

異種金属で溶接止端を被覆することによる 鋼十字すみ肉溶接継手の疲労強度改善の可能性

法政大学 学生員 村上 貴之

法政大学 正会員 森 猛

(株)日本舗道 高橋 龍之介

1. はじめに

鋼十字すみ肉溶接継手の疲労強度は疲労亀裂の発生する溶接止端の応力集中を緩和することにより改善されることが知られている。溶接止端の応力集中を緩和して疲労強度を向上させる方法としては、グラインダーや TIG-dressing などで溶接止端の曲率半径 ρ を大きくし形状を滑らかにする方法が一般的である。また、既存の溶接止端に付加溶接を行い、フラック角 θ を大きくすることにより溶接止端の形状を滑らかにする方法もある。本研究ではこのような従来の方法ではなく、溶接止端に鋼材とヤング率の異なる金属材料を付加することを考えた。この方法による疲労強度改善の可能性を模索するため、ここでは、単純化したモデルを用いた応力解析、そしてその結果に基づいた疲労亀裂進展解析を行い、付加金属のヤング率と寸法が継手部の応力集中と疲労強度に及ぼす影響について検討する。

2. 解析方法

解析対象は図 1 (a) に示す脚長 8 mm のすみ肉溶接で組立てられた荷重非伝達型十字すみ肉溶接継手である。溶接止端のフラック角 θ は 135° 、曲率半径 ρ は 0.5mm とした。この溶接止端に脚長 3mm、5mm、8mm の異種金属を図 1 (b) のように付加した。また、付加金属のヤング率が疲労強度に及ぼす影響を検討するため、付加金属のヤング率を母材(鋼材)の 0.2、0.4、0.6、0.8、1.0、1.2、1.4、1.6、1.8(以後ヤング率比と呼ぶ)とした。これらの単純化したモデルについて、最小要素寸法を 0.5mm とした有限要素応力解析を行った。さらに、応力集中部となり、疲労破壊起点となると予想される溶接止端部と付加金属止端部については、その部分の要素の 1 部を取り出し、最小要素寸法 0.025mm に分割し直し、先の解析で得られた節点変位を拘束条件として解析を行った。この解析により得られた応力分布を基に疲労亀裂進展解析を行い、100 万回疲労強度を求めた。疲労亀裂進展解析においては、初期亀裂を深さ 0.1mm の半円形とし、限界亀裂の深さを 20mm とした。疲労亀裂進展速度表示式 ($da/dN - \Delta K$ 関係) としては、日本鋼構造協会の「鋼構造物の疲労設計指針・同解説」に示されている平均設計曲線を用いた。

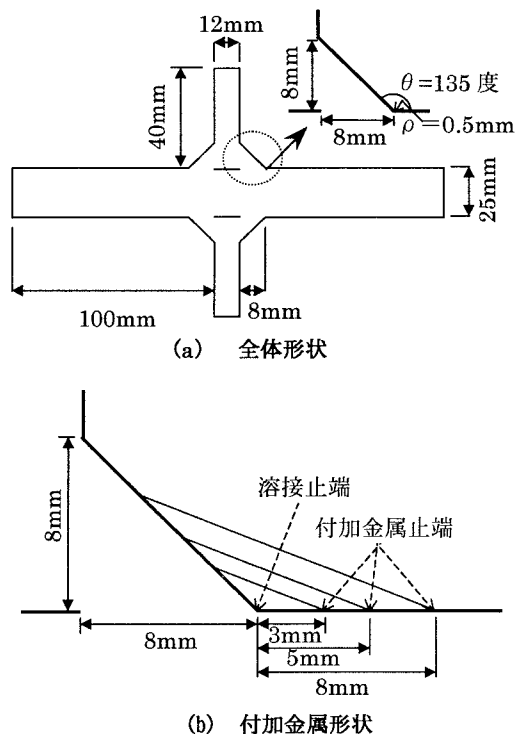


図 1 解析対象

キーワード	鋼十字すみ肉溶接継手	疲労強度	溶接止端	異種金属の付加	ヤング率
連絡先	住所	〒184-8584 東京都小金井市梶野町 3-7-2	法政大学工学部		
電話番号	042-387-6291				

3. 解析結果

応力解析によって求めた溶接止端及び付加金属止端の応力集中係数とヤング率比の関係を図2に示す。いずれのヤング率比においても、溶接止端の応力集中係数は付加金属により軽減されている。その軽減の程度は、ヤング率が大きいほど顕著となっている。それに比べて付加金属の大きさの影響は小さいものの、付加金属が大きくなるにしたがって応力集中係数も小さくなっている。逆に、付加金属止端での応力集中は、ヤング率が大きいほど高くなっており、ヤング率比が1.4を越えると、付加金属なしの場合の応力集中よりも高くなっている。溶接止端と付加金属止端の応力集中係数は、ヤング率比が0.3~0.4程度で交わっており、これ以下のヤング率比では、溶接止端から疲労亀裂が生じることになる。内部から生じる疲労亀裂の検出が難しいことを考えれば、付加金属のヤング率は鋼材の0.4以上として疲労亀裂の起点を付加金属止端とすることが望ましい。

そのような条件のモデルを対象として、付加金属止端から疲労亀裂が発生し進展することを想定した疲労亀裂進展解析を行い、これより求められた100万回疲労強度とヤング率比との関係を図3に示す。ヤング率比が1以下の領域では、疲労強度がかなり改善されている。例えば、ヤング率比を0.4とすると、付加金属がない場合と比べて55%~60%程度改善されている。しかし、ヤング率比が1.2を越えると、その疲労強度は付加金属がない場合よりも低くなり疲労強度の改善は期待できない。次に、100万回疲労強度と付加金属脚長との関係を図4に示す。いずれのヤング率比においても、付加金属の大きさが疲労強度に及ぼす影響は小さい。

4. まとめ

ヤング率の低い金属を鋼十字すみ肉溶接継手の溶接止端に付加することにより、疲労強度が改善される可能性が確かめられた。ここで対象としたモデルにおいて継手内部からの疲労亀裂の発生を防止するためには、付加金属のヤング率を鋼材の0.4程度以上とする必要がある。ヤング率が鋼材の0.4程度の金属としては亜鉛が考えられ、その付加方法としては溶射などが考えられる。今後、異種金属の付加方法や付加した金属の形状、そしてその疲労強度に対する実験的な検討を行いたいと考えている。

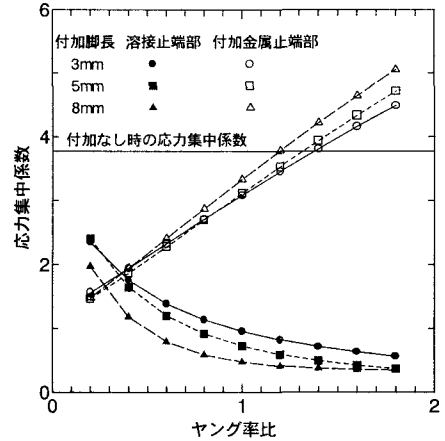


図2 応力集中係数とヤング率比の関係

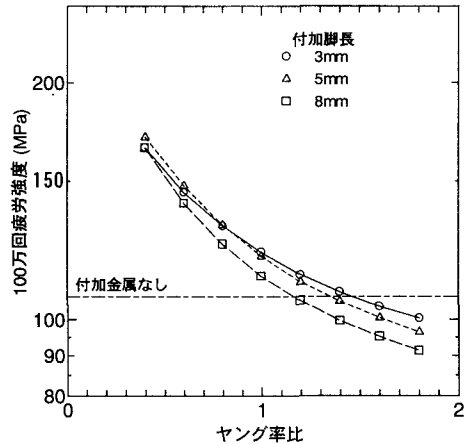


図3 100万回疲労強度とヤング率比の関係

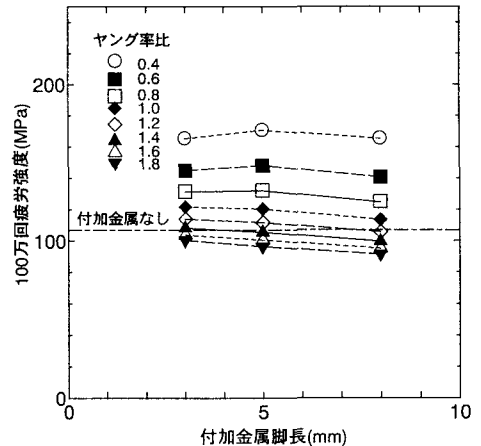


図4 100万回疲労強度と付加金属脚長の関係