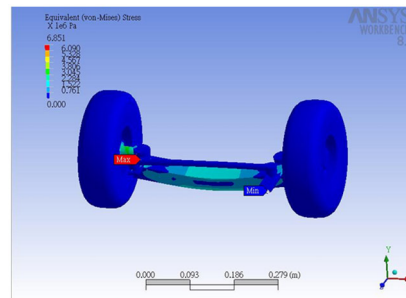


37. CAE工具與量測軟硬體運用於產業機械的設計與測試

黃運琳 教授
國立虎尾科技大學 機械設計工程系

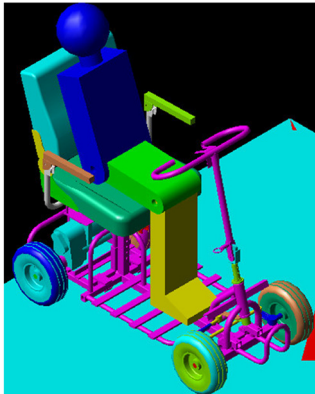
1. 電動車輛之能源應用，雖然需由發電廠、傳輸配電與充電等轉換步驟，但由於電氣馬達的運轉效率比較內燃機高，使得電動車輛之總合能源應用效率較使用內燃機之車輛高約70%，就節約能源之觀點，電動車輛為一相當有效的載具。隨著老齡化社會的來臨，電動代步車的需求亦日益增加。台灣電動代步車的出口量已突破20萬輛，為全世界電動代步車生產大國。電動代步車之轉向機構、傳動機構與承載結構動剛性設計的好壞對於電動代步車的運動與轉向效率以及載重能力有著非常大的影響，雖然國內電動代步車與電動輪椅之轉向機構與傳動機構的設計與製造已有一定的水準，但對如何改善轉向機構、傳動機構與承載結構動態剛性設計、測試與分析並無一套有系統的方法。本研究主要針對電動代步車之轉向機構、傳動機構與承載結構動態剛性作為分析對象，提出改善測試電動代步車整個結構動態行為的步驟與方法。如何快速而有效驗證產品的價值，將是虛擬模型最有價值的所在。由於影響電動代步車運作良劣的變數很多，因此利用CAE運算模型來從事分析參數設計以及振動模態實驗分析有利於找出最佳化參數設計，可以作為電腦建模、分析、模擬、實驗及產品開發的參考，如此一來可謂事半功倍，具有互補的功能效益。



以ANSYS Workbench來分析車軸應力分佈圖



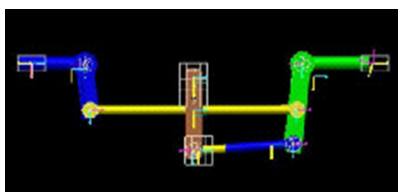
以CAE軟體RecurDyn進行路面疲勞衝擊測試



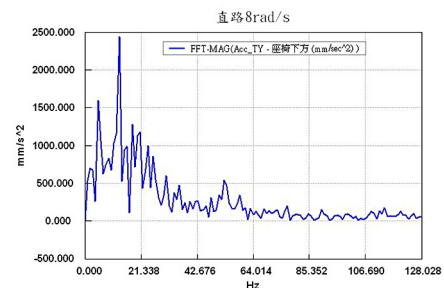
電動代步車以CAE軟體RecurDyn進行多體動力學分析模擬



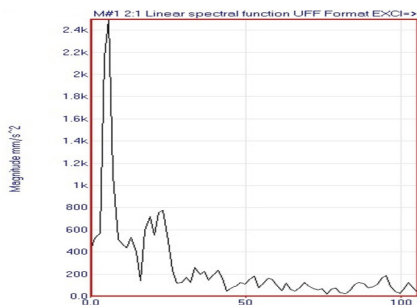
在工廠疲勞測試機上進行實際動態測試



電動代步車之平行四邊形轉向機構CAE分析

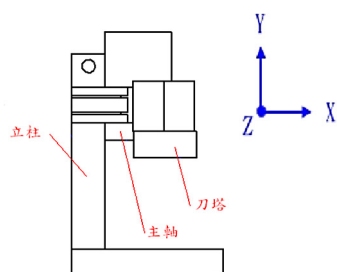


以CAE軟體RecurDyn進行多體動力學分析模擬結果

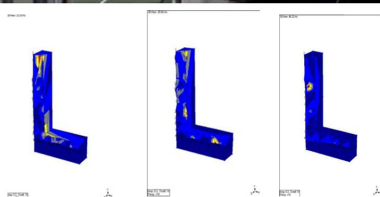
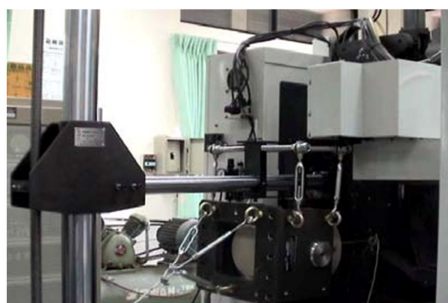


在工廠疲勞測試機台上從事實際動態測試結果

2. 結構振動分析一般有兩種方法。第一種是數值分析法，其中最常用的為有限元素分析法。第二種是頻譜儀器量測分析法。數值分析法現今大都利用電腦程式來模擬，如ANSYS、ABAQUS 與 NASTRAN等商業化CAE應用軟體；但是在對於較複雜的結構或是介面（如螺絲、滑塊、轉動軸等）較多的結構時，數值分析法就會失去其準確度，這就是電腦模擬還是無法完全取代頻譜儀器量測法的原因。本研究主要的研究方向首先以ANSYS/ANSYS-WorkBench對立式CNC工具機結構產品進行振動模態分析。然後使用頻譜分析儀、其振動量測軟體及三軸加速度規等來量取以中型激振器(30kgf-Shaker)實際在工具機立柱上激振所產生的振動信號，再利用振動噪音結構模態分析軟體ME' scopeVES從事立式CNC工具機結構模態分析，同樣分析出前六個模態及其對應的頻率以瞭解其相關振動的現象，並與ANSYS得到的結果從事比較驗證以便瞭解立式CNC工具機之結構動態剛性與一些設計參數。



立式CNC工具機之組合構件示意圖

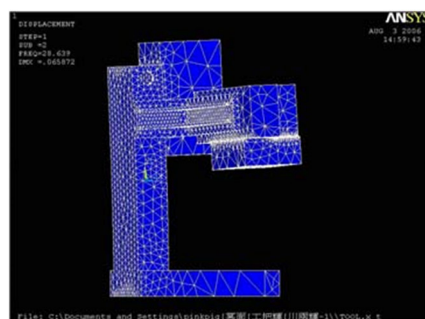


立式CNC工具機與激振量測儀器
模態一至模態三之振型圖（實驗值）

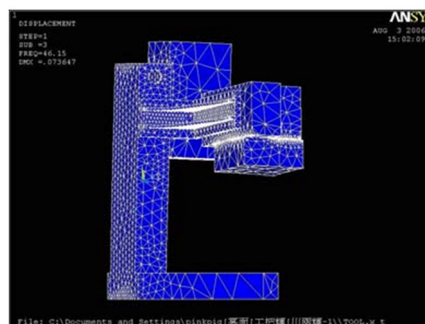
本研究也以ANSYS有限元素數值分析軟體來模擬立式CNC工具機之立柱結構的前六個模態振型，並將ANSYS有限元素數值分析軟體解析出來的自然振動頻率和振動模態實驗所作出的實驗值從事比較驗證。



模態一之振型圖（數值分析值）



模態二之振型圖（數值分析值）



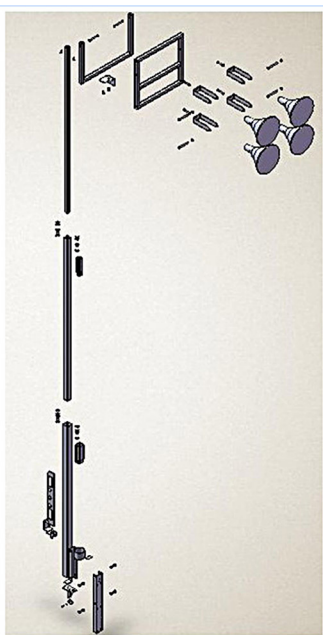
模態三之振型圖（數值分析值）

模態	實驗值(Hz)	ANSYS(Hz)	實驗值與ANSYS的誤差(%)
1	23.25	24.620	-5.5646
2	28.64	28.639	0.0035
3	46.22	46.150	0.1517
4	62.69	62.955	-0.4209
5	90.28	91.096	-0.8958
6	111.7	111.96	-0.2322

實驗值及 ANSYS 分析值的比較

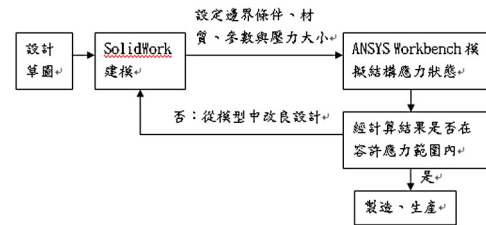
本研究主要的研究目的乃是首先以ANSYS軟體對立式CNC工具機之結構進行振動模態分析，本研究團隊假設所有結構皆為連續結構。然後使用頻譜分析儀及其相關軟體量取激振器實際在工具機之結構上隨機激振所產生的振動信號，再利用模態分析軟體作模態分析，對實驗值與ANSYS理論值之頻率響應函數、自然頻率之驗證、以及模態保證指標之數值做為比較，更可以探討此實驗之正確性。實驗值與ANSYS數值分析值來比較各模態之結果如表所示，此結果誤差都介於正值與負值之間，因此由表可得知此實驗是為相當正確。

3.車載式探照燈應用，使用於軍方夜間行動照明的工具，可探照高度約可伸長為8.26公尺，可將其縮短以便於攜帶，由於對流層中有不一定風速，這都會造成探照燈本身結構的改變，為了不讓結構發生塑性變形，在生產、製造之前，將主要結構以電腦輔助製造CAE軟體ANSYS技術分析，協助設計工作，提供正確評估，縮短工程前置時間。使用有限元素軟體，在建構正確的模型後，可任意合理的改變系統參數、幾何尺寸、邊界條件，並且可以迅速的得到合理且準確的結果。較之理論分析法受限於模型的複雜程度，或實驗法受限於實驗設備的複雜、昂貴及費時，有限元素分析確實具有簡單的實用性。對於複雜模型匯入ANSYS軟體，會因為產生的線條太過複雜，因而停止分析，為了解決其問題，使用ANSYS軟體中的模組ANSYS Workbench可以解決此類的問題。本研究主要以車載式探照燈為分析對象，使用有限元素分析軟體ANSYS，分析探照燈結構應力分佈與最大應力集中處。以電腦輔助繪圖軟體SolidWorks，繪出探照燈整體架構，轉入ANSYS新一代使用者界面ANSYS Workbench軟體，從事快速參數設定，進行受風壓後之應力分析，藉以知道探照燈應力分佈的情形。透過電腦高速計算及模擬分析，找出其結構之設計缺陷，再加以重新設計以利製造與生產，此為業界最急需瞭解的應用部份。

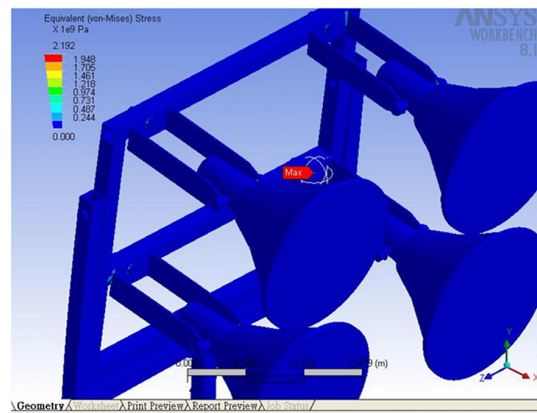


SolidWork繪出車載式探照燈的爆炸圖

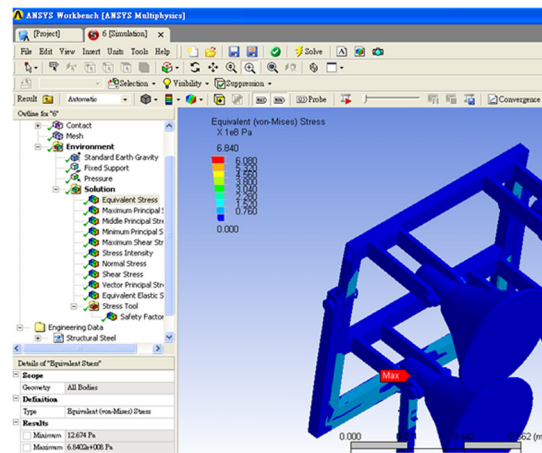
本研究分析出來的探照燈的應力應變圖，所承受的壓力有沒有在破壞的安全範圍內，是否符合設計之規範。用ANSYS與ANSYS Workbench進行探照燈應力分的主要過程為：CAE模型準備→網格劃分→邊界條件→計算及後處理→結果分析。



本研究分析流程圖



最大應力值發生在-X面上接頭



改良設計後-X面上最大應力值

經過設計改良模擬分析後，探照燈整體的最大應力值與最小安全係數都在安全範圍內，因此可以大量生產、製造。

結論

本研究以ANSYS Workbench軟體對探照燈模型進行壓力分析，模型的有限元素建構，包含了幾何尺寸的建立、結構材質的選擇、實體網格化以及邊界條件(如外力輸入、地球引力)和拘束(如固定面)的決定，分析受11級強風壓力後，各零件材料產生的應力應變圖。本研究之應用實例，使用CAE軟體對車載式探照燈受風壓之應力分析，綜合結論如下所示：

1. CAE模型從應力值圖中可發現，探照燈之螺紋和螺帽的應力值大於材料的容許應力值，為整體開始破壞的點，因此可以回到模型設計，選用適當的螺紋和螺帽，將高降伏強度的材料來加強最容易破壞的結構部份，如此一來可解決其問題。
2. 本研究中選用11級風，約為1176Pa，將每一方向的面，都當成有可能破壞的面，因此，比真實受風壓的情形更為耐用，且在未來研究可以選用ANSYS LS-DYNA分析，更可以模擬真實風壓的情形。
3. 以CAE軟體分析，可觀看動畫模擬過程，更能明確知道結構受壓力彎曲的情形。
4. 探照燈依據降伏準則下的規範，本研究團隊很容易可以知道主要結構是否受到降伏而破壞。上述說明有四種的準則法，依實驗的精確度區分，由第四種最為精確，其次為第三種、第二種、第一種，本研究採第一種方法。
5. 經過本研究分析流程，可以在成品製造、生產前，及早發現材料受破壞的情形，才不致於浪費成本與時間，而得到最佳之重新設計與分析的結果。