

K5-72

二段多重変動振幅荷重下のスポット溶接継手における疲労寿命限度以下荷重による疲労損傷

Fatigue Damage due to Lower Load than the Fatigue Limit of Spot-Welded Joints under Multi Two steps Variable Amplitude Load

○伴京亮¹, 山下浩輝¹, 南尚輝², 富岡昇³, 岡部顕史³*Kyosuke Ban¹, Hiroki Yamashita¹, Naoki Minami², Noboru Tomioka³, Akihumi Okabe³

Fatigue damage of spot-welded joints by loading range below the fatigue limit under multi two steps variable amplitude load was evaluated by the degree of influence α , according to the modified minor's rule. However, the experimental verifying is not sufficient. From the degree of influence α , it is expected that crack propagation will occur due to the load less than the fatigue limit in the two-stage multiple variable amplitude fatigue test, but it is difficult to extract and confirm only this crack growth. Therefore, in this paper, fatigue tests were carried out for tensile shear specimens under constant amplitude loading and multi two steps variable amplitude loading, and the length of fatigue crack was measured. From the measurement results of the crack length, it was possible to confirm the effectiveness of the influence $1 - \alpha$ in the high load region. As a result, the effectiveness of influence degree α was confirmed.

1. 緒言

スポット溶接は車体構造の多くの部位で用いられている締結要素であり、車体構造全体の耐久性はスポット溶接部の耐久性に大きく依存している。そのため、設計段階でスポット溶接の疲労強度を的確に評価することは重要である。

著書らは公称構造応力によるスポット溶接継手の疲労寿命予測の有効性を確認した。修正マイナー則から疲労限度以下の荷重範囲がスポット溶接に与える疲労損傷の割合は影響度 α によって評価できるとしているが、実験の裏付けは十分とは言えない。菊川ら¹⁾によると、高荷重範囲のき裂進展速度は一定振幅試験における同一荷重によるき裂進展速度に等しいので、高荷重範囲のき裂長さは負荷の繰り返し数が同じであれば一定振幅試験のき裂長さに等しいと言える。

本研究では、引張せん断荷重を受ける単点スポット溶接継手に対して、定振幅荷重によるき裂の長さを観測し、二段多重変動振幅疲労試験における疲労限度以下の低荷重範囲による疲労損傷が影響度 α で表せることを実験的に検証した。

2. 試験概要

図 1 に示す引張せん断疲労試験片(板厚 $t=1.0\text{mm}$)を JISZ3138 に準じて作成し、疲労試験を実施した。供試材料は冷間圧延鋼板 SPCE である。

疲労試験では同一試験条件でも疲労寿命にばらつきがみられる。そこで、任意の繰り返し数が破断寿命の繰り返し数の何%であるかを知るために、スポット溶

接部にひずみゲージを貼り、定振幅荷重範囲で疲労実験を行い、ひずみの値と荷重繰り返し数との関係を求めた。

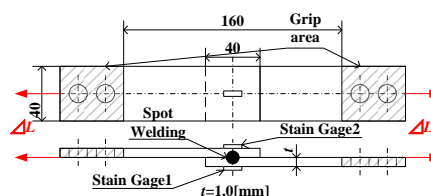


Figure1. The spot-welded joints under tensile shear

3. 試験結果

3. 1 定振幅疲労試験によるき裂長の測定

図 2 はひずみ ϵ と繰り返し数 N との関係である。 $N=5000$ のひずみの値を基準とし、任意の繰り返し数 N までの変化量を縦軸としている。なお、今回の試験では高荷重範囲を $\Delta L = 2.06\text{kN}$ 一定とする。

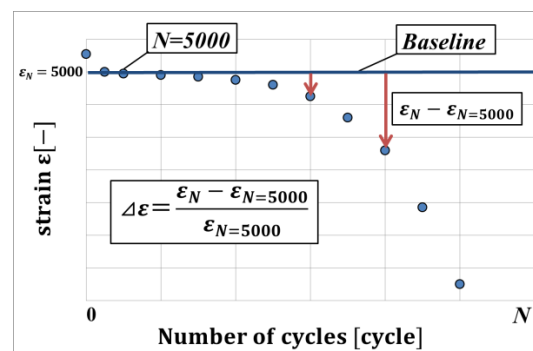


Figure2. Schematic diagram of the relationship between the number of cycles of load and measured strain ϵ - N

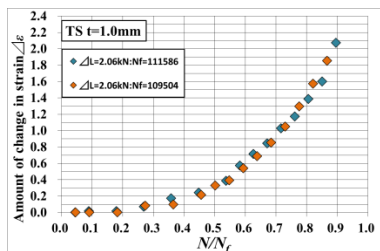


Figure3. $\Delta\varepsilon - N/N_f$

図 3 を用いて、荷重の疲労寿命比ごとに試験機を停止し、き裂長 Δa を測定した。き裂長と疲労寿命比の関係を図 4 に示す。横軸の N_f は、TS の定振幅荷重疲労寿命線図より求めた値である。一例として $\Delta L = 2.06\text{kN}$ の時の $N/N_f = 0.50, 0.70$ のき裂を図 5 に示す。これより、各荷重のひずみの変化量から疲労寿命を推定し、各疲労寿命ごとのき裂長を確認できた。

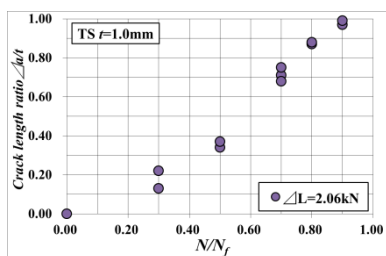


Figure4. $\Delta a/t - N/N_f$

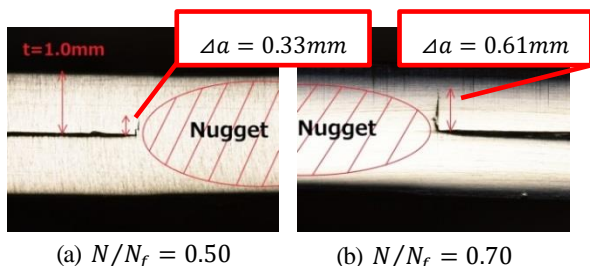


Figure5. Fatigue crack

3. 2 二段多重変動振幅荷重疲労試験

また、図 1 の試験片を用いて、二段多重変動振幅荷重試験を行い、低荷重範囲の影響を調べた。試験では、高荷重範囲を $\Delta L_1 = 2.55\text{kN}$ 一定とし、低荷重範囲を疲労限度以下に設定し、 $\Delta L_2 = 0.6, 0.8, 1.0\text{kN}$ とする 3 つの荷重条件を用いた。

3. 3 疲労限度以下の低荷重範囲による疲労損傷評価

二段多重変動振幅の疲労限度以下の低荷重範囲による疲労損傷割合について検討する。低荷重範囲 ΔL_2 がスポット溶接継手に対して与える疲労損傷の影響度を α とすると、修正マイナー則によれば次式のように表すことができる。

$$\alpha = \frac{\gamma n_2 / N_{2,f_estimate}}{\gamma n_2 / N_{2,f_estimate} + \gamma n_1 / N_{1,f_estimate}} \quad (1)$$

式(1)の分母は全荷重の疲労損傷、分子は低荷重の疲労損傷を表している。 γ は破断まで繰り返されたシーケンス数であり、 $\gamma n_1, \gamma n_2$ は $\Delta L_1, \Delta L_2$ が破断までに与えた回数である。また、高荷重範囲の影響度は $1 - \alpha$ となる。これにより、低荷重範囲がスポット溶接継手に与える疲労損傷度を検証する。

緒言より、二段多重変動振幅荷重のき裂進展速度は定荷重範囲のものと同じであることが知られている。

図 6 は二段多重変動振幅荷重と定振幅荷重におけるき裂長を比較したものである。図 6 より繰り返し数が同じとき、定振幅荷重に比べ二段多重変動振幅荷重のき裂の進展度が進んでいるが、低荷重によるき裂の進展が図の矢印の分だけ影響していると考えられる。

これより、低振幅荷重における影響度 α の有効性を実験的に確認できた。

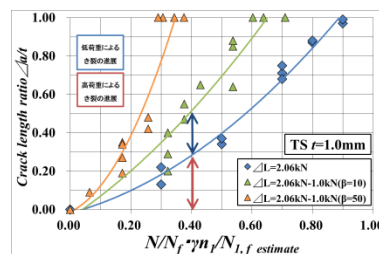


Figure6. $\Delta a/t - N/N_f \cdot (1 - \alpha) - \gamma n_1 / N_{1,f_estimate}$

4. 結語

引張せん断荷重を受ける単点スポット溶接継手に対して、定振幅荷重によるき裂の長さを観測し、二段多重変動振幅疲労試験における疲労限度以下の低荷重範囲による疲労損傷が影響度 α で表せることを実験的に検証した。

- (1) 定振幅荷重疲労試験において、スポット溶接の圧痕上に貼付したひずみの値の変化を測定することにより、疲労寿命比(繰り返し数 N と破断繰り返し数 N_f の比)を推定できることを示した。
- (2) 二段多重変動振幅における高荷重範囲のき裂進展長比とその影響度がほぼ一致することを示し、疲労限度以下の低荷重範囲によるスポット溶接継手に及ぼす疲労損傷の割合が影響度 α で表せることを確認した。

5. 参考文献

- [1] 菊川真, 城野政弘, 近藤良之, 「Kth レベルをはさむ 2 段変動荷重下の疲労き裂進展」, 材料第 27 巻 302 号 pp. 1096-1102(1978)