

AOI 結構的靜態及模態分析

滕敏君^{***,****} 郭怡君^{**} 李書彰^{***} 王文榮^{*}

^{*}崑山科技大學機械工程系 副教授

^{**}崑山科技大學機械研究所 研究生

^{***}崑山科技大學機械與能源工程研究所 博士生

^{****}華南理工大學廣州學院 講師

摘要

追求不斷的創新及開發期的縮短是當代社會中不可避免的挑戰，因此在結構設計上應正視何種結構適於創新，因此鋁擠型及方鋼結構系統的特點便利於創意思考，同時具備極佳的彈性與效率、創新與執行。此研究主要探討本 AOI 計畫之鋁擠型及方鋼結構之特性，應用有限元素分析，探討不同斷面鋁擠型狀及方鋼之結構分析，了解其靜態分析、模態分析，將有限元素分析的結果作為日後開發的主要依據及後續之研究。

關鍵字:有限元素分析、靜態分析、模態分析

壹、前言

此計畫之鋁擠型結構機台遭遇之最大問題為提升結構之剛性，故增加方鋼結構機台之模擬研究與不同斷面之鋁擠型予以比較。放置於結構機台中之元件在檢測運動過程中，可能因為震動而影響其檢測精密度。在機器運轉時之振動頻率接近結構自然頻率時，則會產生共振的效應，使系統不穩定，影響整體AOI檢測之精度。而探討鋁擠型結構之動態及靜態行為理論分析在許多研究文獻中都有相當廣泛的討論與研究[1][2]，而大多以解析模型法或實驗量測法，不但耗時且繁瑣，在商用軟體的日漸普及及電腦之快速成長，以及對於工程上之實際複雜結構，在不易以理論方式求解之情形下，有限元素分析之優點逐漸發揮出來，不僅可大幅降低實際實驗所須的人力及時間，並可縮短產品研發的時程。



貳、研究的方法與目的

首先研究AOI結構機台使用SolidWorks軟體直接建構3D實體模型，結構材料主要以鋁擠型EF4040-8系列及鋁材為架構，另外繪製方鋼結構之機台與其比較，其中鋁擠型EF4040-8系列及方鋼斷面如圖1所示，接著將建好的3D模型匯入有限元素數值分析軟體分析(ANSYS/Workbench)，針對鋁擠型及方鋼結構進行靜態結構分析、共振頻率，模態振型分析。

本研究之鋁擠型依據東野目錄[3]，作為參數之依據。

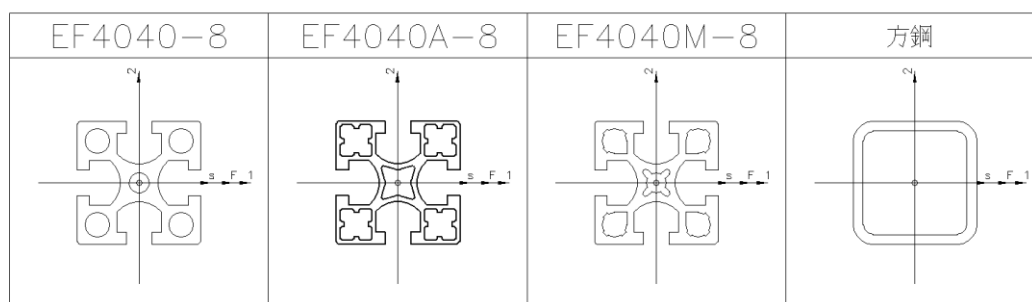


圖 1 鋁擠型及方鋼斷面圖

參、有限元素分析

檢測中的AOI鋁擠型或方鋼結構機台，皆可能因線性馬達來回作動檢測時產生振動和噪音，影響檢測之精度，因此須對AOI結構機台進行靜態結構分析及模態振型分析。

一、模型建立

使用SolidWorks軟體直接建構出實體結構模型，如圖2所示

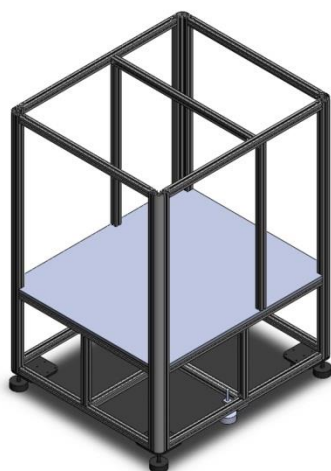


圖 2 AOI 鋁擠型機台結構

二、材料性質設定

一般分析前必須先定義分析類型及網格類型，本研究係以實體網格來進行分析。材質定義為鋁擠型(A6N01S-T5)所構成鋁合金和方鋼所構成框架，而乘載板為(6061-T6)鋁合金，材質設定參考表1所示。

材料種類	A6N01S-T5	方鋼	6061-T6
彈性模數 G (N/m ²)	6.9e10	1.67e11	6.9e10
浦松比 μ	0.33	0.3	0.33
密度 ρ (kg/m ³)	2700	7850	2700

表 1 材質設定

三、有限元素分析步驟與方法

有限元素法是應用在應力元素，而將結構視為由許多的元素在許多不連續的節點所組成的，依照所要求的條件代入不同的函數，再配合其邊界值和初始條件以求出解答[4]。

利用有限元素分析軟體(ANSYS Workbench)程式，經由以下幾個步驟，並進行分析。

1. 前處理:

1.1 幾何(Geometry)圖形：將建好模型匯入ANSYS Workbench，如圖3。

1.2 材料性質：將材料結構性質的資料輸入。

1.3 網格化：網格產生使用自動分格化，網格越細、計算結果誤差愈小，但所需的運算時間則愈長，如圖4。

2. 有限元素分析:

2.1 邊界條件：在分析機台結構前，必須定義結構固定部份，首先設定地心引力與外加力量及固定機台腳架部分，如圖5。

2.2 分析：進行靜態分析、模態分析等參數分析。

3. 後處理:

3.1 分析結果:觀察機台結構應力分佈及位移響應等顯示結果及數據。



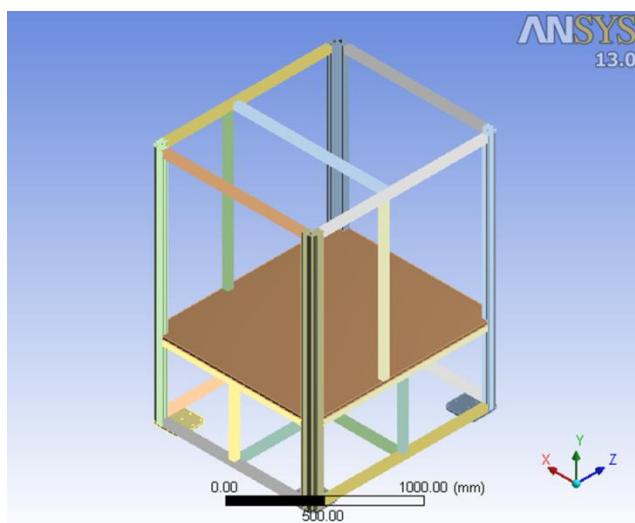


圖 3 AOI 機台結構

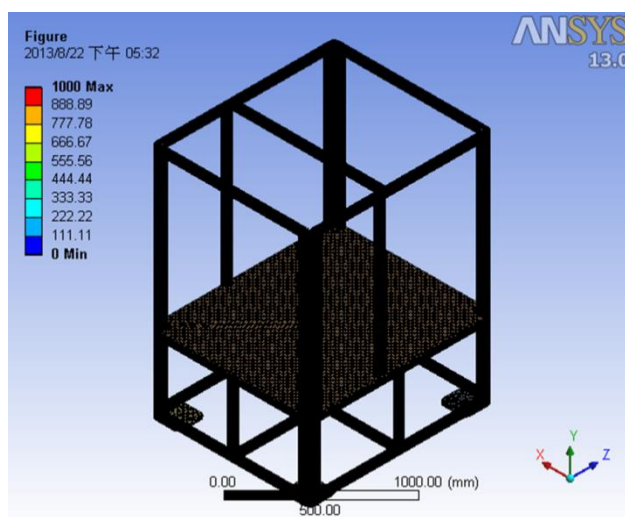


圖 4 網格化

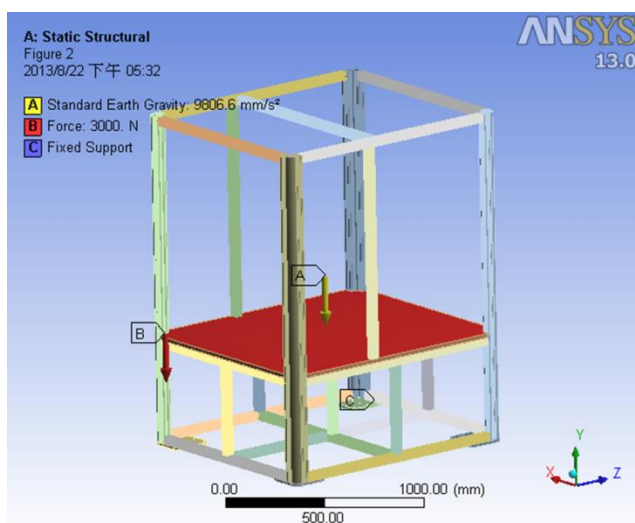


圖 5 加入邊界條件



肆、有限元素分析結果

一、靜態結構分析

靜態結構分析可以計算那些固定不變的慣性載荷對結構的影響(如重力和離心力)，以及那些可以近似為等效靜力作用的隨時間變化載荷(如通常在許多建築規範中所定義的等效靜力風載和地震載荷)在經典力學理論中，物體的動力學統御方程為：

$$[M](\ddot{x})+[C](\dot{x})+[K]\{x\}=\{F(t)\}$$

其中[M]為質量矩陣，[C]為阻尼矩陣，[K]為剛度系數矩陣，{x}為位移向量，{F}為力向量。在線性靜態結構分析中力與時間無關，因此位移{x}可以由下面的矩陣方程解出：

$$[K]\{x\}=\{F\}$$

在線性靜態結構分析中，假設[K]為一常量矩陣且必須是連續的，材料必須滿足線彈性、小變形理論，邊界條件允許包含非線性的邊界條件，{F}為靜態加載到模型上的力，該力不隨時間變化，不包括慣性影響因素(質量、阻尼等)[5]。

本計畫中探討其機台在受作用力時所產生的變形量需小於L/306及其元件強度與預測破壞所得之應力值相比，即所謂安全因素[factor of safety]必須大於2，由ANSYS Workbench分析其EF4040、EF4040A、EF4040M及方鋼所組成之結構機台的靜態變形，如圖6、圖7所示。其變形量取機台最大高度1700mm/360得4.72，即其變形量不可大於4.72mm；而鋁擠型之降伏應力為205.88MPa、方鋼之降伏應力為250MPa，由於安全因素需大於2，所以鋁擠型機台結構承受的最大等效應力為205.88MPa/2即最大等效應力不可大於102.94MPa，而方鋼機台結構最大等效應力為250MPa/2即最大等效應力不可大於125MPa。

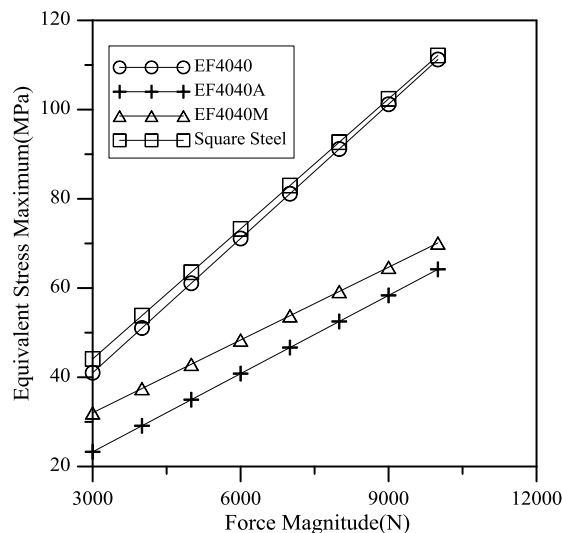


圖 6 應力圖



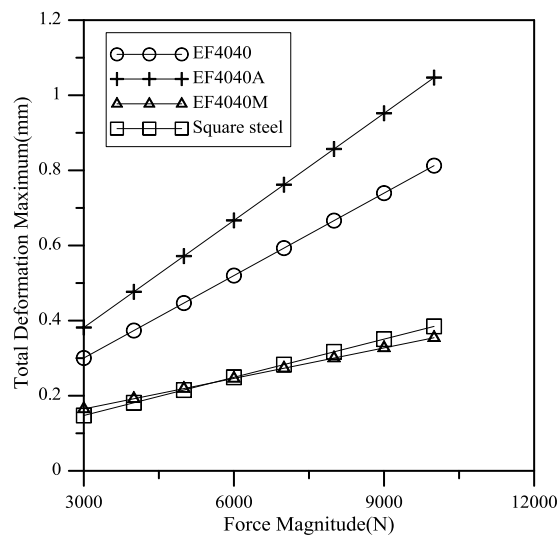


圖 7 位移圖

二、模態分析

模態分析即自由震動分析，是研究結構動力特性的一種近代方法。模態是機械結構的固有振動特性，每一個模態具有特定的固有頻率、阻尼比和模態振型。模態參數可以由計算或試驗分析取得，這樣一個計算或試驗分析過程稱為模態分析。

對於模態分析，振動頻率 ω_i 和模態 ϕ_i 是由下面的方程計算求出的：

$$([K] - \omega_i^2 [M])\{\phi_i\} = 0$$

這裡假設剛度矩陣 $[K]$ 、質量矩陣 $[M]$ 是定值，材料是線彈性的、使用小位移理論(不包括非線性)、無阻尼 $[C]$ 、無激振力(無 $[F]$)。

本研究利用有限元素分析軟體(ANSYS Workbench)程式，將AOI鋁擠型結構及方鋼結構進行分析，將3種不同類型的鋁擠型結構及方鋼結構，經過6個模態，如圖8至圖11，可進行多方案最佳化設計，避免共振的產生。表2為ANSYS Workbench自然頻率的比較。



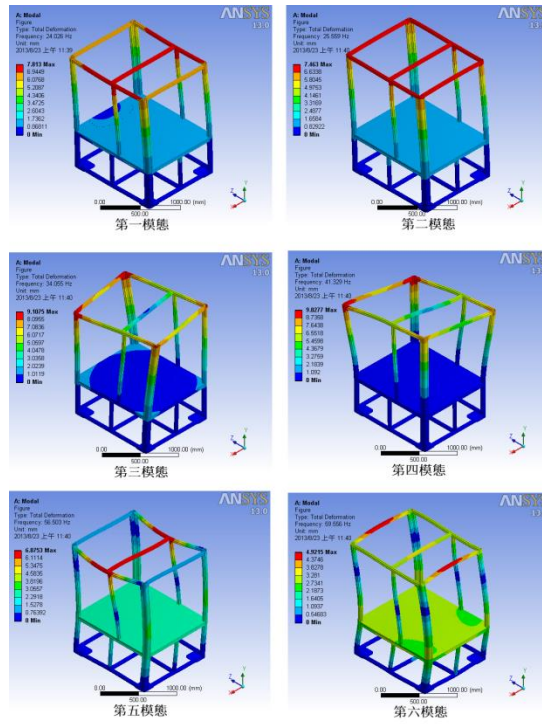


圖 8 ANSYS Workbench EF4040 結構的六個振動模態

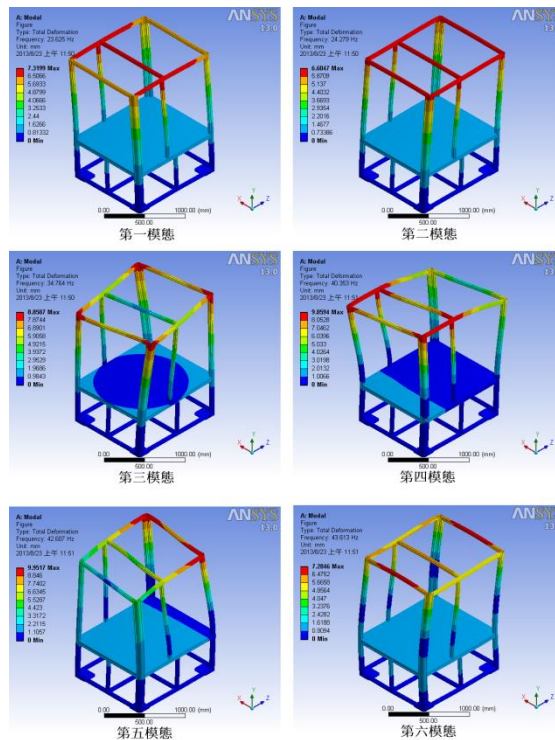


圖 9 ANSYS Workbench EF4040A 結構的六個振動模態



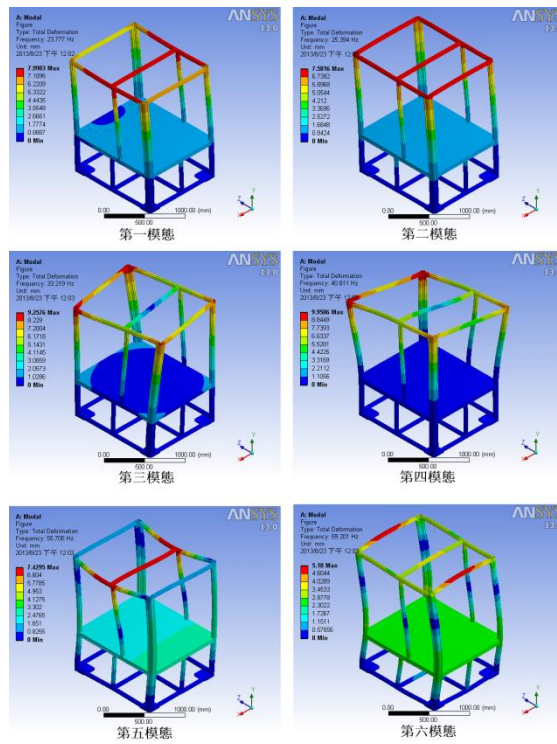


圖 10 ANSYS Workbench EF4040M 結構的六個振動模態

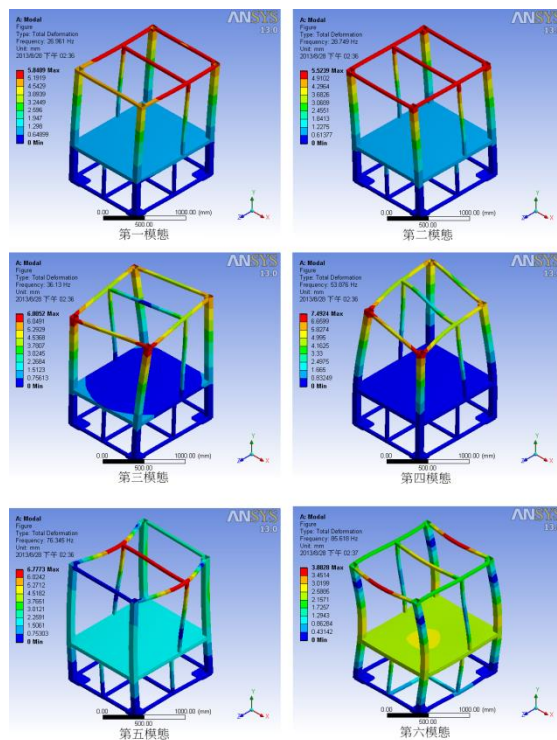


圖 11 ANSYS Workbench 方鋼結構的六個振動模態



	EF4040	EF4040A	EF4040M	方鋼
第一模態	24.026	23.625	23.777	26.961
第二模態	25.559	24.279	25.394	28.749
第三模態	34.055	34.764	33.219	36.13
第四模態	41.329	40.353	40.811	53.876
第五模態	56.503	42.607	55.705	76.345
第六模態	59.556	43.613	59.201	85.618

表 2 ANSYS Workbench 自然頻率的比較[單位:Hz]

伍、結論

本文主要根據AOI計畫之鋁擠型結構及方剛之特性，結合有限元素分析方法，探討鋁擠型結構在EF4040、EF4040A及EF4040M三種不同的截面與方鋼材質結構情況下，對其進行靜態分析和模態分析，最後，由有元素分析的結果圖表相互比較。本文成功的應用有元素方法對結構進行靜態分析和模態分析，亦可作為後續相關振動之研究。

陸、致謝

感謝經濟部在地型學界科專計畫補助計畫編號: 101-EC-17-A-04-S1-220所提供的設備與材料經費資助，使得本研究得以順利進行。

柒、參考文獻

- [1] 黃宜正，「桌上型CNC機台結構模擬分析與實驗」，2010台北國際自動化科技大展。
- [2] 黃運琳、廖志維、黃冠倫、江文楨，「電動車輛之動態模擬與振動模態分析」，中華民國第十四屆車輛工程學術研討會，虎尾科技大學車輛工程系，台灣雲林，2009年10月。
- [3] 東野精機，東野精機 EFC 鋁擠型機械架構系統型錄，M8 系列鋁擠型，第 50 頁。
- [4] 洪慶章、劉清吉、郭嘉源，ANSYS 教學範例，知城 數位科技，2001 年。
- [5] 凌桂龍、丁金濱、溫正，ANSYS Workbench 13.0 從入門到精通，清華大學出版社，2012 年 1 月。



The Structural and Modal Analysis of AOI Structures

Min-Jun Teng^{***, ****} Yi-Chun Kuo^{**} Shu-Jhang Lee^{***}

Wen-Rong Wang^{*}

^{*}Department of Mechanical Engineering, Kun Shan University, Associate Professor

^{**}Graduate School of Mechanical Engineering, Kun Shan University, Graduate

^{***}Ph.D. Program of Mechanical and Energy Engineering, Kun Shan University, Graduate

^{****}Guangzhou College of South China University of Technology, Lecturer

ABSTRACT

Pursuits of continuous innovation and shortening of development costs are inevitable challenges in contemporary society, so the structure should be designed to creative thinking, along with excellent flexibility and efficiency, innovation and implementation. This study investigated the structural characteristics of AOI structures with aluminum extrusion and square steel, using finite element analysis to explore the structural analysis for structures with different sections of aluminum extruded shape and square steel, understanding its static analysis and modal analysis, and the results of finite element analysis are the main bases for the future development and subsequent research.

Keywords: finite element analysis, static analysis, modal analysis

