

未溶着部を有する溶接部に設けた円孔周辺応力

1070559 吉川依里

1.はじめに

近年、鋼構造物溶接継手部において疲労損傷が多く報告されており、その疲労損傷をそのまま放置しているとそれらの構造物を崩壊させることに繋がる可能性があり、疲労メカニズムの検討と併せ、補修・補強工法の検討やそれらの実施が現在行われている。

疲労亀裂の補修対策の一つとして、ストップホールが実際に多く適用されている。ストップホールは亀裂の進展を停止するために亀裂先端に孔をあける手法である。図1、図2に示すように亀裂先端の応力は弾性問題として考えると無限大であり、この先端に円孔をあけることにより応力集中を大きく低減させ、疲労亀裂の進展を防止させる方法である。これまで図3に示すように亀裂先端が溶接部から離れた母材にある時のストップホールの適用性については多く研究されており、円孔サイズの推奨値も提案されている。

しかし、図4に示す溶接ルート部のようにルートから発生しルートに沿って進展する亀裂に対するストップホールの適用性はあまり分かっていない。この場合、亀裂と反対側のストップホール壁面には、未溶着部が残っており円孔での応力集中も加わり、亀裂が再発生する可能性もある。また、この円孔は溶接止端部の応力状態にも大きな影響を与えると考えられる。

本研究では、溶接ルート部に発生、進展する亀裂に対する効果的なストップホールの位置と大きさを検討することを目的として、溶接継手をモデル化したFEM解析を用いて、ストップホール近傍の未溶着部先端や止端部の

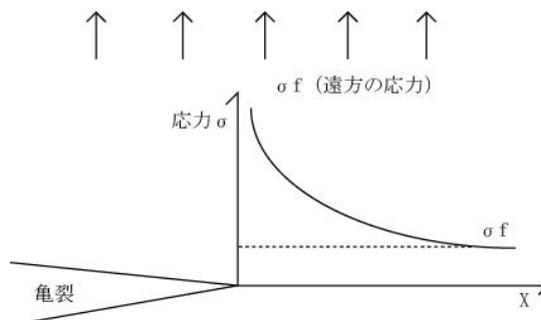


図1 亀裂先端応力値

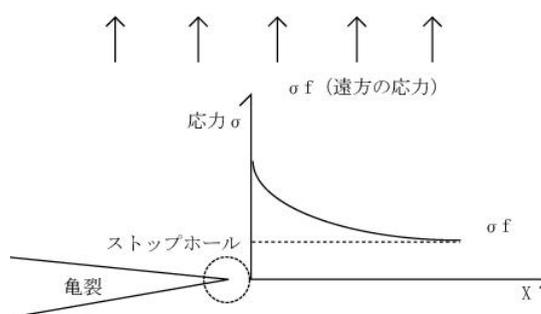


図2 円孔をあけた時の応力値

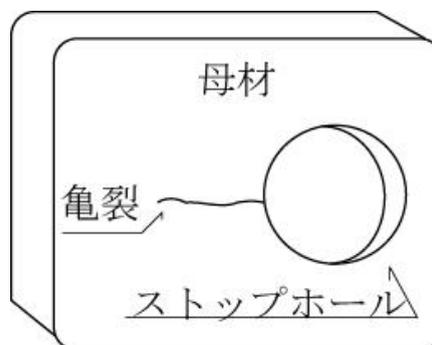


図3 母材にある時の孔

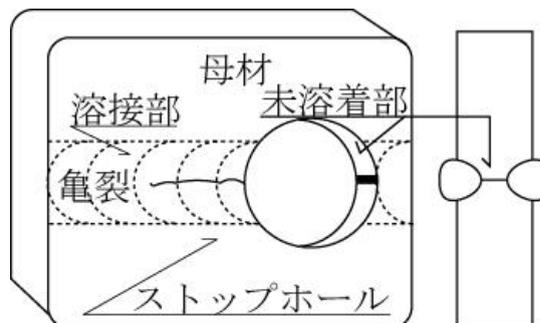


図4 ルートに沿って進展する亀裂

応力状態を検討した。

2. 解析モデル

本研究で用いた解析モデルの形状と寸法を図5に示す。本研究では、横方向突き合わせ溶接継手を対象とした。

解析パラメータは以下の通りである。

ストップホールの大きさは半径 $12.5 \cdot 10 \cdot 8\text{mm}$ の3種類、未溶着部の大きさは $12.8 \cdot 10 \cdot 6.8\text{mm}$ の3種類である。ストップホールは止端部を中心にあげたもの(図6)と未溶着部を中心にあげたもの(図7)の2種類であり、本研究ではそれぞれ対称性から1/4、1/8モデルを用いた。ストップホールをあげなかったもの3種類を併せて計21体の解析を行った。

本研究ではFEMソフトMARCを用いて解析を行った。

公称応力が 1MPa となる一様引張荷重を全てのモデルで作用させた。

本報告では溶接線直角方向応力について比較検討した結果を報告する。

3. 解析結果

3.1 不溶着部長さの影響

図8は半径 10mm の円孔を未溶着部を中心にあげたモデルを用いて、未溶着部先端の応力に対する未溶着部長さの影響を検討したものである。円孔有りの未溶着部先端に応力集中が見られる。また、未溶着長さが長いほど応力値が高くなっている。

図9は同様のモデルを用いて溶接止端部の応力を比較したものである。

円孔の有無に関わらず、未溶着部が大きくなると止端部での応力は大きくなる。止端部の最大応力は図中に示す止端部とストップホールの交点Bには現れず、円孔での応力集中

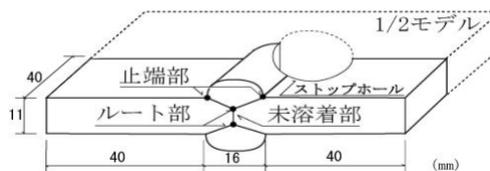


図5 モデルの形状と寸法

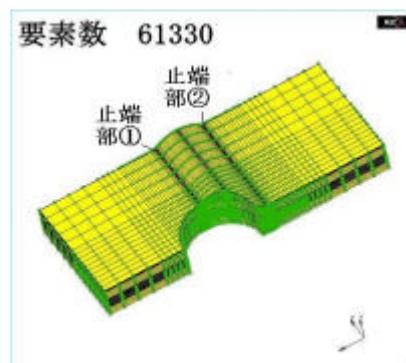


図6 止端部を中心にあげた円孔

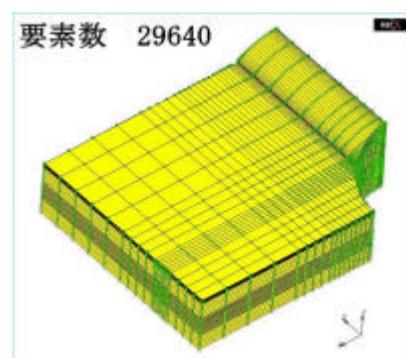


図7 未溶着部を中心にあげた円孔

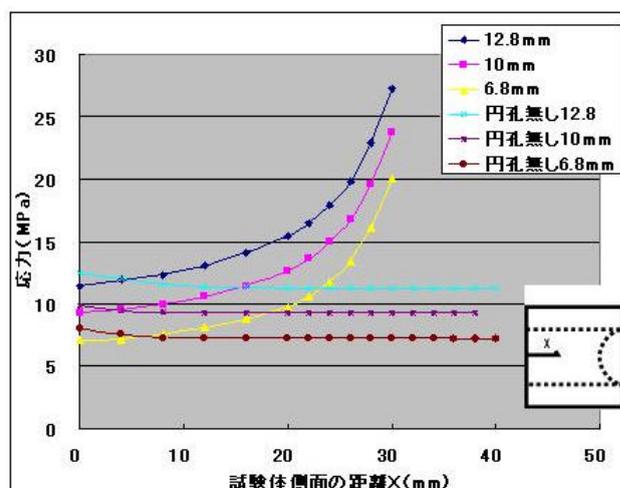


図8 未溶着部長さの影響（ルート部）

の影響は図中 A 点で最大値となり、B 点に向かって著しく低下している。また、未溶着長さが長いほど応力値が高くなっている。

3.2 円孔の大きさの影響

図 10 は未溶着部を 10mm とし、円孔を未溶着部を中心としてあけた場合の円孔の半径のルート部の応力分布への影響を比較したものである。円孔有りの未溶着部先端に応力集中が見られる。また、円孔の大きさが大きいほど応力値が高くなっている。

一般的に図 3 に示すような亀裂先端に設けた円孔壁面の応力は $2K/\sqrt{r}$ (K:円孔先端までを亀裂と考えた時の応力拡大係数、 r は円孔半径) で与えられるため、円孔の半径の増大に伴い、未溶着部と円孔との交点の応力は低下するものと期待していたが逆の結果となった。

これは、円孔と未溶着部のみをモデル化し、亀裂をモデル化していないこと又、応力分布を見てみると、残り断面全体で円孔の半径の増大に伴い応力が増大していることから、モデルの幅が十分ではなく円孔による断面減少の影響を大きく受けたためと考えられ、更なる検討が必要であると考えられる。

図 11 は同様のモデルを用いて円孔サイズの止端部応力への影響を検討したものである。

応力の最大値は円孔半径によらず、A 点に発生している。また、モデル幅の影響はルート部と同様に考慮しなければならないが、応力の最大値は円孔が大きくなるに従い大きくなっている。

円孔が大きくなるに従い止端部と円孔とが交わる角度が大きくなることも原因であると思われる。半径 8mm の時には止端部と円孔が接するために試験体幅方向中央は応力が 0 になっている。

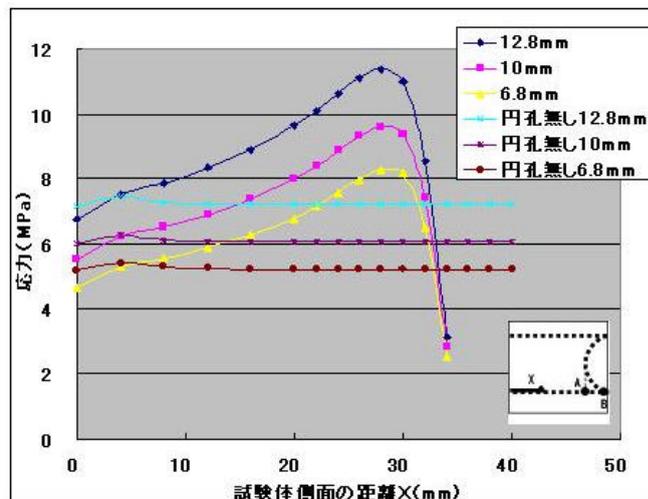


図 9 未溶着部長さの影響 (止端部)

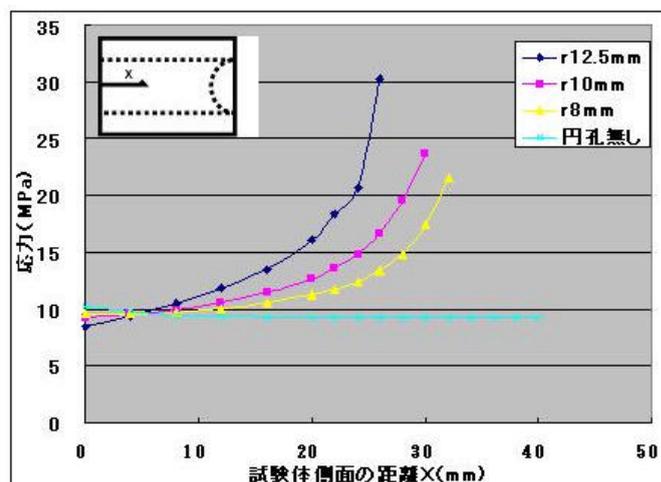


図 10 円孔の大きさ影響 (ルート部)

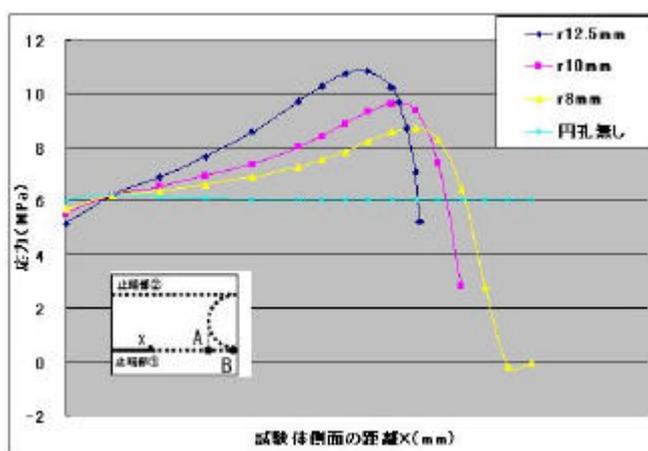


図 11 円孔の大きさ影響 (止端部)

3.3 円孔の位置の影響

次に、未溶着部長さを 10mm、円孔の半径を 10mm と固定して、円孔の位置の影響を検討した。図 12 は未溶着部先端の応力を示したものであるが、図中には、円孔を設けなかった時の解析結果も併せて示している。

円孔を中心に設けた時には未溶着部と円孔の交点で最大の応力となっているが、円孔を止端部を中心として設けた時には応力の最大値が円孔壁面には生じていない。又、応力の最大値を比較すると、止端部中心に孔を設けた方が著しく小さいことが分かる。

止端部の応力分布を図 13 に示す。円孔中心を止端部にずらすことにより、未溶着部の応力集中を減らすことができたが、逆に止端部では円孔縁での応力集中の影響を直接受けるために溶接部中心に円孔をあける場合より応力が大きくなっている。又、円孔との交点の応力は、円孔無しの場合の約 2.5 倍であり、要素寸法をより細かくすることにより円孔の応力集中係数である 3 倍に近付くことが予想される。

逆に止端部の応力分布を図 14 に示すが、円孔を止端部にずらすことにより、円孔の背面になる領域が増え、又、円孔から遠くなることにより、応力の値が小さくなっている。

4.まとめ

以上の結果より応力が集中し最大となる位置は、止端部ルート部に関わらず、円孔先端（A 点）であり、必ずしも円孔との交点ではない。円孔背面では応力が低くなっている。

また、円孔の大きさ、円孔の位置により、止端部、ルート部共に応力が大きく影響を受ける。

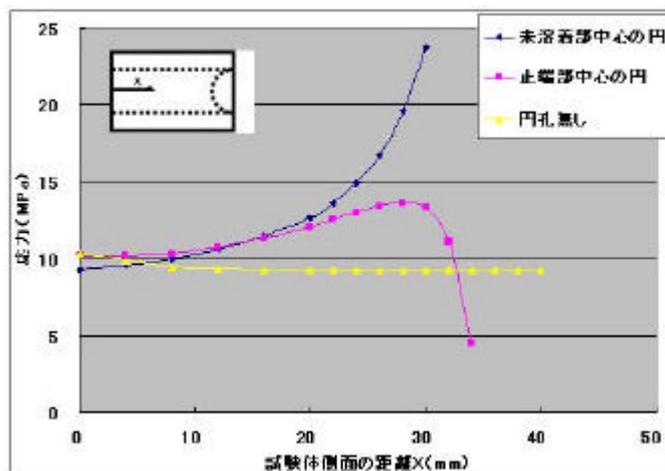


図 12 円孔位置の影響（ルート部）

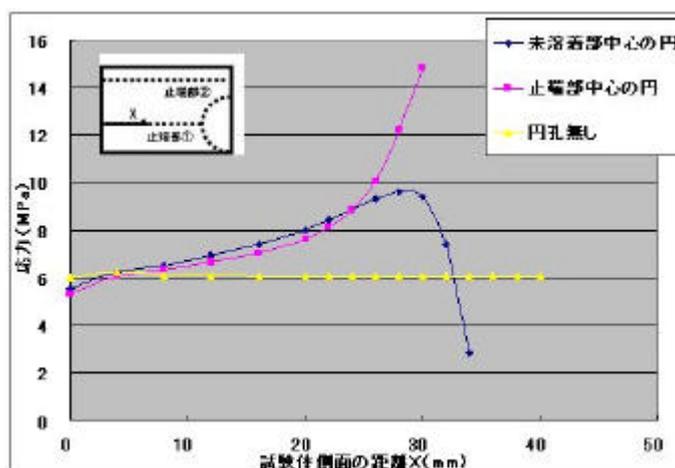


図 13 円孔位置の影響（止端部）

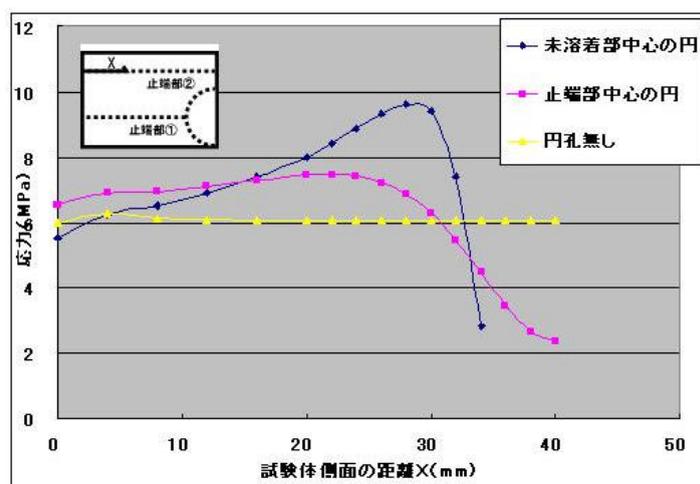


図 14 円孔位置の影響（止端部）