



PCB PIEZOTRONICS 社製

加速度計取り扱い説明書

株式会社 東陽テクニカ

チーム PCB

TEL: 03-3245-1240

FAX: 03-3246-0645

e-mail: pcb@toyo.co.jp

1. ICP 加速度計

ICP(Integrated Circuit Piezoelectric)加速度計は、シンプルで安価な定電流シグナルコンディショナで簡単に動作し、信号処理装置やデータ収録装置に接続することができます。以下に ICP センサの特徴を示します。

- ・ ケーブルのタイプや長さに依存しない固定の電圧感度。
- ・ 出力信号の出カインピーダンスが低いため、悪環境下で長いケーブルの使用にも対応。
- ・ 同軸線や2線リボンケーブル、ツイストペア線などの低価格のケーブルで動作。
- ・ 安価な定電流シグナルコンディショナで動作するため、チャンネル単価が低い。
- ・ バイアス電圧モニタ機能により、センサ内部やケーブルの断線、ショートをチェックが可能。

2. オプション

加速度計のオプション設定を以下に示します。

“A”	接着マウント	“M”	メトリックマウントネジ
“HT”	高温対応	“Q”	放電時定数の拡張
“J”	設置絶縁	“T”	TEDS 機能追加
“W”	ケーブル防滴加工		

(例 : HTA353B15 高温接着マウント汎用加速度計)

3. 加速度計の設置

設置方法を選択する場合、その方法のメリットとデメリットを十分考慮する必要があります。設置場所、その場所の面の状態、測定加速度レベル、取り付け易さ、温度、可搬性などが重要な要素となります。取り付け方法による高周波応答に関する考慮が非常に重要です。

Figure1. に一般的な取り付け方法に対する応答周波数の例を示します。

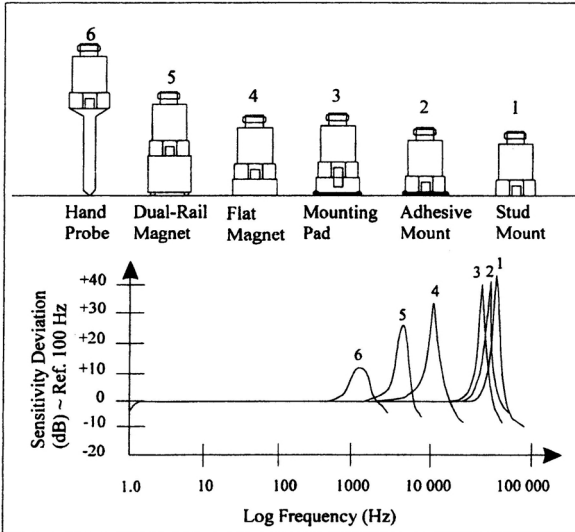


Figure 1. Assorted Mounting Configurations and Their Effects on High Frequency

3.1 スタッドマウント

この取り付け方法では、適切な動作をさせるために平らで滑らかな面に取り付けることが望ましいです。この方法は永久的な取り付け、及び安全な取り付けに有効です。また、高周波応答を測定する試験に適しています。

注意：曲面やざらついた面、平行でない面への取り付けは行わないでください。センサの上限周波数を著しく減少させる原因となります。

Step1. はじめに平らで滑らかな取り付け面の準備をします。その面の中心に取り付けねじ穴を開けます。

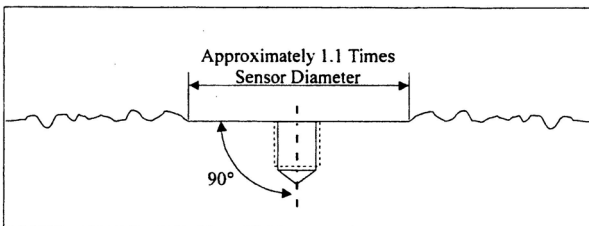


Figure 2. Mounting Surface Preparation

表面粗さを最小 $0.16\mu\text{m}$ で加工することをお勧めします。（もし、試験構造物に対しこのような準備ができない場合接着取り付けを代替案としてお勧めします。）加工面にバリやその他の異物が無いことを確認してください。

Step2. 取り付け面をきれいにし、グリスやオイルを薄く塗ります。半永久的な取り付けではエポキシ系等の接着剤を用いることもできます。

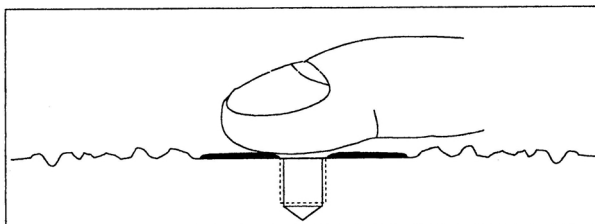


Figure 3. Mounting Surface Lubrication

Step3. 加速度センサのベースにマウントスタッドを手で取り付けてください（マウントスタッド一体型の加速度センサもあります）。これを、上記手順にて準備した取り付け穴にねじ込みます。Installation Drawing に記載された適切なトルクでトルクレンチを使用して取り付けてください。注意：トルクをかけすぎた場合、スタッドを破損することがあります。トルクレンチを用いて適切なトルクで締め付けてください。

3.2 接着による取り付け

接着取り付けは、一時的な取り付けや、試験構造物にスタッド取り付け加工ができない場合によく用いられます。ホットグルーやワックスは一時的な取り付けに向いています。一方、2液混合型のエポキシやクイックボンドジェル、（スーパーグルー）は長期的な取り付けに向いています。接着取り付けには2つの方法があります。接着マウントベースを介して取り付ける方法と、センサを直接接着する方法です。

注意：接着取り付けをした場合、高周波応答性能が減少する場合があります。一般的に、なめらかな面に強力な接着剤で取り付けした場合、最良の高周波応答性能が得られます。

方法1. 接着マウントベース

この方法は、試験構造物にベースを取り付けます。そして、ベースにセンサを取り付けます。この方法では、センサを簡単に取り外すことができます。また、多くのベースには、酸化皮膜がコーティングされており、グランドループや試験構造物から伝達する電気的なノイズを絶縁する役割を果たします。

Step1: 平らで滑らかな面を用意します。面粗さは最小 $0.16\mu\text{m}$ にします。

Step2: スタッドマウントの手順 Step2 と Step3 に示すようにセンサを適切なマウントベースの平らな面側に取り付けます。

Step3: マウントベースの取り付け面に少量の接着剤を塗布します（マウントベースの取り付け面には溝があります）。取り付け面に強く押し付けベースの下に余分な接着剤が残らないようにします。

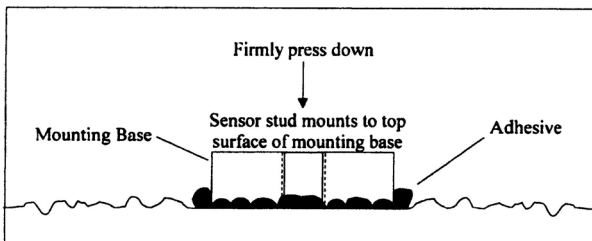


Figure 4. Mounting Base: Adhesive Installation

方法2. 直接取り付け

スペースの制約や利便性などにより、センサを直接、試験構造物に取り付ける場合があります。

Step1: 平らで滑らかな面を用意します。面粗さは最小 $0.16\mu\text{m}$ にします。

Step2: センサの取り付け面に少量の接着剤を塗布します。取り付け面に強く押し付けベースの下に余分な接着剤が残らないようにします。接着剤を多くつけすぎた場合、センサの取り外しが困難になる場合があるので注意してください。また、センサの取り付け面にねじ穴がある場合、ここに接着剤が入り込むと、将来、スタッド取り付けができなくなる場合がありますので注意してください。

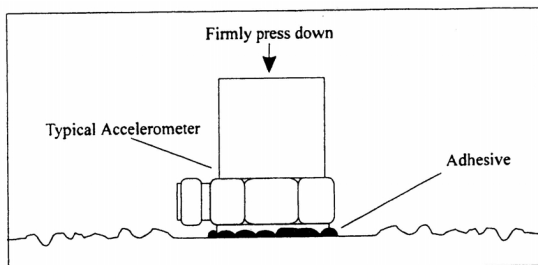


Figure 5. Direct Adhesive Mounting

3.2-1 取り外し（接着）

センサの破損を防ぐため取り外し前に接着剤に溶剤を塗布してください。たくさんの接着剤を使用してしまった場合、有効な溶剤はありません。POB 社が接着剤として添付している Loctite454 の溶剤にはアセトンを使用してください。これ以外の接着剤を使用した場合、各メーカーに問い合わせてください。溶剤が十分にしみこみ適切に作用するまで、数分間待ってからセンサを取り外してください。

溶剤を塗布した後、六角または四角のベースのセンサは通常のレンチ、ティアドロップ型センサはセンサに添付されているリムーバルツールを用いて取り外してください。取り外す場合は、慎重にねじるようにしてはけません。レンチやリムーバルツールは道具を使用せず、手で扱ってください。

3.3 磁石マウント

磁石マウントは取り付け取り外しがすばやく行え、一般的に機械設備などのメンテナンス、スポットチェック、振動の傾向の調査など一時的な取り付けに用いられています。

注意：使用するマグネットベースの選択や適切な取り付け面の準備は、信頼性の高い計測に重要です。特に高周波においては、不適切な取り付けを行った場合センサの周波数レンジが50%以上低下する場合があります。

すべての用途にマグネットが使用出来るわけではありません。たとえば、一般的に磁力の強い希土類磁石が使われますが、平らな磁石は平らで滑らかな面ではよい応答性を示します。パイプやモータハウジングなどの曲面にはデュアルレール磁石が使われます。非磁性体や荒い面への取り付けは、試験構造物にスチールマウントパッドを溶接やその他の方法で取り付け、それに磁石マウントベースで取り付けます。これにより、平らで滑らかな取り付け面となります。また、同じポイントで測定することが要求されるメンテナンスなどの場合、取り付けの目印ともなります。

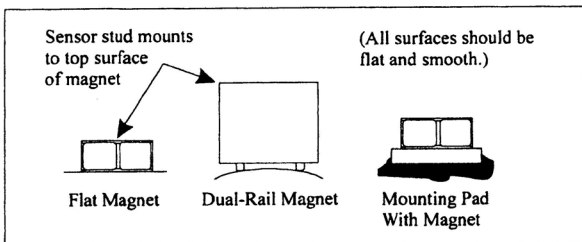


Figure 6. Magnet Types

Step1: 平らで滑らかな面を用意します。面粗さは最小 0.16 μm にします。取り付け面をきれいにし、バリなどが付着していないか確認します。薄く、シリコングリスやオイルなどを塗布します。

Step2: 適切なマグネットベースを選定し、その取り付け面が平らで滑らかかどうか確認します。

Step3: スタッドマウントの手順 Step3 に従って、マグネットベースに加速度センサをねじ取り付けします。

Step4: センサへのダメージを避けるため、Step2 の次にマグネットベースを試験構造物に取り付けることをお勧めします。マグネットに加速度センサを取り付けて、試験構造物に取り付ける場合にはマグネットをスライドさせるようにやさしく取り付けるように注意してください。

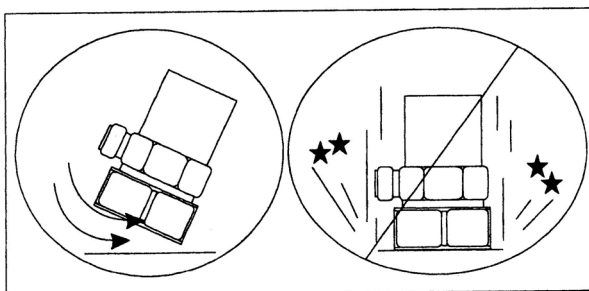


Figure 7. Magnet Mounting

注意：マグネットベースによる取り付けは、センサにダメージを与える高衝撃加速度を及ぼす場合があります。このようなダメージを回避するために、十分注意を払い、やさしくスライドさせるように取り付けてください。もし、高衝撃が印加される可能性のある場合、衝撃保護機能つきのセンサを使用してください。

3.4 ハンドヘルドまたはプローブチップマウント

この方法はほとんどの用途に適しません。精度においても、5Hz 以下の低周波、1kHz 以上の高周波の繰り返し性においても不確かな測定となりえます。一般的に機械設備のコンディションモニターで、取り付けスペースの制限や振動の傾向を監視する一時的なモニターで用いられます。しかし、この方法は永久的なセンサ取り付け位置を確認するために、どの部位が適しているかを確認するなどの用途には便利です。

4. ケーブルの接続

どのような測定システムにおいても信頼性や精度を保つには、ケーブルの状態や接続には注意をは

らうべきです。振動計測を行えば、どのようなケーブルでもいずれ疲労し断線します。ケーブルの取り扱いに気を付けていれば、ケーブルの寿命を延ばすことは可能ですが、ケーブルのスペアをお持ち頂き計測中の断線にも対応できる用意をすることをお勧めします。

Step1. ケーブルのタイプを確認してください。

あるタイプのケーブルが全ての用途に適しているとは言えません。ローノイズケーブルは、一般的に高インピーダンスの電荷出力型加速度計に用いられますが、GE に適合した測定を行う場合 ICP 加速度計にもこのタイプのケーブルを用いなければなりません。モータなど電磁界ノイズを発生する機器の多い環境では、シールドされたツイストペアケーブルを用います。高温下や、溶剤などを用いる環境ではテフロンケーブルが用いられます。

Step2. 加速度計にケーブルを接続します。

試験中にケーブルが加速度計のコネクタから緩まないように、少量のネジロック剤をコネクタのネジ部に塗布してください。湿気や油の多い環境ではシリコンゴムシール剤やOリング、熱収縮チューブを使用しそれらのコネクタ部への浸入を防ぎます。

同軸ケーブル

ケーブルコネクタの信号ピンをセンサのコネクタ部に差し込みます。ケーブルコネクタの外側ネジ部を回してセンサコネクタにねじ込みます。

注：ケーブルコネクタのネジ部を固定し、センサを回転させてねじ込まないで下さい。ケーブルコネクタの信号ピンがセンサと一緒に回転し、断線の原因になります。

多ピンコネクタ

センサ側のピンをケーブル側の対ソケットに合わせ差し込みます。ケーブルコネクタの外側のねじ部を回して加速度センサのコネクタにねじ込み取り付けます。

ピッグテイル接続

ある種の小型加速度センサや衝撃加速度センサでは、軽量のケーブルが“Pigtail”接続で取り付けられています。これは、全体の重量を軽量化することと、衝撃による断線を少なくする目的で用いられています。ケーブルや接続部の断線が生じても、センサのピンに再度半田付けすることで修理が可能です。(Installation Drawing で信号とグランドピンを確認してください) 半田部を熱収縮チューブやエポキシで保護してください。

注意：半田による取り付け時に、加速度センサ内部の電気回路が熱でダメージを受ける場合がありますのでご注意ください。

Step3. 適切なケーブルのたるみを確保して、シグナルコンディショナまでケーブルを設置します。ケーブルの振動を最小限に押さえるためテープなどを用いて適切な間隔でケーブルを固定します。

ケーブルの断線やノイズを避けるため、以下の点に注意してください。

- ・ 高電圧線の近くにケーブルを設置しない。
- ・ 人がケーブルを踏んだり引っ掛けたり、コネクタ部へのごみや湿気の侵入を防ぐため、通路や床への設置をしない。
- ・ グランドループによるノイズを防ぐため、ケーブルのシールドやグラウンドラインは1点（シグナルコンディショナのグラウンド等）で接地してください。

Step4. 最後に、シグナルコンディショナにケーブルを接続します。ケーブルの信号ピンとグラウンドラインをショートさせ、ケーブル内部にたまった電荷を放電してください。

5. 電源供給

全ての ICP センサは定電流源で動作します。PCB 社製シグナルコンディショナや適切な定電流源を使用してください。一般的な回路構成 Figure 8. に示します。

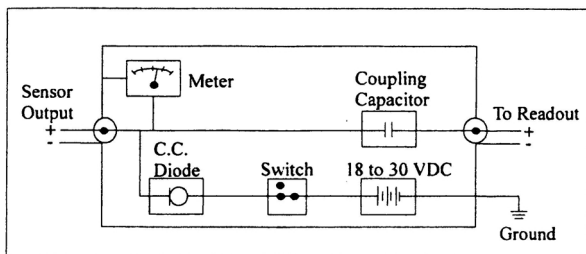


Figure 8. Typical System Schematic

シグナルコンディショナは直流 18~30V の定電流源です。シグナルコンディショナは、ICP センサに規定された適切な駆動電流を流す定電流回路です。一般に持ち運びが可能でローノイズ測定など広範囲で使われる電池駆動式と、長時間のモニタに使用できる AC 電源駆動式のタイプがあります。

注：ICP センサに、定電流ダイオードやそれに類似した回路を持たない電源で電圧を印加しないで下さい。これには、オームメータやマルチメータ、テスタなどを含みます。

PCB 社製シグナルコンディショナはセンサのバイアス電圧をモニタするメータや LED を内蔵しています。バイアス電圧をモニタすることにより、加速度計内部やケーブルでの断線やショートが確認できます。メータの針の示す色でこれらを判断します。

黄色 → 断線

緑色 → 正常

赤色 → ショート又はオーバロード

出力段のコンデンサーは、出力信号からバイアス電圧を取り除く AC カップリングのためのものです。

注：加速度計の中には低バイアスのものがあり、正常動作していてもシグナルコンディショナのメータが” 赤” を示す場合があります。このときは、シグナルコンディショナのセンサ入力コネクタに T 型コネクタを取りつけ、一方に加速度計、もう一方に電圧計を接続してバイアス電圧を計測してください。

最近、ICP センサ駆動用の定電流回路を内蔵した FFT アナライザやデータ収録装置が増えてきました。このタイプの測定機器には ICP センサを直接接続することができます。センサを接続して使用する前に、それらの機器の電源仕様を確認してください。

6. 操作

システムセットアップが完了したらシグナルコンディショナの電源を入れてください。システムが定常状態になるまで 1, 2 分待ちます。シグナルコンディショナのメータが” 緑色” を指していることを確認して測定を開始してください。もし、メータが” 黄色” や” 赤色” を指している場合、まず、システム全体の接続を確認し、次に、ケーブルやシグナルコンディショナが正常か確認します。

注意：常に加速度センサは Specification Sheet に記載された仕様の範囲で使用してください。それ以外の範囲で使用した場合、一時的、または継続的なダメージをセンサに与える場合があります。

7. 加速度計の校正

加速度計の校正は、測定される物理量とセンサから発生する電気信号の関連を、定義された精度で提供します。加えて、動作範囲や物理的なパラメータ、電気的特性または温度等の環境に関する情報等も規定する場合があります。この関連なしには、分析したデータは、ほとんど意味のないものになります。幸いにも、大部分のセンサメカは、個々のセンサの正確な特性を文書化する校正記録を提供します。(形式とデータの量は、メカ、センサタイプ、契約の規則と他の特別な必要条件により異なります)。

通常の状態では、圧電センサは非常に安定しています。そして、校正された性能はほとんど経年変化を起しません。しかし、センサが一時的に、あるいは永久的に厳しい環境または異常な状況にさらされた場合、仕様の動作範囲を超えたダイナミックな現象を示すことがあります。この変化は、

さまざまな現象として現れます。

水晶素子のクラックはセンサの共振周波数をシフトさせます。

絶縁抵抗の低下により低周波応答の一時的な損失をもたらす場合があります。

高い機械的な衝撃により内蔵マイクロエレクトロニクスの回路が故障する場合があります。

これらの理由から、個々の加速度計に対し再校正のサイクルを確立しておくことが推奨されます。このサイクルは様々な要因に基づき、独自に設定します。: 使用頻度、環境状況、精度の要求条件、前の較正記録から得られる傾向情報、契約的な規則、他の器材に対するクロスチェックの頻度、メーカーの推奨、そして、不正確な読みを引き起こす危険性。

ISO 10012-1 などの国際標準は、大部分の測定器材のために再校正の間隔を決定するための方法を提案します。

上記の情報から、「通常の」状況の下で、PCB 社は大部分の圧電加速度計において、12 から 24 ヶ月のサイクルで再校正することをお勧めします。

注：良い測定を実行するために、各々の測定の前後にハンドヘルドシェーカまたは他の校正装置で各々の加速度計の性能を確かめることが重要です。PCB 社製 ハンドヘルドシェーカは、センサ感度のすばやいチェックを提供するため、固定の周波数で既知の振幅（1.0g または 10m/s^2 ）で動作します。

7.1 再校正サービス

PCB 社及び、東陽テクニカは、再校正のサービスを提供しています。PCB 社及び東陽テクニカの計測ラボは ISO 9001 に認定されています。PCB 社の計測ラボはまた、ANSI/IEC 17025 と ANSI/NCSL Z540-1 は A2LA によって公認されて、ISO 10012-1（そして、前 MIL-STD45662A）の条件を満たしています。使用する計測機材は、直接 NIST にトレーサブルです。関連する仕様に対して正確な校正を確実にするため、機材やトレーサビリティ、業界標準への適合に対し投資を行っています。

7.2 BACK-TO BACK 校正理論

多くの会社は、社内で校正を行うのに必要な機器を購入することを選びます。

これは、時間と予算の節約になる一方、誤った読みと高くつくエラーの原因になると考えられました。したがって、お客様が行う校正に関連する一般的な誤りを防ぐ取り組みにおいて、本章は、Back-to-Back Calibration 校正のテクニックの広い概要を含みます。この技術は、広い周波数レンジにおいて加速度計の感度を迅速かつ容易に測定するための方法を提供します。

Back-to-Back Calibration は、おそらく圧電加速度計の感度を測定するための最も一般的な方法です。この方法は事前に校正された、参照標準と典型的に称される加速度計と単純な比較をすることによります。

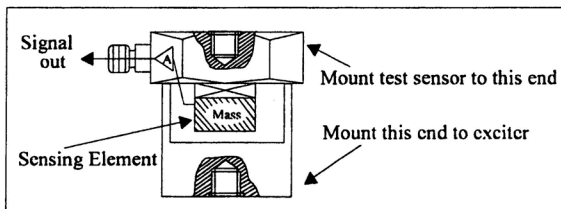


Figure 9. Reference Standard Accelerometer

これら、認可された標準研究所に直接トレーサブルな高精度の装置は、被校正加速度計に適した設計のみならず、安定性能も考慮に入れて設計されています。参照標準に被校正加速度計を取り付けて、これらを適切な振動源に取り付けます。両方の加速度計を同時に振動させ、Figure 10. で示すデータのように比較します。(校正する加速度計の型式や数によってテストセットアップは自動化され、変化するかもしれません)。

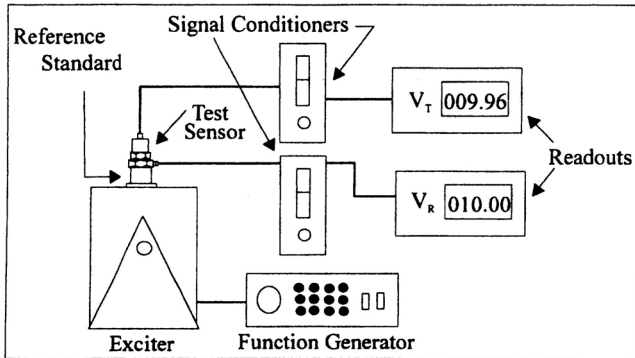


Figure 10. Typical Back-to-Back Calibration System

加速度が両方のセンサに同じであるので、これらの出力(V_t/V_r)の比率は感度の比率となります。既知の参照標準(SR)の感度で、テストセンサ(ST)の正確な感度は、以下の方程式を用いて簡単に計算されます:

$$S_t = S_r (V_t / V_r)$$

振動の周波数を変えることによって、センサはその周波数帯域全てのレンジで校正されます。

典型的な加速度計の応答は、Figure11. に示します。

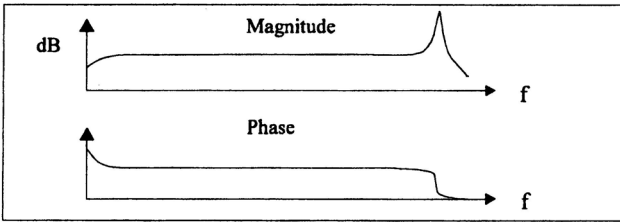


Figure 11. Typical Test Accelerometer Response

7.3 校正手順

正確で再現性ある結果を保証するため、PCB 社では多数の予防措置を講じています。この章では、初歩的な懸念事項の概要を示します。

Back-to-Back Calibration は同じレベルの加速度を各々のセンサに印加することによるため、参照標準へのテストセンサの適切な取り付けが重要です。被校正加速度計をマウントスタッドで参照標準の取り付けねじ穴に適切なトルクで直接取り付けます。取り付けねじ穴の底にマウントスタッドが当たることを防ぐため Shouldered Mounting Stud を使用します。両方の取り付け面は、メーカーの仕様に従ってスムーズで、平らなインターフェースに加工されます。シリコンオイルを取付け面に薄く塗ることにより密着度を高めます。ケーブルは、シェーカヘッドにケーブルの応力がかからないようにわずかにたるみを持たせ、シェーカヘッドの近くの静止した場所にテープなどで固定します。これによりケーブルの振動を減少させます。この操作は特に電荷出力型センサで重要です。またこのことによりふさわしくない動作やストレスがシステムに与えられるのを防ぎます。標準的なセットアップを、Figure12 で示します。

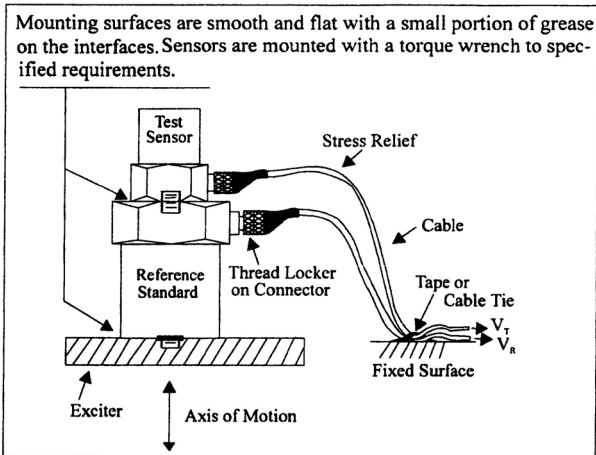


Figure 12. Typical Calibration Set-Up

接着で取付けるセンサもほぼ同様に行います。

しかし、この場合、少量の Quick Bond Gel または類似の接着剤で、テストセンサをなめらかで、平らな取付面の参照標準に取付けます。

加えて、適切な器材の選定が重要です。より重要な考慮すべき事項を以下に挙げます。

- 1) 参照標準は目的の周波数範囲と振幅レンジであらかじめ校正されていなければなりません。
- 2) シューカは、最小の横方向の動きと最小の歪性能のものを選ばなければなりません。
- 3) メータの品質、シグナルジェネレータと他の装置は、許容エラーの範囲内での性能を有するものを選定しなければなりません。

7.4 一般的な誤り

校正における大部分のエラーは、重要な力学的な基礎項目の見落としに起因します。このセクションでは、より一般的な懸念のいくつかへの対応について示します。

スタッド取り付けセンサは、常に、参照標準に直接加速度計を取付けます。取付け面がなめらかで、平らで、バリなどが無いことを確認してください。

常に、センサ設置面における密着度を高めるため、シリコングリスなどを使用してください。メーカーに推薦されたマウントトルクで、センサを取り付けてください。取付け共振周波数を低下させ、それにより、高周波応答が損なわれるため、マウントアダプタなどは使用しないでください。必要に応じて、アダプタスタッドを使用してください。

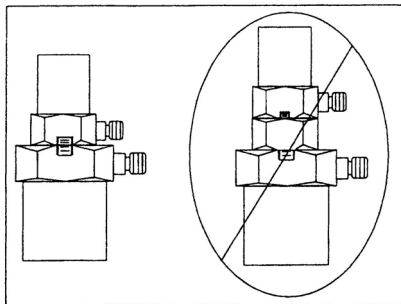


Figure 13. Stud Mounting

接着型センサには、Quick Bond Gel または瞬間接着剤などを用い、薄く、固い層で接着してください。多量の接着剤または、エポキシは、取付け共振周波数を低下させ、高周波応答が損なわれます。またそれは、センサを取り外す場合に、センサ自体に損傷を与える場合があります。

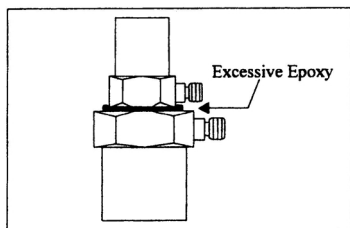


Figure 14. Incorrect Adhesive Mounting

三軸加速度計は、参照標準に直接常に取り付けられなければなりません。必要でない限り、軸の向きを変えるアダプタなどは使用しないでください。取付け強度が減少する可能性があります。被校正センサの検知素子の振動は、Figure 15 に示すような片持ち梁の影響により参照標準の振動と異なる場合があります。

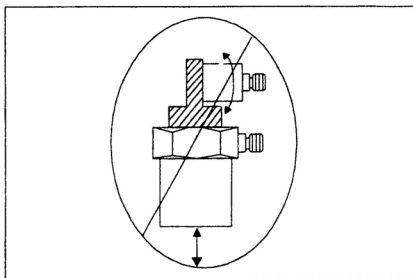


Figure 15. Mounting Triaxial Sensors (Incorrect)

Back-to-Back Calibration 限界を理解してください。校正の 不確かさ(Uncertainty)は $\pm 2\%$ 以下です。(実際、不確かさは $<10\text{Hz}$ または $>2\text{kHz}$ の周波数で、 $\pm 3\%$ または $\pm 4\%$ です)。大きなセンサが高周波における精度に影響を及ぼす場合があるため、被校正センサが参照標準に重量負荷とならないことを確認してください。各校正作業を行う前にもう一つの加速度計で校正システムの動作確認を行うことをお勧めします。校正装置のメーカーに正確なシステム仕様を確認してください。

7.5 結論

力学的な十分な理解なしに何で、いつ、どの様にセンサを試験するか決定することは困難です。したがって、ユーザーは、自己校正に起因するコストや時間、リスクと、公認の試験所のサービスを利用することを比較するべきです。

製品に関するお問い合わせ

株式会社 東陽テクニカ

チーム PCB

TEL: 03-3245-1240

FAX: 03-3246-0645

e-mail: pcb@toyo.co.jp

校正に関するお問い合わせ

第1 技術部

TEL: 03-3279-0771

FAX: 03-3246-0645

校正品の送付先

〒103-8284 東京都中央区八重洲1-1-6

(株)東陽テクニカ 第1 技術部