

グラインダ仕上げを行った面外ガセット溶接継手のルート破壊防止に関する検討

三井造船(株) 正会員 ○内田 大介
法政大学 正会員 森 猛
復建エンジニアリング 荒川 直樹

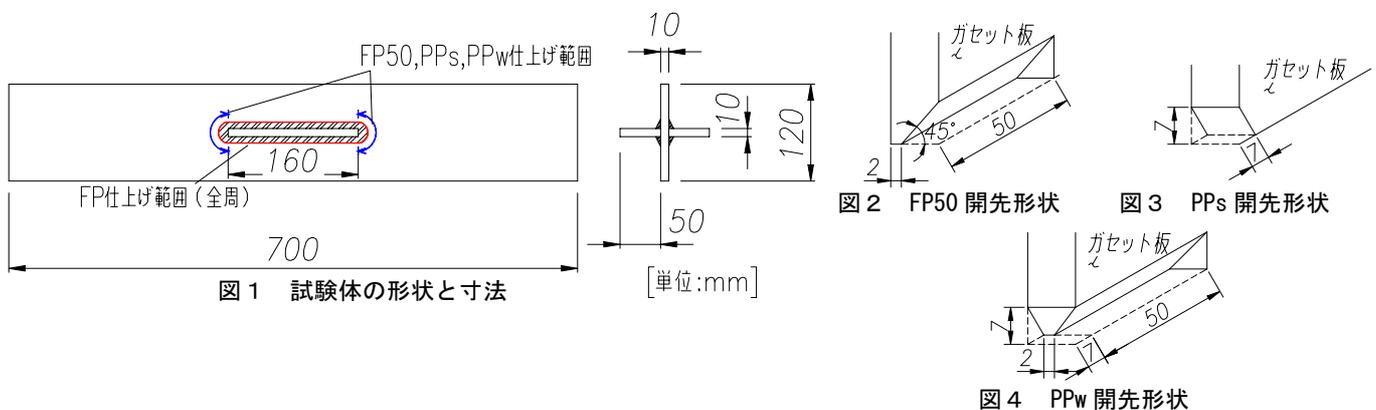
1. 目的

面外ガセット溶接継手の廻し溶接部の溶接止端部では、すみ肉溶接止端部の形状が不連続なために高い応力集中が生じ、疲労破壊が生じやすい。このため、疲労強度向上を目的にグラインダを用いて溶接止端部の形状を滑らかとして応力集中を軽減させることが多いが、この方法では、溶接止端部の疲労強度は向上するものの、溶接ルート部の疲労強度は改善されないため、溶接ルート部を起点とする破壊（以下ルート破壊）が生じるとされている。ルート破壊は外部からの検出が困難なため、維持管理上避けるべきと考えられる。そのため、日本鋼構造協会の鋼構造物の疲労設計指針・同解説（以降 JSSC 指針）や日本道路協会の鋼道路橋設計指針では、面外ガセット溶接継手部にグラインダ仕上げを行う場合は、完全溶込み溶接を施すことにより設計上の疲労強度等級を上げることが認められている。しかし、完全溶込み溶接を廻し溶接部以外の一般部を含めたすべての溶接部に施すことは効率的ではない。また、部分溶込み溶接でもルート破壊防止に有効であったという報告もあり¹⁾、廻し溶接部近傍の溶接溶込み量を確保すれば、グラインダ仕上げを行った場合でもルート破壊を防げると考えられる。

本研究では、面外ガセット溶接継手をモデル化した小型試験片の疲労試験と FEM 解析を行うことにより、廻し溶接部近傍の溶接溶込み深さと疲労破壊起点について検討した。

2. 試験体

供試鋼材は板厚 10mm の SM 490YA である。試験体の形状と寸法を図 1 に示す。ガセット板と主板の接合には CO₂ 溶接法を用いている。検討に用いた試験体は、AW 試験体、FP 試験体、FP50 試験体、PPs 試験体、PPw 試験体の 5 種類である。AW 試験体は（仕上げを行っていない）溶接のままの試験体であり、ガセット板は完全溶込み溶接で接合している。その他の試験体は、溶接溶込み深さは異なるが、溶接止端部の曲率半径 R が 5mm となるように、グラインダの一種である超硬バーで仕上げた試験体である。FP 試験体はガセット板全周にわたって完全溶込み溶接とした試験体、FP50 試験体は廻し溶接部から長手方向に 50mm の区間に開先角度 45°、ルートフェイス 2mm のレ形開先（図 2）をとり、ガウジングを行うことにより完全溶込み溶接とした試験体、PPs 試験体は角部コバ面のみを 7mm の 45°開先（図 3）、PPw 試験体は角部コバ面の 7mm の 45°開先に加えて、長手方向 50mm の区間にルートフェイス 2mm のレ形開先（図 4）を取り、部分溶込み溶接を施した試験体である。



キーワード 面外ガセット溶接継手, グラインダ仕上げ, ルート破壊, 疲労強度

連絡先 〒104-8439 東京都中央区築地 5-6-4 三井造船(株) 鉄構・物流事業本部 管理部 TEL03-3544-3687

3. 疲労試験

疲労試験は、動的能力 $\pm 500\text{kN}$ の電気油圧サーボ式多目的大型材料試験装置を用いて、軸引張荷重下で行った。疲労試験結果を図5に示す。図5中にはJSSC指針に示されている強度等級A~Gの設計 $\Delta\sigma$ -N関係も示している。大半の試験体は溶接止端から破壊したが、図中で白抜きで示したPPs試験体とPPw試験体はルート破壊(PPs: 9体中6体, PPw: 9体中5体)を起こした。図5に示すようにAW試験体はF等級、その他の試験体は破壊起点によらず、D等級を満たしている。また、ルート破壊した試験体の破断面から判断すると、未溶着部が疲労破壊の起点となっており、その位置はガセット板端面より試験体長手方向に、PPs試験体では5.0mm~6.5mm程度、PPw試験体では3.9mm~6.3mm程度であった。

4. 応力解析

4.1 試験体モデルの解析

PPs試験体を対象として、3次元FEM応力解析を行った。用いた要素は、8節点または6節点固体要素で、鋼材のヤング率は $2.06 \times 10^6 \text{N/mm}^2$ 、ポアソン比は0.3とした。未溶着部については忠実なモデル化が困難なため、図6に示すようにガセット板の全幅を矩形、あるいは三角形にモデル化した。試験体長手方向の溶接溶込み深さ P_w を角部コバ面の開先範囲(0mm~7mm)で変化させた場合の溶接止端あるいは未溶着部の応力集中係数(最大主応力/公称応力)と溶接溶込み深さの関係を図7に示す。未溶着部の形状や溶込み深さが溶接止端部の応力集中係数に与える影響は小さい。また、疲労試験でルート破壊の起きた溶接溶込み深さ5.0mm~6.5mmでは、未溶着部先端の応力集中が止端部の応力集中と同程度となっており、解析によりルート破壊する可能性を確認できる。

4.2 主板厚と溶接溶込み量が応力集中に与える影響

図8は主板厚 t を6,10,16,20,25mmに変化させたモデルで、それぞれ溶接止端と未溶着部の応力集中係数が同じとなる溶接溶込み深さを比較し、遷移区間をプロットした結果である。なお、未溶着部の形状は矩形とした。図の縦軸は溶接溶込み量、横軸は主板厚であり、図の左上の領域は溶接止端に比べて溶接ルートの応力集中係数が低く、ルート破壊が生じにくい領域となる。主板厚が6mmの場合は溶接溶込み深さによらず、すべてが止端の応力集中係数が高くなったため、プロットをしていない。図中に『溶接溶込み深さ=主板厚』とした場合の直線も示しているが、主板厚と同程度の溶接溶込み量を確保することにより、溶接ルート部からの破壊を回避できると考えられる。

参考文献

- 例えば、平山ら：面外ガセット溶接継手の疲労強度に対するグラインダ仕上げ方法の影響, 鋼構造論文集, 第12巻, 第45号, pp.111-121, 2005.

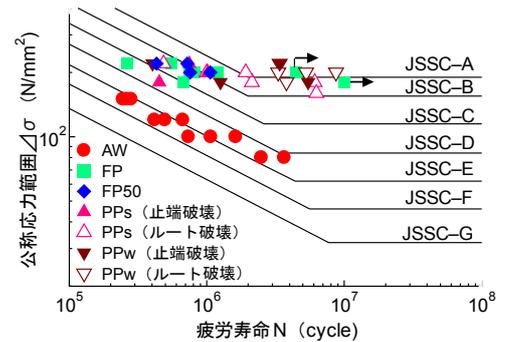


図5 疲労試験結果

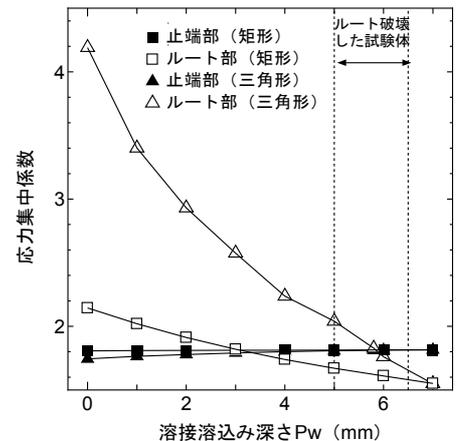
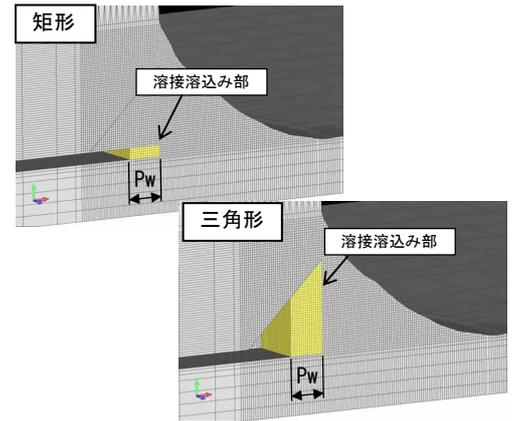


図7 PPs試験体の応力集中係数

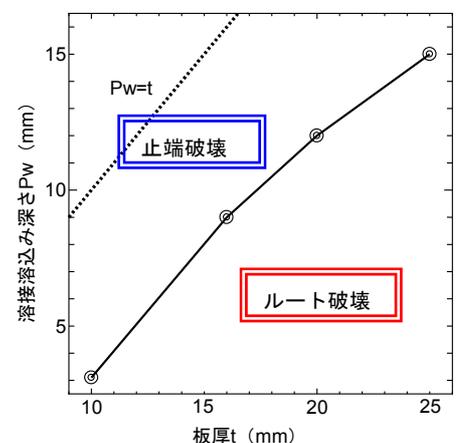


図8 ルート破壊を防止する溶接溶込み量