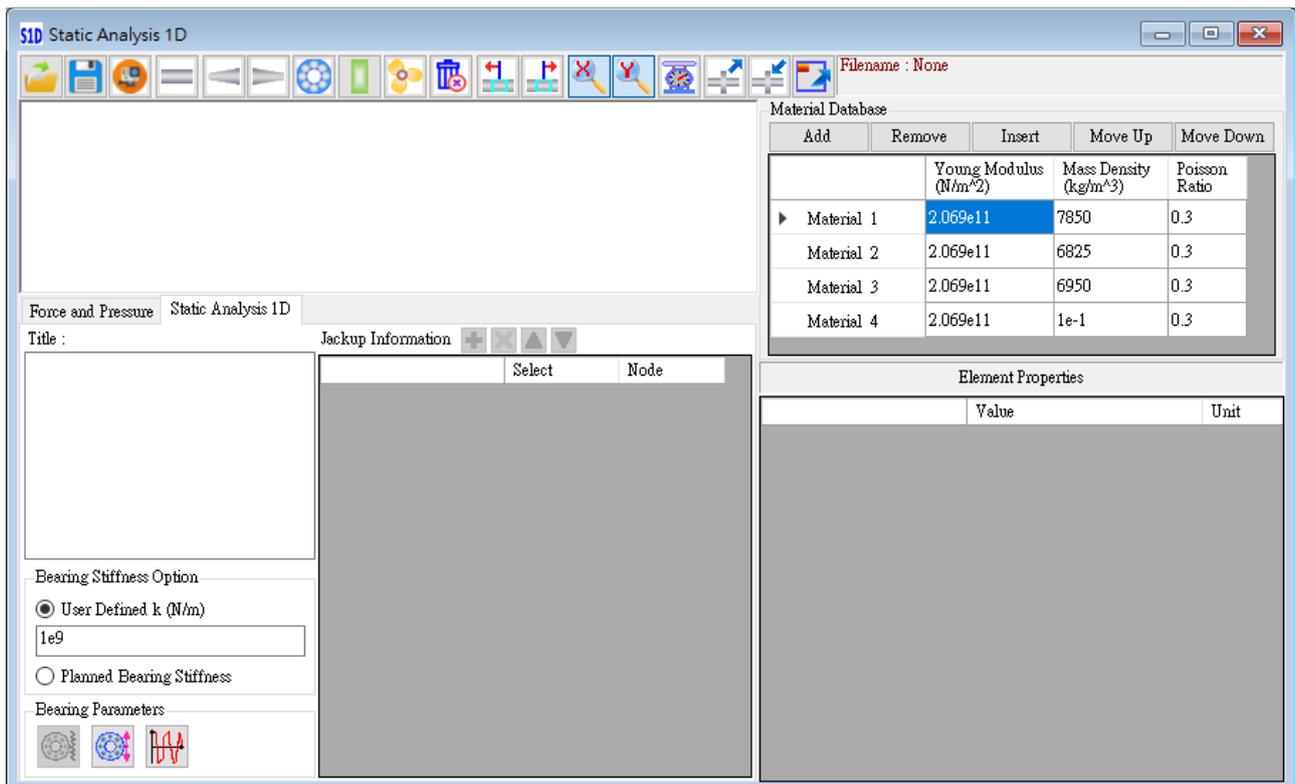
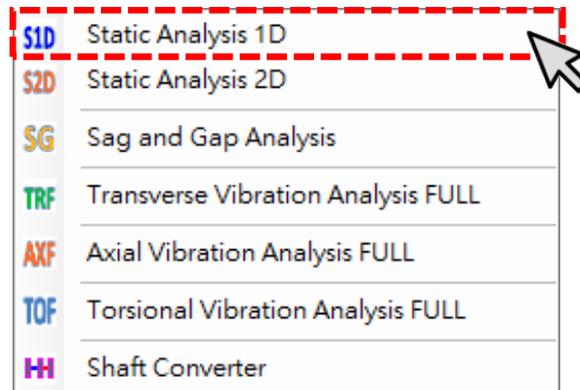


第 6 章 一維靜態分析模組 (Static Analysis 1D)

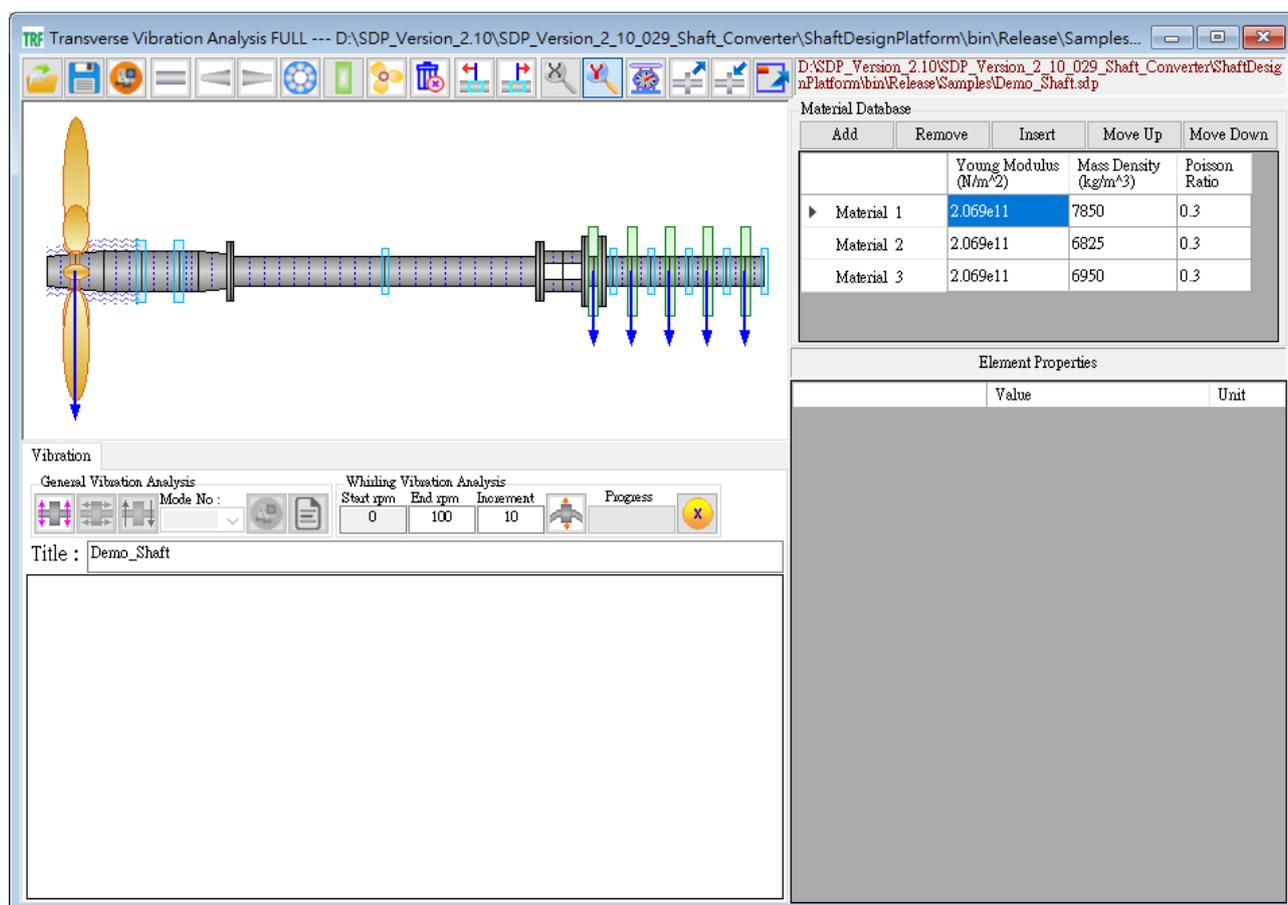
本章將介紹 SDP 軟體之一維靜態分析模組 (Static Analysis 1D) 的使用方法，相關的詳細步驟敘述如下：

【步驟 1】在 SDP 軟體中用滑鼠點選功能表 Applications / Static Analysis 1D 項目，以利啟動一維靜態分析模組 (Static Analysis 1D)。





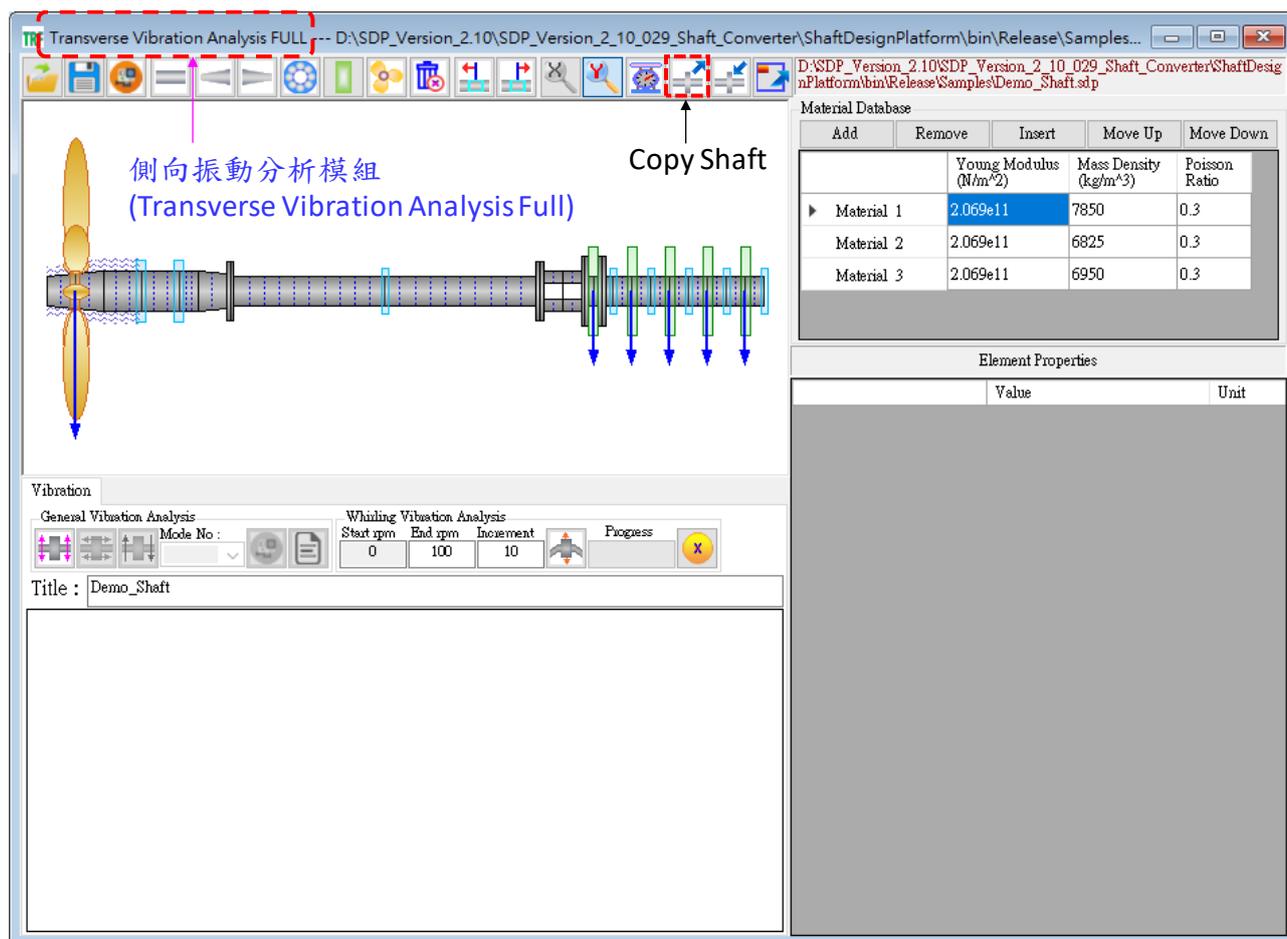
【步驟 2】 進入一維靜態分析模組 (Static Analysis 1D) 之後，使用者便可以依照第 5 章的方法來建立軸系的數學模型。為了節省篇幅，本章不再重覆建立軸系的數學模型，而是以上一章所建立的軸系作為研究的對象。請使用者按一下 Open File 按鈕，然後打開下列位置的軸系檔案：SDP_V210_00xx/Samples/ Demo_Shaft.sdp。打開上述檔案後，SDP 軟體會另外開啟側向振動分析模組 (Transverse Vibration Analysis Full)，並將上述軸系檔案載入。



【註】 在 SDP 軟體中，軸系的模型可以利用 Copy Shaft 與 Paste Shaft 的功能，在各模組之間進行軸系模型轉換，換句話說，使用者不需要針對不同模組各別建立軸系模型，軸系建模只要一次即可，大大降低工程師的工作負擔。

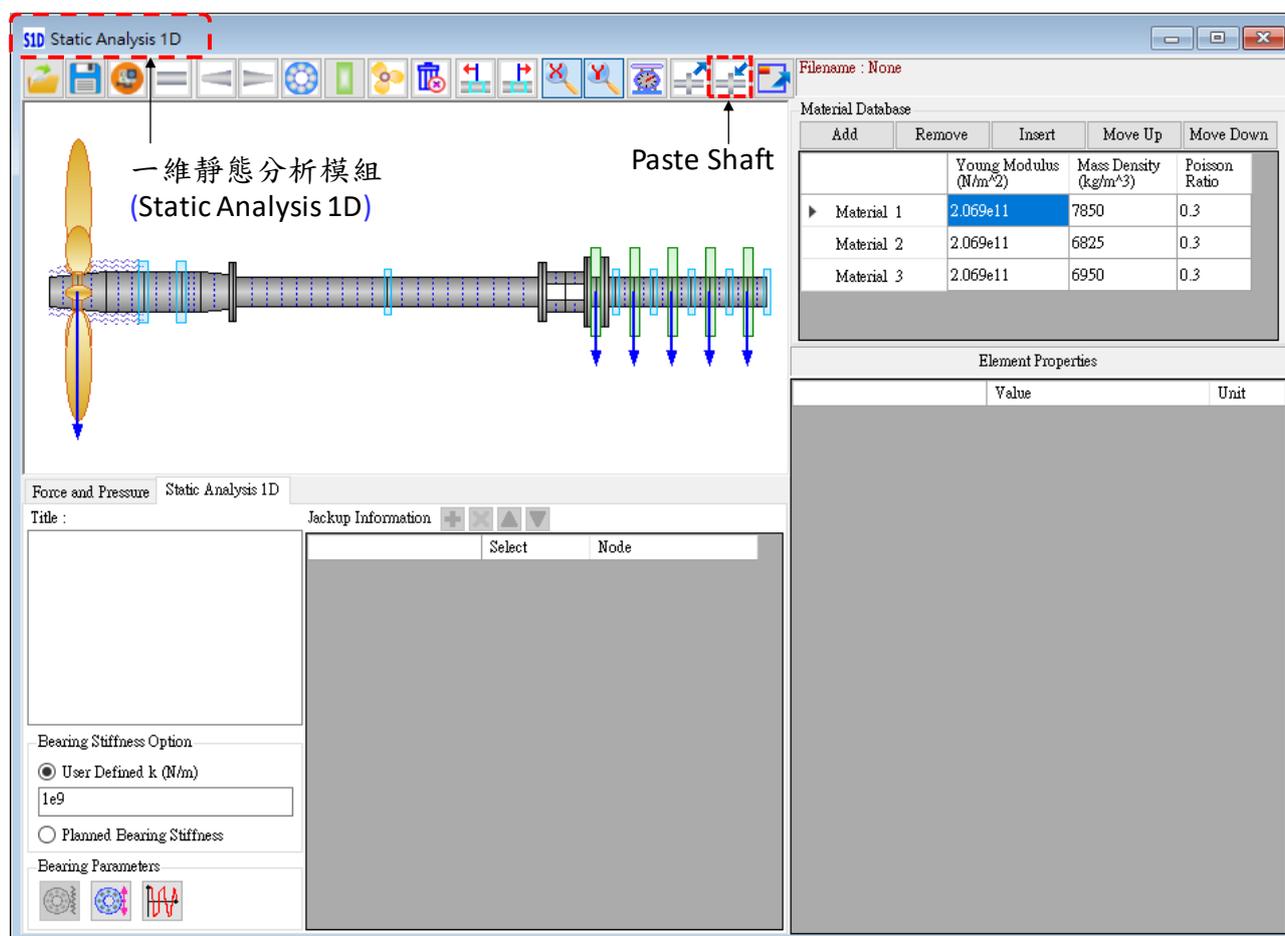


【步驟 3】 上一個步驟所開啟的軸系模型是在側向振動分析模組 (Transverse Vibration Analysis Full) 中載入，但是，我們現在是要針對軸系進行一維靜態分析 (Static Analysis 1D)，此時，使用者可先在側向振動分析模組 (Transverse Vibration Analysis Full) 中按 Copy Shaft 按鈕，按完 Copy Shaft 按鈕後，軸系的所有物理參數便會全部複製到 SDP 軟體的剪貼簿中 (SDP 軟體的剪貼簿與 Windows 系統的剪貼簿不相同，不會互相影響或干擾)。

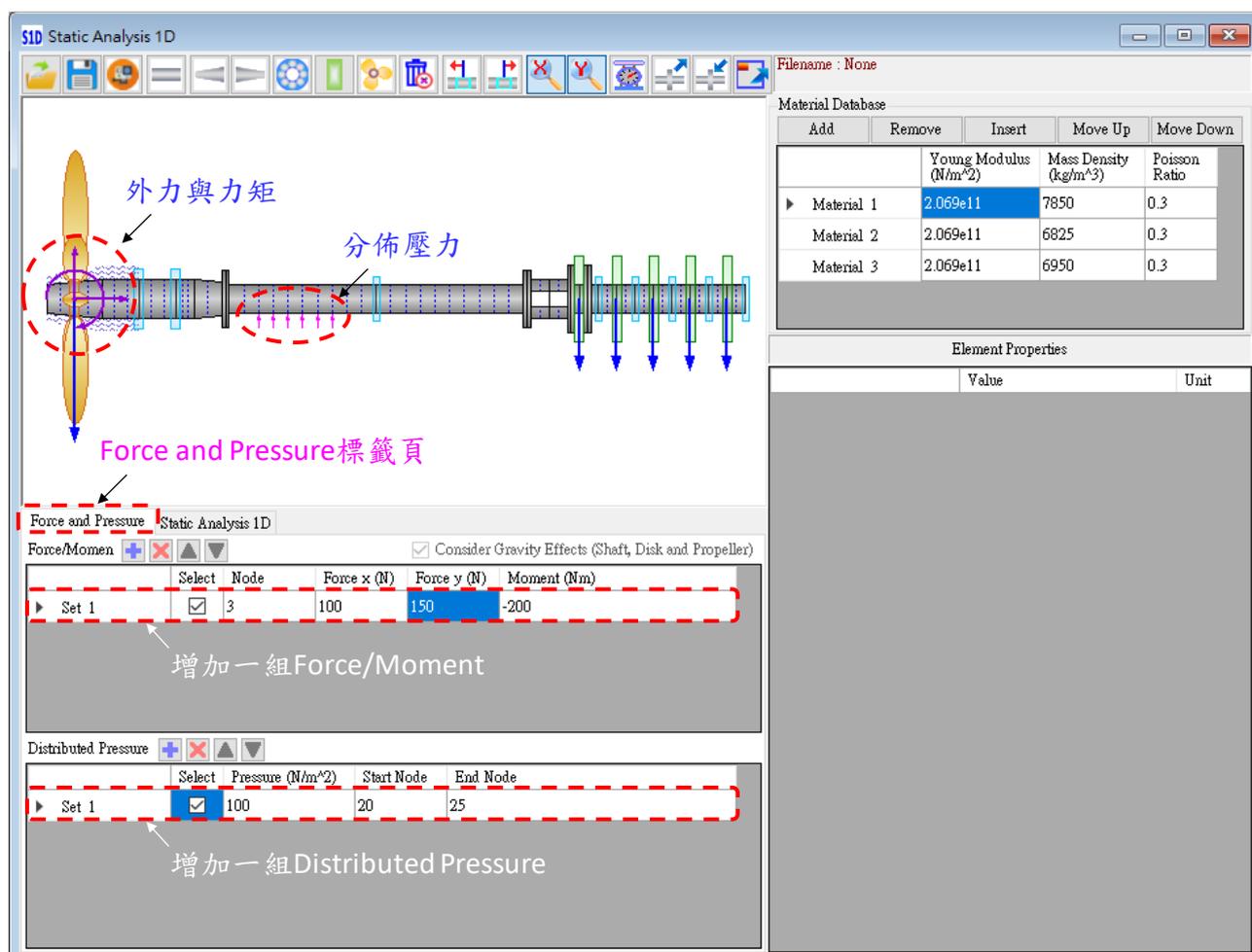




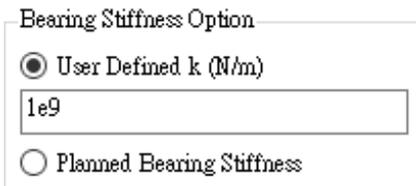
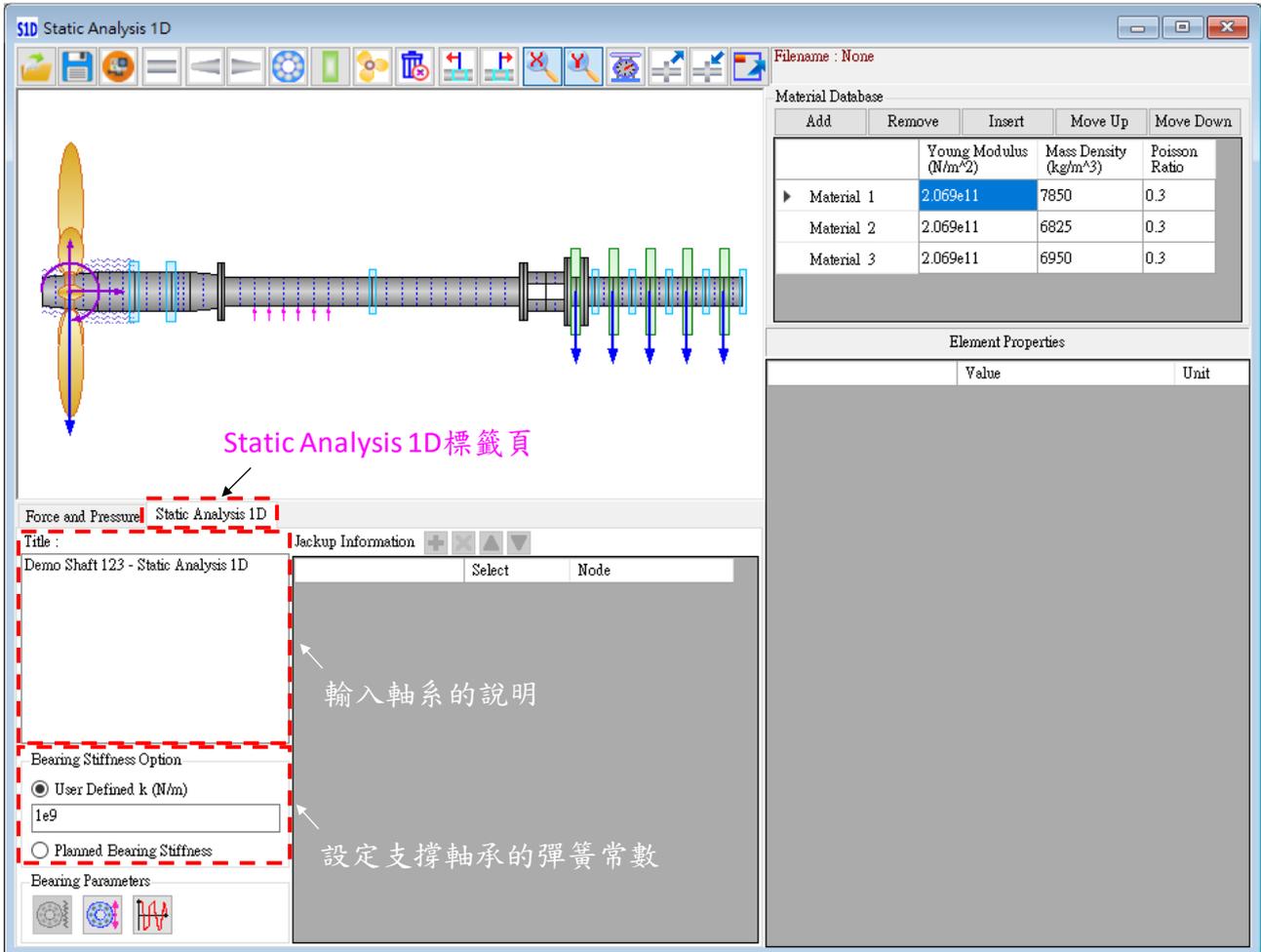
【步驟 4】 切換到一維靜態分析模組 (Static Analysis 1D)，按 Paste Shaft 按鈕，此時，SDP 軟體剪貼簿中的軸系便會貼到一維靜態分析模組 (Static Analysis 1D) 中。在軸系數學模型的轉換中，軸承、圓盤與螺旋槳的參數，在不一樣模組中可能有所不同，所以，必須檢查一下軸承、圓盤與螺旋槳的參數是否合乎一維靜態分析 (Static Analysis 1D) 的要求，如果有不適當的地方，則要做適當修改。



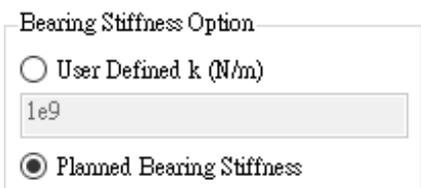
【步驟 5】 在一維靜態分析模組 (Static Analysis 1D) 中切換到 Force and Pressure 標籤頁，使用者可以在這個標籤頁加入軸系所承受的外力、力矩與分佈壓力 (Distributed Pressure)。請使用者參考下圖，在 Force/Moment 表格加入一組外力與力矩，並且在 Distributed Pressure 表格加入一組分佈壓力，在完成上述資料輸入後，將滑鼠移動到軸系建模視窗即可更新軸系的數學模型，如下圖所示。在 Force/Moment 表格與 Distributed Pressure 表格中，如果 Select 選項有打勾，則表示該組參數會加入軸系的數學模型，也會進入軸系計算程序，如果 Select 選項沒有打勾，則表示該組參數不會加入軸系的數學模型，也不會進入軸系計算程序。



【步驟 6】 在一維靜態分析模組 (Static Analysis 1D) 中切換到 Static Analysis 1D 標籤頁，並在 Title 輸入軸系的說明 (通常是很簡短的文字)，及設定支撐軸承的彈簧常數。



【User Defined k】 如果 Bearing Stiffness Option 的選項為 User Defined k，則所有支撐軸承的側向勁度 (TransverseSpringStiffness) 都完全相同，且其值為使用者設定的值 (以左圖為例，TransverseSpringStiffness = 1e9 N/m)，另外，所有支撐軸承的旋轉彈簧常數 (RotationalSpringStiffness) 也完全相同，且其值一律為 0.0，即 RotationalSpringStiffness = 0.0 Nm/rad。



Bearing Stiffness Manager
按鈕

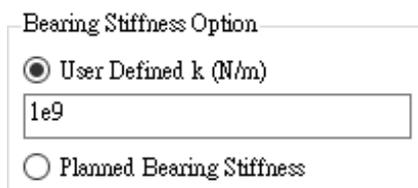
【Planned Bearing Stiffness】 如果 Bearing Stiffness Option 的選項為 Planned Bearing Stiffness，則支撐軸承的側向勁度 (TransverseSpringStiffness) 與旋轉彈簧常數 (RotationalSpringStiffness) 可以由使用者個別設定。使用者只要按下 Bearing Stiffness Manager 按鈕，即可開啟 Bearing Stiffness Manager S1D 視窗，使用者可以利用這個視窗來個別設定每一個支撐軸承的側向勁度與旋轉彈簧常數，如下圖所示。

SDP Bearing Stiffness Manager S1D --- Demo Shaft 123 - Static Analysis 1D

	B 1	B 2	B 3	B 4	B 5	B 6	B 7	B 8
▶ TransverseSpringStiffness (N/m)	1.0e+09							
RotationalSpringStiffness (Nm/rad)	0.0e+00							

【注意】 在一維靜態分析模組 (Static Analysis 1D) 中，所有支撐軸承的旋轉彈簧常數 (RotationalSpringStiffness) 在排軸計算的過程中一律假設為 0.0 Nm/rad，換句話說，上面表格中 RotationalSpringStiffness 的值不會影響計算結果。

【步驟 7】 選定 Bearing Stiffness Option 的選項為 User Defined k，且所有支撐軸承的側向勁度 TransverseSpringStiffness=1e9 N/m。





【步驟 8】 按一下 Bearing Offset Manager 按鈕，可開啟 Bearing Offset Manager S1D 視窗，使用者可以在這個視窗輸入最多 20 組支撐軸承的偏移 (Offset) 值。請使用者參考下圖輸入 3 組支撐軸承的偏移值。

SDP Bearing Offset Manager S1D (Planned Bearing Stiffness) --- Demo Shaft 123 - Static Analysis 1D

Type of Results : Bearing Loads Type of Results : Transverse Deflection

	Use Offset	Description	B 1	B 2	B 3	B 4	B 5	B 6	B 7	B 8
Offset 1 (mm)	<input checked="" type="checkbox"/>	Straight	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Offset 2 (mm)	<input type="checkbox"/>	Running Light	0.0	-0.7	-6.7	-9.4	-9.3	-9.1	-9.0	-8.8
Offset 3 (mm)	<input type="checkbox"/>	Running Ballast	0.0	-0.6	-5.7	-8.1	-8.0	-8.0	-8.0	-7.9
Offset 4 (mm)	<input type="checkbox"/>	NONE	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Offset 5 (mm)	<input type="checkbox"/>	NONE	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Offset 6 (mm)	<input type="checkbox"/>	NONE	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Offset 7 (mm)	<input type="checkbox"/>	NONE	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Offset 8 (mm)	<input type="checkbox"/>	NONE	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Offset 9 (mm)	<input type="checkbox"/>	NONE	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Offset 10 (mm)	<input type="checkbox"/>	NONE	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Offset 11 (mm)	<input type="checkbox"/>	NONE	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Offset 12 (mm)	<input type="checkbox"/>	NONE	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Offset 13 (mm)	<input type="checkbox"/>	NONE	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Offset 14 (mm)	<input type="checkbox"/>	NONE	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Offset 15 (mm)	<input type="checkbox"/>	NONE	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Offset 16 (mm)	<input type="checkbox"/>	NONE	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Offset 17 (mm)	<input type="checkbox"/>	NONE	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Offset 18 (mm)	<input type="checkbox"/>	NONE	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Offset 19 (mm)	<input type="checkbox"/>	NONE	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Offset 20 (mm)	<input type="checkbox"/>	NONE	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0



【步驟 9】 完成輸入 3 組支撐軸承的偏移值後，按 OK 按鈕，以利儲存相關資料，所有應該輸入的軸系資料到此全部完成。



【步驟 10】 回覆到一維靜態分析模組 (Static Analysis 1D) 視窗，按一下 Save File 按鈕，將軸系儲存為檔案，以方便未來進行軸系分析使用。SDP 軟體已經把上述軸系模型儲存在下列位置供使用者參考：
SDP_V210_00xx/Samples/ Demo_Shaft_S1D.sdp。



ShaftAlignment Analysis
按鈕

【步驟 11】 按一下 ShaftAlignment Analysis 按鈕，可開啟 ShaftAlignment Analyser 1D 視窗。在這個視窗，使用者可以針對軸系進行排軸 (Shaft Alignment) 的相關計算。

SDP ShaftAlignment Analyser 1D (Planned Bearing Stiffness) --- Demo Shaft 123 - Static Analysis 1D

Type of Results : Bearing Loads | Type of Results : Transverse Deflection

Plot Parameters

Title : Demo Shaft 123 - Static Analysis 1D

X Axis Interval for Shaft Length : 0.95 (m)

Y Axis Interval for Transverse Offset : 1 (mm)

Y Axis Interval for Transverse Deflection : 1 (mm)

Y Axis Interval for Node Rotational Angle : 0.0005 (rad)

Y Axis Interval for Bearing Load(s) : 10 (Ton)

Y Axis Interval for Shear Force : 100 (kN)

Y Axis Interval for Shear Stress : 0.2 (MPa)

Y Axis Interval for Bending Moment : 100 (kN.m)

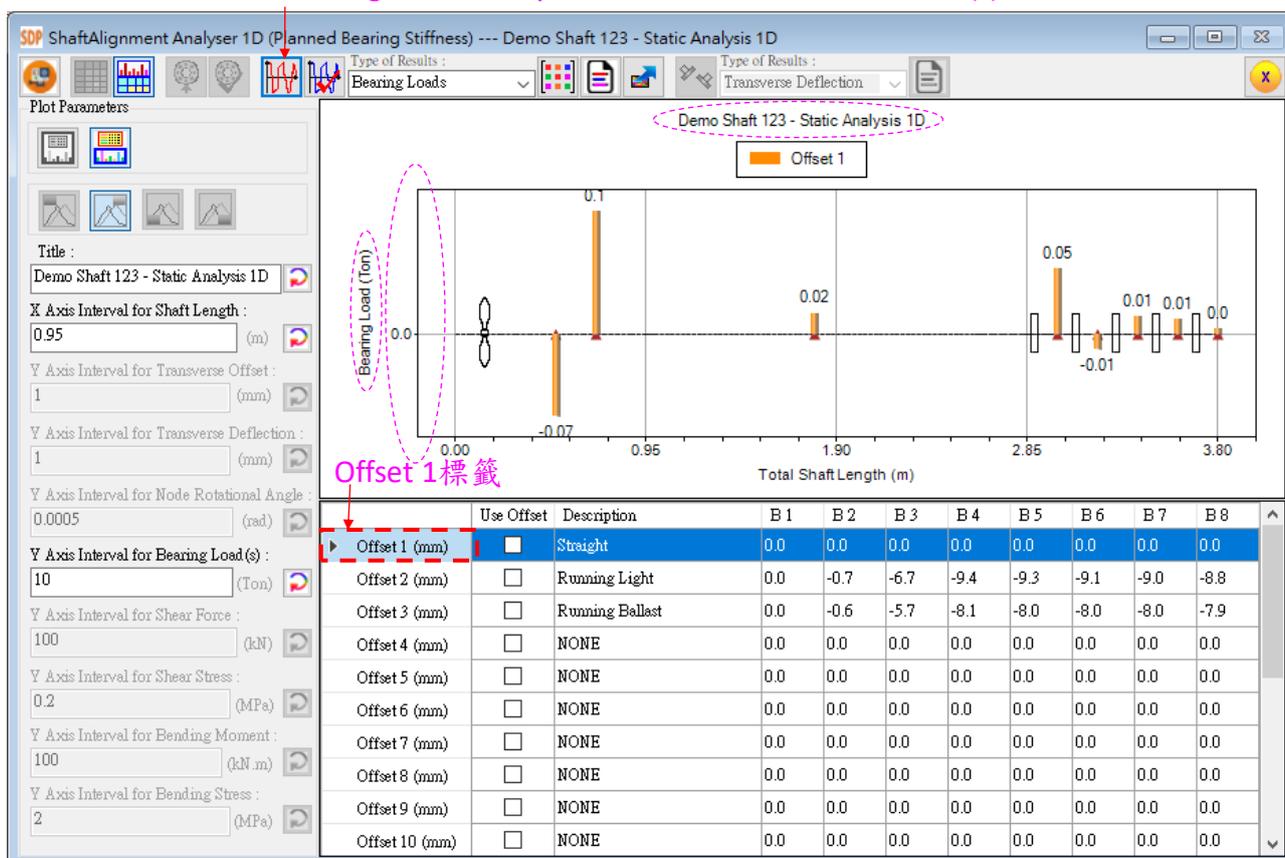
Y Axis Interval for Bending Stress : 2 (MPa)

	Use Offset	Description	B 1	B 2	B 3	B 4	B 5	B 6	B 7	B 8
Offset 1 (mm)	<input checked="" type="checkbox"/>	Straight	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Offset 2 (mm)	<input type="checkbox"/>	Running Light	0.0	-0.7	-6.7	-9.4	-9.3	-9.1	-9.0	-8.8
Offset 3 (mm)	<input type="checkbox"/>	Running Ballast	0.0	-0.6	-5.7	-8.1	-8.0	-8.0	-8.0	-7.9
Offset 4 (mm)	<input type="checkbox"/>	NONE	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Offset 5 (mm)	<input type="checkbox"/>	NONE	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Offset 6 (mm)	<input type="checkbox"/>	NONE	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Offset 7 (mm)	<input type="checkbox"/>	NONE	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Offset 8 (mm)	<input type="checkbox"/>	NONE	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Offset 9 (mm)	<input type="checkbox"/>	NONE	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Offset 10 (mm)	<input type="checkbox"/>	NONE	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

【步驟 12】 軸系排軸分析 (Shaft Alignment Analysis) 的結果最主要是和支撐軸承的偏移值 (Offset) 有關，如果使用者希望計算第一組支撐軸承偏移值 (Offset 1) 對軸系產生的影響，則請使用者先選取 Offset 1 標籤 (此時，Offset 1 整組參數會被選取)，然後按 ShaftAlignment Analysis Based on Selected Table Row(s) 按鈕，即可完成軸系排軸計算程序。此時，計算結果視窗會顯示出各個支撐軸承的負載分佈狀況 (Bearing Loads)，如下圖所示。

【提醒】 使用者如果要計算其它組軸承偏移值對軸系產生的影響，使用者選取其它 Offset 標籤後，還需要按一次 ShaftAlignment Analysis Based on Selected Table Row(s) 按鈕，重新進行一次排軸計算，以獲得正確的結果。

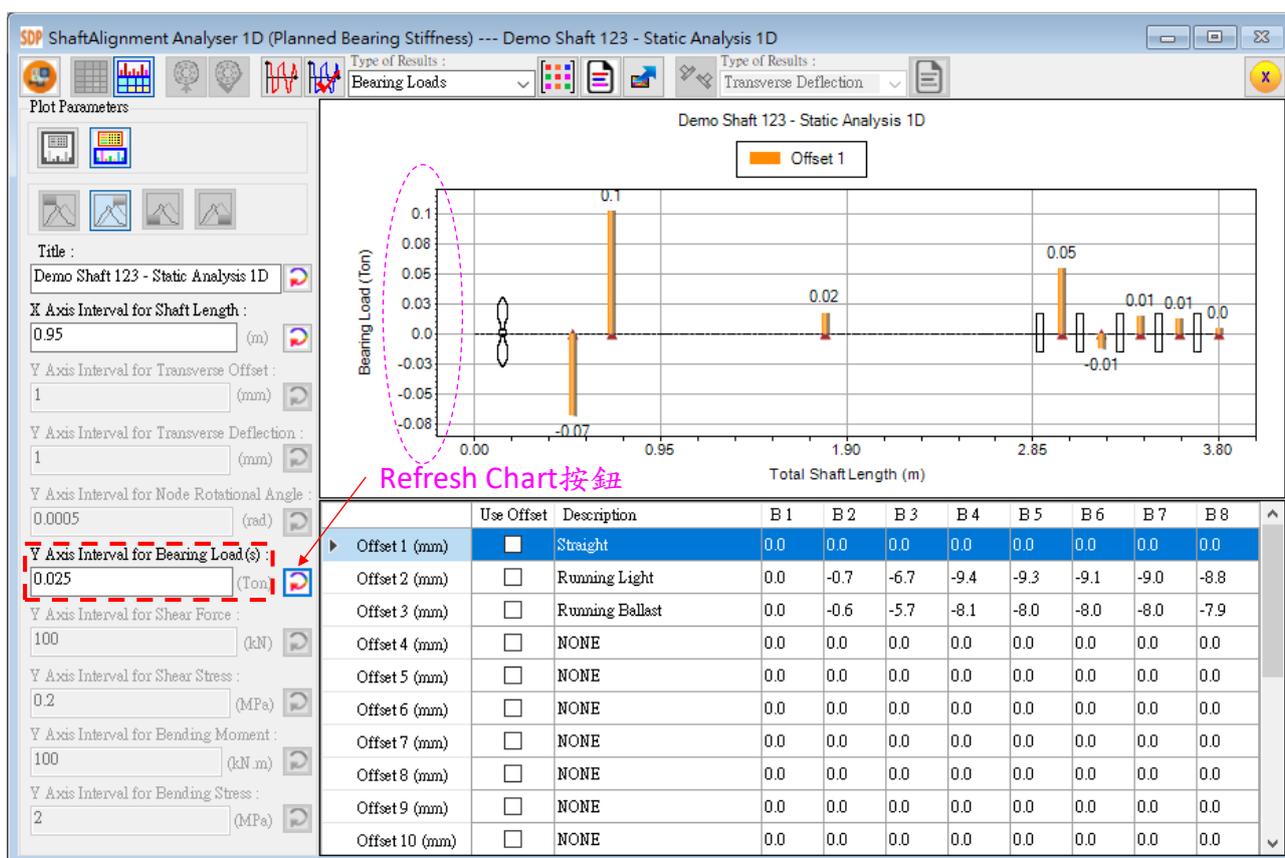
ShaftAlignment Analysis Based on Selected Table Row(s) 按鈕



【註】 Bearing Loading 柱形圖的垂直軸沒有數值標示與格線，圖形不完整，不利使用者進行軸系支撐軸承的負載分析。



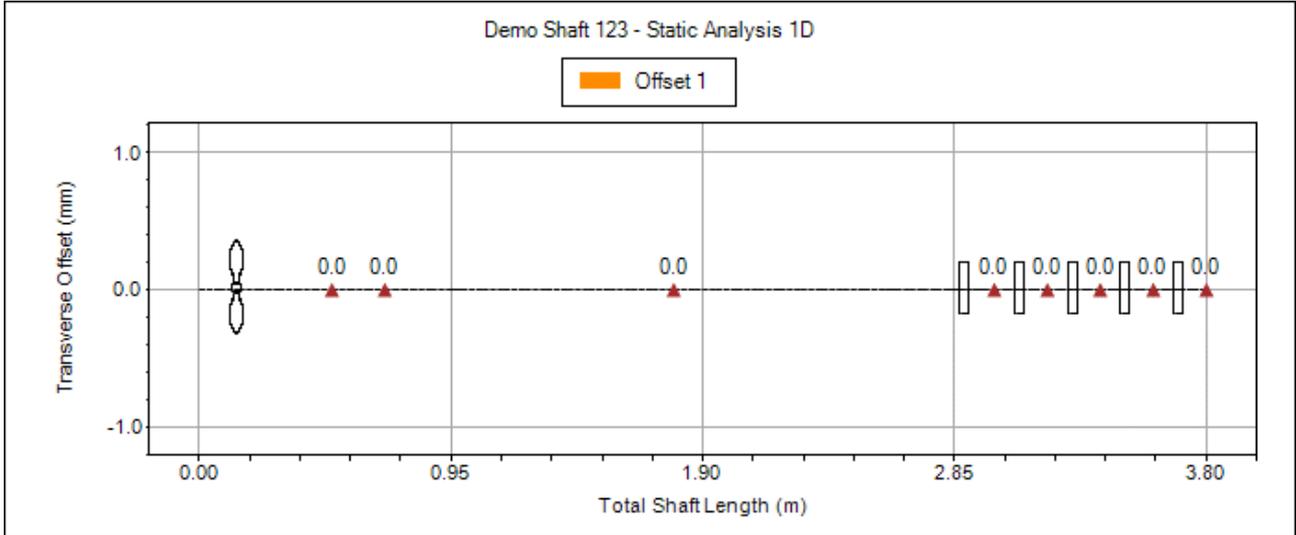
【步驟 13】 請使用者將 Y Axis Interval for Bearing Load(s) 的值修改為 0.025，然後按一下 Refresh Chart 按鈕，計算結果視窗會顯示出各個支撐軸承的負載分佈狀況 (Bearing Loads)，如下圖所示。



【註】 經過設定後，Bearing Loading 柱形圖的垂直軸已經有數值標示與格線，圖形完整，有利使用者進行軸系支撐軸承的負載分析。

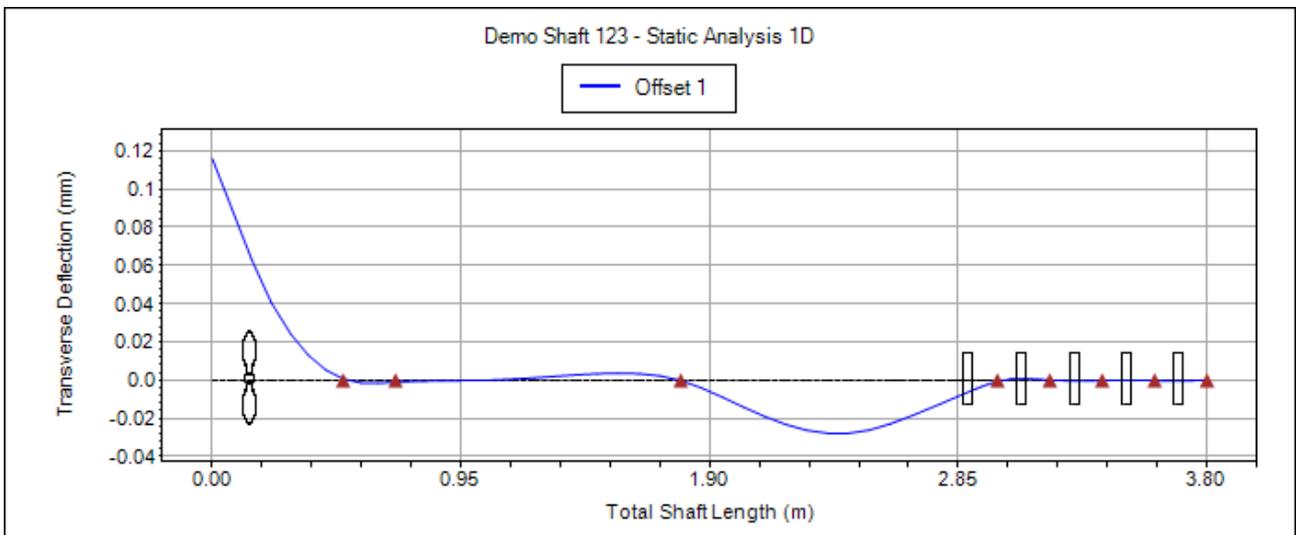
- Transverse Offset
- Transverse Deflection
- Node Rotational Angle
- Bearing Loads
- Shear Force
- Shear Stress
- Bending Moment
- Bending Stress

【步驟 14】 請使用者將 Type of Results 修改為 Transverse Offset，此時，計算結果視窗會顯示出各個支撐軸承的偏移值 (Offset) 分佈狀況，如下圖所示。



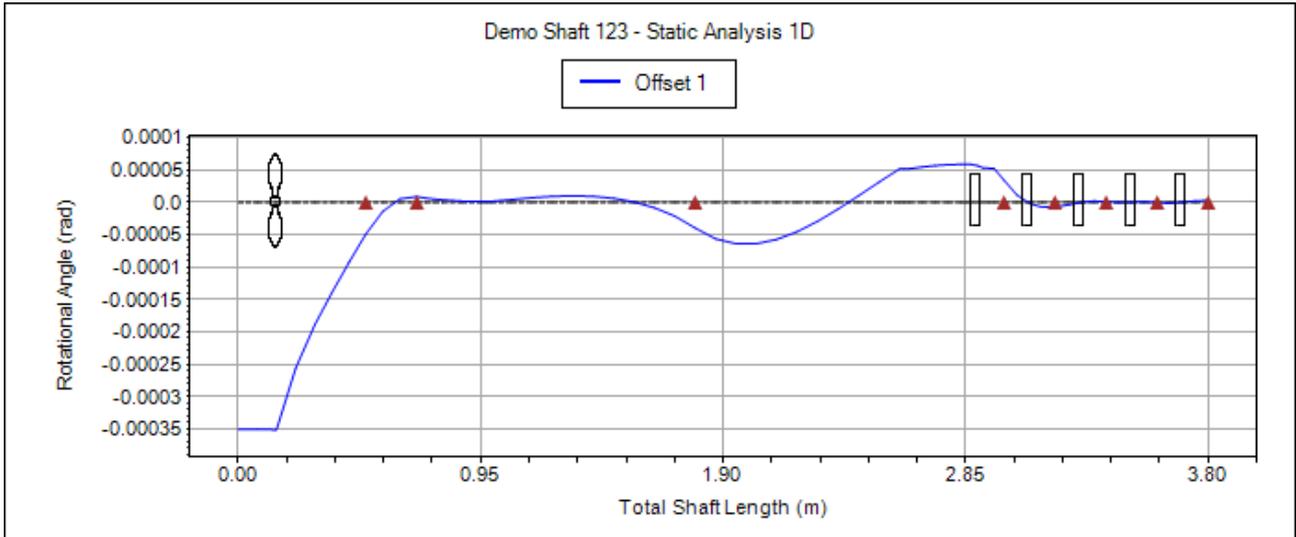
- Transverse Offset
- Transverse Deflection
- Node Rotational Angle
- Bearing Loads
- Shear Force
- Shear Stress
- Bending Moment
- Bending Stress

【步驟 15】 請使用者將 Type of Results 修改為 Transverse Deflection，此時，計算結果視窗會顯示出軸系的 Transverse Deflection 狀況，如下圖所示。(垂直軸的數值標示與格線需要由使用者設定)



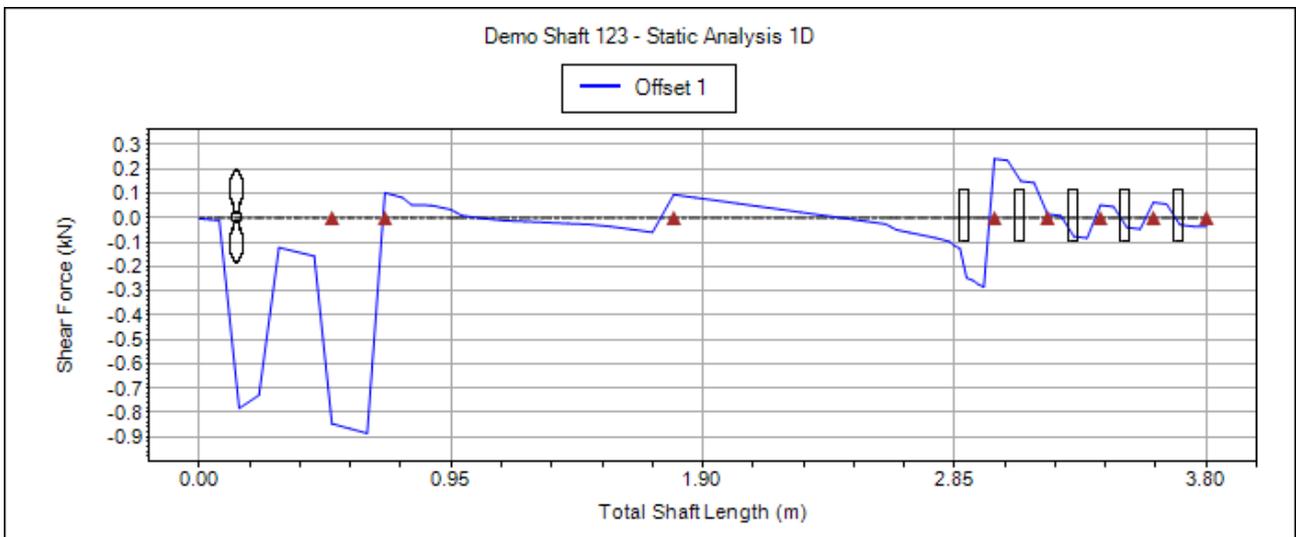
- Transverse Offset
- Transverse Deflection
- Node Rotational Angle**
- Bearing Loads
- Shear Force
- Shear Stress
- Bending Moment
- Bending Stress

【步驟 16】 請使用者將 Type of Results 修改為 Node Rotational Angle，此時，計算結果視窗會顯示出軸系的 Node Rotational Angle 狀況，如下圖所示。(垂直軸的數值標示與格線需要由使用者設定)



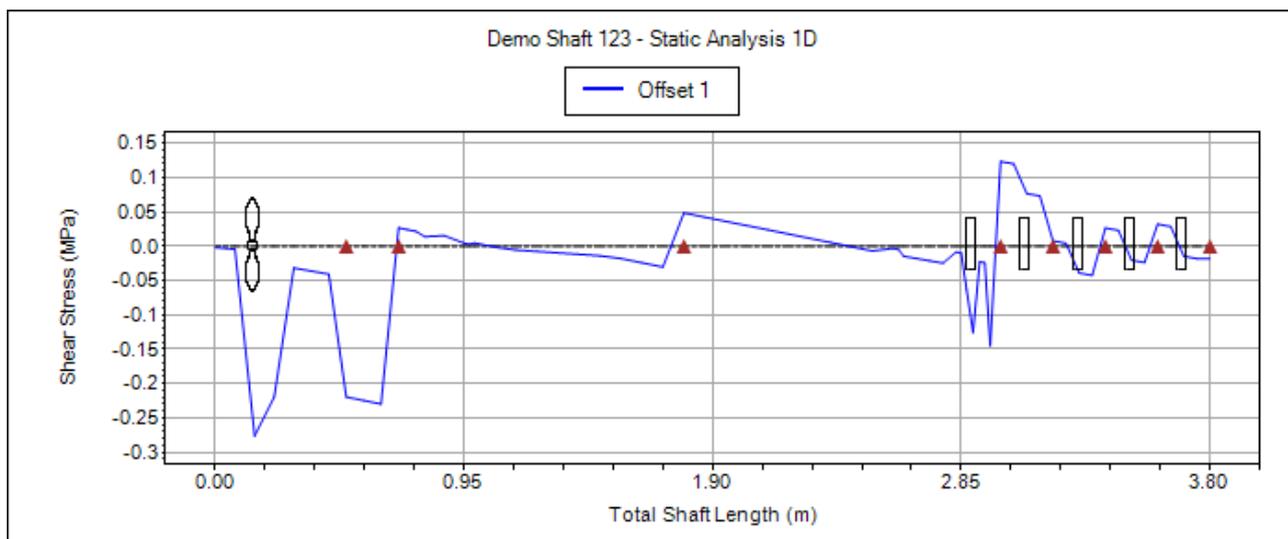
- Transverse Offset
- Transverse Deflection
- Node Rotational Angle
- Bearing Loads
- Shear Force**
- Shear Stress
- Bending Moment
- Bending Stress

【步驟 17】 請使用者將 Type of Results 修改為 Shear Force，此時，計算結果視窗會顯示出軸系的 Shear Force 狀況，如下圖所示。(垂直軸的數值標示與格線需要由使用者設定)



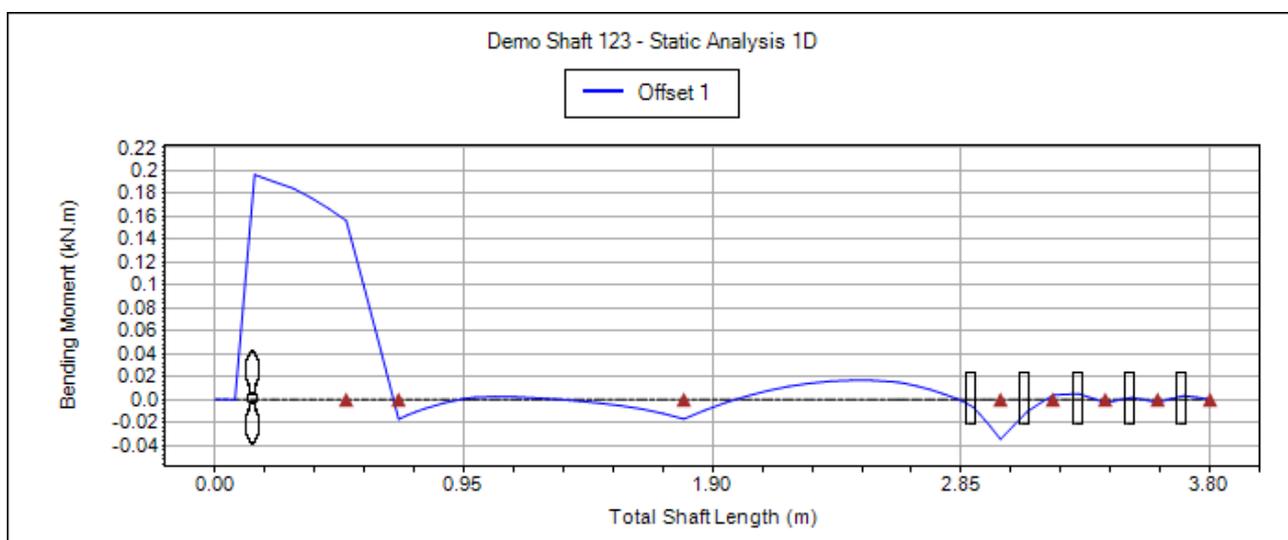
- Transverse Offset
- Transverse Deflection
- Node Rotational Angle
- Bearing Loads
- Shear Force
- Shear Stress
- Bending Moment
- Bending Stress

【步驟 18】 請使用者將 Type of Results 修改為 Shear Stress，此時，計算結果視窗會顯示出軸系的 Shear Stress 狀況，如下圖所示。(垂直軸的數值標示與格線需要由使用者設定)



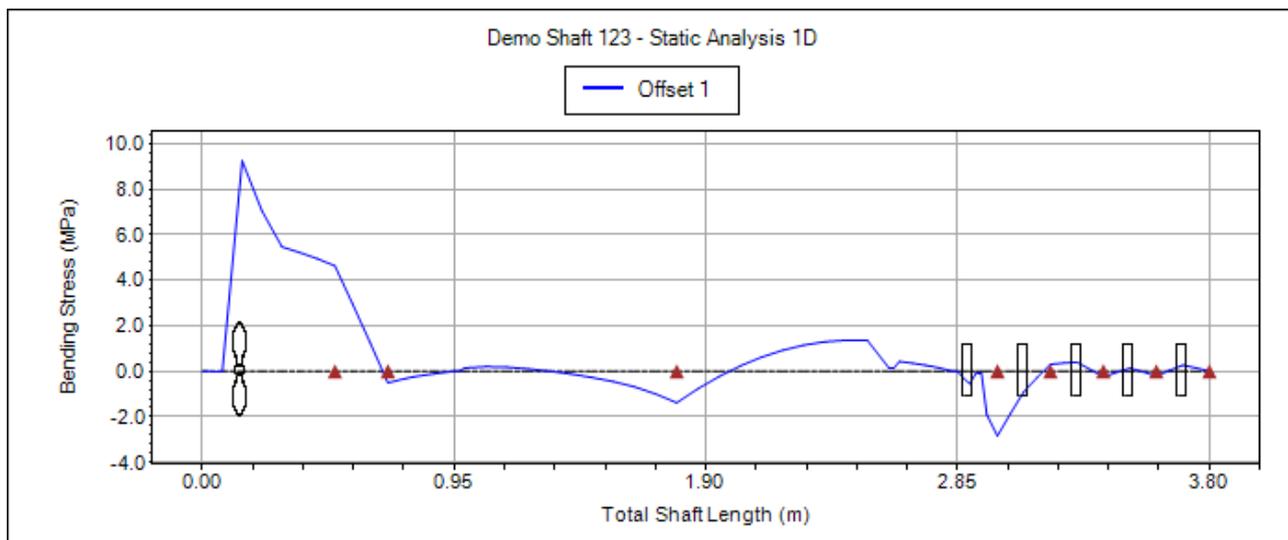
- Transverse Offset
- Transverse Deflection
- Node Rotational Angle
- Bearing Loads
- Shear Force
- Shear Stress
- Bending Moment
- Bending Stress

【步驟 19】 請使用者將 Type of Results 修改為 Bending Moment，此時，計算結果視窗會顯示出軸系的 Bending Moment 狀況，如下圖所示。(垂直軸的數值標示與格線需要由使用者設定)



- Transverse Offset
- Transverse Deflection
- Node Rotational Angle
- Bearing Loads
- Shear Force
- Shear Stress
- Bending Moment
- Bending Stress

【步驟 20】 請使用者將 Type of Results 修改為 Bending Stress，此時，計算結果視窗會顯示出軸系的 Bending Stress 狀況，如下圖所示。(垂直軸的數值標示與格線需要由使用者設定)



【步驟 21】 按一下 Influence Coefficient Matrix 按鈕，可輸出影響係數矩陣，如下圖所示。(軸系的影响係數矩陣與支撐軸承的偏移值 (Offset) 無關)

OPW Influence Coefficient Matrix

Influence coefficient matrix is listed in the following :

Unit : kN/mm

8.385	-10.293	2.420	-1.825	1.560	-0.281	0.036	-0.003
-10.293	12.714	-3.163	2.640	-2.257	0.407	-0.052	0.005
2.420	-3.163	1.306	-2.693	2.537	-0.460	0.059	-0.005
-1.825	2.640	-2.693	23.920	-37.818	18.572	-3.116	0.320
1.560	-2.257	2.537	-37.818	79.735	-63.268	22.359	-2.847
-0.281	0.407	-0.460	18.572	-63.268	89.738	-60.999	16.292
0.036	-0.052	0.059	-3.116	22.359	-60.999	66.999	-25.288
-0.003	0.005	-0.005	0.320	-2.847	16.292	-25.288	11.527

Unit : Ton/mm

0.855	-1.049	0.247	-0.186	0.159	-0.029	0.004	0.000
-1.049	1.296	-0.322	0.269	-0.230	0.041	-0.005	0.000
0.247	-0.322	0.133	-0.275	0.259	-0.047	0.006	-0.001
-0.186	0.269	-0.275	2.438	-3.855	1.893	-0.318	0.033
0.159	-0.230	0.259	-3.855	8.128	-6.449	2.279	-0.290
-0.029	0.041	-0.047	1.893	-6.449	9.148	-6.218	1.661
0.004	-0.005	0.006	-0.318	2.279	-6.218	6.830	-2.578
0.000	0.000	-0.001	0.033	-0.290	1.661	-2.578	1.175

-----END-----



【步驟 22】 按一下 ShaftAlignment Report 按鈕，即可以文字型式輸出完

整的軸系排軸數值分析報告，如下圖所示。

OPW Shaft Alignment Report --- Demo Shaft 123 - Static Analysis 1D

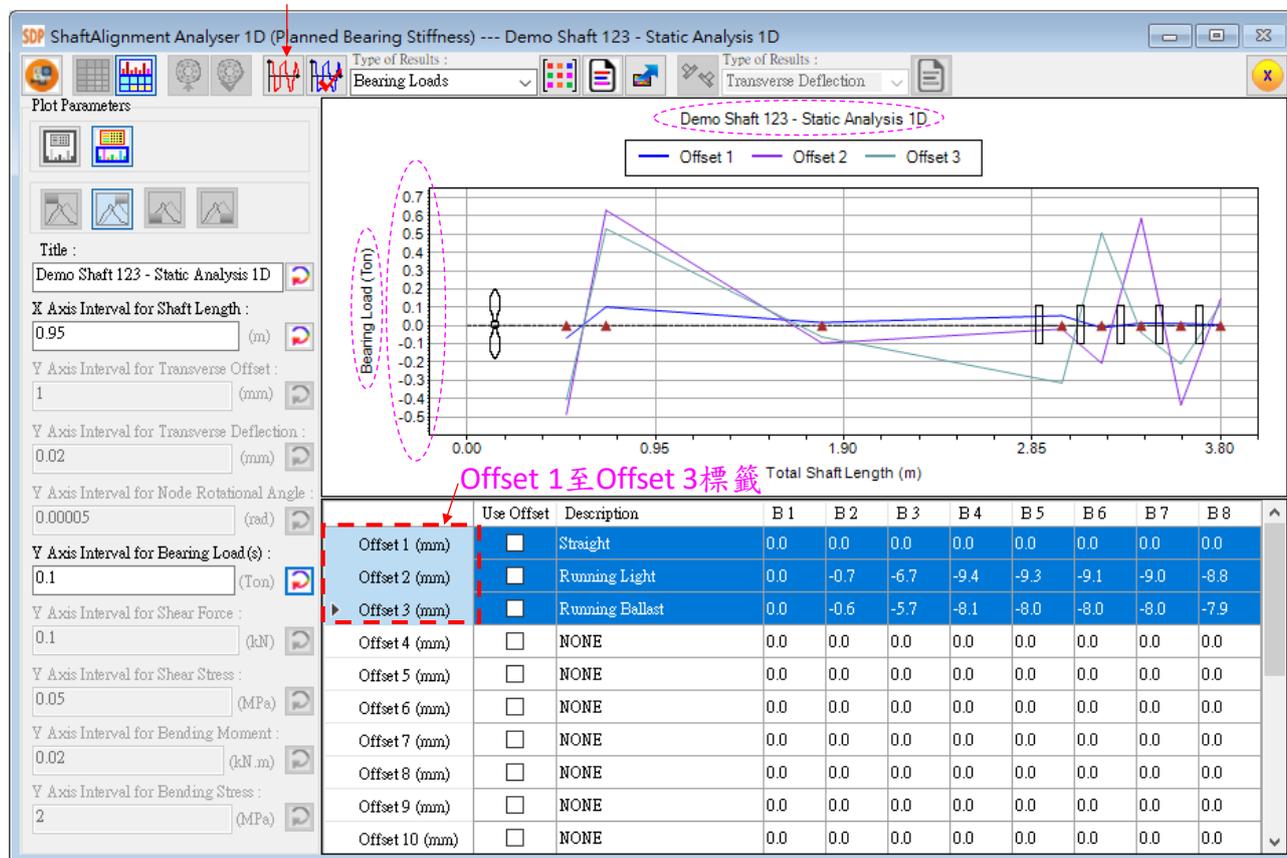
67 3800.00 0.00

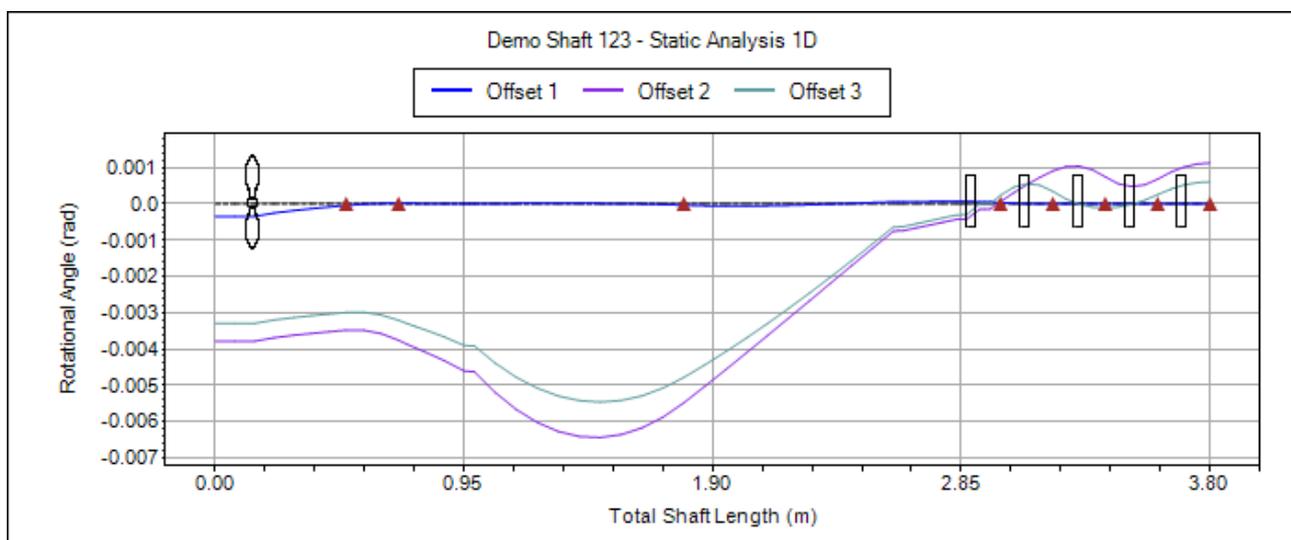
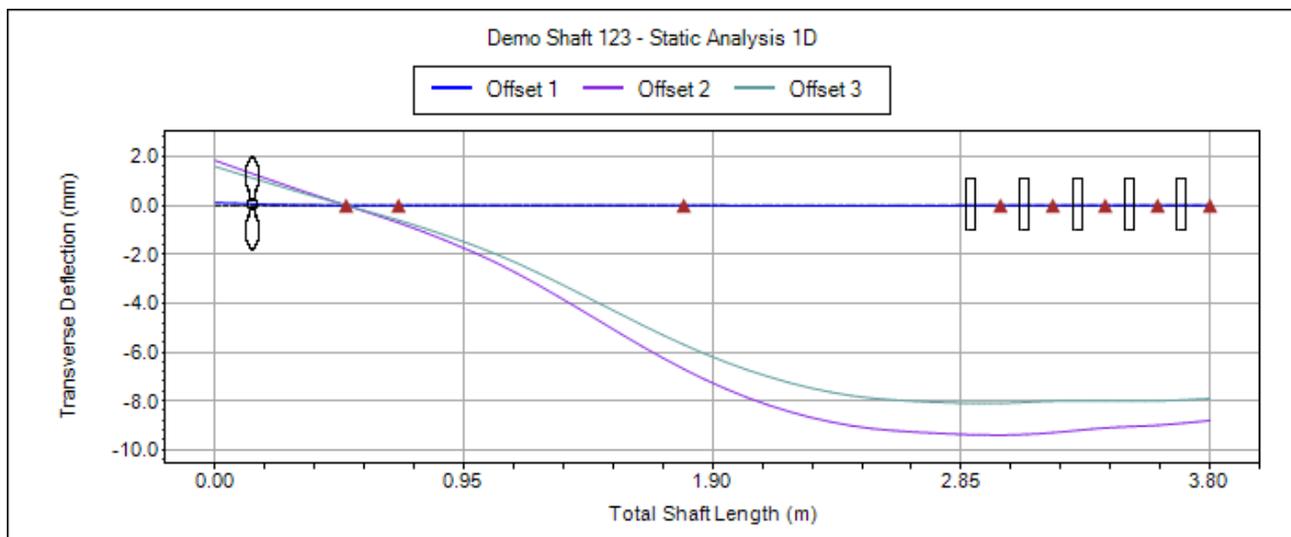
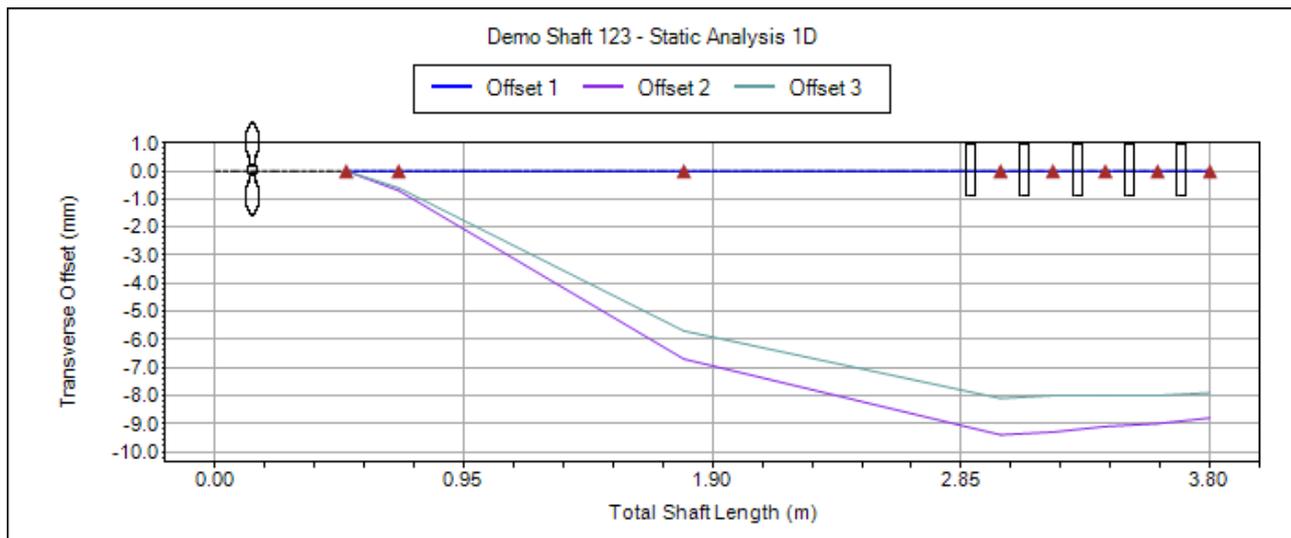
=====
Transverse Deflection (mm)
=====

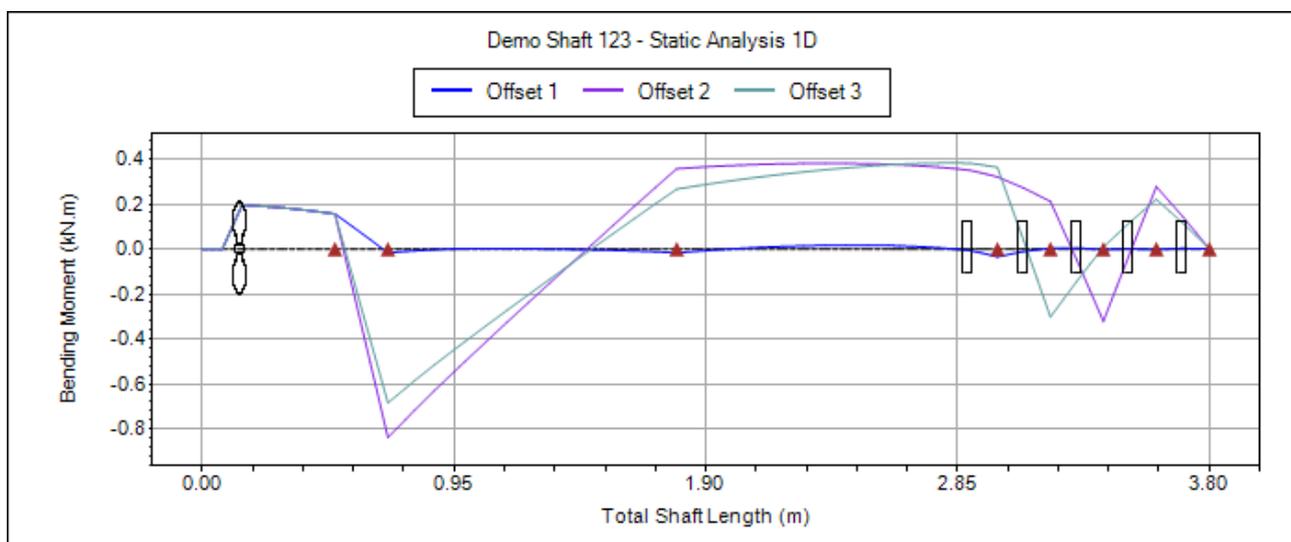
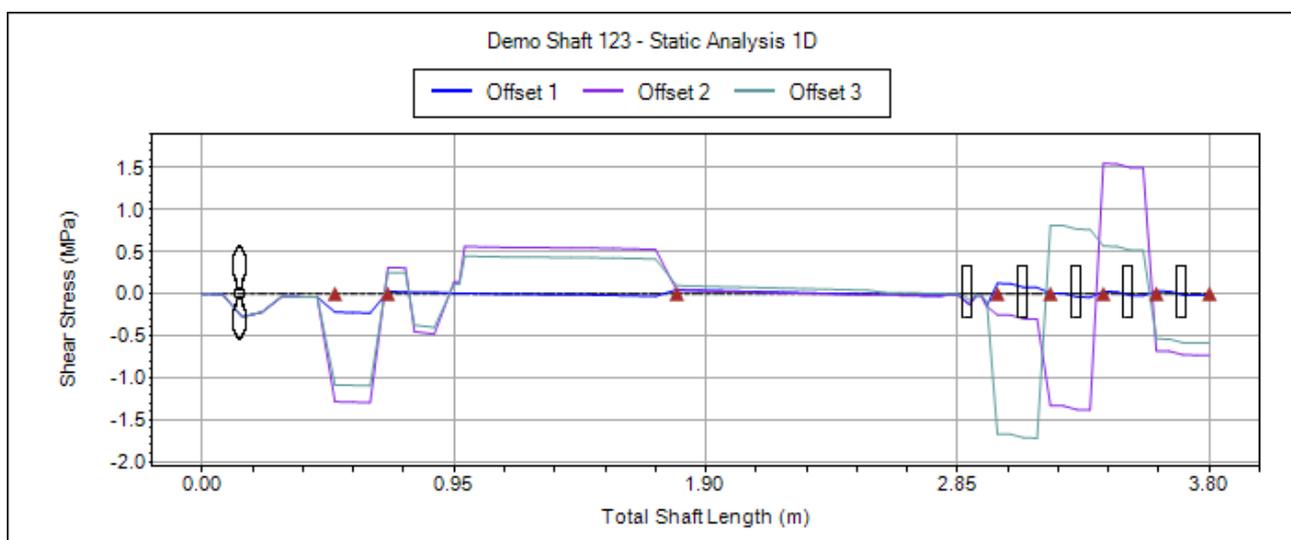
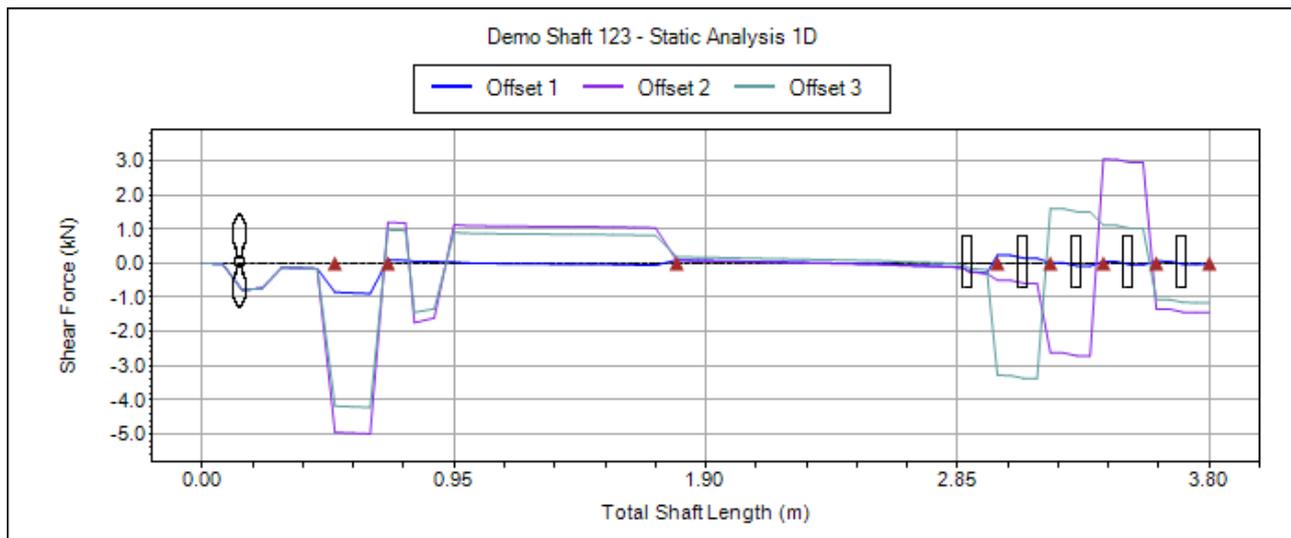
Node	X (mm)	Offset l
1	0.00	0.12
2	75.00	0.09
3	150.00	0.06
4	225.00	0.04
5	300.00	0.02
6	366.67	0.01
7	433.33	0.01
8	500.00	0.00
9	566.67	0.00
10	633.33	0.00
11	700.00	0.00
12	733.33	0.00
13	766.67	0.00
14	800.00	0.00
15	875.00	0.00
16	950.00	0.00
17	970.00	0.00
18	990.00	0.00
19	1070.00	0.00
20	1150.00	0.00
21	1230.00	0.00
22	1310.00	0.00
23	1390.00	0.00
24	1470.00	0.00
25	1550.00	0.00
26	1630.00	0.00
27	1710.00	0.00
28	1790.00	0.00
29	1870.00	0.00
30	1950.00	-0.01
31	2030.00	-0.01
32	2110.00	-0.02
33	2190.00	-0.02
34	2270.00	-0.03
35	2350.00	-0.03
36	2430.00	-0.03
37	2510.00	-0.03
38	2590.00	-0.02
39	2610.00	-0.02
40	2630.00	-0.02
41	2680.00	-0.02
42	2730.00	-0.02
43	2780.00	-0.01
44	2830.00	-0.01
45	2850.00	-0.01
46	2870.00	-0.01
47	2895.00	-0.01
48	2920.00	0.00
49	2940.00	0.00

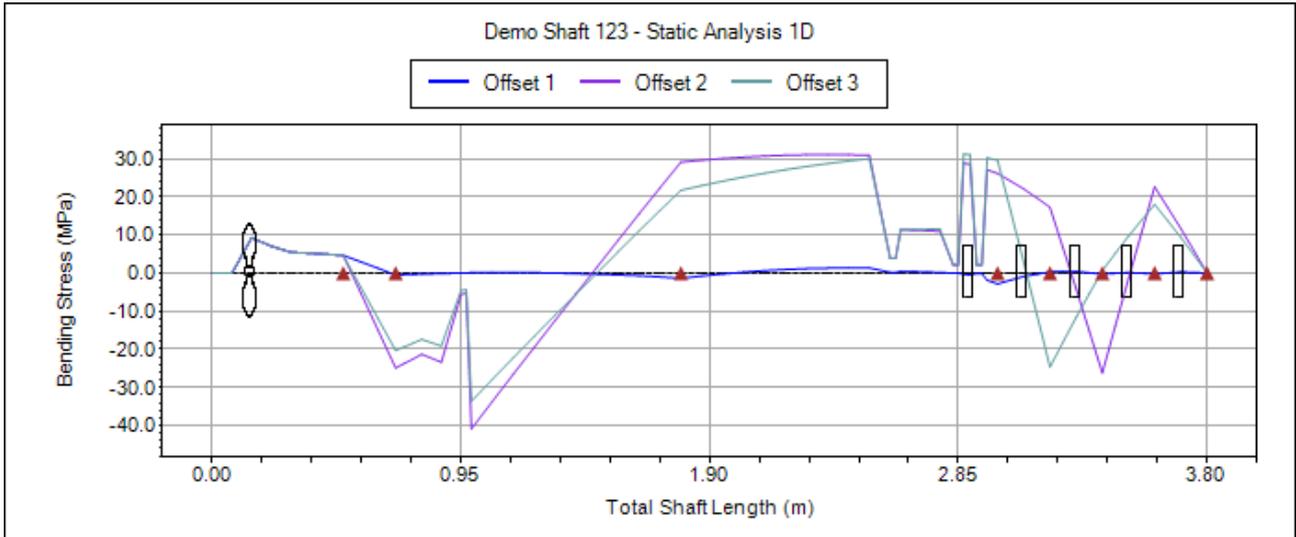
【步驟 23】 如果使用者希望計算多組支撐軸承偏移值對軸系產生的影響，並加以比較，則請使用者一次選取多組 Offset 標籤，然後再進行計算程序。例如：使用者先按柱 Shift 鍵(不要釋放)，然後用滑鼠點選 Offset 1 標籤、Offset 2 標籤與 Offset 3 標籤，釋放 Shift 鍵，接著按 ShaftAlignment Analysis Based on Selected Table Row(s)按鈕，即可完成上述三組支撐軸承偏移值對軸系產生的影響計算程序。此時，計算結果視窗會顯示出上述三組支撐軸承偏移值對軸系各個支撐軸承的負載分佈狀況(Bearing Loads)之比較圖，如下圖所示。如果 Type of Results 的設定不為 Bearing Loads，則會顯示其它相對應的曲線圖，相關結果的輸出方法，請參考前述幾個步驟，不再重覆敘述，至於上述三組支撐軸承偏移值對軸系的排軸計算結果比較，則請參考後續附上的曲線圖與圖片。

ShaftAlignment Analysis Based on Selected Table Row(s)按鈕









OPW Shaft Alignment Report --- Demo Shaft 123 - Static Analysis 1D

Bearing Support Offset (mm)

Node	X (mm)	Offset 1	Offset 2	Offset 3
8	500.00	0.00	0.00	0.00
11	700.00	0.00	-0.70	-0.60
28	1790.00	0.00	-6.70	-5.70
51	3000.00	0.00	-9.40	-8.10
55	3200.00	0.00	-9.30	-8.00
59	3400.00	0.00	-9.10	-8.00
63	3600.00	0.00	-9.00	-8.00
67	3800.00	0.00	-8.80	-7.90

Bearing Reaction Load (kN)

Node	X (mm)	Offset 1	Offset 2	Offset 3
8	500.00	-0.07	-0.49	-0.41
11	700.00	0.10	0.63	0.53
28	1790.00	0.02	-0.10	-0.06
51	3000.00	0.05	-0.02	-0.31
55	3200.00	-0.01	-0.21	0.51
59	3400.00	0.01	0.59	-0.04
63	3600.00	0.01	-0.44	-0.21
67	3800.00	0.00	0.15	0.12

Transverse Deflection (mm)

Node	X (mm)	Offset 1	Offset 2	Offset 3
1	0.00	0.12	1.84	1.59
2	75.00	0.09	1.55	1.35
3	150.00	0.06	1.27	1.10
4	225.00	0.04	0.99	0.85
5	300.00	0.02	0.72	0.62
6	366.67	0.01	0.48	0.41
7	433.33	0.01	0.24	0.21
8	500.00	0.00	0.00	0.00
9	566.67	0.00	-0.23	-0.20
10	633.33	0.00	-0.46	-0.40
11	700.00	0.00	-0.71	-0.61