

## 含半弦波產生器之衝擊平台衝擊試驗探討

王栢村<sup>1</sup>、陳郁伶<sup>2</sup>、李昆達<sup>3</sup>

<sup>1</sup> 國立屏東科技大學機械工程系教授

<sup>2</sup> 國立屏東科技大學機械工程系研究生

<sup>3</sup> 金頓科技股份有限公司研究發展處處長

國科會計劃編號: NSC-96-2622-E-020-003-CC3

### 摘要

本文針對含半弦波產生器之衝擊平台進行衝擊試驗希望可以得到不同幾何尺寸之半弦波產生器,和固定於衝擊平台底面不同位置的半弦波產生器對衝擊測試所得到的衝擊波形和所量測出的加速度以及衝擊時間的影響。並將所得之實驗結果進行探討,發現半弦波產生器的幾何尺寸大小和半弦波產生器固定於衝擊平台底面的位置對衝擊試驗所得之加速度、衝擊時間有所影響。在後續的應用上可以加入不同質量的待測物進行試驗,比較加入待測物後所產生的衝擊效應,也可以和有限元素分析軟體 LS-DYNA 之模擬衝擊分析進行比較驗證,進一步的可用來快速選擇半弦波產生器之幾何形狀和固定位置,減少試誤法所耗費的時間、人力。

**關鍵字：**半弦波產生器、衝擊試驗、衝擊試驗機

### 1. 前言

隨著科技的日新月異,3C 產品不斷的推陳出新,而使用者對產品品質的要求也逐漸升高,因此在產品的量產前,廠商會對產品執行環境測試以確保產品在運送和使用中的可靠度。許和廖[1]指出執行環境測試的目的是為了要瞭解產品對於環境外在所激發出的影響,並在設計的階段進行改善,其中會遭受到環境因子有衝擊、振動和溫溼度效應等。

林[2]說明對於電子連接器與線纜組的環境試驗中包括了衝擊測試,其目的是要瞭解連接器的脆性及其結構強度。JEDEC[3]衝擊試驗規範內說明半導體零組件應受過衝擊測試,並在衝擊試驗後執行外觀及功能檢視以確保半導體零件之品質。楊等人[4]使用 JEDEC 衝擊測試規範對 PCB 板進行衝擊測試發現在封裝體的地方最容易產生失效,原因為中心位置為彎曲變形發生最劇烈的位置。美國軍方規範 MIL-STD-883E[5]中指出執行衝擊試驗的設備需要有能力提供 500~3000g 的半正弦波波形,其衝擊時間 0.1~1ms 間,且允許誤差需在規範中的 20% 以內,且需承受正負軸向,每軸向 5 次之衝擊。

對於執行衝擊試驗之衝擊試驗機之相關的研

究,王等人[6]對衝擊試驗機之衝擊平台使用有限元素分析和實驗模態分析進行模型驗證,求得一可以代表實際結構的等效分析模型。王等人[7]對夾持邊界下的衝擊試驗平台進行有限元素分析並運用三種不同的邊界模擬方式模擬平台邊界結構的效應,並和實驗模態分析的方法作比較,以及配合操作模態分析所得之平台動態特性的結果來更新有效分析模型。王等人[8]對衝擊試驗中產生衝擊波波形的半弦波產生器進行材料的測定,藉由拉伸試驗的結果進行運算求得半弦波產生器之材料參數。王等人[9]使用已發展出的撓性理論,對半弦波產生器的幾何尺寸和落下的高度進行預測,且加入平坦度的評估的模式得到半弦波產生器數量、位置效應之平台平坦度結果。

本文是對未加入待測物效應之含半弦波產生器之衝擊平台進行衝擊試驗。希望得到固定於平台底面不同幾何尺寸之半弦波產生器和固定於平台底面不同位置之半弦波產生器在衝擊測試後所得之加速度和衝擊時間,並進一步探討其關係,以便對後續衝擊測試中加入待測物之效應有所依據。

### 2. 實驗設備、步驟及方法

衝擊試驗所使用的設備為衝擊試驗機,如圖 1 所示,典型的衝擊測試方法如圖 2 為將待測物固定於衝擊平台上,半弦波產生器固定於衝擊平台底面,將平台以及半弦波產生器升高到所需之高度後,平台及半弦波產生器會以自由落體之方式落下,而半弦波產生器會撞擊鋼板,產生所需之半弦波波形為圖 3。

表 1 為所使用之設備明細,本次衝擊試驗是使用二種不同幾何尺寸之半弦波產生器表 2 所示,並將不同幾何尺寸之半弦波產生器固定於平台底部以擺設位置以方型和菱形為區分,如圖 4-6,進行衝擊測試。衝擊落下高度分別定為 3、5、9、10 公分。

圖 7 為加速度計擺放位置圖,衝擊試驗時是將加速度計放在衝擊平台頂面正中心處做為感測器以量測衝擊波形的加速度和衝擊時間。

衝擊試驗步驟說明如下:含半弦波產生器之衝擊試驗平台,會升高至所訂之落下高度後並以自由落體的方式落下,固定於衝擊平台底部之半弦波產生器會撞擊鋼製底板產生半弦波波形,並以加速度計量測衝

擊平台頂面之加速度和衝擊時間值。此一升高衝擊平台後以自由落體落下撞擊底板視為一次完整的衝擊測試，每個落下高度及擺放方式須進行三次衝擊測試。實際衝擊測試所量測得到的半弦波波型及加速度和衝擊時間值如圖 8 所示，衝擊測試之結果數據如附件 A 所示。

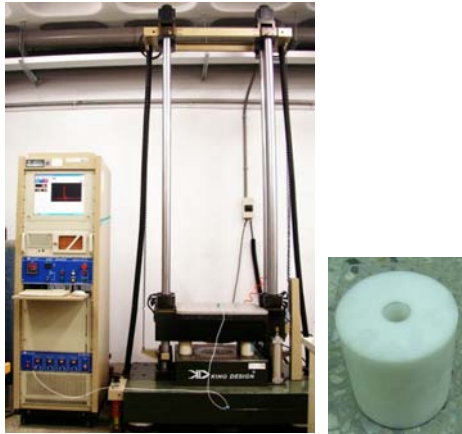


圖 1 衝擊試驗設備及半弦波產生器示意圖

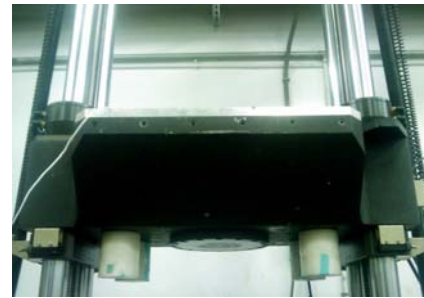


圖 5 半弦波產生器方形擺放示意圖

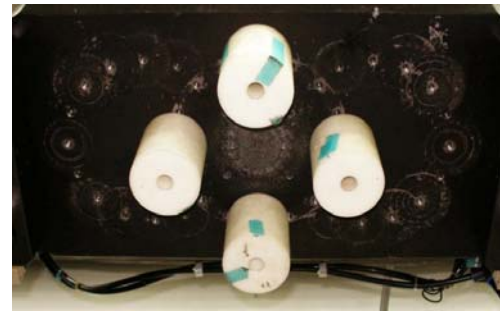


圖 6 半弦波產生器菱形擺放示意圖

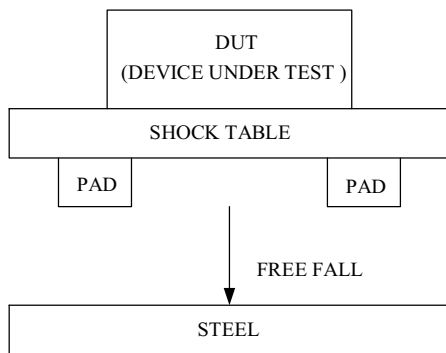


圖 2 衝擊測試示意圖

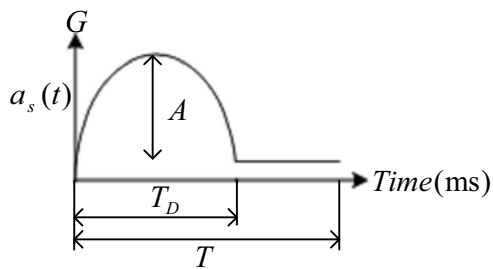


圖 3 半弦波波型示意圖

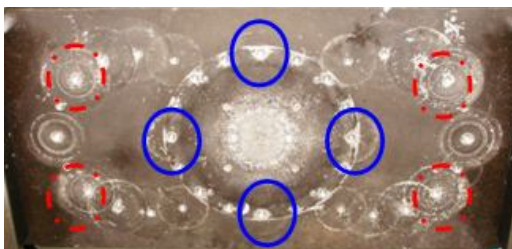


圖 4 半弦波產生器擺放位置示意圖

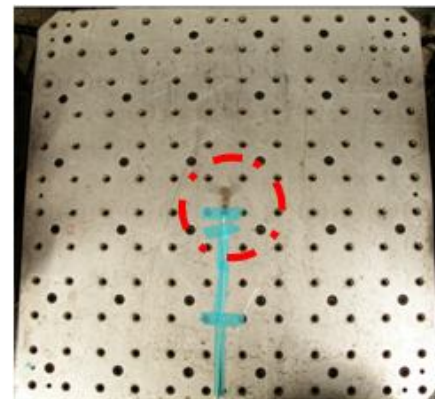


圖 7 為加速度計擺放位置圖

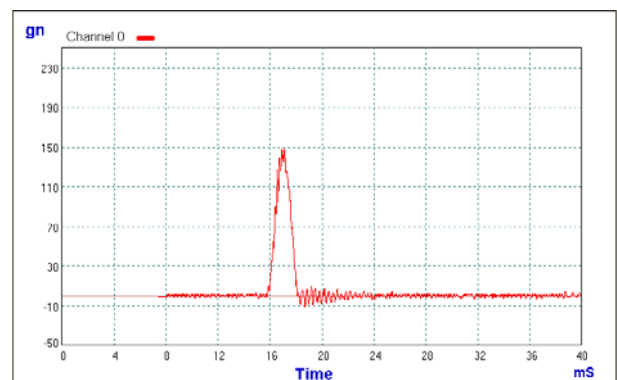




圖 8 量測所得之半弦波波型及加速度和衝擊時間

表 1 衝擊試驗所使用之儀器設備明細

衝擊試驗機 DP1200-60	1 台
衝擊平台 (平台尺寸 60x60cm)	1 個
加速度計	1 個
半弦波產生器	2 組

表 2 不同幾何尺寸之半弦波產生器

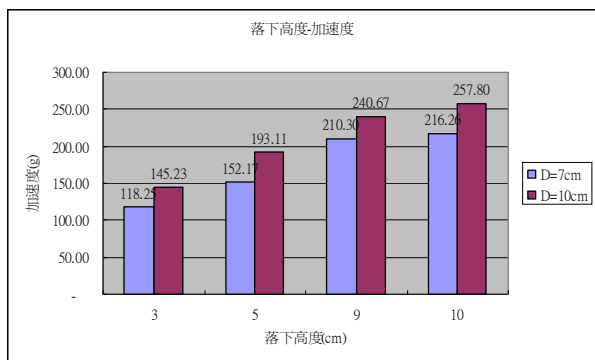
圖形		
直徑	10cm	7 cm
高度	10cm	10 cm

### 3. 結果與討論

本文針對不同幾何尺寸、落下高度、半弦波產生器擺放位置進行討論，所得之結果如下：

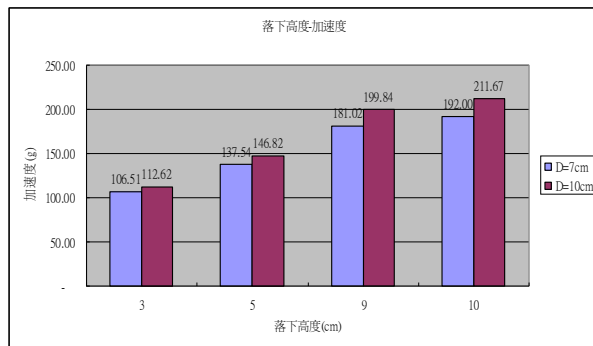
圖 9 和圖 10 擺放位置分別為方形和菱形針對不同落下高度所量測到的加速度值進行探討：

- 當半弦波產生器擺放於相同擺放位置所量測出的加速度值有相同的趨勢為，若半弦波產生器之幾何尺寸相同，落下高度越高，所量測到的加速度值也就越大，此乃位能高轉換為衝擊能之效應大。
- 當半弦波產生器，相同擺放位置半弦波產生器之直徑越大，在進行衝擊試驗後所得的加速度值也越大，此乃直徑較大之半弦波產生器能儲有較大之衝擊能之故。



(a) 方形擺置

圖 9 不同落下高度量測之加速度



(b) 菱形擺置

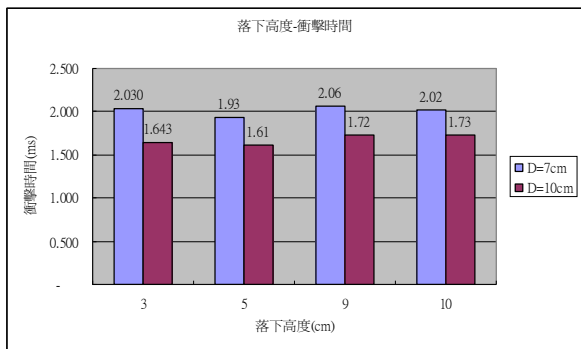
圖 9 不同落下高度量測之加速度

圖 10 擺放位置分別為方形和菱形，針對不同落下高度量測到的衝擊時間進行探討：

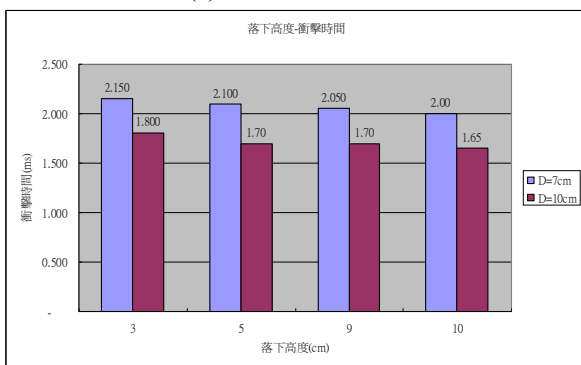
- 在方形擺放位置，當半弦波產生器之直徑為 7cm，所量測出的衝擊時間除落下高度在 5cm 時平均值為 1.95ms 外其餘三個落下高度所量測到的衝擊時間平均為 2.02ms ~2.06ms。直徑為 10cm 所量測出的衝擊時間平均為 1.61ms~1.73ms。
- 在菱形擺放位置，當半弦波產生器之直徑為 7cm 所量測出的衝擊時間 2.00ms ~2.15ms。直徑為 10cm 所量測出的衝擊時間 1.65ms ~1.80ms。
- 因此可知，半弦波產生器直徑較大時所量測出的衝擊時間也較大，推測為衝擊測試時半弦波產生器之接觸面較大的關係。
- 由圖 10 可得知相同直徑的半弦波產生器，擺設方法的差異對衝擊時間影響並不大，皆在 0.1ms 以下。

圖 11 為對不同半弦波產生器擺放位置，相同半弦波幾何尺寸所得之加速度結果探討：

- D=7cm 時不同擺放位置相同落下高度所量測出的加速度值有所差異，發現擺放位置為方形所量測到的加速度值會較擺放位置為菱形的大。不同擺放位置所量測出的加速度差距約在 18g 左右。
- D=10cm 時發現擺放位置為方形所量測到的加速度值會較擺放位置為菱形的大。不同擺放位置相同落下高度所量測出的加速度差距約在 30g~40g 不等。
- 由圖 13~14 可知不同擺放方式對量測到之加速度仍有相當的影響，落下高度較低對於所量測到的加速度影響較小。
- 從圖 13~14 可得知不同擺放位置對於直徑較小的半弦波產生器所量測出的加速度值差異較小。

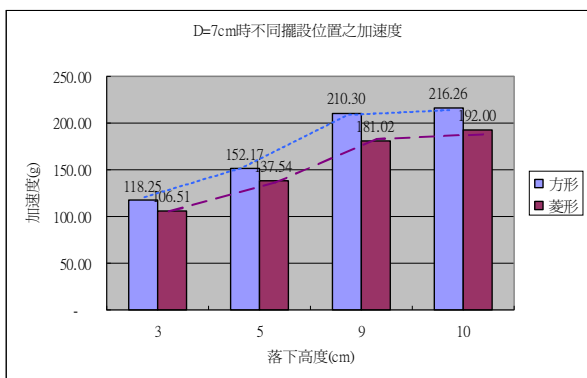


(a) 方形擺置

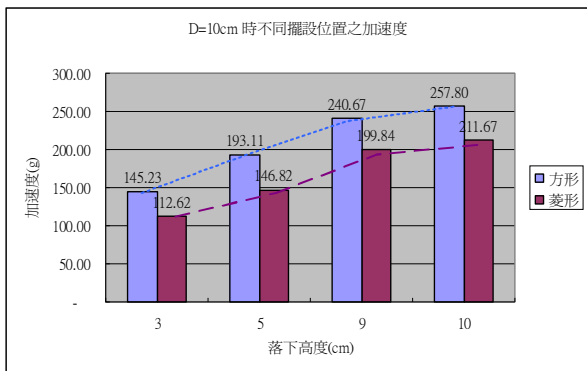


(b) 菱形擺置

圖 10 不同落下高度量測之衝擊時間



(a) 半弦波產生器 D=7cm

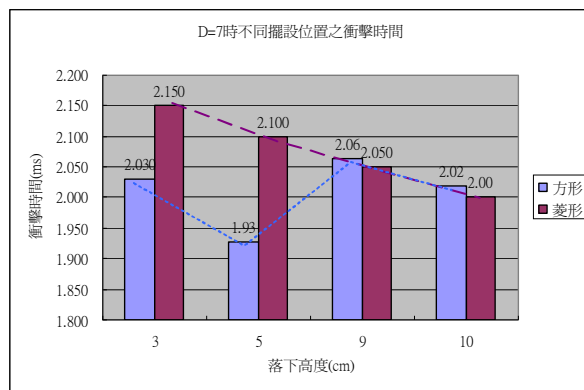


(b) 半弦波產生器 D=10cm

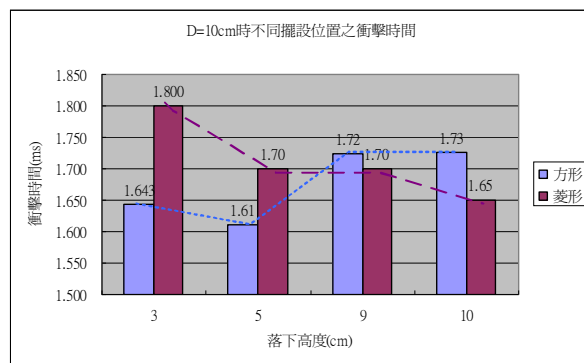
圖 11 不同擺放方式量測之加速度比較

圖 12 為對不同半弦波產生器擺放位置，相同半弦波幾何尺寸所得之衝擊時間結果探討：

1. 不同擺放位置對於衝擊試驗所量測出的衝擊時間仍是有差距，圖 15 為 D=7cm 不同擺放方式量測之衝擊時間比較發現四種不同的衝擊落下的高度，落下高度越高衝擊時間的差異性會逐漸縮小。
2. 由二種不同擺放方式相互比較發現 D=7cm 時落下高度在 3cm，5cm 所得到的衝擊時間菱形擺放會大於方形的擺放。菱形擺放所得的衝擊時間分別為 2.15ms 和 2.10ms，相較於方形擺放所得 2.03ms 和 1.93ms 穩定。落下高度在 9cm，10cm 二種擺放方式所得的衝擊時間則差距不大。
3. 由上述可知若在執行衝擊測試時所使用的半弦波產生器直徑為 7cm，所需之衝擊高度較低可用菱形擺放方式，所得的衝擊時間穩定度較佳。
4. D=10cm 時方形擺放時落下高度在 3cm，5cm 所得的衝擊時間分別為 1.64ms 和 1.61ms，相較於菱形擺放所得 1.80ms 和 1.70ms 穩定度較佳。



(a) 半弦波產生器 D=7cm



(b) 半弦波產生器 D=10cm

圖 12 不同擺放方式量測之衝擊時間比較

#### 4. 結論

本文對含半弦波產生器之衝擊平台進行衝擊試驗探討不同幾何尺寸之半弦波產生器和固定於衝擊

平台底面不同位置的半弦波產生器對衝擊測試所得之結果為：

1. 得到不同幾何尺寸和固定於衝擊平台底面不同位置之半弦波產生器在執行衝擊測試對衝擊波形，加速度，衝擊時間的影響趨勢。
2. 後續可將不同質量的測試物放入實驗中，和本次實驗結果進行比較，比較測試物之質量效應對衝擊試驗所產生之加速度和衝擊時間的影響。
3. 本實驗也可和有限元素分析軟體 LS-DYNA 模擬衝擊分析的結果進行比較驗證，進一步的可用來快速選擇半弦波產生器之幾何形狀和固定位置，減少試誤法所耗費的時間、人力。

### 5. 誌謝

本研究承蒙國科會計畫與金頓科技股分有限公司經費支助，特以誌謝。國科會小產學計畫編號 NSC-96-2622-E-020-003-CC3。

### 6. 參考文獻

1. 許凱超、廖建義，「產品研發之環境輪廓及效應分析」，品質管制月刊，第 32 卷，第 8 期，第 70~74 頁，2002。
2. 林明儀，「電子連接器與線纜組測試分析概要」，

電子檢測與品管，第 49 期，第 39~41 頁，2002。

3. JEDEC Solid State Technology Association, JESD22-B110: Subassembly Mechanical Shock,
4. 楊秉豐，賴逸少，葉昶麟，蔡靜宜，「無鉛晶片封裝之掉落衝擊測試表現」，第二十一屆機械工程學會，高雄，第 313~319 頁，2005。
5. MIL-STD-883E, Test Method Standard Microcircuits, US Department of Defense, 1996.
6. 王栢村，陳克強，李昆達，「衝擊試驗機滑動平台之模型驗證」，中國機械工程學會第二十二屆全國學術研討會論文集集中壢，論文編號：C3-003，2005。
7. 王栢村，陳克強，李昆達，夾持邊界下衝擊試驗機滑動平台之模型驗證，2006 年北京科技大學—屏東科技大學學術研討會論文集，北京，論文編號：M-E004，2006。
8. 王栢村，李沛緯，李昆達，「半正弦波產生器之機械材料性質測定」，2008 精密機械與製造科技研討會，屏東，論文編號：E-07，2008。
9. 王栢村，李沛緯，李昆達，「應用平坦度評估對簡易衝擊平台與半正弦波產生器之設計與研究」，中華民國振動與噪音工程學會第十六屆學術研討會，台北，論文編號：C-4，2008。

附錄 A 方形擺置不同幾何形狀之半弦波產生器所產生之加速度和衝擊時間比較表

表 A-1 落下高度為 3cm

直徑	D=7cm			D=10cm		
	Acceleration (gn)	Duration time(ms)	Velocity (m/sec)	Acceleration (gn)	Duration time(ms)	Velocity (m/sec)
1	123.02	2.05	1.476	146.14	1.67	1.452
2	117.33	2.03	1.441	145.24	1.63	1.456
3	114.41	2.01	1.444	143.31	1.63	1.417
Avg.	118.25	2.030	1.454	145.23	1.643	1.442

表 A-2 落下高度為 5cm

直徑	D=7cm			D=10cm		
	Acceleration (gn)	Duration time(ms)	Velocity (m/sec)	Acceleration (gn)	Duration time(ms)	Velocity (m/sec)
1	148.90	1.97	1.800	195.41	1.62	1.824
2	151.32	1.95	1.809	188.65	1.61	1.816
3	156.28	1.86	1.804	195.27	1.60	1.820
Avg.	152.17	1.93	1.804	193.11	1.61	1.820

表 A-3 落下高度為 9cm

直徑	D=7cm			D=10cm		
	Acceleration (gn)	Duration time(ms)	Velocity (m/sec)	Acceleration (gn)	Duration time(ms)	Velocity (m/sec)
1	211.55	2.00	2.386	236.28	1.80	2.392
2	211.01	2.15	2.368	250.26	1.62	2.331
3	208.33	2.04	2.374	235.48	1.75	2.364
avg.	210.30	2.06	2.376	240.67	1.72	2.362

表 A-4 落下高度為 9cm

	D=7cm ,Drop Height=10cm			D=10cm ,Drop Height=10cm		
	Acceleration (gn)	Duration time(ms)	Velocity (m/sec)	Acceleration (gn)	Duration time(ms)	Velocity (m/sec)
1	213.88	2.06	2.504	256.69	1.70	2.493
2	220.03	2.01	2.454	258.87	1.67	2.514
3	214.86	1.99	2.459	257.83	1.81	2.519
avg.	216.26	2.02	2.472	257.80	1.73	2.509

## Experimental Shock Test for the Shock Table Attached with the Half-sine Wave Programmers

Bor-Tsuen Wang<sup>1</sup>, Yu-Lin Chen<sup>2</sup>, David Lee<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Professor, Department of Mechanical Engineering,

National Pingtung University of Science and Technology

<sup>2</sup>Department of Mechanical Engineering, National Pingtung University of Science and Technology

<sup>3</sup>King Design Company

NSC Project No.:  
NSC-96-2622-E-020-003-CC3

### Abstract

This work aims to experimentally study the half-sine wave generation for the free-fall shock test machine, which shock table is attached with the half-sine wave programmers. Different size of the programmers are selected, and different heights of the shock table for the

free-fall shock tests are studied to measure the shock table response, including the peak acceleration and duration of the half-sine wave. Different arrangements for the programmers are also tested. Results show that the shock response due to different tests can be well interpretive. The test result can be applied and compared with the simulation in the future. The geometry selection of the half-sine wave programmer is referred and beneficial to the practical shock test.

**Keywords:** shock test, shock test machine, half-sine wave programmer