

面外ガセット溶接継手の疲労強度の板厚効果に関する検討

芝浦工業大学 正会員 穴見健吾 ○大南壮史

法政大学 正会員 内田大介

表 1 各指針と板厚効果の取り扱い

JSSC	疲労強度の補正は不要
日本 道路協会	主板厚の 1/4 乗に反比例して低下する 補正係数を乗じる
IIW	主板厚の 0.1 乗に反比例して低下する 補正係数を乗じる

1. 研究背景・目的

溶接継手における継手寸法の疲労強度への影響は各疲労設計指針に反映されている。この現象は継手寸法に伴う構造的応力集中の増加が主要因である。しかし、面外ガセット溶接継手においては、表 1 に示す通り各指針での板厚効果についての取り扱いが異なり、その解明が望まれている。この継手形式は三次元的な継手寸法パラメーターが応力集中に影響を与える一方、実橋梁レベルの継手寸法での疲労強度データが少ないことから、より幅広い継手寸法パラメーターを考慮した検討が望まれる。本研究では、疲労き裂進展解析ソフト Franc3D を用いて小型から実橋梁サイズまでの幅広い継手寸法に対し、き裂進展解析を行うことで面外ガセット溶接継手の寸法効果を検討した。

2. 解析概要

面外ガセット溶接継手を模擬した解析モデルは、有限要素解析ソフトにて作成した。また、解析に用いた継手寸法を図 1 に示す。本研究では主板厚 T および主板幅 W を主なパラメーターとして検討している(図 1)。ガセット長さ L は 110mm を基本としているが、主板幅 W が 1000mm のモデルについては、 $L=300$ mm 及び 500mm についての検討を行っている。解析条件は、初期き裂を半径 0.1mm の半円形として止端部から長手方向 0.2mm 位置に導入し、き裂進展量を 0.01mm から徐々に増加させて解析を行った。また、作用応力範囲を 100N/mm^2 の一様引張とし Franc3D によるき裂進展解析により応力拡大係数 K 値を算出した後、修正 Paris 則を用いて JSSC の疲労設計指針に定められている平均設計曲線に従い疲労寿命を算出した。また、き裂深さが 1mm 時点をき裂発生寿命として観察し、き裂が主板厚を貫通した時点を疲労寿命として解析を終了した。なお、図 1 には Franc3D でのき裂進展状況の一例を示す。主板幅が小さい($W=100, 200$)モデルでは主板厚貫通前に主板幅を貫通し、その後すぐに板厚貫通に至るケースが一部見られた。なお、Franc3D の妥当性については、図 1 中に○で示した試験体寸法の疲労試験結果の疲労寿命と比較し確認している。

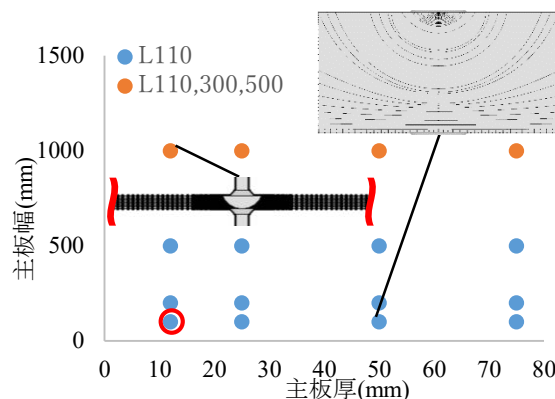
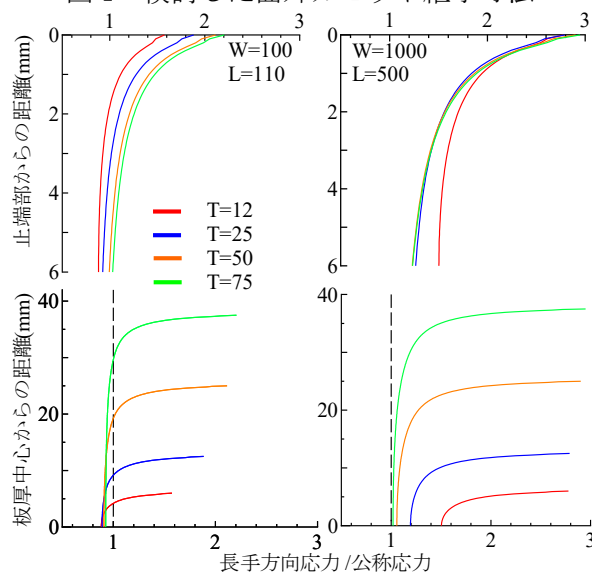
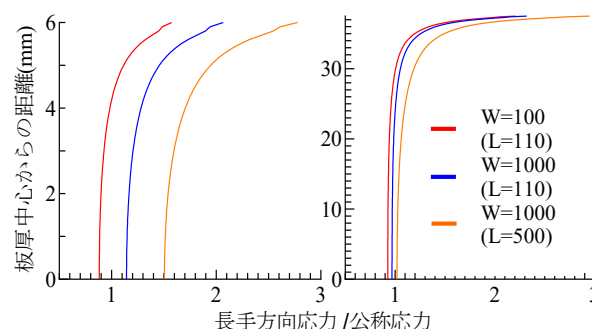


図 1 検討した面外ガセット継手寸法

図 3 長手方向応力分布(左 $W=100$ 、右 $L=500$)図 4 長手方向応力分布(左 $T=12$ 、右 $T=75$)

キーワード：板厚効果、疲労強度、面外ガセット継手、き裂進展解析

連絡先：〒135-8548 東京都江東区豊洲 3-7-5 芝浦工業大学工学部土木工学科 TEL: 03-5859-8352 e-mail: anami@sic.shibaura-it.ac.jp

3. 継手寸法の変化に伴う応力集中への影響

き裂進展には止端部応力集中やき裂進展面の応力分布が大きく影響する。図3に $W=100$ 、 $L=110$ および $W=1000$ 、 $L=500$ の場合の応力分布を示す。両モデルともに主板厚の増大に伴い止端部応力集中が大きくなっているものの、特に、 L 、 W の大きなモデルでは T の増大に伴う応力の増大は止端部近傍に限定され、板厚内部では T の増大により応力が小さくなる傾向が見られる。図4は $T=12$ 、75 の場合に L 、 W が変化した場合の応力分布を比較した。 L 、 W の増大により断面全体で応力が大きくなる傾向が見られるが、その傾向は主板厚が小さい方が板厚全体で顕著である。

4. 板厚効果と各寸法パラメーター

図5、6は疲労き裂進展解析の結果から求めたき裂発生寿命と疲労寿命から200万回疲労強度を求め主板厚との関係を示している。き裂発生寿命はどのモデルも主板厚増大に伴い主板厚の0.1乗に反比例して低下している。これは主板厚増大に伴い止端部およびその近傍の応力が増大することが原因と考えられる。一方、疲労寿命では主板厚が増加すると全ケースで疲労強度が増大する傾向が見られるが、 L や W が小さい寸法ではその傾向がほぼ見られず、 L と W ともに大きい寸法ではこの傾向が顕著に表れる。これは、主板厚増大に伴い止端部応力が増大しき裂発生寿命が短くなるものの、その後の応力集中領域外へき裂が進展し、板厚貫通までの進展寿命が主板厚増大に伴い大きな役割を占めているためと考えられる。主板厚との関係の傾きの差異は、主板厚が小さい場合には L 、 W の増大に伴い板厚全体で応力が大きくなっているのに対し、主板厚が大きい場合ではその L 、 W の増大による応力分布の差異が小さいことが要因であると考えられる。

上記解析で得られたき裂発生寿命と疲労寿命についてホットスポット応力範囲(=HSS)で再整理したS-N線図を図7、8に示す。HSS算出には2点外挿法を用い、JSSC疲労設計指針で示される0.4T-1.0T法、および止端部に近い外挿点を持つ4mm-6mm法の適用性について検討した。き裂発生寿命では止端部応力の変化をある程度反映できる4mm-6mm法を用いれば T 、 L 、 W の各寸法によらず概ね疲労強度を評価できている。一方で、疲労寿命では両手法ともに L 、 W の変化に伴う疲労強度の差異については評価できるものの、 T の違いについては $T=12\text{mm}$ と主板厚が小さいときに特にほかの主板厚と異なった位置にプロットされており、この点については更に検討が必要であると言える。

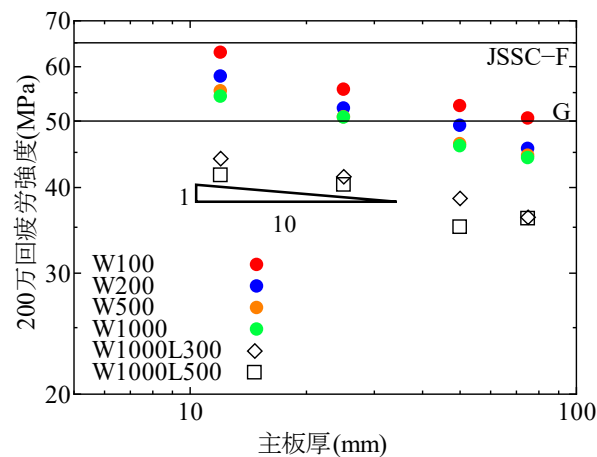


図5 き裂発生寿命(200万回疲労強度)

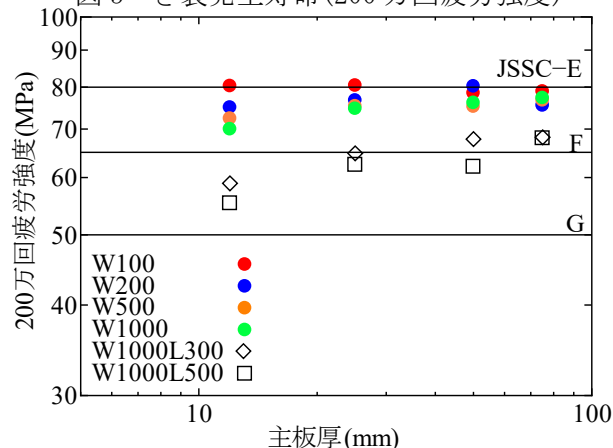


図6 疲労寿命(200万回疲労強度)

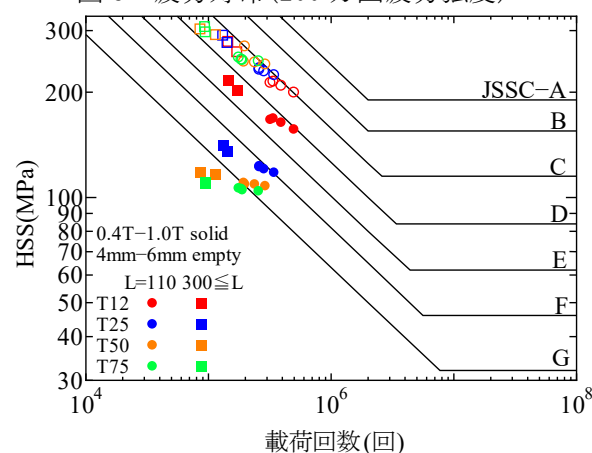


図7 HSSで整理したS-N線図(き裂発生寿命)

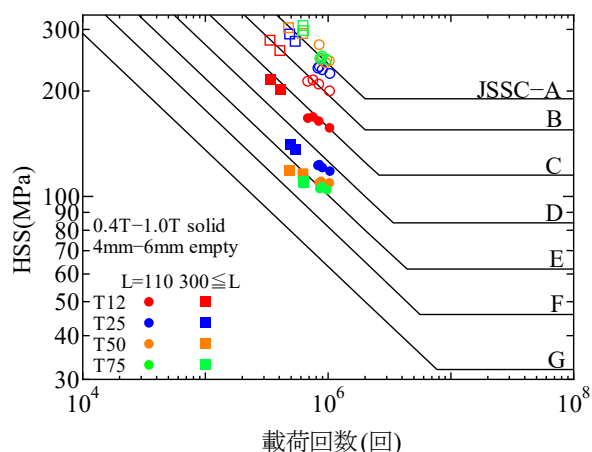


図8 HSSで整理したS-N線図(疲労寿命)