

ブローホールによる部分溶け込み縦方向溶接継手の疲労強度低下原因の検討

法政大学大学院 正会員 ○谷口 哲憲 法政大学 フェロー会員 森 猛
前田工織株式会社 (研究当時: 法政大学) 村田 匠

1. はじめに

縦方向溶接継手のすみ肉溶接部や部分溶け込み溶接部には、開先面にわずかに残された鏽等が原因でブローホール(空孔)が生じることがある。部分溶け込み縦方向継手のルートブローホールが疲労強度に与える影響は大きく、横突合せ溶接継手のブローホールが疲労強度に及ぼす影響は小さいとされている。これは、縦方向溶接継手が横突合せ継手とは異なり、未溶着部を有するために同じ形状・寸法のブローホールが生じていたとしても、それによる応力集中が異なるためと考えられる。また、縦方向溶接継手のルート部に生じたブローホールの近傍には引張残留応力が存在している場合が多く、残留応力が疲労強度に及ぼす影響は大きいとされている。以上のように、両継手の疲労強度に対するブローホールの影響が異なる原因は、残留応力にあるとも考えられる。本研究では、部分溶け込み縦方向溶接継手と完全溶け込み横方向溶接継手の疲労強度に対するブローホールの影響の違いを、ブローホールによる応力集中と残留応力に着目して、解析的に検討する。

2. 応力集中の検討

解析モデルは、図1に示す縦方向溶接継手である。図2に示すような、幅 W と奥行き L が等しい回転楕円体形の空洞と見なしたブローホールを、その下端が継手中央の厚さ方向中心と一致するように設置している。ブローホールの高さ H と幅 W の2つを解析上のパラメータとして、ブローホールの形状・寸法、未溶着の有無が応力集中に及ぼす影響を検討する。以上のモデルを対象としてソリッド要素を用いた3次元有限要素弾性応力解析を行った。モデルの作成と結果の整理には FEMAP、解析には CAFEM を用いた。ヤング率は $2.0 \times 10^5 \text{ N/mm}^2$ 、ポアソン比は 0.3 とした。要素寸法はブローホール部近傍で約 0.2mm、その他は約 1.0mm としている。解析は、モデルの対称性を考慮して、1/4 モデルで行っている。解析は、等分布荷重を継手モデル端部に作用させた状態で行っている。

応力解析により得られた、ブローホールの周に沿う応力分布を図3に示す。形状比 H/W が大きくなるにしたがって、応力集中係数は高くなっている。 H/W が2あるいは4の場合には、最大の応力集中は、ブローホールの短軸側で生じている。ブローホール周に沿う最大の応力集中係数とブローホール形状比 H/W の関係を示したのが図4である。図中のマークは未溶着部の有無により変えている。図5は、応力集中係数とブローホールの幅寸法 W の関係である。ブローホールによる応力集中に対しては、寸法よりも形状比の影響が大きい。また、未溶着部の有無による応力集中係数の差はブローホール形状・寸法によらず、非常に小さい。したがって、未溶着部の有無が応力集中係数に及ぼす影響はほとんどないといえる。

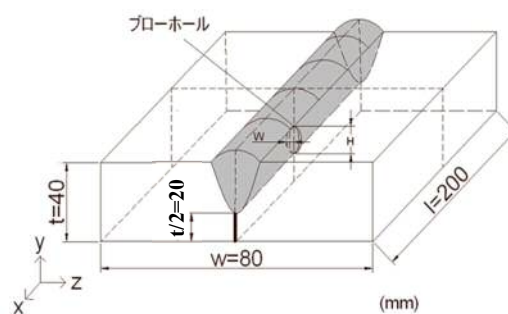


図1 解析モデル

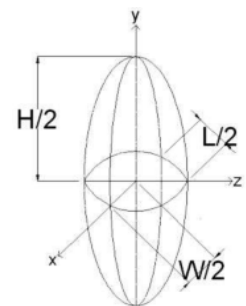


図2 ブローホールモデル

キーワード : ブローホール, 縦方向溶接継手, 未溶着部, 応力集中, 残留応力

連絡先 : 〒184-8584 東京都小金井市梶野町 3-7-2 法政大学大学院 鋼構造研究室 TEL 042-387-6287

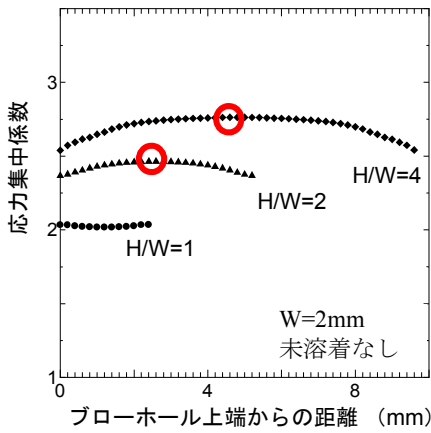


図3 ブローホールの周に沿う応力分布

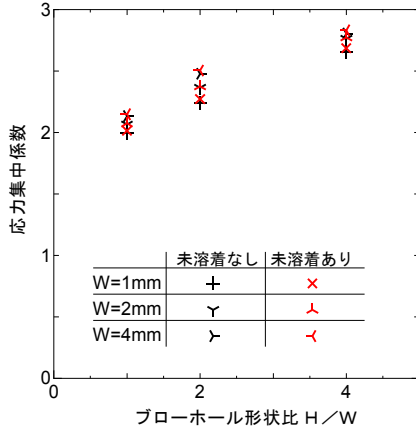


図4 ブローホール形状比の影響

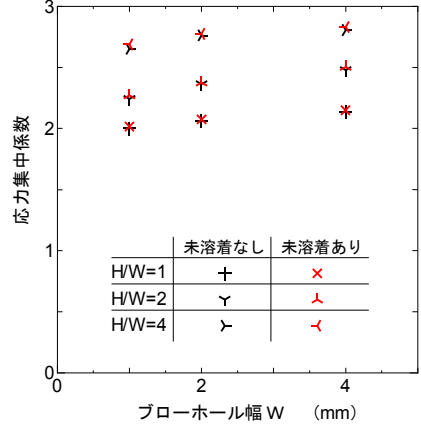


図5 ブローホール幅の影響

3. 残留応力の検討

本解析で対象とする溶接継手は未溶着部を有する部分溶け込み溶接を施した縦方向溶接継手と完全溶け込み溶接を施した横突合せ溶接継手である。解析モデルを図6に示す。ブローホールの幅 W は 2mm, 高さ H は 4mm としている。

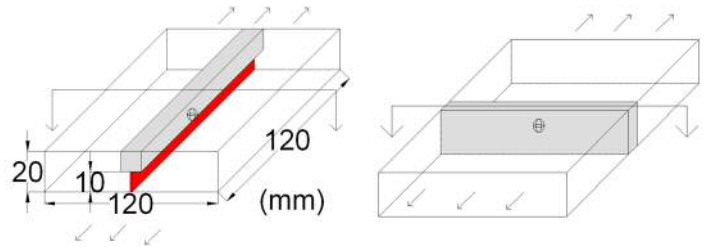


図6 残留応力の解析モデル

(左図：縦方向溶接継手 右図：横突合せ溶接継手)

ブローホール近傍の残留応力は、汎用有限要素解析プログラム ABAQUS Ver.6.11-3 を用いた熱弾塑性解析によって求めた。応力解析は、継手の対称性を考慮して 1/4 モデルとし、全ての要素をソリッド要素として行った。この解析では基準温度を 20℃とし、溶接部の入熱量は一般的な溶接条件を参考に 210 J/mm²とした。継手の鋼材の常温時の降伏応力は 403N/mm²とした。なお、この解析では降伏応力やヤング率、線膨張係数などの温度依存性を考慮している。

図7に示すようにブローホールの周に沿った残留応力分布に着目し、未溶着部を有する部分溶け込み縦継手の残留応力分布と未溶着部を有さない完全溶け込み横継手の残留応力分布を比較した結果を図8に示す。部分溶け込み縦継手では、ブローホールの上端で最も高い引張残留応力が生じており、下端に近づくにしたがって減少している。一方、完全部分溶け込み横継手では、ブローホールの上端と下端で高い引張残留応力が生じているものの、その値は、部分溶け込み縦継手と比べて低い。また、図3に示したように、最も高い応力集中はブローホールの短軸側側面で生じるが、その位置では圧縮残留場となっている。

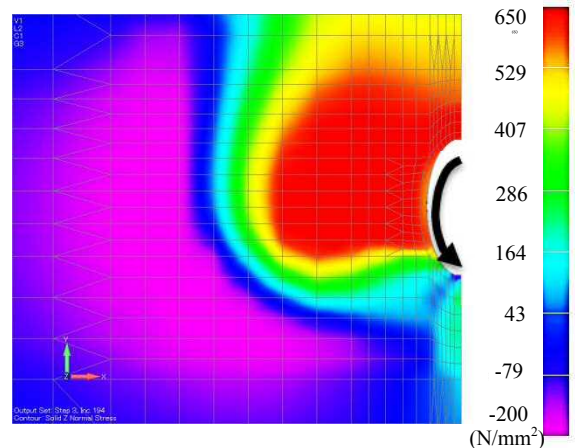


図7 残留応力コンター図(部分溶け込み縦継手)

4. まとめ

未溶着を有する部分溶け込み縦方向継手と完全溶け込み横突合わせ継手の疲労強度に対するブローホールの影響が異なる原因は、未溶着部の有無による応力集中の差でなく、継手に発生する残留応力の相違によるものと考えられる。

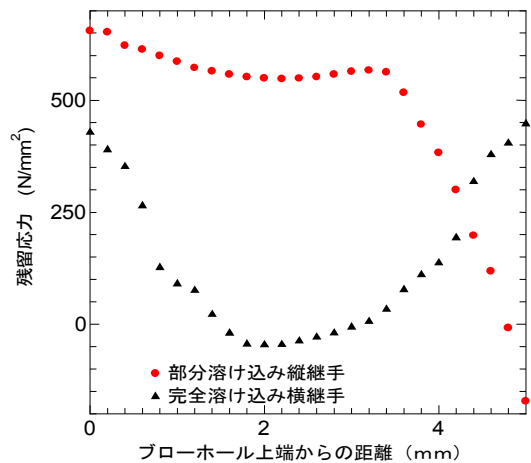


図8 部分溶け込み縦継手と完全溶け込み横継手の残留応力分布の比較