

## ハンマーピーニングの実適用を目的とした溶接継手の疲労特性向上に関する研究

森影, 康

<https://doi.org/10.15017/1654852>

---

出版情報：九州大学, 2015, 博士（工学）, 課程博士  
バージョン：  
権利関係：全文ファイル公表済

氏 名 : 森影 康  
論文名 : ハンマーピーニングの実適用を目的とした溶接継手の疲労特性向上に関する研究  
区 分 : 甲

## 論 文 内 容 の 要 旨

造船分野や橋梁分野、圧力容器分野などの大型溶接鋼構造物においては、疲労現象による破壊が構造健全性担保に関して主要な問題と位置づけられる。橋梁においては鋼床板 U リブ接合部や箱桁の交差部より、船舶においては上甲板ハッチコーナー部などからの疲労亀裂発生が確認されている。これらの疲労亀裂に対しては、亀裂の発生が確認された段階で補修するという対応がなされており、維持管理コストの増大を招いている。橋梁分野では、一時期、東京都内などを走る首都高速道路の橋脚の溶接部に金属疲労による亀裂が多数見つかるなどの問題が発生し、集中的な補修がなされたこともある。また、近年の造船分野においては、省エネルギー（低燃費）競争が激化しており、鋼板の板厚減による船体軽量化への要求があるものの、腐食しろを考慮すると板厚は確保する必要があるため、母材の高強度化に対応した継手疲労強度の向上が期待されている。

継手疲労強度低下の要因となる溶接止端部近傍に生じている引張残留応力を緩和、あるいは圧縮残留応力の導入により継手疲労強度を向上させる手法も数多く検討されている。一方、新設の鋼構造物の疲労設計や既設構造物の保守（モニタリング）の観点から、疲労現象による破壊を未然に防ぐべく、疲労寿命予測の手法も多く提案され、現在も改良、発展を続けている。

上記の背景や従来知見を踏まえ、本論文ではハンマーピーニング施工による疲労強度向上対策を溶接鋼構造物へ適用することを目的に、ハンマーピーニング施工による溶接止端部形状の修正による応力集中の緩和及び止端部近傍への残留応力場の導入に着目し、その課題解決の指針を提案すべく一連の研究を実施している。ハンマーピーニング施工に用いるツールには複数のものが知られているが、本研究では簡便かつ新規設備導入コストの抑制の観点から、通常の溶接作業においてガウジングツールとして多用されているエアツールを採用している。

本論文は 6 章から構成されている。

第 1 章は緒論であり、研究背景、溶接継手の疲労強度向上手法に関する研究動向、研究目的について説明している。

第 2 章においては、ハンマーピーニング施工方法に関する検討と疲労強度向上効果検証に関する疲労試験を実施し、ハンマーピーニングの適用による溶接止端における応力集中緩和の効果と圧縮残留応力導入の効果を明確にした。ピーニングツールのピン先端形状を半円柱型として止端を打撃する方法、ピン先端形状を矩形として溶接金属周辺の止端に打撃する方法のいずれも、圧縮残留応力の導入効果と応力集中緩和効果により、溶接継手の飛躍的な疲労強度向上に寄与することを確認した。

第 3 章においては、溶接止端における応力集中が大きい面外ガセット溶接継手を評価対象としてピーニング施工後の疲労特性に及ぼす過大応力（予荷重）の影響について検証し、予荷重と溶接止端部における残留応力の関係および溶接継手の疲労特性の関係並びに、疲労寿命も疲労寿命改善対策として現状多用されているグラインダによる止端形状仕上げよりも改善することを確認した。

第4章においては、ハンマーピーニング施工により表層付近に導入した圧縮残留応力が、疲労亀裂発生後の疲労亀裂進展速度の遅延現象に及ぼす影響を示すことにより、ハンマーピーニングによる疲労寿命向上効果を疲労亀裂進展の観点から明確にした。ピーニングにより圧縮残留応力を導入することにより、疲労亀裂進展寿命にも効果があることを確認した。また、表層に圧縮残留応力を導入した場合でも、深さ方向への疲労亀裂進展抑制に寄与することも確認した。

第5章においては、ハンマーピーニング施工を実構造物を模擬した試験体に適用し、その効果を検証するとともに、寿命計算を実施することで構造体へのハンマーピーニング施工技術の適用により日本鋼構造協会の疲労等級で2等級以上向上することを立証し、実構造物におけるハンマーピーニング施工の有用性を確認した。

第6章においては、本論文で得られた結果と今後の課題についてまとめた。