

K-11

高張力鋼板を母材としたスポット溶接引張せん断継手の疲労限度向上

—母材強度の影響—

Improving the Fatigue Limit of Spot-Welded Tensile Shear Joints Using High-tensile Steel Sheets as the Base Material

- Effect of base material strength -

○田中耕太郎¹, 岡部 顕史² 富岡 昇²

* Kotaro Tanaka¹, Akifumi Okabe², Noboru Tomioka²

This study experimentally investigated the improvement in fatigue limit due to single overload loading for spot-welded tensile shear joints using two types of high-tensile steel sheets with different base material strengths (590 MPa and 980 MPa grades), and examined the influence of base material strength. Applying a single overload load ΔL_1 improves the fatigue limit, causing it to asymptotically approach a certain value. For ΔL_1 up to 3.04 kN, no significant difference in fatigue limit was observed between 590 MPa and 980 MPa grades. The higher fatigue limit of the 980 grades compared to the 590 grades is due to a higher load threshold L_{th} .

1. まえがき

スポット溶接は自動車車体に多く用いられ, 車体構造全体の疲労耐久性はスポット溶接の耐久性に依存する. 近年, 自動車車体の軽量化を目的とし高張力鋼板が積極的に採用されている. しかし, スポット溶接継手の疲労強度は同じ板厚の場合, 高張力鋼板と軟鋼板とで差異はなく, 疲労強度の面からは高張力鋼板を導入するメリットは少ない. 高張力鋼板を母材とするスポット溶接継手の疲労強度が向上すれば, 車体構造の一層の薄肉化・軽量化に寄与できる.

本研究では, 590MPa 級と 980MPa 級の 2 種類の強度の異なる高張力鋼板を母材とするスポット溶接した引張せん断継手 (以後「590 スポット継手, 980 スポット継手」と呼ぶ) を対象とし, 単一過大荷重負荷による疲労限度向上を実験的に調べ, 母材強度の影響について検討した.

2. 単一過大荷重を負荷した疲労試験

実験に供する試験片を JIS Z 3138 「スポット溶接継手の疲れ試験方法」に準じて用意した(図 1). 供試材料は板厚 1.0mm の JSC980 と JSC590, スポット溶接条件は軟鋼板の標準条件に準じて設定し, 溶接電流は散り発生直前の値とした. 実測ナゲット径は 6.5mm である.

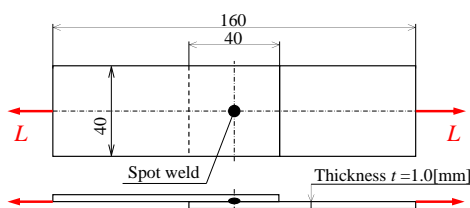


Fig. 1 Fatigue test specimen

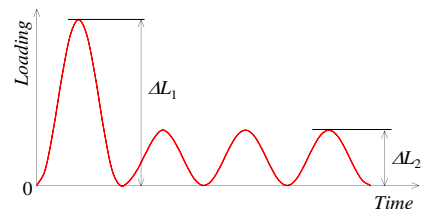
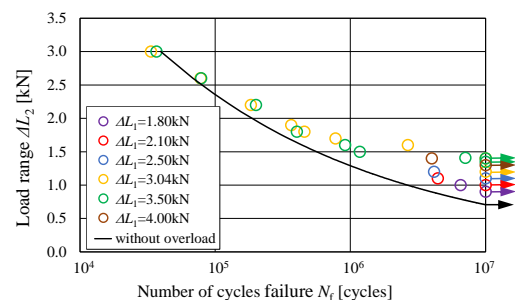
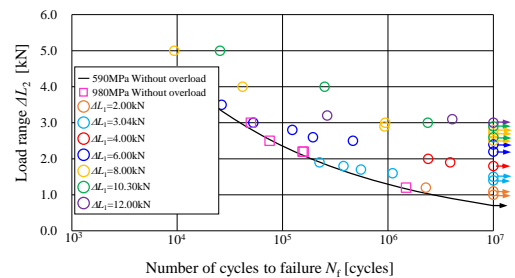


Fig. 2 Load method for single overload fatigue testing



(a) 590MPa



(b) 980MPa

Fig. 3 Fatigue test results of spot-welded tensile shear joints under various single overload ranges

負荷方法は, はじめに過大荷重範囲 ΔL_1 を手動で 1 サイクル負荷した後, 過大荷重より小さい一定振幅荷重 ΔL_2 (荷重比 $R=0.02$) を破断まで繰り返し負荷し, 疲労限度を求めた(図 3).

3. 疲労試験結果

図3は疲労試験結果である。単一過大荷重を負荷すると、スポット溶接継手の疲労寿命は延命する。疲労限度 ΔL_{2_FL} と単一過大荷重範囲 ΔL_1 との関係を図4に示す。単一過大荷重を負荷すると疲労限度は向上し、ある一定値に漸近する。 ΔL_1 が 590 スポット継手の疲労限度が最大となる 3.04kN までは、980 スポット継手と 590 スポット継手で疲労限度に有意差は見られず、母材強度によらず同程度となる。

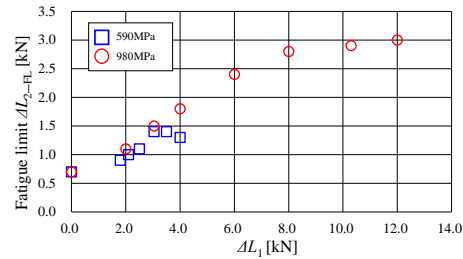


Fig. 4 Overload range ΔL_1 and fatigue limit ΔL_{2_FL}

4. 荷重比の閾値

図5に示すように、 ΔL_2 の荷重比 R を変えて単一過大荷重負荷による疲労寿命延命効果が消失する荷重比の閾値 R_{th} ⁽¹⁾ を実験的に求めた。荷重比 R が閾値 R_{th} と等しいとき、 ΔL_2 の最小荷重 L_{2min} を荷重の閾値 L_{th} とし、その結果を図6に示す。 L_{th} と ΔL_2 との間には線形関係が見られ、 ΔL_2 の増加に伴い L_{th} は低下する。

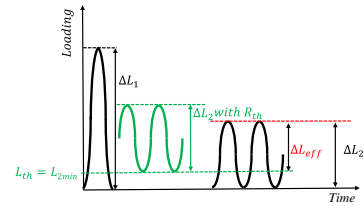


Fig. 5 Effective load range ΔL_{eff}

図7に示すように、疲労損傷に影響を与える有効荷重範囲 ΔL_{eff} を用いて図3の疲労寿命を整理すると単一過大荷重有無の疲労寿命は狭いバンド幅内に分布する。

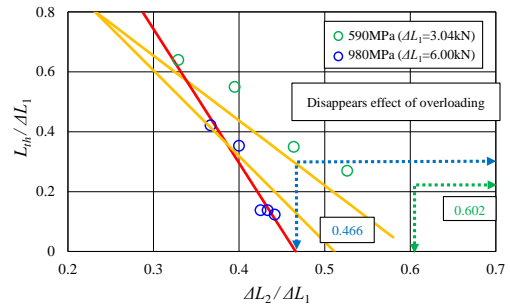


Fig. 6 Load threshold L_{th} and low load range ΔL_2

スポット溶接継手の疲労限度線図を図8に示す。接合面上のナゲットに作用する平均せん断応力 τ で表した。有効荷重範囲から求めた有効平均せん断応力を用いると、単一過大荷重有の疲労限度は単一過大荷重無の疲労限度線の近くに分布する。また、980 スポット継手の疲労限度が 590 スポット継手より高いのは荷重の閾値 L_{th} が高くなるためである。

5. 結言

単一過大荷重負荷によるスポット溶接継手の疲労限度の向上について実験的に調べた。

- (1) 単一過大荷重を負荷すると疲労限度は向上し、ある一定値に漸近する。
- (2) ΔL_1 が 3.04kN までは、980 スポット継手と 590 スポット継手で疲労限度に有意差は見られない。
- (3) 有効荷重範囲 ΔL_{eff} で整理すると単一過大荷重を負荷した疲労寿命は単一過大荷重無の疲労寿命曲線付近に分布する。
- (4) 980 スポット継手の疲労限度が 590 スポット継手より高いのは、荷重の閾値 L_{th} が高くなるためである。

参考文献

- (1) 伊藤達也, 岡部顕史, 富岡昇, 高張力鋼板を母材とした引張せん断継手の疲労限度向上(第2報)—590MPa級継手の有効ひずみ範囲による疲労寿命評価—, 自動車技術会論文集 Vol.56, No.2, pp.280-285(2025)

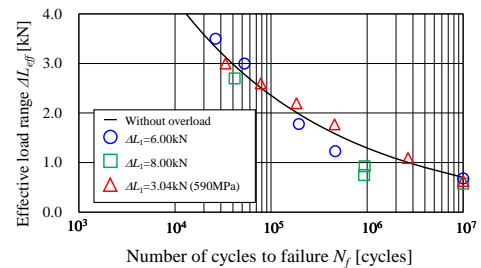


Fig. 7 Fatigue life of 980 MPa-class steel spot welded joints subjected to a single overload of 6.00 kN organized by effective load range

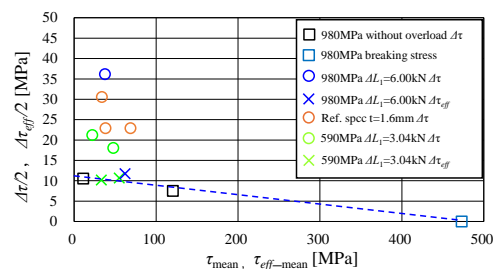


Fig. 8 Fatigue limit diagram