

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

岐阜大学大学院 学生会員 ○岩田隆弘, 深見亮介
 岐阜大学 正会員 木下幸治
 中日本ハイウェイ・エンジニアリング名古屋 (株) 正会員 小塚正博

1. 研究の背景と目的

道路橋の付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、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に疲労き裂が発生した事例が報告されており^{1),2)}、海外の例では倒壊に至っている³⁾。

情報板支柱が疲労き裂の進展により倒壊した場合、交通車両との接触など、大規模な事故につながる可能性があり、疲労き裂が検出された情報板支柱は取替作業が実施されている。一方、施工コストや人手不足などにより全ての情報板支柱に対して取替作業を実施することは困難である。しかし、既設の情報板支柱の効率的な疲労対策は、いまだ確立しておらず、その確立が望まれている。著者らはこれまでに、簡易的かつ効率的に既設の情報板支柱の疲労耐久性を向上させる補修・補強手法の検討として、補強リブ部および開口部に発生した疲労き裂に対し、ICR 処理やストップホール法、当て板補強等の効果を明らかにしてきている⁴⁾。

本研究は、情報板支柱開口部の溶接部近傍に円孔を設けることによる、その開口部の溶接部に生じる応力集中の緩和効果を検討する。本稿では、有限要素法解析を用いて円孔の位置を変化させたパラメータ解析を行い、開口部の応力集中を最も緩和できる円孔位置について検討した。

2. 情報板支柱の解析モデルの概要と円孔を設けていない場合の解析結果

図-1に対象とする情報板支柱の諸元と解析モデルを示す。また、図-2に開口部周辺のメッシュ分割を示す。情報板支柱の外径は355.6mm、高さ7700mmである。解析モデルは計算コストの削減のため対称性を考慮したハーフモデルとし、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。また、溶

接ルート部はルートギャップを0.1mm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。解析はOptiStructを用いた弾性解析で行い、基部側は完全固定とし、基部から5960mmの位置に荷重(22.5kN)を与えた(図-1(b)参照)。

図-3(a)に円孔を設けていない場合(以下、円孔無)の開口部の最大主応力分布と溶接止端部およびルート部における応力集中箇所の最大主応力を示す。結果より、溶接ルート部および溶接始端部の応力集中箇所は回し溶接部であることが分かる。

3. パラメータ解析による円孔位置の検討

図-3(a)の結果を基に、回し溶接部の応力集中箇所を起点として長手方向の距離をパラメータに、開口部の応力集中を最も緩和できる円孔位置について検討を行った。円孔位置のパラメータは、溶接止端部からの円孔縁端距離を5~35mmとし、間隔を5mmの計7ケースとした。なお、円孔は直径25mmとし、頭頂部側と

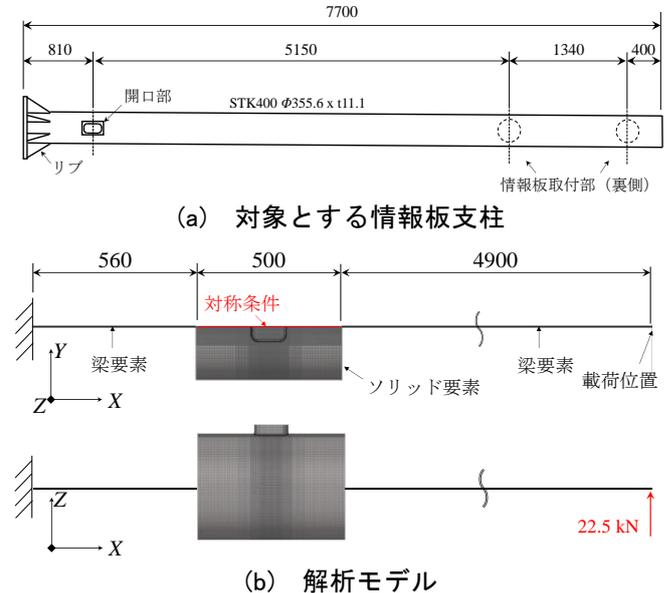


図-1 対象情報板支柱と解析モデル (単位: mm)

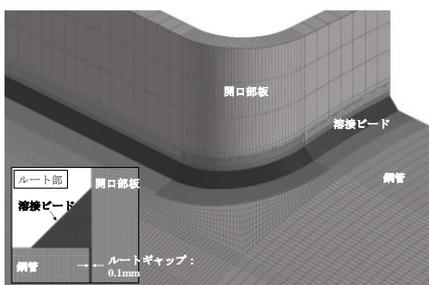


図-2 開口部周辺のメッシュ分割

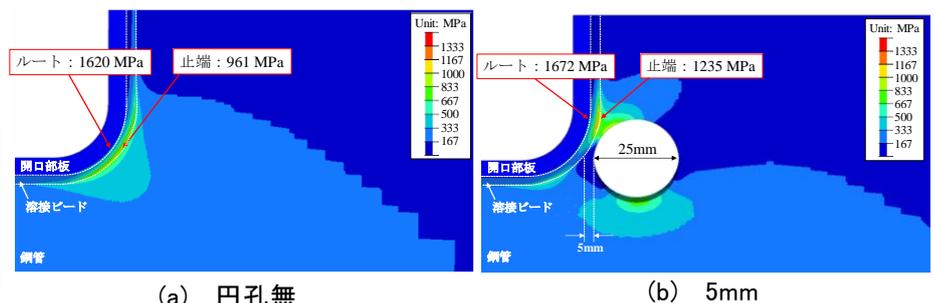


図-3 応力分布

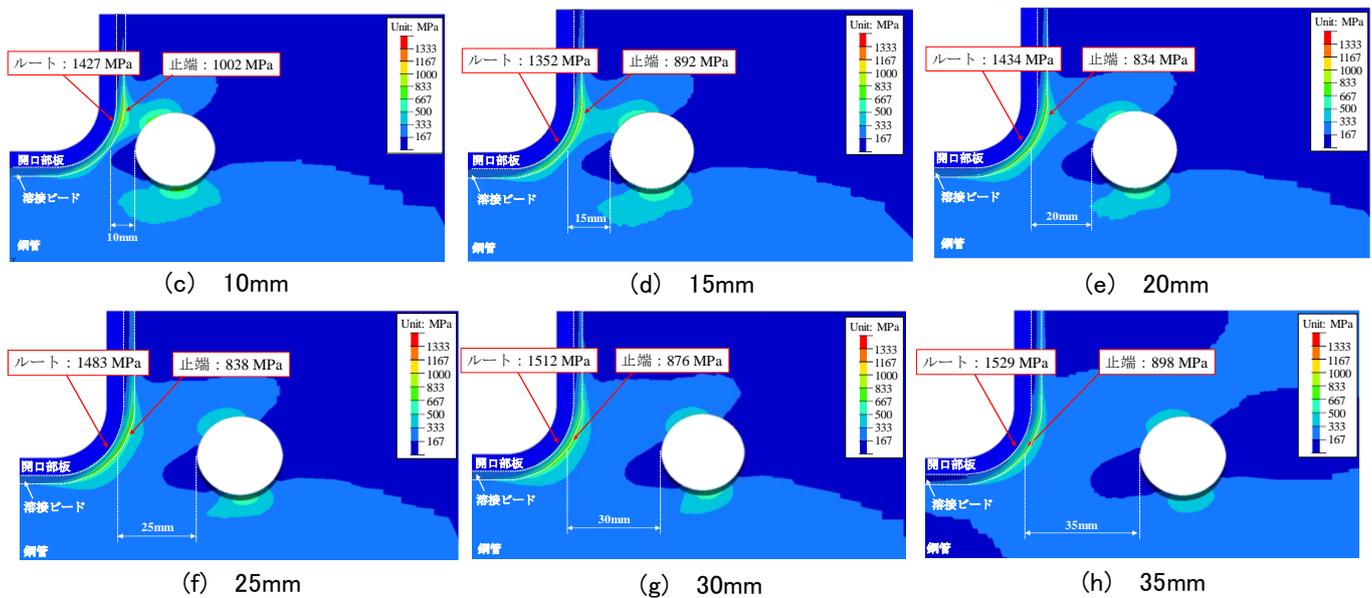


図-3 応力分布 (続き)

基部側に設けた。

図-3(b)～(h)にパラメータ解析結果として最大主応力分布と溶接止端部およびルート部における応力集中箇所の最大主応力を示す。溶接止端部からの円孔縁端距離を5, 10mmとした場合には(図-3(b), (c)), 溶接ルート部および溶接止端部の応力集中箇所が円孔無と比較して開口部の内側方向に移動している。さらに、円孔と溶接継手が近いため、円孔を回避するように回り込んだ応力が溶接継手部と円孔の周辺で密となり、円孔無と比較して溶接止端部およびルート部の応力が高くなっていることから、応力集中の緩和効果が期待できない。溶接止端部からの円孔縁端距離を15, 20mmとした場合には(図-3(d), (e)), 溶接止端部の応力集中箇所が開口部の内側方向に移動し、溶接ルート部の応力集中箇所は円孔無と概ね同じ箇所となった。溶接部に作用する応力は円孔無と比較して溶接止端部およびルート部の両者とも低くなっており、開口部の応力集中の緩和が期待できる。溶接止端部からの円孔縁端距離を25～35mmとした場合には(図-3(f)～(h)), 溶接ルート部および溶接止端部の応力集中箇所は円孔無の結果と概ね同じ箇所となった。溶接部に作用する応力は、円孔無と比較すると低下しているが、15mmおよび20mmの結果と比較すると10%程度高い値を示した。

これら結果を整理するため、図-4に円孔を設けた各パラメータ解析結果の溶接止端部およびルート部における応力集中箇所の最大主応力を、円孔無の場合の溶接止端部およびルート部における応力集中箇所の最大主応力で除した応力緩和率を示す。溶接止端部からの円孔縁端距離を15mmとした場合には、溶接ルート部で18%程度の応力低下、また20mmとした場合には溶接止端部で15%程度の応力低下を示した。

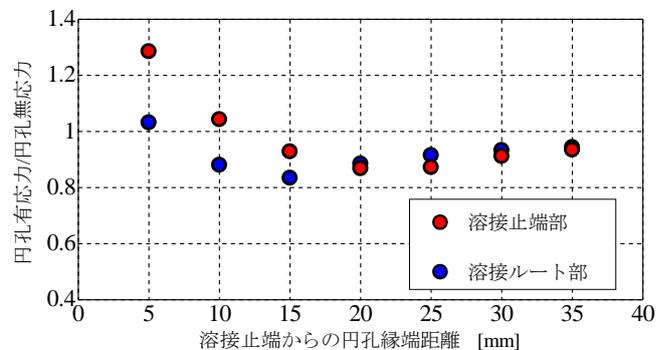


図-4 応力緩和率

4. まとめ

- 1) 円孔を設けていない場合の情報板支柱の有限要素法解析を行った結果、溶接ルート部および溶接始端部の応力集中箇所は回し溶接部となった。
- 2) 円孔無の解析における応力集中箇所を起点とした長手方向距離をパラメータに円孔の直径を25mmとして円孔位置の検討を行った結果、溶接止端部からの円孔縁端距離を15mmとした場合に最も溶接ルート部の応力緩和率が高く、18%程度の応力集中の緩和効果を示した。

別報⁵⁾において、静的載荷試験を実施し、実験的にも円孔による応力集中の緩和効果を実証する。

【参考文献】1) 山田ら：門型標識柱の基部に発生した疲労き裂の補修効果の検討，鋼構造論文集，第16巻，第61号，pp.11-22，2009. 2) 小塩ら：交通振動下にある高架橋付属物の振動測定と疲労耐久性の評価，土木学会論文集，No.766，I-68，pp.219-232，2004. 3) Beneberu et al.: Computational fluid dynamics application for design of highway sign support structures, International Journal for Computational Civil and Structural Engineering, Volume 5, No. 2, pp.101-111, 2014. 4) 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，第28巻，pp.717-722, 2020. 5) 深見ら：情報板支柱開口部の円孔を用いた応力集中緩和効果の静的載荷試験，令和2年度土木学会中部支部研究発表会公演概要集，2021.