

鉛フリーはんだ実装基板の影響度解析の研究

機械システム課 佐山 利彦 藤井 弘之
コーセル(株) 高柳 毅 岡本 佳之 織田 誠二

1. はじめに

2006年7月から発効するEU指令の有害物規制に先行する形で、日本の電機・電子機器メーカーでは、電子基板の鉛フリー化が急速に進められている。しかし、基板の実装構造を変えずに、はんだのみを鉛フリーはんだに切り換えたことで、チップ部品の割れやリードの抜けなど、これまでにない形態の損傷が発生するようになってきた。そこで、典型的ないくつかの実装形態を対象とし、CAEによる構造解析技術および実験計画法を適用して、基板構成材料の物性や部品寸法などの種々の設計要因が、基板の強度信頼性に与える影響度を定量的に評価する研究を行った。

2. 解析方法

機器の強度設計や故障解析を行うためには、対象物の形状を有限要素モデル化し、変形物性を与え、境界条件を定める必要がある。しかし、一つの解析ケースに対応して一つの解しか得られないので、材料や物体形状を変更する場合は、別の解析モデルを作り計算をやり直さねばならない。また、大型モデルの解析や非線形解析を何回も実施することは、コスト面および時間面で制約が大きい。そこで、有限要素解析と実験計画法とを併用し、最小限のケースについて解析を実施し、その結果を代数式化して、設計要因の広い範囲にわたって容易に解が得られる方法を試みた。具体的な手順を次に示す。

- (1) 有限要素解析の結果である特性値(変位や応力など)に大きく影響を及ぼすと考えられる設計要因を抽出する。
- (2) 設計要因の取りうる範囲を決める。ただし、特性値の変動が二次関数で表すことができる範囲において、設計要因の水準を定める。
- (3) 直交表に、各設計要因の水準を割り付ける。
- (4) 直交表に基づいて、複数回の有限要素解析を実施する。3水準L27の直交表を用いる場合は、27回の有限要素解析を行う。
- (5) 有限要素解析の結果を用いて、特性値を推定するための代数式(推定式)を作成する。
- (6) 推定式を各設計要因について偏微分すれば、さらなる有限要素解析を行うことなく、特性値に対する設計要因の影響度を評価することができる。
- (7) また、推定式を用いて、特性値を最大あるいは

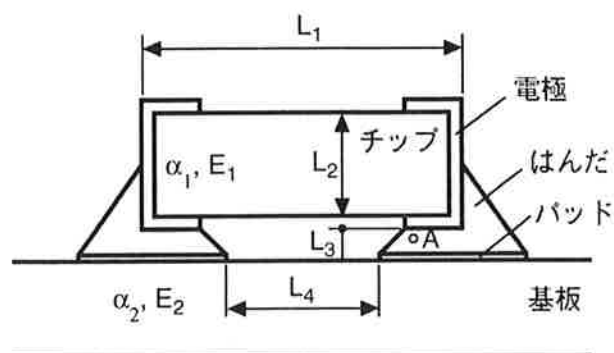


図1 チップ型部品の実装および設計要因

最小にする設計要因の条件を求めることができる。

3. 解析事例

典型的な表面実装形態であるチップ型部品の実装について、熱サイクル負荷を受けたときの疲労強度評価を行った。まず、図1に示す設計要因を抽出した。 α_1 、 α_2 は各々チップおよび基板の線膨張係数、 E_1 、 E_2 は同じく縦弾性係数を表す。また、 L_1 はチップ長さ、 L_2 はチップ厚さ、 L_3 はチップ下側のはんだ厚さ、および L_4 はパッド間隔である。

有限要素解析により、最もひずみ集中が大きい点Aにおいて、非弾性ひずみ振幅の値を求め、これを特性値として評価式を定めた。その結果、設計要因が現実的に取りうる範囲内において、最も影響度が大きいものは L_3 および L_4 であった。また、これらの設計要因を変化させたとき、非弾性ひずみ振幅には最大値と最小値で約2倍の違いがあった。これは、疲労寿命としては約4倍の違いとなって現れる。しかし、はんだ厚み L_3 を制御することは困難であり、この設計要因は、疲労寿命のばらつきに大きく影響するものであるといえる。

4. おわりに

本報告で述べた解析手法には、一般性がある。チップ型部品の実装だけでなく、BGA実装、リード部品の表面実装、さらにはスルーホール実装まで、あらゆる実装形態に対応が可能である。企業内で、信頼性が問題となる接合部に本手法を適用し、特性値の推定式をデータベース化すれば、電子基板の高信頼性強度設計を簡易に行うことが可能となる。