

卒業論文要旨

中空微粒子を混合したエポキシ系接着剤を用いた接着継手の強度特性

Strength of adhesive joint using epoxy adhesive mixed with micro-balloons

システム工学群

材料強度学研究室 1200013 安達 秀飛

1. 緒言

接着接合はリベット、ボルト、釘などを用いる機械的接合よりも軽量化が可能であることに加え、異なる材料を接合できるという利点がある⁽¹⁾。これらの特徴を有しているため、接着継手は自動車や航空機など様々な分野で使用されてきている。しかし、本継手は接着端部で応力集中が生じるため、そこを起点として破壊が生じやすくなり継手強度の信頼性が低下するという問題点が存在する⁽²⁾。これに対し、接着層の機械的性質を徐々に変化させることにより、接着端部の応力集中を軽減させる傾斜機能接着継手(Functionally Graded Adhesive Joint, 以下 FGAJ)が注目されている。FGAJ を実現するためには接着剤の硬化後の機械的性質が異なる接着剤を複数使用する必要がある。

エポキシ樹脂に中空微粒子(Micro Balloon, 以下 MB)を混合、分布させることで、その機械的性質を変化させ、またその分布を制御した傾斜発砲エポキシ樹脂に関する報告がある⁽³⁾。この MB をエポキシ系接着剤に混合することで、FGAJ を実現する着想に至った。本研究はその予備試験として MB を混合した接着剤のバルク試験片や単純重ね合わせ継手(Single Lap Joints, 以下 SLJ)を引張試験することにより、接着剤や SLJ の強度特性を明らかにすることを目的とした。

2. 材料

2.1 バルク試験片

接着剤は 2 液型エポキシ系接着剤 Araldite2015 を用いた。MB は松本油脂製薬株式会社の MHL-HD60CA を用いた。

本接着剤は主剤(A剤)と硬化剤(B剤)を重量比 1:1 の割合で混合して使用する。実験ではこの接着剤のみ(MB 0)とこれに MB を 0.25 w% および 0.5 w% の割合で混合した 3 種類を用いた(以下それぞれ MB 0.25 および MB 0.5 とする)。MB を混合させる場合、攪拌機を用いて A 剤と MB を 600 rpm で 5 分間混合させた。その後、B 剤を加えて 300 rpm で 5 分間混合させた。さらにこの接着剤を 10 分間真空中で脱泡した。型に接着剤を流し込み、70 °C の環境下で 1 時間保持することにより図 1 で示す寸法のバルク試験片を作製した。

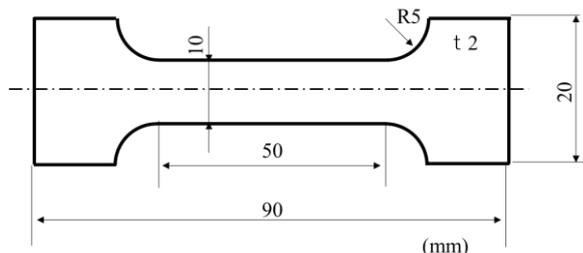


Fig.1 Dimensions of specimens

2.2 SLJ 試験片

被着材としてアルミニウム合金 A2017 を用いた SLJ 試験片を作製した。図 2 に試験片の寸法を示す。接着剤はバルク試験片と同様な方法で準備したものを使用した。

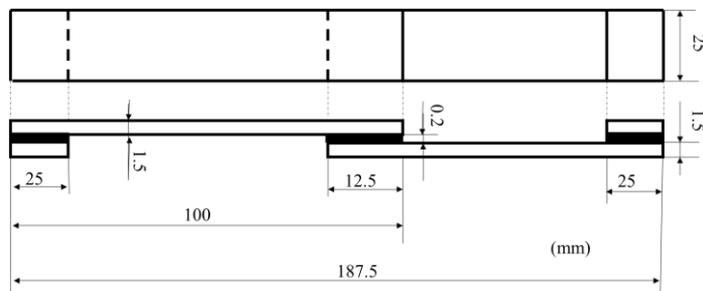


Fig.2 Dimensions of SLJ

3. 実験結果

3.1 バルク試験片の引張試験

接着剤自体のヤング率とポアソン比を測定するために、各接着剤で作製したバルク試験片の両面に長手方向とそれに直角な方向にゲージ長 5 mm のひずみゲージを貼付し引張試験を行った。精密万能試験機(AG100kNG, 島津製作所)を用いて、変位速度 0.5 mm/min で 100 N まで荷重を加え、縦ひずみと横ひずみを測定した。

実験によって得られた各接着剤のヤング率とポアソン比を表 1 に示した。ポアソン比に MB の重量比による影響は見られないものの、ヤング率は MB の重量比が増加するにつれて減少することがわかった。

Table.1 Properties of adhesives

	Young's modulus(GPa)	Poisson's ratio
MB 0	1.71	0.35
MB 0.25	1.59	0.38
NB 0.5	1.46	0.35

上記に示した試験片とは別に各重量比のバルク試験片を 3 本ずつ変位速度 0.5 mm/min で引張試験した。結果を荷重変位線図として図 3 に示す。平均破断荷重は MB 0 の時に約 458 N, MB 0.25 の時に約 381 N, MB 0.5 の時に約 306 N と MB の重量比が増加するにつれて破断荷重は低下した。また、平均破断変位は MB 0 の時に約 2.29 mm, MB 0.25 の時に約 2.34 mm, MB 0.5 の時に約 3.64 mm と MB の重量比が増加するにつれて増大した。

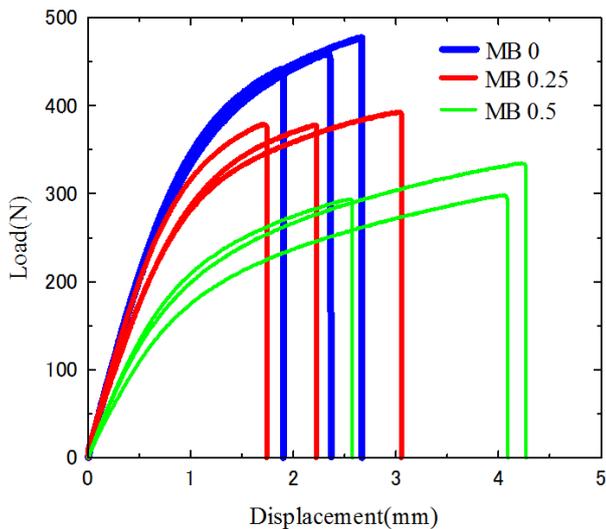


Fig.3 Load-Displacement diagrams of adhesives (bulk)

3.2 SLJ 試験片の引張試験

各接着剤を用いて作製した SLJ を変位速度 0.5 mm/min で引張試験した結果を図 4 に示す。図 3 に示したバルク材の結果では MB の重量比が大きいほど破断荷重が小さくなったが、継手の強度は必ずしもバルクの強度と直接的な相関は見られなかった。

破面の状態を図 5 に示す。破面は接着剤と被着材の界面で破壊した界面破壊と接着剤で破壊した凝集破壊の破面が見られる。試験した試験片すべての破面について凝集破壊の破壊率を測定し、各試験片の破断荷重との関係を図 6 に示した。凝集破壊の割合が増加するにつれて破断荷重も増加する傾向が見られた。今回 MB 0 の強度が最も低くなったが、これは界面で破壊した部分が多いためと考えられる。

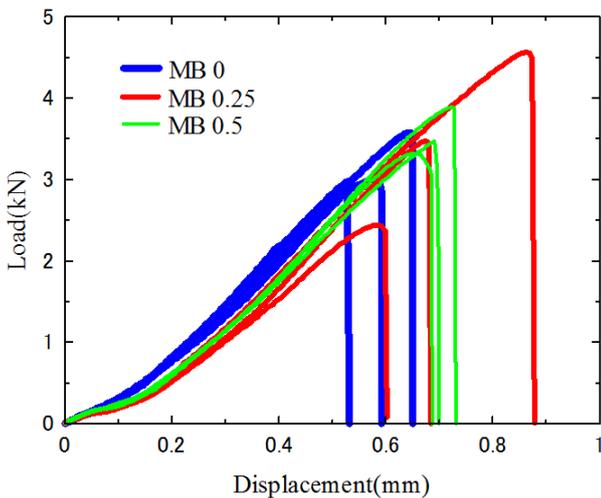


Fig.4 Load-Displacement diagram of SLJ specimens

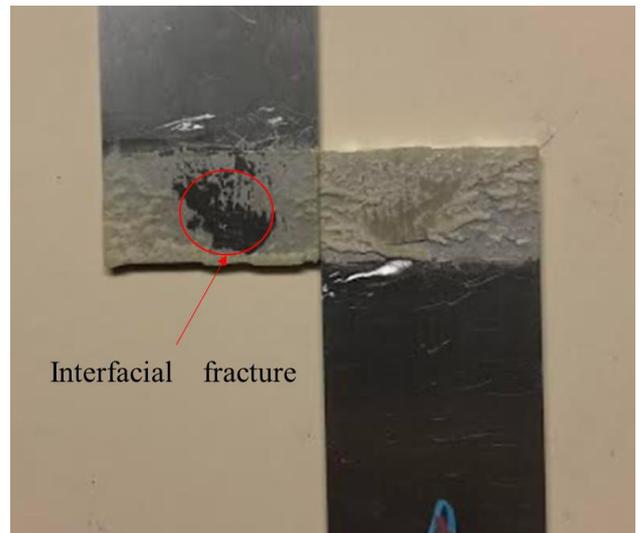


Fig.5 Fracture surface

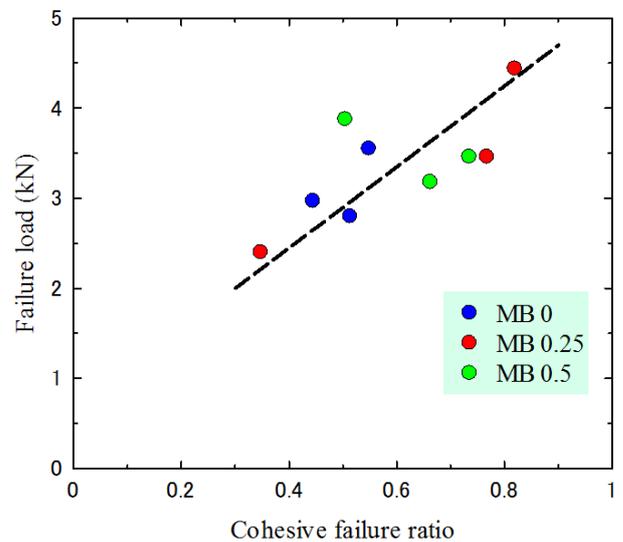


Fig.6 Relationship of Failure load and Cohesive failure ratio

4. 結言

- (1) エポキシ系接着剤は MB の重量比が増加すると破断強度が低下し、破断変位は増加することがわかった。
- (2) MB を混合するとエポキシ系接着剤のヤング率は低下することがわかった。
- (3) 接着剤の強度は必ずしも接着継手強度と相関はなく破壊形態に依存する。

文献

- (1) 日本材料科学会, “接着と材料” 裳華房
- (2) Jae-Hyun Park., Jin-Ho Choi., Jin-Hwe Kweon., Composite Structures, 92, 2226-2235, (2010)
- (3) 樋口理宏, 横地雄斗, 足立忠晴, 日本機械学会論文集 (2012-5)