

題名

振動試験

キーワード

振動, 加速性, S-N 曲線, 応力, 共振周波数

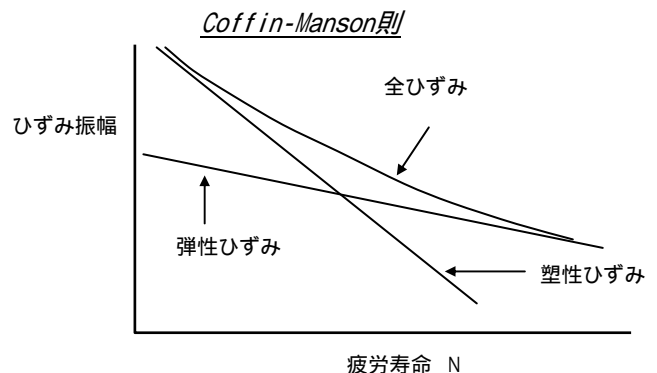
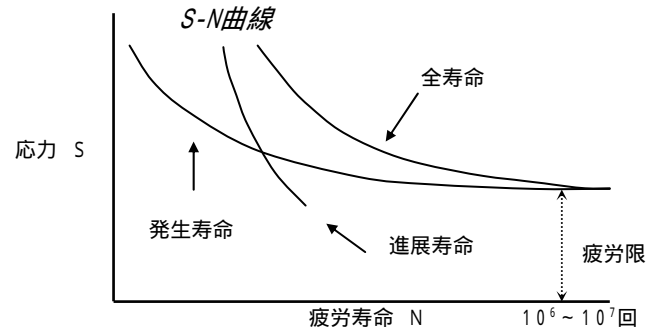
振動による故障メカニズム⁽¹⁾⁽²⁾⁽³⁾

ある物体に対して振動を加え(励振), その加えた振動を停止した後起こる振動を自由振動という。自由振動は物体の固有の振動数で起こり, これを固有振動という。励振振動数が固有振動数と一致したときには物体は非常に高い振幅を示し, 与えられる応力ひずみは通常の数倍に増加する。この状態が共振である。振動試験は試料に共振を与えることで, ある種の振動環境でのみ発生するであろう不具合を再現するものである。基本的には機械的損傷を与えるものである。実際の製品では, 高い周波数成分(高調波)を含むひずみ波形であることが多く, 共振点は1点に限らない場合が多い。

振動による故障要因は疲労破壊である。疲労寿命の関係は S-N 曲線, もしくは Coffin-Manson 則で表される。S-N 曲線は応力とくり返し疲労の関係によって表され, 振動のような高サイクル疲労の場合に比較的適応する。しかし試料が拘束されている条件下では, 応力集中が発生することにより, ひずみ解析による Coffin-Manson 則を適用する必要もある。高サイクル疲労ではおよそ 10^6 回 ~ 10^7 回で S-N 曲線が水平となり, 破断しない応力範囲が見られる。これは疲労限とよばれ, 疲労寿命評価試験に際しては, 試験時間設定の判定基準としても考えられる。

振動による故障が発生する主な製品箇所

- はんだ接合部の亀裂, 破断
- 金属材料の亀裂, 破断
- コネクタの瞬断
- プラスチック製品の破損
- 接着材の剥がれ

図1 S-N 曲線, Coffin-Manson 則の模式図⁽¹⁾

振動の種類

正弦波(サイン波)振動

一定の周期で繰り返す振動。振動の基本波。試験方法として周波数固定試験もしくは周波数掃引試験があり, 周波数を一定間隔で変化させる直線掃引(リニアスイープ)と広帯域向きである対数掃引がある。振動の基礎解析に適している。

ランダム振動

規則性のない波形であるが, 振動試験においてはある時間内でそれぞれの周波数を一定量含んでいる。そのため故障検出力の効果が高い。ひずみ波形を含んでおり, 市場環境に近い条件である。実際の製品評価においては, 異なる共振点をもつ部品に同時に共振を加えることによって相乗的な疲労を与える効果も期待できる。

衝撃

短時間に大きなパルス状の加速度波形が加えられる状態。このようなパルス状の波形は高帯域にわたっての周波数成分を含み, 複数の共振点を持つ供試体に衝撃ストレスを与える。

振動試験のための設定条件

周波数

共振点探索法により、共振周波数を検出できる場合は、試験の解析力が向上する。しかし、場合によっては広範囲の掃引試験を実施する必要もある。電子機器の共振周波数帯域を考える場合、図2のように固有振動数の基本式から重量と剛性の関係で共振点の大小関係が決定する。特に、基板の拘束の有無によっても評価対象が異なる。

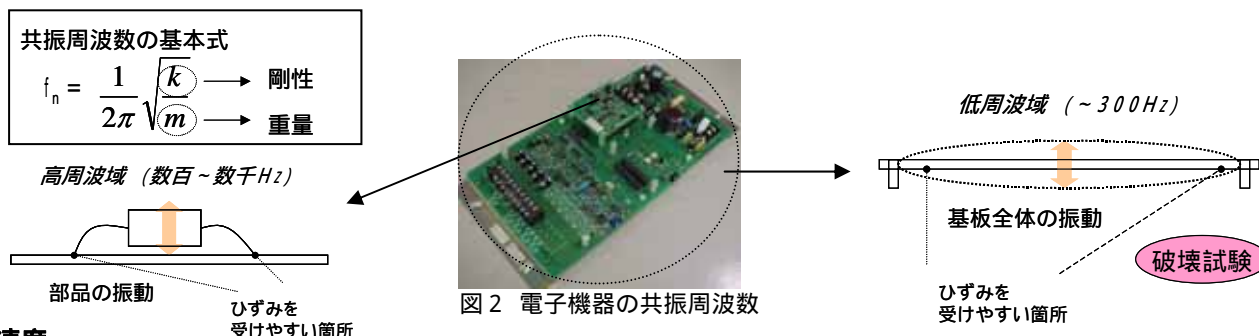


図2 電子機器の共振周波数

加速度

加速度レベルは波数に応じて異なる。低周波帯域に共振点をもつ場合、試料重量が重く、振幅が大きいため、0.5~2Gほどの低加速度で高いひずみが発生する。一方高周波帯域に持つものは、評価部に有効なひずみを生じさせるためには、10~50Gほどの高い加速度が必要となる場合が多い。具体的な条件として以下の規格を参照されたい。

(主な試験規格)

- JIS C 60068-2-6 環境試験方法(電気・電子)正弦波振動試験方法
- JIS C 60068-2-27 環境試験方法(電気・電子)衝撃試験方法
- JIS C 60068-2-29 環境試験方法(電気・電子)バンプ試験方法
- JIS Z 0232 包装貨物の振動試験方法
- JIS D 1601 自動車部品振動試験方法
- MIL-STD-202F 201A 電気・電子部品の試験法 振動
- MIL-STD-202F 204D 電気・電子部品の試験法 振動 高周波
- MIL-STD-202F 213B 電気・電子部品の試験法 振動(規定のパルスによる)
- MIL-STD-202F 214A 電気・電子部品の試験法 ランダム振動

試験事例

プリント基板の振動(ひずみ)試験によるはんだ接合部評価

プリント基板に搭載されている部品のはんだ接合部には、振動で生じる基板の反りによってひずみがかかることが指摘されている⁽⁴⁾。本事例では、QFPパッケージ・リード接続部におけるBi(ビスマス)含有はんだの潜在的弱点を検出した事例を示す。

(試験条件)

- ・周波数 : 50~60Hz 直線掃引
- ・加速度 : 1G (9.80665m/s²)
- ・温度 : 125
- ・試験時間 : 100時間

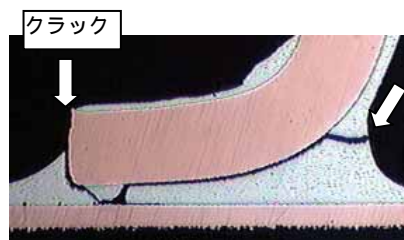


図3 試験後のはんだ接合部の状態

参考文献

- (1) 井上喜雄他,「振動の考え方・とらえ方」, オーム社, 1998
- (2) 増山不二光, 丸山公一,「高温機器部品の損傷メカニズムと寿命評価」, 日刊工業新聞, 1993
- (3) 加藤雅治, 熊井真次, 尾中晋,「材料強度学」, 朝倉書店 1999
- (4) Daves. Steinberg Vibration Analysis for Electronic Equipment John Wiley & Sons, Inc. 1988