

十字すみ肉溶接継手の疲労破壊起点の検討

法政大学	学生員	一宮 充
法政大学	正 員	森 猛
名古屋大学	正 員	貝沼 重信

1. はじめに

荷重伝達型十字すみ肉溶接継手の疲労破壊の起点は、高い応力集中が生じる溶接ルート部あるいは溶接止端部となる。これらの破壊起点は板厚や溶接脚長、溶け込み深さなどによって変化する。また、応力範囲レベルによっても変化する、すなわち高応力範囲レベルではルート破壊、低応力範囲レベルでは止端破壊しやすいことも知られている。しかし、その原因については不明である。本研究では溶接ルート部の溶接残

留応力に注目した疲労試験と疲労亀裂進展解析を行うことにより、応力範囲レベルによる破壊起点変化について検討する。

2. 試験方法および解析方法

供試鋼材はJIS SS400であり、その降伏点は315MPa、引張強さは451MPa、伸びは32%である。試験体の形状および寸法は図1に示すとおりである。疲労試験は残留応力の影響を受けやすい下限荷重一定試験(最小荷重1kN)と影響を受けにくい上限荷重一定試験(最大荷重100kN)の2シリーズで行った。試験体の残留応力を測定するため、図2(a)に示すように試験体にひずみゲージを貼付し、その周りを点線のように切断することにより溶接部の残留応力を測定した。

疲労亀裂進展解析は、図3に示すように溶接止端部および溶接ルート部から疲労亀裂が発生・進展する2つのケースを対象とした。これらの解析では、亀裂長さに対する応力拡大係数範囲(ΔK)を疲労亀裂進展速度 da/dN との関係に代入することにより疲労亀裂の進展をシミュレートし、これを初期亀裂から限界亀裂まで繰り返すことにより疲労寿命を推定する。初期亀裂は、止端破壊の場合は半径0.05mmの半円形の表面亀裂とし、ルート破壊の場合は未溶着部を初期亀裂と考えた。限界亀裂は、止端破壊の場合は亀裂深さを板厚の80%とし、ルート破壊の場合は脚長 $\times 0.8 + \text{板厚}/2$ とした。これらの疲労亀裂の ΔK は、止端破壊する場合にはAlbrechtらの式を、ルート破壊する場合にはFrankらの式を用いた。ただし、ルート破壊する場合には、亀裂進展に有効に作用する ΔK をK値が正の領域での変動幅とした。すなわち、繰り返し荷重による ΔK に圧縮残留応力による負のK値を加えたも

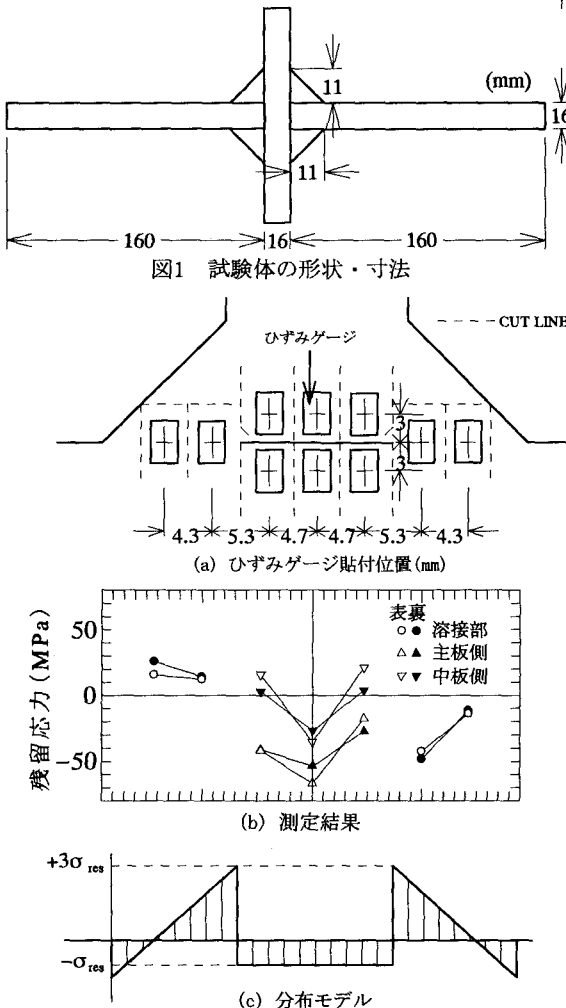


図2 残留応力分布

のが亀裂進展に有効に作用すると考えた。なお、圧縮残留応力によるK値はエネルギー法により求めた。 $da/dN-\Delta K$ 関係としてはJSSC疲労設計指針の平均設計曲線を用いた。

3. 結果および考察

図2(b)は残留応力の測定結果である。未溶着部に $-20 \sim -60 \text{MPa}$ 程度の残留応力が生じている。これは溶接後の溶接金属の収縮により未溶着部分が密着され、圧縮したためと考えられる。図2(b)で示した値は溶接部表面のみでの測定結果であり、内部での分布は不明である。ここでは、薄い同様な試験体で測定された残留応力分布¹⁾も参考とし、大胆ではあるが図2(c)のように残留応力分布をモデル化した。

疲労試験結果を図4に示す。破壊の起点はいづれの試験体においても溶接ルート部であった。図中の実線、破線はそれぞれ上限荷重一定、下限荷重一定の疲労試験結果の回帰直線である。高応力範囲レベルでは上限荷重一定試験と下限荷重一定試験での疲労寿命はほぼ一致しているが、低応力範囲レベルになると下限荷重一定試験の疲労寿命が長く、その差は応力範囲レベルが小さいほど顕著となっている。

疲労亀裂進展解析結果を図5に示す。図中に示す点線群はそれぞれルート破壊する場合の疲労亀裂進展解析結果を示しており、その際未溶着部の残留応力(σ_{res})を -10 、 -20 、 -50MPa としている。 σ_{res} が -20MPa のときに下限荷重一定試験結果と、 0MPa のときに上限荷重一定試験結果とよく一致している。また、これらに比べて実線で示す止端破壊する場合の疲労強度は高く、疲労試験で止端破壊が生じなかったことと対応している。また、ルート破壊の解析で σ_{res} を -50MPa とした場合の疲労寿命は、高応力範囲レベルでは止端破壊に比べて短く、低応力範囲レベルでは長い。すなわち、高応力範囲レベルではルート破壊、低応力範囲レベルでは止端破壊が生じることになる。このように応力範囲レベルによって破壊起点が変化するときの残留応力と溶け込み深さの関係を検討した結果を図6に示す。

参考文献

1) 貝沼重信・森猛・川嶋克昌：荷重伝達型十字すみ肉溶接継手のルート部から発生する疲労亀裂の進展性状、土木学会第47回年次学術講演会講演概要集第1部、I-125、1992。

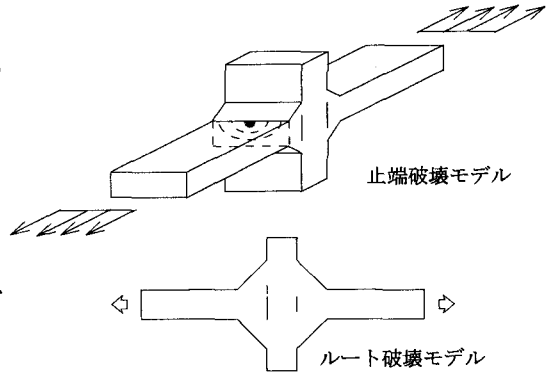


図3 疲労亀裂進展解析対象

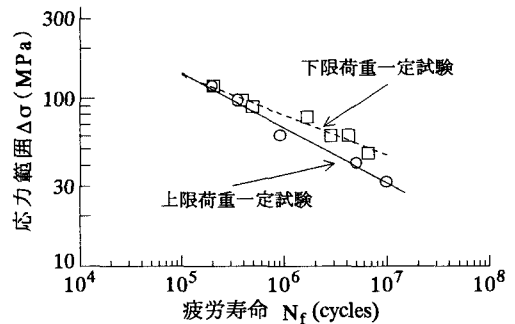


図4 疲労試験結果

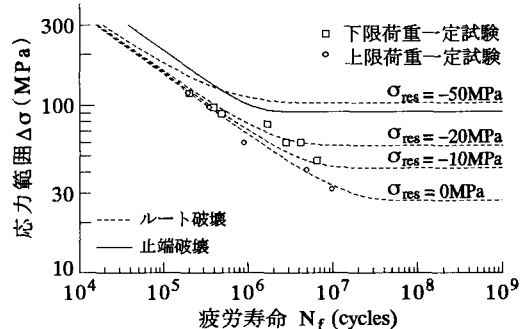


図5 疲労亀裂進展解析結果

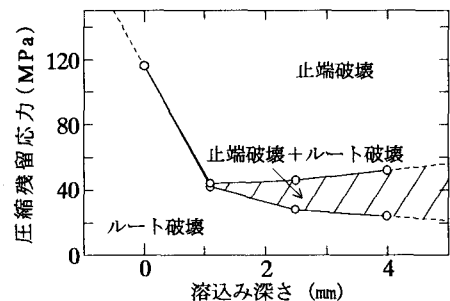


図6 破壊起点の検討