

## 桁架結構靜力分析自動化模組開發與應用

\*王栢村<sup>1</sup>、趙佐晨<sup>1</sup>、潘昱豪<sup>1</sup>、薛聿蒨<sup>1</sup>、邱昱勛<sup>1</sup>、楊茂川<sup>1</sup>、吳盈輝<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 國立屏東科技大學 機械工程系

<sup>2</sup> 國立內埔高級農工職業學校 機械科

\*Email: [wangbt@mail.npust.edu.tw](mailto:wangbt@mail.npust.edu.tw)

### 摘要

桁架結構為常見的橋樑與鋼架等建築，在靜力學或結構力學也是課程單元之一。桁架結構靜力分析主要在求得桁架結構的桿件變形、桿件受力、桿件應力，甚至到實務的安全性評估。本文將應用 MATLAB 程式語言串連 ANSYS 有限元素分析軟體，來開發自動化分析程式，可以對任意的平面與立體之桁架結構進行靜力分析。首先，以平面桁架結構介紹靜力分析的理念與方法，並說明應用 FEA 軟體於桁架結構靜力分析的程序步驟。其次，說明自動化分析模組架構，以及人機介面設計與操作步驟和使用方法。使用者只需要透過人機介面設定桿件數量、每個桿件的截面幾何參數、材料性質、桿件連接組成狀態、受力情形等，分析模組將自動產生參數化執行程式碼，即可呼叫啟動 ANSYS 軟體進行後台分析。完成分析後，所有分析結果數據可統整顯示於人機介面，包括桁架桿件節點之位移變形、支撐邊界之反作用力、桁架桿件之受力與應力，以及自動計算取得所有桁架桿件的靜力破壞與扭曲破壞安全係數，並能自動判斷結構安全性。本文分別以一個平面二維桁架與立體三維桁架做案例探討，可以成功的分析與完成驗證比較。本分析模組可以對任意的二維或三維桁架結構，進行快速地靜力分析與安全性評估，未來可用於靜力學或結構力學的教學輔助工具，以及工程實務應用。

**關鍵字:**桁架結構、靜力分析、安全性評估、自動化分析模組

### 1. 前言

工程上常用有限元素分析軟體進行靜力分析，評估桁架結構之安全性，但對於無相關背景之使用者而言技術門檻較高，因此本文透過開發桁架結構靜力分析自動化模組，降低操作有限元素分析軟體之門檻與分析設定之時間成本。

進行靜力分析可得知結構之受力情形，以用於安全性評估，Kim *et al.*[1]為了滿足太空裝置裝載空間的限制，提出由主桁架、剪刀狀元件和鋁板組成之桁架結構，該桁架結構於完全展開時類似長桅杆，完全收縮時則為扁平狀，以靜力分析計算桿件之間合適的角度，使其能承受高負載並有摺疊收納的功能。Ananth *et al.*[2]為了提高生產效率，開發可調整的鑽模夾具，利用有限元素分析預估夾具之受力及變形，並將底板的材質與尺寸調整成能夠承受加工和夾緊

力，發現通過調整夾具的各零件和結構設計，可提高鑽模夾具的穩定和高效加工。Gaur *et al.*[3]為了評估工業用尼龍 4-6 材質頭盔之結構穩定性能，藉由有限元素分析軟體進行靜力與衝擊分析，探討施加負載於頭盔上不同位置時，以頭盔之總變形、最大剪應力與最大剪切力作為性能指標，發現於頭盔中填入 8 至 10 毫米之尼龍 4-6，可有效地減少頭盔受到衝擊時的變形。

桁架結構常會用於加強結構之設計，Xu *et al.*[4]為了強化大型網狀天線之穩定性，設計一種雙環可展開的桁架結構，針對桁架結構進行靜力分析得到其最大負載和應變分佈，發現實驗測試結果與分析一致，未來可研究如何增加結構之精度。Bacinskas *et al.*[5]為了探討玻璃鋼應用於桁架橋結構之可行性，透過有限元素分析取得其應力、應變等結果，並建立模型實驗，監測橋上十個接點之變形，證明此材料具有足夠強度與剛性。陳[6]為了檢查船塢門的強度與剛度是否符合相關規範，對其進行了有限元素分析，透過船塢門於靜水壓力負載下的變形與應力分布情況，確認了其強度符合規範。

為了縮短人工計算與操作分析軟體之時間，陳[7]開發出一套手扶梯桁架結構自動有限元素分析系統，以程式語言結合有限元素分析軟體並建構人機介面 (Graphical User Interface, GUI)，不僅解決了有限元素分析軟體操作過程繁瑣之問題，也提高工作效率。宋等人[8]於 MATLAB 撰寫振動分析相關計算指令程式，並將振動分析方程式轉譯為程式語言以建立 GUI，使無振動專業背景也能進行振動問題分析。

藉由 MATLAB 串聯有限元素分析軟體，使用命令字元於後台批次執行有限元素分析軟體，將指令以參數化的形式寫入 GUI 之自動化分析模組，能夠有效節省於有限元素分析軟體建立有限元素模型與後處理的時間。王等人[9]應用此流程開發了圓柱管之自動化程式，王等人[10]開發出圓盤自動化模態分析以及簡諧響應分析之模組。

Schemmel *et al.*[11]為了減少超聲波引線鍵合之分析時間與成本，採用 MATLAB 和 ANSYS 執行聯合模擬分析，建立有限元素模型以進行分析與高性能計算，其可於短時間內模擬多參數組合之模型。

本文首先將介紹桁架結構靜力分析，接著說明桁架結構自動化靜力分析之開發理念，再分別利用二維與三維之桁架結構驗證自動化分析模組的可靠性，最

後應用此自動化分析模組於桁架平台之靜力分析。

## 2. 桁架結構靜力分析概述

本章將介紹桁架結構基礎概念與工程上之應用，以理論靜力分析判斷結構之安全性，透過對桁架結構靜力分析得到各桿件與各接點之受力情形，評估整體結構之穩定性與安全性。

首先，透過計算結構之桿件應力，將結果代入靜力安全係數方程式可得出結構之靜力安全係數( $S_{st}$ )，其方程式定義如下：

$$\sigma = \frac{P}{A} \quad (1)$$

$$S_{st} = \frac{\sigma_{allow}}{\sigma} \quad (2)$$

上式中， $P$  為桿件受力(N)， $A$  為桿件截面積( $m^2$ )， $\sigma$  為桿件應力(Pa)， $\sigma_{allow}$  為結構容許應力(Pa)，靜力安全係數為  $S_{st}$ ，當  $-1 < S_{st} < 1$ ，桿件會靜力破壞，反之此範圍外則表示桿件無靜力破壞之疑慮。

桁架結構之桿件多為細長型，當桿件受到壓縮應力時會產生側向之撓曲，因此需考慮挫曲破壞安全係數( $S_{cr}$ )，挫曲臨界負荷方程式與  $S_{cr}$  定義如下：

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 EI}{L^2} \quad (3)$$

$$S_{cr} = \frac{\sigma_{cr}}{\sigma} = \frac{P_{cr}}{P} \quad (4)$$

上式中， $E$  為楊氏係數(Pa)， $I$  為截面積慣性矩( $m^4$ )， $L$  為桿件長度(m)， $P_{cr}$  為挫曲臨界負荷(N)， $P$  為桿件受力(N)， $S_{cr}$  為挫曲安全係數，當  $-4 < S_{cr} < 0$ ，桿件會挫曲破壞，範圍外則表示桿件無挫曲破壞之疑慮。

當結構會被破壞時，透過改變桿件之截面積來讓增加結構安全性，其方程式定義如下：

$$A = b \times h \quad (5)$$

$$\frac{bh^3 E \pi^2}{12PL^2} = S_{cr} \quad (6)$$

上式中， $b$  為截面寬度(m)， $h$  為截面高度(m)， $A$  為截面積( $m^2$ )，可依照不同需求計算出桿件安全之截面積。

透過靜力學評估結構之穩定性與安全性，當  $S_{st}$  與  $S_{cr}$  無窮大，說明該桿件為無效桿件，可省略以降低成本。

## 3. 桁架結構自動化分析模組設計與開發

本章首先介紹自動化分析模組之開發理念，接著說明分析模組與電腦輔助工程分析軟體之串聯原理，最後介紹分析模組之使用流程與功能。

### 3.1 電腦輔助工程分析軟體介紹與模組開發理念

首先判別自動化分析模組之優勢，圖 1 為不同介面於桁架結構靜力分析流程，上方為 ANSYS 軟體介面設定流程，下方為自動化分析模組設定流程，典型電腦輔助工程分析軟體之設定要求的技術門檻較高，且設定步驟冗長，後處理結果須個別檢視，安全性參

數也須手動計算，而自動化分析模組可在一個介面完成 ANSYS 所有的分析設定，且可快速審視桁架結構各個桿件的變形、應力與受力等靜力分析結果，還能評估各桿件靜力破壞與挫曲破壞之可能性，大幅縮短時間成本，並降低了技術門檻。

透過 MATLAB 與 ANSYS 之間的互通性，圖 2 為 MATLAB 與 ANSYS 串聯示意圖，使用者首先於自動化分析模組輸入分析相關參數，並由 MATLAB 將其轉換為 ANSYS 分析參數文字檔，接著以命令提示字元呼叫 ANSYS 進行求解，將求解結果由 MATLAB 彙整並顯示於模組介面上，以進行多樣本之快速分析。

### 3.2 模組功能介紹

本節將介紹桁架自動化分析模組之操作流程與功能，圖 3 為桁架自動化分析模組操作流程，圖 3(a) 為自動化分析模組之人機介面，標示數字為操作步驟，圖 3(b) 為步驟 1~4，圖 3(c) 為步驟 5，圖 3(d) 為步驟 6、7，圖 3(e) 為步驟 8、9，圖 3(f) 為步驟 10、11，以下為各步驟之功能：

- (1) 為設定 ANSYS 系列.exe 程式路徑：如 2017 出版之 ANSYS182.exe，可直接輸入路徑或選擇程式捷徑。
- (2) 設定當前資料夾路徑：定義工作目錄。
- (3) 設定檔案名稱：定義檔名。
- (4) 選擇結構種類：切換二維與三維桁架結構。
- (5) 設定材料編號、參數、降伏強度：定義材料編號、截面高度(m)與寬度(m)、楊氏係數(GPa)與降伏強度(MPa)。
- (6) 設定桿件連接點座標：設定連接點數量，並依結構種類設置二維或三維座標。
- (7) 選擇材料編號並設定桿件連接點：指定材料並設定桿件數量，材料之間皆為獨立設定，左側即根據連接點座標與桿件連接點，即時繪製幾何模型。
- (8) 設定位移限制：輸入點位編號與位移限制方向，如：2 與 UX,UY。
- (9) 設定負荷條件：設置點位編號、負荷方向與負荷大小，單位為 N，如：
- (10) 輸出 Log 檔與執行靜力分析：建立 ANSYS 執行輸入檔與命令提示字元，並自動執行。
- (11) 檢視輸出結果：將自動讀取分析結果，並計算安全係數與評估安全性，可選擇節點之位移、受力與應力，桿件之長度、受力與應力， $S_{st}$  與  $S_{cr}$ ，其結果會依桿件編號顯示安全係數與安全或不安全。

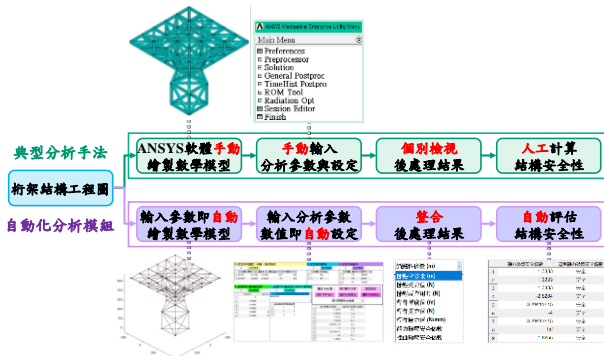


圖 1 不同介面於桁架結構靜力分析之流程

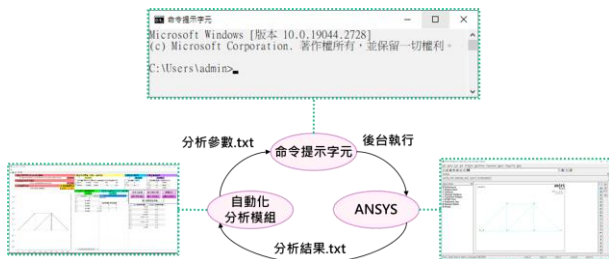
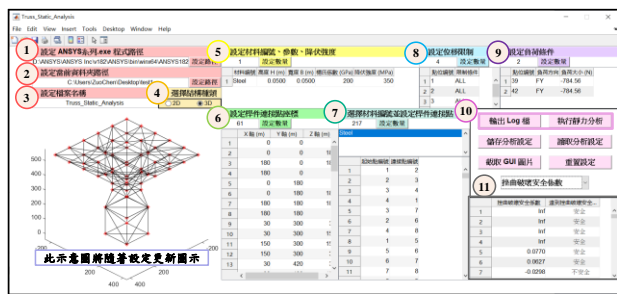


圖 2 MATLAB 與 ANSYS 串聯原理



(a) 自動化分析模組之人機介面

1. 設定 ANSYS 系列.exe 程式路徑	
D:\ANSYS\ANSYS Inc\l182\ANSYS\bin\winx64\ANSYS182	設定路徑
2. 設定當前資料夾路徑	
C:\Users\ZuoChen\Desktop\test1	設定路徑
3. 設定檔案名稱	4. 選擇結構種類
Truss_Static_Analysis	<input type="radio"/> 2D <input checked="" type="radio"/> 3D

(b) 步驟 1~4

5. 設定材料編號、參數、降伏強度				
1	設定數量			
材料編號	高度 H (m)	寬度 B (m)	楊氏係數 (GPa)	降伏強度 (MPa)
1	Steel	0.0500	200	350

(c) 步驟 5

6. 設定桿件連接點座標			7. 選擇材料編號並設定桿件連接點		
61	設定數量		217	設定數量	
X 軸 (m)	Y 軸 (m)	Z 軸 (m)	材料	起始點編號	連接點編號
1	0	0	Steel	1	2
2	0	0		2	3
3	180	0			
4	180	0			
5	0	180			

(d) 步驟 6、7

圖 3 桁架自動化分析模組操作流程

8. 設定位移限制			9. 設定負荷條件		
4	設定數量		2	設定數量	
點位編號	限制條件		點位編號	負荷方向	負荷大小 (N)
1	ALL	^	1	FY	-784.56
2	ALL		2	FY	-784.56
3	ALL	v			

(e) 步驟 8、9

10. 輸出 Log 檔		執行靜力分析	
儲存分析設定	讀取分析設定		
載取 GUI 圖片	重置設定		
11. 撿曲破壞安全係數			
撿曲破壞安全係數	達別性曲破壞安全...		
1	Inf	安全	
2	Inf	安全	
3	Inf	安全	
4	Inf	安全	
5	0.0770	安全	
6	0.0627	安全	
7	-0.0298	不安全	

(f) 步驟 10、11

圖 3 桁架自動化分析模組操作流程(續)

#### 4. 桁架結構自動化分析模組之結果驗證

本章以靜力學理論方程式驗證自動化分析模組，分別利用二維與三維桁架案例進行靜力分析，取得其桿件受力、桿件應力、 $S_{st}$  與  $S_{cr}$ ，並比較分析與理論之誤差，增加本模組之可信度。

##### 4.1 二維桁架結構之靜力分析結果驗證

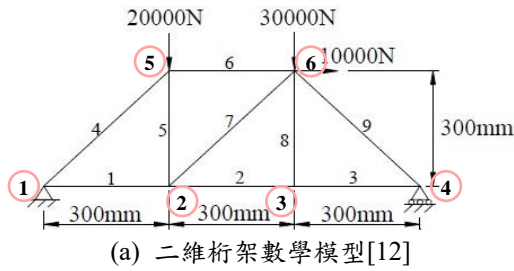
本節以二維桁架結構進行案例分析，圖 4 為二維桁架結構案例之示意圖，圖 4(a) 為二維桁架數學模型 [12]，圖 4(b) 為二維桁架有限元素模型，圖 5 為二維桁架結構靜力分析之撿曲破壞安全係數，方形號碼為桿件編號，圓形號碼為接點編號，共由 9 根桿件與 6 個接點所組成，桿件 1~3 號楊氏係數為 200GPa，降伏強度為 400MPa，截面大小為 10cm×10cm，4~9 號楊氏係數為 70GPa，降伏強度為 200MPa，截面大小為 20cm×20cm，接點 1 被絞支承固定，接點 2 受滾支承限制了上下平移之自由度，接點 5 受 20000N 之 Y 方向下壓力，接點 6 受 30000N 之 Y 方向下壓力與 10000N 之 X 方向右拉力作用。

輸入以上參數於自動化模組並執行分析，結果以  $S_{cr}$  顯示，桿件 4 與 9 之  $S_{cr}$  分別為 -1.8093 與 -1.2062，表示桿件存在撿曲破壞風險，而桿件 5、7 與 8 之  $S_{cr}$  為無窮大，表示其桿件安全。

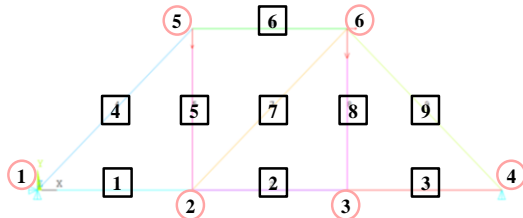
圖 6 為二維桁架結構之靜力分析結果圖，圖 6(a) 為接點位移變形圖，圖 6(b) 為桿件受力圖，圖 6(c) 為桿件應力圖，表 1 為二維桁架結構之分析結果驗證比對表 [12]，表 1(a) 為桿件受力與應力，由左至右依序為桿件編號、桿件受力與桿件應力，表 1(b) 為結構安全係數，左側為  $S_{st}$ ，右側為  $S_{cr}$ ，其中分為分析解、理論解與誤差，Inf 為無窮大 (Infinite)。

桿件 9 受力為 -42624N，為最大受力之桿件，使結構向右下偏移，桿件 5、7 與 8 之  $S_{st}$  與  $S_{cr}$  相同，分析與理論之誤差均為 0%，代表二維桁架靜力分析結果可靠。





(a) 二維桁架數學模型[12]

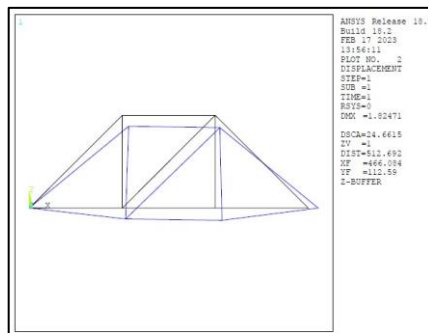


(b) 二維桁架有限元素模型

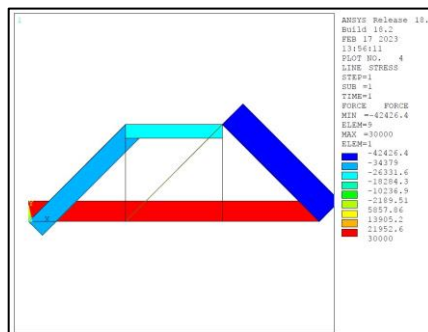
圖 4 二維桁架結構案例之示意圖

Node	屈曲破壞安全係數	達到屈曲破壞安全係數
1	0.6306	安全
2	0.6306	安全
3	0.6306	安全
4	-1.8093	不安全
5	-4.2144e+15	安全
6	-5.1176	安全
7	2.1072e+15	安全
8	Inf	安全
9	-1.2062	不安全

圖 5 二維桁架結構靜力分析之挫曲破壞安全係數

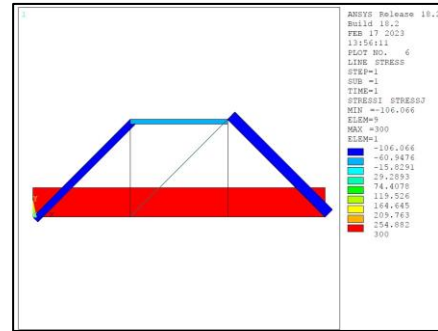


(a) 接點位移變形圖



(b) 桿件受力圖

圖 6 二維桁架結構之靜力分析結果



(c) 桿件應力圖

圖 6 二維桁架結構之靜力分析結果(續)

表 1 二維桁架結構之分析結果驗證比對表[12]

(a) 桿件受力與應力

Member	桿件受力(N)			桿件應力(MPa)		
	分析	理論	誤差	分析	理論	誤差
1	30000	30000	0%	300	300	0%
2	30000	30000	0%	300	300	0%
3	30000	30000	0%	300	300	0%
4	-28284	-28284	0%	-70.711	-70.711	0%
5	0	0	0%	0	0	0%
6	-20000	-20000	0%	-50	-50	0%
7	0	0	0%	0	0	0%
8	0	0	0%	0	0	0%
9	-42426	-42426	0%	-106.07	-106.066	0%

(b) 結構安全係數

Member	靜力安全係數( $S_{st}$ )			挫曲安全係數( $S_{cr}$ )		
	分析	理論	誤差	分析	理論	誤差
1	1.3333	1.3333	0%	0.6306	0.6306	0%
2	1.3333	1.3333	0%	0.6306	0.6306	0%
3	1.3333	1.3333	0%	0.6306	0.6306	0%
4	-2.8284	-2.8284	0%	-1.8093	-1.8093	0%
5	Inf	$\infty$	0%	Inf	$\infty$	0%
6	-4	-4	0%	-5.1176	-5.1176	0%
7	Inf	$\infty$	0%	Inf	$\infty$	0%
8	Inf	$\infty$	0%	Inf	$\infty$	0%
9	-1.8855	-1.8855	0%	-1.2062	-1.2062	0%

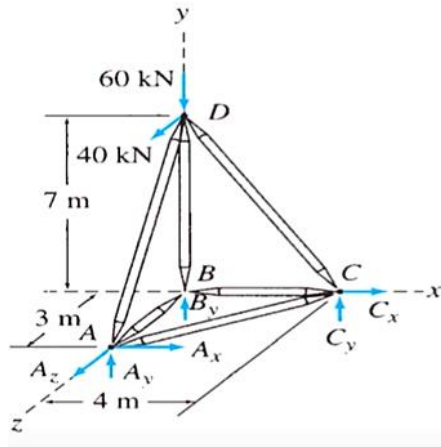
#### 4.2 三維桁架結構之靜力分析結果驗證

接著驗證三維桁架結構之可行性，圖 7 為三維桁架結構案例示意圖，圖 7(a) 為三維桁架數學模型，圖 7(b) 為三維桁架有限元素模型，圖 8 為三維桁架結構靜力分析之靜力破壞安全係數，共由四個接點與六根桿件組成，桿件截面為 20cm×20cm，楊氏係數 200GPa，降伏強度為 400MPa，接點 A 被固定，接點 B 被限制 Y 方向之自由度，接點 C 則被限制 XY 方向之自由度，接點 D 受 60kN 之 Y 方向下壓力與 40kN 之 Z 方向拉力，執行靜力分析，結果以  $S_{st}$  顯示，所有桿件皆為安全。

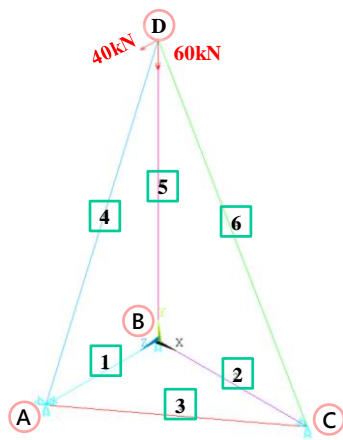
圖 9 為三維桁架結構之靜力分析結果，圖 9(a) 為接點位移變形圖，圖 9(b) 為桿件受力圖，圖 9(c) 為桿

件應力圖，表 2 為三維桁架結構之分析結果驗證比對表，表 2(a)為桿件受力與應力，由左至右依序為桿件編號、桿件受力與桿件應力，表 2(b)為結構安全係數，左側為  $S_{st}$ ，右側為  $S_{cr}$ ，其中分為分析解、理論解與誤差。

桿件 4 受力為-101540N，為最大受力之桿件，使結構向左下偏移，桿件 1、2 與 3 皆為固定點，分析與理論之誤差皆為 0%，表示三維桁架結構靜力分析具正確性。



(a) 三維桁架數學模型[13]

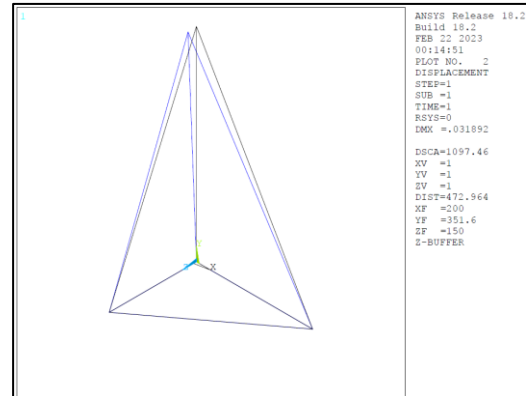


(b) 三維桁架有限元素模型

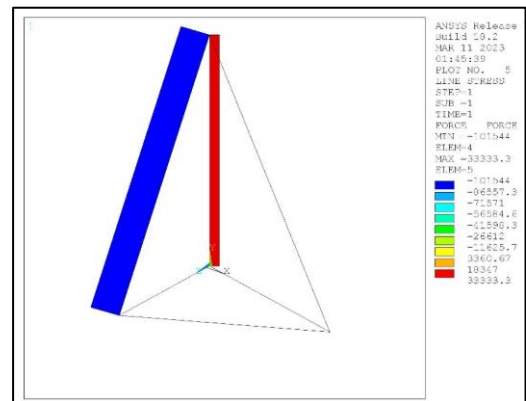
圖 7 三維桁架結構案例之示意圖[13]

	靜力破壞安全係數	達到靜力破壞安全係數
1	Inf	安全
2	Inf	安全
3	Inf	安全
4	-157.5672	安全
5	480.0019	安全
6	4.7224e+18	安全

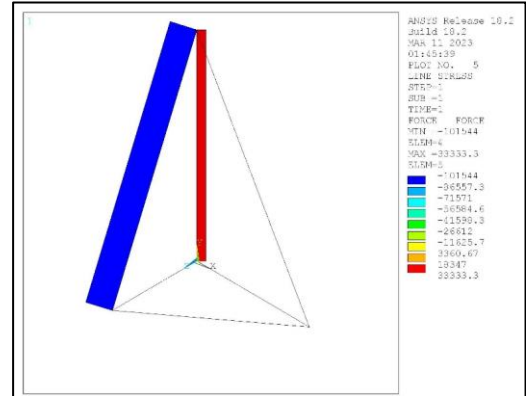
圖 8 三維桁架結構靜力分析之靜力破壞安全係數



(a) 接點位移變形圖



(b) 桿件受力圖



(c) 桿件應力圖

圖 9 三維桁架結構之靜力分析結果

表 2 三維桁架結構之分析結果驗證比對表[13]

	桿件受力(N)			桿件應力(MPa)		
	分析	理論	誤差	分析	理論	誤差
	1	0	0	0%	0	0
2	0	0	0%	0	0	0%
3	0	0	0%	0	0	0%
4	-101540	-101596	0%	-2.5386	-2.5399	0%
5	33333	33333	0%	0.8333	0.8333	0%
6	0	0	0%	0	0	0%

(a) 桿件受力與應力

表 2 三維桁架結構之分析結果驗證比對表[13](續)

(b) 結構安全係數

	靜力安全係數( $S_{st}$ )			挫曲安全係數( $S_{cr}$ )		
	分析	理論	誤差	分析	理論	誤差
1	Inf	$\infty$	0%	Inf	$\infty$	0%
2	Inf	$\infty$	0%	Inf	$\infty$	0%
3	Inf	$\infty$	0%	Inf	$\infty$	0%
4	157.5672	157.4865	0%	-4468.8	-4468.8	0%
5	480.0019	480.0192	0%	16114	16114	0%
6	$4.7 \times 10^{18}$	$\infty$	0%	$1.2 \times 10^{20}$	$\infty$	0%

### 5. 應用桁架結構自動化分析模組於桁架平台之靜力分析

本章介紹將分析模組應用於桁架平台結構之安全性探討，圖 10 為桁架結構實務應用案例之示意，圖 10(a)為數學模型，圖 10(b)為分析模型，圖 11 為自動化模組之三維桁架結構靜力分析結果，此結構為桁架平台，由 61 個接點與 217 個桿件所組成，桿件截面為 5cm×5cm，楊氏係數為 70GPa，降伏強度為 200MPa，並於 39 號點與 42 號點分別設定 20kN 之負荷模擬重物，下方接點固定於地板模擬實際橋墩邊界，透過分析後發現 8 號桿件之  $S_{cr}$  為 -3.7657，會挫曲破壞，由式(6)得出當該桿件之截面邊長大於 0.246m，能防止 8 號桿件挫曲破壞。

圖 12 為桁架結構實務應用案例之結構應力，由圖中可以看出每個桿件之應力分布情形，圖中最大應力約為 -16.082MPa，最小應力約為 0.889MPa，其對應之桿件顏色為黃色與藍色。相較於自動化分析模組以數值方式呈現結果，圖像呈現方式能以不同角度解讀分析結果。

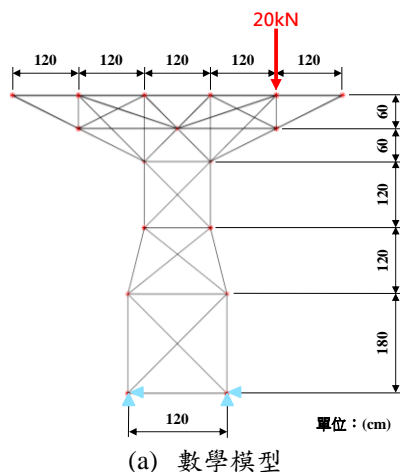
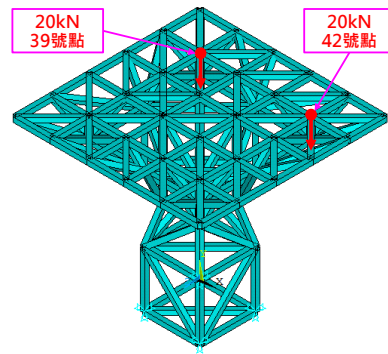


圖 10 桁架結構實務應用案例之示意圖



(b) 分析模型

圖 10 桁架結構實務應用案例之示意圖

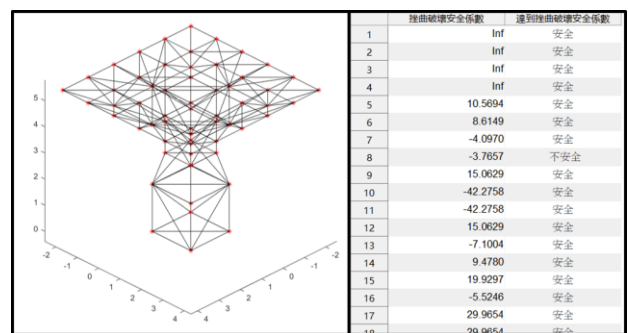


圖 11 自動化模組之三維桁架結構靜力分析結果

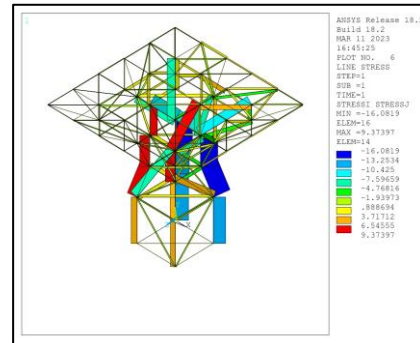


圖 12 桁架結構實務應用案例之結構應力

### 6. 結論

本文透過 MATLAB 結合有限元素分析軟體 ANSYS，開發桁架結構靜力分析自動化模組，將軟體操作指令以參數化之方式寫入 GUI 模組，直接輸入相關參數後即自動進行靜力分析，並將所有後處理結果傳至 GUI 模組進行整合，模組將自動根據靜力分析之最大畸變能理論與最大正向應力理論，進行桁架結構安全性評估。以二維與三維案例驗證分析模組之可靠性，結果比對誤差值均為 0%，證明該程式可靠，應用自動化分析模組對桁架平台進行靜力分析，取得結構之變形、受力與應力等結果，並自動檢視結構是否會破壞，縮短於軟體操作設定之工時，提高整體設計分析之效率。未來可應用於工程及教學用途上。

## 7. 參考文獻

1. T. H. Kim, J. E. Suh, J. H. Han, Deployable truss structure with flat-form storability using scissor-like elements, *Mechanism and Machine Theory*, Vol.159, pp. 1-24, 2021
2. V. K. Ananth, S. S. Manian, M. Abinash, S. Sivarajan, Investigating the outline of a reconfigurable leaf jig using static structural analysis, *Materials Today: Proceedings*, pp. 1-6, 2023
3. S. K. Gaur, G. P. S. Jadon, M. Narwariya, V. Verma, P. Sonia, Static and impact analysis of industrial helmet of Nylon 4-6, *Materials Today: Proceedings*, pp. 1-10, 2023
4. Y. Xu, F. Guan, J. Chen, Y. Zheng, Structural design and static analysis of a double-ring deployable truss for mesh antennas, *Acta Astronautica*, Vol.81, pp. 545-554, 2012
5. D. Bacinskas, A. Rimkus, D. Rumsys, A. Meskenas, S. Bielinis, A. Sokolov, T. Merkevicus, Structural analysis of GFRP truss bridge mode, *Modern Building Materials, Structures and Techniques*, Vol. 172, pp. 68-74, 2017
6. 陳先忠, 桁架結構船塢門的有限元素分析, *工程設計*, 第 6 期, 第 30 卷, 第 74-76 頁, 2015
7. 陳楊, 基於 ANSYS 的扶梯桁架結構自動建模與分析系統開發, 碩士論文, 南京航空航天大學機械工程系, 江蘇、中國, 2016
8. 宋璐、宋燕燕、馮艷平, 基於 MATLAB GUI 的振動合成方法的研究, *電子設計工程*, 第 23 卷, 第 23 期, 第 43-45 頁, 2015
9. 王栢村、溫儒琳、蘇秉翔、林谷樺、吳盈輝, 圓柱管自動化振動分析模組之開發與應用, 中國機械工程學會第三十八屆全國學術研討會, 台南、台灣, 論文編號: C8-058, 2021
10. 王栢村、黃彥綸、吳盈輝, 圓盤結構振動自動化分析模組之開發與應用, *機密機械與製造科技期刊*, 第 12 卷, 第 1 期, 2022
11. R. Schemmel, V. Krieger, T. Hemsel, W. Sextro, Co Simulation of MATLAB and ANSYS for Ultrasonic Wire Bonding Process Optimization, *Microelectronics Reliability*, Vol. 119, No. 114077, 2021
12. 王栢村, 電腦輔助工程分析之實務與應用, 第 2 章, 第 1-14 頁, 全華書局, 台北、台灣, 2005
13. [EngrPhr@se.theoryofstructures.com](mailto:EngrPhr@se.theoryofstructures.com) - [Analysis of Space Truss](https://www.theoryofstructures.com/SpaceTruss), 2021

## Development and Application of Automatic Program Module for Static Analysis of Truss Structures

\*Bor-Tsuen Wang<sup>1</sup>, Zuo-Chen Chao<sup>1</sup>, Yu-Hao

Pan<sup>1</sup>, Yu-Chien Xue<sup>1</sup>, Yu-Xun Qiu<sup>1</sup>,  
Mao-Chuan Yang<sup>1</sup>, Ying-Hui Wu<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Department of Mechanical Engineering,  
National Pingtung University of Science and  
Technology

<sup>2</sup> Machinery Division, National Nei-Pu Senior  
Agricultural-Industrial Vocational School

\*Email: [wangbt@mail.npust.edu.tw](mailto:wangbt@mail.npust.edu.tw)

### Abstract

Truss structures are common buildings such as bridges and steel frames and also parts of Statics or Structural Mechanics course. The static analysis of truss structure is mainly to obtain the member deformation, member force and member stress of the truss structure, and even the practical safety assessment. In this paper, the MATLAB programming language will be used in conjunction with ANSYS finite element analysis software to develop an automatic analysis program, which can perform static analysis on any planar or three-dimensional truss structure. Firstly, the concept and method of static analysis are introduced with a planar truss structure, and the procedures for applying FEA software to the static analysis of truss structures are explained. Next, the development of the automated analysis program will be introduced as well as the operation steps and usage for the Graphical User Interface (GUI). The user only needs to set the number of members, the cross-sectional geometric parameters of each member, material properties, connection status of members, loading conditions, etc. through the GUI, and the program module will automatically generate parameterized execution codes. The program will call to start ANSYS software for background analysis. After the analysis is completed, all the analysis result data can be displayed on the GUI, including the displacement of the truss member nodes, the reaction force of the support boundary, the force and stress of the truss member. The program can do the automatic calculation of static failure and buckling failure safety factors for all truss members, and can automatically judge the structural safety. This work takes a planar 2D truss and a three-dimensional 3D truss as case studies respectively, which can be successfully analyzed and verified. This program module can quickly perform static analysis and safety assessment on any 2D or 3D truss structure, and it can be used as a teaching aid for Statics or Structural Mechanics as well as for practical applications.

**Keywords** : truss structure, static analysis, safety assessment, automatic analysis program module