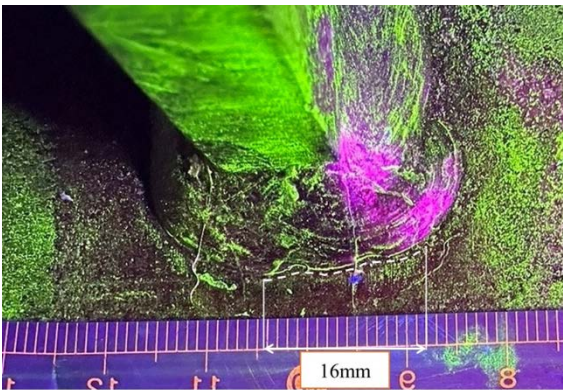


図-2 ICR 処理前の疲労き裂

10mm の位置である N_{10} までき裂が進展した後、デッキプレート裏側から疲労き裂が発生(N_f)した。その後、 N_{20} までの位置まで疲労き裂が進展した段階で試験を終了した。

ICR 処理を行った試験体では、ICR 処理後に繰返し回数が 1,000 万回に達しても疲労き裂の進展は見られなかった。ハンマーピーニングを行った L 側も同様に、繰返し回数が 1,008 万回に達しても、疲労き裂の発生は確認されなかった。

$\Delta P = 30\text{kN}$ に対して、溶接止端近傍のひずみゲージ A のひずみ範囲の変化を図-4 に示す。溶接ままの試験体では、き裂の発生・進展に伴ってひずみ範囲が減少しており、L 側、R 側ともに初期ひずみ範囲から約 600μ 低下した。また、ICR 処理前の試験体のひずみ範囲も、き裂の発生によって、低下していることが確認できる。しかし、ICR 処理を行うことで、ひずみ範囲がき裂発生前の値以上に回復し、ハンマーピーニングを行った溶接止端部と同様に、繰返し回数が 1000 万回に達するまで、ひずみ範囲は一定であった。したがって、閉口した疲労き裂の再開口や疲労き裂の再進展はなかったと考える。

ハンマーピーニングや ICR 処理を行った試験体では疲労き裂の発生や再進展が見られなかったため、荷重範囲を $\Delta P = 50\text{kN}$ (最大荷重 55kN , 最小荷重 5kN) に変更し、再度、疲労試験を実施した。 $\Delta P = 50\text{kN}$ のゲージ A のひずみ範囲の変化を図-5 に示す。ICR 処理、ハンマーピーニングを行った溶接止端部ともに、繰返し回数が 1000 万回に達するまでひずみ範囲に大きな変化はなく、閉口した疲労き裂の再開口や疲労き裂の再進展は見られなかった。しかし、1000 万回到達後に垂直補剛材側の溶接止端部を確認すると、L 側、R 側ともに、垂直補剛材側止端で疲労き裂が観察された。本研究では、垂直補剛材側溶接止端に対してピーニングを実施していなかったため、デッキプレート側の溶接止端の疲労強度が ICR 処理やハンマーピーニングで向上したため、垂直補剛材側止端部から疲労き裂が発生したと考える。また本研究では、図-1 に示すひずみゲージ A の位置では、垂直補剛材側止端部から疲労き裂の発生や進展が確認できなかった。

4. おわりに

本研究では、鋼床版のデッキプレートと垂直補剛材の接合部を模擬した箱形試験体を用いて疲労試験を行い、ICR 処理による疲労寿命延命化およびハンマーピーニングによる疲労強度向上効果の確認を行った。その結果、ICR 処理による疲労寿命延命ならびにハンマーピーニングによる疲労強度向上効果が非常に高いことが明らかとなった。

参考文献

- 1) 山田健太郎, 石川敏之, 柿市拓巳: 疲労き裂を閉口させて寿命を向上させる試み, 土木学会論文集 A, Vol.65, No.4, pp.961-965, 2009.

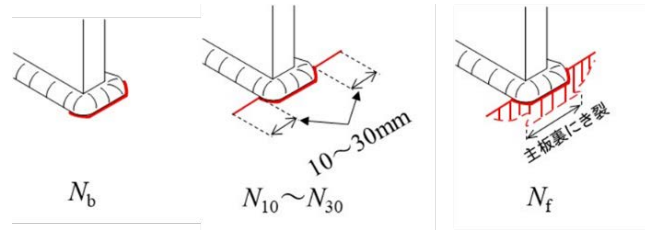


図-3 き裂進展の定義

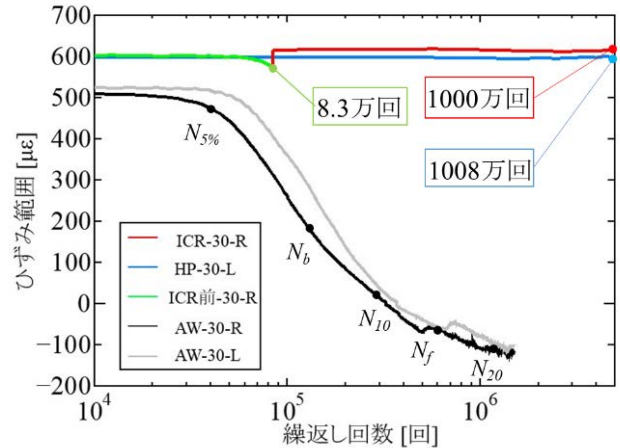


図-4 ゲージ A のひずみ範囲の変化 ($\Delta P = 30\text{kN}$)

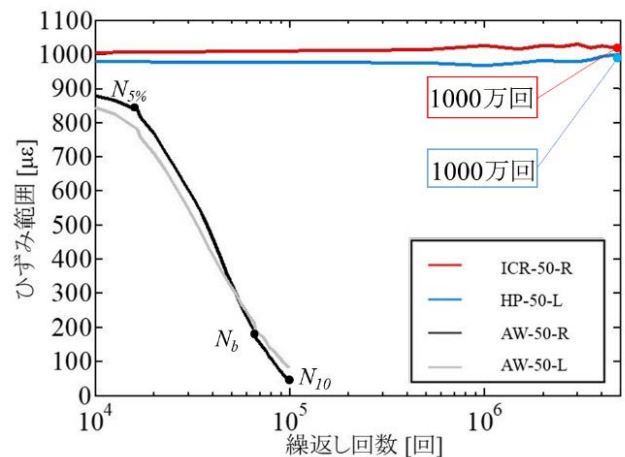


図-5 ゲージ A のひずみ範囲の変化 ($\Delta P = 50\text{kN}$)

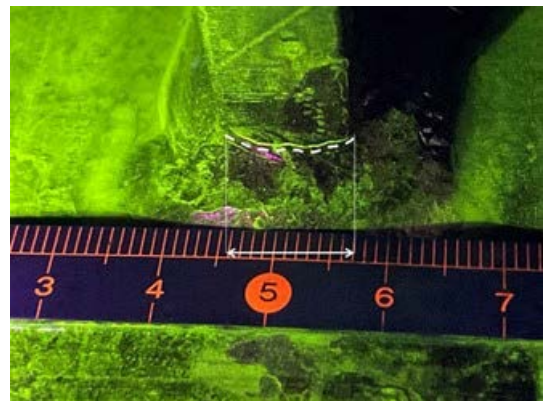


図-6 ICR 処理後の垂直補剛材方向へのき裂