

One Stop Solution
for Bridge and Civil Structures

midas Civil

鋼箱型橋梁反應譜分析

台灣邁達斯技術部製作

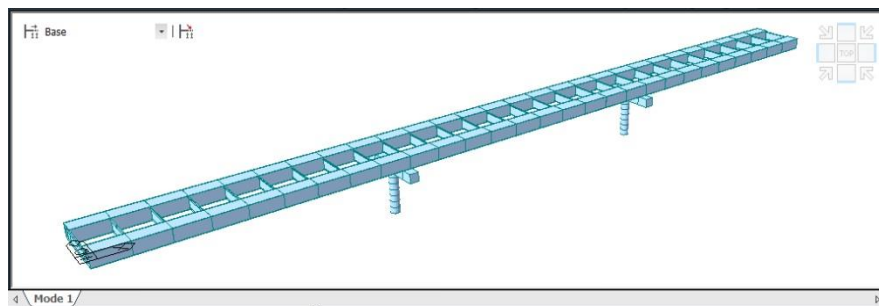
www.midasuser.com.tw

目 錄

概要	1
設定操作環境及定義材料和斷面	2
定義材料	2
定義斷面	3
建立結構模型	4
主梁及橫梁模型	4
輸入橫梁	5
輸入橋墩	5
剛性連接	7
建立橋墩和橫梁	9
輸入邊界條件	10
輸入支承的邊界條件	10
剛性連接	11
輸入橫梁的梁端剛域	12
輸入橋臺的邊界條件	13
輸入二期載重	14
輸入質量	15
輸入反應譜資料	17
輸入反應譜函數	17
輸入反應譜載重狀況	18
運行結構分析	19
查看結果	20
載重組合	20
查看振態形狀和頻率	21
查看橋墩的支承反力	24

概要

本例題介紹使用midas Civil的動態反應譜分析功能來進行耐震設計的方法。



例題使用的是簡化的鋼箱型橋梁模型，橋梁結構係由主梁、橫梁和橋墩構成。橋臺部分由於勁度很大，不另外建立模型而僅輸入邊界條件來模擬；基礎部分假設完全固定，也只依邊界條件來定義。

以下是鋼橋梁的一些基本資料。

跨 徑：45 m + 50 m + 45 m = 140 m

橋 寬：11.4 m

主梁形式：鋼構箱型梁

鋼 材：CNS(S) SM490 (主梁)

混 凝 土：CNS(RC) C280 (橋墩)

[單位：mm]

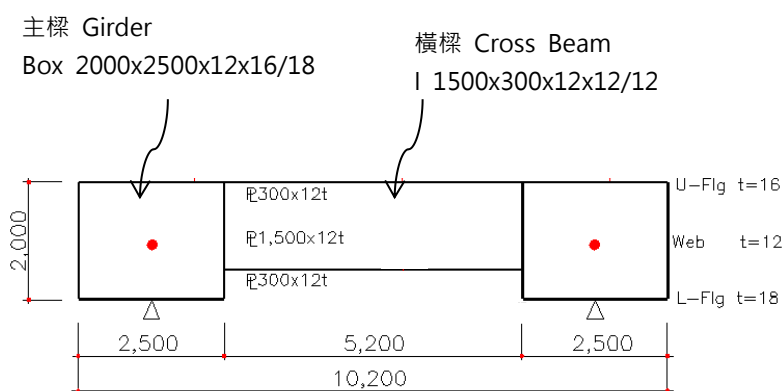


圖1. 橋梁剖面圖

設定操作環境及定義材料和斷面

開啟新檔 ( **New Project**) ，以‘Response.mcb’為檔名儲存 ( **Save**) 。

File  **New Project...**

File / **Save (Response)**

將單位系統設定為 Tonf, m 。

Tools / **Unit System...**

Length > **m** ; Force (Mass) > **Tonf** ↵

定義材料

分別輸入主梁和橋墩的材料資料。

主選單 **Properties>Material Properties**

Add

Material ID (1) ; Type of Design > **Steel**

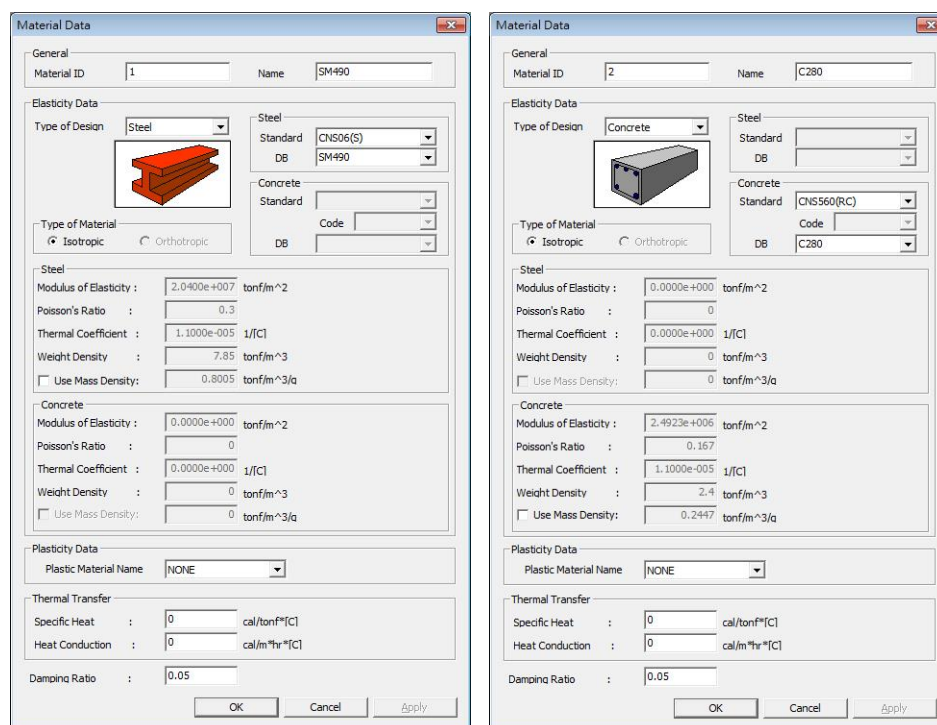
Standard > **CNS06(S)** ; DB > **SM490**

Apply

Material ID (2) ; Type of Design > **Concrete**

Standard > **CNS560(RC)** ; DB > **C280**

OK



Material Data

General
Material ID: 1 Name: SM490

Elasticity Data
Type of Design: Steel
Standard: CNS06(S) DB: SM490
Type of Material: ☒ Isotropic ☐ Orthotropic

Steel
Modulus of Elasticity: 2.0400e+007 tonf/m²
Poisson's Ratio: 0.3
Thermal Coefficient: 1.1000e-005 1/°C
Weight Density: 7.85 tonf/m³
☐ Use Mass Density: 0.8005 tonf/m³/q

Concrete
Modulus of Elasticity: 0.0000e+000 tonf/m²
Poisson's Ratio: 0
Thermal Coefficient: 0.0000e+000 1/°C
Weight Density: 0 tonf/m³
☐ Use Mass Density: 0 tonf/m³/q

Plasticity Data
Plastic Material Name: NONE

Thermal Transfer
Specific Heat: 0 cal/tonf*°C
Heat Conduction: 0 cal/m*hr*°C
Damping Ratio: 0.05

Material Data

General
Material ID: 2 Name: C280

Elasticity Data
Type of Design: Concrete
Standard: CNS560(RC) DB: C280
Type of Material: ☒ Isotropic ☐ Orthotropic

Steel
Modulus of Elasticity: 0.0000e+000 tonf/m²
Poisson's Ratio: 0
Thermal Coefficient: 0.0000e+000 1/°C
Weight Density: 0 tonf/m³
☐ Use Mass Density: 0 tonf/m³/q

Concrete
Modulus of Elasticity: 2.4923e+006 tonf/m²
Poisson's Ratio: 0.167
Thermal Coefficient: 1.1000e-005 1/°C
Weight Density: 2.4 tonf/m³
☐ Use Mass Density: 0.2447 tonf/m³/q

Plasticity Data
Plastic Material Name: NONE

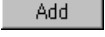
Thermal Transfer
Specific Heat: 0 cal/tonf*°C
Heat Conduction: 0 cal/m*hr*°C
Damping Ratio: 0.05

圖2. 定義材料

定義斷面

使用 **User** 自行輸入主梁、橫梁以及橋墩的斷面資料。

主 梁： 箱型梁 2000×2500×12×16/18
橫 梁： I 型鋼 1500×300×12×12/12
柱 帽： 長方形斷面 1500×1500
橋 墩： 圓形斷面 1500

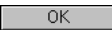
主選單 **Properties>**  **Section Properties** 

DB/User 表單

Section ID (1) ; Name (**Girder**) ; 斷面形狀 > **Box** ; **User** (開)
輸入：H (2) ; B (2.5) ; tw (0.012)
tf1 (0.016) ; C (2.3) ; tf2 (0.018) 

Section ID(2) ;Name (**Cross**) ; 斷面形狀 > **I-Section** ; **User** (開)
輸入：H (1.5) ; B (0.3) ; tw (0.012) ; tf1 (0.012) 

Section ID (3) ; Name (**Coping**) ; 斷面形狀 > **Solid Rectangle** ;
User (開) , 輸入: H (1.5) ; B (1.5) 

Section ID (4) ; Name (**Column**) ; 斷面形狀 > **Solid Round** ;
User (開) , 輸入: D (1.5) 

輸入斷面尺寸時，若只輸入tf1，不輸入tf2，則 tf2與 tf1相同。

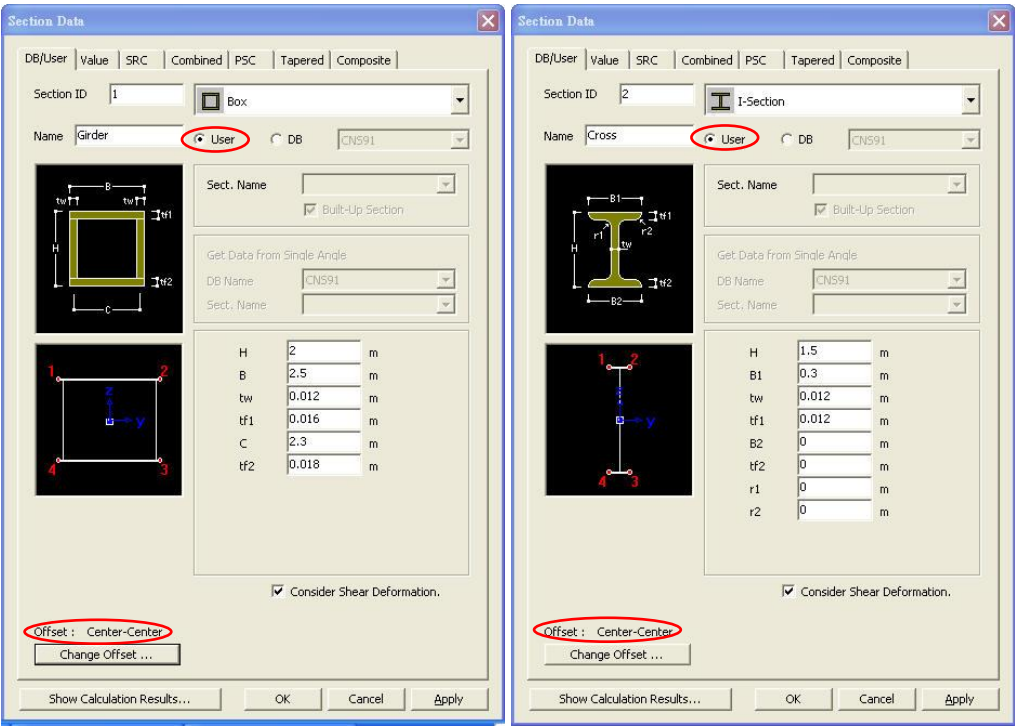


圖3. 定義斷面

建立結構模型

主梁及橫梁模型

使用  **Create Nodes** 建立節點後，透過  **Extrude Element** 功能將節點依 **28@5m** 擴展成梁單元來建立主梁。

 **Top** ;  **Auto fitting** (開)

主選單 **Node/Element>Nodes>**  **Create Nodes...**

Coordinates (**0, 0, 0**)

Copy > Number of Times (**1**)

Distances (dx, dy, dz) > (**0, 7.7, 0**) 

主選單 **Node/Element>Elements>**  **Extrude...**

 **Select All**

Extrude Type > **Node→Line Element**

Element Attributes > Element Type > **Beam**

Material > **1: SM490** ; Section > **1: Girder**

Generation Type > **Translate**

Translation > **Equal Distance**

dx, dy, dz (**5, 0, 0**) ; Number of Times (**28**) 

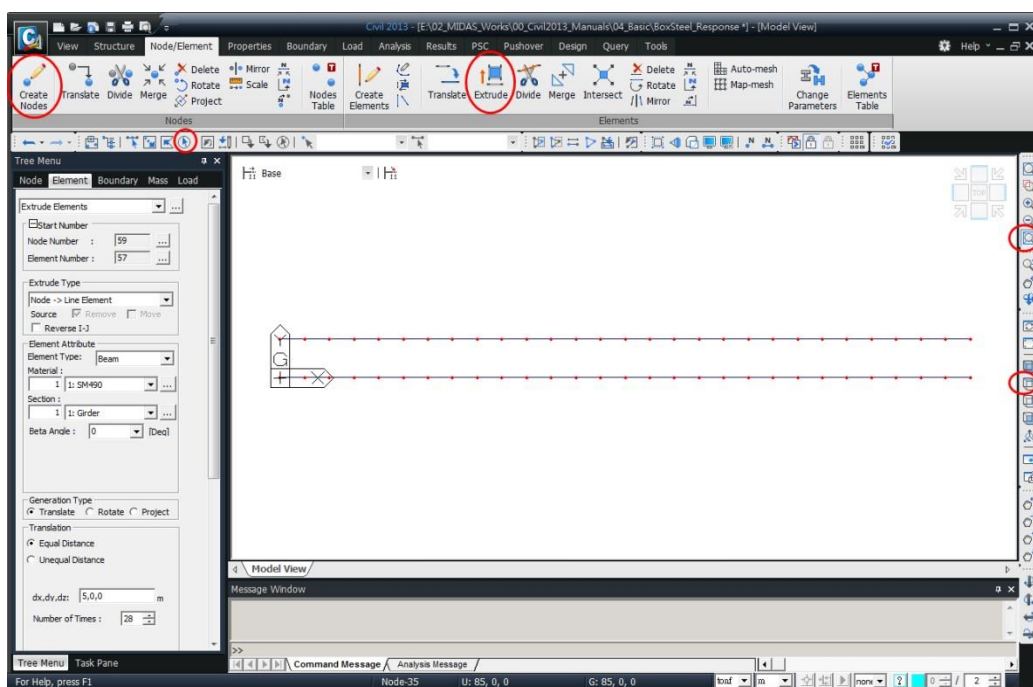


圖4. 輸入主梁

輸入橫梁

在主梁起點處使用  **Create Elements** 功能連接兩個節點建立一個橫梁後，可透過將該梁依橋樑縱向複製來建立其餘的橫梁。

Node Number (開)

主選單 **Node/Element>Elements>**  **Create Elements...**

Element Type > **General beam/Tapered beam**

Material > **1:SM490** ; Section > **2:Cross** ;

Beta Angle (**0**)

Nodal Connectivity (**1, 2**)[Ⓐ]

Apply

主選單 **Node/Element>Elements>**  **Translate...**

 **Select Recent Entities** 選取前次建立的物件單元

Mode > **Copy** ; Translation > **Equal distance**

dx, dy, dz (**5, 0, 0**)[Ⓐ] ; Number of Times (**28**)

Apply

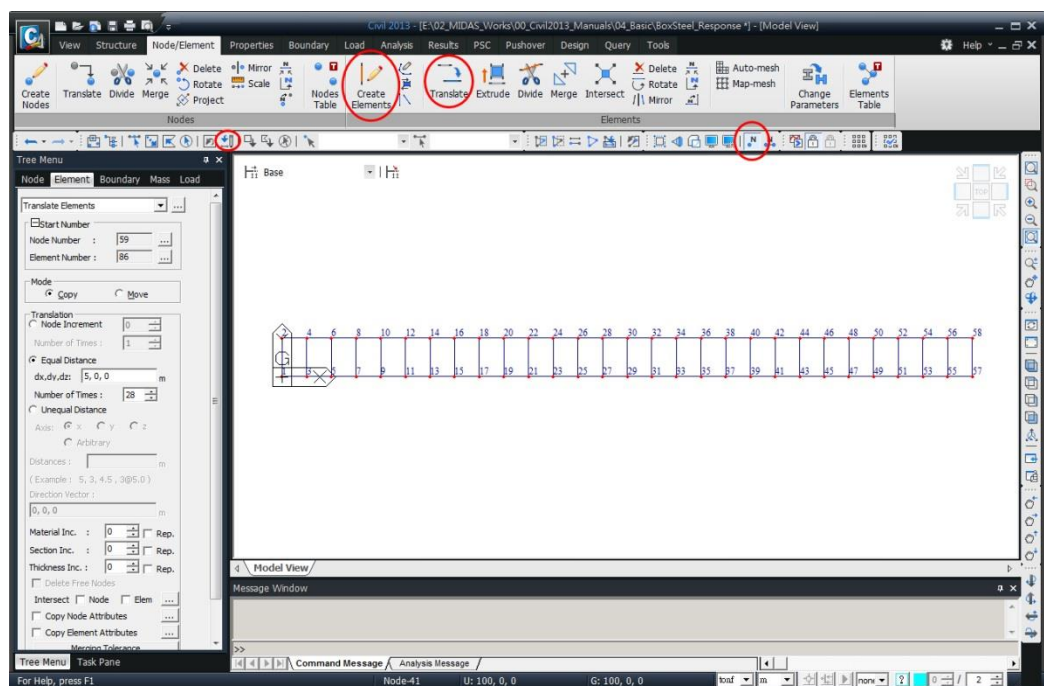


圖5. 輸入橫梁

輸入橋墩

如圖6所示，在橋墩的位置建立模型後，透過剛性連接(Rigid Link)來模擬實際結構。橋墩的剖面如圖7所示。

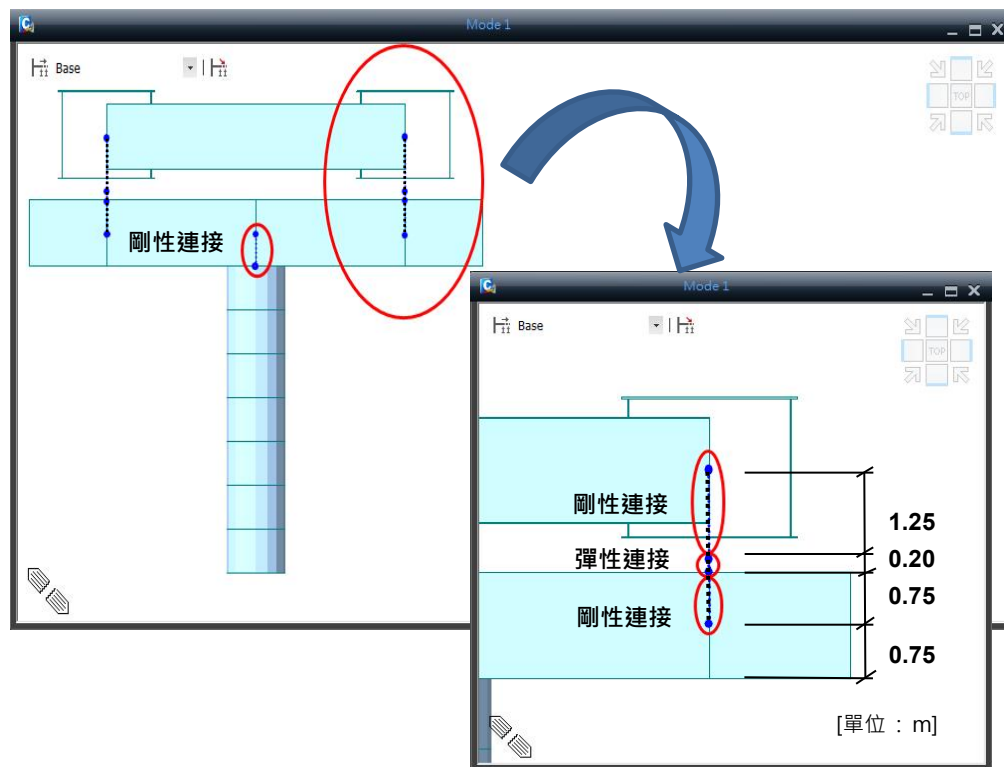


圖6. 橋墩和上部結構連接示意圖

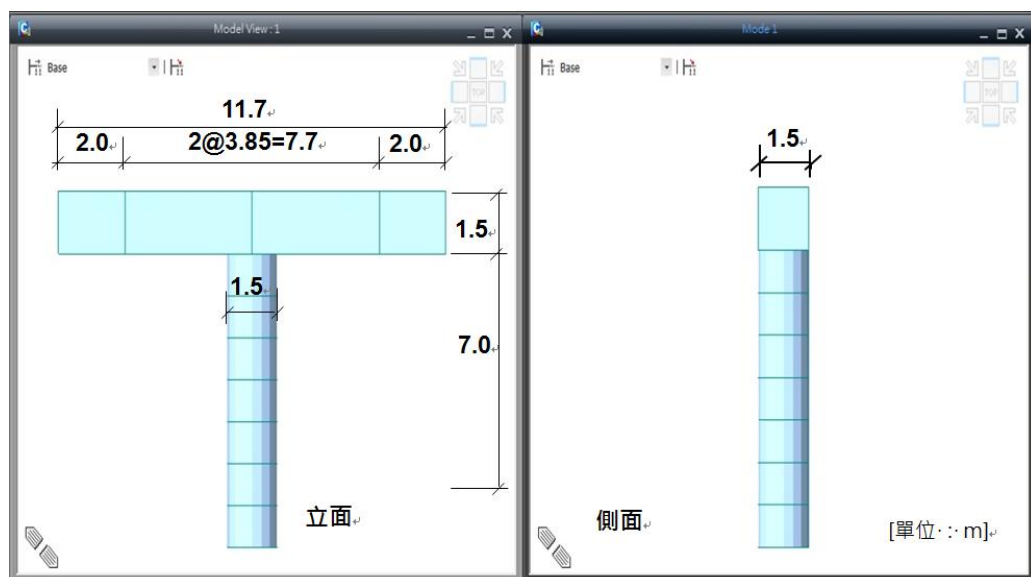


圖7. 橋墩模型

剛性連接

選擇主梁支承處的節點，將其往 z 軸方向複製，產生要進行剛性連接的節點。(參考圖6)

 **Element Number** (開) ;  **Node Number** (關)

 **Select by Window** (單元：選擇如圖8的單元19~38)

 **Activate**

 **Element Number** (關)

 **Iso View** ;  **Node Number** (開)

主選單 **Node/Element>Nodes>**  **Translate...**

 **Select Single** (節點：19, 20, 39, 40)

Mod > **Copy** ; Translation > **Unequal distance**

Axis > **z** ; Distance (**-1.25, -0.2, -0.75**)



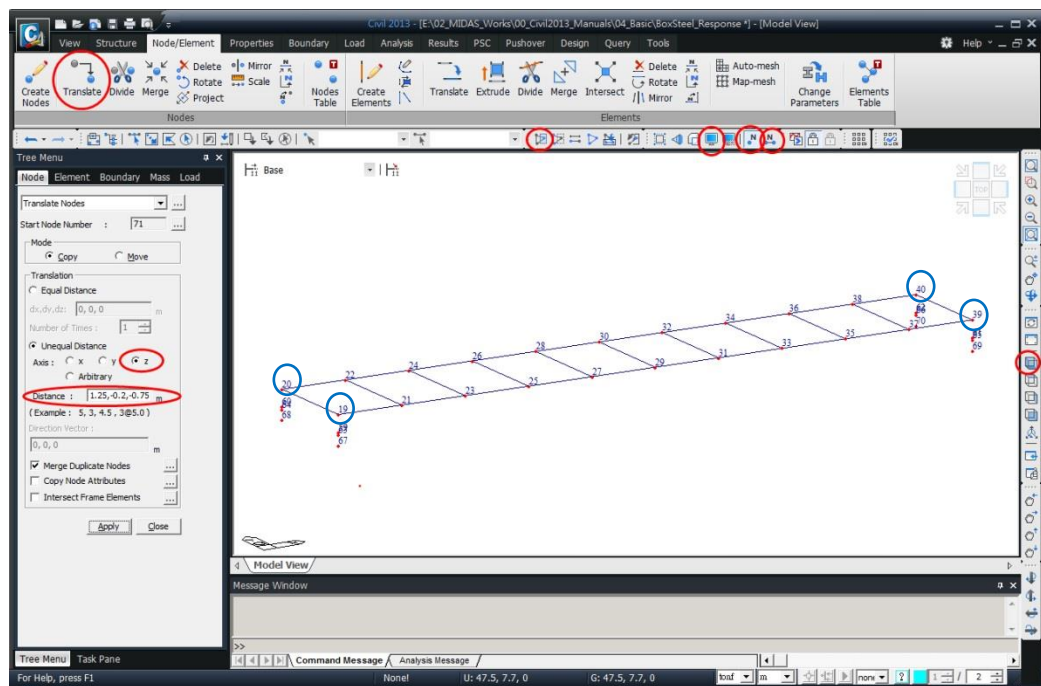


圖8. 複製節點

在要建立橋墩和橫梁的位置產生節點。

主選單 **Node/Element>Nodes>**  **Divide ...** 建立橋墩柱的位置節點

Divide > **Equal Distance** (開) ; Number of Divisions (2)

Nodes to Divide (67, 68) ; (69, 70)

→ 自動建立節點 71, 72

主選單 **Node/Element>Nodes>**  **Translate...**產生柱帽節點

 **Select Single** (節點 : 71, 72)

Mode > **Copy** ; Translation > **Unequal distance**

Axis > **y** ; Distance (11.7/2, -11.7) 

→ 建立節點 73, 74, 75, 76

 **Select Previous**

Axis > **z** ; Distance (-0.75, 7@-1) 

→ 建立墩柱節點 77~92

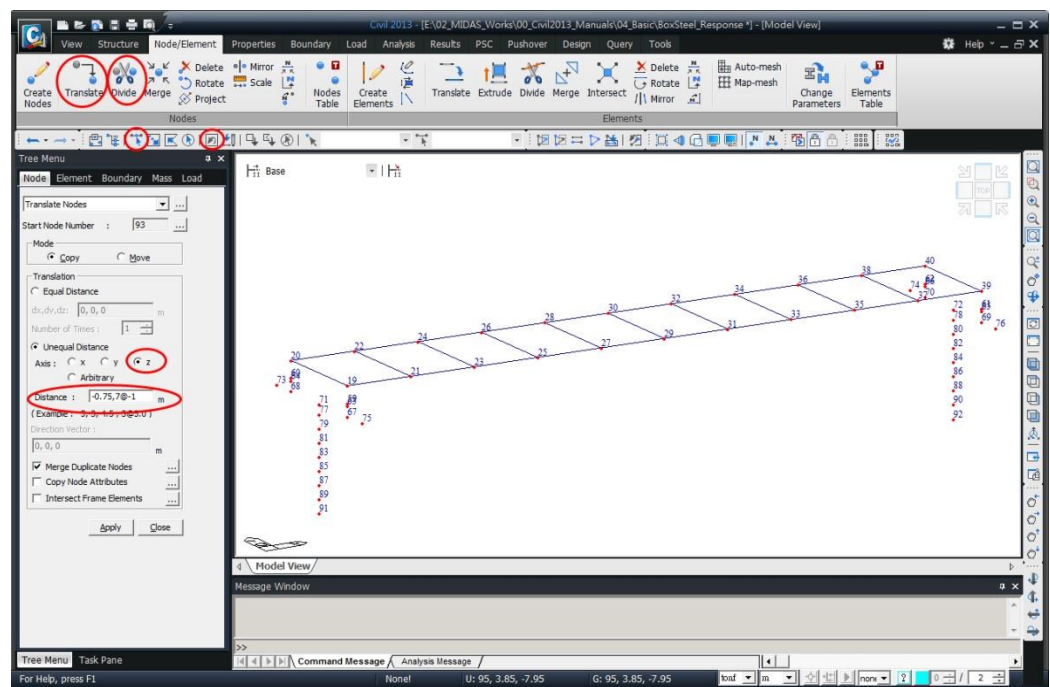


圖9. 輸入橋墩的節點

建立橋墩和橫梁

使用  **Create Elements** 功能建立橋墩和橫梁。(參考圖7)

主選單 **Node/Element>Elements>**  **Create Elements...**

Element Type > **General beam/Tapered beam**

Material > **2:C280** ; Section > **3:Coping**

Beta Angle (**0**) ; Intersect > **Node** (開) (圖10的①)

Nodal Connectivity (**73, 75**)  建立第一個橫梁

Nodal Connectivity (**74, 76**)  建立第二個橫梁

Material > **2:C280** ; Section > **4:Column**

Beta Angle (**0**) ; Intersect > **Node** (開)

Nodal Connectivity (**77, 91**)  建立第一個墩柱

Nodal Connectivity (**78, 92**)  建立第一個墩柱

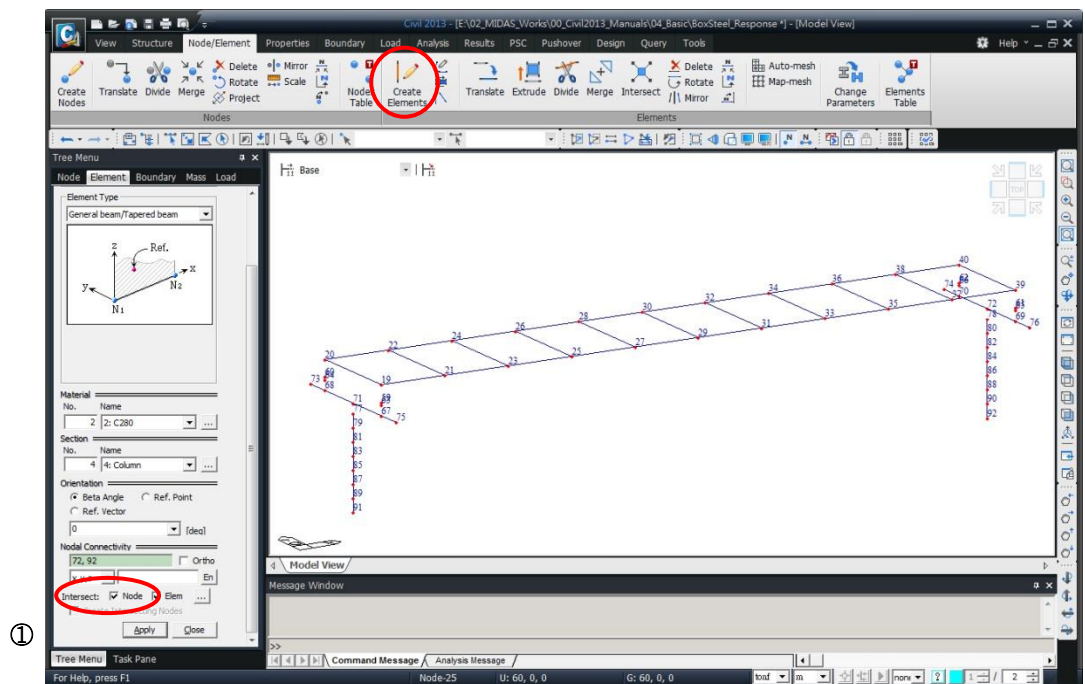


圖10. 建立橫梁和橋墩

輸入邊界條件

輸入支承的邊界條件

主梁與橋墩連接的支承部分使用彈性連接(Elastic Link)來模擬。使用  **Zoom Window** 放大橫梁的連接部分，並使用 **彈性連接** 功能輸入支承的邊界條件。

 **Zoom Window** (放大第一個橋墩的橫梁部分)

主選單 **Boundary > Elastic Link...**

Options > **Add/Replace** ; Link Type > **General Type**

SDx (**1e11**) ; SDy (**1e11**) ; SDz (**1e11**)

SRx (**0**) ; SRy (**0**) ; SRz (**0**)

2 Nodes (**59, 63**)

SDx (**1e11**) ; SDy (**0**) ; SDz (**1e11**)

SRx (**0**) ; SRy (**0**) ; SRz (**0**)

2 Nodes (**60, 64**)

 **Fit**,  **Zoom Window** (放大第二個橋墩的橫梁部分)

SDx (**1e11**) ; SDy (**1e11**) ; SDz (**0**)

SRx (**0**) ; SRy (**0**) ; SRz (**0**)

2 Nodes (**61, 65**)

SDx (**1e11**) ; SDy (**0**) ; SDz (**0**)

SRx (**0**) ; SRy (**0**) ; SRz (**0**)

2 Nodes (**62, 66**)

🔊 Elastic Link各方向彈簧的勁度需按單元座標系輸入。自由方向輸入為“0”，固定方向輸入為“1e11”以確保其剛性運動。

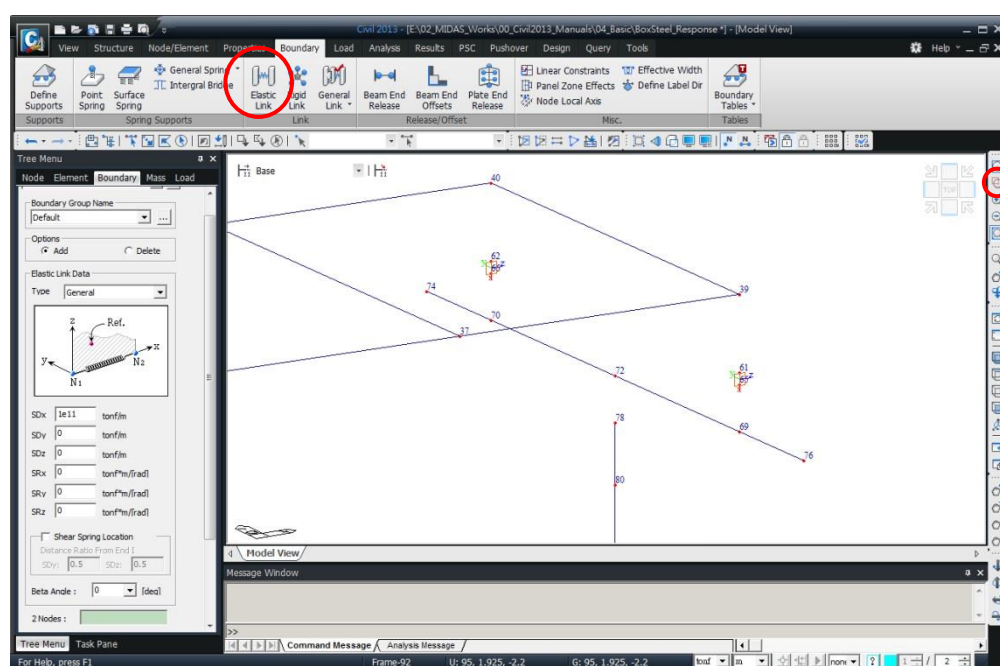


圖11. 彈性連接部分的單元

剛性連接

將在實際位置建立的主梁和支承、支承和橋墩分別使用 **剛性連接** 連接起來。(參考圖6)

 **Fit**,  **Zoom Window** (放大第一個橋墩的橫梁部分)

主選單 **Boundary > Rigid Link...**

 **Select Single** (節點: 60)

Master Node Number (20)

Typical Types > **Rigid Body**

Copy Rigid Link (開); Axis > **x** ; Distance (50) 

 **Select Single** (節點: 59)

Master Node Number (19) 

 **Select Single** (節點: 68)

Master Node Number (64) 

 **Select Single** (節點: 67)

Master Node Number (63) 

 **Select Single** (節點: 77)

Master Node Number (71) 

已輸入的剛性連接可進行複製。

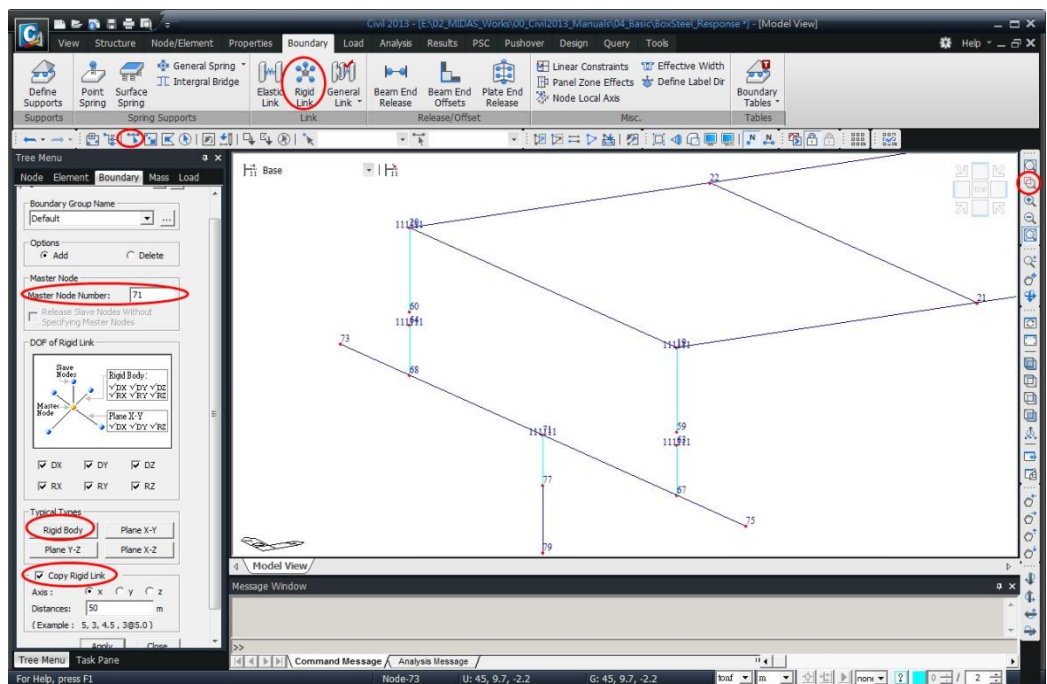


圖12. 主梁和支承及橋墩間的剛性連接

輸入橫梁的梁端剛域

由於建模時所有的構件單元是以中心軸為基準相互連接的，故會有如圖13所示的主梁和橫梁間由於主梁的梁寬導致的重複部分出現。對此可使用 **Beam End Offset** 功能透過輸入剛域長度使程式在計算勁度時將該部分的影響排除。

輸入梁端剛域長度的方法有**整體座標系(Global)**和**單元座標系(Element)**兩種類型。若選擇**整體座標系**類型，則對於所輸入的剛域長度不考慮載重，只針對扣除剛域後的單元長度計算勁度和自重。

若選擇**單元座標系**的話，只在計算勁度時排除輸入的剛域長度，而在計算自重和施加载重時則將該部分包含在內。（參考 On-Line Help）

在此使用**單元座標系**來輸入剛域長度。此時由於需在梁單元的 i、j 端輸入軸向的剛域長度，故需事先確認梁單元的單元座標系方向。

 **Activate All**  **Left View** ;  **Hidden** (開)

主選單 **Boundary>Beam End Offsets...**

 **Select by Window** (單元：橫梁)

Options > Add/Replace ; Beam Offset > Type > **Element**

RGDi (1.15) ; RGDj (1.15)

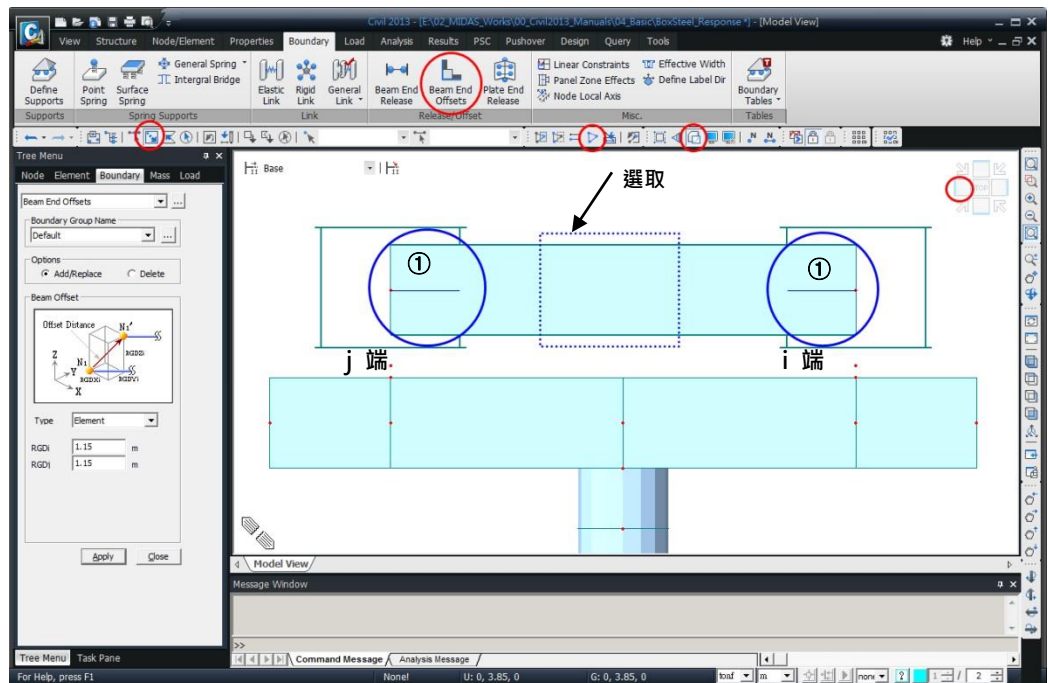


圖13. 輸入橫梁的剛域長度

輸入橋臺的邊界條件

本例題主梁與橋墩橫梁的支承部分使用 *Elastic Link* 和 *Rigid Link* 功能來模擬。橋臺的邊界條件如圖14所示。基礎則假設其完全固定，故束制各方向的自由度。

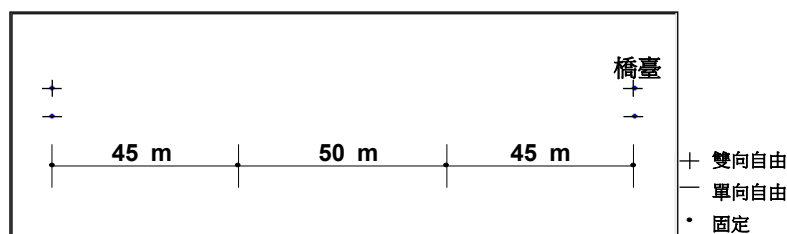


圖14. 橋臺的束制條件

Hidden (關) ; Iso View

主選單 **Boundary>Supports> Define Supports...**

Select Single (節點 : 1, 57)

Options > Add ; Support Type > **Dy, Dz** (開)

Select Single (節點 : 2, 58)

Options > Add ; Support Type > **Dz** (開)

Select Single (節點 : 91, 92)

Options > Add ; Support Type > **D-All** (開), **R-All** (開)

Node Number (關)

使用 **Query>Query Nodes** 功能(圖15的①)可在資訊視窗查詢相應節點的各種輸入情況，並可非常容易地查看兩個節點間的距離。

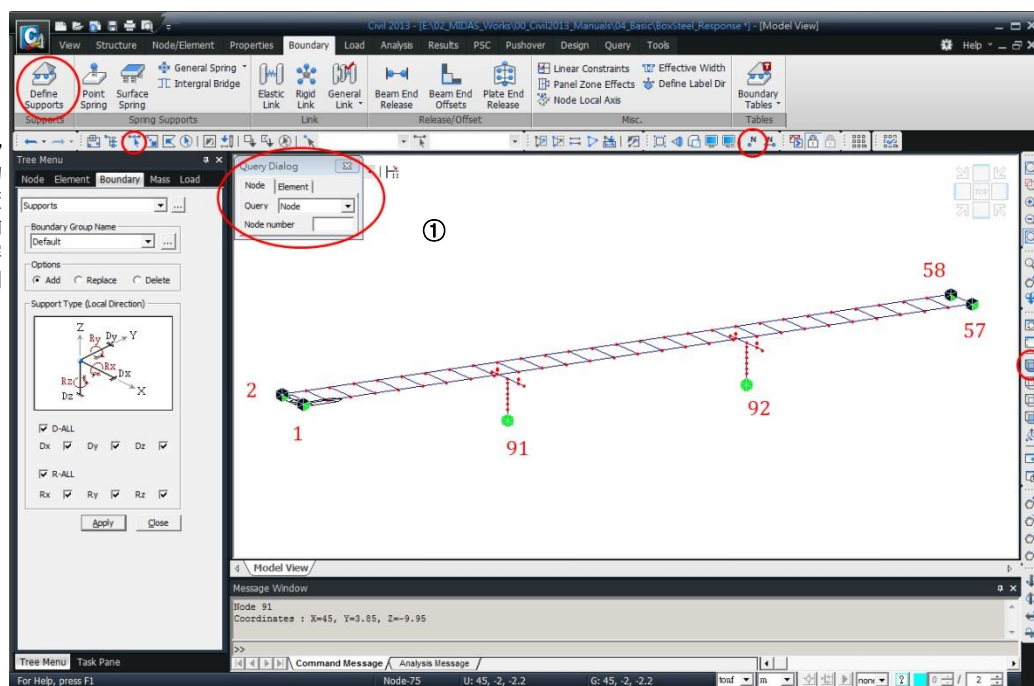


圖15. 輸入邊界條件

輸入二期載重

首先定義二期載重的靜力載重狀況。

Load / **Static Load Cases...**

Name (**DL**) ; Type > **Dead Load (D)**

Add

Close

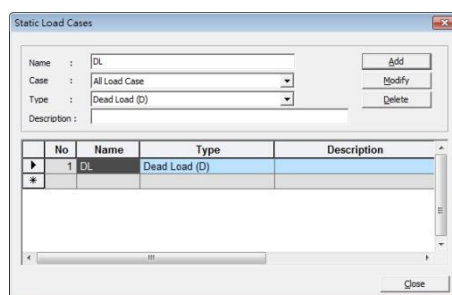


圖16. 輸入靜力載重狀況

假設二期載重為 1 tonf/m大小均佈載重，用**Element Beam Loads**輸入。

 **Left View**

Load>Beam Load>Element ...

 **Select Window** (單元:主梁，圖17的①)

Load Case Name > **DL** ; Options > **Add**

Load Type > **Uniform Loads**

Direction > **Global Z** ; Projection > **No**

Value > **Relative** ; x1 (**0**) ; x2 (**1**) ; w (**-1**)

Apply

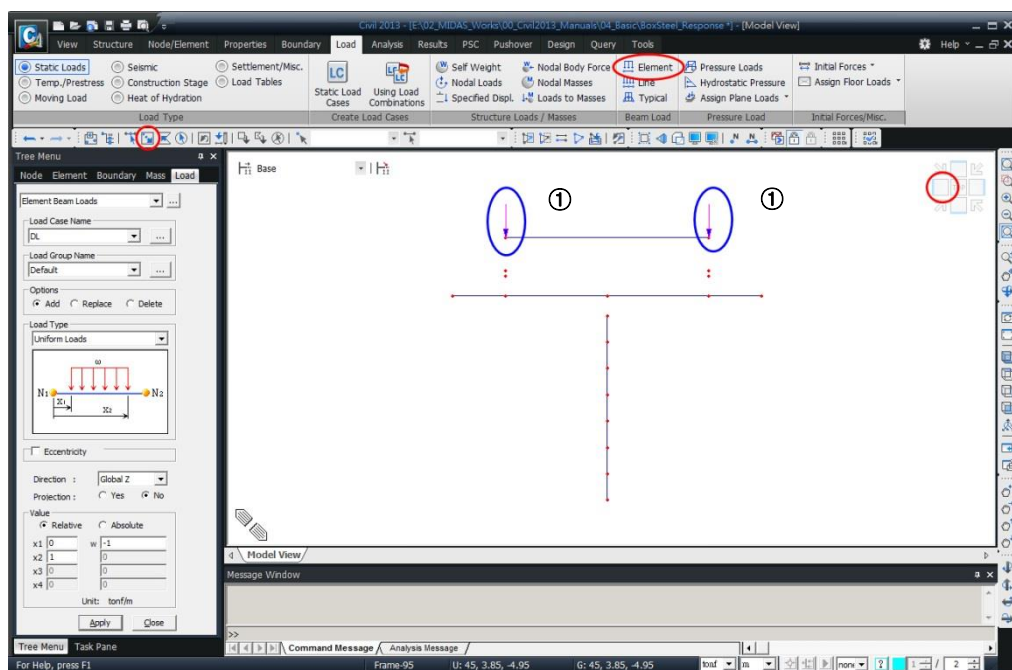


圖17. 輸入主梁二期載重

輸入質量

由於在進行反應譜分析之前需先進行特徵值分析，故在此需輸入進行特徵值分析所需的結構的質量。

在midas Civil中輸入質量有兩種類型。一是將所建結構模型的自重轉換為質量，另一種是將輸入的其他靜載重（鋪裝及護欄載重等）轉換為質量。

對於結構的自重轉質量不需另行輸入，即可在 **Structure>Structure Type** 對話視窗中完成轉換。而二期載重一般是以外部載重(梁單元載重、樓板載重、壓力載重、節點載重等)的形式輸入的，可使用**Load>Structure Loads/Masses>Masses>Loads to Masses** 功能來轉換。

本例題也使用上述兩種方法來輸入質量。

首先將所輸入的二期載重（梁單元載重）轉換為質量。

主選單 **Load>Structure Loads/Masses>Masses>Loads to Masses...**

Mass Direction > **X, Y, Z**

Load Type for Converting > **Beam Load** (開)

Gravity (**9.806**) ; Load Case > **DL**

Scale Factor (**1**)

Add

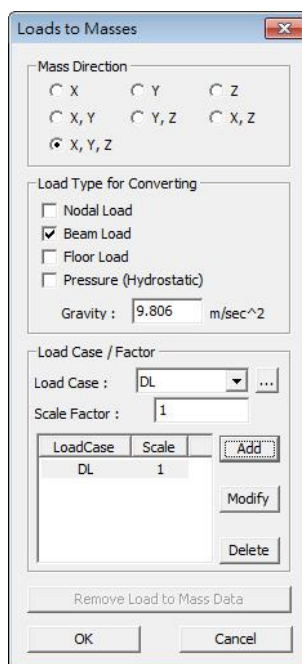


圖18. 將梁單元載重轉換為質量

以下將單元的自重轉換為質量。

Model / **Structure Type...**

Convert Self-weight into Masses > **Convert to X, Y, Z** ↵

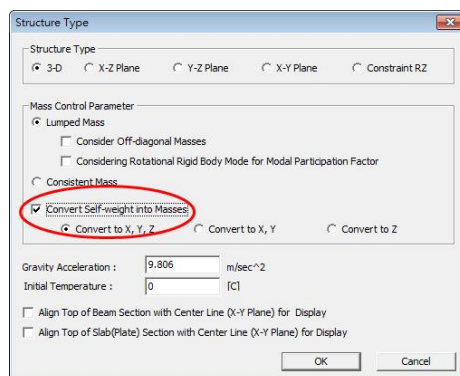


圖19. 將結構的自重自動轉換為質量

質量輸入結束後，可使用 **Query>Mass Summary Table** 功能確認質量輸入是否正確。表格中 **Load to Masses** 是指由外部載重所轉換的質量，**Structure Masses** 是指由自重所轉換的質量。在表格下端的 **Sum** (圖20的①) 表單裏的數值為被轉換後的所有質量的合計。

Query>Mass Summary Table...

Node	Nodal Mass (tonf/g)	Load to Masses (tonf/g)	Structure Mass (tonf/g)	Sum (tonf/g)
69	0.0000	0.0000	1.6107	1.6107
70	0.0000	0.0000	1.6107	1.6107
71	0.0000	0.0000	2.1201	2.1201
72	0.0000	0.0000	2.1201	2.1201
73	0.0000	0.0000	0.5507	0.5507
74	0.0000	0.0000	0.5507	0.5507
75	0.0000	0.0000	0.5507	0.5507
76	0.0000	0.0000	0.5507	0.5507
77	0.0000	0.0000	0.2163	0.2163
78	0.0000	0.0000	0.2163	0.2163
79	0.0000	0.0000	0.4325	0.4325
80	0.0000	0.0000	0.4325	0.4325
81	0.0000	0.0000	0.4325	0.4325
82	0.0000	0.0000	0.4325	0.4325
83	0.0000	0.0000	0.4325	0.4325
84	0.0000	0.0000	0.4325	0.4325
85	0.0000	0.0000	0.4325	0.4325
86	0.0000	0.0000	0.4325	0.4325
87	0.0000	0.0000	0.4325	0.4325
88	0.0000	0.0000	0.4325	0.4325
89	0.0000	0.0000	0.4325	0.4325
90	0.0000	0.0000	0.4325	0.4325
91	0.0000	0.0000	0.2163	0.2163
92	0.0000	0.0000	0.2163	0.2163
Total	0.0000	28.5539	53.0231	81.5771

圖20. 質量統計表格

輸入反應譜資料

輸入反應譜函數

在此使用振態反應譜法進行耐震計算。輸入地震力載重所需的各項參數如下。

震區：南投草屯，近車籠埔斷層
 $S_S^D = 0.8, S_1^D = 0.45, S_S^M = 1.0, S_1^M = 0.55$
 地盤分類：第一類地盤， $N_a=1.0, N_v=1.0$
 重要因子： $I = 1.2$
 起始降伏地震力放大倍數： $\alpha_y = 1.65$
 結構系統韌性容量： 3.0

如

如圖21，將以上參數輸入後即可自動得到依公路橋梁耐震設計規範 [TaiwanBrg(98)] 的地震影響係數曲線。

Load>Seismic>Response Spectrum Data> RS Functions...

Add

Design Spectrum

Design Spectrum>TaiwanBrg(98)

Spectrum Type>Horizontal Design Spectrum

Seismic Zone > Near Fault Zone, Spectrum Used >Design Spectrum

Spectral Response Acceleration > Design (S_s) = 0.8, (S_1) = 0.45

Near Source Factor > Design (N_a) = 1.0, (N_v) = 1.0

Soil Type > Type 1, Importance Factor > 1.2

Seismic Magnify Factor > 1.65, Response Modification Coef. > 3.0

Max. Period (6)

反應譜函數中輸入的最大週期必須包含特徵值分析所計算出的最大、最小週期的範圍。

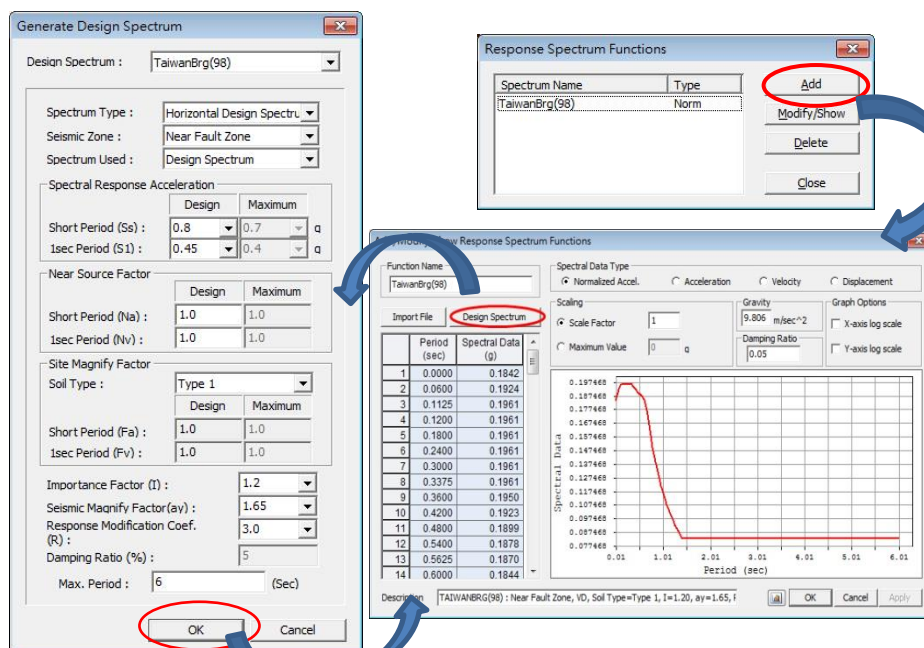


圖21. 輸入反應譜函數

輸入反應譜載重狀況

輸入反應譜函數後，依橋梁縱向(整體座標系X方向)和橫向(整體座標系Y方向)分別定義反應譜載重狀況。

Load>Seismic>Response Spectrum Data>RS Load Cases...

首先定義進行特徵值分析和反應譜分析時的控制選項：

特徵值分析控制 **Eigenvalue Analysis Control...** (圖22的①)

> Number of Frequencies 頻率數量 (25) OK

接著定義反應譜載重資料：

🔊 地震載重的方向與X-Y平面平行，則選擇‘X-Y’方向。

🔊 地震角度是指地震載重的方向與整體座標系X軸的夾角，角度的符號以 Z 軸為準依循右手定則定義。

🔊 若選擇Add signs(+,-) to the Results，則在對各振態的結果進行組合時會考慮正負號，並需選擇符號的考慮方式，詳見On-Line Help。

Load Case Name (**RX**) ; Direction> **X-Y** ; Excitation Angel (**0**)
Scale Factor (**1**)

Modal Combination Control> Modal Combination Type

振態疊加方法 > **SRSS** , 勾選 “Add signs(+,-) to the Results” OK

Function Name > **TaiwanBrg(98) (0.05)**

Operations > **Add**

Load Case Name (**RY**) ; Direction> **X-Y** ; Excitation Angel (**90**)
Function Name > **TaiwanBrg(98) (0.05)**

Operations > **Add**

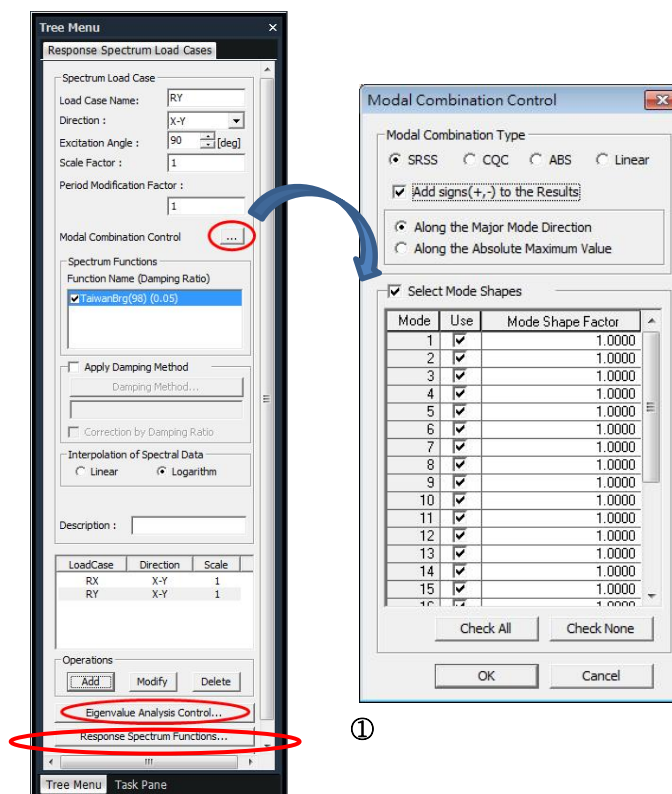


圖22. 輸入反應譜載重狀況

如果分析後振態參與質量達不到規範所規定的90%，則需適當增加頻率數量重新進行分析。

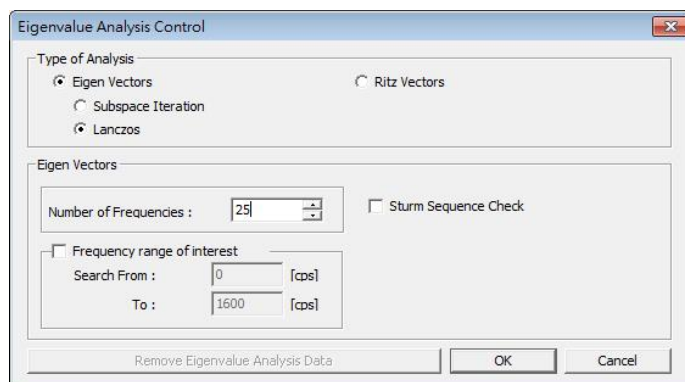


圖23. *Eigenvalue Analysis Control* 對話視窗

運行結構分析

建立模型並輸入所有參數後，即可運行結構分析。

Analysis >  *Perform Analysis*

查看結果

載重組合

結構分析完成後，對於分析結果進行線性組合。

對於橋梁縱向和橫向分別按以下方法進行載重組合，來查看支承的水平方向反力。

- 載重組合1 (LCB1) : 1.0 RX + 0.3 RY
- 載重組合2 (LCB2) : 0.3 RX + 1.0 RY

Results> Load Combinations...

Active (開) ; Name > (LCB1) ; Type > Add
Load Cases > RX(RS) ; Factor (1)
Load Cases > RY(RS) ; Factor (0.3)
Active (開) ; Name > (LCB2) ; Type > Add
Load Cases > RX(RS) ; Factor (0.3)
Load Cases > RY(RS) ; Factor (1)

Close

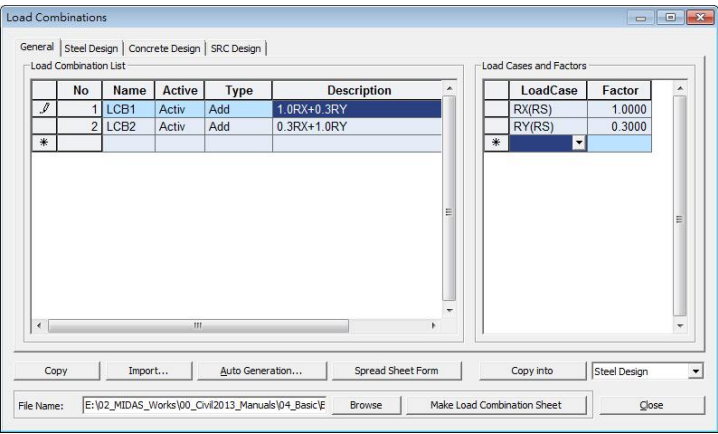


圖24. Load Combinations 對話視窗

查看振態形狀和頻率

各振態的質量參與係數可透過 **Results > Result Tables > Vibration Mode Shape** 來查看。

Results>Result Tables>Vibration Mode Shape...

Records Activation Dialog > Eigenvalue Mode > **Mode 1 (開)** ↴

在Record Activation對話視窗中不選擇右側的特徵值模態並點擊 **Cancel** 的話，則只顯示振態參與質量，不顯示特徵值向量。

Modal Participation Masses Printout

Mode No	TRAN-X MASS(%)	TRAN-X SUM(%)	TRAN-Y MASS(%)	TRAN-Y SUM(%)	TRAN-Z MASS(%)	TRAN-Z SUM(%)	ROTN-X MASS(%)	ROTN-X SUM(%)	ROTN-Y MASS(%)	ROTN-Y SUM(%)	ROTN-Z MASS(%)	ROTN-Z SUM(%)
1	86.39	86.39	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05	0.05	0.00	0.00
2	0.00	86.39	62.32	62.32	0.00	0.00	20.16	20.16	0.00	0.05	0.00	0.00
3	0.00	86.39	0.00	62.32	0.00	0.00	0.00	20.16	0.01	0.06	66.17	66.17
4	0.11	86.51	0.00	62.32	1.22	1.22	0.00	20.16	0.00	0.06	0.00	66.17
5	0.00	86.51	8.86	71.18	0.00	1.22	1.47	21.63	0.00	0.06	0.00	66.17
6	0.00	86.51	0.01	71.18	0.00	1.22	0.00	21.63	0.00	0.06	1.68	67.85
7	0.02	86.52	0.00	71.18	0.00	1.22	0.00	21.63	67.73	67.79	0.00	67.85
8	9.49	96.01	0.00	71.18	0.00	1.22	0.00	21.63	0.01	67.80	0.00	67.85
9	0.00	96.01	0.00	71.19	62.73	63.95	0.00	21.63	0.00	67.80	0.00	67.85
10	0.00	96.01	0.00	71.19	0.00	63.95	0.00	21.63	0.00	67.80	8.16	76.01
11	0.00	96.01	14.21	85.40	0.01	63.97	30.14	51.77	0.00	67.80	0.00	76.01
12	0.00	96.01	0.00	85.40	0.00	63.97	0.00	51.77	0.00	67.80	0.08	76.09
13	0.00	96.01	0.00	85.40	0.00	63.97	3.84	55.61	0.00	67.80	0.00	76.09
14	0.00	96.01	0.00	85.40	0.00	63.97	0.00	55.61	0.00	67.80	1.51	77.60
15	0.00	96.01	2.78	88.18	0.00	63.97	25.45	81.06	0.00	67.80	0.00	77.60
16	0.00	96.02	0.00	88.18	0.00	63.97	0.00	81.06	11.13	78.94	0.00	77.60
17	0.00	96.02	0.00	88.18	0.00	63.97	0.00	81.06	0.00	78.94	5.81	83.41
18	0.00	96.02	0.01	88.19	3.67	67.63	0.02	81.08	0.00	78.94	0.00	83.41
19	0.00	96.02	0.00	88.19	0.01	67.64	0.00	81.08	0.19	79.13	0.00	83.41
20	0.00	96.02	0.00	88.19	0.00	67.64	0.00	81.08	0.04	79.17	0.55	83.97
21	0.00	96.02	0.23	88.42	0.02	67.66	1.50	82.58	0.00	79.17	0.00	83.97
22	0.00	96.02	5.70	94.11	0.02	67.68	2.17	84.74	0.00	79.17	0.00	83.97
23	0.02	96.04	0.00	94.11	0.04	67.72	0.00	84.74	0.01	79.18	0.00	83.97
24	0.00	96.04	0.01	94.12	0.00	67.72	0.01	84.75	0.00	79.18	0.00	83.97
25	0.00	96.04	0.00	94.12	0.00	67.72	0.00	84.75	0.00	79.18	0.00	83.97

圖26的表格中，①、②分別為X、Y方向上相應模態的振態參與質量，合計③欄中的數值為到該模態為止振態參與質量的累計。

圖25. 各振態的質量參與比率

	Node	Mode	UX	UY	UZ	RX	RY	RZ
EIGEN VECTOR (tonf,m)								
1	1	1	0.120203	0.000000	0.000000	0.000000	-0.000466	0.000000
2	1	1	0.120203	0.000000	0.000000	0.000000	-0.000466	0.000000
3	1	1	0.120198	0.000001	0.002338	0.000000	-0.000446	0.000000
4	1	1	0.120198	0.000001	0.002338	0.000000	-0.000446	0.000000
5	1	1	0.120182	0.000001	0.004477	0.000000	-0.000387	0.000000
6	1	1	0.120182	0.000001	0.004479	0.000000	-0.000388	0.000000
7	1	1	0.120156	0.000002	0.006229	0.000000	-0.000292	0.000000
8	1	1	0.120156	0.000002	0.006231	0.000000	-0.000292	0.000000
9	1	1	0.120119	0.000002	0.007413	0.000000	-0.000163	-0.000000
10	1	1	0.120119	0.000002	0.007416	0.000000	-0.000163	-0.000000
11	1	1	0.120072	0.000001	0.007871	0.000000	-0.000004	-0.000000
12	1	1	0.120072	0.000001	0.007875	0.000000	-0.000004	-0.000000
13	1	1	0.120015	0.000001	0.007465	0.000001	0.000180	-0.000000
14	1	1	0.120015	0.000001	0.007469	0.000001	0.000180	-0.000000
15	1	1	0.119947	-0.000000	0.006077	0.000001	0.000386	-0.000000
16	1	1	0.119947	-0.000000	0.006082	0.000001	0.000386	-0.000000
17	1	1	0.119869	-0.000002	0.003616	0.000001	0.000608	-0.000000
18	1	1	0.119869	-0.000002	0.003622	0.000001	0.000608	-0.000000
19	1	1	0.119781	-0.000004	0.000004	0.000001	0.000845	-0.000001
20	1	1	0.119781	-0.000004	0.000010	0.000001	0.000845	-0.000001
21	1	1	0.119974	-0.000007	-0.003600	0.000001	0.000607	-0.000001
22	1	1	0.119974	-0.000007	-0.003593	0.000001	0.000607	-0.000001
23	1	1	0.120157	-0.000010	-0.006057	0.000001	0.000388	-0.000001
24	1	1	0.120157	-0.000010	-0.006051	0.000001	0.000387	-0.000001
25	1	1	0.120330	-0.000014	-0.007465	0.000001	0.000189	-0.000001
26	1	1	0.120330	-0.000014	-0.007459	0.000001	0.000189	-0.000001
27	1	1	0.120492	-0.000017	-0.007935	0.000001	0.000015	-0.000001

圖26. 第一模態各節點的特徵值向量

橋梁縱向(X方向)的振態參與質量中**Mode 1**的參與比率(圖26的①)比其他方向大得多，因此可以將其看作為此縱向(X向)的主振態。同樣**Mode 2**可被看作是橋梁橫向(Y向)的主振態。

結構各模態的頻率與週期如圖27所示。

	Node	Mode	UX	UY	UZ	RX	RY	RZ
EIGENVALUE ANALYSIS								
	Mode No	Frequency (rad/sec)	Frequency (cycle/sec)	Period (sec)	Tolerance			
	1	6.452551	1.026955	0.973752	0.0000e+000			
	2	9.139728	1.454633	0.687458	0.0000e+000			
	3	12.905216	2.053929	0.486872	0.0000e+000			
	4	13.301777	2.117044	0.472357	0.0000e+000			
	5	14.408398	2.293327	0.436048	0.0000e+000			
	6	14.536748	2.313595	0.432228	0.0000e+000			
	7	17.779054	2.829624	0.353404	0.0000e+000			
	8	21.830995	3.474511	0.287810	0.0000e+000			
	9	22.477434	3.577395	0.279533	0.0000e+000			
	10	24.193435	3.850505	0.259706	0.0000e+000			
	11	26.847573	4.591234	0.217806	0.0000e+000			
	12	28.920682	4.602869	0.217256	0.0000e+000			
	13	37.410676	5.954094	0.167952	0.0000e+000			
	14	37.905446	6.032839	0.165759	0.0000e+000			
	15	41.353849	6.581669	0.151937	0.0000e+000			
	16	49.257838	7.839628	0.127557	1.0464e-230			
	17	54.566034	8.684454	0.115148	5.0170e-217			
	18	57.476344	9.147644	0.109318	4.4577e-208			
	19	57.946433	9.222461	0.108431	6.8193e-208			
	20	59.325378	9.441927	0.105911	1.6554e-206			
	21	67.270328	10.706405	0.093402	1.2517e-191			
	22	70.989086	11.298264	0.088509	9.0233e-185			
	23	75.816001	12.066491	0.082874	1.0356e-175			
	24	77.001041	12.255096	0.081599	1.1435e-173			
	25	80.667081	12.838565	0.077890	5.8128e-168			

圖27. 各模態的頻率與週期

透過表格確認各方向的主振態後，即可在模型視窗查看其具體形狀表現，即振態形狀。



Top

Results > Vibration Mode Shape...

Components > Md-XYZ ;

Type of Display > Undeformed (開)

Multi-Modes

Mode Numbers > Mode 1, Mode 2 ; Tile Horizontal (開) ↵

不選擇Multi-Modes，只選擇一個模態的話，則只顯示該模態的振型形狀。

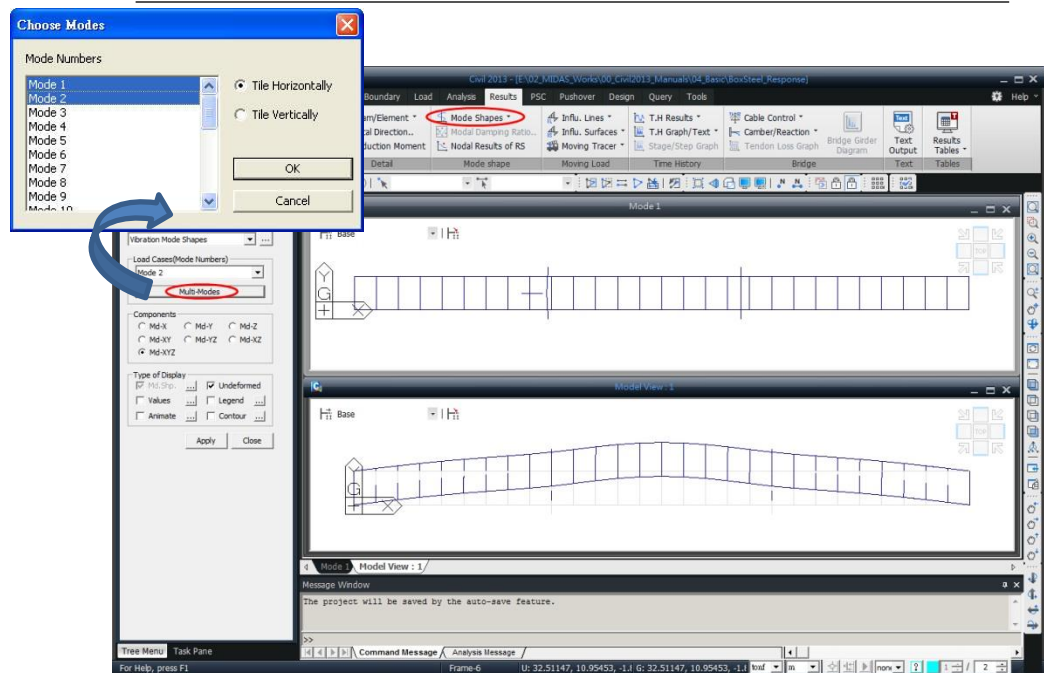


圖28. 各方向的主振態形狀

從圖28可以看出，由於在建模中沒有包含橋面板元素及勁度，所以可看出有局部彎曲變形的現象。因此在對實際的鋼箱型橋梁建模時，考慮橋面板的剛性效果來建模，會與實際情況更接近。

查看橋墩的支承反力

由於將支承模擬為彈性連接，因此在地震作用所引起的支承反力需在彈性連接結果表格中查看。

根據輸入梁單元時所定義的單元座標系，軸向為垂直方向的反力，剪力 $-y$ 和剪力 $-z$ 分別為橋梁橫向和縱向的水平反力。

➤ 查看地震載重作用下，橋梁縱向和橫向反力的最大、最小值。

Results>Results Tables>Elastic Link...

Loadcase/Combination > LCB1(CB) (開), LCB2(CB) (開) ↵

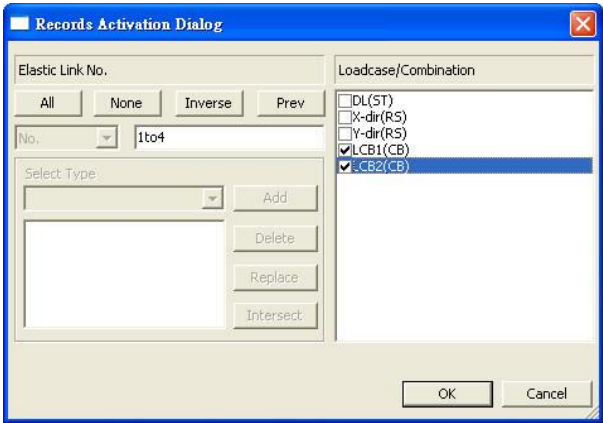


圖29. *Records Activation* 對話視窗

No.	Load	Node	Axial (tonf)	Shear-y (tonf)	Shear-z (tonf)	Torsion (tonf*m)	Moment-y (tonf*m)	Moment-z (tonf*m)
1	LCB1	59	1.91	9.59	37.33	0.00	0.00	0.00
		63	1.91	9.59	37.33	0.00	0.00	0.00
2	LCB1	60	1.85	0.00	37.33	0.00	0.00	0.00
		64	1.85	0.00	37.33	0.00	0.00	0.00
3	LCB1	61	2.62	9.59	0.00	0.00	0.00	0.00
		65	2.62	9.59	0.00	0.00	0.00	0.00
4	LCB1	62	2.55	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		66	2.55	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1	LCB2	59	-5.32	-31.93	-11.41	0.00	0.00	0.00
		63	-5.32	-31.93	-11.41	0.00	0.00	0.00
2	LCB2	60	5.27	0.00	-10.95	0.00	0.00	0.00
		64	5.27	0.00	-10.95	0.00	0.00	0.00
3	LCB2	61	-5.70	-31.94	0.00	0.00	0.00	0.00
		65	-5.70	-31.94	0.00	0.00	0.00	0.00
4	LCB2	62	4.89	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		66	4.89	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

圖30. 查看支承處反力 (彈性連接結果表格)