

東京工業大学 学生員 柏木洋之
 東京工業大学 正員 三木千寿
 東京工業大学 正員 森 猛

1. はじめに

鋼橋の疲労被害でウェブギャップに面外方向の強制的な変位が繰り返されることにより疲労き裂が生じることが非常に多い。このような疲労問題は設計時には全く考慮されておらず、従ってその疲労強度の検討もなされていなかった。そこで本研究では、面外曲げを受ける橋梁の部材をモデル化したすみ肉溶接部の試験体の曲げ疲労試験を行い、疲労強度に対する板厚の効果及び溶接止端部形状の影響を明らかにする。

2. 試験体及び試験方法

供試鋼材はSM50で試験体の形状と寸法は図1に示す通りである。SS、SM、SLで板厚の効果調べ、一般的なすみ肉溶接のAとまれし溶接のBとで溶接止端部形状変化の影響を調べる。疲労試験は動的能力土ちtonの電気油圧式疲労試験機により、繰り返し速度20~25Hzで行った。試験体の多くは疲労き裂の発生及び進展を調べる目的で、所定の繰り返し数毎に最大応力を一定にしたまま応力範囲を半載するビーチマーク試験を行っている。試験体の破面に残されたビーチマークを実体顕微鏡と金属顕微鏡で観察した。き裂は半楕円と仮定し、その寸法を深さ a 及び表面長さの半分 b で代表させた。

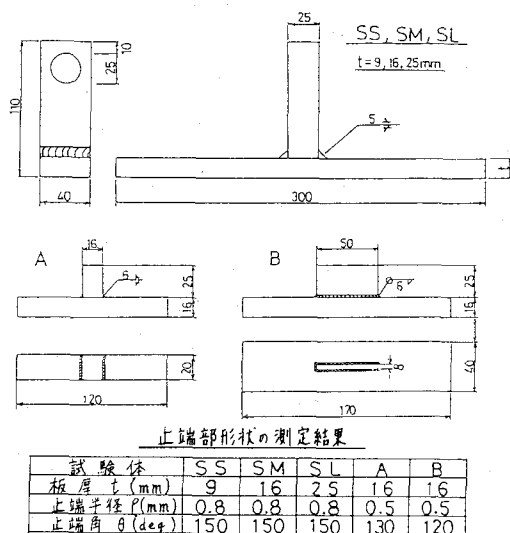


図1. 試験体の形状と寸法

3. 試験結果

疲労試験結果を図2と図3に示す。縦軸は公称曲げ応力である。比較のためにリブ十字継手の軸引張疲労試験結果も図中に示す。すみ肉溶接部の曲げ疲労強度は軸方向応力を受けた場合より高くなっている。図2では板厚が厚くなる程疲労強度が低くなっている。また図3では一般的なすみ肉溶接よりまれし溶接の方が疲労強度が低くなっている。

4. 疲労き裂の進展

疲労き裂の進展を破壊力学を用いて解析す

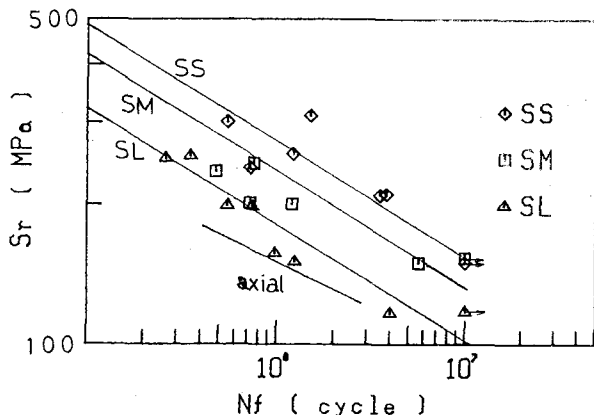


図2. 疲労強度に対する板厚の影響

る際、疲労きれつは板厚、板幅方向共に独立に進展すると仮定した。図4に示す半楕円きれつのA点、B点での応力拡大係数 K_A 、 K_B を求め、 $dN = C(\Delta K)^m$ (SM50の場合 $C = 1.8 \times 10^{-12}$, $m = 4$)とから以下のように疲労きれつ進展を解析した。なお K 値の算出方法を図4に示した。

- i) 疲労きれつの寸法と形状を与える。
(a_0 , b_0) の仮定
 - ii) a を a_0 より Δa だけ進展させる。
 - iii) ΔK_A , ΔK_B を求め、 a が a_0 より Δa だけ進展するのに要した繰返し数 Δn を求める。
 - iv) $\Delta b = \Delta a (\Delta K_B / \Delta K_A)^m$ より Δn 回繰返ししたとき b がどれだけ進展するかを求める。
 - v) 新たなきれつの寸法と形状 ($a_0 + \Delta a$, $b_0 + \Delta b$) が得られ、i) に戻って繰り返す。
- 初期値は各試験体のビーチマーク観察で得られた最小の値の他にすべての試験体について $a_0 = b_0 = 0.1 \text{ mm}$ についても解析を行った。この解析で得られた疲労きれつ進展性状を実験値と共に図4に示す。プロットが実験値、小さいプロットを結んであるものが解析値で、解析値は実験値と良く一致している。またこの手法を用いて寿命推定した結果を図2、図3に実線で示した。解析による推定寿命は実験結果と良く一致している。

5. まとめ

本研究で明らかとなった主な結果は以下の通りである。

- i) すみ肉溶接部の曲げ疲労強度は軸方向応力を受けた場合より高い。
- ii) 板厚が厚くなるほど疲労強度は低くなる。
- iii) 一般的にすみ肉溶接よりまわし溶接の方が疲労強度は低い。
- iv) 疲労きれつを半楕円と仮定し、 K_A , K_B を求めて解析する手法は有効である。

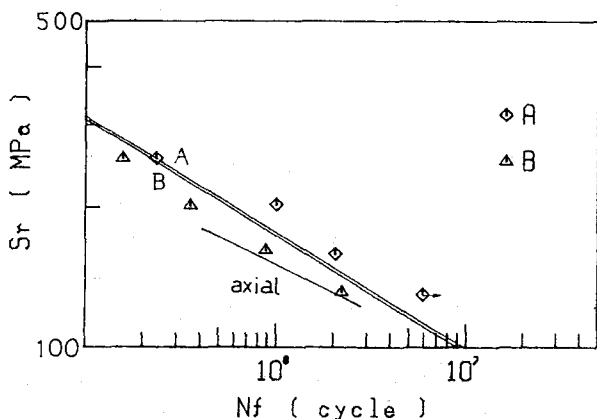
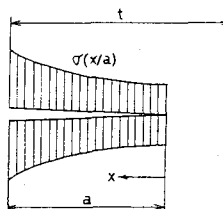


図3. 前面すみ肉溶接とまわし溶接の疲労強度



左図の記号できれつの両縁に任意の圧力分布 $\sigma(x/a)$ が作用している場合について次の結果がある。(有効範囲は $a \leq 0.5W$)

$$K_I = \sqrt{\frac{2a}{\pi}} \int_0^1 (\xi^{-\frac{1}{2}} + m_1 \xi^{\frac{1}{2}} + m_2 \xi^{\frac{3}{2}}) \sigma(\xi) d\xi$$

$$m_1 = 0.6147 + 17.184 \lambda^2 + 8.7822 \lambda^4$$

$$m_2 = 0.2502 + 3.2889 \lambda^2 + 10.044 \lambda^4$$

$$\xi = x/a, \lambda = a/t$$

図4. K 値の算出方法

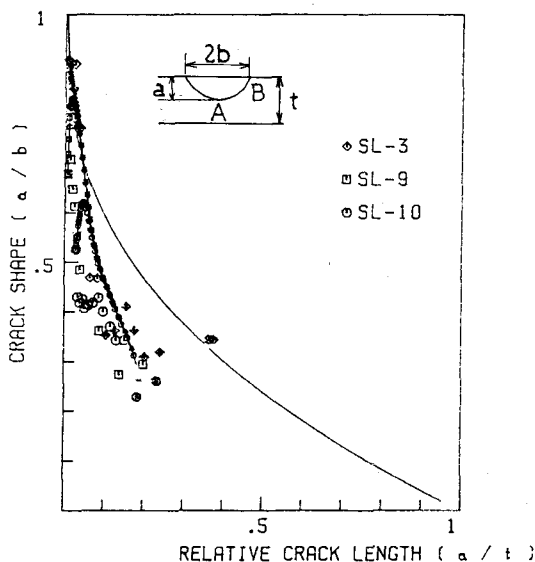


図5. 半楕円疲労きれつの進展解析

参考文献 1) 杜本芳明、西野文雄、三木千寿：前面すみ肉溶接部の止端形状と疲れきれつの発生進展性状
土木学会第36回年次学術講演会講演概要集I-106