

実装印刷配線板信頼性に関する研究

(第五報)

コネクタのはんだクラックの研究

中部エレクトロニクス振興会

技術委員会

第3分科会

平成 3 年 1 1 月

コネクタのはんだクラックの研究
技術委員会研究報告第5報発行に当たって

中部エレクトロニクス振興会

技術委員会

委員長 水谷集治

現在、中部エレクトロニクス振興会の会員数は156社です。会員企業間の情報交換のみならず、共通技術の導入や課題解決のための研究、さらには製品の販売拡大など、当会の活動が中部地区のエレクトロニクス事業の振興を図る上で、大いに役立っています。

技術委員会は、当会において大きな位置を占めています。委員会の目的は、会員企業が抱えている基本的な共通問題について公的機関のご指導、ご協力を得て共同研究し、その成果を生かして、技術力の向上を図ろうとするものです。

技術委員会は4つの分科会から構成されています。それぞれのテーマは、振動、熱衝撃試験法、はんだ付け及び表面実装基板の信頼性です。各分科会は毎月研究会を開催し、参加メンバーによる熱心な研究が続けられています。そして、その成果は、研究が一段落したところで、報告書としてまとめられて発行されてきました。

今回は、第5報で、“コネクタのはんだクラックの研究”です。本テーマの研究は、第3分科会が平成元年1月より行ってきたものです。

本報は、2回にわたる大がかりな実験と理論的な解析を通じて、はんだ付けされた実装プリント基板上の種々の部品のクラックの発生状況、その程度（ランク）及び進行過程を明らかにしようとするものであります。必ずや会員企業の皆様の業務に役立つものと思います。

技術委員会は、今後も活発に活動して参ります。そのことが会員企業の技術力のレベルアップにとどまらず、当地区のエレクトロニクスのより一層の発展に寄与できるものと考えます。皆様の変わらぬご理解とご支援を、今後とも宜しくお願い致します。

終わりに、本研究を進めるにあたり、ご指導いただいた眞野國夫先生、そして愛知県工業技術センター及び名古屋市工業研究所の先生方に心からお礼を申し上げます。

目 次

1	はじめに	1
2	研究目的	1
3	経過	1
4	第一回実験－コネクタ類似モデル実験でのクラック発生要因の抽出	2
4-1	実験の目的	2
4-2	実験試料	2
4-3	実験条件・方法	4
4-3-1	試料の条件	4
4-3-2	はんだ付け条件	4
4-3-3	試験方法	5
4-3-4	試験設備	5
4-3-5	試験場所、日程	5
4-4	評価方法	6
4-5	実験結果	7
4-5-1	実験結果のデータ	7
4-5-2	実験結果の図表化－1	8
4-5-3	実験結果のデータ	15
4-5-4	実験結果の図表化－2	16
4-6	第1回実験結果のまとめ	17
5	第二回実験－実使用コネクタのクラック発生状況調査	18
5-1	実験目的	18
5-2	試料	18
5-2-1	サンプルコネクタ	18
	(1) サンプルコネクタの種類	18
	(2) サンプルコネクタの材質	18
	(3) サンプルコネクタの形状	19
5-2-2	サンプル基板	21
	(1) 基板の種類	21
	(2) 基板穴径・ランド形状	21
	(3) 基板形状とコネクタパターン配置	21
5-2-3	はんだ	21
	(1) はんだ材質	21
	(2) はんだ付け条件	21
5-3	試験	23
5-3-1	試験装置	23
5-3-2	供試品状態	23
5-3-3	温度サイクル試験	23
	(1) 条件	23
	(2) 観測サイクル	24
5-3-4	観測方法	25
	(1) 目視観察	25
	(2) 写真記録	26
	(3) 観測点総数	26
5-4	評価方法	27
5-4-1	目視観察データの整理	27
5-4-2	断面カット写真	28
5-5	結果	29
5-5-1	目視観察データの結果	29
5-5-2	断面カット写真の結果	29
5-6	現象と考察	49
5-6-1	線膨張係数の差	49
5-6-2	発生現象と推論	49

6	有限要素法を用いたはんだ接合部クラックの解析	52
6-1	目的	52
6-2	解析の基本的考え方	52
6-2-1	はんだ接合部クラックの発生要因	52
6-2-2	低サイクル疲労	54
6-3	弾塑性有限要素解析ソフトの開発	54
6-3-1	弾塑性有限要素法	54
6-3-2	弾塑性有限要素解析ソフトの開発	54
6-4	弾塑性有限要素法による塑性ひずみの解析	55
6-4-1	はんだ接合部の構造	55
6-4-2	要素分割	56
6-4-3	各材料の特性値	56
6-4-4	境界条件	59
6-4-5	解析結果	60
6-5	弾塑性有限要素法によるクラックの発生・進展過程の推定	61
6-6	疲労寿命 N_f の予測	65
6-6-1	はんだの疲労寿命の予測方法	65
6-6-2	予測方法の汎用性	67
6-7	疲労寿命 N_f に及ぼすはんだ接合部の寸法・形状の影響	68
6-7-1	はんだフィレットが低い場合	68
6-7-2	コネクタピンがずれて挿入された場合	68
6-8	はんだ接合部の最適設計	71
6-8-1	コネクタピン径を細くした場合	71
6-8-2	コネクタピン挿入穴径を広げた場合	71
6-8-3	はんだの硬化特性を変更した場合	72
6-9	水平挿抜型コネクタの場合のはんだ接合部クラック	76
6-10	まとめ	77
7	おわりに	78
	[参考文献]	79

『コネクタのはんだクラックの研究』（第3分科会）

1. はじめに

エレクトロニクスをめざましい発展の中で常に信頼性を支える重要な裏方的役割を果たしているのが、はんだ接合技術である。

第3分科会では、前回報告の第3報において実装印刷配線板の温度サイクル試験で発生するはんだ接合部のクラックに着目し、種々の部品のクラックの発生状況、程度、進行過程を明らかにした。

その中で、印刷配線板実装コネクタにクラックの発生が多く見られたことより、今回温度サイクル試験で発生するコネクタのはんだにかかるストレスに着目し、研究を進めた。

第1回実験では、単純モデルサンプルを作りクラックの発生要因を抽出し、第2回実験では、実際に使用されている市販コネクタの温度サイクル試験によりその発生傾向を明らかにした。

また、実験では測定困難なはんだの塑性ひずみを、弾塑性有限要素法（ソフトも開発）で解析し、クラックの発生、及び進行過程につき実験との対応を試みた。

さらに、実験より得られたクラック発生温度サイクル数と有限要素法より求めた塑性ひずみ量を、C o f f i n - M a n s o n の疲労寿命の関係式に適用し、熱衝撃により発生するコネクタのはんだ接合部クラックの寿命予測（クラック発生温度サイクル数予測）を可能とした。

2. 研究目的

- ①、温度サイクル試験で発生するコネクタはんだ接合部クラックの発生傾向調査と、その発生要因の検討。
- ②、はんだの塑性ひずみを弾塑性有限要素法により解析し、クラックの発生、及び進行過程につき温度サイクル試験結果との一致の検討。
- ③、コネクタの特定端子でクラック発生に至る温度サイクル数を予測（寿命予測）する関係式を求める。

3. 経過

H1年1月	: 第1回実験計画・検討	第1回実験
2月～	4月: 単純モデル（類似コネクタ）サンプル設計・製作 基板設計・製作・実装	
5月～	6月: 温度サイクル試験500サイクル実施	
7月～	9月: データまとめ・解析	
10月～	11月: 第2回実験計画・検討	第2回実験
12月～	: コネクタ手配、基板設計・製作・実装	
H2年3月		
4月～	5月: 温度サイクル試験500サイクル実施	
6月～	7月: データまとめ・解析	
8月	: 断面カット調査	
9月～	10月: 理論解析計画・検討（方針決め） 弾塑性有限要素法（FEM）ソフト調査	有限要素法解析
11月	: 2次元弾性FEMで解析→実験と不一致	
12月～	: 2次元弾塑性FEMソフトをFORTRANで開発	
H3年3月		
4月～	5月: 2次元弾塑性FEMソフトでクラック解析	
6月	: 寿命予測の定式化	
7月～	: はんだ接合部形状を変えFEMでシュミレート	
7月～	: 全体まとめ	

4. 第一回実験

4-1 実験の目的

第3報にてコネクタにクラックの発生が多く見られたことより、コネクタの形状に着目しクラックの発生要因を探求する。

4-2 実験試料

コネクタと類似形状のものを製作し試料とした。図4.1、図4.2に試料の概要
図4.3に使用した基板の図を示す。

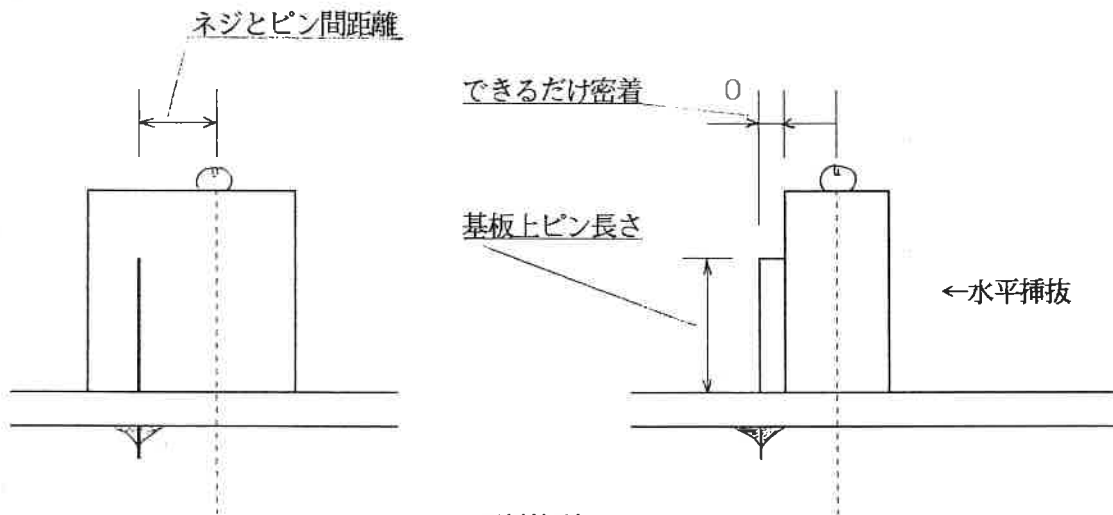


図4.1 水平挿抜型

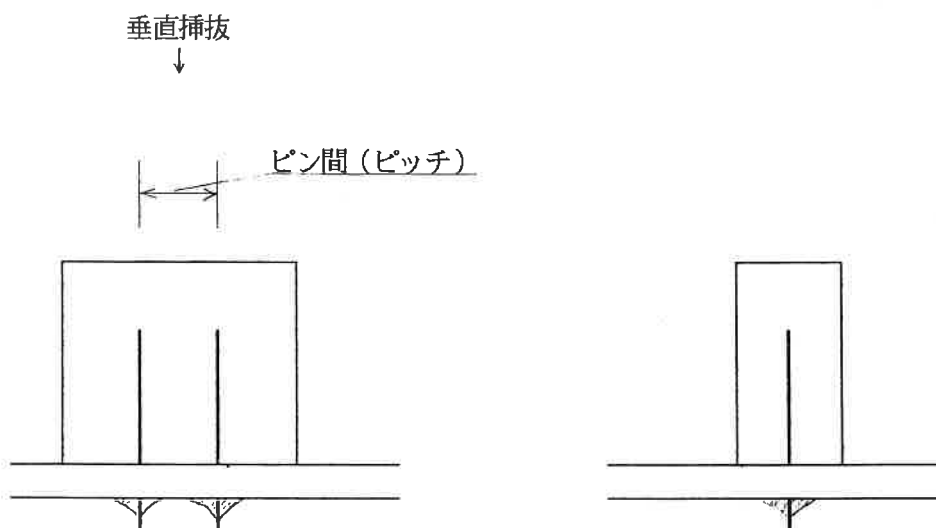


図4.2 垂直挿抜型

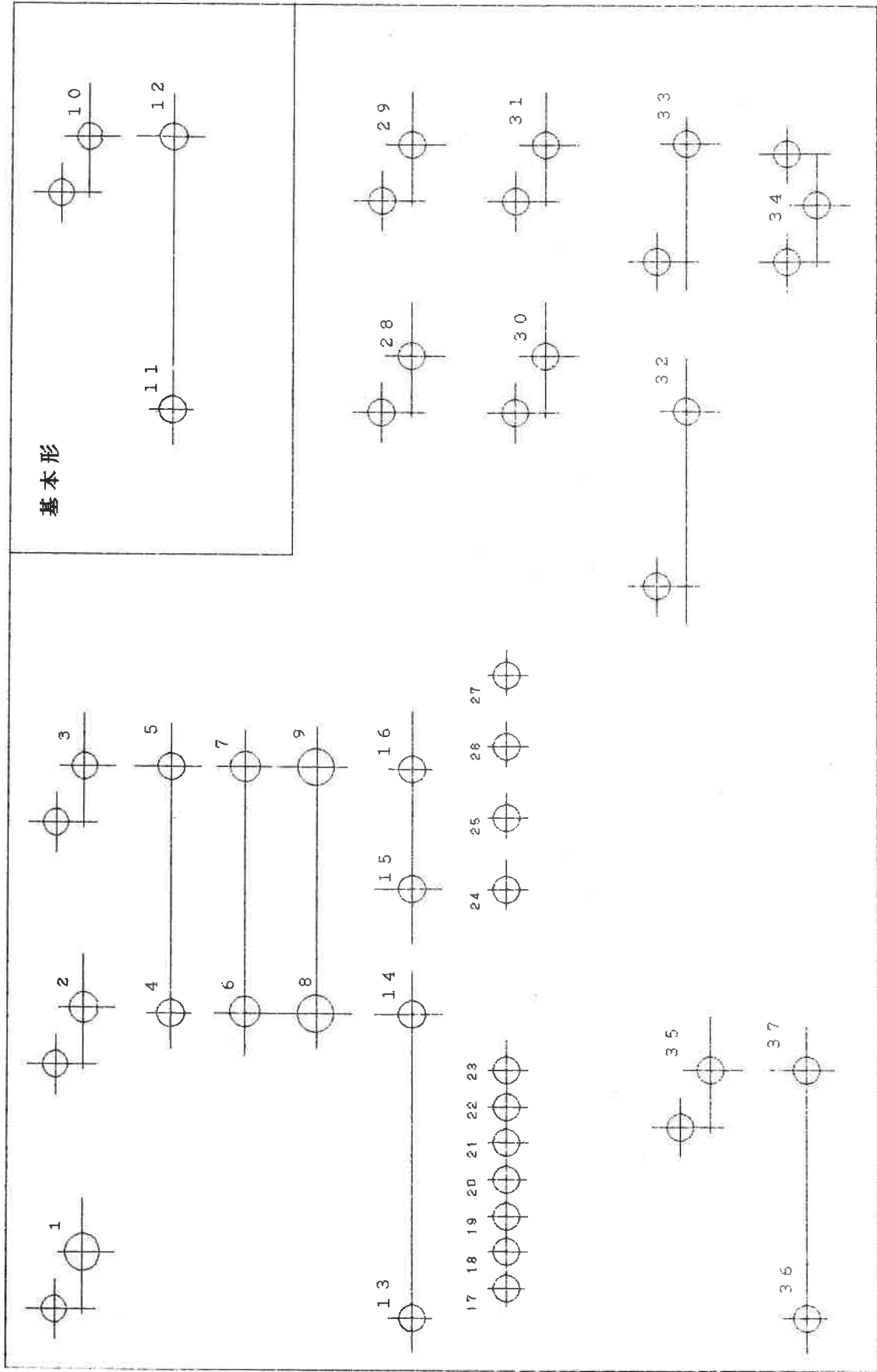


图 4.3 基板图