

構造用接着剤の破壊じん性に及ぼす温度と負荷速度の影響

東工大[院] 菅谷 達 倉本聡 東工大 ○佐藤千明

Influences of Temperature and Loading Rate on Fracture Toughness of Adhesively Bonded Joints

Toru SUGAYA, Satoshi KURAMOTO and Chiaki SATO

1 緒 言

接着接合は、その利便性と高強度から、適用範囲が広がりつつある。特に近年、自動車構造への適用が検討されており、接合部の衝撃強度が重要となっている。接着接合部の衝撃強度予測には、その応力解析と強度クライテリアが必要となるが、その知見が不足している。特に、接着接合部の破壊じん性に及ぼす温度と負荷速度の影響は、従来あまり調べられていない。そこで本研究では、この影響を実験的に調べた。具体的には、構造用接着剤により接合した試験片を作成し、温度と負荷速度を変化させつつ、落錐衝撃試験機を用いてこの高速負荷試験を行った。

2 試験片

2.1 試験片形状

試験片形状としては、モード I 破壊じん性値の計測法として一般的で DCB 試験片を用いた。試験片形状を Fig.1 に示す。被着体には自動車用冷間圧延高張力鋼 SPFC590 材を用い、構造用エポキシ系接着剤で接合した。被着体の変形を極力抑えるために被着体の厚さは入手可能な最も厚いもの（厚さ 2.6 mm）を用いた。接着剤層は、テフロンシートを挟み込んで、厚さ 0.1 mm となるように調整した。

2.3 試験片制作

試験片の制作は以下の手順で行った。まず、固定型をアセトンで洗浄し、離型剤を塗布する。次に、被着体の接着面をサンドブラスト処理し、その後アセトンによる 15 分間の超音波洗浄を行う。接着面に接着剤を塗布し、両端部に厚さ 0.1 mm のテフロンシートを挟み、貼り合わせの後、固定型に設置し、錘により加圧を加え、加熱炉で接着剤を硬化させる。その後、側面クラックゲージ（KV-25B, 株式会社共和電業）を貼り付け、蝶番を被着体に取り付ける。

き裂先端は鋭い刃状になっていることが好ましい。しかし試験片は製作段階でこの箇所がテフロンシートの形状に追従し、矩形状になっていると考えられる。この問題を解消するために、本試験を行う前にき裂を少しだけ進展させた。具体的には、機械式試験機を用い、ゆっくりと開口荷重を負荷し、き裂を 2 mm だけ進展させ、鋭いき裂先端を作成した。

3 実 験

3.1 静的試験

上記の試験片の静的試験を機械式引張試験機により実施した。クロスヘッドの変位速度は 5 mm/min, および 300 mm/min とした。また、低温での試験は、恒温槽付き油空圧試験機により実施した。

3.2 高速試験

Fig.2 に、高速試験に用いた落錐式衝撃試験機を Fig.3 に試験片周辺部のクローズアップを示す。本装置は落錐部、落錐部をけん引するための昇降機部、および試験力の測定を行うロードセルから成り、落錐部には長さを精度よくそろえた 2 本のハンマーが取り付けられている。これが試験片下部に設置したアンビルに衝突し、試験片に引張り衝撃負荷を加える。荷重測定は、試験片上部に設置した水晶式ロードセルにより行った。また、落錐の変位をレーザーセンサにより測定し、この結果より落錐の衝突速度と試験片の伸びを計算した。落錐重量は 25 kg であり、また衝突速度を 2 m/s としたため、落錐の運動エネルギー十分大きく、試験片の破断が可能となった。なお、低温試験は、自作の低温チャンバーを用いて実施した。ここでは、液体窒素の噴霧により、試験片を冷却した。

3.3 試験結果

Fig.4 に、室温での荷重変位線図を、Fig.5 に -20℃での荷重変位線図を示す。また、Fig.6 に試験結果より求めた、接着接合部の破壊じん性値を示す。室温では、負荷速度の影響はあまり見られないが、-20℃では、負荷速度の上昇と共に、破壊じん性値が増加する傾向がみられた。一方、-40℃では、低負荷速度域では破壊じん性値の向上が見られるものの、高負荷速度域では接着剤層が大幅に脆性化し不安定破壊を生じた。したがって、破壊じん性値は計算できなかった。

4 結 言

本試験で用いた接着剤による接合部は、破壊じん性値の温度および負荷速度依存性が大きく、低温かつ高速負荷環境では脆性化することがわかった。

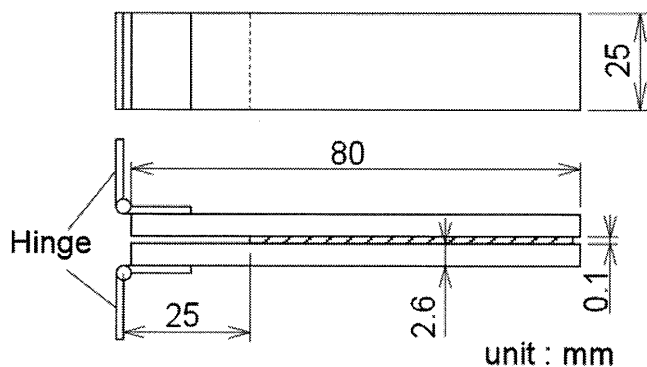


Fig.1 Configuration and dimensions of DCB specimen

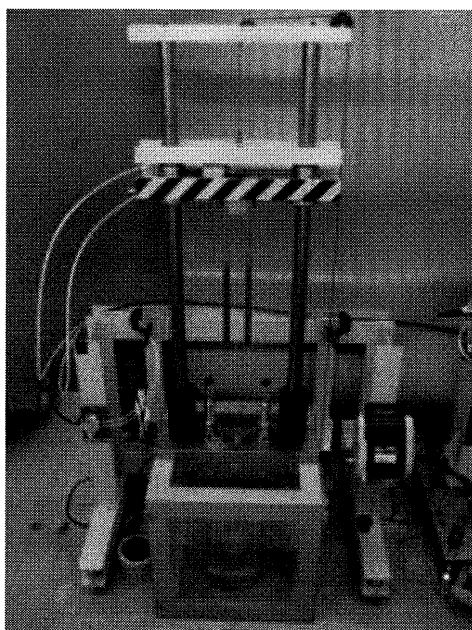


Fig.2 Drop weight impact testing machine

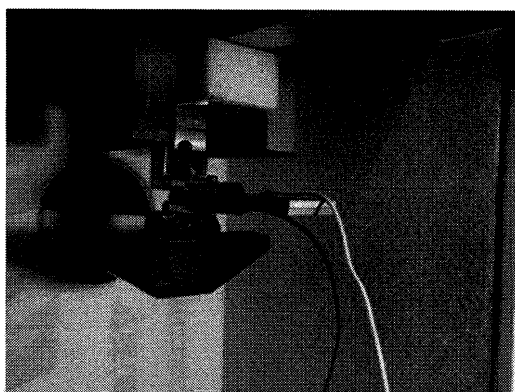


Fig.3 Close-up of DCB specimen in low temperature chamber installed in impact testing machine

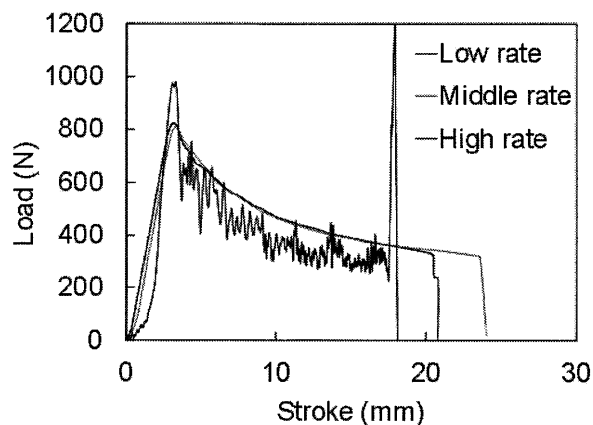


Fig.4 Load-displacement curve of DCB specimen at room temperature

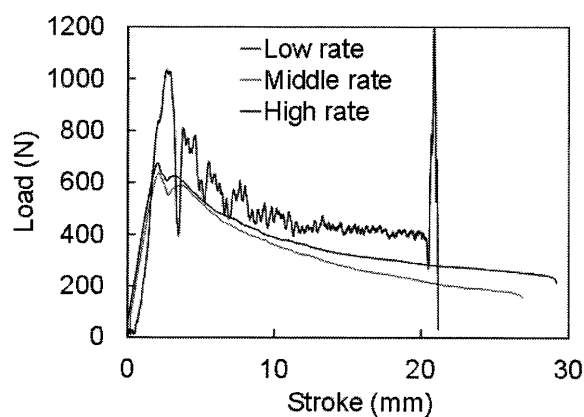


Fig.5 Load-displacement curve of DCB specimen at low temperature (-20°C)

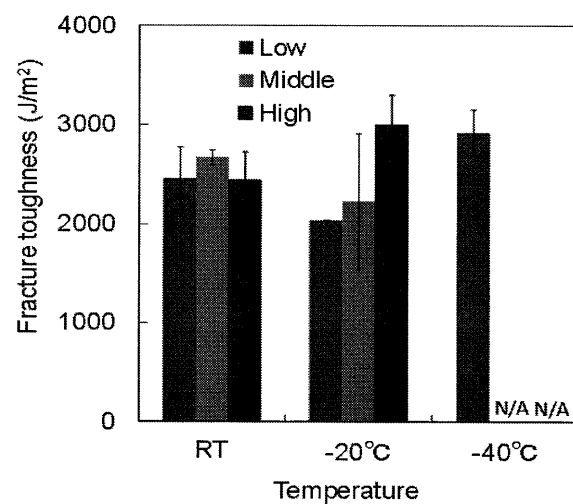


Fig.6 Fracture toughness of DCB specimen vs. temperature