

山梨大学大学院

○学生会員 志村 穰

山梨大学工学部

正会員 平島 健一

1. 緒言

接着継手の研究は従来から数多く行われており、接着継手内部の応力、変形および強度に関して引張り、曲げおよび引裂き等の様々な負荷形態のもとでなされている。さらに近年における接着接合の用途の拡大に伴い、接着継手は使用条件の厳しい機械構造物に用いられることが予想される。これにより以前は考慮されなかった耐環境性や耐衝撃性などが重要な問題となっている。

そこで本研究では、スカーフ接着継手が破壊を起こす衝撃引張り荷重が作用するときのモデルを用いて、継手の破壊挙動を明らかにすることを目的としている。解析においては有限要素法により三次元解析を行い、スカーフ角、被着体の縦弾性係数および接着層厚さが継手の強度に及ぼす影響についても明らかにする。さらに解析結果を確かめるため、ひずみゲージを用いた破壊実験を行って、比較、検討を行う。

2. 解析方法

図1は有限要素解析に用いたスカーフ接着継手の解析モデルを示す。座標軸は荷重の作用する方向をx軸とするxyz直角座標およびスカーフ角を θ だけ回転させた接着界面に垂直な方向をn軸とするsnz直角座標とし、原点をoとする。被着体の中心部の長さを l_1 、幅を $2w$ および厚さを $2t$ とする。接着層のn軸方向の厚さを t_n とし、s軸方向の接着長さを $2l$ とする。スカーフ角を θ とした。被着体の縦弾性係数、ポアソン比を E_1, ν_1 および接着層のそれらを E_3, ν_3 とする。対称性を考慮して1/2部分を解析対象とした。境界条件はスカーフ接着継手の対称面においてz軸方向の変位を、上部被着体の穴のx、y軸方向の変位をそれぞれ拘束している。下部被着体の穴に連結された受け皿上の重錘に初速度 v を与えることにより衝撃荷重を作用させる。表1は解析に用いた被着体および接着剤の材料定数を示す。被着体の材質はアルミニウム合金A6063、接着剤はエポキシ系構造用接着剤を想定した。これらの材料定数はダンベル型試験片を作成し、材料試験機を用いた引張り試験によって求めた。本解析において継手の破壊を考慮に入れているが、破壊および破壊応力の定義は以下のとおりである。接着剤の物性値を(降伏応力、破壊応力および降伏後の接線係数)を接着層に入力し接着層の要素が破壊応力に達するとその要素は応力波を伝播しない状態になる(破壊)。

応力波が伝播しなくなる直前の最大値を破壊応力とした。有限要素解析における要素分割には6面体要素を用い、破壊を考慮した三次元解析を行う。要素数および節点数はそれぞれ1772および3092とし、解析コードはDYNA3Dを使用した。

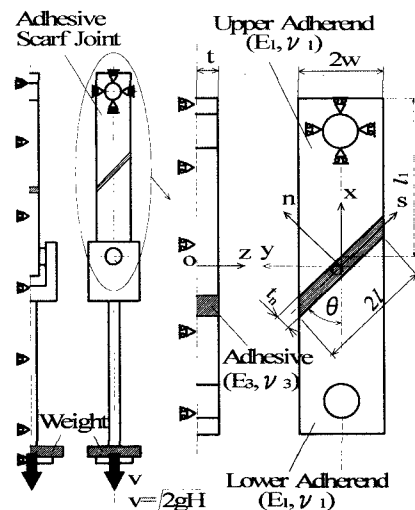


図1 解析モデル

表1 被着体および接着剤の材料定数

	Adherend A6063	Adhesive
Young's modulus E (GPa)	69.7	3.33
Poisson's ratio ν	0.314	0.38
Density ρ (kg/m ³)	2.69×10^3	1.13×10^3

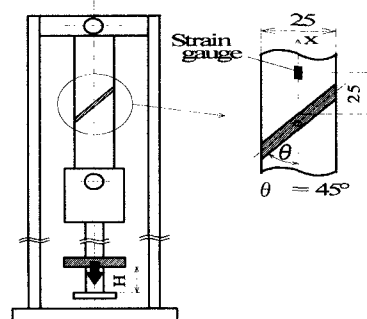


図2 実験装置の概略

キーワード: スカーフ接着継手, 動的引張り強度, 三次元有限要素法

連絡先: 〒400-8511 山梨県甲府市武田4-3-11 山梨大学工学部土木環境工学科 平嶋研究室

3. 実験方法

図2に実験装置の概略を示す。被着体の材質にはアルミニウム合金 A6063 を使用した。接着方法は被着体の接着面を研磨紙で研磨後、脱脂洗浄し、エポキシ系構造用接着剤(住友 3M 製 Scotch-Weld 1838)を塗布し接着した。これを一昼夜放置した後、65℃で2時間キュアリングを行った。接着層は0.1mmとした。重錘(2.73kg)を高さ $H=50\sim350$ mmの間を50mm間隔で落下させ、被着体に x 軸方向に貼られたひずみゲージ(共和電業製 KFG-1N-120-C1-11)によりひずみを検出し、動ひずみ計(共和電業製 DMP-602(周波数応答 5kHz))を通し、アナライジングレコーダ(横川電機製 AR1100A)に記録させた。

4. 解析結果

図3は接着界面($n=\pm 0.05, z=3$)および接着層中央($n=0.0, z=3$)の応力伝播状況を示す。この図より、破壊応力の発生は衝撃荷重用後、360 μ s 付近からとなっている。また本研究の衝撃強度は静的強度⁽¹⁾⁽²⁾より大きくなることがわかる。

4.1 スカーフ角が破壊応力に及ぼす影響

図4は継手のスカーフ角 θ を変化させた時の接着界面($n=0.05, z=3$)における応力伝播状況を示す。スカーフ角 θ が小さくなるほど破壊に達するまでの時間が減少し、破壊応力の最大値は大きくなり、衝撃強度が向上することがわかる。

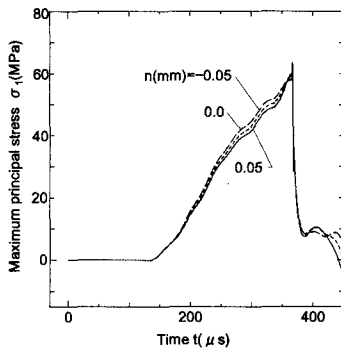


図3 接着界面($n=\pm 0.05$)および接着層中央($n=0.0$)の応力伝播状況

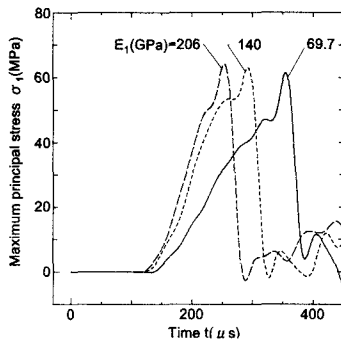


図5 被着体の縦弾性係数 E_1 が応力伝播状況に及ぼす影響

4.2 被着体の縦弾性係数が破壊応力に及ぼす影響

図5は被着体の縦弾性係数 E_1 が接着界面($n=0.05, z=3$)の応力伝播に及ぼす影響を示す。被着体の縦弾性係数 E_1 が大きくなるほど破壊に達するまでの時間は早くなるが、破壊応力の最大値は若干大きくなる程度であり、衝撃強度に及ぼす影響は小さい。

5. 解析結果と実験結果の比較

図6は継手の破壊に関する実験結果と解析結果の比較を示したものである。両者はよく一致しており、本研究の解析に用いた有限要素モデルは良好な結果を示すことが確認された。

6. 結言

本研究では、衝撃引張り荷重下におけるスカーフ接着継手の強度特性に及ぼす様々なパラメータの影響を三次元有限要素法により調べるとともに、ひずみゲージを用いた継手の破壊実験を行った。その結果、以下のような結論を得た。

- (1) 継手の衝撃強度は静的強度より大きくなる。
- (2) スカーフ角を小さくするほど継手の強度は向上する。
- (3) 被着体の縦弾性係数が衝撃強度に及ぼす影響は小さい。
- (4) 接着層厚さを大きくするほど衝撃強度が大きくなる。
- (5) 解析結果と実験結果の傾向はよく一致した。

参考文献

- (1) 鈴木, 機論, 50-451, A(1984), 526-533.
- (2) 鈴木, 機論, 51-463, A(1984), 926-934.

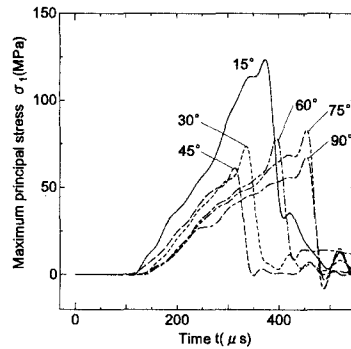


図4 スカーフ角 θ が応力伝播状況に及ぼす影響

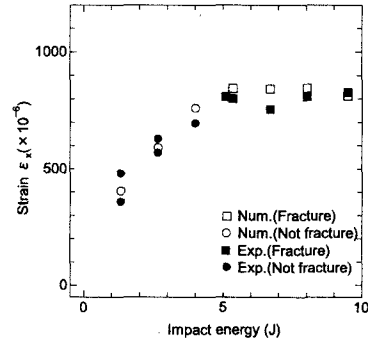


図6 解析結果と実験結果の比較