

グラインダー処理による鋼製橋脚基部の極低サイクル疲労強度向上効果

名古屋大学 学生会員 ○永松 直樹 名古屋大学 正会員 判治 剛 名古屋大学 正会員 館石 和雄

1. はじめに

1995年1月に発生した阪神・淡路大震災では鋼製橋脚の溶接継手部にて極低サイクル疲労によるとみられる脆性的な破壊が報告された。溶接止端部より生じた極低サイクル疲労き裂に対しては、高サイクル疲労と同様にグラインダー処理により疲労強度を向上させることが可能であると考えられる。これまで比較的小型の溶接継手において、グラインダー処理による極低サイクル疲労強度向上効果が確認されている¹⁾。そこで本研究では、グラインダー処理を施した鋼製橋脚試験体に対して極低サイクル疲労試験を行い、部材試験体に対するグラインダー処理の効果を確認した。さらに、弾塑性有限要素解析によりグラインダー処理部の局部的なひずみ場を求め、局部ひずみによる極低サイクル疲労強度評価を試みた。

2. 試験体

図1に試験体の概要を示す。供試鋼材は板厚12mmのSM490YAである。局部座屈が生じにくい、幅厚比の比較的小さい厚肉の箱型断面を有する試験体とした。幅厚比パラメータは0.24である。溶接ままの試験体においてき裂の発生が報告されている柱とベースプレートの溶接部の柱側止端部に対して全周にわたりグラインダー処理を施した。柱部分の高さが550mmの試験体が3体、775mmの試験体が1体である。

3. 極低サイクル疲労試験方法

試験体は頂部と底部をボルトで固定し、頂部に水平方向の繰返し変位を与えた。表1に試験体名を示す。载荷パターンは変位振幅が一定($3\delta_y$, $6\delta_y$)のものと漸増するものの2種類とした。磁粉探傷試験によりき裂の発生・進展の様子を観察しながら試験を行った。

4. 試験結果

図2に示すように、き裂は角部フランジ側のグラインダー処理部に発見され、溶接線に沿って処理部内を進展した。き裂の進展により耐荷力が漸減し最終的な破壊に至っている。なお本試験では局部座屈は生じていない。

図3に溶接ままの試験体の試験結果²⁾とグラインダー処理試験体の試験結果を比較する。縦軸に公称ひずみ振幅を、横軸にき裂発見寿命をとっている。ここで、公称ひずみ振幅は梁要素を用いた解析によって得られた試験体基部のひずみ振幅である。図より、溶接ままの試験体の結果に比べてグラインダー処理のそれは長寿命側に位置していることがわかる。3~4倍程度の寿命の延びを確認できた。

5. 有限要素解析

試験体を対象として弾塑性有限要素解析を行い、止端処理部周辺の局部ひずみ場を明らかにした。図4に解析モデルの例を示す。止端処理部近傍はソリッド要素を用いてモデル化し、処理部の形状は試験体の計測結果を参考にした。処理部の要素

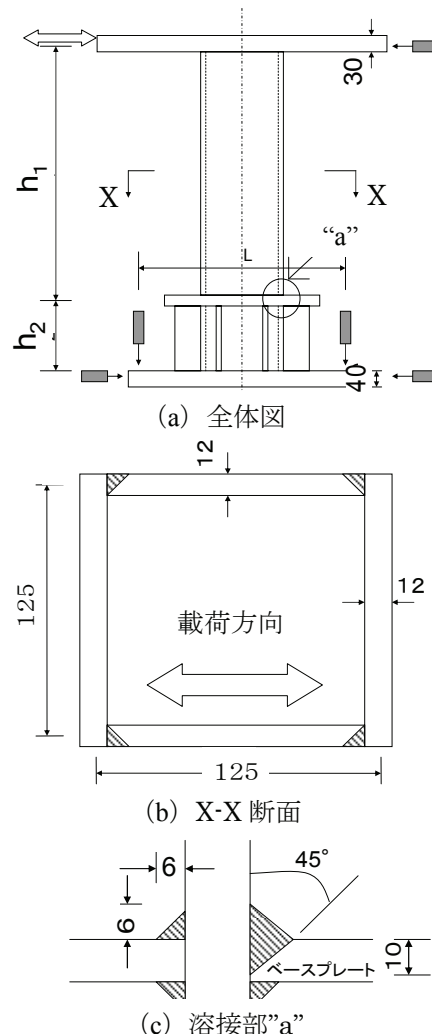


図1 試験体

表1 試験体名

P1I	漸増変位振幅载荷 ($h_1=550\text{mm}$)
P1C6	$6\delta_y$ の一定変位振幅载荷 ($h_1=550\text{mm}$)
P1C3	$3\delta_y$ の一定変位振幅载荷 ($h_1=550\text{mm}$)
P2C6	$6\delta_y$ の一定変位振幅载荷 ($h_1=775\text{m}$)

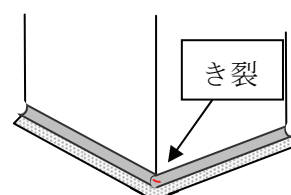


図2 き裂発生位置

キーワード 鋼製橋脚, 極低サイクル疲労, グラインダー処理, 疲労強度向上法

連絡先 〒464-8603 名古屋市千種区不老町 名古屋大学大学院工学研究科 TEL: 052-789-4620

サイズは曲率半径の 1/10 程度とし、降伏応力は 380MPa、ヤング係数は 2×10^5 MPa、ポワソン比は 0.3 とした。構成則はバイリニア型、2 次勾配はヤング係数の 1/100 とした。硬化側には移動硬化則を用いた。実験と同様に、橋脚頂部に繰り返し変位を与えて解析を行った。

図 5 に解析によって得られた局部ひずみ振幅とき裂発見寿命の関係を示す。図中の曲線は材料レベルの極低サイクル疲労強度曲線である。この関係式の疲労寿命は 0.5mm のき裂を発見した時の繰り返し数であり、今回の試験結果 (2mm 程度) とき裂長が異なるため、き裂が 0.5mm から 2mm 程度まで進展するのに要する繰り返し数を考慮すると、今回の結果はおおよそ熱影響部の疲労強度曲線を下限としてプロットされると推測される。き裂発生点である止端処理部には熱影響部が位置することからも、熱影響部の強度曲線を用いることは妥当であると考えられる。同様のことが溶接継手レベルの検討でも示されている¹⁾。したがって、鋼製橋脚のような構造部材にグラインダー処理を施した場合でも、き裂発生点の局部ひずみを求めることができれば、熱影響部の疲労強度曲線と照らし合わせることでより極低サイクル疲労寿命を予測可能であるといえる。

6. グラインダー処理の適用範囲の検討

本研究では、柱とベースプレート溶接部全周を対象としてグラインダー処理を施した。しかし角部のひずみ集中の範囲を考えると、これは過剰である可能性が高い。そこで、疲労強度の十分な向上が期待できる最適な処理範囲を解析的に検討した。止端処理の範囲は、全周、角部から 12mm, 24mm, 30mm (板厚は 12mm) と未処理 (溶接まま) の 5 パターンとした。図 6 に示すように処理部と未処理部 (溶接ままの部分) の境界は滑らかに変化するようにした。処理部の曲率半径と処理深さはそれぞれ 6mm と 0.4mm とし、溶接ままの止端部の曲率半径は既往の研究²⁾の計測値をもとに 1.3mm とした。

図 7 に解析の結果を示す。図より、処理範囲によらず角部のひずみ集中の度合いは同程度軽減されることが分かる。また処理部と未処理部の境界にてわずかなではあるがひずみ集中が生じていることがわかる。これらの結果を総合的に判断すると、角部から板厚の 2 倍程度の範囲を処理すれば十分な効果を得られるといえる。

7. まとめ

1) グラインダー処理は構造部材に対しても、極低サイクル疲労強度向上法として有効である。2) 構造部材にグラインダー処理を施した場合でも、き裂発生点の局部的なひずみと熱影響部の疲労強度曲線から極低サイクル疲労寿命予測が可能である。3) グラインダー処理は少なくとも板厚の 2 倍程度の範囲に適用すればよいといえる。

参考文献

- 1) Tateishi K. et al. Welding in the World, Vol.53, pp.R238-R245, 2009.
- 2) Tateishi K et al. Doboku Gakkai Ronbunshuu A, Vol.64 No.2,288-296, 2008.

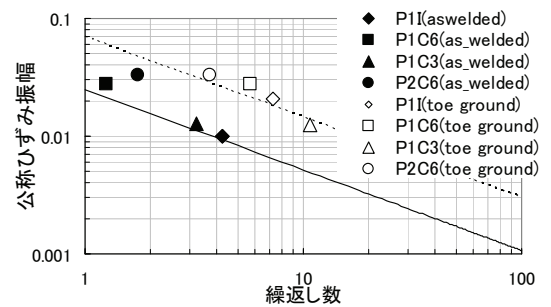


図 3 公称ひずみ振幅による試験結果の整理

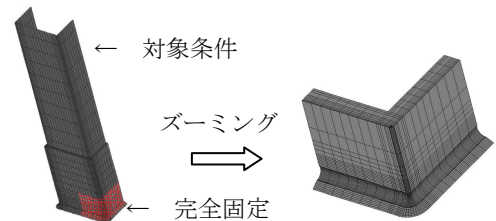


図 4 解析モデル

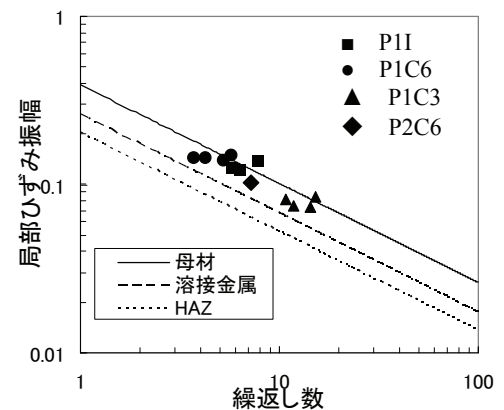


図 5 局部ひずみ振幅による試験結果の整理

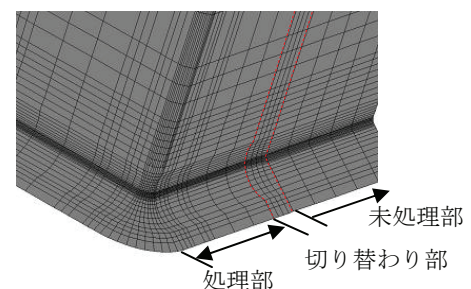


図 6 処理部と未処理部の境界

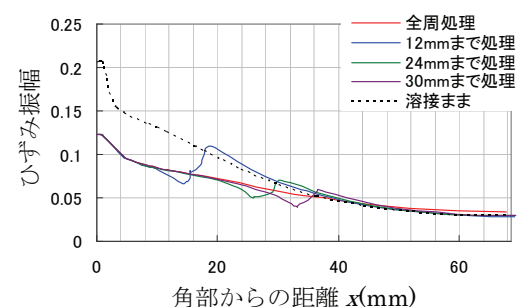


図 7 グラインダー処理範囲によるひずみの変化