

鋼床版デッキプレートと垂直補剛材溶接部の疲労き裂に 対する ICR 処理範囲の違いおよび半円切欠き工法との併用 による疲労寿命への影響評価

(一財)阪神高速先進技術研究所調査研究部橋梁・構造研究室 中牟田 和典
(一財)阪神高速先進技術研究所調査研究部橋梁・構造研究室 赤松 伸祐
阪神高速道路(株)管理本部管理企画部保全技術課 平野 正大
阪神高速道路(株)管理本部管理企画部保全技術課 福辻 菜絵

要 旨

阪神高速道路の既設鋼床版の疲労対策において、鋼床版デッキプレートと垂直補剛材のまわし溶接部に発生するき裂に対して ICR（衝撃き裂閉口処理：Impact Crack Closure Retrofit Treatment）処理を行い、垂直補剛材に半円切欠きを行うことを標準としている。各工法の疲労寿命の向上効果は確認されているが、溶接止端部近傍では ICR 処理を行うスペースがなく圧縮残留応力を十分に導入できない場合がある。そのような場合を想定した ICR 処理範囲の違いによる疲労耐久性への影響は明らかとなっていない。また、ICR 処理工法と半円切欠き工法の併用による疲労耐久性への影響は十分に検討がされていない。

そこで本研究では、当該溶接部のデッキプレート側の溶接止端に発生する疲労き裂に対して、ICR 処理の範囲を変化させた試験体の疲労試験と試験条件を再現した FE 解析を行い、ICR 処理範囲の違いによる疲労寿命の向上効果への影響を明らかにした。さらに ICR 処理工法と半円切欠き工法の併用による疲労寿命の向上効果についても疲労試験および FE 解析を通じて明らかにした。

キーワード: 鋼床版, 疲労き裂, 垂直補剛材, ICR 処理, 半円切欠き

はじめに

阪神高速では湾岸線や神戸線といった重交通路線で鋼床版が採用されており、鋼構造物の損傷全体の多くを鋼床版の疲労き裂が占めている。これらのき裂のうち図-1 に示すような鋼床版デッキプレートと垂直補剛材のまわし溶接部に発生するき裂が報告されている。このき裂は、図-1 に示す輪荷重の繰り返し载荷によって、溶接部に板曲

げ圧縮応力が繰り返し作用することで生じる。阪神高速道路の既設鋼床版疲労対策マニュアル¹⁾（以下「マニュアル」）ではデッキプレートと垂直補剛材のまわし溶接部に発生するき裂に対して、応急処置として ICR 処理（衝撃き裂閉口処理：Impact Crack Closure Retrofit Treatment）を行い、予防保全対策、恒久対策として溶接止端部の応力低減を図るために垂直補剛材に半円切欠きを行うことを標準としている。ICR 処理は疲労き裂近傍の母材をエアーツール等で打撃して鋼材表面を閉

口させ疲労寿命を延命化させる工法である¹⁾。マニュアル¹⁾では目視、触手による品質確認、出来形検査として浸透探傷検査を行うことが定められている。本研究ではICR施工そのものを「ICR処理」、工法を「ICR処理工法」とする。図-1に示すように、鋼床版デッキプレートと垂直補剛材上端がUリブと主桁ウェブに囲まれた狭隘な箇所では、溶接止端近傍に対してマニュアル¹⁾で定める施工・品質管理を満足させることが困難な場合も考えられる。これまでに、鋼床版デッキプレートと垂直補剛材上端のまわし溶接部を模擬した面外ガセット溶接継手を対象に、ICR処理工法または半円切欠き工法のそれぞれにおいて疲労寿命の向上効果が高いことが明らかにされている^{2)~5)}。一方で、ICR処理範囲の違いやICR処理工法と半円切欠き工法の併用による疲労耐久性への影響の検討は行われていない。

そこで本研究では、当該溶接部のデッキプレート側の溶接止端に発生するき裂を対象として、ICR処理の範囲を変化させた場合、およびICR処理工法と半円切欠き工法を併用した場合のそれぞれの疲労試験と、それらの試験条件を再現したFE解析により、ICR処理範囲の違いによる疲労寿命の向上効果への影響とICR処理工法と半円切欠き工法を併用しても疲労寿命の向上効果へ悪影響がないことを明らかにした。

1. 小型試験片を用いた板曲げ疲労試験

本章では、ICR処理範囲の違いによる疲労寿命の向上効果を検証することを目的に、小型試験片を用いた板曲げ疲労試験を行った。

1-1 試験条件

疲労試験には、図-2に示す板曲げ疲労試験機⁶⁾を用いた。文献⁷⁾では、実物大の鋼床版を模擬した試験体に、溶接止端から85mm離れた位置にT荷重の2.2倍の荷重を載荷すると、公称応力(図-3の[CH-B,C]の位置での応力)が87N/mm²になることを明らかにしている。そこで本試験では、



図-1 鋼床版デッキプレートの疲労き裂とICR処理の実施状況

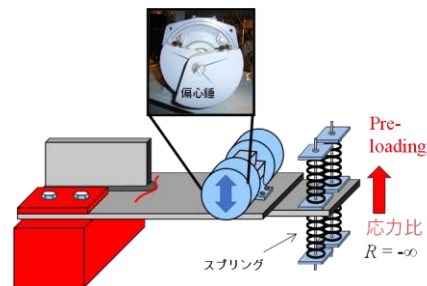


図-2 板曲げ疲労試験機

実橋の応力状態に近くなるように応力比 $R = -\infty$ とし、公称応力範囲は 120 N/mm² (疲労設計荷重最大相当 : T 荷重の 3 倍) を基準とした。

各位置のひずみは、疲労試験中に 10 分に 1 度、動ひずみ計を用いて 2,000 Hz で 4,096 データを計測し、応力範囲の変化を評価した。疲労試験はき裂が溶接止端から主板方向に 10 mm 進展した時点 (N_{10}) から主板部にき裂が 30 mm 進展した時点 (N_{30}) まで実施したが、評価した疲労寿命 (N_f) は、 N_{10} から主板部にき裂が 20 mm 進展した時点 (N_{20})、あるいは主板裏面からのき裂が発生した時点 (N_{back}) とした。また、載荷速度は 15~20 Hz 程度とし、1,000 万回載荷してもき裂が進展しなかった時点で試験を終了した (run out)。

1-2 試験体概要

本試験では図-3に示すように、デッキプレートと垂直補剛材を模擬した面外ガセット試験体を用いた^{2), 4), 5)}。板厚 12 mm、幅 200 mm の鋼床版デッキプレートを想定した主板に、板厚 12 mm、高さ 200 mm の垂直補剛材を想定したガセットプレートが、半自動 CO₂ ガスシールドアーク溶接ですみ肉溶接 (6 mm の等脚長) されている。試験体の製作では、鋼床版製作時の溶接の向き (下向き) を再現している。試験体の鋼種は、SM490Y

とした。本研究では、幅 100 mm の垂直補剛材を想定し、半円切欠きの半径は垂直補剛材の幅の 3/4³⁾となるよう、R75 mm とした。また、半円切欠きの上端位置が、マニュアル¹⁾で設定されているデッキプレート下面から 20 mm (H20-ICR) と 7 mm (H7-ICR) とする試験体を用意した。マニュアル¹⁾より、半円切欠きはデッキ下面に近づくほど応力集中の緩和を図ることができるため、恒久対策としては半円切り欠き上端位置 7 mm とし、一方、半円切り欠きをデッキプレート下面に近づけすぎると、垂直補剛材切断時に溶接部を痛める懸念があることから、疲労き裂の生じていない箇所に対する予防保全としては、20 mm を用いることにしている。計測位置は、**図-3** に示すように、合計 6 箇所 (CH-A~CH-F) であり、試験体軸方向の 1 軸のひずみゲージを貼付した。またき裂の進展に伴う裏面側の応力の変化を確認するために溶接止端の裏面側にひずみゲージ (CH-G) を貼付した。

本試験で行う試験体シリーズを**表-1** に示す。比較のために、溶接したままの試験体 (AW) も対象として試験を実施した。AW-ICR-T と AW の公称応力範囲を $\Delta\sigma = 100, 120, 150 \text{ N/mm}^2$ 、AW-ICR と AW-ICR-P、H20-ICR、H7-ICR の公称応力範囲を $\Delta\sigma = 120, 150, 180 \text{ N/mm}^2$ とした。なお、各試験体名は処理範囲と公称応力範囲で示す。

1-3 ICR 処理

き裂先端を閉口させる一般的な処理手順を**図-4** に示す。溶接止端に発生したき裂に対しては、き裂の前面の主板部分を 2 往復以上叩いてき裂を閉口させる¹⁾ (**図-4 (a)**)。溶接止端から主板へ進展したき裂に対してはき裂の両側を 2 往復以上叩き、その後、き裂の直上を 2 往復以上叩くことによってき裂表面を閉口させる¹⁾ (**図-4 (b)**)。

本試験では、板曲げ疲労試験によって、き裂が溶接止端から主板方向に 10 mm 進展した N_{10} まで発生させ、その後、**図-5** に示すような処理範囲が異なる 3 種類の ICR 処理を行い、疲労試験を再開した (ローマ数字は施工順序を示す)。主板部

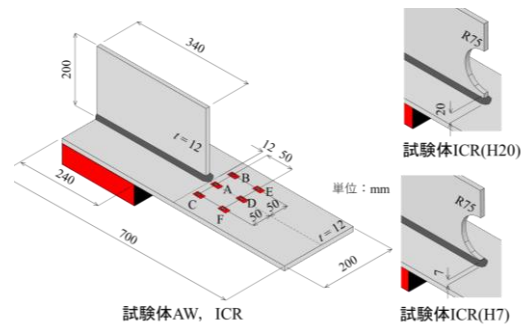
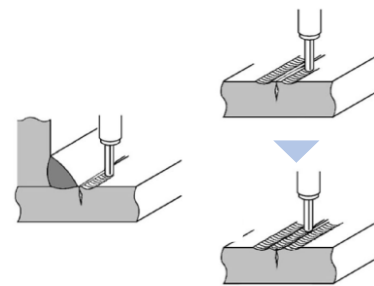


図-3 面外ガセット試験体

表-1 試験体シリーズ

検討対象	試験体名称	公称応力範囲 $\Delta\sigma$ (N/mm ²)	検討対象	試験体名称	公称応力範囲 $\Delta\sigma$ (N/mm ²)
ICR処理範囲による疲労耐久性の効果	AW	100	半円切欠き工法の有無による疲労耐久性への効果	H20-ICR	120
		120			150
		150			180
		120			120
		150			150
		180			180
	AW-ICR	120	H7-ICR	120	
		150		150	
		180		180	
		120		120	
		150		150	
		180		180	
AW-ICR-P	100				
	120				
	150				
AW-ICR-T	100				
	120				
	150				



(a) 溶接止端疲労

(b) 主板に進展した

き裂への ICR 処理

疲労き裂への ICR 処理

図-4 一般的な ICR 処理手順

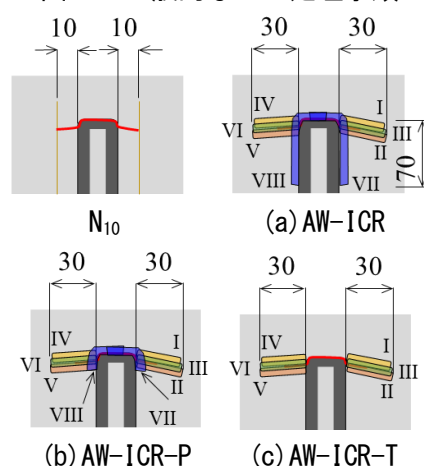


図-5 本試験での ICR 処理範囲

のき裂に対して、き裂先端 20 mm 以上の位置から溶接止端までの範囲を ICR 処理し、次に、まわし溶接部に対してガセット中心を起点に左右前後

に補剛材幅 2/3 を想定した 70 mm ずつの範囲を ICR 処理した処理範囲を「AW-ICR」(図-5(a))とした。主板部に進展したき裂を ICR 処理し、その後まわし溶接部とビード方向に主板部の ICR 処理を行う幅までを ICR 処理した処理範囲を「AW-ICR-P」(図-5(b))とした。主板部に進展したき裂のみ ICR 処理し、まわし溶接部を ICR 処理しない処理範囲を「AW-ICR-without Toe」(以下 AW-ICR-T, (図-5(c)))とした。また ICR 工法と半円切欠き工法と併用した H20-ICR, H7-ICR の ICR 処理範囲は AW-ICR と同様とした。

1-4 試験結果

き裂発生前の公称応力範囲は、CH-B, C のひずみの平均値に鋼のヤング係数 ($E_s = 200 \text{ kN/mm}^2$) を乗ずることで算出するが、き裂が発生、進展すると CH-B, C の位置はき裂の影響で応力範囲が上昇する。そのため、本試験では、き裂発生前の CH-B, C のひずみの平均値と CH-E, F のひずみの平均値の比に、CH-E, F のひずみの平均値と鋼のヤング係数を乗ずることで算出した等価応力範囲を公称応力範囲として用いた。

(1) ICR 処理範囲の違いによる CH-A の応力範囲の変化

き裂が発生した際にひずみに最も影響が大きいと考えられる CH-A の値に着目する。図-6 に、公称応力範囲 $\Delta\sigma = 150 \text{ N/mm}^2$ に対して、各試験体の CH-A の応力範囲と ICR 処理後の繰返し回数の関係を示している。

図-6 より、CH-A の応力範囲は AW-ICR, AW-ICR-P, AW-ICR-T, AW の順で小さくなっている。これは、AW-ICR と AW-ICR-P は、まわし溶接部の ICR 処理によってき裂が閉口していることで応力が再伝達されるためと考えられる。

また AW-ICR-150 と AW-ICR-P-150 では CH-A の応力範囲は試験開始時点から徐々に減少した。これは、応力範囲が大きく、内部のき裂が徐々に進展し、ICR 処理によって導入した圧縮残留応力が疲労試験によって抜けていき、閉口したき裂が徐々に開口し始めたためと考えられる。

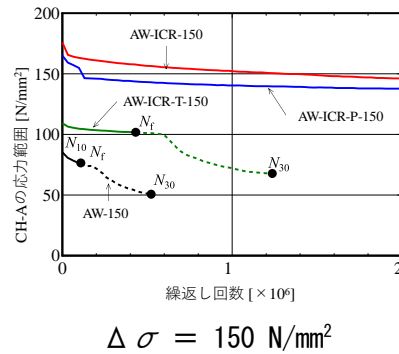


図-6 CH-A の応力範囲の変化

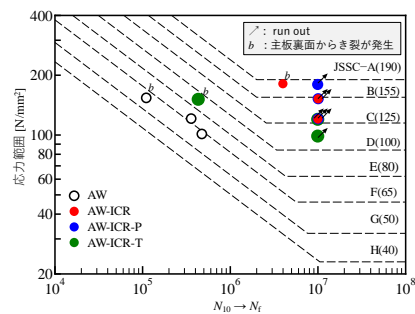


図-7 ICR 処理後の S-N 関係

(2) ICR 処理範囲の違いによる疲労寿命の向上効果

N_{10} のき裂を ICR 処理してから N_f (N_{20} あるいは N_{back}) に達するまでの疲労寿命に対する S-N 関係を図-7 に示す。なお、AW は N_{10} から N_f までの繰返し回数を示している。また、参考として、JSSC の疲労設計指針で与えられる疲労強度等級も同図に示している。本試験における応力範囲 $\Delta\sigma = 150 \text{ N/mm}^2$ では、AW-ICR-T で主板裏面(図中の b は主板裏面からき裂が発生した試験体を指す)からき裂が発生し、他の ICR 処理範囲に比べて疲労寿命が低下したが、ICR 処理後の疲労強度は E 等級を満足し、G 等級程度の AW と比べて 4 倍程度の向上が見られた。この結果から、回し溶接部も含めてき裂部をすべて ICR 処理することにより、AW と比較して疲労寿命が 20 倍程度向上することが確認された。また、主板部のき裂のみを ICR 処理した場合、作用する応力範囲が高いと、疲労寿命の向上効果が低くなる可能性があるが、応力範囲 $\Delta\sigma = 120 \text{ N/mm}^2$ 以下では、き裂部をすべて ICR 処理した場合と同等の効果を有していることが確認された。

(3) ICR 工法と半円切欠き工法の併用による CH-A の応力範囲の変化

図-8 に、公称応力範囲 $\Delta\sigma = 150 \text{ N/mm}^2$ に対して、各試験体の CH-A の応力範囲と ICR 処理してからの繰返し回数の関係を示す。ICR 処理をしたいずれの試験体でも、繰返し回数が 1,000 万回に達しても、AW の N_{10} の応力範囲よりも高い状態となっていることがわかる。これは、半円切欠き工法を併用した場合においても、半円切り欠きを併用していない場合と同様に、まわし溶接部の ICR 処理によってき裂が閉口していることで応力が再伝達されたためと考えられる。AW-ICR, H20-ICR, H7-ICR で、CH-A の応力範囲の低下の程度が異なっているのは、溶接止端の応力集中の影響や内部のき裂の進展の違いが考えられる。

(4) ICR 工法と半円切欠き工法の併用による疲労寿命の向上効果

図-9 に、 N_{10} のき裂を ICR 処理してから N_f (N_{20} あるいは N_{back}) に達するまでの疲労寿命に対する S-N 関係について、ICR 工法と半円切り欠き工法の結果の比較を示す。

なお、半円切欠きから疲労き裂が発生した H7-ICR-120, H7-ICR-180 および主板裏面から疲労き裂が発生した AW-ICR-180 については今回対象とするき裂ではないため、評価の対象外とする。

図-9 のように、応力範囲 $\Delta\sigma = 120 \sim 150 \text{ N/mm}^2$ では、ICR 処理した試験体は繰返し回数が 1,000 万回に達し run out した。き裂が発生した AW-ICR-180 は、ICR 処理後、JSSC の疲労強度等級 B 以上であった。

このように、主板部のき裂に着目すると ICR 処理によって疲労寿命の向上効果が大きく、半円切欠きによる疲労寿命の向上は確認できなかった。上記の理由として板曲げ疲労試験では主板先端を自由端としているが、実構造物では主板先端は対称条件であるため、主板の変形モードの違いであると考えられる⁸⁾。

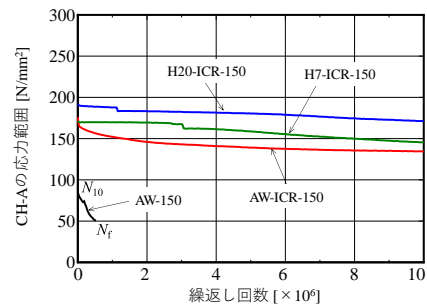


図-8 CH-A の応力範囲の変化

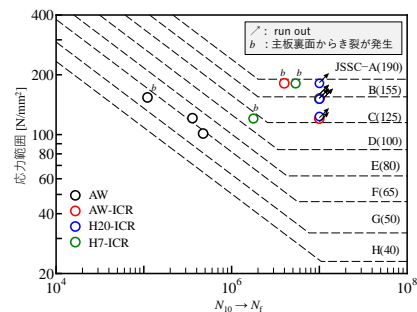


図-9 ICR 処理後の S-N 関係

2. 試験体モデルによる解析的検討

2-1 解析概要

本研究では、内部き裂の進展を評価するためにき裂先端の応力拡大係数範囲（以下 ΔK ）に着目し、FE 解析により、疲労試験で得られた ICR 処理範囲の違いおよび半円切欠き工法と ICR 工法の併用による疲労寿命の向上効果の要因を検証する。疲労試験と同様に、対象とするき裂は、溶接止端から離れて主板部に 10 mm 進展したき裂 (N_{10}) とした。また、ICR 処理範囲は、疲労試験と同じ AW-ICR, AW-ICR-T, AW の 3 ケースとし、半円切欠き工法については AW-ICR の垂直補剛材にデッキプレートから 7 mm の位置に半円切欠きの縁が位置する (H7-ICR) もの 1 ケースとした。なお、ICR における補剛材幅方向の ICR 処理については、解析上影響しないため考慮していない。公称応力範囲は、実験的検討と同様 $\Delta\sigma = 100, 120, 150, 180 \text{ N/mm}^2$ とした。

2-2 解析条件

解析には汎用の有限要素解析プログラム

Marc2021 を用いた。材料特性は、ヤング係数 200 kN/mm²，ポアソン比 0.3 とし，8 節点 6 面体ソリッド要素を使用した弾性有限要素解析を行った。

本研究で用いた FE モデルを図-10 に示す。1. 小型試験片を用いた板曲げ疲労試験における試験体を再現し，ガセットプレートを中心・主板の中央に対称条件を設けた 1/2 モデルとした。また，着目部である主板側の溶接止端付近の最小メッシュサイズは 0.5 mm とした。荷重条件と境界条件は試験条件を再現するように，主板の自由端側から 115 mm の位置に Y 軸正方向の単位荷重を線载荷し，ガセットの端部から 240 mm の範囲の Y 軸方向変位を拘束した。

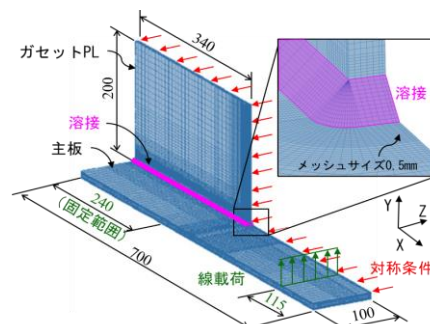


図-10 FE モデル

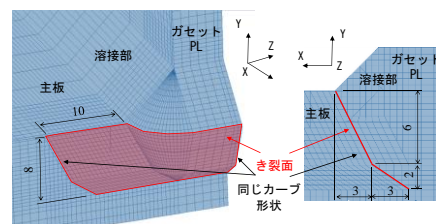
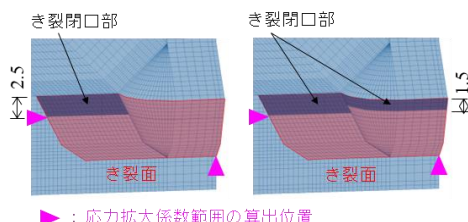


図-11 き裂部のモデル化

2-3 き裂部および ICR 処理部のモデル化

FE モデルでのき裂部の詳細を図-11 に示す。き裂面は 2 重節点でモデル化し，要素同士の接触は考慮していない。また，文献 9) を参考として，溶接止端部のき裂部カーブ形状と主板部のき裂部カーブ形状は同じものとした。ICR 処理部のモデル化を図-12 に示す。き裂部の 2 重節点を結合することで，ICR 処理によるき裂の閉口を再現した。また，応力比 $R = -\infty$ とした疲労試験では，载荷・除荷の過程において ICR 処理部のき裂の開閉挙動が見られたため，まわし溶接部の部分的なき裂の開口を再現した「Open モデル」 (=AW-ICR-T) と，ICR 処置されたき裂表面の閉口を再現した「Close モデル」 (=AW-ICR) を設定した。ICR 処理深さは，各試験体の破面をもとにした平均値から，まわし溶接部を 1.5 mm，主板部のき裂を 2.5 mm とした。



(a) Open モデル (b) Close モデル

図-12 ICR 処理部のモデル化

2-4 解析結果の評価方法

評価指標として用いたき裂再開口時の ΔK の算出方法は文献 10) を参考にした。 ΔK の抽出位置は図-12 に示すように，疲労破面から確認されたき裂進展方向の先端（き裂底面とき裂側面）に着目した。き裂側面の ΔK については，主板部の ICR 処理部の下端側で ΔK を算出し，ICR 処理をしていないき裂モデルも同様の位置で ΔK を算出した。

2-5 解析結果

(1) 内部き裂の応力拡大係数範囲の変化

各検討ケースの内部き裂の ΔK を図-13 に示す。き裂進展の目安は，文献 11) に示される下限界拡大応力係数範囲 ΔK_{th} (平均設計曲線で 76 N/mm^{3/2}) とした。図-13 (a) より， ΔK が ΔK_{th} よりも大きくなっているケースは疲労試験でき裂が進行したケースであり実験と同様の傾向であることを確認した。図-13 (b) より，き裂側面の ΔK を比較すると，AW-ICR と AW-ICR-T は同程度であった。これは，き裂側面は，ICR 処理範囲に近く，き裂底面の傾向と比べて，AW-ICR-T によるき裂進展の抑制効果が大きくなったためと考えられる。

(2) ICR 工法と半円切欠き工法の併用による影響の分析

図-13 より，AW-ICR と H7-ICR の検討ケースのき裂側面の応力拡大係数範囲を比較すると，AW-ICR と H7-ICR は同程度であった。この要因につ

いて、AW-ICR と H7-ICR のき裂がない健全モデルを用いて、主板表面の溶接止端部から板幅方向の主応力分布を確認した。図-14 より、き裂先端（板幅 10 mm の位置）における主応力の比は概ね 1.0 と、き裂側面の応力拡大係数範囲の比率と同程度であった。以上のことより、板幅方向の 10 mm の位置では、AW-ICR と H7-ICR の主応力に大きな差はなく、主板部の板幅方向のき裂進展の影響への効果は特にでなかったものと考えられる。

3. まとめ

本研究ではICR 処理範囲の違い、およびICR 工法と半円切欠き工法の併用による疲労寿命への影響を明らかにした。本研究で得られた知見を以下に示す。

- ①ICR 処理は、主板部のき裂のみを閉口することで疲労寿命が ICR 処理前と比べて 4 倍程度向上したが、主板部とまわし溶接部にあたるき裂全長を閉口することで、疲労寿命が 20 倍程度向上した。
- ②実橋で発生する応力範囲より大きい $\Delta\sigma = 150 \text{ N/mm}^2$ になると、き裂に ICR 処理した場合でも、内部き裂が進展した。
- ③ICR 処理により最大主応力範囲やき裂先端の応力拡大係数範囲が低減されたことから、ICR 処理による裏面き裂の発生抑制効果、および、き裂の進展抑制効果が確認された。
- ④本実験及び解析では、主板先端の境界条件の影響により半円切欠き工法を併用した場合でも ICR 処理工法による疲労寿命の向上効果が確認されなかった。

主板部のき裂に対して部分的な ICR 処理でも疲労寿命効果が大幅に向上したため、本研究で得られた知見は溶接止端部の ICR 処理が困難な狭隘部を対象に適用できると考える。また、ICR 処理工法と半円切欠き工法を併用しても疲労寿命の向上効果に悪影響がなく疲労対策として問題ないことを確認した。今後の課題として試験体の境界条件

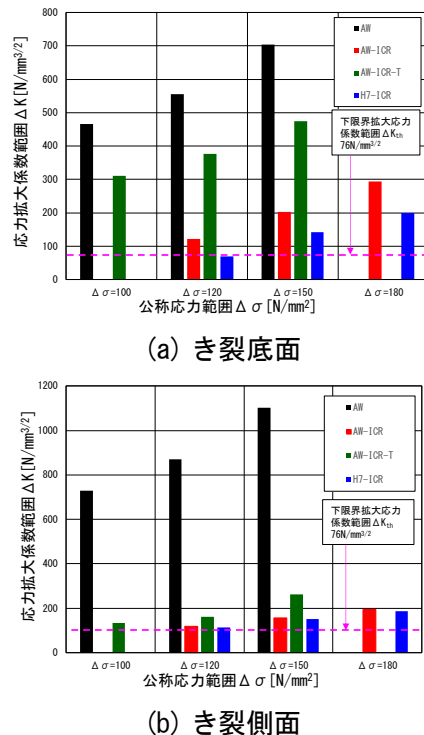


図-13 内部き裂の応力拡大係数範囲

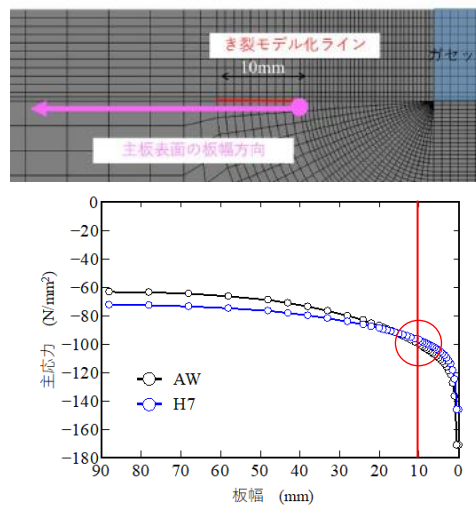


図-14 主板表面の板幅方向の主応力分布

の影響を考慮するために実橋モデルによる検討が必要と考える。

謝辞：本研究の板曲げ疲労試験および解析的検討を実施していただいた関西大学の石川敏之教授に深く感謝します。

参考文献

- 1) 阪神高速道路株式会社：既設鋼床版疲労対策マニュアル，2022。
- 2) 石川敏之，山田健太郎，柿市拓巳，李蒼：ICR 処理に

- よる面外ガセット溶接継手に発生した疲労き裂の寿命向上効果, 土木学会論文集 A, Vol.66, No.2, pp.264-272, 2010.
- 3) 高田佳彦, 川上順子, 酒井優二, 坂野昌弘: 半円切欠き用いた既設鋼床版橋主桁垂直補剛材上端溶接部の疲労対策, 鋼構造論文集, 第16巻, 第62号, 2009.
 - 4) 松本理佐, 石川敏之, 塚本成昭, 栗津裕太, 河野広隆: 鋼床版の垂直補剛材溶接部のき裂を対象とした各種補修法の効果の比較に関する研究, 土木学会論文集 A1, Vol.72, No.1, pp.192-205, 2016.
 - 5) 館石和雄, 判治剛, 石川敏之, 清水優: 引張または曲げ荷重を受ける溶接継手に対する ICR 処理の効果, 構造工学論文集, Vol.61A, pp.620-637, 2015.
 - 6) 山田健太郎, 小藺江朋亮, 小塩達也: 垂直補剛材と鋼床版デッキプレートのすみ肉溶接の曲げ疲労試験, 鋼構造論文集, Vol.14, No.55, pp.1-8, 2007.
 - 7) 松本理佐, 石川敏之, 青木康素, 河野広隆, 山田健太郎: ICR 処理による垂直補剛材直上の鋼床版デッキプレートに生じた疲労き裂の補強効果, 第28回信頼性シンポジウム講演論文集, pp.164-169, 2014.
 - 8) 高田耕庸, 森謙吾, 山本修嗣: 鋼床版デッキプレートと垂直補剛材溶接部の疲労き裂に対する予防保全工法の効果検証, 技報第31号, 2022.
 - 9) 山本修嗣, 赤松伸佑, 高田耕庸, 杉岡弘一, 松本直樹, 石川敏之: 鋼床版の垂直補剛材溶接部の疲労き裂を対象とした ICR 処理範囲に関する検討, 鋼構造年次論文報告集第31巻, 2023.
 - 10) 石川敏之, 松本直樹: 疲労き裂の発生・進展による無荷重時のひずみ変化の評価, 構造工学論文集, Vol.68A, pp.554-563, 2022.
 - 11) 社団法人日本鋼構造協会: 鋼構造物の疲労設計指針・同解説一付・設計例一, 技報堂出版, 2012.

EVALUATION OF EFFECTS ON FATIGUE LIFE ABOUT DIFFERENCE IN RANGE OF ICR TREATMENT AND COMBINED USE WITH SEMICIRCULAR NOTCH METHOD ON FATIGUE CRACKS IN WELDS BETWEEN STEEL DECK PLATES AND VERTICAL STIFFENERS

Kazunori NAKAMUTA, Shinsuke AKAMATSU, Masahiro HIRANO and Sae FUKUTSUJI

As a standard practice for fatigue countermeasure on existing steel decks of the Hanshin Expressway, ICR (impact crack closure retrofit) treatment has been applied to cracks occurring in the round weld between a steel deck plate and a vertical stiffener, with semicircular notches added to the vertical stiffener. Each method has been confirmed to have the effect of improving fatigue life, but there are cases where compressive residual stress cannot be sufficiently introduced near the weld toe because of space constraints for the ICR treatment. How the difference in the range where the ICR treatment is applied in such cases influences the fatigue durability has not been made clear. Furthermore, the effect of the combined use of the ICR treatment with the semicircular notch method on fatigue durability has not been sufficiently investigated.

In this study, we prepared specimens with fatigue cracks at the weld toe on the deck plate repaired by the ICR treatment in different ranges, and conducted a fatigue test with them, as well as FE analysis that reproduced the same test conditions, to identify the effect of the difference in the ICR treatment range on the improvement of fatigue life. Furthermore, the fatigue life improvement effect of the combined use of the ICR treatment with the semicircular notch method was revealed through fatigue tests and FE analysis.

中牟田 和典



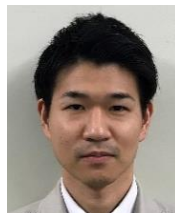
(一財)阪神高速先進技術
研究所
調査研究部 橋梁・構造
研究室
Kazunori NAKAMUTA

赤松 伸祐



(一財)阪神高速先進技術
研究所
調査研究部 橋梁・構造
研究室
Shinsuke AKAMATSU

平野 正大



阪神高速道路株式会社
管理本部 管理企画部
保全技術課
Masahiro HIRANO

福辻 菜絵



阪神高速道路株式会社
管理本部 管理企画部
保全技術課
Sae FUKUTSUJI