

簡易試験片を用いた車体接合部のばらつき要因による疲労寿命特性の再現 Reproducibility of Fatigue Life Characteristics of Joints in Vehicle Body due to Variation Factors using Simple Test Specimens

○茅野雅文¹, 外塚佑治¹, 佐藤大旺², 富岡昇³, 岡部顕史³

Masafumi Kayano¹, Yuji Tonzuka¹, Hiroaki Sato², Noboru Tomioka³, Akifumi Okabe³

In this study, the reproducibility of fatigue life characteristics due to variation in nugget diameter and weld locations was examined for simplified specimen, which was proposed by Okubo for a single hat member subjected to cyclic torsion loading. As a result, it was found that the simplified specimen can reproduce the influence on the fatigue life due to the variation of the nugget diameter and weld locations in the single hat member.

1. 緒言

実際の車体構造の接合部には、引張り、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り、青山ら⁽¹⁾⁽²⁾は実構造の強度特性を再現できる簡易試験片を提案した。

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である公称構造応力の高精度解を得るため、岡部ら⁽³⁾は公称構造応力を算出する手法を提案し、大久保⁽⁴⁾はFEシェル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(分離法と呼ぶ)を提案した。この分離法を応用し、新たに考案したスポット溶接の簡易試験片作成コンセプトから、実構造部材を模擬した片ハットねじり部材(以下本文では「部材試験片」と略す)の簡易試験片を作成した。

自動車車体の製造過程では、打点位置やナゲット径のばらつきが生じ、これらが接合部の疲労寿命に与える影響を検討することが必要である。

本研究では、上記の簡易試験片は部材試験片のナゲット径及び打点位置のばらつきが疲労寿命に与える影響を再現しているか、その再現性を検討した。

2. 片ハットねじり部材の簡易試験片

実構造部材を模擬した片ハットねじり部材試験片を図1に示す。荷重は $\Delta M=100[\text{N}\cdot\text{mm}]$ とした。また、作成した片ハットねじり部材試験片の簡易試験片を図2に示す。図1, 図2に示す上板の黒いスポット部を解析対象とした。

3. 簡易試験片のばらつきの再現性

3.1. ナゲット径のばらつきの再現性

図1, 図2の部材試験片及び簡易試験片の全てのナゲット径を同一とし、それを $d=4.0, 6.0, 8.0[\text{mm}]$ として、解析を行った。公称構造応力とナゲット径の関係を図3に示す。部材試験片及び簡易試験片の公称構造応力は良い一致を示しており、両試験片ともに径が増加するに従い、公称構造応力の値は減少する傾向がみられ、径が変動した場合でも簡易試験片は部材試験片の再現性を満たしていると言える。

ナゲット径のばらつきが疲労寿命に与える影響を再現しているかを確認するため、疲労試験を行った。結果を図4に示す。疲労試験は荷重制御、片振り(荷重比 $R=0.02$)、試験速度 $30[\text{Hz}]$ とし、破断繰り返し数

N_f はき裂が試験片表面にナゲット径程度に成長した時点とした。図4より、ナゲット径のばらつきのある両試験片の疲労寿命は良い一致を示している。

図3, 図4の解析, 実験結果より公称構造応力 σ_{ns} と疲労寿命 N_f の感度⁽⁵⁾を求めた。表1にナゲット径 $6.0[\text{mm}]$ の感度を示す。表1より、解析及び実験より算出した感度は、両試験片ともに良い一致を示している。

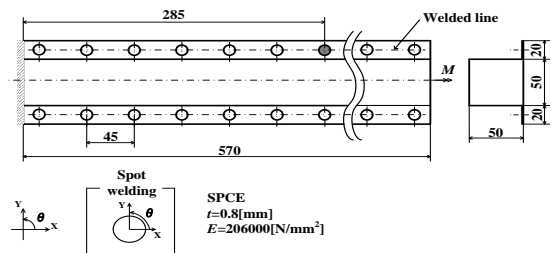


Fig.1 Single hat member

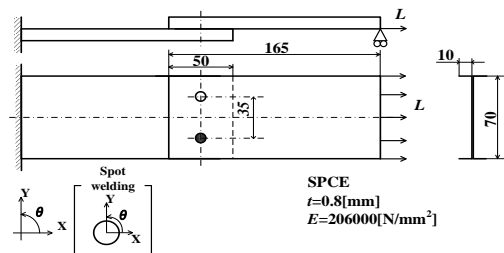


Fig.2 Simplified specimen for single hat torsion

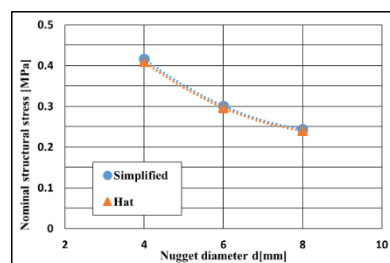


Fig.3 Nominal structural stress and nugget diameter

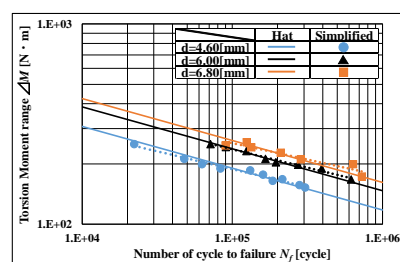


Fig.4 Moment range and number of cycle failure

Table1. Sensivities of nugget to σ_{ns} and N_f

Sensitivity [d=6.0mm]	Theory		Experiment	
	Simplified	Hat	Simplified	Hat
σ_{ns}	-0.871	-0.840	-0.823	-0.797
N_f	4.670	4.023	4.410	3.819

3.2. 打点位置のばらつきの再現性

図1の部材試験片, 図2の簡易試験片の打点位置を x または y 方向に -3.0, -2.0, -1.0, +1.0, +2.0, +3.0[mm] と変動させ, 解析した. 簡易試験片は, 2つのスポット溶接, 部材試験片は, すべてのスポット溶接の位置を変えた. 公称構造応力と打点位置の関係を図5に示す. 両試験片の公称構造応力は良い一致を示している.

図5の解析結果より公称構造応力 σ_{ns} の感度を求めた. 表2に基準位置($e=0$)における打点位置感度を示す. 両試験片の打点位置感度は良い一致を示している.

部材試験片について一つのスポット溶接の打点位置のみを変動させたときの公称構造応力と打点位置の関係を図6に示す. 打点位置をピッチ方向に動かした場合, 公称構造応力は変化しない. フランジ幅方向に動かすと, 分担荷重の大きさは変化するが, 主応力分布や寄与率は大きく変化しない. したがって, 簡易試験片の公称構造応力を部材試験片の分担荷重の大きさに合わせて変えて計算した. 部材試験片と簡易試験片の公称構造応力は良い一致を示している.

表3に基準位置($e=0$)における打点位置感度を示す. 打点位置の感度は両試験片ともは良い一致を示し, ピッチ方向はほぼゼロ, フランジ幅方向は-0.3である.

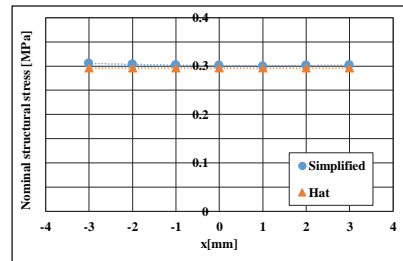
4. 結言

本研究では, 簡易試験片が部材試験片のナゲット径及び打点位置のばらつきが疲労寿命に与える影響を再現しているかを検討した.

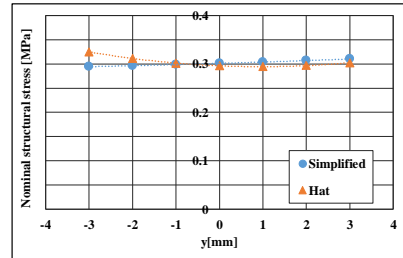
その結果, ナゲット径及び打点位置のばらつきが生じた場合でも簡易試験片は, 部材試験片の疲労寿命を再現できることが感度解析結果より明らかとなった.

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) 江口達也, 横手芳樹, 西村仁孝, 村田篤紀, 日下部雅幸, 中島勝己, 吉田裕一, 中山英介, 湯浅卓也, 中丸敏明, 新たな接合評価試験による各種接合の評価, JSAE SYMPOSIUM No.05-13, P.47-53(2013).
- 3) 岡部顕史, 富岡昇, 金子恒昭, スポット溶接構造の公称構造応力算出法—スポット溶接周辺のFEMモデルの検討, 自動車技術会論文集, Vol.36, No.6, November 2005, P145-15.
- 4) 大久保翔悟, 車体接合部の簡易疲労試験片作成方法の提案, 日本大学大学院理工学研究科機械工学専攻修士論文(2018).
- 5) 岡部顕史, 富岡昇, 鷺尾将輝, 加藤大志朗, スポット溶接接手の疲労強度に及ぼす板厚の影響, 自動車技術会論文集 Vol.49, No.2, 2018.



(a) Pitch direction



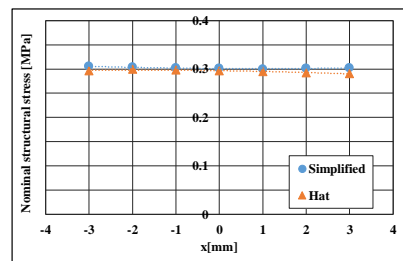
(b) Flange width direction

Fig.5 Nominal structural stress and weld location
(All weld locations in hat member are changed simultaneously)

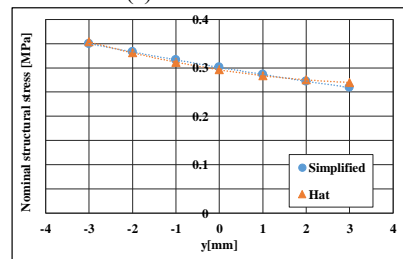
Table2. Sensitivity of weld location

(All weld locations in hat member are changed simultaneously)

Sensitivity [0mm]	Theory	
	Simplified	Hat
Pitch direction	-0.011	0
Flange width direction	0.052	-0.075



(a) Pitch direction



(b) Flange width direction

Fig.6 Nominal structural stress and weld location
(Only one weld location in hat member are changed)

Table3. Sensitivity of weld location

(Only one weld location in hat member are changed)

Sensitivity [0mm]	Theory	
	Simplified	Hat
Pitch direction	-0.011	-0.036
Flange width direction	-0.300	-0.283