

はんだ接合部の熱疲労損傷に及ぼす設計因子の要素技術化に関する研究

機械システム課 佐山 利彦 コーセル 高柳 毅、岡本 佳之、織田 誠二

1. はじめに

これまで、C A Eによる構造解析は、形状などが定められた対象に対して、単発的に適用されるだけであった。本研究では、電子基板の構成材料の物性、種々のデバイスの寸法、実装位置などの設計パラメータが、はんだ接合部の強度信頼性に与える影響度を、設計段階で、簡易にしかも体系的に評価できる手法を開発した。すなわち、C A Eによる構造解析と実験計画法を併用し、変位や応力に現れる設計パラメータの影響を代数式で表し、データベース化した。設計者は、このデータベースを利用することによって、基板の構造設計を簡易に行うことが可能となった。

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

具体的な適用例は、次のとおり。

(1) 樹脂封止パッケージにおける強度評価

基板を樹脂封止したパッケージにおいては、封止樹脂の過剰な熱膨張によって、はんだ接合部の寿命が著しく低下する場合が多い。樹脂の変形物性、樹脂の注入量、デバイスの寸法、はんだ厚みなど、種々のパラメータの影響度を定量化した。

(2) トランスリードのはんだ接合部の強度評価

トランスは大型で熱容量も大きいため、基板との間の熱膨張差が大きく、リードのはんだ接合部には大きな熱ひずみが発生する。トランスおよびリード部の寸法、接合部の配置など、種々のパラメータの影響を定量化した。図1は、はんだ接合部における相当塑性ひずみの分布の一例である。ひずみ集中領域は、疲労き裂の発生箇所とほぼ一致しており、解析の妥当性を裏付けている。

4. おわりに

本報告で述べた解析手法には、一般性がある。適用事例に限らず、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。

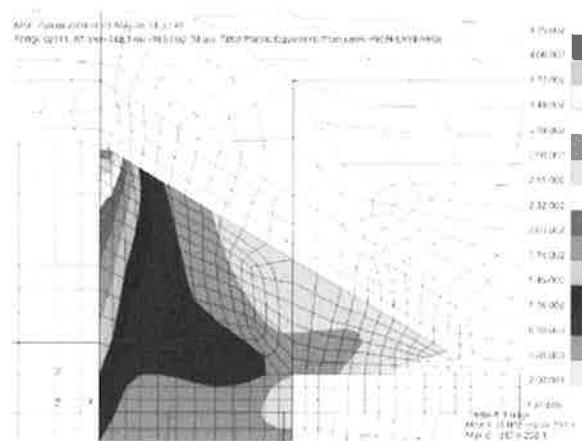


図1 はんだ接合部の相当塑性ひずみ分布