

車体構造接合部の簡易疲労試験片作成方法の提案

Proposal of Creation Method of Simplified Fatigue Specimen of Actual Body Structure

○佐藤大旺¹, 川股祐汰¹, 大久保翔悟², 富岡昇³, 岡部顕史³Hiroaki Sato¹, Yuta Kawamata¹, Shogo Okubo², Noboru Tomioka³, Akihumi Okabe

In this study, the creation concept and method of simplified fatigue specimen that is able to reproduce the fatigue phenomenon of spot welding of member simulating the actual structure of the vehicle was proposed. Using method of separating boundary displacements obtained by FE analysis and calculating stress distribution for each general load component, the simplified specimen was prepared so that each principal stress distribution occurring at the edge of nugget are similar to those of the member. The effectiveness was confirmed by preparing a simplified specimen of the single hat member under torsion.

1. 緒言

実際の車体構造の接合部には、はく離、せん断、曲げ、ねじりの4成分が同時に作用する複合負荷状態である。実構造の再現すべき要件は、接合部に加わる入力4成分、接合部周辺の変形モードと接合部の応力分布の3つとし、簡易試験片の提案を行なっている。入力4成分それぞれがナゲット端に発生する最大主応力を、固定支持円板の板理論による解析により求めているが、この方法は簡易であるがナゲット周辺の変形特性が実状態と異なり、高い精度の解が得られない。

本研究では、富岡らが考案したFE解析で得られた境界変位を分離し、分担荷重成分ごとの応力分布を求める手法²⁾を用いてスポット溶接の簡易試験片を作成する方法に考察を加え、新たに簡易試験片作成コンセプトを提案し、その有効性について検討した。

2. 簡易試験片の検討

2.1 簡易試験片の作成手順

実構造の疲労強度評価対象部位にあるスポット溶接部の疲労現象を再現するには、簡易試験片の満たすべき要件は次の2つとした。

- ・スポット溶接に作用する分担荷重の再現
- ・スポット溶接端の主応力分布の再現

この2つの要件を満たすように以下の手順で簡易試験片の形状を決定する。

- ① 再現したい部材のFE解析を実施し、スポット溶接に作用する分担荷重と分離法を用いて各分担荷重が公称構造応力（スポット溶接端に生じる最大主応力）にどの程度寄与しているかを調べる。
- ② 部材に作用している分担荷重、公称構造応力の寄与率および溶接端の主応力分布を再現するように、簡易試験片の形状、打点数、打点位置を決定する。

2.2 部材試験片

実構造部材を模擬した片ハットねじり部材を図1に示す。前節で述べた手順の有効性を検証する。

一般部分はシェル要素、スポット溶接部は剛体要素とビーム要素を用いてFEモデルを作成した。図1に示す黒点が解析対象としたスポット溶接で、その分担荷重を図2に示す。分担荷重 F_x , F_y , F_z は最大のせん断力である F_x で除し、 M_x , M_y , M_z は板厚オフセットにより生じるモーメント $F_x t/2$ で除することで正規化した。せん断力 F_x 、曲げモーメント M_y 、ねじりモーメント M_z の3成分が大きく、他の成分はかなり小さい。

スポット溶接の疲労寿命評価パラメータである公称構造応力はスポット溶接端内面に $\theta=335^\circ$ の位置に生じた。主応力分離法²⁾を用いて分担荷重ごとにこの位置の主応力を求めた。これらをその総和で除し、分担荷重の公称構造応力への寄与率を求めた。その結果を図3に示す。寄与率の高いのは曲げモーメントとせん断力である。従って分担荷重4成分の内、これら2成分による主応力分布に着目し、それらを再現するように簡易試験片を作成することにした。

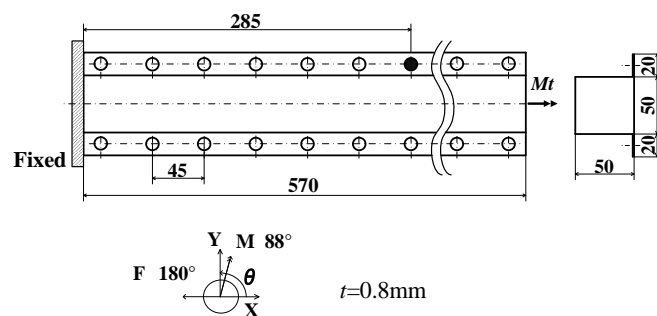


Fig. 1 Single hat member under torsion

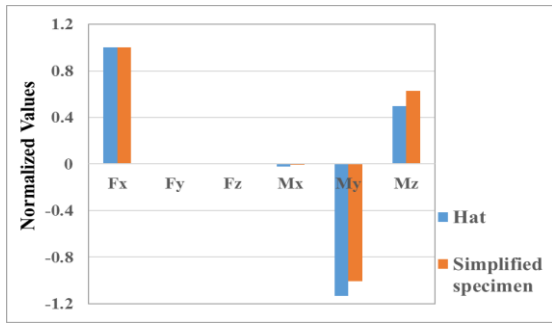


Fig. 2 Comparison of general load components

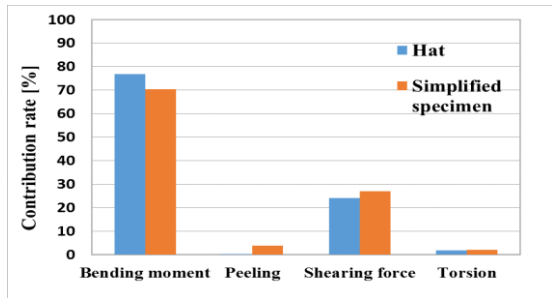


Fig.3 Contribution rate of general load to nominal structural stress

2.3 簡易試験片

図4に片ハットねじり部材を再現する簡易試験片を示す。フランジの付いた短冊形の平板2枚を中央で重ね合わせ、2点でスポット溶接した。溶接ピッチは15mmである。前節で述べたように、曲げモーメントとせん断力それぞれによるスポット溶接端の主応力分布を再現できるように、試行錯誤の後簡易試験片形状を決定した。これらの主応力分布を図5に示す。図5(a)(b)の主応力分布を比較する際の角度 θ はそれぞれ曲げモーメントの合ベクトル、せん断力の合ベクトルを基準とした。また、図5(c)はせん断力の合ベクトルを基準とした。概ね再現できていることより、簡易試験片の形状・寸法を図4のように決定した。全分担荷重による主応力分布を図5(c)に示すが、片ハットねじり部材の主応力分布の再現性は良好であることが分かる。また、図2と図3に簡易試験片の分担荷重及び公称構造応力への寄与率を示すが、部材の値と近い値を示している。以上より、図4の簡易試験片は片ハットねじり部材を再現した試験片と言える。

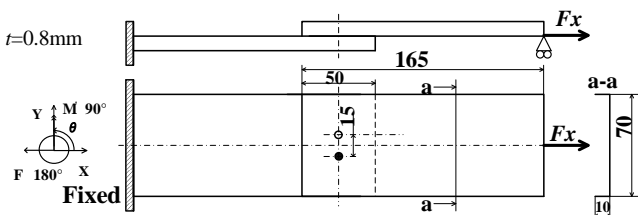
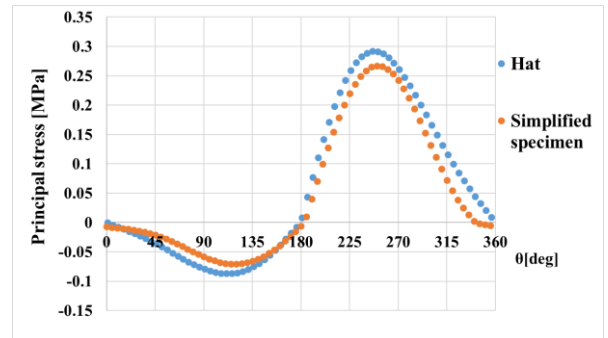
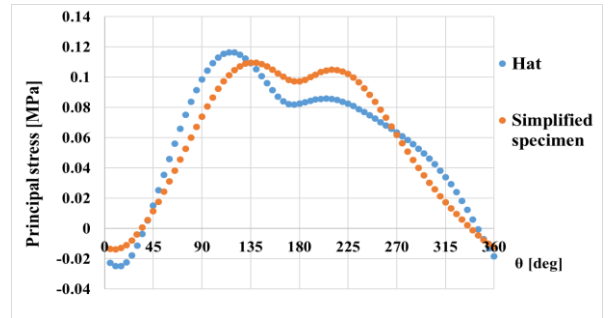


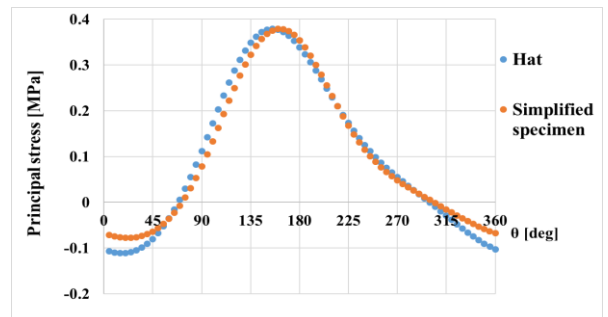
Fig.4 Proposed simplified specimen



(a) Bending moment



(b) Shearing force



(c) All general loads

Fig.5 Principal stress distributions

4. 結 言

主応力の分離法を用いて分担荷重ごとの主応力分布の高精度解を求め、それらを比較検討することで簡易試験片のコンセプト及び作成手順を新たに提案した。この手法を実構造部材モデルである片ハットねじり部材に適用し、再現性の高い簡易試験片を作成することができた。

参考文献

- (1) Aoyama, T., et al., A Proposal on Fatigue Strength Test for Car Body Structure, 2014 JSAE Annual Congress (Spring) Proceedings, No.76-14, pp.13-16.
- (2) 大久保翔悟, 富岡昇, スポット溶接構造の公称構造応力算出法における分担荷重成分による主応力の分離法, 日本機械学会, 材料力学カンファレンス, 講演論文集 No.16-3, pp.871-873(2016)