

AEの応用例

■ 1. AE計測を行う際には

- 1) 測定対象や目的に応じて、どのようなAEを放出するのか予測を行う。
- 2) 外来ノイズの発生を予測し、AEの判別方法について検討を行う。
- 3) 計測したいAEを取り込む最適な装置システムの検討を行う。

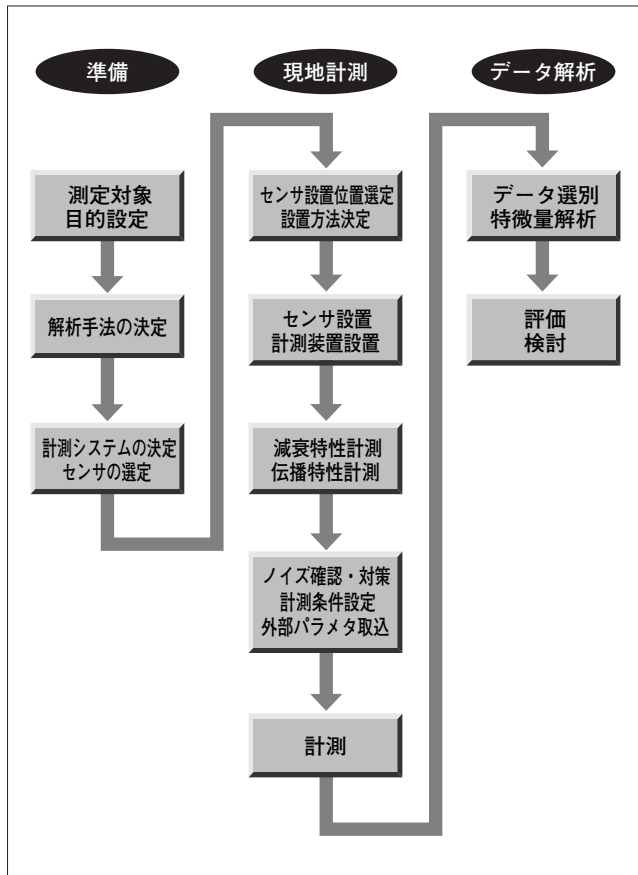


図1-7

現地計測を行う際には、センサ設置位置の選定を行う。センサ設置位置は、減衰・伝播経路・設置面粗さ等を考慮して選定する。特に、ノイズの影響を受けそうな場合は、AEの発生位置およびノイズの発生位置をある程度予測し、センサを最適な位置に設置する。長期計測の場合や高温および振動の影響を受ける場所では、設置面の腐食によるセンサの脱落や、センサ特性が劣化しないような対策を施す必要がある。また、定期的に設置したセンサの感度を校正する必要がある。

センサの取付けは、シリコングリスを媒体として密着させ、ビニルテープ等で固定する方法、瞬間接着剤およびエポキシ樹脂などで接着する方法が一般的である。長期計測を行う場合や、センサ設置面が振動の影響を受ける場合は、カップラントにより密着固定するより接着した方が環境劣化の影響を受け難く、データに安定性がある。

センサ設置後は、シャープペンシル芯の折折やパルサ等を音源として伝播・減衰特性を調査する。センサ設置状態の不具合や、センサ間に感度差がないか確認を行う。



図1-8

AE計測時に生じるノイズは、装置内部のノイズ、音響的ノイズ、電気的ノイズの3種類に分けられる。装置内部のノイズは、現地計測を行う前から把握していなければならない。音響的ノイズとは、一般的に機械的な振動成分のノイズのことである。すなわち被測定物中を伝播する弾性波の中で、実際に計測を行いたいAE波以外の弾性波のことである。振動成分ノイズの場合は、通常低い周波数成分を持つため、ハイパスフィルタを用いることにより除去する。その他音響的ノイズには、キャビテーション等の流体ノイズ、摩擦音等がある。これらのノイズの周波数は、放出されるAEの周波数成分に近いことが多い。対策としては、ノイズの伝播経路を経つことが第一に挙げられる。また、解析装置によりセンサ間に到達するAEの時間差からセンサ間で発生したAEを選別する機能(空間フィルタまたはコインシデンス機能)がある。その他、センサケーブルが振動しないようにケーブルの取り回しには十分に注意しなければならない。

電気的ノイズは、電源ラインやケーブルから混入する。対策としては、適切なアースをとる、シールドを行う、ノイズ源を計測位置から遠ざけること等が挙げられる。工場や屋外などは、電源ラインから振幅が大きいインパルスノイズが発生する。対策として、ラインフィルタ、ノイズカット・トランスが用いられる。一般的に、電源からのインパルスノイズは、立ち上がり鋭く、振幅が大きいという特徴を持つが、波形の持続時間が短い。そこで、持続時間による判定回路を用いて選別を行う場合がある。音響的ノイズ、電気的ノイズの対策を行う場合には、デジタルオシロスコープ等で波形を確認しながら対策を行う。(図1-9)

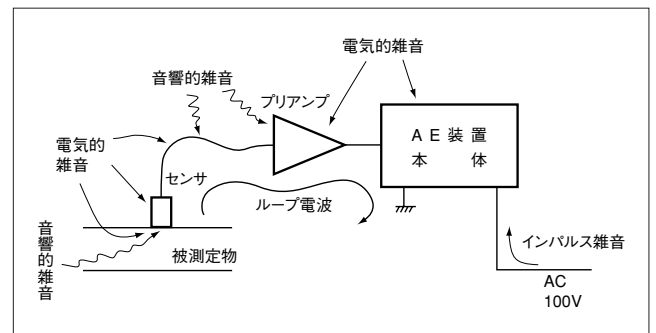


図1-9 AE計測における雑音の混入

計測条件設定では、利得、しきい値、装置本体のフィルタにより、AE信号の周波数帯域の設定を行う。

利得とは、プリアンプとメインアンプの増幅率である。通常のAE計測では60dB～80dB(1,000倍～10,000倍)で計測する。微少なAE信号を計測する時は、利得を大きくし感度を上げるようにする。しかし、計測するAE信号のレベルを予測することは困難であり、利得を大きくしすぎるとAE信号がアンプで飽和する場合がある。対策として、予備試験を行う、計測中に感度の変更、ダイナミックレンジが大きいログアンプを使用するなどが挙げられる。AE試験は、一回勝負が多いため利得の設定は、若干高めに設定すると良い場合が多い。

しきい値の設定は、しきい値が高いとデータの取りこぼしが生じ、低いとノイズをAEイベントとしてカウントするため、ノイズレベルより少し高めに設定すると良い。一般に、数多くのAEイベントデータを採取した後、選別、解析する方法が用いられる。しかし、個々の装置によって1秒間に取り込むことのできるAEイベント数が決められているため、試験中にしきい値が適切であるか注意を要する。

AE波形の記録は、詳細に波形特徴量を解析するために行う。波形を記録するためには、サンプリング周波数、データ長、トリガレベルの設定を行う。サンプリング周波数の設定は、材料が放出するAEの周波数、周波数解析のフルスケールにより設定する。例えば、金属の場合、放出されるAEの周波数は、約100kHz～700kHzに特徴量を持っていて、フルスケール1MHzの周波数解析を行いたい場合、サンプリング周波数は最低2MHz、できれば5MHz以上に設定する。

波形を保存する場合、データ量が膨大な量になり、波形の保存に時間をし、データの取りこぼしを生じることがある。このような場合は、包絡線検波処理を行いサンプリング周波数を遅くし、データ量を少なくする。包絡線検波波形(エンベロープ波形)とは、波形の最大値をつないだ波形のことである。(図1-10) 検波波形を計測する時のサンプリング周波数は、

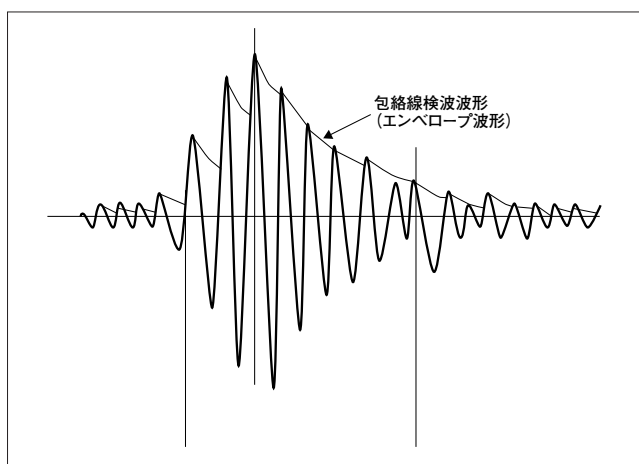


図1-10

40kHz位でありDATテープ等への連続記録が可能である。検波処理は、軸受けや歯車などの回転体に関する有効な手法であり、周波数解析を行うことにより異常発生に伴う金属の接触音の周期を知ることができる。(図1-11)

外部パラメタの取り込みは、対象設備についての詳細な情報(回転数、回転角度、歪み量、変位量、温度)と、AE波形の関係を検討するために行う。設備の診断を行う際には、AE信号と詳細な設備の状態について対応付けを行い、AE信号と相関関係がみられる最適なパラメタを組み合わせて診断を行う。

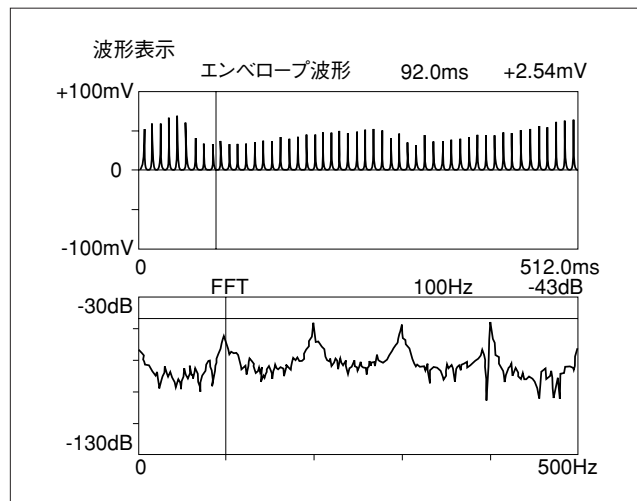


図1-11

■2. 設備診断例

設備診断とは、稼働中の設備に突発的に生じる異常や、設備の停止につながる事故の兆候を早期に発見する技術である。設備診断技術の重要度は、プラントや設備の老朽化が進む中、耐用寿命の延命、PL法の施行に伴う製造物に対する責任等から、年々高くなってきている。

このような状況下において、AE法は

- 1) 稼働中の設備に対して適用が可能である
- 2) 検知能力が高く、広範囲のオンラインモニタリングが可能である
- 3) 異常発生部の位置の特定が可能である

という従来の診断・検査手法にない独自の長を有している。しかし、実設備のノイズ状態は多種多様であり、目的とするAEを判別することが困難、AE波形特徴量から設備異常の定量化が困難、目的により装置が大型化となり高価という問題点もある。特に、AE法による設備診断を実施する場合には、個々の設備で目的とするAEを判別する手法が重要である。そのためには、AE計測に関する知識のみならず、それぞれの設備に対して詳細な知識が必要となる。このことが、AE法は「難しい・分からない」といわれる原因の一つになっていると言える。

設備異常の発生要因、形態を詳細に分析することにより、それに対応したAEは必ず発生している。この点に着目しながら設備の診断を行えば、AE法による設備診断が可能になる。

設備診断で取り扱うAEの現象としては、漏洩、割れ、摩擦・磨耗、音響検査、放電等がある。

A) 漏洩

漏洩の対象物としては、配管、ポンプ、バルブ、復水器等がある。

漏洩時のAE波形の特徴は、

- 1) 連続波である。
- 2) 漏洩量に対応した振幅の増加が認められる。
- 3) 約20kHz~80kHzの低い周波数成分に特徴を持つ。

ことが知られている。

漏洩時のAE波形は、一般的に連続波に近く、微少漏洩時に放出されるAE波は、環境ノイズに埋もれてしまう場合がある。このため、微少漏洩の検出や漏洩位置の標定が困難となる。漏洩の限界検出量向上のため、周波数解析を行い漏洩のAEと環境ノイズの判別を行う手法を用いる。配管は地下に埋設されている場合が多く、漏洩AE法により検出する目的としては、漏洩箇所の標定を行うことである。漏洩位置の標定は、複数のセンサを数箇所に設置し、発生した漏洩時のAEが各センサへ到達する時間差から漏洩位置を決定する手法を用いる。

漏洩時のAEの発生は、配管内部の流体ノイズの影響と漏洩箇所が笛のような音源となるため、漏洩箇所の形状(例えば腐食形状、バルブの形状等)に左右される。

B) 割れ

割れを対象としたAE計測は、製造時検査および製品検査等でよく行われる。対象材料としては、樹脂、FRP、金属、フェライト、セラミックスと多種・多様である。

脆性材料の耐圧試験時にAE法を用いて、破壊の初期き裂を検出し不良品判定を行う要求もある。試験中に最終破壊まで達すると、ラインに清掃の工程が増え、生産効率が低下するためである。

製造時の検査にAE計測を行う場合、注意しなければならない点は、AEを計測するタイミングである。例えば射出成形の場合、金型セット→樹脂充填→製品搬送と製造過程がある。金型をセットする時には大振幅のAEの発生が予測される。製品不良が発生するのは樹脂を充填する時であり、割れが生じた製品は常に同じタイミングでAEが発生している。このため、樹脂の注入時に注目しAEによる監視を行う。この部分での通常成形時と異常成形時の波形の特徴を検討し、判定方法を決定する。異常の判定には、振幅、持続時間、カウント等簡単なパラメタによる判定が望ましい。

C) 摩擦・磨耗

摩擦・磨耗の適用例としては、線材製造工程である引抜き加工時のダイスマーク検出、研削加工、工具損傷等がある。検査方法は、目視検査や過流探傷法を行う場合が多い。

摩擦・磨耗時に発生するAEの特徴としては連続波となり、磨耗量とAE振幅に相関がある。磨耗量が大きいほど振幅の大きなAEを発生する。

ダイスマークは、ダイスの割れおよび潤滑不良によって発生し、数十マイクロン~数百マイクロン程度の傷を呼ぶ。引抜き加工時(伸線加工時)に発生するAEは、摩擦・磨耗により発生するAEであり、線材成形時にも発生する。線材寸法(摩擦面寸法)、伸線速度(磨耗量)に相関を持っている。ダイスマークが発生した時は、通常の加工と較べ振幅が大きく持続時間の長いAEが発生する。(図1-12) 検出装置に必要な機能は、発生するAEのレベル監視、持続時間の監視を行い、予め設定されたレベルと時間を超えた場合に警報を出すことである。(図1-13) 発生したAEの持続時間を記録することにより、伸線速度からダイスマークの長さの評価を行うことが可能となる。

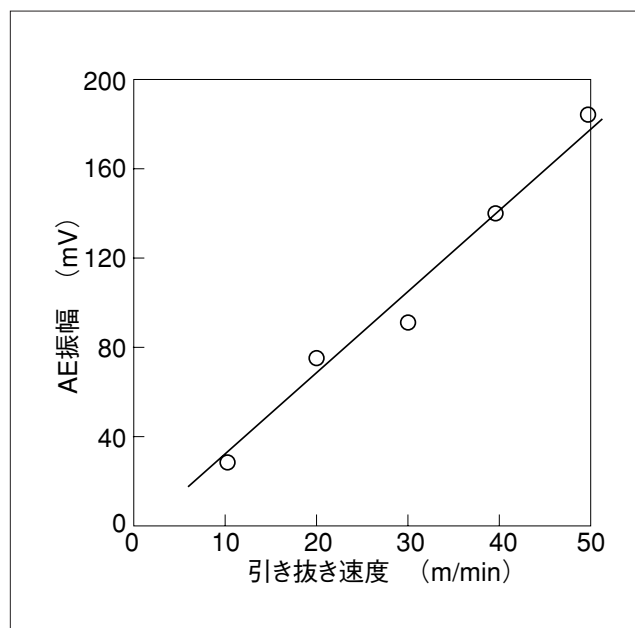


図1-12

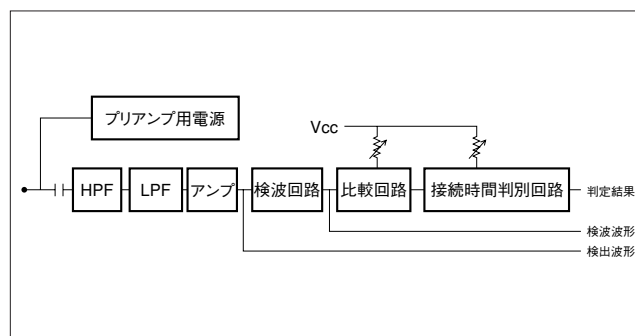


図1-13

D) 音響検査

音響検査例としては、モータの製品検査、エンジンのクリアランス評価等がある。従来より、この種の検査は、音感検査として騒音計や検査員の耳により判定が行われていて、周囲の音の影響を受けないよう防音室が必要になる。このため、製造ラインに組込むことが困難で、工程数が増加するという問題点を持っている。また、検査員の耳による判定のため、判定基準がその都度異なり、限られた検査員しか判定を行うことが出来ないという問題点もある。

そこで、防音室で行う必要がなく、製造ラインに組み込みが可能であるAE法の採用が検討される。

図1-14に音感法とAE法の違いを示す。AE法で良否判定を実施する場合は、良品と不良品の振幅や周波数に注目する。

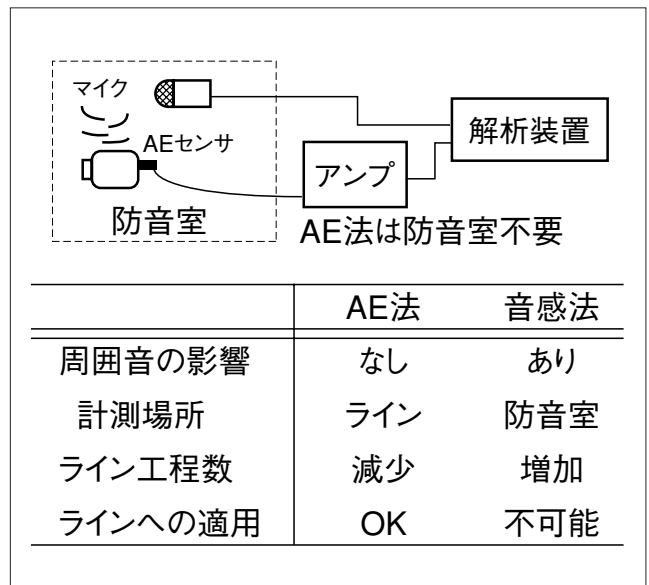


図1-14

E) 放電

放電現象(コロナ放電)は、絶縁破壊の前駆現象として発生することが多く、電動機や変圧器の放電を監視することは、絶縁破壊事故を未然に防止する有効な手段である。放電時のAEの特徴は、広い周波数帯域を持ち(100kHz~1MHz)、放電の大きさとAEの振幅値に相関があるといわれる。

電動機等のAEを検出する場合、振動成分が大きいいためノイズとの選別が困難である。対策として、AEと同時に放電電流パルスを計測する方法(図1-15)や、センサを電動機本体に接触させずに、空中に設置する方法等がある。

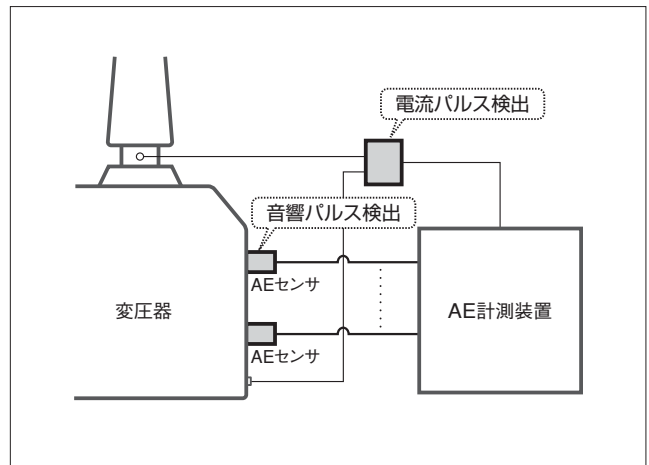


図1-15 部分放電監視