

## 鋼製橋脚隅角部に残留する溶接不溶着部の疲労に対する影響度の検討

東京工業大学  
東京工業大学学生会員 田辺 篤史<sup>1</sup>  
フェロー 三木千壽

## 1. はじめに

近年鋼製ラーメン橋脚隅角部に疲労き裂が発見され問題となっている<sup>1)</sup>。近年の研究により、橋脚隅角部の疲労き裂が発見された位置に溶接されていない部分(以下、不溶着部と称す)が残留し、この部分から疲労き裂が発生・進展していた事が明らかにされている<sup>2)3)</sup>。鋼製橋脚隅角部の疲労に対する維持管理を考慮すると、疲労き裂が表面から発生・進展するのか、それとも内在する不溶着部から潜在的に発生・進展するのかは重要である。しかし、隅角部に残留する不溶着部に関する力学的検討はさほど行われていない。そこで、本研究では隅角部に残留する不溶着部を含んだFEMソリッドモデルを用いて、力学的影響について解析的な検討を行った。

## 2. 検討対象

隅角部に残留する不溶着部は、隅角部の板組みにより発生位置及び形状が変化することがわかっている<sup>2)</sup>。本研究では箱断面が直交する隅角部を対象とし、板組みとして形式上不溶着部が残留しやすく、また、き裂が多く発見されている形式を解析対象として選択し、FEMモデルの作成を行った。図-1に文献2)の“角柱FF形式”隅角部とこの形式で残留する不溶着部について示す。

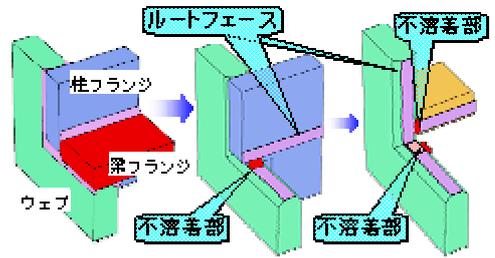


図-1 角柱FF形式の不溶着部

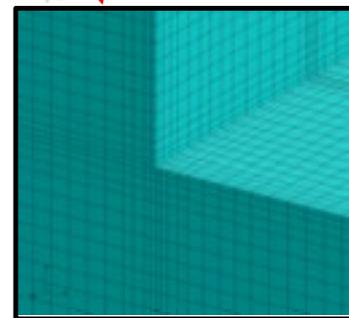
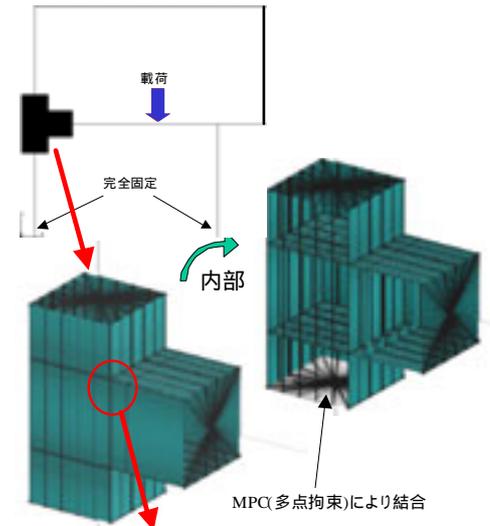


図-2 全体モデル

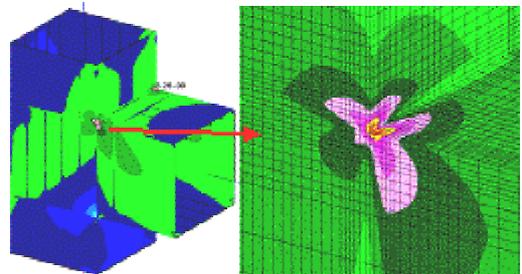


図-3 全体モデル最大主応力分布

## 3. FEM解析

解析は、橋脚全体のFEMモデル(グローバルモデル)を用いて算出した隅角部の近傍の変位を、不溶着部を含む部分をモデル化した詳細モデルに与える、ズームングと呼ばれる手法を用いて計算を行った。FEM解析には汎用FEMプログラムのABAQUSを使用した<sup>4)</sup>。

グローバルモデルのメッシュ図を図-2に示す。グローバルモデルは隅角部近傍をシェル要素で、それ以外を梁要素によりモデル化し、シェル要素と梁要素はbeam形式の多点拘束(MPC)により結合した。橋脚が接地する位置を完全固定とし、中間層の中央部付近に集中荷重を与え、弾性解析を行った。解析の結果得られた隅角部(シェル要素部)の外表面における最大主応力分布を図-3に示す。図からわかる様に、ちょうど不溶着部が残留する部分にshear-lagによる高い応力集中が生じている。

不溶着部を含んだ詳細モデルを図-4に、詳細モデルに導入した不溶着部を図-5に示す。モデル化にあたって、“角柱FW”形式の板組みで、溶接のルートギャップを1mmとした。不溶着部極近傍の

応力集中部が対象であるため、詳細なメッシングが要求される。そこで、不溶着部近傍のみを詳細にモデル化して要素・節点数の削減を図り、最小要素サイズ：0.1mm、節点数：87585節点、要素数：404916要素で製作した。

キーワード：不溶着部，疲労，隅角部

<sup>1</sup> 東京工業大学 東京都目黒区大岡山2-12-1 Tel:TEL03(5734)2596

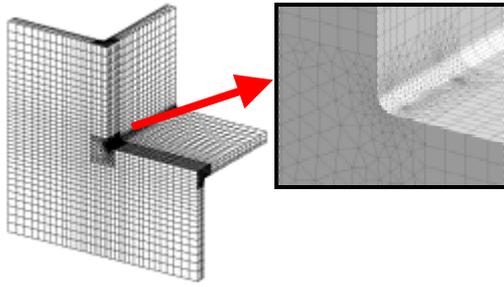


図-4 詳細モデルメッシュ図

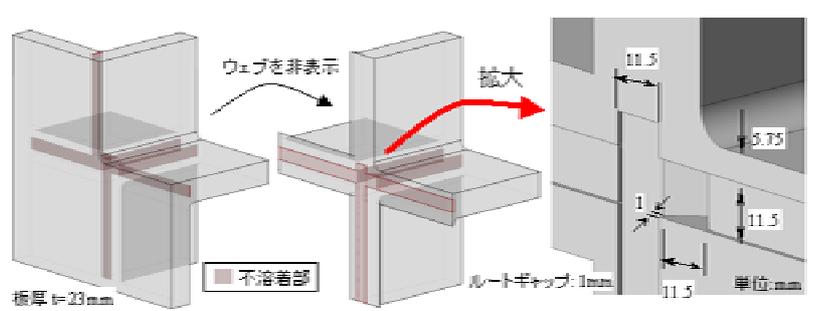


図-5 不溶着部のモデル化

梁フランジ表面の柱フランジ表面から60mm位置における最大主応力分布を図-6に、溶接ビード表面(図-8のA)と梁フランジルートフェース部(図-8のB)の最大主応力分布を図-7に示す。また、ウェブと梁フランジ間のルートフェース面における最大主応力分布を、設計用応力を基準としたピーク部分の応力集中係数(SCF)とともに図-8に示す。隅角部端部で高い応力集中が生じており、特に不溶着部でははかに高い応力集中が生じている。図-8に示したように、溶接ビード表面において応力集中係数が500とかかなり高くなっている。しかし、不溶着部の端部においては、SCFが1000とさらに高い応力集中が生じていることがわかる。したがって、この部分は疲労を考える上で、力学的な面からみても、き裂が生じる可能性が高いといえる。すなわち、隅角部に残留しうる不溶着部が、疲労を考える上で有害であるといえる。

4. まとめ

隅角部に残留する不溶着部モデル化したソリッドFEM解析により、不溶着部周辺の応力状態を解析した。その結果、隅角部の不溶着部の端部にかなり大きい応力集中が確認され、この応力集中は、隅角部の疲労を考慮する上で大きな弱点となることが明らかとなった。したがって、隅角部を製作する上では、このような不溶着部の残留をできる限り阻止する必要がある。

参考文献：

- 1) 森河久, 下里哲弘, 三木千壽, 市川篤司: 箱断面柱を有する鋼製橋脚に発生した疲労損傷の調査と応急対策, 土木学会論文集, pp 177-183, 2002.4
- 2) 三木千壽, 平林泰明, 時田英夫, 小西拓洋, 柳沼安俊: 鋼製橋脚隅角部の板組構成と疲労損傷モード, 土木学会論文集, (投稿中)
- 3) 三木千壽, 市川篤司, 坂本拓也, 田辺篤史, 時田英夫, 下里哲弘: 鋼製箱断面ラーメン橋脚隅角部の疲労特性, 土木学会論文集, pp 361-371, 2002.7
- 4) Hibbitt, Karlsson & Sorensen, Inc.: ABAQUS/Standard User's Manual, 1999

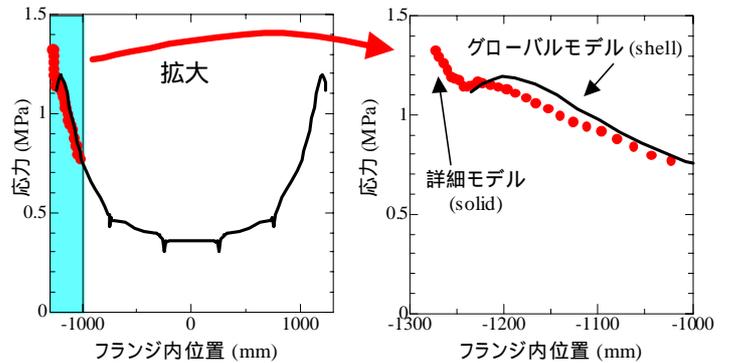


図-6 梁フランジ表面の最大主応力分布 (柱から 60mm)

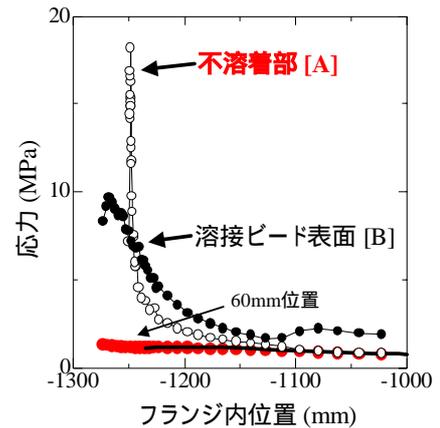


図-7 溶接ビード表面と不溶着部の最大主応力分布

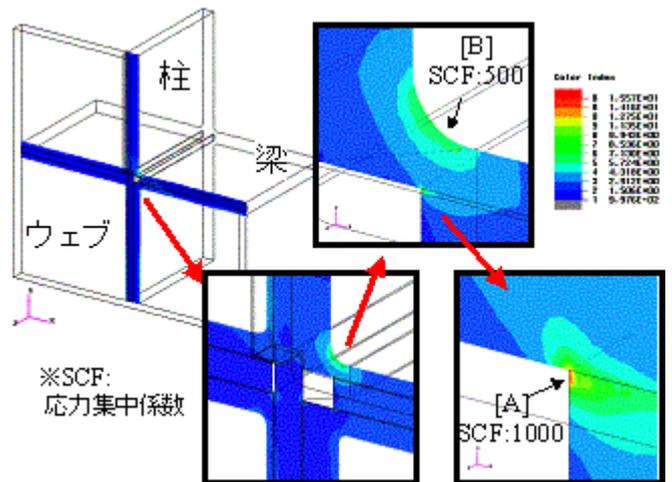


図-8 梁・ウェブ間ルートフェース面の最大主応力分布