

I-A193 900MPa級高強度鋼を用いた溶接継手部の疲労強度向上法

東京工業大学 正会員 穴見 健吾

東京工業大学 フェロー 三木 千寿

東京工業大学

山本 晴人

1. 研究の目的

近年、鋼橋の設計、製作の合理化に関する要求が高まっている。その一つの手法として、使用鋼材の高強度化が挙げられる。一般的に鋼素材の場合、鋼材強度が高くなると疲労強度も高くなる（材料強度依存性）。しかしながら、溶接継手の場合、鋼材強度が高くなっても疲労強度は高くない。また、大型桁試験体などの疲労試験結果から、大型溶接試験体では、鋼材強度が高くなると疲労強度が低下する、いわゆる疲労強度の材料強度逆依存性があることが報告されている。従って、鋼橋合理化のために高強度鋼を活用する場合、その高い鋼材強度を有効活用するためには、溶接継手部の疲労強度を向上させることが必要となる。ここでは、降伏点が900MPaを越える鋼材を用いて試験体を試作し、その試験体に止端部処理を施すことにより、高強度鋼の疲労強度向上を試みた。

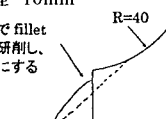
2. 試験体、及び疲労試験

表-1に、本研究で用いた900MPa級高強度鋼の機械的性質を示す。本研究では、縦リブ継手（ウェブガセット）を対象に検討を行った。図-1には小型継手試験体、桁試験体の形状を示す。また、本研究で行った溶接、及び止端部処理の概略を表-2に示す。縦リブすみ肉溶接継手では、止端部処理を施すことにより溶接止端部の疲労強度が向上すると、疲労亀裂の発生箇所が溶接止端部から溶接ルート部に移動し、継手としての疲労強度が溶接ルート部の疲労強度以上に向上しない。そこで、本研究では、溶接ルート部での疲労亀裂の発生を防止することを目的として、図-2に示す開先を設けて部分溶け込み溶接を施した。疲労試験は、小型継手試験体では繰返し引張载荷、桁試験体では繰返し4点曲げ载荷により、ともに応力比をほぼ0で行った。また、ここでは比較のために、SM570材を用いて製作した同様の試験体（母材板厚16mmである以外、形状、処理方法は本試験体と同じ）の疲労試験結果も併せて示す。

表-1 使用鋼材の機械的性質

降伏点：967 MPa	引張強度：970 MPa
伸び：23 %	

表-2 溶接材料、及び止端部処理の概略

溶接材料	TIG 処理
等質溶接：YM-80C （降伏点 760MPa）	電圧 20V 電流 250A
軟質溶接：LB-47A （降伏点 400MPa）	移動速度 150mm/min 予熱温度 50℃
ハンマーピーニング処理	グラインダー処理（桁）
圧縮空気：6kgf/cm ² ハンマー先端直径：12mm 打撃速度：43 打/sec 移動速度：1.2 mm/sec 処理前にグラインダー処理	先端半径 10mm Grindingでfilletも含めて研削し、なめらかにする 

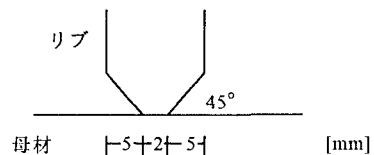


図-2 開先形状

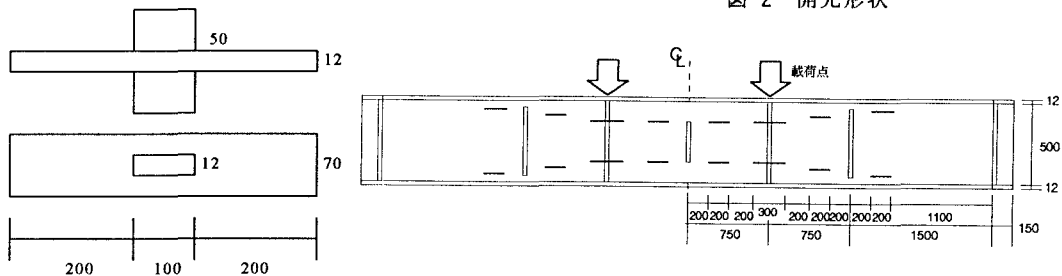


図-1 疲労試験体（小型縦リブ継手試験体、大型桁試験体）

[mm]

キーワード：高強度鋼、溶接継手、疲労強度向上法

〒152 東京都目黒区大岡山 2-12-1 （Tel 03-5734-2596）

3. 疲労試験結果

(1) 縦リブ溶接継手試験体：図-3に縦リブ溶接継手試験体の疲労試験結果を示す。

- 溶接まま試験体では、SM570材の疲労強度とほぼ同等の疲労強度であり、母材板厚、止端部形状の差異は有るものの、溶接継手部の疲労強度は鋼材強度非依存であるという結果が得られた。
- 本研究で行ったTIG処理、ハンマーピーニング処理ともに、疲労強度向上効果が見られている。しかし、TIG処理ではその処理効果は非常に小さい結果となった。一方、ハンマーピーニング処理試験体では、非常に大きな疲労強度向上効果が得られている。
- ハンマーピーニング処理試験体では、疲労亀裂はルート部から発生しており、その溶接ルート部の疲労強度もSM570材のルート破壊をした試験体の疲労強度とほぼ同等であった。
- 溶接材料の軟質化による疲労強度向上効果は見られていない。また軟質溶接継手部、等質溶接継手部に向上処理を施した試験体の間には、疲労強度の向上効果の差異は殆ど見られなかった。
- 図-4にハンマーピーニング処理面形状の測定結果を示す。900MPa級材、SM570材ともにハンマー先端径以上に処理部半径が改善されているが、900MPa級材では鋼材硬度が高い為にSM570材に比して母材のへこみ量が非常に小さいことが分かる。図-5に長手方向残留応力の板厚方向分布の測定結果を示すが、SM570材の測定結果と比較すると、圧縮残留応力の導入されている領域は若干小さくなるが、処理面付近ではSM570材より大きな圧縮残留応力が導入されていることが分かる。従って、形状変化による応力集中低減、及び圧縮残留応力の導入効果により、ハンマーピーニング処理は、900MPa級材でも大きな疲労強度向上効果が期待できると考えられる。

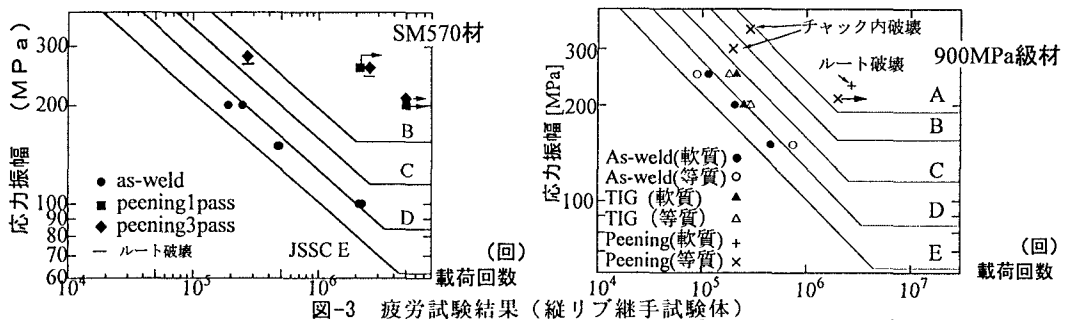


図-3 疲労試験結果（縦リブ継手試験体）

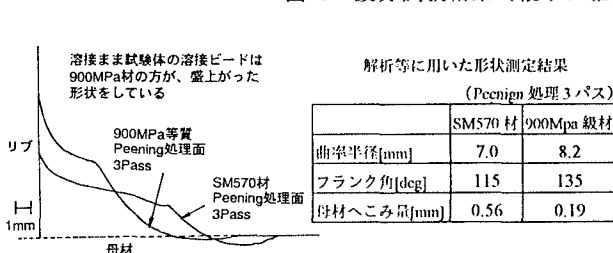


図-4 ハンマーピーニング処理面形状

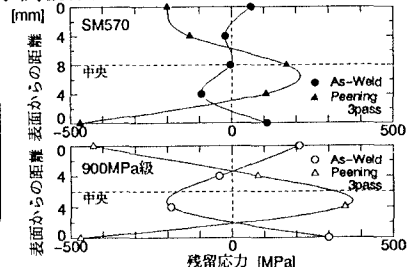


図-5 溶接残留応力測定結果

(2) 桁試験体：図-6に大型桁試験体の疲労試験結果を示す。ここではウェブガセットの結果のみ示す。現在、実験を継続中であるが、溶接ままの継手の多くに溶接止端部から疲労亀裂が発生している。溶接ままの疲労強度は非常に低く、JSSCのH等級をも下回っていた。TIG処理、グラインダー処理、ハンマーピーニング処理では、疲労亀裂の発生がなく、大型桁試験体においても、全ての処理により疲労強度の向上効果が得られた。

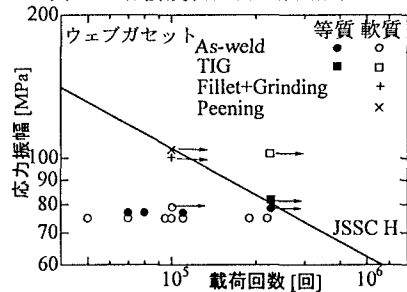


図-6 疲労試験結果（桁試験体）

謝辞：本研究を行うに際し、試験体の製作や、貴重なご意見を頂いた東京工業大学創造プロジェクト研究体「高性能鋼の橋梁への利用技術研究会」のメンバーの方々に深謝致します。