

I-390

リブ十字溶接継手の長寿命領域における疲労挙動

名城大学 正員 近藤明雅

名古屋大学 正員 山田健太郎

1. まえがき

道路橋は、死荷重の他に複雑で応力振幅の異なる変動荷重を受けている。このため、合理的な疲労寿命の評価を目指すならば実働荷重による疲労試験結果の利用が望ましい。本研究では、一定振幅荷重および荷重振幅の頻度分布が異なる2種類の変動荷重を用い疲労試験を行い、その違いが疲労寿命に及ぼす影響を検討した。また、すみ肉溶接継手の疲労寿命は、溶接止端形状の影響を受ける。このため、疲労試験体の止端角 θ と止端半径 ρ を測定し、疲労き裂発生点の ρ 、 θ を検討した。さらに、実橋梁のすみ肉溶接継手の ρ 、 θ の測定を行い、疲労試験体の ρ 、 θ と比較した。

2. 疲労試験と結果

試験体は、材質 SM520B のリブ十字すみ溶接肉継手で、試験体の寸法を図-1に示す。溶接止端部は全て非仕上げとした。変動荷重による疲労試験では、荷重振幅の頻度がベータ分布に従う2種類の変動荷重を用い、試験を行った。図-2にその2種類の荷重振幅の頻度分布を示す。いずれの変動応力も下限応力 σ_{min} を20MPaと一定にした。

疲労試験結果を図-3に示す。一定振幅の疲労試験結果を△と◇印で示す。△印は試験体の幅が100mm、□印は70mmの結果であり、200万回疲労強度は133MPaである。荷重振幅が高応力側(BETA1)に偏った変動振幅荷重による疲労試験結果を○と□印で示す。等価応力範囲が $\sigma_{req} = 95\text{MPa}$ で疲労試験を行った3体の試験体のうち2体は、繰返し回数が602万回と742万回で破断した。1体は、繰返し回数が4000万回を越えても破断しなかった。 $\sigma_{req} = 90\text{MPa}$ と85MPaで試験した2体は、3100万回を越えても未破断であった。このことから、この変動荷重の疲労限はこの辺りにあると思われる。荷重振幅が低応力側(BETA3)に偏った場合の結果を●と■印で示す。疲労試験を行った9体の試験体はすべて破断した。 $\sigma_{req} = 70\text{MPa}$ で試験を行った2体の試験体は、2039万回と2426万回で破断した。このように、応力範囲の頻度分布が低応力側(BETA3)に偏った場合の疲労限は、高応力側(BETA1)に偏った場合より低くなる。

疲労き裂進展解析結果を図-3に示す。解析結果は実験値より疲労寿命が短くなる傾向にある。等価応力が高応力範囲領域での疲労寿命は一定振幅応力と変動応力のどちらも同じであが、疲労限を比較すると、一定振幅応力では71MPa、作用応力が高応力側(BETA1)に偏った変動応力では59MPaであった。作用応力が低

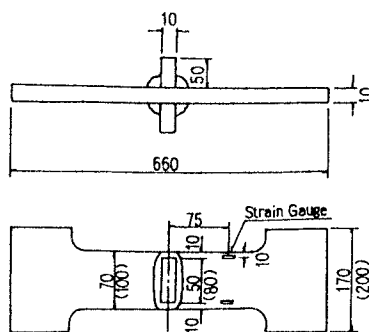


図-1 疲労試験体

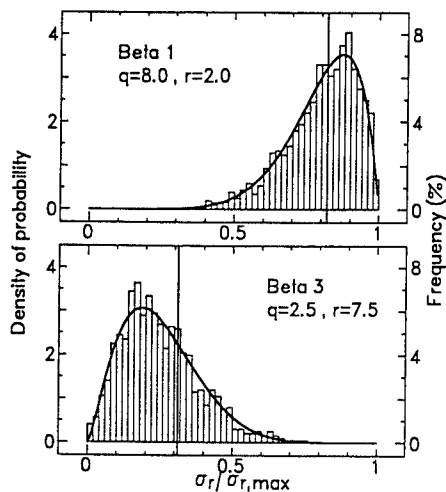


図-2 変動荷重振幅の頻度分布

応力側（BETA3）に偏った変動応力では、繰返し回数1億回で疲労限（29MPa）は現れなかった。

解析では、初期き裂深さ a_0 を0.05mm、最終き裂深さ a_f を8.5mmとし、すみ肉溶接継手の溶接止端形状は止端角 θ を45°、止端半径 ρ を0.2mmとした。材料定数は、 $C=9.69 \times 10^{-12} \text{ m}/(\text{MPa} \sqrt{\text{m}})^3$ 、 $m=2.9$ を用い、 $\Delta K_{th}=2.5 \text{ MPa} \sqrt{\text{m}}$ とした。

3. 止端形状の測定と結果

すみ肉溶接継手では、図-4に示す溶接止端形状、特に止端半径 ρ が、疲労寿命に影響する。疲労試験体と実橋梁部材のすみ肉溶接止端部の止端形状の測定を行った。歯科印象材を用いて溶接止端部の型取りを行い、硬化後厚さ1mm程度の薄片に分割した。この薄片を拡大投影機で10倍に拡大してトレースし、止端角 θ と止端半径 ρ を測定した。

疲労試験体と実橋部材で求めた ρ が対数席分布、 θ が正規分布すると仮定して平均値および95%信頼区間を求めた。疲労試験体と実橋部材の比較を図-5、図-6に示す。疲労試験体の止端半径 ρ は、平均値が0.67mm、95%信頼区間の下限界値が0.14mmである。実橋部材では、サブマージドアーク溶接、CO₂溶接および被覆アーク溶接の各溶接法にかかわらず、試験体とほぼ同じ平均値と95%信頼区間となった。止端角 θ は、疲労試験体で、平均値が56°、95%信頼区間が33~78°であるのに対し、実橋部材では、溶接方法により大きな違いがみられる。

4. まとめ

1) リブ十字溶接継手の変動応力疲労試験結果から、等価応力範囲が低応力範囲の領域では、荷重振幅の頻度分布が高応力側に偏った場合より、低応力側に偏った場合の方が疲労寿命が短くなる。

2) 疲労き裂進展解析結果より、変動応力が作用したときの疲労限は、一定振幅応力の場合より低くなる。また、作用応力の頻度分布が低応力側に偏った変動応力の疲労限は、高応力側に偏った場合より低くなる。

3) 実橋梁の止端形状の測定結果より、止端半径 ρ は、平均値、95%信頼区間とも疲労試験体とほぼ同じであるが、止端角 θ については溶接法でばらつきがみられた。

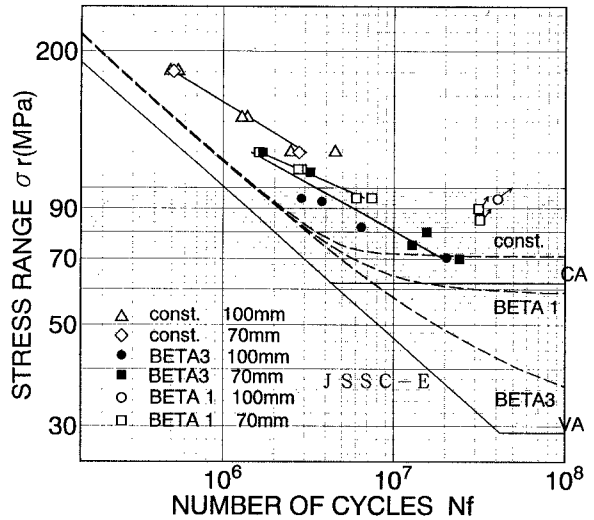


図-3 リブ十字溶接継手の疲労試験結果

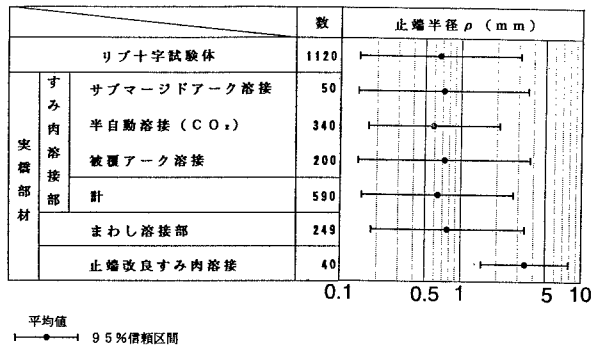


図-4 すみ肉溶接止端半径 ρ の比較

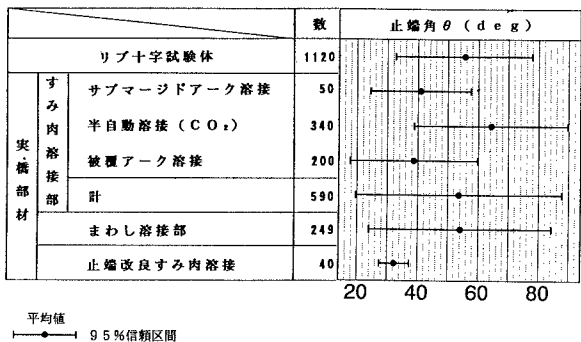


図-5 すみ肉溶接止端角 θ の比較