

グラインダー仕上げ手法に関する一考察(2) (研削深さに関する検討)

名城大学 学生会員 ○長瀬 雅司 芝浦工業大学 正会員 穴見 健吾  
 三井造船 正会員 内田 大介 トピー工業 正会員 山田 聡  
 川田工業 正会員 小笠原照夫 駒井鉄工 正会員 板垣 定範

1. 目的

「グラインダー仕上げ手法に関する一考察(1)」に示したように疲労強度向上効果は非常にばらつきが大きく、その原因として研削深さ、粗さなどの仕上げ表面性状、残留応力などが挙げられる。橋梁製作においては研削深さの上限を 0.5mm として管理しているケースも多いが、この研削深さに関する明確な基準は我が国にはない。そこで本研究では、荷重非伝達十字溶接継手および面外ガセット継手の止端部破壊を対象に、応力解析、疲労亀裂進展解析、及び疲労試験データベースの整理結果を用いて研削深さについて検討した結果を報告する。

2. 応力解析 (FEM 解析) および進展解析

十字溶接継手および面外ガセット溶接継手について FEM 解析を用いて仕上げ形状をパラメータとした応力解析を行った。参考に面外ガセット溶接継手の要素分割図を図-1 に示す。溶接止端部 (および仕上げ部) の形状作成手法を図-2 に示す。ここでは、主板と溶接ビードに接するように所要の半径を有する円を置き、その円を主板に直角方向に進めて仕上げ形状を作成した。止端部方向に円を進める解析も併せて行ったが、同一研削深さでは若干仕上げ部での応力集中は大きくなるが、現実的な研削深さでは大きな差異は見られないことを確認している。表-1 にそれぞれの継手形式の形状パラメータと検討範囲を示す。

応力解析より得られる応力分布を用いて重ね合わせの原理に基づく亀裂進展解析を行った。解析条件を表-2 に示す。図-3 に各継手の進展解析結果 (曲率半径 5mm) を示す。研削深さが小さいほど、仕上げ部の応力集中が低下し、疲労強度が向上していることが分かる。また、主板厚の増大に伴い疲労強度は低下するが、研削深さが大きいと疲労強度を逆に低下させることが分かる。なお、本報告には示していないが曲率半径の増大に伴い、仕上げ部の応力集中係数は小さくなり、疲労強度の向上効果は大きくなる。

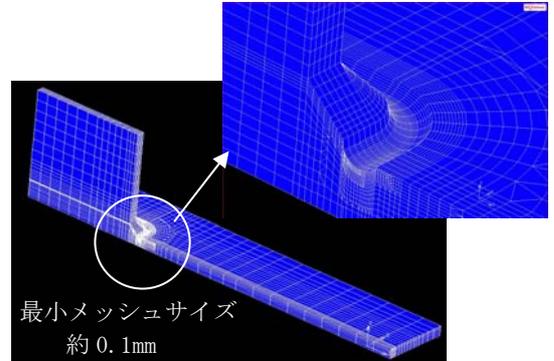


図-1 面外ガセット溶接継手の解析モデル

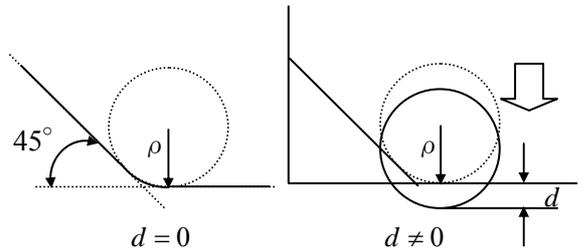


図-2 止端部及び仕上げ部の作成

表-1 応力解析パラメータ

	十字(2次元解析)	ガセット(3次元解析)
$\rho$	0.1 ~ 10 (mm)	1,3,5 (mm)
$d$	0 ~ 2.5 (mm)	0 ~ 4 (mm)
$T$	5 ~ 35 (mm)	13 ~ 36 (mm)
共通	脚長 8mm (等脚) L: 110 mm W: 100mm	

L: ガセット長さ, W: 主板幅

表-2 進展解析条件

Paris' Law $da/dN=C(\Delta K^m - \Delta K_{th}^m)$
$C=1.5 \cdot 10^{-11}$ mm/cycle $m=2.75$ $\Delta K_{th}=0.0$ MPa $\sqrt{m}$
初期亀裂: 半径 0.1mm の半円亀裂

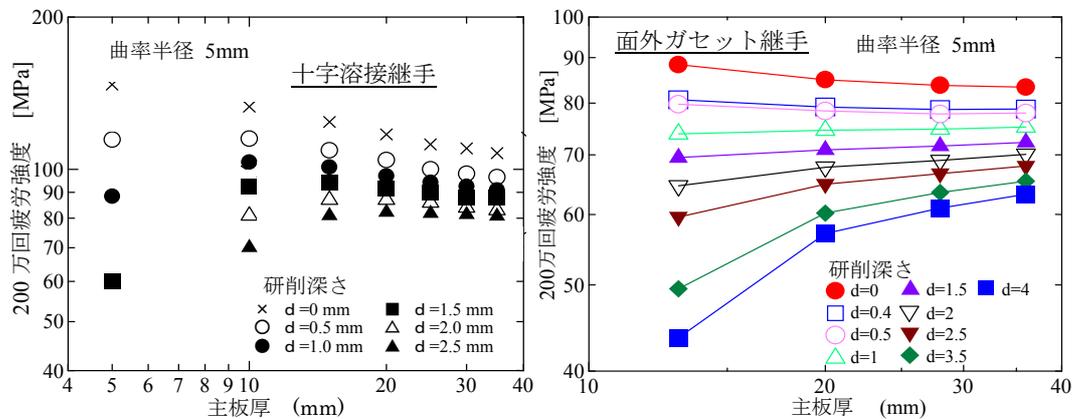


図-3 進展解析結果 (曲率半径=5mm)

キーワード: グラインダー仕上げ、疲労強度向上、研削深さ

連絡先: 穴見 健吾 (〒135-8548 芝浦工業大学 東京都江東区豊洲 3-7-5 03-5859-8352 anami@sic.shibaura-it.ac.jp)

### 3. 研削深さの検討-1

「グラインダー仕上げ手法に関する一考察(1)」に示したように、曲率半径が3mm以上の場合、その疲労試験結果のばらつきの下限値は荷重非伝達十字溶接継手の場合にはJSSCのC等級(板厚効果を考慮)程度、面外ガセット継手(L>100mm: G等級)の場合にはD等級(板厚が小さいデータしかないため、1/4乗則を用いて板厚25mmに換算するとD~E等級の間)にプロットされ、曲率半径による下限値の差異は小さい。そこでこの下限値を研削深さが0mmの場合と仮定し、そこから1等級分疲労強度が低下する、すなわち十字溶接継手の場合C等級がD等級になる、面外ガセット継手ではEがF等級になる研削深さを、曲率半径ごとに進展解析より求めた。このように考えることにより、それぞれの継手形式の非仕上げの場合の疲労強度等級から1等級向上させることができる研削深さについて安全側の検討ができるものと考えた。

図-4は、研削深さが0mmの時の疲労強度で任意の研削深さの時の疲労強度を無次元化したものを縦軸に、研削深さを主板厚で無次元化したものを横軸に取ったグラフであるが、検討範囲の範囲内では主板厚や曲率半径によらずほぼ同等の結果を示しており、十字溶接継手では、研削深さが主板厚のほぼ5%程度で、面外ガセット継手の場合には7%程度で、研削深さが0mmの場合の80%の疲労強度になっていることが分かる。継手形式による差異は、研削領域の差異(面外ガセット継手では、仕上げ部は板幅に対して非常に限定的)に依存するものと考えられ、十字溶接継手では面外ガセット継手の場合よりも研削深さの増大に敏感であると言える。

### 4. 研削深さの検討-2

前述したように、疲労試験データベースの整理では曲率半径が3mm程度以上になると疲労強度のばらつき下限値が殆ど変化していない。一方、進展解析結果からは、曲率半径を大きくすることにより疲労強度向上効果は増大する。そこでこの曲率半径を大きくすることによる向上効果の増大を考慮するため、曲率半径3mm(データベースより)、研削深さ0mm(主板厚25mm)を基準として、その疲労強度と各解析ケースの疲労強度を比較したのが図-5(十字溶接継手)である。なお、参考までに、一般的に研削深さを0.5mmとする場合が多いため、その疲労強度も指標として用いている。また、ここでは、それぞれの解析ケースの疲労強度を1/4乗則で板厚補正を行って用いている。

曲率半径が3mm、研削深さ0mmの場合の疲労強度の80%を下回る疲労強度を有する仕上げ形状は図中▽の領域であり、曲率半径の増大に伴い、可能な研削深さが大きくなっていることが分かる。この関係を図中Line-Aで示された直線で表すと以下の式で与えられる。

$$(\text{研削深さ} / \text{主板厚}) / \text{曲率半径} < 0.05 / 3$$

### 5. まとめ

本研究では、グラインダー仕上げによる研削深さについては、アンダーカットなどの欠陥を確実に除去するなど、止端部を確実に仕上げることを前提にして、研削深さの上限に関して一つの検討手法を示した。特に厚板で曲率半径の小さな場合の疲労強度データが不足している点もあり、今後はそのような領域での疲労試験や他機関での基準類との比較なども含めて、検討を行っていく予定である。

【謝辞】この検討は(社)日本鋼構造協会の「鋼橋性能・信頼性向上研究委員会」疲労耐久性向上部会(館石和雄 名古屋大学教授)の活動の一環として行われたものであることを付記します。

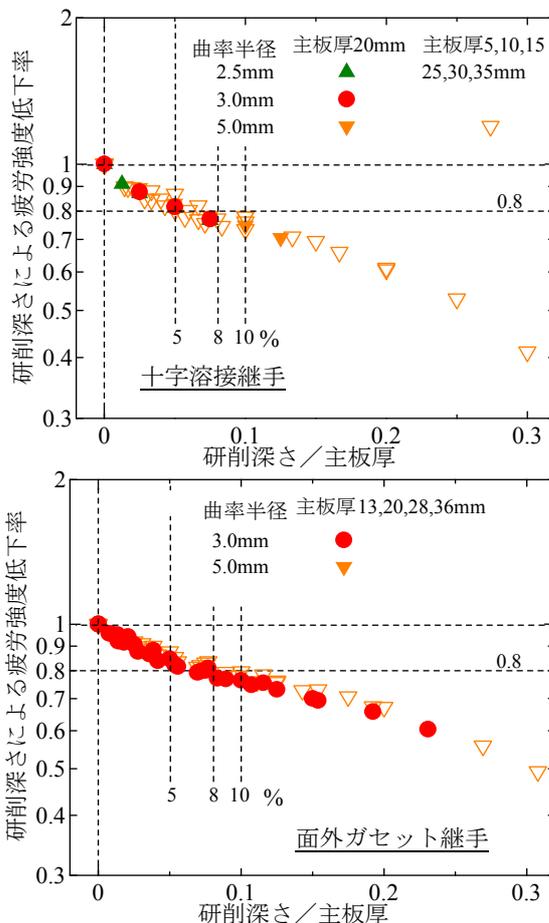


図-4 研削深さによる疲労強度の低下率

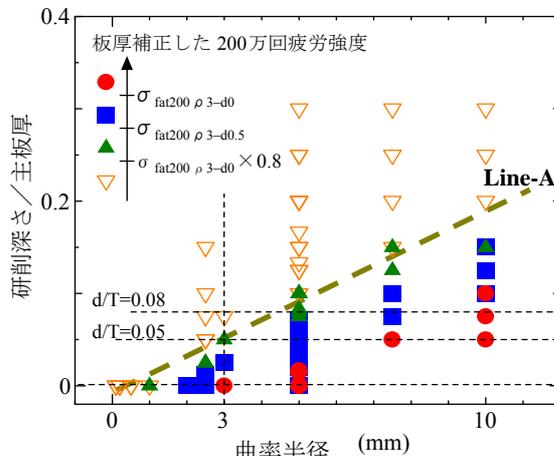


図-5 仕上げ形状と疲労強度の関係