

以電磁衝擊器激發衝擊平台之特性探討

王栢村¹、湯昀哲¹、李昆達²

¹ 國立屏東科學大學機械工程學系

² 金頓科技股份有限公司研發處

Email: wangbt@mail.npust.edu.tw

國科會計畫編號 NSC-100-2622-E-020-001-CC3

摘要

新型式電磁式衝擊鎚(ED Hammer)的特點為能夠創造單一衝擊或是連續的衝擊力,新型斜角衝擊平台即為搭載4組ED Hammer於平台底部的衝擊平台,平台主要由多層不同結構組合而成的特殊平台,目的為均勻傳遞衝擊力至平台表面。本文運用實驗模態分析於斜角衝擊平台得到其模態參數,以了解結構特性,並進行衝擊響應量測,以了解此平台結構是否能有效均勻的傳遞衝擊力至平台表面,藉由加速度時間域振幅及頻譜響應,探討平台之受衝擊之特性。結果顯示受衝擊之平台響應與平板之 $(r, \theta) = (1, 0)$ 模態相關。此新型式衝擊試驗平台可控制ED Hammer不同輸入大小,並可進行單一或連續衝擊,對衝擊試驗機是一項突破性的設計。

關鍵字： 電磁式衝擊鎚、斜角衝擊平台、實驗模態分析、模態參數

1. 前言

科技已越來越先進,凡事講求精緻與精密,相對的越精密物品越容易受外在環境影響,如:氣候、溫度、振動等,因此無論是實際產品或包裝後的產品皆需進行環境應力篩選,包含:溫度試驗、衝擊試驗、落下試驗等。衝擊試驗屬於破壞性實驗的一種,有助於瞭解產品的結構強度及外觀抗衝擊、抗摔、防止跌落等結構材料之特性,例如自由落體落下的突波環境或是外力突然的撞擊,另實施產品破壞性試驗,更能有效預估產品的極限強度及生產品質的一致性,當瞭解試件遭受衝擊時機械結構脆弱點及特性後,修正支撐結構及分析材料特性,並藉由實驗數據分析以產品承受衝擊環境之強度,有效預防產品損壞發生。

林[1]指出隨著產品的推陳出新,使用者對產品品質的要求也逐漸升高,因此在產品量產前,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。MIL-STD-883E[3]衝擊規範說明衝擊試驗設備需要能

提供 500~3000g 的加速度,衝擊波形為半正弦波波形,衝擊時間須介於 0.1~1ms 間,允許誤差需在規範中的 20% 以內,且需承受正負軸向,每個軸向 5 次之衝擊。

胡等人[4]運用有限元素分析軟體(CAE)技術模擬 SAVRIN 前懸吊結構動態分析,運用 RecurDyn 電腦輔助工程分析軟體,模擬車子於各種不同路面狀況下之運動,利用對應之方程式得到懸吊各零組件接點之力。Lucas 等人[5]應用有限元素分析(Finite Element Analysis, FEA)與實驗模態分析(Experimental Modal Analysis, EMA),分別探討直升機機翼與飛彈發射器固定基座之模型驗證,並利用所求之等效模型進行飛彈發射時對直升機機翼的暫態影響。Pavic 等人[6]應用實驗模態分析於雙層樓之辦公大樓,以有限元素探討振動傳遞。並實際進行建築物量測,由於建築物幾何複雜,而且材料參數眾多,因此有限元素模型起初並不非常符合實體建築物,經由修改後才得到等效於實際結構之理論模型。由此可見在衝擊振動試驗機之開發過程,也會經歷理論模型的修整,藉由修改得到符合實際結構之理論模型。陳等人[7]運用了模型驗證技術求得風扇外殼之等效有限元素模型,並利用此模型進行幾何變更,提高了風扇的自然頻率,使得外殼能避開共振頻率。在未來衝擊振動設備之開發,最終目的便是以求得等效性理論模型,使得產品改良時有更好的工具,並且能減低開發成本。

王等人[8]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,求得可代表實際結構的等效分析模型。Wang 等人 [9]主要應用 FEA 及 EMA 進行自由及固定兩種不同邊界下平台之模型驗證,進而探討理論及實驗的平坦度分析驗證,Wang 等人[10]探討對 750 型垂直輔助平台,進行幾何模型設計變更,對新設計的平台應用有限元素分析與實驗模態分析,得到新設計平台之模態參數與頻率響應函數,並進行平坦度預測分析,再與原始設計平台進行比對,了解兩者的差異性。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更新等效分析模型。王等人[12]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[13]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。

本文主要運用實驗模態分析對斜角衝擊平台進行實驗量測，得到斜角衝擊平台的模態參數，可作為未來進行有限元素分析之模型驗證時參考依據；並針對斜角衝擊平台進行實際做動的響應量測，探討衝擊響應特性，並由時間域加速度量測數據還原平台的響應狀況，探討平台的平坦度。

2. 斜角衝擊平台實驗模態分析

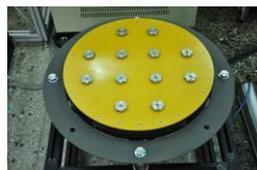
斜角衝擊平台為新型式的衝擊試驗機，圖一為斜角衝擊平台實體照片，主要原理為運用 4 組新型式 ED Hammer 作為衝擊器，由於 ED Hammer 為斜角型式所以當運用 4 組 ED Hammer 在測試平台上會造成平台垂直衝擊以及旋轉運動。斜角衝擊平台的特點為衝擊速度快，當待測物需要反覆進行衝擊試驗時，將會有效節省很多測試時間。

斜角衝擊平台為了能使得 ED Hammer 的衝擊能均勻傳遞至平台表面，因此平台的設計以特殊的型式組合，圖二為斜角衝擊平台實體圖，此特殊構造主要為讓 4 組 ED Hammer 能有效均勻傳遞衝擊力至測試平台表面。

應用實驗模態分析技術對斜角衝擊平台進行量測，得到斜角衝擊平台的模態參數，以了解斜角衝擊平台結構的自然頻率與模態振型。由於斜角衝擊平台的主要用途為衝擊試驗，所以本文將只針對斜角衝擊平台的待測物放置區表面進行探討。

2.1 實驗模態分析說明

因只對斜角衝擊平台待測物放置區表面有興趣，所以本實驗只規劃待測物放置區表面，圖三為斜角衝擊平台實驗量測點示意圖，量測點主要以圓形為考量，由中心點到測試平台外緣共分了4個同心圓，每一個圓上都規劃了12點，因此加上圓心一點共有49個量測點。量測頻寬為0至10000Hz，量測平均數3次，時間域點數8192點，由於測試平台屬於簡單結構，所以在本實驗中將採用移動衝擊錘，固定加速度計的方式進行量測，加速度計固定於15點上，量測次數3次平均，使用Exponential.01視窗，可求得物理意義為外力輸入與加速度輸出之頻率響應函數(Frequency Response Function, FRF)，稱accelerance，單位為g/N。



(a) 斜角衝擊平台上視圖

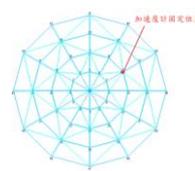


(b) 斜角衝擊平台側視

圖一 斜角衝擊平台實體照片



圖二 斜角衝擊平台實體圖



圖三 斜角衝擊平台量測點示意圖

2.2 實驗模態分析結果與討論

由實驗所量測到之 49 筆頻率響應函數匯入模態參數擷取軟體 ME'scopeVES 後，得到圖四(a)斜角衝擊平台頻率響應函數的重疊圖，由頻率響應函數的重疊圖峰值，可以找出結構可能的自然頻率，並可以得到對應的操作變形振型，在後續曲線嵌合中便可以由此可能的自然頻率做為參考。接著進行曲線嵌合的動作，找出平台結構的真正自然頻率。當完成曲線嵌合後便可以得到結構的模態參數即自然頻率、阻尼比及模態振型。接著將曲線嵌合後得到的自然頻率與模態振型與經由頻率響應函數重疊圖找到的可能的自然頻率與操作變形振型比對，了解實驗的可靠度，表一為斜角衝擊平台之操作變形振型與模態振型比較表，表中主要分為由頻率響應函數重疊圖找出的可能自然頻率(表中以 O 作為代號)及對應的操作變形振型，另外經由曲線嵌合後得到的自然頻率(表中以 E 作為代號)及對應的模態振型兩部份。

圖四(b)及圖四(c)為斜角衝擊平台經由曲線嵌合後的 FRF 曲線與原本的同點與不同點的頻率響應函數的重疊圖，圖中可以看出其曲線嵌合後的結果與原本的頻率響應函數相當的吻合。而且從表一斜角衝擊平台之操作變形振型與模態振型比較表中可以看出，其操作變形振型與曲線嵌合後所得到的模態振型皆非常的相似，這也代表本實驗有一定的可靠性。未來若建立斜角衝擊平台之有限元素模型，將可以比對本次實驗模態分析所得到之斜角衝擊器之模態參數以確認等效分析模型。

表一斜角衝擊平台之操作變形振型與模態振型比較表中可以看出，斜角衝擊平台的模態振型主要分為測試平台的模態與基座的模態，雖然測試平台內部為一個特殊結構，但所得到的模態振型為典型的圓盤結構模態，其中 E-05 為圓盤的(1,0)模態，E-07 則為圓盤的(1,1)，其它模態則出現在基座位置，E-1、E-2、E-8、E-14 的模態中可看出只有在斜角衝擊平台基座的模態。此現象是因為量測規劃點最外圈為斜角衝擊

平台基座與彈簧固定座中間的結構，與斜角衝擊器的平台結構並不相同，因此會造成這些模態的產生。

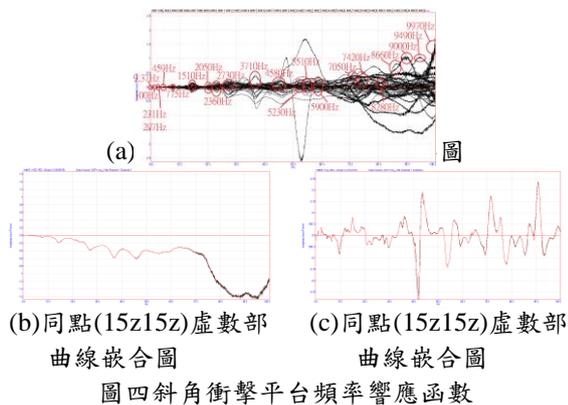
3. 斜角衝擊平台響應量測

由於斜角衝擊平台主要用途為裝載待測物進行衝擊試驗，應用衝擊試驗提早暴露待測物的瑕疵。量測斜角衝擊平台上的衝擊響應，了解斜角衝擊平台特殊結構之衝擊力傳遞均勻度，找出平台的平坦度為響應量測實驗的重點。

3.1 斜角衝擊平台響應量測流程說明

在斜角衝擊平台的響應量測中，要探討的為平台的表面，而且為了探討平台上各點的差異性，因此在響應量測規劃點上，將與斜角衝擊平台的實驗模態分析之量測點位置一樣。

為了減低 A/D 訊號轉換的解析度不足，所以在頻譜分析儀的 channel range 設定上要需特別注意。首先將 Siglab 軟體感測器靈敏度設定為 unit off，在沒有靈敏度的單位轉換下，頻譜分析儀所量測到的為電壓值，以斜角衝擊器 level 3 實際衝擊，找出最適當的 channel range。再將各感測器的靈敏度單位轉換設定打開，進行實驗量測。觀察量測結果之時間域資料，放大檢視解析度是否良好，是否有 A/D 的現象，如果沒有則繼續進行量測，如果有訊號轉換不良則調整 channel range 電壓值，本實驗所使用之 channel range 範圍依照不同 Level 設定在 0.078mV 至 0.625mV 的區間，其量測加速度則為 channel range volt 乘上加速度計靈敏度值，本次 Ch1 的加速度計靈敏度為 0.9962mV/g，因此本實驗的加速度量測為 77.7g 至 622.6g 的範圍內。



(a) 實際量測點照片 (b) 量測點示意圖

圖五斜角衝擊平台響應量測實際量測點照片示意圖

一般在平坦度實驗以平台最大反應點做為參考點，目的為確保最佳量測之訊噪比(Signal to Noise

Ratio)。本次實驗根據斜角衝擊平台實驗模態分析之模態振型結果，找出斜角衝擊平台結構在圓心有比較明顯的模態位移響應，因此選擇以 1 號點即圓心做為參考點。在頻譜分析儀中設定以 Ch1 做為 Reference sensor，並以此點做為 trigger channel，trigger volt 設定為 channel volt range 的 9%，因此在不同 Level 狀況下 trigger volt range 為 0.007mV 至 0.056mV 之間，加速度則為 7.0g 至 55.8g 的範圍。trigger type 則設定為 every frame，為了量測到衝擊時的整段衝擊響應，要能夠量到衝擊之前的響應，因此在頻譜分析儀設定 Delay Time 為 -0.08 秒。在頻譜分析儀中以 Ch2、Ch3、Ch4 作為 Roving sensor。並根據號碼依序量測。規劃點有 49 點，因此總共分為 17 次獲得所有在斜角衝擊平台平面量測點的響應。圖五為斜角衝擊平台響應量測實際量測點示意圖，在頻譜分析儀的設定中，量測頻寬設定為 0-5000Hz，時間域點數為 8192 點，加權視窗為 Hanning window。

3.2 斜角衝擊平台響應量測結果與討論

由前節之響應量測結果，可以得到斜角衝擊平台上不同 Level 的 49 點時間域資料，將時間域資料經由傅立葉轉換可以得到時頻圖與自身功率頻譜密度函數，圖六為斜角衝擊平台的第 1 點量測位置，即中心點受 Level 3 衝擊的響應時頻圖與自身功率頻譜密度函數圖，由時頻圖中可以看出在約在 700Hz 的頻率中有明顯的響應延續，造成頻率響應的原因可能為 ED Hammer 衝擊時所激發出的斜角衝擊平台的自然頻率所引發的共振現象，比對表一斜角衝擊器之操作變形振型與模態振型比較表可以發現，在 776.85Hz 有相對應的自然頻率，此模態為斜角衝擊平台的圓盤(1,0)模態。在自身功率頻譜密度函數中也可以發現在 2000Hz 之前的峰值頻率也與斜角衝擊平台的自然頻率有所對應，在 740Hz 與 1470Hz 的峰值相當的明顯，比對表一斜角衝擊平台之操作變形振型與模態振型比較表可以發現，這兩個頻率所對應模態為斜角衝擊平台的 E-05 與 E-07 模態，這兩個模態分別為測試平台的(1,0)與(1,1)模態，由於 1 號量測點為中心點，因此在測試平台的模態會有比較明顯峰值響應，在基座的模態則比較不為明顯。

根據美國軍方規範 MIL-STD-883E [5]衝擊規範顯示，衝擊試驗依照不同試驗方法共分為 7 種等級，依規範所要求衝擊試驗的設備需要有能力提供 500~30000g 的半正弦波波形，衝擊時間則必須介於 0.12ms~1ms 間，圖七為 MIL-STD-883E 半正弦波衝擊波形示意圖，且允許誤差必需在規範中的 20% 以內，且需承受正負軸向，每軸向 5 次之衝擊。

圖八為為斜角衝擊平台中心點不同 Level 時間域振幅圖，可以由圖八(a) 受 Level 1 衝擊時的時間域振幅圖，可以看出其衝擊波型接近於半正弦波，衝擊時間 1.87ms，加速度 11.1g，有效衝擊波形為 4 個，在每個振幅的時間週期大約為 1.48ms，頻率為週期倒數，所以由 1/1.48ms 推算出頻率為 675Hz，此頻率接

近斜角衝擊平台的第4與第5模態之間。由於第四模態屬於斜角衝擊平台基座模態，因此不加以討論，比對表一斜角衝擊平台之操作變形振型與模態振型比較表可以看出，此頻率接近斜角衝擊平台的第5個自然頻率，此頻率為斜角衝擊平台的(1,1)模態。

由圖八(b)為受 Level 3 衝擊時圓心點時間域振幅圖可以看出，衝擊波型接近半正弦波，衝擊時間為1.44ms，加速度為41.2g，有效衝擊波形為5個，每個振幅峰值間的時間週期約為1.38ms，所以推算出頻率為724.6 Hz，此頻率接近斜角衝擊平台的第5模態即測試平台中央的圓盤(1,1)模態。

由圖八(c)為受 Level 5 衝擊時圓心點時間域振幅圖顯示衝擊波型也是為接近半正弦波，衝擊時間為1.25ms，加速度為值66.4g，有效衝擊波形為5個，振幅峰值區間為1.39ms推算出的頻率為722.0Hz，所以在 Level 5 的時間域振幅圖中一樣與 Level 1、Level 3 其都接近於斜角衝擊平台第5模態，即測試平台中央的(1,0)模態。

由圖八不同 Level 時間振幅圖，所得到在不同 Level 衝擊狀態下，其時間域振幅峰值時間週期所推算出的頻率都接近斜角衝擊平台的第5模態，搭配圖九的振幅響應動畫可以看出，斜角衝擊平台在此瞬間的運動狀態與第5模態的模態振型相同。

在不同 Level 的衝擊力輸出下，在測試平台上所得到的衝擊波形接近於半正弦波波型，而且其在衝擊波形的衝擊時間接近非常美國軍方規範 MIL-STD-883E[5]衝擊規範，但是在加速度值尚未達到規範標準。而在 ED Hammer 衝擊測試平台的所激發出測試平台的自然頻率剛好位於測試平台的圓盤(1,0)模態，也因此可以運用激發頻率接近於結構的自然頻率所引起的共振現象，達到平台中央區域能有較大的衝擊力響應。

圖九為不同 Level 的時間域動畫圖，由圖中可以看出在不同 Level 的衝擊輸出下斜角衝擊平台的平坦度良好，由測試平台上量測點所量測到的振幅一致。圖九 (a)為 Level 1 的時間域動畫圖，可以看出測試平台在衝擊開始時是測試平台的外圈先有響應，接著才是內圈的響應，推測原因為 ED Hammer 是固定於斜角衝擊平台的外圈上，因此當衝擊輸出時最先接觸的地方為外圈部分，接著才會將響應傳遞至中心。圖九 (b)為 Level 3 的時間域動畫圖，由圖中可以看出測試平台由外圈響應傳遞至內圈的情形減低。圖九 (c) 為 Level 5 的時間域動畫圖，由圖中可以看出衝擊響應為整個測試平台連動的狀態，由此現象可以說明斜角衝擊平台的平坦度良好，因此可以證明測試平台的特殊結構能有效均勻傳遞 ED Hammer 的衝擊力至測試平台上。

4. 結論

對斜角衝擊平台進行實驗模態分析與響應量測的結果，有以下幾點結論：

1. 實驗模態分析所得到的操作變形振型 (operational deflection shape, ODS)與經過曲線嵌合後的模態振型比對結果，本次實驗結果有相當高的可靠度，其模態振型可以分為測試平台的模態振型與基座的模態振型兩種。測試平台的第5模態與第7模態分別屬於圓盤結構的(1,0)與(1,1)模態。
2. 斜角衝擊平台響應量測所得之時間域資料圓盤結構的(1,0)模態經由傅立葉轉換得到之時頻圖與自身功率頻譜密度函數的結果顯示，時頻圖的響應延續與自身功率頻譜密度函數的峰值皆與圓盤結構的(1,0)模態之自然頻率相對應。
3. 由斜角衝擊平台響應時間域振幅圖中，可以看出斜角衝擊平台的衝擊波形接近半正弦波，衝擊時間非常接近衝擊試驗設備的規範，但是衝擊力尚未達到衝擊試驗設備的規範，因此尚有待修正。而衝擊的有效波形約為5個，比起現行衝擊試驗設備對於環境應力測試機而言來得更為嚴苛。
4. 由平台響應之時間域振幅圖中的峰值週期所對應之頻率，可推算出 ED Hammer 的衝擊正好會激發出斜角衝擊平台的第5個圓盤(1,0)模態，因此激發頻率接近共振頻率會產生共振現象，所以此平台依據此共振理論之設計。
5. 由斜角衝擊測試平台的 Level 1 衝擊之時間域動畫顯示，在衝擊時會以測試平台的外圈先有響應，接著是測試平台中央的響應。原因推測為 ED Hammer 固定於測試平台的外圈，因此在衝擊時，測試平台的外圈會比內圈響應來得快出現。在 Level 3 的時間域動畫此現象則減低，在 Level 5 衝擊力時，其時間域動畫則可看出測試平台的內圈與外圈的衝擊響應接近於同步。

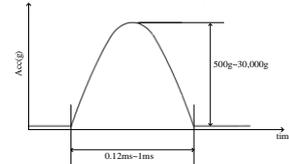
5. 誌謝

本論文為國科會編號 NSC-100-2622-E-020-001-CC3 之計畫，由於國科會的支持，使本計畫得以順利進行，特此致上感謝之意。

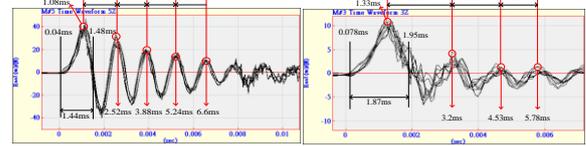
6. 參考文獻

1. 林壯昶，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，1998。
2. 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。
3. MIL-STD-833E, "Test Method Standard Microcircuits," US Department of Defense, 1996.

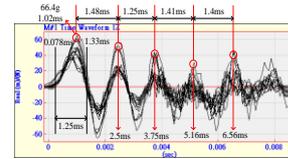
4. 胡惠文, 陳坤義, 張書源, 王曜呈, 劉進展, SAVRIN前懸吊系統之動態模擬與分析, 中華民國力學學會第三十一屆全國力學會議, 論文編號: K10, 高雄, 台灣, 2007。
5. Lucas, L. D., Garner, R., and Birdsong, B., "Helicopter Launcher Dynamics Prediction with Model Updating and Correlation," Proceeding of the 22th International Modal Analysis Conference, Paper No. s14 p01, 2004。
6. Pavic, A., Widjaja, T., and Reynolds, P., "The Use of Modal Testing and FE model Updating to Investigate Vibration Transmission Between Two Nominally Identical Building Floors," International Conference on Structure Dynamics Modeling – Test, Analysis, Correlation and Validation, Nadeira Island, pp. 347-355, 2002。
7. 陳永樹, 張楯成, 王慶順, 風扇外殼結構動態分析與設計, 中華民國第二十六屆全國力學會議, 論文編號: D030, 虎尾, 台灣, 2002。
8. 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, 論文編號: C3-003, 中壢, 台灣, 2005。
9. Wang, B. T., Zhuang, F. R., and Lee, D., "Development of Design Process for Auxiliary Table of Vibration Testing Machine," The 15th Conference on Sound and Vibration, No. A-11, 2007.
10. Wang, B. T., Huang, Y. X., and Lee, D., "Different Design of Vertical Auxiliary Tables and Flatness Evaluation," The 15th International Congress on Sound and Vibration, Daejeon, No. T0606, 2008.
11. 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年北京科技大學一屏東科技大學學術研討會論文集, 論文編號: M-E004, 北京, 2006。
12. 王栢村, 胡惠文, 黃宗淇, 李昆達, 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, 論文編號: H2-2, 彰化, 台灣, 2006。
13. 王栢村, 陳克強, 李昆達, 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, 論文編號: C3-029, 台南, 2006。



圖七 MIL-STD-883E 半正弦波衝擊波形示意圖

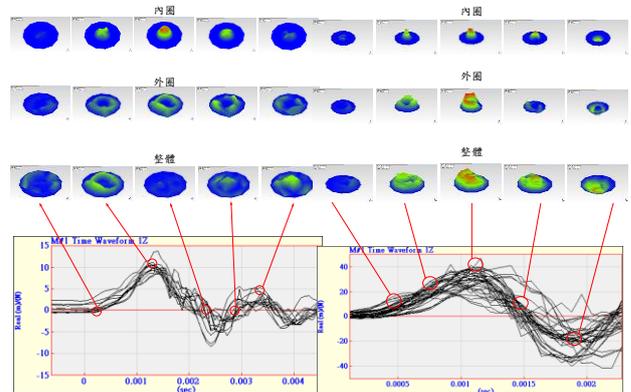


(a) Level 1 時間振幅圖 (b) Level 3 時間振幅圖

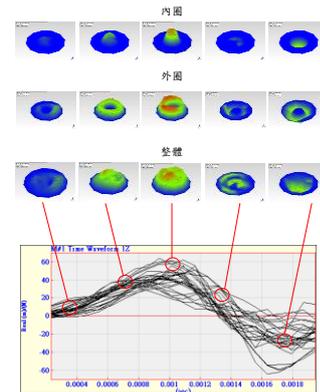


(c) Level 5 時間振幅圖

圖八不同Level時間振幅圖

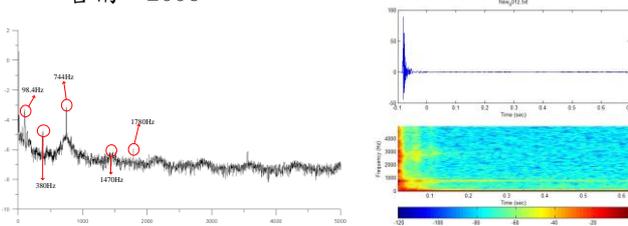


(a) Level 1 時間域動畫圖 (b) Level 3 時間域動畫圖



(c) Level 5 的時間域動畫圖

圖九 不同Level的時間域動畫



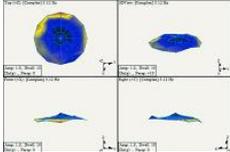
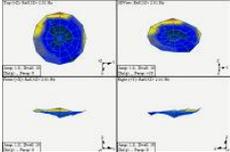
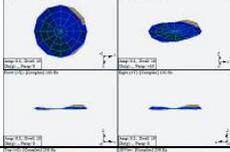
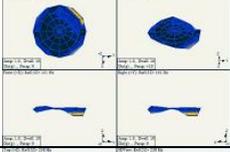
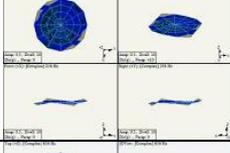
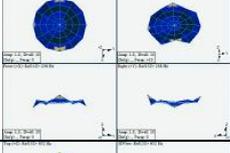
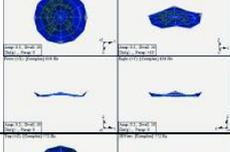
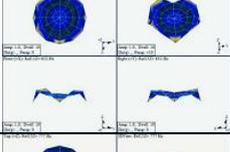
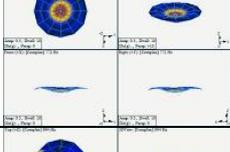
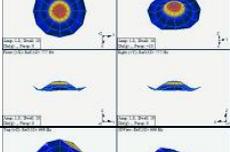
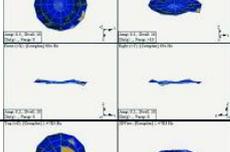
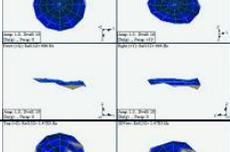
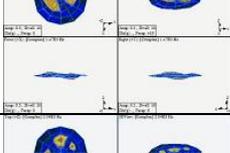
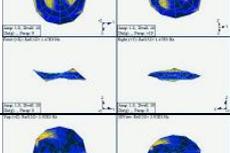
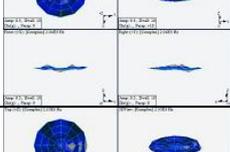
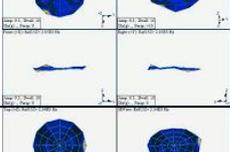
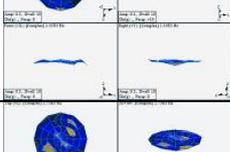
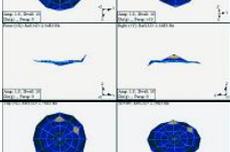
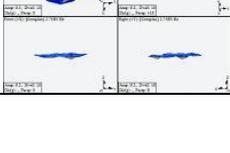
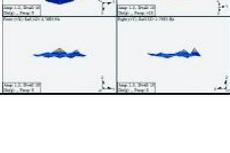
(a) Level 3 響應時頻圖

(b) Level 3 自身功率頻譜

密度函數

圖六 Level 3 響應時頻圖與自身功率頻譜密度函數

表一斜角衝擊平台之操作變形振型與模態振型比較表

ODS 模態 /自然頻率 (Hz)	操作變形 振型	模態數 /自然頻率 (Hz)	模態振型	阻尼比 (%)	物理意義
O-01 /3.12		E-01 /2.01		44.8	剛體模態
O-02 /100		E-02 /100.9		5.0	基座 (1,2)
O-03 /238		E-03 /237.5		5.3	基座 (1,3)
O-04 /656		E-04 /652.2		3.5	基座 (1,3)
O-05 /772		E-05 /776.9		3.1	平台 (1,0)
O-06 /994		E-06 /996.0		3.0	
O-07 /1470		E-07 /1467.0		3.4	平台 (1,1)
O-08 /2040		E-08 /2049.5		3.0	
O-09 /2350		E-09 /2339.2		2.8	
O-10 /2750		E-10 /2760.8		3.9	

Characteristic Study of Shock Table Activated by ED Hammers

Bor-Tsuen Wang¹, Yun-Je Tang¹, David Lee²

¹ Department of Mechanical Engineering
National Pingtung University of Science and
Technology

² King-Design Company

Email: wangbt@mail.npust.edu.tw

Abstract

The new type of electrical-magnetic driven (ED) hammer can generate single impact or consecutive multiple impacts. The shock table is a circular multi-layer plate structure with four ED hammers attached at the bottom surface of plate. The shock table is designed to transmit impact energy from the ED hammers to the test surface on the top of the plate uniformly and adequately. This work applies experimental modal analysis (EMA) to obtain the modal parameters of the shock table with the ED hammers effect and calibrate the structural characteristics. The shock responses over the shock table surface due to the impact driven by the ED hammers are also measured. The acceleration responses in time domain as well as frequency spectrum are studied. Results show the shock table response due to impact is related to the plate modal effect, especially from mode $(r, \theta) = (1, 0)$, i.e. volumetric mode. The new type of shock test platform that can be easily controlled for different levels of input to ED hammers as well as for either single or continuous impacts is very potential for the new era of shock test machine.

Keywords: ED hammer, shock table, experimental modal analysis (EMA), modal characteristics