

I-206

鋼接着接合部の破壊じん性

東京工業大学工学部 正会員 森 猛
東京工業大学大学院 学生員 沖中 知雄

1. はじめに 橋梁部材の接合に接着剤を用いることにより、施工が容易になる、軽量化できる、応力集中の軽減が計れる、等の利点が考えられる。しかし、その適用にあたっては接着継手の強度を明らかにし、また破壊のメカニズムを明らかにすることが不可欠である。接着層内部には金属表面の凹凸、濡れ特性などの影響により非接着部、即ち欠陥を生じやすいことを考慮し、本研究では接着継手の破壊靱性と破壊のメカニズムについて実験的に検討した。

2. 試験方法 図1に試験体の形状、寸法を示す。CT試験体はモードIでの破壊靱性値、平板試験体は混合モード下での破壊靱性値を求めるために用いた。非接着材は溶接構造用鋼材SM50A、接着剤はアクリル系である。接着剤単体での引張強度は18MPa、ヤング率は270MPaである。また、試験中破壊のメカニズムを調べる目的でAEの測定を行った。なお、CT試験片での接着層の厚さは約0.07mm、平板試験体では約0.3mmである。また、CT試験片では比較のために接着層厚0.3mmも試験片も作成した。

3. 破壊のメカニズム 図2に実験より得られた代表的な荷重（P）と荷重点変位（ δ ）の関係と、それに対するAEのCOUNT数（しきい値 65db）を示す。P- δ 関係は以下の二つの領域に大別される。

- ① 荷重と変位が線形を保つ領域
- ② 荷重-変位関係が非線形となり、荷重増分に対して徐々に変位増分が大きくなる領域

AEは、載荷と同時に発生し、荷重レベルが増大してP- δ 関係が非線形となり始める領域①と領域②の境界付近で極大となっている。その後、荷重が上がっているにも関わらず、AEの発生数は一旦下がり、破壊直前に発生数が再び上昇し始め、破壊時に発生数が最大となっている。本研究で用いた接着剤のような高分子材料では、まずクレーズと呼ばれるボイド（数nmのオーダーの空隙の集合体）が多数発生し、その後ボイド間の壁（ファブリルと呼ばれる）が引き伸ばされて破壊し、ボイドおよびクレーズの合体が生じ破壊にいたると言われている。これは高分子材料単体より得られたものであり、また高分子材料では振動の減衰が著しいため、以上の破壊メカニズムとAEの関係は明らかにされていない。

ここで測定されたP- δ 関係、AE COUNT数及び上記の高分子材料の破壊メカニズムより判断して接着継手の破壊は以下のようなメカニズムで生じたものと考えられる。

接着層では、荷重がかかり始めるとほぼ同時にクレーズが発生し始める。このとき、クレーズの発生にともなってひずみエネルギーが解放される。クレーズの発生する応力レベルが高くなるにしたがって発生するクレーズも多くなり、AEの発生数が増大する。この過程でP- δ 関係は線形となる。これが領域①である。次に、ある荷重に達した後クレーズの数はほぼ飽和状態となり、その後クレ

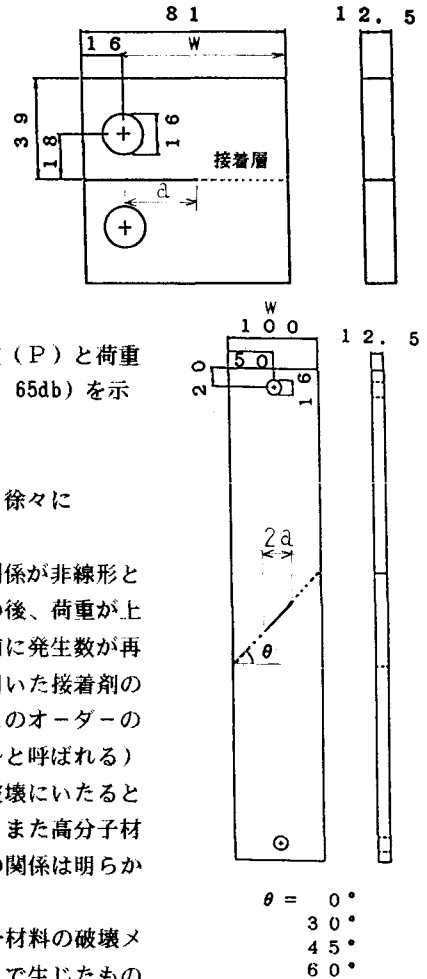


図1 試験体

ーズはあまり発生しない。そして、クレーズの発生にかわって、ポイド間のファブリルの伸張が支配的となる。この過程では、ファブリルが引き伸ばされることが支配的となるため、ひずみエネルギーの解放が少なくなり、A Eの発生数も減少する。この段階でP- δ 関係は非線形となっている。そして最後に、最大荷重間近になると、ファブリルが破断してポイドがつながるとともに、クレーズの合体が生じてこれらが亀裂となり、A Eの発生数も再び増大する。そして、最終的に破断する。

4. 破壊じん性値 図3にCT試験片におよび $\theta = 0^\circ$ の平板試験片により求めたモードIでの破壊靱性値 K_{Ic} を示す。なお、 K_{Ic} はASTMでの鋼材の破壊靱性値測定に関する規格にしたがい、P- δ 曲線の直線部の傾きを5%緩やかにした直線とP- δ 曲線の交点での荷重を基に求めた。 K_{Ic} は $6 \sim 9 \text{ kgf/mm}^{3/2}$ の範囲にあり、試験体の形式による差はない。しかし、未接着部が長くなるにしたがって、低くなる傾向があり、均一材料に対して定義された応力拡大係数を複合材料である接着継手の破壊パラメーターとして用いることには問題があるとも考えられる。

図4に平板試験片より求めた混合モード下での破壊靱性値を示す。図中の破線は均一材料に対して提案されている最大応力拡大係数説による破壊曲線である。この説では、亀裂は応力拡大係数が最大となる方向に進展することになる。接着継手では、接着層で破壊が生じるため破壊の方向は決められている。しかし、ここでの結果はほぼ最大主応力説にしたがっている。

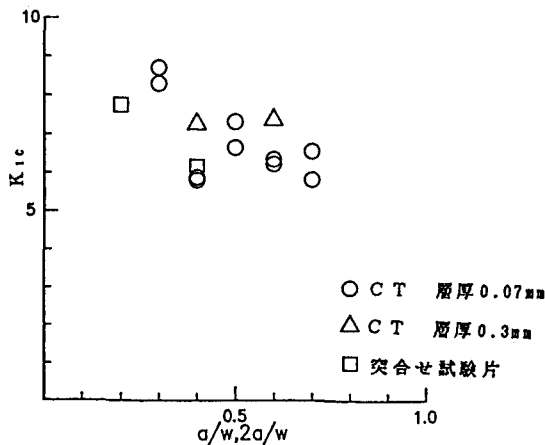


図3 モードIでの破壊じん性値

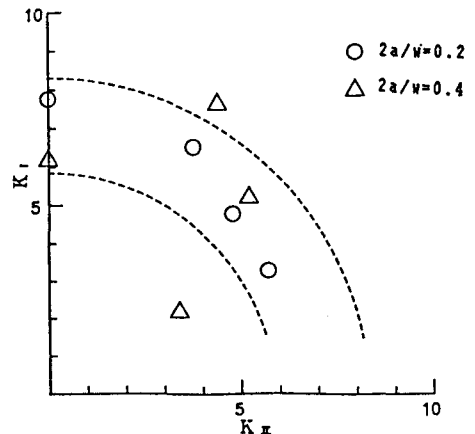


図4 混合モードでの破壊じん性

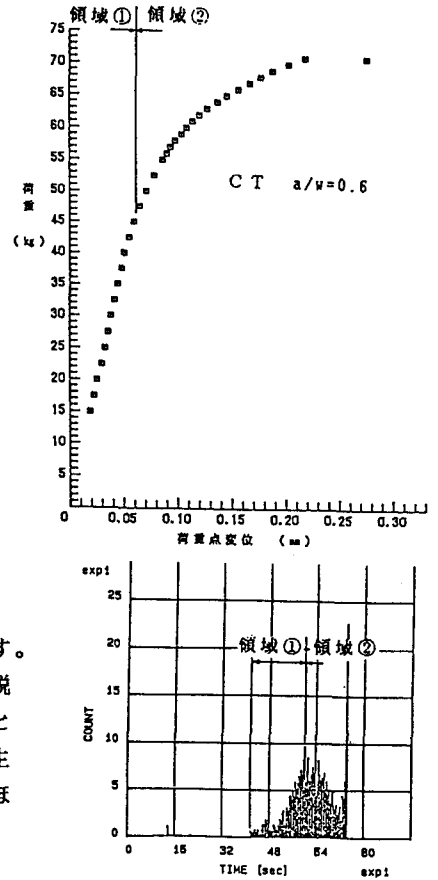


図2 P- δ 関係、A E COUNT数

5. おわりに 鋼接着継手は剛な材料を柔らかく薄い接着剤で接合したものである。ここではその破壊靱性を整理するパラメーターとして鋼材等に対して通常用いられている応力拡大係数を使用した。今後、より適切なパラメーターを明らかにするための検討を行う予定である。