

薄板金属材料を用いた接着継手の弾塑性変形と破壊挙動

拓殖大学 工学部 機械システム工学科

助手 森きよみ

(平成3年度奨励研究助成 AF-91028)

1. 研究の背景

近年、接着剤の需要が飛躍的に向上し、構造用として用いられる高強度接着剤の開発も急激な進歩を遂げ、さまざまな機械構造物にも接着継手が取入れられている。特に、軽量化、制振特性及び意匠性などの面から、金属板を材料とする構造物の接合部においても、接着接合法に対する期待が高まっている。金属薄板の接合に接着継手を用いた場合、従来用いられている溶接あるいは機械要素による接合法に比べ、母材となる金属材料の機械的特性を損なわずに接合が可能となる利点を有する。しかし、実際の構造物に用いる際には、プレスなどによる塑性加工が適用できるかという問題が挙げられる。そこで本研究においては、接着後の材料に負荷を加えた後の、材料の塑性変形と接着接合部の強度との関係を実験と解析の両面から検討し、塑性加工への適用の可能性について調べた。

2. 研究成果の概要

接着継手の変形挙動と強度特性を調べるためには、まず、使用する接着剤及び被着体金属材料の機械的性質を知る必要がある。そこで、まず接着剤のみを硬化させた試験片を作製し、JISのプラスチックの引張り試験方法に準拠した引張り試験を行った。2種類の接着剤の応力-ひずみ関係を図1に示す。次に、金属材料として、板厚0.8mmから1.6mmの冷間圧延鋼板、亜鉛めっき鋼板、ステンレス鋼板、アルミニウム合金板、カラー塗装鋼板等を用い、材料の引張り試験を行った。実験に用いた材料の機械的性質を表1に示す。更に、これらの材料を用いた単純重ね合わせ接着継手の試験片を作製し、引張り負荷に対する継手各部のひずみの変化と継手の強度を実験により測定した。引張り負荷に対する継手の破断強度と重ね合わせ長さの関係を図2に示す。同図の縦軸の σ_B は、破断時の引張り荷重値を被着体金属1枚の断面積で除した、平均引張り応力を表している。図中の●及び■は接着部以外の被着体金属が破断した場合を表す。また、継手の破断面の一例として、SPCCを被着体とした継手の破面の電子顕微鏡写真を図3に示す。最後に、有限要素法により継手内のひずみ及び応力の解析を行い、以下の結論を得た。

- 1) 接着剤として、二液混合型常温硬化エポキシ系接着剤(EC)及び一液性熱硬化型変性エポキシ接着剤(XA)の2種類を用い、接着剤の機械的特性を測定した結果、熱硬化型の接着剤は剛性及び強度の両面で、常温硬化型の接着剤より高い値を示した。
- 2) 各材料を用いた接着継手に対する実験の結果、重ね合わせ長さを大きくして接着面積を増加させると、被着体金属の塑性変形後も継手が接着部で破断しないことを確認した。また、熱硬化型接着剤(XA)を用いた継手の方が、常温硬化型接着剤(EC)の継手よりも強度が高い結果となった。

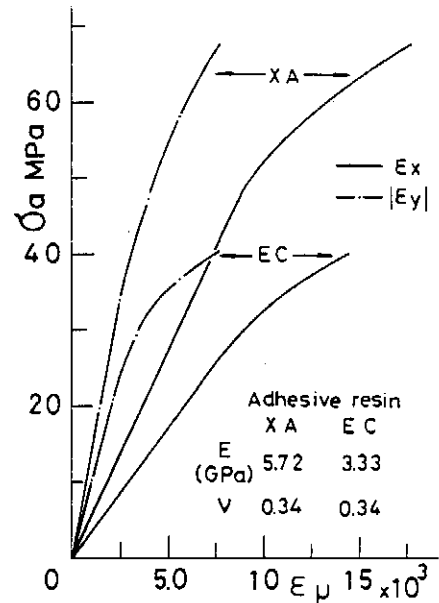
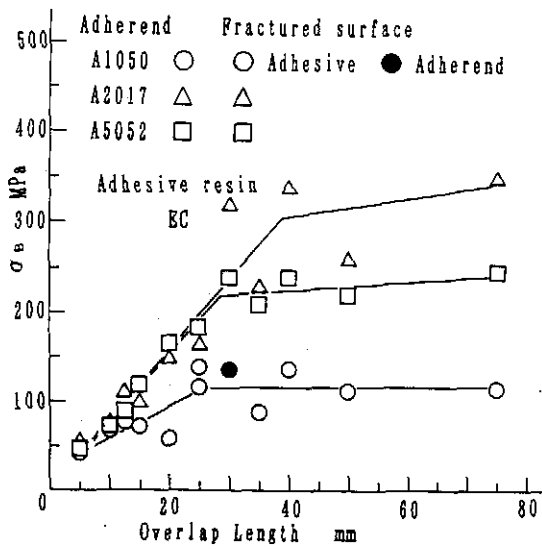


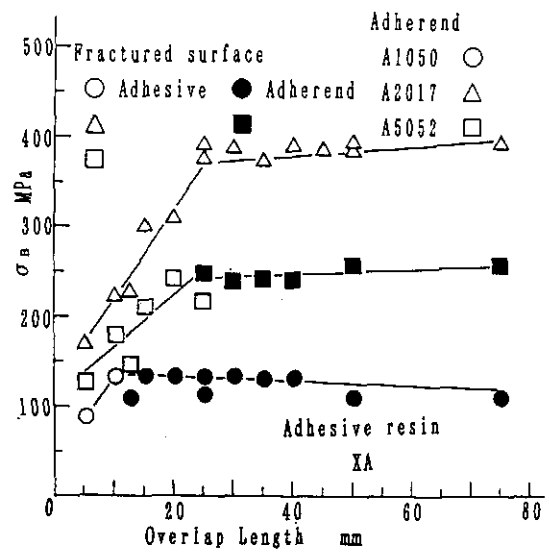
図1 接着剤の応力-ひずみ関係

表1 継手材料の機械的性質

名称	記号	板厚 (mm)	縦弾性係数 (GPa)	降伏応力 (MPa)	引張り強さ (MPa)
冷間圧延鋼板	SPCC	1.6	201	162	300
ステンレス鋼板	SUS304	1.5	186	306	647
アルミニウム合金	A5052	1.5	70	186	255
黄銅	C2801	1.0	101	238	414
ボンデ鋼板	SECC-1	1.6	212	200	314
ジンコート鋼板	SECC-2	1.6	214	219	323
カラー鋼板	SECC-3	0.8	201	345	377
溶融亜鉛めっき鋼板	SPGC	1.6	180	271	334
ポリキ板	SFTE	1.6	224	318	371
接着剤 (XA)	XA7416	0.05	5.25	25	44

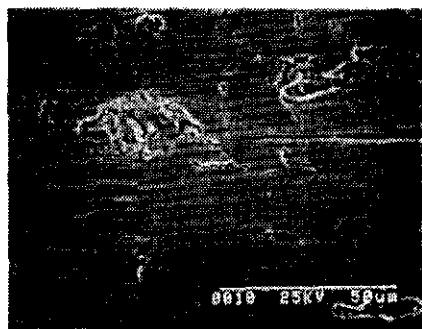


(a) 常温硬化型接着剤を用いた場合

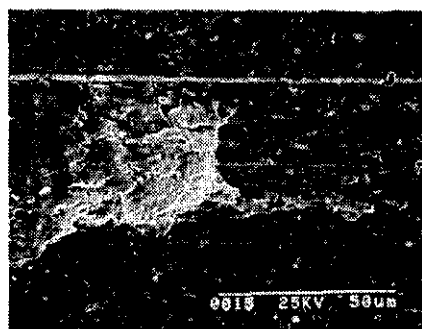


(b) 熱硬化型接着剤を用いた場合

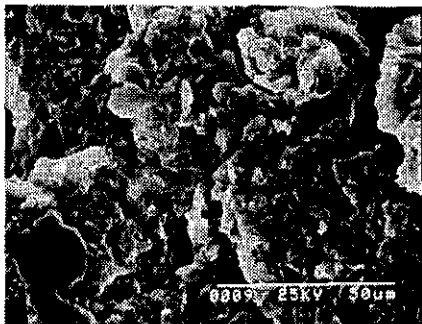
図2 接着部の重ね合わせ長ささと継手の破断強度の関係



(a) 界面剥離 (被着体金属表面)



(b) 界面剥離 (接着剤表面)



(c) 接着剤の凝集破壊

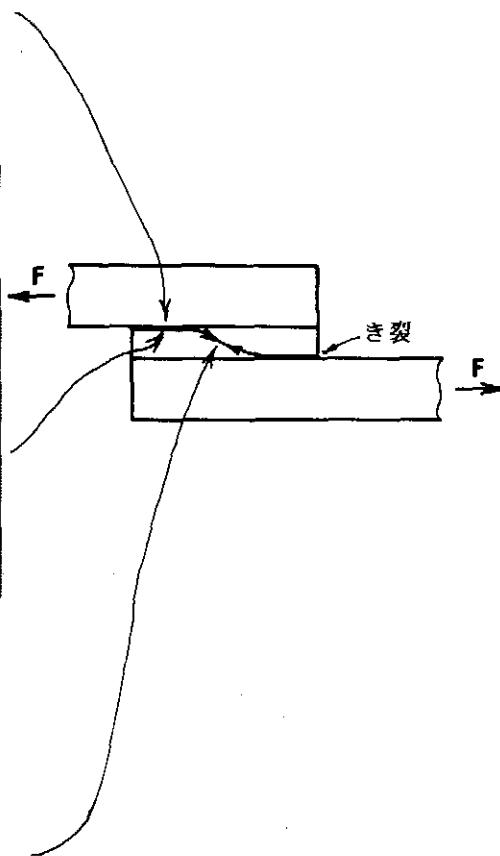


図3 SPCCを用いた継手の破断面のSEM写真 (接着剤XA)

3) 実験後の継手の破断面を電子顕微鏡で観察した結果、カラー塗装鋼板は、接着部両端近傍において塗装が接着剤により剥がされ、塗装の剥離強度よりも接着剤の接着強度の方が高いことがわかった。それ以外の材料においては、被着体が塑性変形した継手では、被着体材料にかかわらず継手の重ね合わせ部中央附近の破断面は、接着層における凝集破壊の様相を呈していることから、接着部両端の接着層と材料の界面で生じたき裂が進展し、

最終的には接着層の強度で継手が破断するものと考えられる。

4) 継手の変形及び応力の解析結果と実験結果を比較した結果、被着体が塑性変形する場合にも、提案している解析モデルにより変形のシミュレーションが可能なことを確認した。(図4)

Displacement magnification×10



図4 有限要素法による継手変形の解析結果

3. 発表

- (1) 日本機械学会材料力学講演会にて発表予定
(1993年11月)
- (2) 日本接着学会誌、1993年投稿予定