

車体構造のための接合疲労試験の提案 A Proposal on Fatigue Strength Test for Car Body Structure

大久保貴章¹, 小峰孝之¹, ○古山剛¹, 高塚千尋², 富岡昇³, 岡部顕史³
Takaaki Ohkubo¹, Takashi Komine¹, *Tsuayoshi Koyama¹, Chihiro Takatsuka², Noboru Tomioka³, Akifumi Okabe³

This paper states the fatigue test method with simple-shape samples aiming at reproducing vehicle's operating condition under complex loads. An example of reproducing torsion, we used two U-shaped steel plates joint by 4spot welding. This study investigates distribution of principal stress, swag, and 4-ingredients with finite element analysis model. As a result, regarding the greatest swag distribution, component sample and simple-shape sample agree upon going angle. They approximate normalization stress. In 4-ingredients, bending moment is highest contribution for stress.

1. 緒言

近年、自動車の材料が多様化しており接合方法も多数考案されている。新接合を用いる場合、接合部の強度は重要になる。

従来から接合部の強度特性評価にはクロステンションとラップシエア試験片が用いられている。しかし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成分複合負荷がかかる。よって信頼性の高い評価をするために実機に近い4成分複合負荷下で強度特性評価が出来る試験片と試験法の検討を行う必要がある。

本研究では有限要素解析モデルを用いてスポット部の主応力の分布、たわみ、荷重下における4成分の関連性について調査した。

2. 実機を再現する新たな試験法の考え方

2.1 実構造体を代表する部材試験片

実機疲労破壊モードを再現する試験片と試験法を検討する際には、衝となる実機の疲労特性を把握する必要がある。

この研究ではモノコックボデーの構造を模擬した部材試験体を試験片検討の衝とした。本稿では検討の衝とする実機に相当する試験片を「部材試験片」、部材試験片の疲労特性の再現を目的として思案する試験片を「簡易試験片(model 1)」とする。以下に部材試験片を図1に示す。

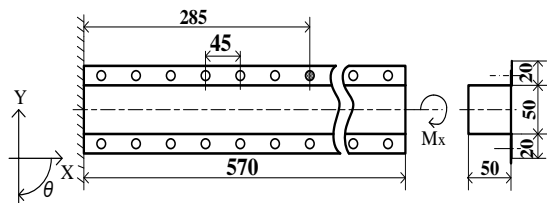


Fig.1 Single hat specimen for torsion

部材試験片は板厚 $t=0.8$ [mm], ナゲット径 $d=4.46$ [mm]の鋼材である。左端を完全固定し、右端にねじりモーメント M_x [N·mm]を作用させる。解析したスポット点は、左端から 285 [mm]に位置している。図1でハッチングにて示す。解析するスポット点は、試験片をシェル要素でモデル化し、点接合部は4成分抽出できるように梁要素と剛体要素を用いた。シェル要素径 $D=14$ [mm]である。また、接合部周辺のシェル要素の変位量を等間隔に抽出できるように、正八角形のメッシュとした(簡易試験片も同様)。

2.2 簡易試験片のコンセプト

コンセプトとしてナゲット端の主応力分布、その周辺の変位分布、分担荷重が部材試験片と一致するように考えた。そこで、簡易試験片はコの字型を採用し打点数を4つとし、荷重負荷点は打点中心とした。簡易試験片を図2に示す。

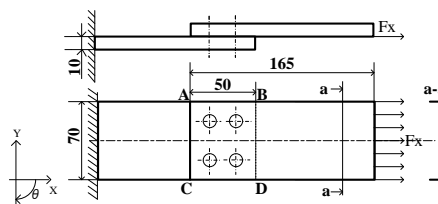


Fig.2 Simplified specimen

簡易試験片は板厚 $t=0.8$ [mm], ナゲット径 $d=4.46$ [mm]の鋼材である。左端を完全固定し、右端に引張り荷重 F_x [N]を作用させる。

また、打点位置がずれた時の応力の状態を調べるために基準(model 1)の他に3種類の打点位置をずらしたモデルを思考し上板のスポット部の解析を行った。図3にそれぞれ解析したモデルを示す(解析したスポット部をハッチングにて示す)。表1にスポット点間隔、荷重を示す。

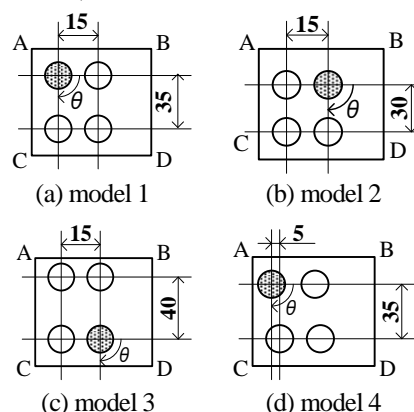


Fig.3 Welding point of simplified specimen

Table.1 Welding point and loading condition

	打点間隔		荷重	
	X方向	Y方向	方向	負荷点
model 1	15	35	X	打点中心
model 2	15	30	X	打点中心
model 3	15	40	X	打点中心
model 4	15	35	X	打点中心

1: 日大理工・学部・機械 2: 日大理工・院(前)・機械 3: 日大理工・教員・機械

2.3 部材試験片と簡易試験片への荷重設定

解析時の荷重設定は、部材試験片と簡易試験片の主応力値の最大値を一致させ、部材試験片にねじりモーメント $M_x = 100[\text{N}\cdot\text{mm}]$ 、簡易試験片に引張り荷重 $F_x = 2.77[\text{N}]$ を負荷した。

3. 解析結果とスポット位置の検証

3.1 スポット部の主応力の比較

図 4 に部材試験片とスポット点のずれの主応力の分布を示す。

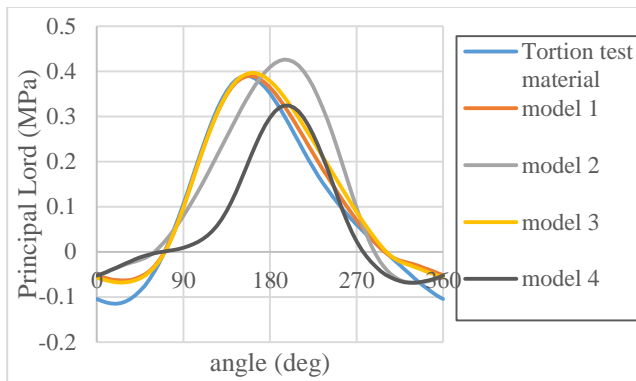


Fig.4 Relation between Principal Load and angle

図 4 より、いずれの場合でも 180[deg]前で応力値が最大となっている事が読み取れる。また、model2, model3 の結果より y 軸方向のずれは狭まる場合のみ主応力分布に影響が出ることが分かる。

3.2 スポット部のたわみの比較

次にスポット点に荷重が加わった時のたわみについて比較する。ここでの比較位置は、スポット点の中心から半径 7[mm]の位置で比較する。図 5 の(a)に部材試験片と簡易試験片の比較、(b)に簡易試験片とスポット点をずらした場合の比較を示す。図はスポット部を上から見た図であり、数字は角度 θ [deg]を示す。

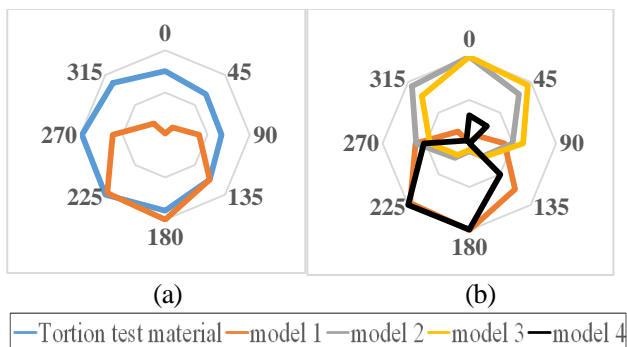


Fig.5 Displacement distribution

図 5 より、部材試験片と簡易試験片(model 1)と model 4 のたわみ分布は、共に 180[deg]から 225[deg]付近で最大となっている事が読み取れる。一方、model 2 と model 3 は共に 0[deg]付近で最大となっている事が読み取れる。

3.3 応力感度による入力 4 成分の重み付け

点接合部では、引張り荷重、せん断荷重、ねじりモーメント、曲げモーメントの 4 成分が発生する。これらの 4 成分を重み付け、荷重とモーメントを同一条件で比較したものを図 6 に示す。ここで、各成分は、引張り荷重成分 $C_p = 1.15$ 、せん断荷重成分 $C_s = 0.089$ 、ねじりモーメント成分 $C_t = 0.040$ 、曲げモーメント成分 $C_b = 0.546$ である。また、縦軸には重み付けた応力を 4 つの成分の平均化した値(以降、正規化応力と記載する)を用いた。

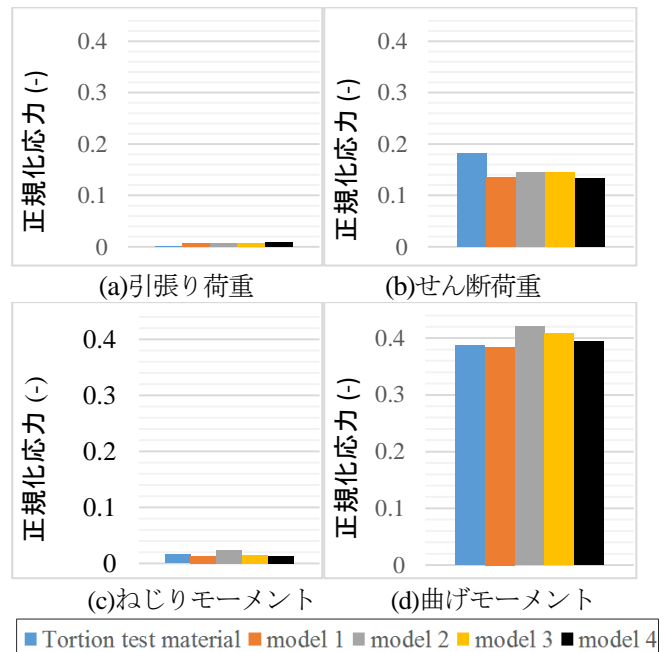


Fig.6 Balance of component force

図 6 より、部材試験片と簡易試験片の正規化応力が近似されている成分は、曲げモーメントである事が読み取れる。また、(a)(b)(c)(d)を比較すると、曲げモーメントの正規化応力が大きい事が読み取れる。

4. 結言

4 成分複合荷重下での疲労試験を行うための簡易試験片について検討し、その結果、以下のことが得られた。

- (1) 簡易試験片では主応力が荷重端側で最大になる。
- (2) たわみ分布について部材試験片と model1, model4 は最大になる角度が一致している。
- (3) 打点位置が y 軸方向にずれた場合、たわみ分布が約 180[deg]ずれる。
- (4) 部材試験片と簡易試験片で曲げモーメントの正規化応力が近似されている。
- (5) 4 成分中曲げモーメントが一番応力への寄与度が高い。

5. 参考文献

青山知弘, 伏谷裕士, 湯浅卓也, 江口達也, 中丸敏明, 富岡昇, 車体構造のための接合疲労試験の提案, 自動車技術会春季学術講演会前刷集, 20145184 (2014)