

三点曲げ試験における AE 信号の活用

北村 純一

大分大学工学部技術部 junichi@oita-u.ac.jp

1. 緒言

AE (アコースティック・エミッション) とは、物体の破壊などの巨視的現象に至る前に物体の内部に起こる微細なひび割れの進行に伴って、それまで蓄えられた弾性エネルギーが解放されるために生じる弾性波である。AE は様々な分野で活用されており、機械分野においては加工時における AE 発生の挙動を捉えることで被削材の損傷状況を診断することに活用できると考えられている。本研究では、三点曲げ試験において発生する AE を調査することで、曲げ試験における試験片の性状変化を判別するモニタとして十分に活用することが可能であるか検証することを目的として以下の実験を行った。

2. 実験方法

図 1 に実験概略図を、図 2 に三点曲げ部の詳細図を示す。試験片は中央部にノッチを有しており、ノッチ部を下面にして治具に据え置いた。ノッチ背部に 4.9N の荷重を掛け、3 分経過毎に 4.9N の荷重を追加する工程を破断するまで行った。その際、1 分間ごとの AE イベントの発生数とノッチ部のたわみを計測した。試験片の材質には砥石用結合材 (レジノイドボンド)、木材、ファインセラミックス (WA)、金属材料 (S45C) を選定した。

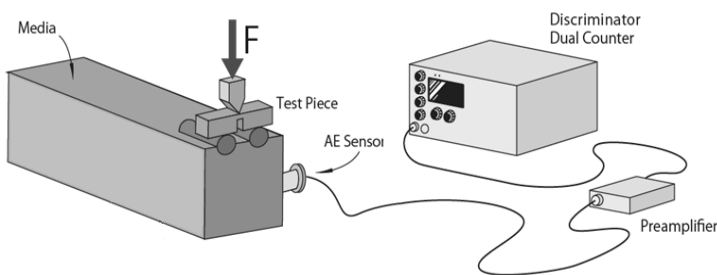


図 1 実験概略図

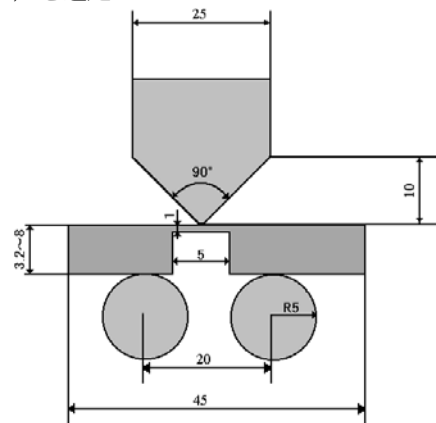


図 2 三点曲げ部の詳細図

3. 実験結果及び考察

図 3 に各材質で計測された AE イベント、たわみのグラフと試験終了後の試験片の表面写真を示す。レジノイドボンドは破断までの経過時間が短く、3 分経過後に荷重を追加した瞬間に破断した。AE イベント数は破断直前にカウントが急増したが、たわみは計測されなかった。砥石用結合材は、砥石を構成する成分の一種で砥粒を固着させておく役割を持つと同時に、研削が進むにつれ適度に消耗した砥粒を切り離し、新しく鋭い切れ刃を持つ砥粒の頭を露出させる役割 (自生作用) を持っている。それ故、砥粒の研削能力が低下すれば、結合材そのものが破断するような柔軟な性質でなければならない。レジノイドボンドは樹脂をベースとした結合材で、ボンドの中でも最も柔らかいため破断までの経過時間が短く、たわみも計測される前に破断したと考えられる。木材は、イベントとたわみ両方共緩やかに増加しており、砥石用結合材では観察された AE イベント数が破断直前に急増する現象は現れなかった。この要因として、木材は異方性が高く、荷重を繊維に対して垂直に加える場合と平行に加える場合では機械的強度が大きく変わる。また、木の種類や含水率などで性質が異なり、材質が同じものを使用しても定量的な結果が得られない場合があるなど機械的性質が安定していない材質であることが考えられる。WA は定期的に AE イベント数が急増しており、発生したイベント総数は最も大きい、たわみは破断するまで生じなかった。S45C は、AE イベント数が長時間に渡って緩やかに増加している。たわみは、急激に増加する変動域と殆ど変化しない定常域が繰り返し発生しており、時間が経過するほど定常域の時間帯が長くなっている。試験片は最終的に破断せず屈曲しており、この二種類の材料は対極的な結果が得られた。ここで、AE 信号は大きく分けて突発型と連続型の二種類に分けられる。突発型 AE は、微小な割れの進行に伴って発生し、破壊に近づくにつれ発生率と信号の振幅がともに増幅する特性を持っている。連続型 AE は塑性変形する場合に発生し、降伏応力付近での AE の発生率が最も高いが、加工硬化が進むにつれて AE 信号は微弱となり発生率も低下す

る。今回の実験において、ファインセラミックスでは、脆性材料であることと破断時までたわみも測定されなかったことから、微小破壊などによって発生する突発型 AE が計測されたと考えられる。金属材料では、大きなたわみの発生と試験片が破断せず屈曲したことから、塑性変形による連続型 AE が計測されたと考えられ、これらのことは AE イベント数の変化の挙動からも確認できる。

これらの結果を総括すると、ファインセラミックスなどの靱性の小さい材料は AE イベント数が多く、破断直前のカウンターの急増が顕著に見られ、金属材料のような靱性の高い材料は AE イベント数が相対的に少なく、破断するまで緩やかに増加するなど試験片の材質によって特有の結果が得られた。また、たわみの発生の有無に関わらず AE イベントを検出できるため、破断や疲労の早期発見に利用できる事が確認できた。

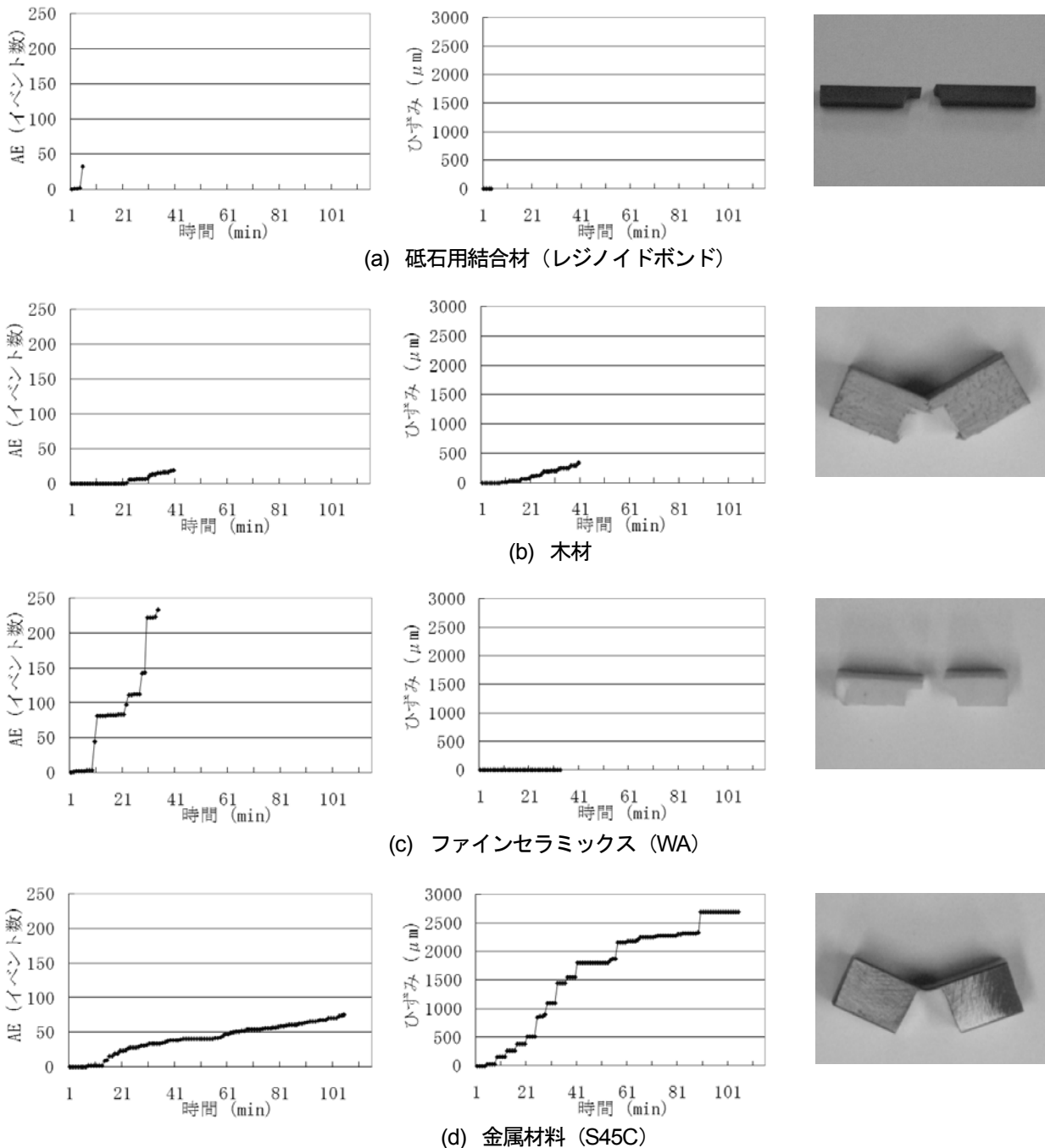


図3 各材質で計測された AE イベント数、たわみの変動と試験片の表面写真

4. 結言

本研究では、三点曲げ試験に AE 法を適用した。その結果、AE 法が試験片を問わず十分対応し、たわみの発生の有無に関わらず AE イベントを検出できるため、破断や疲労の早期発見や損傷予知などに活用できる有用性を深められた。