

待測物質量效應於衝擊試驗之分析評估

王栢村¹、陳郁伶²、李昆達³

¹ 國立屏東科技大學機械工程系教授

² 國立屏東科技大學機械工程系研究生

³ 金頓科技股份有限公司 研發處處長

E-mail:wangbt@mail.npust.edu.tw

摘要

衝擊試驗為產品試驗項目之一，通常待測物鎖固於衝擊平台以自由落下進行落下衝擊試驗，本文旨在探討待測物質量對衝擊試驗機之衝擊平台及衝擊座之影響，運用有限元素分析軟體對含待測物之衝擊平台進行衝擊的模擬分析。首先建構平台，待測物，半弦波產生器(衝擊座)及底板結構之有限元素模型，以面對面之自動接觸模式模擬受重力作用之自由落體衝擊，以求得各組件之加速度及應力波形，藉以評估不同待測物質量之影響，並引用 Goodman 圖探討平台之疲勞強度。本文發展建立含待測物衝擊平台與半弦波產生器之衝擊試驗模擬方法，未來將輔以實際量測進行分析驗證，將有助於衝擊平台之設計與半弦波產生器之選用。

關鍵詞：衝擊試驗，衝擊平台，待測物，有限元素分析，半弦波產生器，疲勞強度

1. 前言

由於現今社會的科技高速發展，技術不斷的創新，各種產品的結構組成日趨精細複雜，一個系統需要無數個零件所組成，但是如果系統在運作的過程中發生了零件的損毀，可能會導致系統的功能發揮不完全，或是造成整個系統的功能癱瘓而造成無法預測的結果。所以無論任何產品都需要可以經得起各種的環境的試驗，像是振動、衝擊、落下、溫濕度、冷熱衝擊、鹽霧等試驗，並要確認產品在正式生產後，可以安全、可靠的供客戶使用，因此必須在產品研發階段將可靠度設計在其中，以確保產品的品質。假使能利用電腦軟體模擬分析產品受振動、衝擊與掉落之響應，可使設計者於開發初期預估產品品質性能與發掘改善問題，如此可減少實驗次數及縮短開發時間與成本，增加產品之競爭力。

林[1]隨著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應力測試以確保產品在運送和使用中的可靠度，環境應力試驗主要分成環境振動試驗、衝擊試驗、落下試驗三大部分。許和廖[2]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振動、衝擊和落下效應等。楊[3]說明以生產製造商的觀點來探討電機產品執行可靠度測試內容，其中有振動測試(vibration test)、衝擊測試(shock test)、落下測試(drop test)，執行可靠度之目的在於考驗電機產品品質，確保電機產品可以在嚴苛的使用環境下之運作能力。

在衝擊及落下試驗方面，主要以衝擊與落下試驗機對結構進行測試，也運用市面上有限元素之動態分析軟體模擬衝擊情況，並與實際實驗比較兩者之差異。由有限元素分析軟體搭配實驗模態分析模擬分析環境應力試驗之應用，能在產品的設計與品質提升的過程中，大大減少研發過程所需的時間與成本，並能提早預知產品的品質，也因此隨著硬體設備的提升與軟體的輔助，使得利用電腦輔助分析成為目前分析方法的主流。

美國軍方 MIL-STD-810F [4] 514.6 節衝擊規範說明，衝擊試驗之目的在於提供產品在結構和功能使用上的信心度，且產品可以承受在運送、使用、搬運環境下受到非重複性的衝擊，並說明衝擊會對產品產生電路板故障、機械變形、材料加速疲勞等現象，以及提供衝擊試驗需依據使用之環境狀態選擇衝擊測試之程序。

林[5]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以及其結構強度。JEDEC[6]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[7]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[8]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。

Low *et al.*[9]主要為得知 mini Hi-Fi audio 底板在運送過程受衝擊之變形情況，藉由有限元素分析軟體 PAM-CRASH 分析，以得知結構破壞發生處，並使用軟體加以設計補強。

對於執行衝擊試驗之衝擊試驗機之相關的研究，王等人[10]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[11]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[12]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，所得之材料參數後續可輸入有限元素分析軟體中，進行模擬衝擊分析，以求得較佳之衝擊分析結果。王等人[13]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。王等人[14]以理論分析來求得平台受衝擊時頂面所產生時域加速度峰值響應，利用現有平台分析模型導入有限元素分析進行簡諧分析求得頻率響應函數，同時也與實際衝擊實驗結果進行比對，目的在於發展虛擬測試方法，爾後可應用於評估衝擊平台之平坦度性能指標所用。王等人[15]使用有限元素分析軟體對進行衝擊模擬分析，模擬衝擊試驗機經衝擊落下測試，撞擊鉛錐，所得之鋸齒波波形進行探討，內容為改變鉛錐之幾何尺寸，配合不同之衝擊高度，進行模擬，並由衝擊結果波型與規範要求之波形進行比較。以驗證使用有限元素分析具有其可行性。王等人[16]發展出單自由度理論分析之半弦波產生器設計解析流程，並和衝擊模擬由有限元素分析進行相互驗證，方法為將已知之半弦波產生器材料參數，帶入單自由度理論分析，則可預測衝擊落下高度，和半弦波產生器長度，並將所得之預測衝擊落下高度，和半弦波產生器長度帶入有限元素分析軟體中，最後將理論分析和有限元素分析所得之衝擊加速度峰值和衝擊時間交互比較，發現理論解析有其參考價值。王等人[17]由單自由度剛性平台理論，結合有限元素分析之方法，發展出撓性平台理論，改善單自由度平台理論無法預測半弦波產生器數量和擺放位置之缺點，並和衝擊模擬有限元素分析比較驗證，確立其可行性。

圖 1 為實際在進行衝擊測試時的待測物擺放示意圖，在進行衝擊測試時是將待測物擺放於衝擊平台頂面正中央，執行衝擊測試，以瞭解待測物之性能。本文將探討已知之待測物(device under test, DUT)質量加入模擬衝擊試驗分析，得到待測物對衝擊平台結構之影響，並探討模擬衝擊試驗時，有無待測物對衝擊試驗平台結構之影響。

2. 衝擊試驗平台有限元素模型

本文運用有限元素分析軟體 LS-DYNA 對含有待測物之衝擊平台進行模擬衝擊試驗分析，其中包括待測物放置於含半弦波產生器衝擊平台上如圖 2(a)所示。含待測物之衝擊平台，將半弦波產生器固定於衝擊試驗平台底面。表 1 為螺絲以及被撞擊底板之固定待測物之壓桿螺桿、待測物之材料性質，幾何參數。待測物假設材料為鋼材，重量分別假設為 10kg, 20kg, 50kg, 密度則依質量除以體積求得。

圖 2(b)為衝擊試驗對應之有限元素分析模型說明如下：

- (1) 元素選用：衝擊試驗平台、待測物、半弦波產生器以及底板使用三維線性立方體元素(SOLID164)，將半弦波產生器鎖附於平台底面之螺絲和固定待測物之螺桿及木製壓桿，以三維線性樑元素(BEAM161)模擬。
- (2) 元素分割：衝擊試驗平台、待測物、半弦波產生器以及底板均為 mapped mesh 漁網分割，分割元素數目分別為衝擊試驗平台 8996 個元素，待測物 768 個元素，每個半弦波產生器有 192 個元素，底板為 13500 個元素。將半弦波產生器鎖附於平台底面之

每個螺絲 1 個元素，固定待測物之每個螺桿及壓條均為 1 個元素，共 6 個元素。圖 3 為建構完成之待測物放至於含半弦波產生器衝擊平台上之有限元素模型。

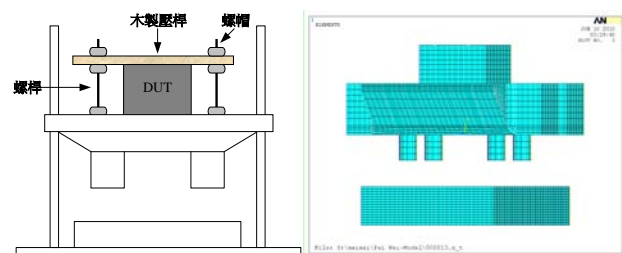
- (3) 位移限制：待測物固定於含半弦波產生器衝擊平台如圖 2，含半弦波產生器衝擊平台、待測物、螺桿及木製壓和鎖固螺絲是以全自由邊界(free-free)模擬，被撞擊之底板則設定其底面為固定端。而待測物底面與平台頂面、平台底面與半弦波產生器頂面，以及半弦波產生器底面與底板頂面所有節點設定為接觸面，並使用自動面對面接觸形式(automatic surface-to-surface contact.)。
- (4) 負荷條件：待測物固定於含半弦波產生器衝擊平台，給予含半弦波產生器之衝擊平台、待測物、螺桿及木製壓條等所有節點之重力加速度 $g=9.807\text{m/s}^2$ 與初始速度 v 。但如直接代入單自由度剛性平台理論所求得之衝擊落下高度 H ，則 $v=0$ 。但是衝擊落下距離對求解時間有相當大的影響，故為了節省縮短軟體求解時間，將衝擊落下距離設定為 $h=0.001\text{m}$ ，且將其餘落下高度利用位能與動能關係式轉換成初使速度，並依不同落下高度情況施與含半弦波產生器之衝擊平台以及衝擊平台不同初始速度，其衝擊落下高度 H 與初始速度 v 轉換關係如下所示：

$$mg(H-h) = \frac{1}{2}mv^2 \quad (1)$$

$$v = \sqrt{2g(H-h)} \quad (2)$$



圖 1 擊測試時待測物擺放位置示意圖



(a) 示意圖 (b) 有限元素模型

圖 2 含待測物衝擊試驗平台整體結構

表 1 含待測物衝擊試驗平台各組件之幾何與材料參數

(a) 衝擊試驗平台各組件幾何參數與材料性質

衝擊試驗平台	幾何與材料參數
平台面長	0.6(m)
平台面寬	0.6(m)
總寬	0.88(m)
總高	0.2(m)
鋁鎂合金楊氏係數	38.5(GPa)
密度 ρ	1900(kg/m ³)
浦松比 ν	0.35

(b) 半弦波產生器幾何參數與材料性質[21]

項目	幾何與材料參數
楊氏係數	43(GPa)
半弦波產生器直徑	0.1(m)
浦松比 ν	0.375
抗拉強度	46(MPa)
降伏強度	39.5(MPa)
密度 ρ	1379(kg/m ³)

(c) M10 螺絲幾何參數與材料性質

項目	幾何與材料參數
螺絲長	0.03(m)
外徑	0.01(m)
楊氏係數	209(GPa)
密度 ρ	7850(kg/m ³)
浦松比 ν	0.35

(d) 底板幾何參數與材料性質

項目	幾何與材料參數
底板面長	0.6(m)
底板面寬	0.6(m)
底板總高	0.15(m)
底板楊氏係數	209(GPa)
密度 ρ	7850(kg/m ³)
浦松比 ν	0.35

(e) 待測物之幾何參數與材料性質

項目	幾何與材料參數
長	0.3(m)
寬	0.1(m)
高	0.2(m)
楊氏係數	209(GPa)
浦松比 ν	0.35

(f) M6 螺桿、壓桿幾何參數與材料性質

項目	幾何與材料參數
螺絲長	0.03(m)
外徑	0.006(m)
楊氏係數	209(GPa)
密度 ρ	7850(kg/m ³)
浦松比 ν	0.35

3. 結果與討論

本節針對含半弦波產生器之衝擊試驗平台，實際加入待測物之質量模擬衝擊試驗分析。模擬使用 4 個直徑 $D=0.09\text{m}$ ，長度 $L=0.1\text{m}$ 半弦波產生器固定於平台底面，衝擊落下高度 $H=0.09\text{m}$ ，於衝擊試驗後，對有興趣部份如圖 3 所示各部位之加速度峰值與結構應力影響進行探討。

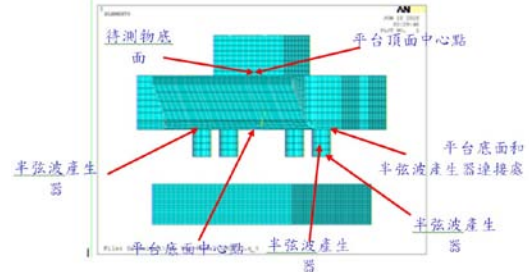


圖 3 含待測物平台感興趣之位置圖

3.1 不同待測物質量對衝擊平台結構之影響

本小節對不同質量之待測物固定於衝擊平台頂面，進行模擬衝擊分析，以得知不同待測物質量，對衝擊試驗後所得之加速度峰值與結構強度影響進行探討。

圖 4 和表 2~6 為不同質量之待測物對衝擊試驗所得之加速度峰值與大主應力，麥西斯應力之影響，結果綜合探討如下：

1. 由圖 4(a)可知加速度峰值，在衝擊試驗平台有興趣之觀察點，運用模擬分析，皆有呈現半弦波波之形狀。
2. 圖 4(b)可知最大主應力，除在半弦波產生器的位置因為衝擊時的壓縮為負值外，其餘有興趣之位置均為正值。
3. 由表 3 可知，以衝擊平台而言無論待測物之質量為何，加速度峰值最大值在於平台底面和半弦波產生器連接處，其因可能為螺絲模擬鎖固部份所造成。
4. 從表 3 可知半弦波產生器於衝擊試驗後，若以半弦波產生器頂面中心點、中段中心點、底面中心點劃分時，加速度峰值最大值均產生在半弦波產生器之中段之中心點，其值約在 4851g~4930g 之間。
5. 從表 3 可知由待測物底面中心點所得之加速度峰值和衝擊平台頂面中心點比較可知，平台頂面中心點所得之加速度峰值，無法均勻傳遞之待測物上，其中會因待測物質量之不同，有所增減。
6. 由表 3 可知不同質量之待測物對衝擊試驗所得之最大主應力影響，其中可知，以衝擊平台而言，待測物質量對衝擊平台底部影響較大，其最大主應力之值會隨著待測物之重量上升，若以本次模擬分析為例，其最大主應力由 0.8444MPa 逐漸升高至 2.446MPa。
7. 依衝擊平台不同之觀察位置探討表 4，可發現若沒有在衝擊平台上加入待測物，則衝擊平台頂面中心點之最大主應力會大於加入待測物的。
8. 由表 2(b)之最大主應力及表 4 之數值比較探討，可得知，最大主應力出現於衝擊試驗平台底部中央的部份，其原因可能為，由於衝擊平台頂面放置待測

物，由於衝擊試驗時之碰撞影響。

9. 由表 2 結合表 5 綜合探討觀察麥西斯(von Mises)應力圖推測在含待測衝擊試驗時結構較容易產生破壞的區域，其區域可能為半弦波產生器固定於衝擊平台底面位置處，其因可能為衝擊試驗後反彈效應影響。
10. 由表 5 探討麥西斯應力之影響，可發現平台底面中心點、平台底面和半弦波產生器連接處、平台頂面未放置待測物點、待測物底面中心點，會隨待測物質量增加而增加。

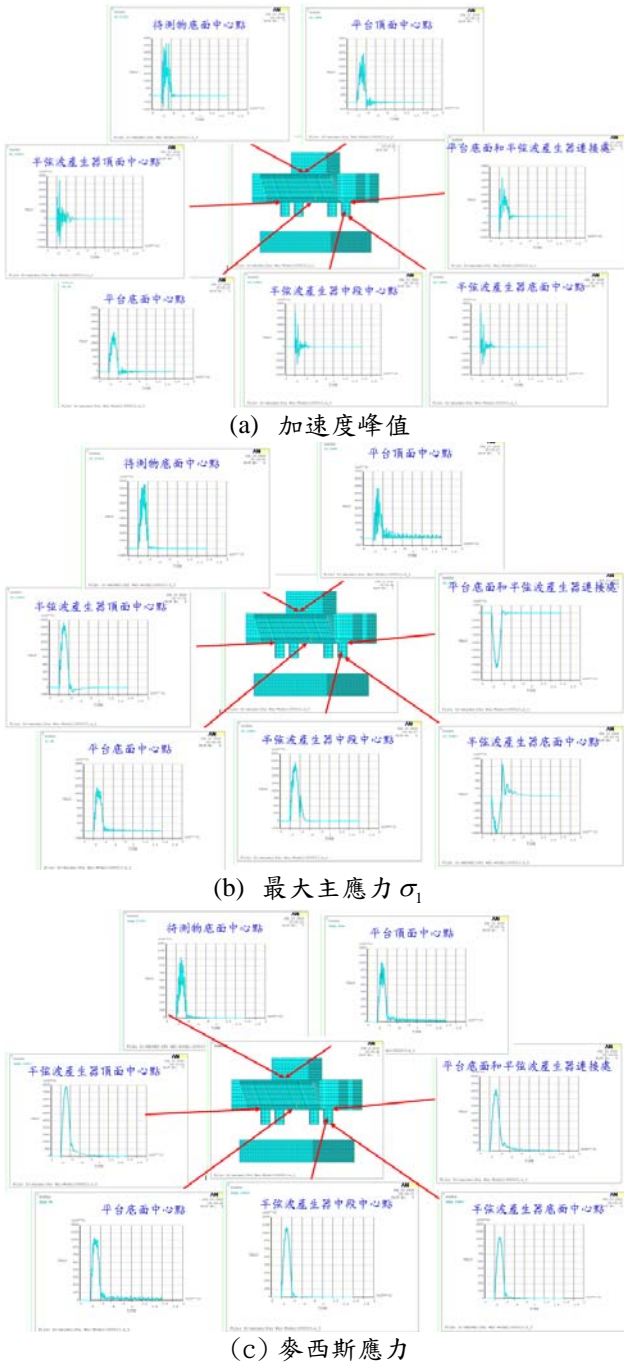


圖 4 待測物 10kg 時，衝擊試驗中各感興趣位置之加速度、最大主應力(σ_1)、麥西斯應力時域響應圖

3.2 不同待測物質量對衝擊平台結構疲勞之影響

本節運用 Goodman 圖，針對衝擊試驗平台之疲勞強度進行探討，Goodman 圖之定義如圖 6，其中鋁鎂合金極限強度(S_{ut})值為 160MPa，疲勞強度(S_e)為 70MPa。

圖 5 中之應力振幅(σ_a)及平均應力(σ_m)可得如下：

$$\sigma_a = \frac{\sigma_{\max} - \sigma_{\min}}{2} \quad (3)$$

$$\sigma_m = \frac{\sigma_{\max} + \sigma_{\min}}{2} \quad (4)$$

其中， σ_{\max} 為結構之最大應力值， σ_{\min} 為最小應力值，在衝擊試驗中， σ_{\max} 可由表 4 所得之最大主應力平台 σ_1 得之，而 $\sigma_{\min} = 0$ ，即未受衝擊狀態。

若需求得材料之容許平均應力(S_m)與容許應力振幅(S_a)，可由下式得知：

$$S_m = \frac{S_e}{\left(\frac{\sigma_a}{\sigma_m} + \frac{S_e}{S_{ut}}\right)} \quad (5)$$

$$S_a = \frac{S_e \left(\frac{\sigma_a}{\sigma_m}\right)}{\left(\frac{\sigma_a}{\sigma_m} + \frac{S_e}{S_{ut}}\right)} \quad (6)$$

對應之安全係數分別為平均應力安全係數(n_m)與應力振幅安全係數(n_a)分別如下：

$$n_m = \frac{S_m}{\sigma_m} \quad (7)$$

$$n_a = \frac{S_a}{\sigma_a} \quad (8)$$

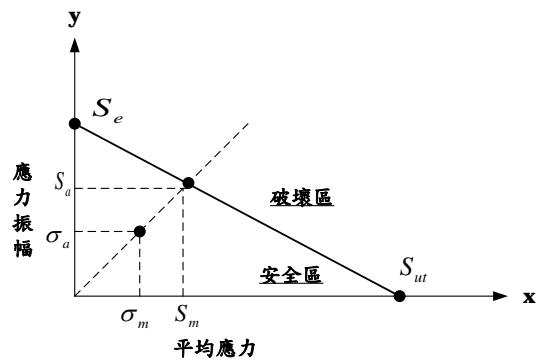
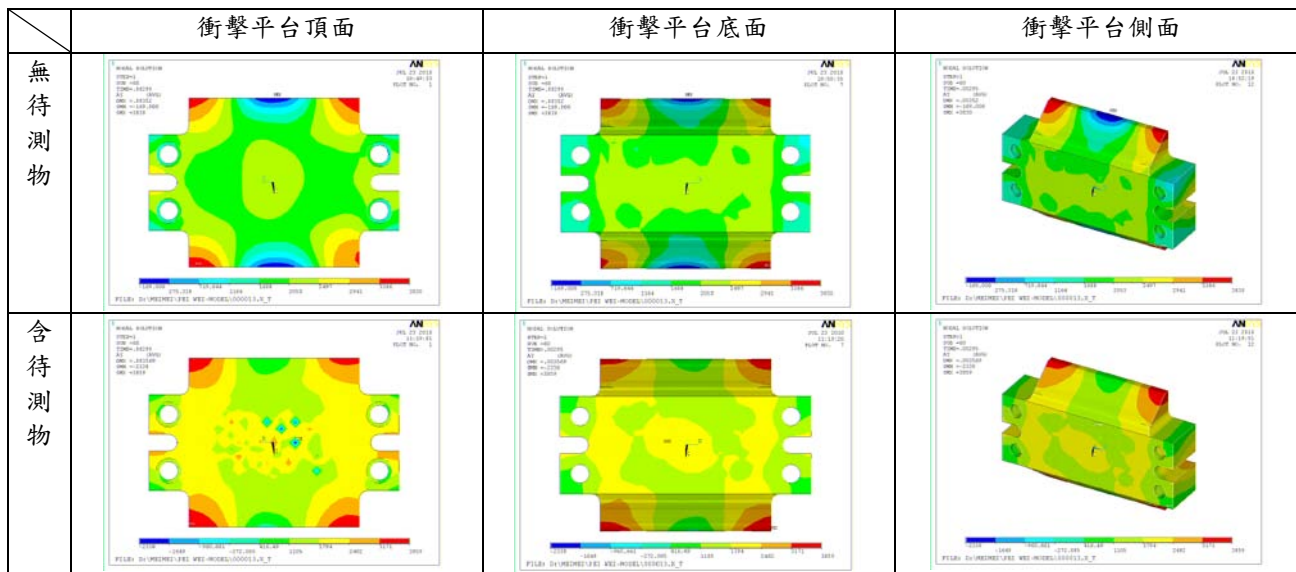


圖 5 Goodman 疲勞分析圖

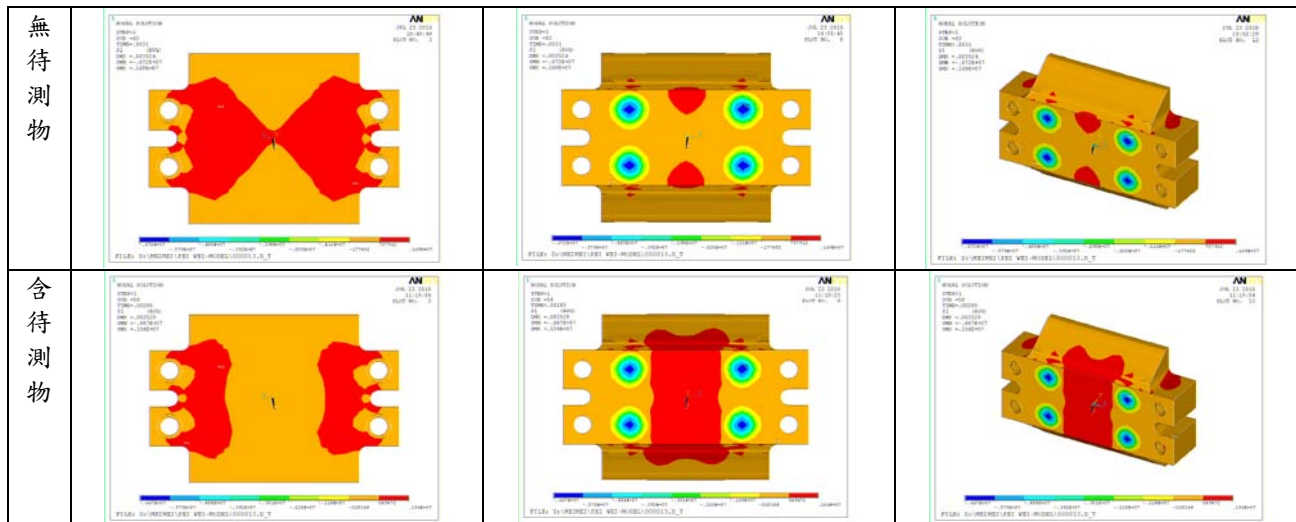
表 6 為含半弦波產生器衝擊平台加入不同質量待測物所得之應力振幅(σ_a)、平均應力(σ_m)、容許平均應力(S_m)、容許應力振幅(S_a)以及其安全係數分別為 n_m 與 n_a ，綜合結果討論如下：由表 6，不同質量待測物對衝擊平台結構疲勞之影響，將應力振幅(σ_a)、平均應力(σ_m)代入 Goodman 疲勞分析圖，可知就目前分析之結果代測物質量增加至 50kg 時，其衝擊平台疲勞強度仍在安全區的範圍內，其安全係數為 39.817。

表 2 有無待測物之平台加速度峰值、最大主應力 σ_1 、麥西斯應力分佈圖

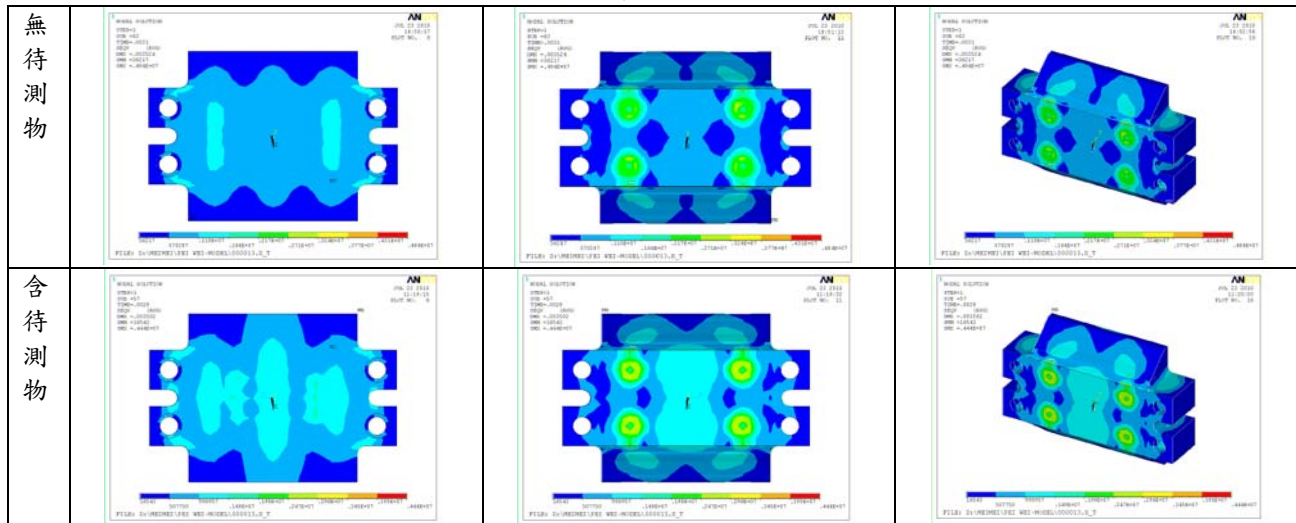
(a) 加速度



(b) 最大主應力 σ_1



(c) 麥西斯應力



備註：待測物 10kg

表 3 不同質量之待測物對衝擊試驗中各部位之加速度峰值(g)

觀察位置	待測物質量	0 kg	10 kg	20 kg	50 kg
1	平台底面中心點	243.17	230.11	252.38	253.98
2	平台頂面中心點	252.08	285.58	337.56	250.88
3	平台底面和半弦波產生器連接處	315.84	438.13	308.77	314.87
4	待測物底面中心點	--	375.61	349.40	225.83
5	半弦波產生器頂面中心點	1595.09	2785.74	1551.47	1603.68
6	半弦波產生器中段中心點	4927.01	4930.41	4851.91	4917.13
7	半弦波產生器底面中心點	3079.33	3117.99	3029.58	3028.64

表 4 不同質量之待測物對衝擊試驗中各部位所得之最大主應力 σ_1 (MPa)

觀察位置	待測物質量	0 kg	10 kg	20 kg	50 kg
1	平台底面中心點	0.8444	1.179	1.493	2.446
2	平台頂面中心點	0.7707	0.5413	0.3307	0.4323
3	平台底面和半弦波產生器連接處	0.3675	0.3165	0.3571	0.3915
4	待測物底面中心點	--	0.8576	1.421	2.238
5	半弦波產生器頂面中心點	1.679	1.738	1.757	1.916
6	半弦波產生器中段中心點	1.894	1.894	2.064	2.176
7	半弦波產生器底面中心點	0.9166	0.9166	0.8693	0.9148

表 5 不同質量之待測物對衝擊試驗所得之麥西斯應力 Von Mises Steess(MPa)

觀察位置	待測物質量	0 kg	10 kg	20 kg	50 kg
1	平台底面中心點	0.8613	1.046	1.310	2.176
2	平台頂面中心點	1.049	1.009	1.164	1.656
3	平台底面和半弦波產生器連接處	1.898	2.069	2.223	2.774
4	待測物底面中心點	--	1.020	1.628	3.135
5	半弦波產生器頂面中心點	7.626	7.879	8.226	9.073
6	半弦波產生器中段中心點	10.53	10.94	11.19	12.01
7	半弦波產生器底面中心點	10.17	10.46	10.68	11.74

表 6 不同待測物質量衝擊平台之疲勞強度分析

		σ_1 (MPa)	σ_a (MPa)	σ_m (MPa)	S_e (MPa)	S_a (MPa)	n_m	n_a
1	0 kg	0.844	0.422	0.422	48.696	48.696	115.338	115.338
2	10 kg	1.179	0.590	0.590	48.696	48.696	82.605	82.605
3	20 kg	1.493	0.747	0.747	48.696	48.696	65.232	65.232
4	50 kg	2.446	1.223	1.223	48.696	48.696	39.817	39.817

備註：材料極限強度(S_m)160MPa，疲勞強度(S_e)70MPa

4. 結論

本文運用有限元素分析軟體，模擬衝擊平台含有不同質量待測物之衝擊試驗的有限元素分析，建立平台含 DUT 及半弦波產生器之有限元素模型，並以進行衝擊模擬分析，探討不同 DUT 質量對平台、半弦波產生器及 DUT 各組件之加速度及應力影響。整體而言，衝擊平台於衝擊時，所承受之應力，就結構疲勞強度分析，安全係數高，應無疲勞破壞之虞，未來可針對衝擊平台之平坦度，亦即平台之性能特性與疲勞強度進行綜合之交互影響探討，將有助於平台輕量化之結構設計。

5. 致謝

本文感謝金頓科技股份有限公司產學交流合作，使本計畫得以順利進行，特此致上感謝之意。

6. 參考文獻

- [1] 林壯昶，1998，「環境條件與環境試驗之國際標準」，工業財產權與標準，第95~100頁。
- [2] 許凱超、廖建義，2002，「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。

- [3] 楊長江, 廖建義, 2001, 「以使用者的品質觀點談振動測試」, *電子檢測與品管季刊*, 第四十五期, 第58~59頁。
- [4] Lucas, L. D., Garner, R., and Birdsong, B., 2004, "Helicopter Missile Launcher Dynamics Prediction with Model Updating and Correlation" *Proceeding of the 22th International Modal Analysis Conference*, Dearborn, Michigan, Paper No.s14p01。
- [5] 林明儀, 2002, 「電子連接器與線纜組測試分析概要」, *電子檢測與品管季刊*, 第 49 期, 第 39~41 頁。
- [6] JEDEC Solid State Technology Association, JESD22-B110: Subassembly Mechanical Shock.
- [7] 楊秉豐, 賴逸少, 葉祖麟, 蔡靜宜, 2005, 「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 5813~5819 頁
- [8] MIL-STD-833E, 1996, Test Method Standard Microcircuits, US Department of Defense.
- [9] Low, K. H., Yang, A., Hoon, K. H., Zhang, X., Lim, J. K. T., and Lim, K. L., 2001, "Initial study on the Drop-Impact Behavior of Mini Hi-Fi Audio Products," *Advances in Engineering Software*, Vol. 32, pp. 683-693.
- [10] 王栢村, 陳克強, 李昆達, 2005, 「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*, 中壢, 論文編號:C3-003。
- [11] 王栢村, 陳克強, 李昆達, 2006, 「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。
- [12] 王栢村, 李沛緯, 李昆達, 2008, 「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。
- [13] 王栢村, 李沛緯, 李昆達, 2008, 「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。
- [14] 王栢村, 陳克強, 李昆達, 2006, 「滑動平台之衝擊分析與實驗驗證」, *中國機械工程學會第二十三屆全國學術研討會論文集*, 台南, 論文編號:C3-029。
- [15] 王栢村, 胡惠文, 黃宗淇, 李昆達, 2006, 「衝擊試驗後緣鋸齒波之撞擊模擬分析」, *中華民國第三十屆全國力學會議*, 彰化, 論文編號:H2-2。
- [16] 王栢村, 黃宗淇, 李昆達, 2007, 「衝擊試驗機半正弦波產生器設計之預測與驗證」, *第十屆全國機構與機器設計學術研討會*, 台中, 論文編號:F02。
- [17] 王栢村, 黃宗淇, 李昆達, 2007, 「應用撓性簡化衝擊平台模型於半正弦波產生器之設計分析」, *中國機械工程學會第二十四屆全國學術研討會論文集*, 桃園, 論文編號:B11-0021。

Evaluation for the Mass Effect of DUT on Shock Testing

Bor-Tsuen Wang¹, Yu-Ling Chen², David Lee³

¹Professor

²Graduate student

^{1,2}Department of Mechanical Engineering
National Pingtung University of Science and
Technology

³Director, King Design Company

ABSTRACT

The shock test is one of product testing methods. The device under test (DUT) is usually fixed on the shock table to perform the shock impact testing by free-fall. This work aims to discuss the effect of DUT mass on the shock table and the half-sine wave programmers (pads) for shock testing machines. The finite element analysis (FEA) software is used to carry out the shock impact simulation for the shock table with the attached DUT. First, the FE model consisting of the shock table, DUT, half-sine wave programmer and base plate is constructed. The automatic face-to-face contact model is assumed to simulate the free-fall impact due to gravity loadings. The acceleration and stress wave responses for the shock table with different mass effects of DUT are presented. The Goodman diagram is also adopted to evaluate the structural fatigue strength. This work develops the impact simulation technique, especially, for the shock table with the attached DUT on the top and the programmer at the bottom. Future work will conduct shock test experiments to verify the simulation results. The analysis methodology will be beneficial to the design of shock table and the selection of half-sine wave programmers.

Keywords: shock test, shock table, device under test (DUT), finite element analysis (FEA), half-sine wave programmer, fatigue strength