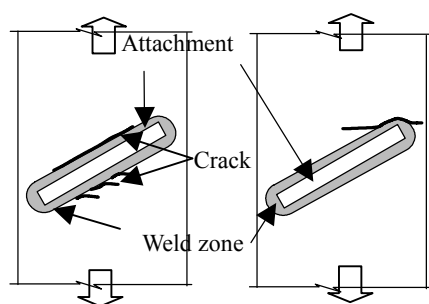


最大主応力に斜めな溶接継手の疲労寿命評価法

名古屋大学 ○正会員 金 仁泰, 正会員 山田健太郎, フェロー会員 伊藤義人

1. まえがき 実構造物の疲労照査は、計測や解析より求めた応力範囲とその繰り返し数をもとに、対象とする継手の疲労設計 S-N 線図にもとづいて行う。そのうち、移動荷重や構造部材の立体的な組み立てにより生じる直応力とせん断応力の組合せ応力が作用する場合、一般に最大主応力範囲で疲労寿命評価が行われることが多い。しかし、この評価方法は、妥当性および適用性に関して必ずしも明らかになっていない。さらに、疲労設計 S-N 線図は、直応力が作用する場合の疲労試験結果にもとづいたものであることも、問題を複雑にしている。

本研究では、過去の疲労実験結果を直応力範囲および最大主応力で整理・検討し、その適用性を検討する。また、疲労き裂方向と応力方向が異なる場合のひずみエネルギー開放率から得られた等価応力範囲による評価法を提案、その妥当性、適用性を検討する。



(a)止端部 (b)まわし部
図-1 溶接止端部からのき裂

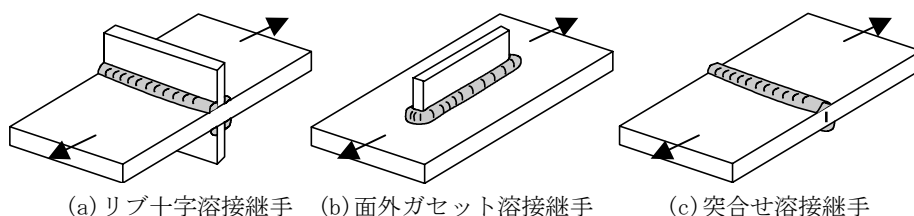


図-2 本研究で用いた溶接継手

2. 過去の疲労実験の概要 過去の疲労試験では、引張試験の場合、溶接止端、未溶着部、ノッチ等が作用荷重に対して、ある角度で傾いた疲労試験体で実施される。曲げ試験では、面外ガセットあるいは、垂直補剛材が I 桁のウェブに溶接され、曲げ応力とせん断応力が作用する。疲労き裂は、図-1 に示した溶接止端部およびそのまわし部、ノッチ部や溶接ルート部から発生、進展した。本研究では、図-2 に示す荷重非伝達リブ十字すみ肉溶接継手、面外ガセット溶接継手、および連続未溶着部をもつ突合せ溶接継手に対して検討する。

3. 等価応力 平面ひずみの状態においてモードⅠとモードⅢが混在する場合、同一面上のき裂進展に際してのひずみエネルギー解放率は、次式で与えられる。

$$G = \frac{1-\nu^2}{E} (K_I^2 + \frac{1}{1-\nu} K_{III}^2) \quad (1)$$

き裂が公称最大主応力 (σ_0) に垂直である場合 ($\alpha=0^\circ$) と、ある角度 α で傾いている場合 ($\alpha \neq 0^\circ$, 公称最大主応力 σ_α) , 同じ繰り返し数で進展するためには混合モードⅠ+ⅢとモードⅠとのひずみエネルギー開放率は同じにならなければならない。この条件下で各モードに対する応力拡大係数を式(1)に挿入すると、次式の等価応力が得られる。

$$\sigma_0 = \sigma_\alpha \cdot \cos \alpha \quad (2)$$

4. 疲労寿命評価法 最大主応力範囲 ($\Delta \sigma$) , 直応力範囲 ($\Delta \sigma \cdot \cos^2 \alpha$) , および等価応力範囲 ($\Delta \sigma \cdot \cos \alpha$) で疲労実験結果を整理し、その適用性ならびに適用範囲に対して検討する。疲労試験結果は、 $\Delta \sigma$, $\Delta \sigma \cdot \cos^2 \alpha$, および $\Delta \sigma \cdot \cos \alpha$ で図-3~4 に示す。また、それぞれの溶接継手に相当する疲労設計 S-N 線図、あるいは $\alpha=0^\circ$ の平均-2s の回帰直線 (s ; 標準偏差) を示す。図-3 に示すように、最大主応力が垂直である場合 ($\alpha=0^\circ$) を基準とし、 $0^\circ \sim 60^\circ$ と傾く場合、すべてのデータは疲労設計 S-N 線図、あるいは $\alpha=0^\circ$ の平均-2s 回帰直線を上

Key Word : 溶接継手, 疲労, 斜め, 疲労寿命推定法, 等価応力

〒464-8603 名古屋市千種区不老町, TEL 052-789-2736, FAX 052-789-3734

回る。しかしながら、荷重非伝達リブ十字すみ肉溶接継手および面外ガセット溶接継手の場合は α が大きくなると安全すぎ側の評価になる傾向が見られる。直応力範囲を用いた場合は、図-4に示すように荷重非伝達リブ十字すみ肉溶接継手および面外ガセット溶接継手の場合は 45° ，連続未溶着部をもつ突合せ溶接継手は 30° 以上になると疲労設計 S-N 線図あるいは $\alpha=0^\circ$ の平均 $-2s$ 回帰直線を下回る結果となる。これらに対して、図-5に示す等価応力範囲を用いた場合は、き裂の発生位置（溶接止端部あるいはルート部）および最大主応力の方向（ $0^\circ \sim 45^\circ$ ）によらず、 $\alpha=0^\circ$ と同程度で疲労寿命を評価することができる。

5. まとめ 最大主応力が斜めに作用する場合の溶接継手の疲労寿命評価法として、最大主応力、垂直応力や等価応力を用いることで対して検討した。また、本研究提案した $\Delta \sigma \cdot \cos \alpha$ でより適切に疲労寿命を評価することができることを示した。

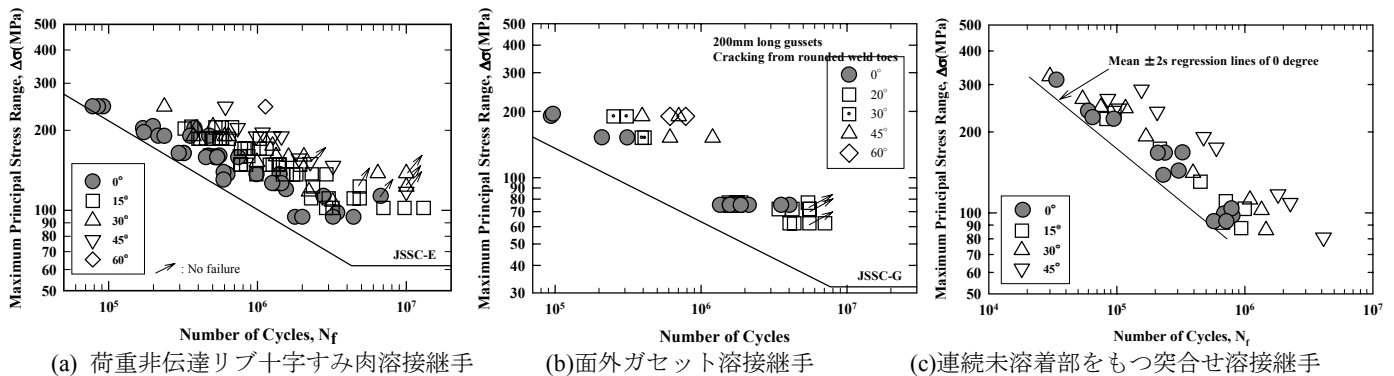


図-3 最大主応力範囲（ $\Delta \sigma$ ）を用いた場合

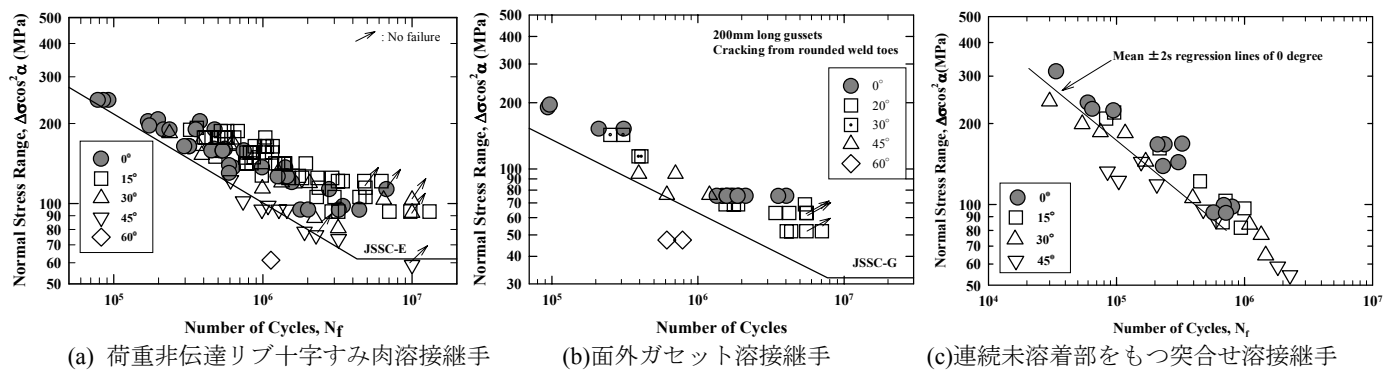


図-4 直応力範囲（ $\Delta \sigma \cdot \cos^2 \alpha$ ）を用いた場合

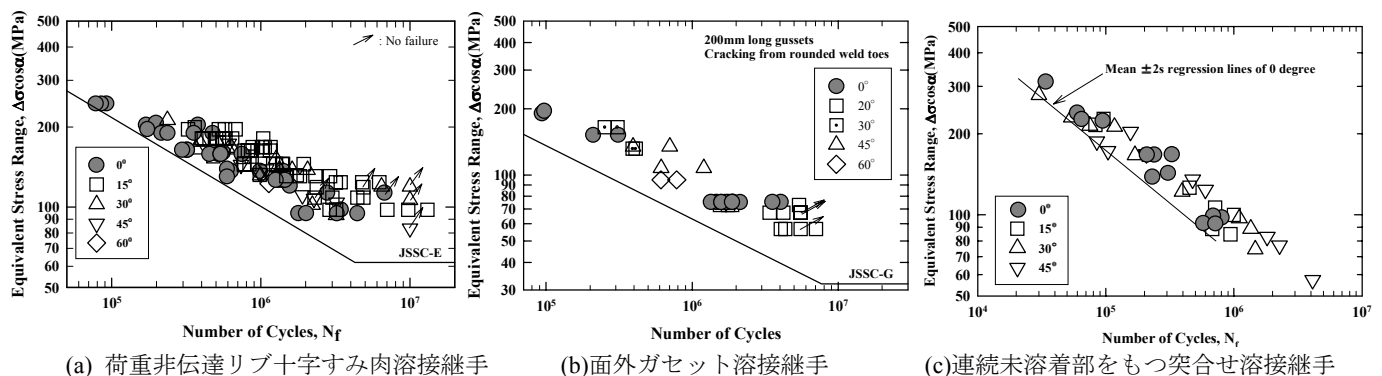


図-5 等価応力範囲（ $\Delta \sigma \cdot \cos \alpha$ ）を用いた場合

参考文献 1)金 仁泰, 新海英昌, 山田健太郎, 近藤明雅: 斜め連続未溶着部をもつ突合せ溶接継手の疲労挙動, 土木学会論文, 2002 年 4 月。2)山田健太郎, 金 仁泰, 伊藤健一: 作用応力に斜めの荷重非伝達型リブ十字すみ肉溶接継手の疲労挙動, 土木学会論文, No.682/I-56, pp. 383-390, 2001 年 7 月。3)山田健太郎, 加藤秀一郎, 岡部篤紀, 金 仁泰, 小塩達也: 作用応力に斜めに溶接された面外ガセット継手の疲労試験, 構造工学論文集, Vol. 47A, 2001 年 3 月, pp. 1039-1045。4)森猛, 公表予定。5) Fisher, J. W., Albrecht, P. A., Yen, B. T., Klingerman, D. J. and McNamee, B. M.: Fatigue strength of steel beams with welded stiffeners and attachments, NCHRP Report 147, Transportation Research Board, 1974。6)平貴之・中門公明・橋本昭: 荷重が斜めに作用する場合のリブ十字すみ肉継手の疲労強度, 茨城講演会講演論文集(日本機会学会関東支部 '97-9-26), pp.131-132, 1997。