20101 スカーフ接着継手界面の三次元応力解析

3D Stress Analysis of Interface of Scarf Adhesive Joints

○学 石野 雄大 (筑波大院) 正 寺本 徳郎 (筑波大)

Yuta ISHINO, Graduate student, University of Tsukuba, 1-1-1 Tennodai, Tsukuba, Ibaraki

Tokuo TERAMOTO, Graduate School of Department of Engineering Mechanics & Energy, University of Tsukuba

In this study, Stress analysis and classification of fracture modes of epoxy adhesively bonded scarf joints are assessed. The interface stress distribution in scarf joints under tensile loading are analyzed using three dimensional finite element method. In addition, the fracture modes of scarf joints are predicted using the interface stress distributions based on the stress direction of spherical coordinates. As a result, at 90 and 75 [degree], maximum $\sigma_{\theta\theta}$ exists in the adhesion layer, and it carries out cohesion failure. At 60, 45 and 30 [degree], maximum $\sigma_{\theta\theta}$ exists at the interface, and it carries out interfacial failure. Further, when adhesive angle becomes an acute angle, it is shown that maximum $\tau_{r\theta}$ becomes large at the interface and influences interfacial failure.

Key Words: 3D-FEM, Stress Analysis, Fracture Mode, Stress Conversion, Corner Singularity

1. 緒言

接着による接合技術は構造物の軽量化や簡易化を目的として輸送機器や軽量構造物等に用いられている。しかし接合材の界面ではそのヤング率の違いから特異応力場を生じ破壊強度に大きな影響を与えることが示されている⁽¹⁾。また、この特異応力を避けるために一般的に用いられるスカーフ継手において、その強度バラツキの要因の一つとして同じ接着角度においてもその破壊形態が一樣でないことが挙げられる。そこで本研究では SUS304 を被着材としエポキシ系接着剤で接合したスカーフ接着継手の3次元応力解析及び破壊試験を行い破壊形態と界面の応力の関係を考察した。

2. 解析モデル

3次元応力解析は汎用コード[Ansys]を用いて行った。モデル節点数は 27783, 要素数は 24000 とした。接着角度は 90, 75, 60, 45, 30[deg]の5条件とし接着層厚さは 1.0[mm]とした。また対象性を考慮した1/2モデルとなっている。表1に材料特性、図1にモデル及び座標系を示す。

Table 1 Mechanical properties of material

Material	E(GPa)	ν
SUS304	197	0.30
Epoxy	3.4	0.39

Fig.1 A model of 3D-FEM

3. 実験方法

被着材としてステンレス鋼 SUS304, 接着剤としてエポキシ樹脂系接着剤(セメダイン(株))を用いた。被着材は前処理として、接着面を #2000 のサンドペーパーで研磨後、アセトン (CH_3COCH_3) を用いて脱脂、洗浄して接着した。接着は室温で 24 時間放置し硬化させた。接着角度は解析同様 5 種類とし実

験を行った。製作した試験片はインストロン万能試験機を用いて引張試験を行い破断後の破断面の観察、分類を行った。

4. 結果及び考察

図 2 に各接着角度における破壊形態の略図を示す。界面から生じるき裂が接着層内部を進展し破壊したものを凝集破壊とし、き裂が界面を進み破壊したものを界面破壊とした。実験結果から接着角度が 90,75[deg]では凝集破壊が多くみられた。接着角度 60,45,30[deg]では界面破壊が多く見られた。この中でもき裂が界面を進み逆側の界面に移行する形と、界面をそのままき裂が進展し破壊する界面破壊が見られた。図 3 に接着角度ごとの $\sigma_{\theta\theta}$ の解析結果のグラフを示す。接着角度 90,75[deg]においては $\sigma_{\theta\theta}$ の最大値は接着層の内部に存在しているのに対し、60,45,30 では $\sigma_{\theta\theta}$ は界面上で最大になっている。このことから 90,75[deg]においては界面端部から発生するき裂が接着層内部の方向となり凝集破壊を起こしていると考えられる。また界面破壊の影響としてはせん断応力が考えられる。図 4 に接着角度ごとの $\tau_{r\theta}$ のグラフを示す。接着角度が鋭角になるにつれ界面でのせん断応力は増加している。このことと $\sigma_{\theta\theta}$ が界面で大きく影響することから 45,30[deg]では界面破壊が起こりやすくなると考えられる。凝集破壊した試験の一つとして接着角度 75[deg]の破断面を図 5(a)に示す。また界面破壊した試験片として接着角度 30[deg]の破断面を図 5(b)に示す。凝集破壊した試験片では界面の角部からき裂が発生し直後に内部に進展して破壊しているのが分かる。また界面破壊した場合はき裂が接着層内部に進展することなく界面を進行していることが分かる。

5. 結論

- (1) 界面端部近傍において $\sigma_{\theta\theta}$ の分布から接着角度 90,75[deg]では $\sigma_{\theta\theta}$ の最大値は接着層内部にて発生し、それにより凝集破壊が起きている。
- (2) 接着角度 60,45,30[deg]では $\sigma_{\theta\theta}$ の最大値は界面上にあり、またせん断応力の増加も重なり界面破壊が支配的になる。

参考文献

- (1)H.KOGUCHI and M.NAKAJIMA, Influence of Interlayer Thickness on the Intensity of Singular Stress Field in 3D Three-Layered Joints under an External Load, J. of sol. Mech. & Mat. Eng. 1027-1039(2010)

(a) Cohesion failure (b) Interfacial failure

Fig.2 Fracture morphology

Fig.3 Normal stress distribution along the θ'

Fig.4 Shearing stress distribution along the θ'

(a) Cohesion failure (75[deg]) (b) interfacial failure(30[deg])

Fig.5 Fracture surface appearance