

1mm法を用いた既設情報板支柱開口部の疲労強度評価

岐阜大学院 学生会員 ○鶴田 元彦
岐阜大学 正会員 木下 幸治

1. 背景

道路橋の附属施設である情報板支柱は風荷重や交通荷重による繰り返し荷重を受け、補強リブ部や点検用開口部の溶接継手部に疲労き裂が発生した事例が報告されている¹⁾。これまで、著者らは既設情報板支柱を用いた疲労試験により、開口部においては、回し溶接部からルートき裂が発生することを明らかにした上で²⁾、開口部における当て板補強による疲労強度改善効果を示してきた³⁾。また、より簡易的な手法として、開口部の溶接部近傍に円孔を設けることで溶接ルート部の応力集中を緩和しルートき裂の発生を抑制する手法を検討し、その効果を実験的に検証してきた⁴⁾。しかし、本手法は当該溶接継手部の構造的な応力集中が変化するため、公称応力位置でこの応力集中の変化を捉えることができない。そこで本稿では既設情報板支柱に本手法を適用した際の疲労強度評価手法として、構造的な応力集中も評価できる局部応力評価手法の一つである1mm法の適用を検討した。

2. 実物情報板支柱を用いた開口部の疲労試験結果

本研究に先立ち実施された情報板支柱開口部の疲労試験の実施状況を図-1、疲労試験結果²⁾を図-2に示す。また、図-2には応力集中を緩和させる手法として開口部の溶接部近傍に、簡易的に円孔を設けた疲労試験結果⁴⁾をプロットした。これらの疲労試験の結果は公称応力を用いて整理されている。本研究では、有限要素解析と1mm法を組み合わせることで局部応力による評価を試みた。

3. 有限要素解析に用いる情報板支柱のモデル化

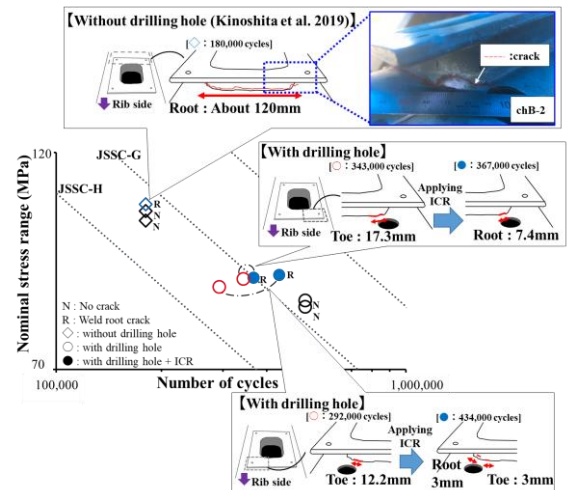
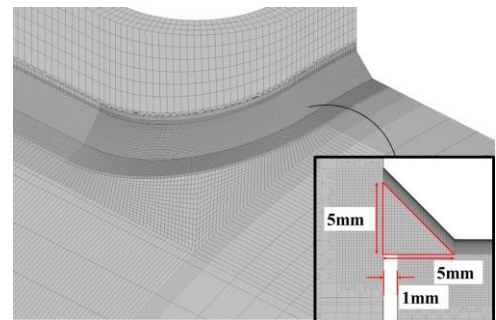
図-3(a)～(b)に開口部周辺の解析モデルを示す。開口部周辺をソリッド要素、それ以外を鋼管の剛性を与えた梁要素でモデル化し、ソリッド要素と梁要素は剛体要素で接続した。開口部、溶接脚長、ルートギャップは計測結果を基にモデル化を行った。材料特性は鋼材の弾性係数を200GPa、ポアソン比を0.3とした。対象とするモデルの有限要素法解析では、OptiStructを用いた弾性解析で行い、基部側は完全固定とした。

4. 1mm法の適用

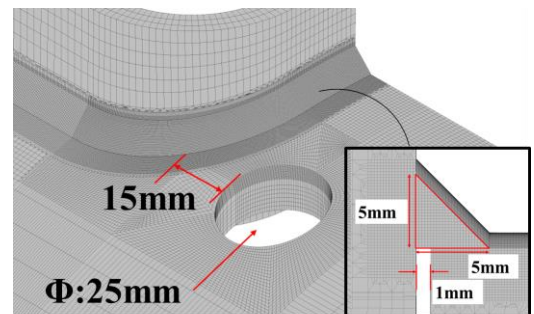
1mm法とは、対象とする継手のき裂発生点から深さ1mmでの応力を用いて、基準とする継手(止端から発生するき裂の場合は荷重非伝達型十字すみ肉溶接継手、ルートから発生するき裂の場合は横突合せ溶接継手)の疲労試験結果から求められる基準疲労強度曲線を上下させることで、対象とする継手の疲労強度曲線を推定する手法である⁵⁾⁶⁾。本研究では、最大主応力が最も大きい点からき裂が発生すると仮定し、図-4(a)、(b)に示すようにルート止端それぞれのき裂発生地点から1mmの深さ



図-1 対象とする情報板支柱

図-2 情報板支柱開口部の疲労試験結果^{2),4)}

(a) 円孔なしのモデル



(b) 円孔ありのモデル

図-3 開口部周辺のメッシュ分割

キーワード 情報板支柱, 疲労強度評価, 1mm法, 局部応力, 開口部, 溶接継手

連絡先 〒501-1193 岐阜県岐阜市柳戸1-1 岐阜大学 工学部 社会基盤工学科 TEL 058-293-2424

の応力を求めた。この 1mm の深さの応力から求めた応力集中係数 $K_{t,global}$ を用いて、疲労試験の結果を上下させ対象とした継手の 1mm 応力を算出し、基準とする継手の S-N 線図と比較した。

5. 1mm 法を用いて整理した結果とその考察

図-5 に 1mm 応力を用いて図-2 の疲労試験結果を再整理したものを示す。止端き裂・ルートき裂共に基準曲線の $mean \pm 2s$ の範囲外にプロットされた。この理由として、き裂進展方向の応力分布が急激に変化することが要因と推察される。

6. 基準曲線の見直し

ここでテクニカルレポート⁷⁾に示される、荷重伝達型十字すみ肉溶接継手に対しストップホールまたは土偶目切削を施した試験結果を 1mm 法で評価した結果⁷⁾は、今回と同様にき裂進展方向の応力分布が急激に変化することから 1mm 法の基準曲線の $mean \pm 2s$ の範囲外にプロットされる。そこで本研究では、この荷重伝達型十字すみ肉溶接継手に対し、ストップホールまたは土偶目切削を施した試験結果から引かれた回帰曲線を試行的に基準曲線として用い、1mm 法の適応を試みた。この試みに際し、テクニカルレポートでは、止端の 1mm 応力を、き裂の進展方向を考慮し、深さ方向に加えて幅方向へ 1mm の位置の応力で整理しているため、図-6 に示されるように深さ方向 1mm に加え、溶接ビードに沿って内側または外側へ 1mm の位置の応力を用いて整理した。

7. テクニカルレポートの回帰曲線を用いて整理した結果

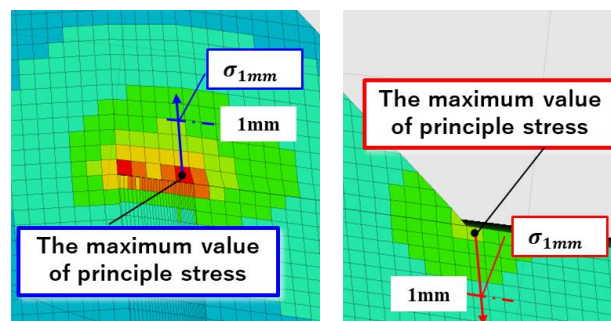
テクニカルレポートの回帰曲線を用いて 1mm 法で整理した結果を図-7 に示す。止端き裂に関しては $mean \pm 2s$ の範囲に収まっており、この曲線を用いて 1mm 法で評価可能であるといえる。また、ルートき裂は基準曲線の $mean + 2s$ のあたりで安全側に評価可能といえる。

8. 結論

- ・ 情報板支柱開口部の溶接部近傍に円孔を設けた疲労試験結果を従来の 1mm 法の基準曲線を用いて評価することはき裂進展方向の応力分布が急激に変化するため評価できない。
- ・ 幅方向の応力が変化する場合、荷重伝達型十字すみ肉溶接継手に対しストップホールまたは土偶目切削を施した試験結果の回帰曲線を 1mm 法の基準曲線とするテクニカルレポートで提案される手法を用いることで、実物の情報板支柱開口部の疲労試験結果を止端き裂、ルートき裂共に 1mm 法で評価可能であることを示した。

参考文献

- 1) 山田：伸縮装置や標識柱に対する簡易な疲労設計荷重の提案，構造工学論文集，Vol.61A，2015。
- 2) 木下ら：情報板支柱の疲労試験システム構築とその疲労特性，鋼構造年次論文報告集，Vol.27，2019。
- 3) 小塚ら：実物大の疲労試験による情報板支柱の疲労耐久性向上に関する検討，鋼構造年次論文報告集，Vol.28，pp717-722，2020。
- 4) 鶴田ら：既設情報板支柱開口部の円孔付与による簡易的な延命化，日本材料学会東海支部第 16 回学術講演会論文集，118，pp.48-49，2022。
- 5) Xiao, Z. et al: A Method of determining geometric stress for fatigue strength evaluation of steel welded joints, International Journal of Fatigue, Vol.26, No.12, pp.1277-1293, 2004.
- 6) Xiao, Z et al: Fatigue strength evaluation of root-failed welded joints based on one- millimeter stress, 構造工学論文集, Vol.50A, pp.719-726, 2004.
- 7) 日本鋼構造協会：JSSC テクニカルレポート No.120, 2020.10



(a) ルートの 1mm 応力 (b) 止端の 1mm 応力
図-4 1mm 法におけるき裂発生地点から 1mm の応力

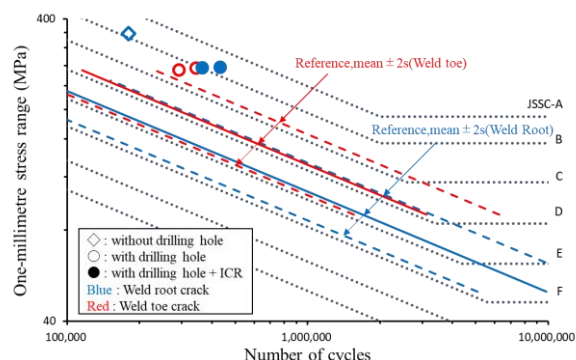


図-5 従来の基準曲線で整理した結果

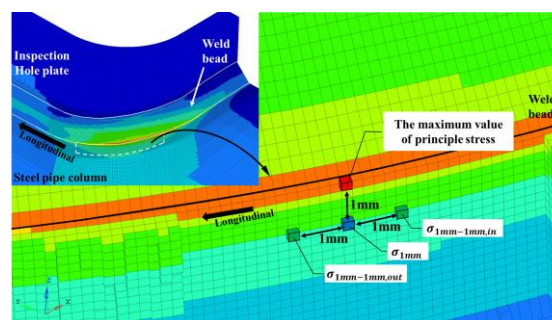


図-6 テクニカルレポート⁷⁾で示される止端の 1mm 応力

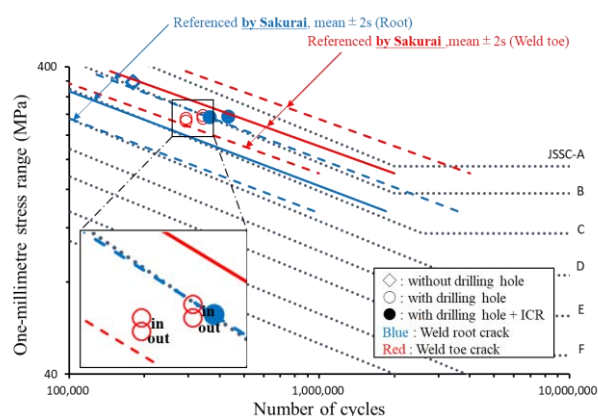


図-7 テクニカルレポート⁷⁾の回帰曲線を用いて 1mm 応力で整理した結果