

図4にルート破壊時のき裂経路例を示す。ルート部で発生した疲労き裂は、いずれの試験体も溶接金属(以下 WM)を貫通後に母材(以下 BM)を進展し、最終破断へと至っていた。また、BMの疲労き裂は、貫通WM側と同じルートから発生するもの(図4a)と貫通WM側と反対のルートから発生するもの(図4b)が観察された。そこで、有効切欠き応力を用いてこのき裂経路の考察を行った。

4. 有効切欠き応力の算出

ルート部に半径1mmの円を設置したモデル(フルモデル, 図5)を用いて有限要素法によりルート部の有効切欠き応力⁽³⁾, ならびに応力集中係数 K_t (=有効切欠き応力/公称応力)を求めた。解析は、主板厚 $t=9, 12, 16, 20, 24, 36\text{mm}$ と溶接脚長 $s=3, 5, 7, 10, 13\text{mm}$ を組み合わせた計30ケースで実施した。図6にWM側の応力集中係数(き裂発生前) K_{t-W} と継手形状の関係を示す。WM側の応力集中は、脚長が短く、かつ板厚が厚いほど大きくなる、すなわちルート破壊が生じやすくなることが分かる。 K_{t-W} を脚長 s と板厚 t の比 s/t で整理したグラフを図7に示す。 K_{t-W} は s/t と良好な相関があり、 s/t が小さいほどルート部の応力集中が大きくなることがわかる。したがって、極厚材の溶接継手にUITを施工する場合、脚長管理が重要といえる。次に、1か所のルート部から発生した疲労き裂がWMを貫通した後のBM側応力集中係数 K_{t-B} を求めた結果を図8に示す。 K_{t-B} はWM貫通き裂を設けたルート部とリブ板反対(WM非貫通)側のルート部の両側でそれぞれ算出した。その結果、WM貫通側、非貫通側で K_{t-B} は s/t に関わらず、ほぼ等しくなることが明らかとなった。これは、ルート部が未溶着部でつながっているためであり、この応力状態が図4で示したような二通りのき裂経路を示した要因であると考えられる。

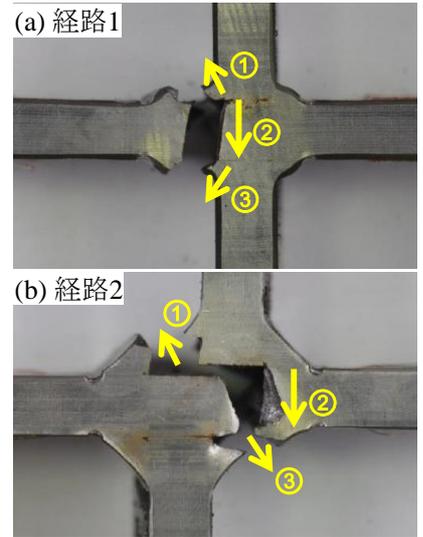


図4 疲労き裂経路写真

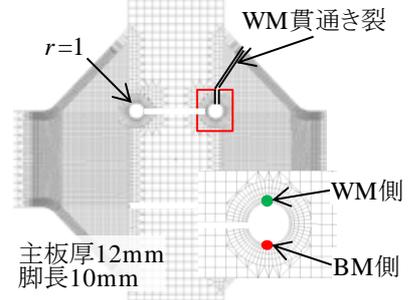


図5 有効切欠き応力計算モデル

5. 結言

UITを施した十字すみ肉溶接継手の疲労試験を行い、短寿命域では止端起点、長寿命域ではルート部起点で疲労き裂は発生することを確認した。また、FEMによりルート部の有効切欠き応力と継手寸法の間関係を調査し、ルート起点での疲労寿命の評価では、脚長と主板厚の比率が重要なパラメータであること、WM貫通後のき裂経路が二通りあることを示した。

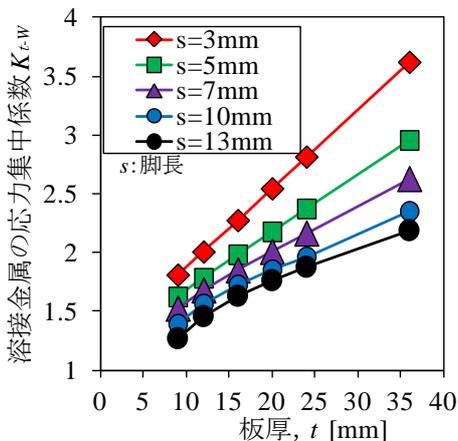


図6 ルート溶金側の応力集中と継手寸法の関係

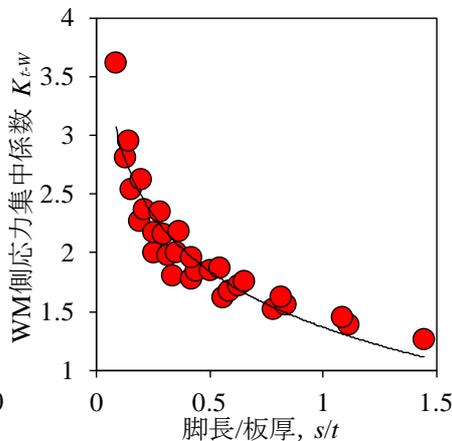


図7 ルート部WM側応力集中係数と脚長・板厚比の関係

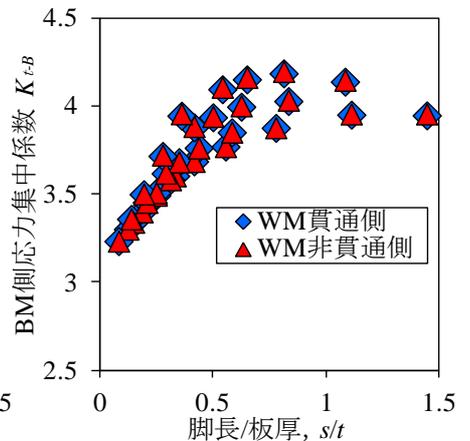


図8 WM貫通後のルート部BM側の応力集中係数と脚長・板厚比の関係

参考文献

- (1) T. Iwata, T. NIWA, Y. Tanaka, T. Ando, Y. Anai, IIW Doc. XIII-2604-15, 2015.
- (2) 森猛, 島貴広志, 田中睦人, 土木学会論文集 A1, Vol.70, No.2 (2014), pp.210-220.
- (3) A. F. Hobbacher, IIW Doc. IIW-2259-15, 2015.