

# 小型構造物用衝撃試験機の試作・研究

岩間 貴司・大柴 勝彦

## Development of Impact Testing Machine for Small Sized Structure

Takashi IWAMA and Kastuhiko OSHIBA

### 要 約

企業現場において、出荷時の品質検査に必要とされるバネの復元力を利用した簡易な衝撃試験機を設計・試作したところ、高衝撃試験（ピーク加速度：30～5000G）が可能となった。

また、この装置の制御をパソコンで行ったことから、自動計測が可能となり、試験時間の短縮化による省力化が図られた。

### 1. 緒 言

移動体通信機などに用いられている電子部品は、小型化・高精度化に伴い、ますます使用時の落下などに対する耐衝撃性の向上が求められている。

本県において、数多くの企業が電子部品を製造しているが、それらの衝撃試験は、供試体を一定の高さから落下させる方法で行っている。しかし、この試験方法では、供試体に与える衝撃加速度が不安定であり、また人手を要することから、現場で使え、かつ高精度で簡易な衝撃試験方法の開発が要望されている。したがって本研究では、水晶振動子の出荷時の品質検査に対応した簡易な衝撃試験機を設計・試作したので報告する。

### 2. 装置の試作

#### 2-1 装置概要

図1に、試作した衝撃試験機のブロック図を示す。装置は、試験機本体、パソコン、コントローラ及びFFTアナライザ（周波数分析器）から構成される。

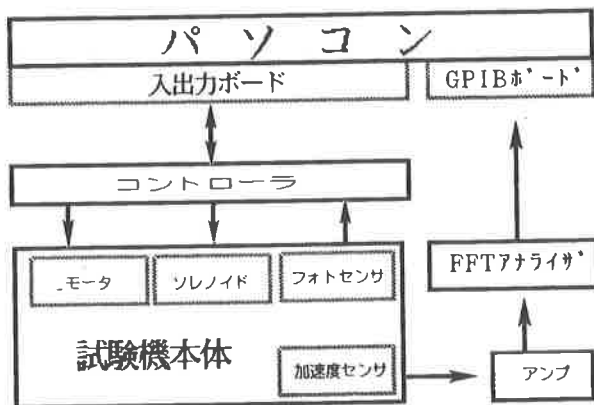


図1 ブロック図

写真1に、装置外観、図2に衝撃試験機の構造を示す。



写真1 装置外観

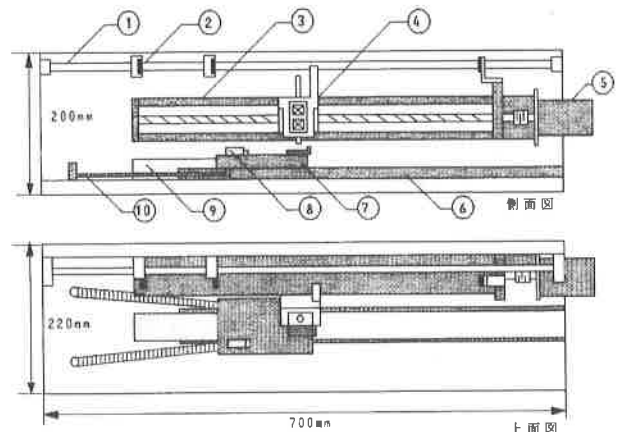


図2 試験機の構造

試験機の大きさは、220×700×200mmで、スライダ（図2⑥）、ガイド（図2③）、引張りバネ（図2⑩）、テーブル受部（図2⑨）等で構成される。表1に、主な構成部品、表2に、引張りバネの仕様を示す。

表1 構成部品

No.	部 品 名
1	フォトセンサ移動シャフト
2	フォトセンサ（オムロン社製 EE-SX670）
3	ガイド（THK社製 KR3310）
4	ソレノイド（ケージーエス社製 DKS-0830）
5	ステッピングモータ（オリエンタルモータ社製 PH569-A）
6	スライダ（THK社製 FBW50110F）
7	テーブル（THK社製 FBW50110F）
8	加速度センサ（DYTRAN社製 3210A2）
9	テーブル受部
10	引張りバネ（沢根スプリング社製 6504）

表2 引張りバネの仕様

全 長	200mm
外 径	10.0mm
線 径	1.0mm
バネ定数	0.007kgf/mm
最大伸び	280mm
最大荷重	1.96kgf

### 2-2 衝撃加速度の発生機構

衝撃加速度は、速度（大きさ、方向）の変化により発生する。最も簡単に衝撃加速度を発生させる方法としては、供試体を自由落下させ床面と衝突させる方法が考えられる。しかし、この方法では、供試体が小型・軽量なため落下時の姿勢が不安定となり、一定の加速度を供試体に与えることが困難である。そこで、本装置では、安定した復元力を有する引張りバネを利用して、一定の衝撃加速度を発生させる機構とした。

### 2-3 衝撃加速度の発生原理

本装置は、以下の手順により衝撃加速度を発生させる。

1) 供試体（水晶振動子）は、テーブル（図2⑦）に固定され、テーブルはソレノイド（図2④）とガイド（図2③、⑤）により引張りバネの復元力に抗して移動する。（図3a）

2) 指定した位置に停止した後（図3b）ソレノイドを解除することで、バネの復元力により高速で移動する。（図3c）

3) テーブルが受部（図1⑨）に衝突することにより急激

な速度変化が発生し、供試体に衝撃加速度が加えられる。（図3d）

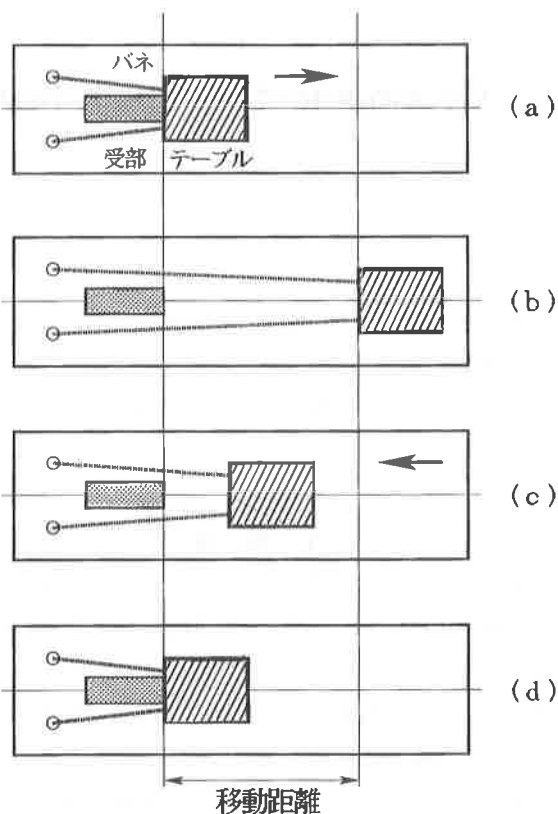


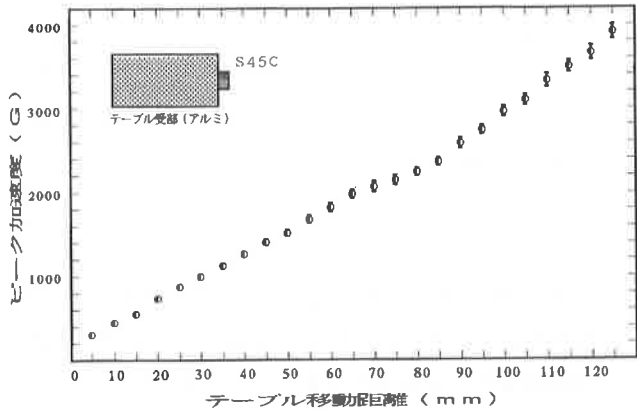
図3 衝撃加速度の発生原理

## 3. 実験結果及び考察

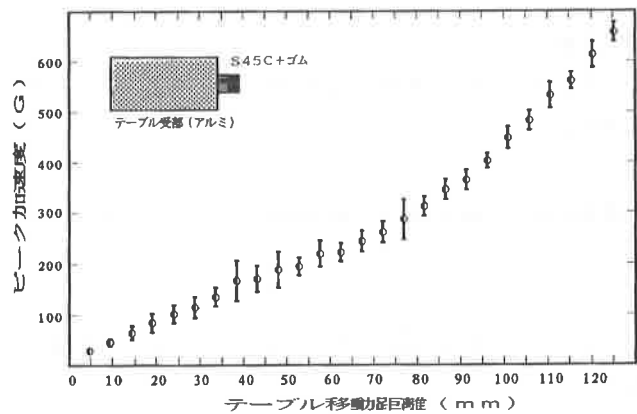
### 3-1 ピーク加速度の制御

静止している物体に加速度を生じさせるには、物体に力を加えなければならない。また、バネの復元力は、バネの変位量に比例する。したがって、本装置では、テーブルの移動距離により、ピーク加速度を制御した。図4に、テーブル移動距離と発生するピーク加速度の関係を示す。図4(a)よりピーク加速度は移動距離にほぼ比例していることが分かる。図4(b)に、受部にゴム（2mm厚）を挿入したときの関係を示す。ゴムが緩衝材として作用し、衝撃加速度値が(a)で示すテーブルの移動距離に対して10~15%割程度であることが分かる。

また、移動距離が100mm以上で、衝撃加速度が比例的勾配より増加しているが、これは、緩衝ゴムの変形が大きくなるに従って抵抗が増大したためと考えられる。



(a) テーブル受部材質S45C



(b) テーブル受部材質S45C+ゴム

図4 テーブル移動距離とピーク加速度

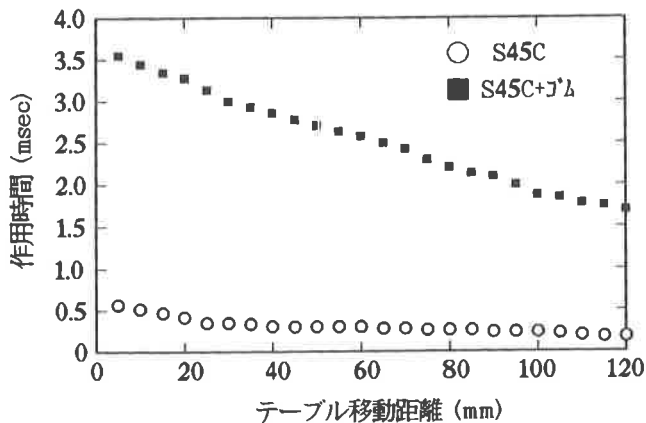


図5 テーブル移動距離と作用時間

### 3-2 加速度波形の制御

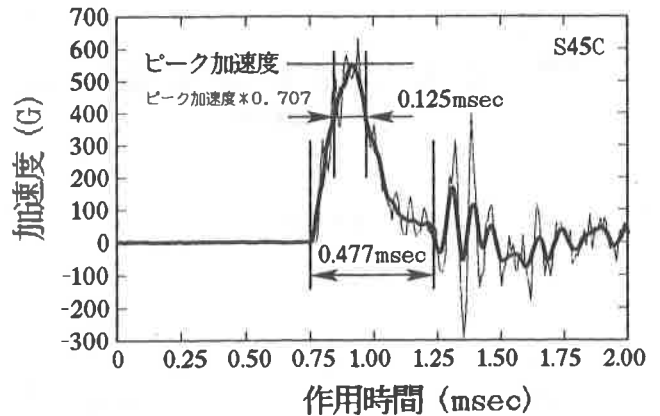
一般に、製品が受ける衝撃は、ピーク加速度だけでは評価できない。製品の損傷を考慮した場合、ピーク加速度と同様に加速度が作用する時間が重要な要因となる。したがって、製品の衝撃試験を実施する場合には、加速度波形（ピーク加速度と作用時間）の制御が必要となる。ピーク

加速度は、前述のようにテーブルの移動距離で制御できる。一方、作用時間は、図5に示すようにピーク加速度の増加に伴い短くなることが分かる。そこで、本装置は、2種類の加速度波形を供試体に加える。図6に加速度波形例を示す。図6の(a)はテーブル受部本体（アルミ材）に材質：S45C、硬度：HRC45～50のピンを挿入した状態の加速度波形である。図6の(b)は、(1)のピンに厚さ2mmのゴムを緩衝材として装着した状態の加速度波形である。図6より、ピーク加速度は(a)、(b)ともに約600Gであるのに対して、作用時間は、緩衝材の作用により、(b)は(a)の約3.6倍を示していることが分かる。一方、速度変化により発生する加速度は次式で近似される。

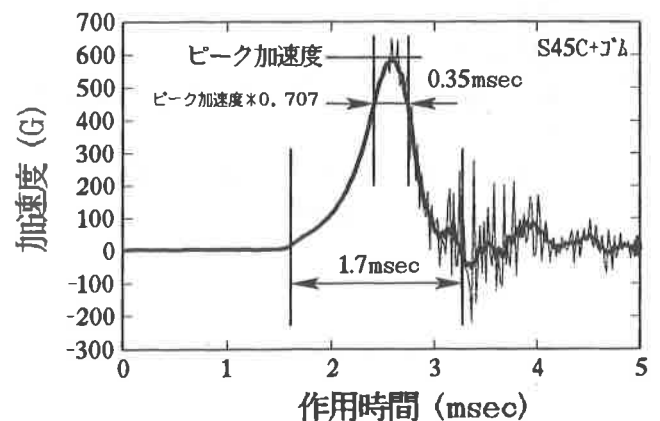
$$A = V/T - (1)$$

(A：ピーク加速度，V：衝突速度，T：有効作用時間)

そこで、衝突時の速度をフォトセンサにより計測した結果(1)では0.8m/sec，(2)では2.4m/secであった。したがって、式1から有効な作用時間を算出すると(1)0.13msec，(2)0.4msecとなり、図6で示される加速度波形の実効値（ピーク加速度\*0.707）の時間幅にそれぞれ近いことがわかる。



(a) テーブル受部材質S45C



(b) テーブル受部材質S45C+ゴム

図6 加速度波形例

### 3-3 衝撃試験例について

図7に、供試体（10個）を試験したときの加速度の履歴を示す。繰り返し回数は、100回で平均値は1098G、標準偏差は31Gであった。また、平均値に対してすべての加速度値が100Gの範囲以内であり、安定した加速度を供試体に加えることができた。

図8に、衝撃加速度のパワースペクトラムを示す。図より測定器の測定範囲内である50kHzの周波数範囲まで供試体に加振されていることが分かる。したがって複雑な共振特性を示す供試体に対しても十分対応できる衝撃試験を行えることが分かる。また、供試体1個に要する試験時間は平均18秒であり、人手を必要とする作業は供試体を治具に固定するだけで良く、効率的な試験が実施できた。

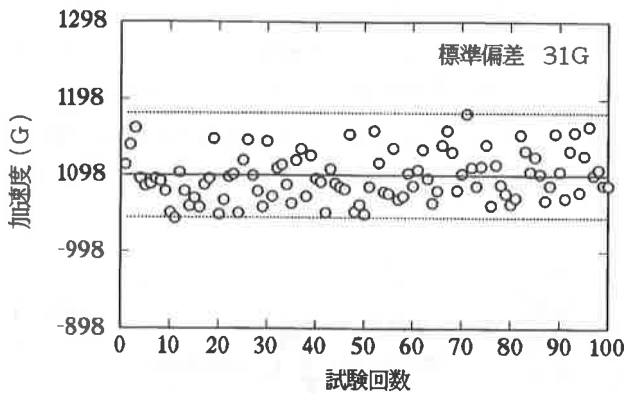


図7 加速度値の履歴

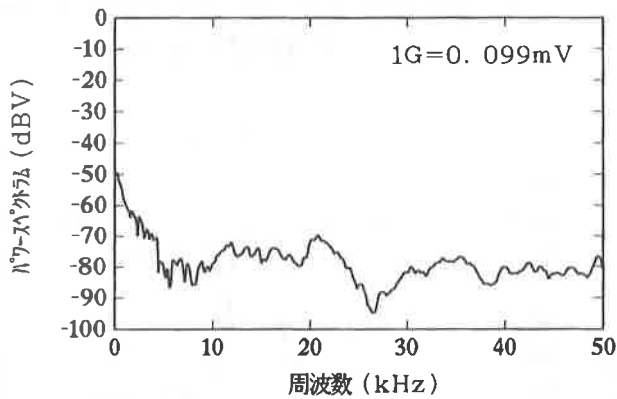


図8 パワースペクトラム

### 4. 結 言

バネの復原力を利用した衝撃試験機を試作し、以下の結果を得た。

- (1) テーブル移動距離と発生するピーク加速度はほぼ比例し、30~5000Gの衝撃加速度を供試体に加えることが可能となった。
- (2) 加速度波形は、正弦半波状で、緩衝材（ゴム：2mm厚）により加速度の作用時間を長くすることが可能となった。
- (3) 加速度波形において、有効な加速度の作用時間は波形の実効値を与える時間幅であることが推定できた。
- (4) 以上の結果から、企業現場で簡易に使用でき、かつ衝撃加速度の自動計測が可能な衝撃試験方法を得た。

### 参考文献

日本規格協会：JIS C 0041（環境試験方法—電気・電子—衝撃試験方法）

日本規格協会：JIS C 0046（環境試験方法—電気・電子—スプリングハンマ衝撃試験方法）

日本規格協会：JIS Z 0119（包装設計のための製品衝撃強さ試験方法）

日本規格協会：JIS Z 0202（包装貨物—落下試験方法）