

垂直補剛材上端に発生した疲労き裂への ICR 処理

名古屋大学 ○学生員 柿市 拓巳 正会員 石川 敏之 山田 健太郎

1. はじめに

大型車の走行により繰返しの板曲げを受ける鋼床版において、図-1 に示す鋼床版デッキプレートと垂直補剛材の接合部より多くの疲労き裂が発生している。このき裂が発生・進展し、デッキプレートを貫通すれば、舗装の割れや段差を引き起こし、交通障害へと繋がる可能性がある。この疲労き裂に対する補修・補強方法は、いくつか提案されているが¹⁾、施工時間を要することや施工が複雑になることから高コストになりやすい。



図-1 垂直補剛材上端近傍の疲労き裂

著者らは、既往の補修方法と比べて低コストで容易に施工が可能である衝撃き裂閉口処理 (Impact Crack Closure Retrofit treatment, 以下, ICR 処理) を開発した²⁾。この工法は、疲労き裂近傍の母材を叩いて鋼材を塑性流動させ、き裂表面を閉じさせることでき裂の進展を停留あるいは遅延させ、疲労寿命の延命化を図るものである。これまでに、板曲げを受ける面外ガセット溶接継手に発生した疲労き裂に ICR 処理を行い、大幅な疲労寿命向上効果を確認している³⁾。本研究では、鋼床版桁橋の垂直補剛材直上のデッキプレート側に発生した疲労き裂に対して ICR 処理を施し、疲労き裂が実際に閉口していることをひずみ測定により確認した。

2. ICR 処理の施工

文献 3) の面外ガセット溶接継手の板曲げ疲労試験により延命効果が確認されている 2 種類の大きさのき裂を対象とした。すなわち、き裂がまわし溶接止端からデッキプレートに進展し始める段階 (N_b) と溶接止端から 10mm 程度き裂が進展した段階 (M_{10}) である。対象とした実橋では、疲労き裂の進展を抑制するために、すでに、半円孔が設けられている。 N_b のき裂に対する ICR 処理は、図-2(a) に示すように、まわし溶接止端に沿って 1 往復程度行った。 M_{10} のき裂に対しては、まず、デッキプレート

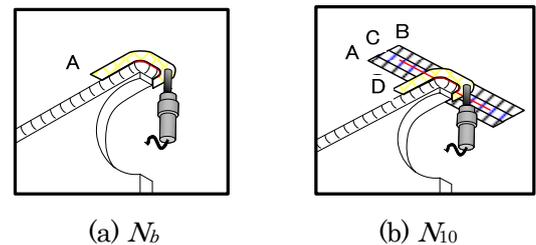


図-2 ICR 処理の施工順序

に進展したき裂を A~C の順序で ICR 処理し、その後、まわし溶接止端に対して ICR 処理を行った。デッキプレートに進展した疲労き裂に対して、き裂先端からき裂進展方向へ 15mm 程度先まで ICR 処理を行った。

3. ひずみ測定

ICR 処理後にき裂表面が閉口し、ひずみを伝達していることを確認するために図-3 に示す垂直補剛材の溶接止端から 12mm の位置のデッキプレートにひずみゲージを貼付け、大型車の走行によって生じるひずみの測定を行った。

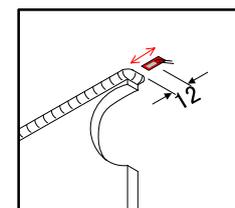


図-3 ひずみ測定位置

測定より得られたひずみ波形の一例を図-4 に示す。図には、ICR 処理を行った N_b 、 M_{10} のき裂を有する垂直補剛材に加え、比較のためにき裂がないもの (以下, as-welded) と M_{10} のき裂を有するもののひずみ波形も示している。それぞれの測定位置は、橋軸方向に最大で 15m 程度離れているが、直橋で車線幅 3.25m の 2 車線対面通行であるので大型車の軸重が、ほぼ同じ位置を通過すると考えられる。したがって、図では、それぞれの前輪のピーク値を一致させて示している。図-4 から as-welded と M_{10} のき裂を比較すると、前輪の通過では、き裂の

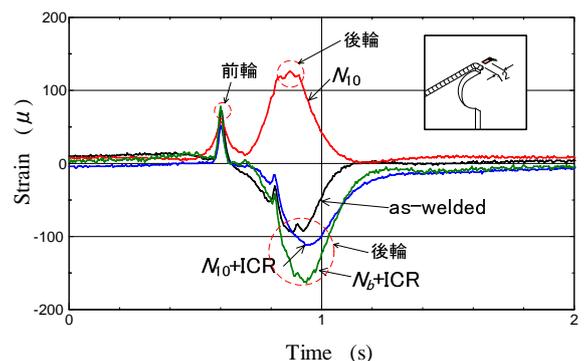


図-4 測定したひずみ波形

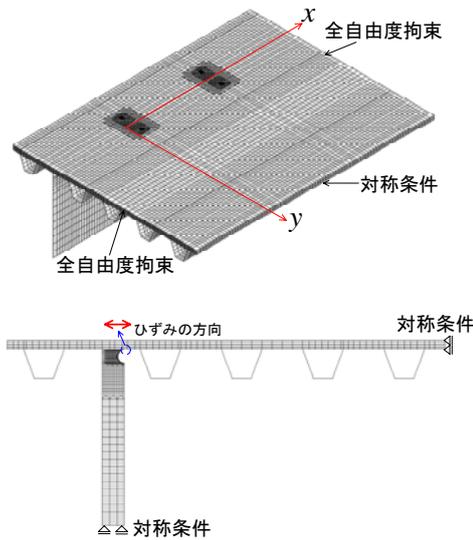


図-5 解析モデル

有無にかかわらず引張ひずみが生じているが、 N_{I0} のき裂を有するものでは、引張ひずみが生じる時間が長くなっていることがわかる。後輪の通過では、as-welded のものは大きな圧縮ひずみが発生しているのに対して、 N_{I0} のき裂を有するものでは、引張ひずみが発生している。

ICR 処理を行ったもののひずみ波形は、前後輪の通過において as-welded のそれと同様な波形に回復していることがわかる。

4. 有限要素解析

前述したように、き裂の有無により垂直補剛材近傍のデッキプレートに生じるひずみの傾向が異なるため、その違いを有限要素解析により検討を行った。解析モデルを図-5 に示す。アスファルト舗装には、8 節点ソリッド要素、それ以外の部材には、四辺形薄肉シェル要素を用い、図に示す境界条件を設けた。鋼部材の材料定数は、ヤング率 200GPa、ポアソン比 0.3 とし、アスファルト舗装の材料定数は、測定を行った時期 (3 月) を考慮し、ヤング率 5GPa、ポアソン比 0.35 とした。また、アスファルト (舗装厚 75mm) は、厚さ方向に 4 分割している。き裂を有するモデルは、垂直補剛材上端のデッキプレートの要素を二重節点として全長 20mm のき裂をモデル化した。

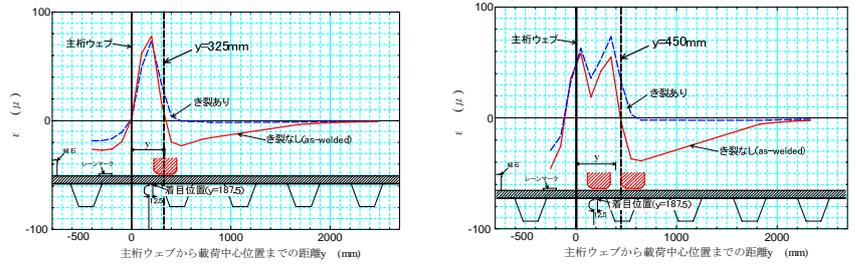
シングルタイヤ (前輪) および、ダブルタイヤ (後輪) の载荷位置が橋軸直角方向に移動した場合の着目位置 (測定位置) に生じるひずみ (図-5) の分布を図-6 に示す。図からわかるように、前後輪において荷重が垂直補剛材近傍に载荷されると引張ひずみが生じ、荷重が垂直補剛材から離れると、き裂を有する場合、ひずみがほぼ 0 になるが、as-welded の場合、圧縮ひずみが生じている。図-7 に、载荷位置が橋軸方向に移動した場合の着目位置に生じるひずみの分布を示す。図-7(b) は、ダブルタイヤを橋軸方向に 1300mm ずらしてタンデム载荷した場合の結果である。図からわかるように、き裂の有無によるひずみ分布は、前後輪ともに、測定結果と同様な傾向を示しており、ICR 処理を行ったものでは、as-welded と同様な傾向であることから、ICR 処理によりき裂表面が閉口し、応力が伝達されていると考えられる。

5. まとめ

鋼床版桁橋の垂直補剛材上端近傍のデッキプレートに発生した疲労き裂を閉じる、ICR 処理を施した。き裂の有無、ICR 処理の有無を変えた実橋でのひずみ測定と有限要素解析から、ICR 処理によってき裂の表面が閉口していることを確認した。

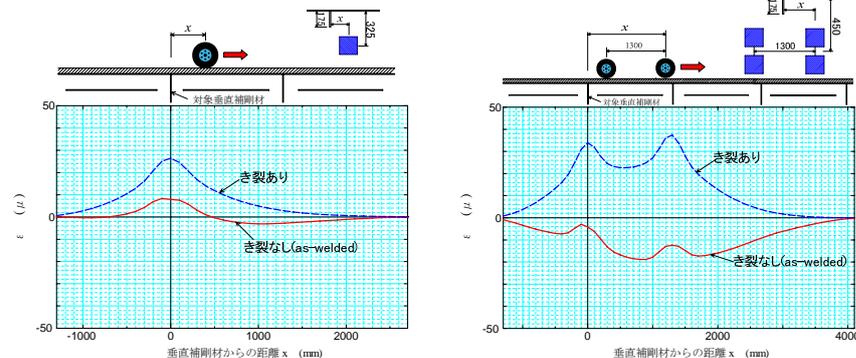
謝辞：本研究の実施に対して、愛知県の渡辺博喜氏、山田純司氏にご協力を頂いた。ここに記して、感謝の意を表します。

参考文献：1) 土木学会鋼構造委員会：第 10 回鋼構造と橋に関するシンポジウム論文報告集，土木学会，2007。 2) 山田・石川・柿市：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。 3) 柿市・山田・石川・李：ICR 処理を用いた面外ガセット溶接継手の疲労寿命延命効果，土木学会第 64 回年次学術講演会，I-151，pp.301-302，2009。



(a) シングルタイヤ (b) ダブルタイヤ

図-6 荷重が橋軸直角方向に移動した場合のひずみ分布



(a) シングルタイヤ (b) ダブルタイヤ (2 軸)

図-7 荷重が橋軸方向に移動した場合のひずみ分布