

F 型情報板支柱溶接継手部の応力集中緩和に関する解析的検討

岐阜大学 学生会員 ○鶴田 元彦
岐阜大学 正会員 木下 幸治

1. 背景

2002 年に改定された道路橋示方書・同解説¹⁾に鋼橋の疲労設計が正式に取り入れられた。しかし、道路橋附属施設に対しては具体的な疲労設計は要求されていない。道路橋附属施設は道路の安心・安全・快適さに必要不可欠な存在である。実際にこれらの道路橋附属施設の疲労損傷が発生しており²⁾、道路橋附属施設に対して、疲労耐久性を評価して、必要ならば何らかの疲労耐久性を向上させる処置を行うことが必要である。その道路橋附属施設の一つである情報板支柱は応力集中部である基部の補強リブ部や点検用の開口部の溶接継手部から疲労き裂が発生することが報告されている。これまでに著者らは、情報板支柱に対し、疲労耐久性を簡易的かつ効率的に向上させる補修・補強方法を実物の情報板支柱を用いて実験的に検討してきた³⁾。本研究では既往研究⁴⁾に示される、開口部に対する補強方法として溶接部近傍に簡易的に円孔を設け応力集中を緩和させる手法の解析的な追加検証を行い、解析結果からき裂発生位置の予測を行った。その後疲労試験結果のき裂発生位置から予測位置の検証を行った。

2. 対象とした情報板支柱とそのモデル化

図 1, 2 に今回対象とする情報板支柱とその解析モデルを示す。情報板支柱の外径は 355.6mm、高さ 7700mm である。既往研究⁴⁾を参考に解析モデルは実物情報板支柱の対称性を考慮し、ハーフモデルとし、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。本研究では開口部の寸法、溶接脚長、ルートギャップは実際の計測長さを基にモデル化を行い、脚長 5mm ルートギャップは 1mm とした。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。

3. 解析結果

円孔を設けていない解析結果と、実際に疲労試験が実施された溶接止端から 15mm の位置に直径 25mm の円孔を設けた解析結果を図 3(a)~(d)に示す。円孔を設ける前後の主応力が最も高い箇所の溶接線の法線と長手方向となす角（以後 θ とする）を図に示した。この円孔を設けた場合、止端の応力集中箇所は内側へ、ルートの位置は外側へ移動していることがわかる。疲労き裂はこの最大主応力が最も高い点からき裂が発生すると仮定すると、溶接止端から 15mm の位置に直径 25mm の円孔を設けた場合、止端き裂は $\theta=15^\circ$ 、ルートき裂は $\theta=60^\circ$ の位置からき裂が発生すると予測される。

4. 疲労試験結果との比較

情報板支柱開口部の疲労試験結果を図 4 に示す。図 4 に示されるように開口部から止端き裂が発生し、その後既往研究の改良型 ICR⁵⁾を用いてき裂の閉口を行い、疲労試験を再開したところルートき裂が発生した。

4.1 止端き裂の場合

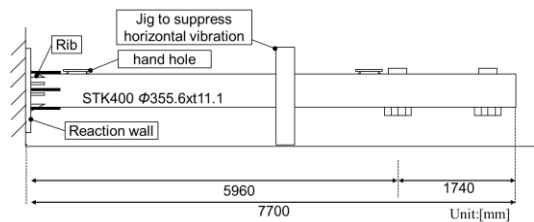


図 1 今回対象とする情報板支柱

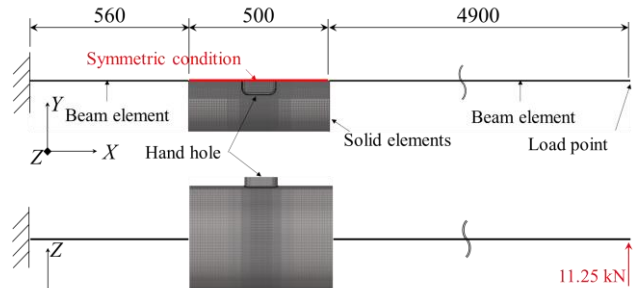
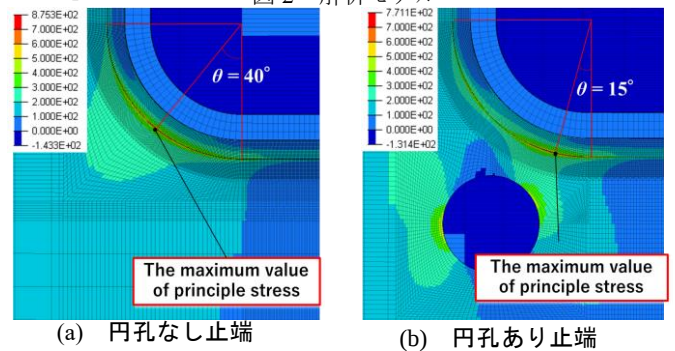
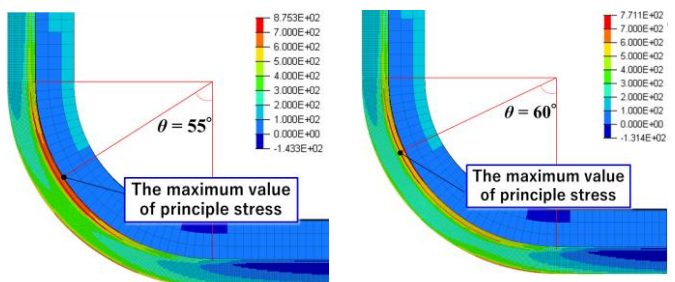


図 2 解析モデル



(a) 円孔なし止端

(b) 円孔あり止端



(c) 円孔なしルート

(d) 円孔ありルート

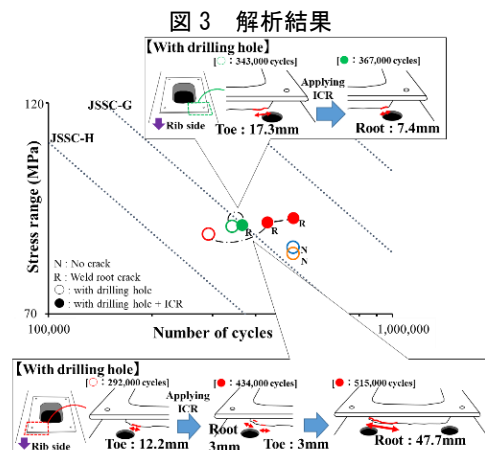


図 3 解析結果

図 4 円孔を付与した疲労試験結果

図5に示すように約 $\theta=15^\circ$ 付近でき裂の発生を検知しており、最大主応力を用いて止端き裂の発生位置は予測することができた。

4.2 ルートき裂の場合

今回ルートき裂はICRにより止端き裂の閉口を行った後発生した。図6に示すき裂は止端の位置で反応しており、切削をしたところき裂の表面長さが図7に示すように変化した。この変化からルートき裂がICRにより閉口した止端き裂とつながったため、止端き裂の位置でき裂が反応したと考えられる。図8には別のルートき裂の発生箇所を示す。このき裂は $\theta=30^\circ$ のあたりに発生した。この原因として実際のき裂が発生した箇所は図9に示すように開口部の蓋の角部が邪魔となり溶接がしにくい場所と考えられ、適切に溶接が出来ていないことが考えられた。そこで溶接形状のうち、のど厚の計測を行い、その結果を図10に示す。き裂発生箇所である $\theta=30^\circ$ 周辺と解析上の応力集中箇所であるのど厚を比較すると $\theta=30^\circ$ 付近でのど厚が小さくなっていることが分かる。図11にルートギャップの計測結果を示す。き裂発生箇所付近でルートギャップが大きかった。以上がルートき裂が発生原因と考えられる。

(参考文献)

- 1) 日本道路協会：道路橋示方書・同解説，2002年版，丸善。
- 2) 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。

- 3) 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，27巻，2019。
- 4) 岩田ら：情報板支柱開口部の円孔を用いた応力集中緩和効果の解析的検討，令和2年度土木学会中部支部研究発表会講演論文集，2021。
- 5) Kozuka et al.: Investigation of Fatigue Strength Improvement of Welded Joints on the Sign Structures by Impact Crack Closure Retrofit Treatment, 10th International Symposium on Steel Structures, 2019.11

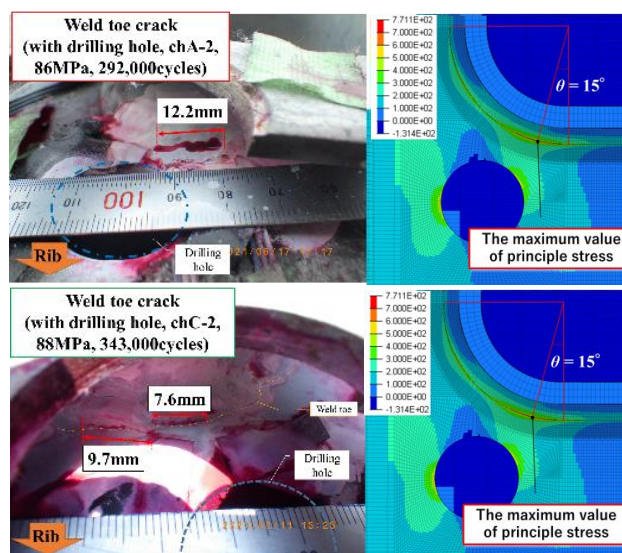


図5 止端き裂の発生位置と予測き裂位置

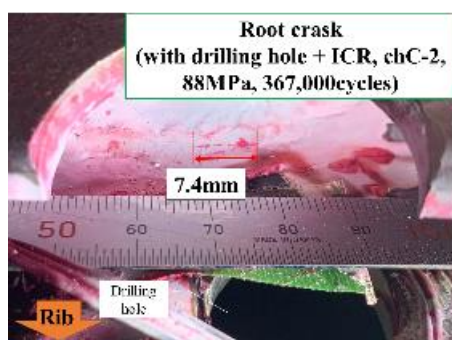


図6 止端き裂の発生位置(1)

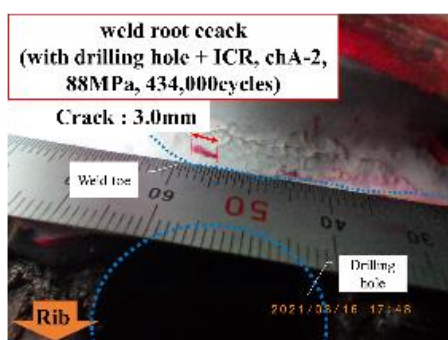


図8 止端き裂の発生位置(2)

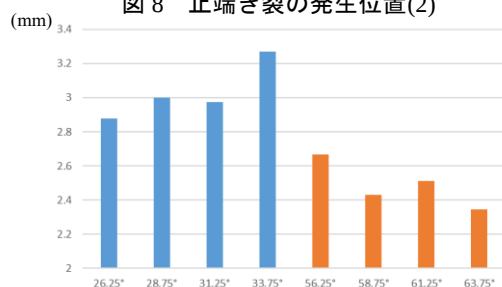


図10 のど厚の比較

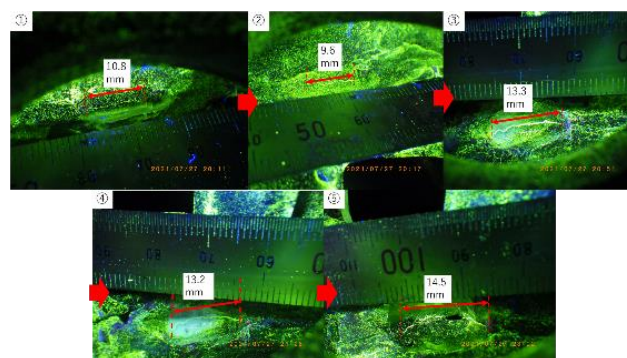


図7 止端き裂の切削時の表面き裂長さの変化



図9 情報板支柱開口部

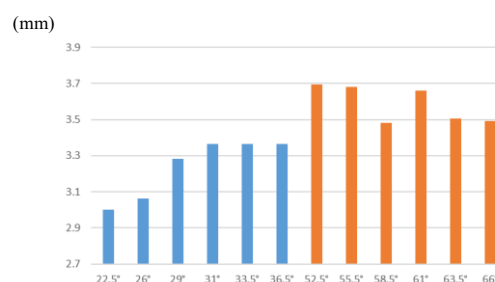


図11 ルートギャップの比較