

One Stop Solution
for Bridge and Civil Structures

midas Civil



進階應用-五跨連續預力混凝土 橋梁施工階段分析

台灣邁達斯 技術部製作

www.midasuser.com.tw

目

錄

概要.....	1
橋梁概況及斷面.....	2
預力混凝土梁分析步驟.....	4
使用材料及其容許應力.....	5
載重.....	5
設置操作環境.....	7
定義材料和斷面.....	8
定義斷面.....	9
定義材料的時間依存性特性.....	11
建立結構模型.....	14
定義結構組、邊界條件組和載重組.....	18
新建邊界組.....	19
新建載重組.....	20
輸入邊界條件.....	21
輸入載重.....	25
輸入鋼腱特性值.....	32
定義施工階段.....	36
輸入移動載重資料.....	42
運行結構分析.....	46
查看分析結果.....	47
利用圖形查看應力和構件內力.....	47
定義載重組合.....	50
利用載重組合查看應力.....	52
利用表格查看應力.....	55
查看鋼腱的分析結果.....	56
查看鋼腱座標.....	57
查看鋼腱伸長量.....	58
查看載重組合條件的內力.....	59

概要

本例題使用一個簡單的五跨連續梁模型（圖1）來介紹midas Civil的施工階段分析功能，包含鋼腱預力載重的輸入方法、移動車輛活載重的輸入方法、以及查看各種分析結果的方法等。

透過本進階應用案例，主要重點學習項目包括：分析預力混凝土結構時定義鋼腱特性、鋼腱形狀、輸入預力載重、定義施工階段等的方法，移動車輛載重分析、以及在分析結果中查看混凝土的潛變和乾縮、鋼腱預力等引起的結構的應力和內力變化特性的步驟和方法。

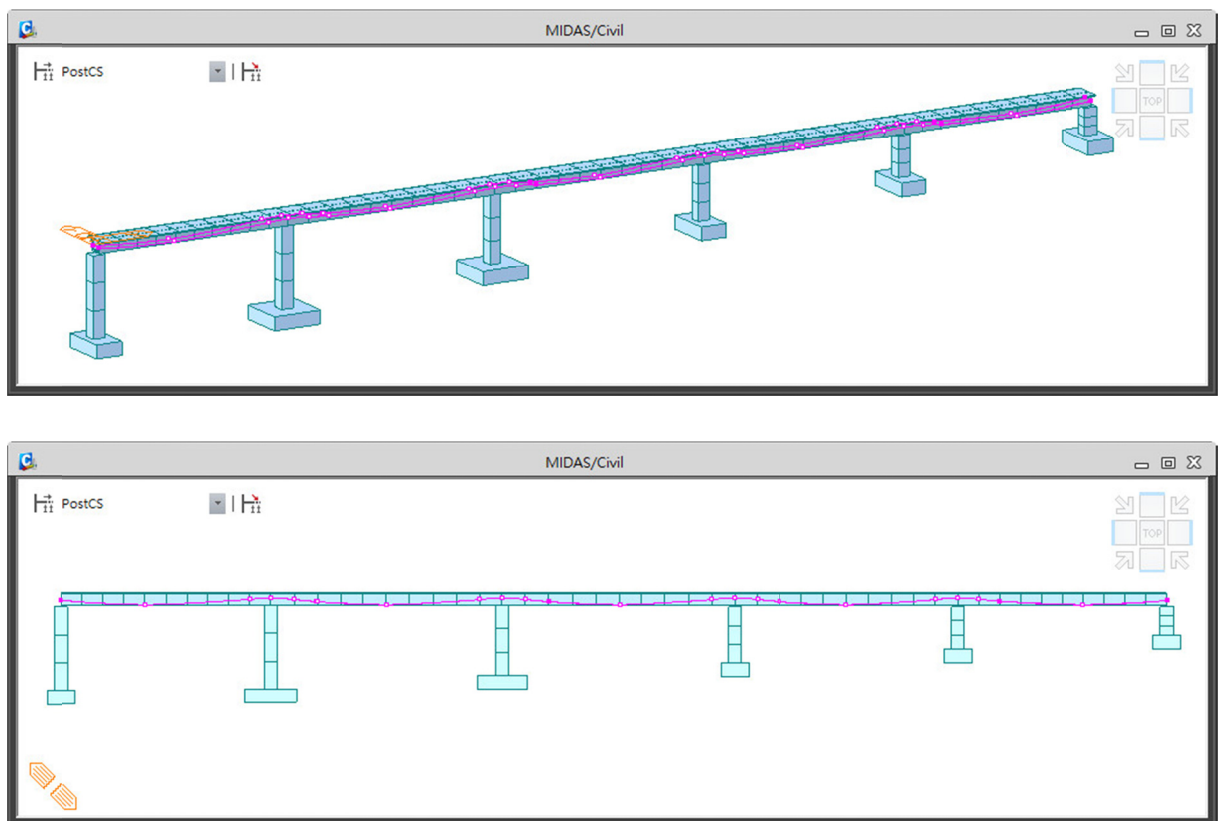


圖1. 分析模型

橋梁概況及斷面

分析模型為一個五跨連續梁，分為六個階段來施工，其鋼腱的佈置如圖 2 所示。

橋梁形式：五跨連續的預力混凝土梁
橋梁長度：L = 45+50+50+48+45 = 238.0 m

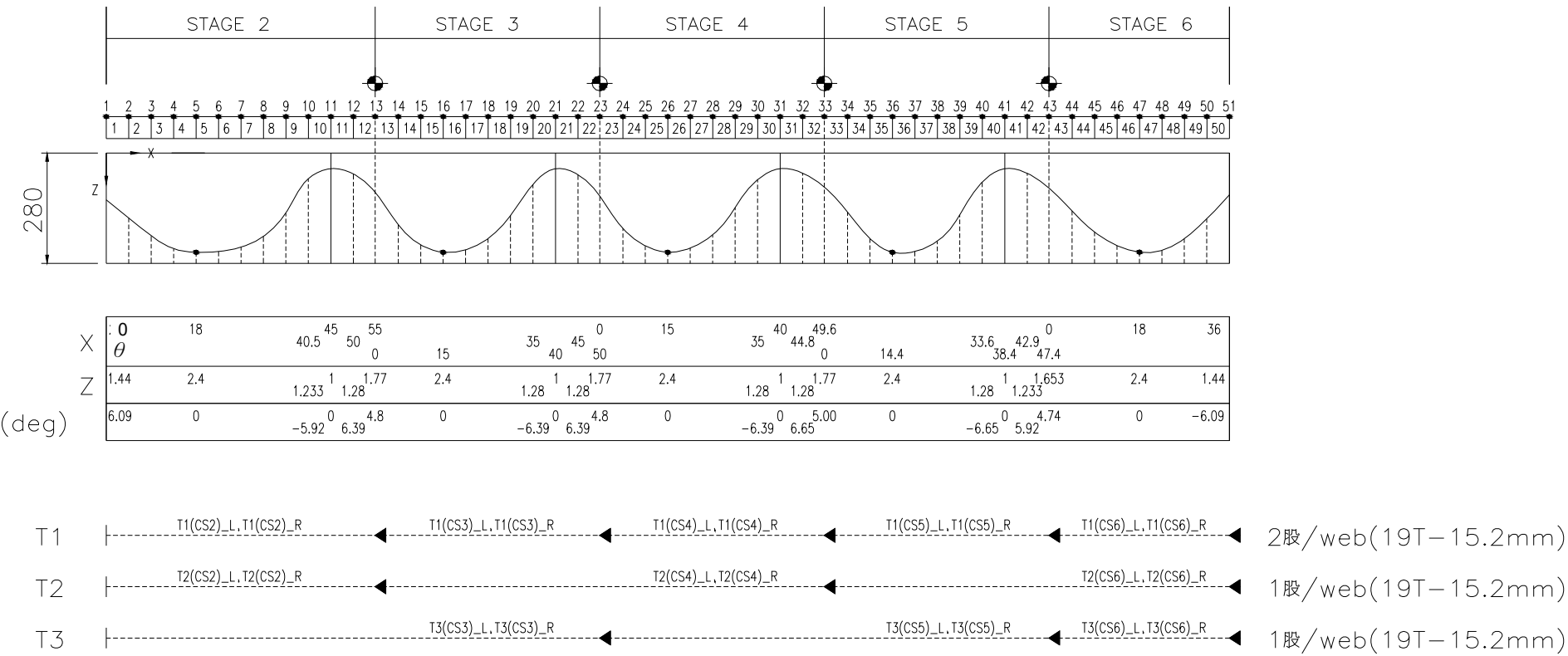


圖2. 鋼腱佈設圖

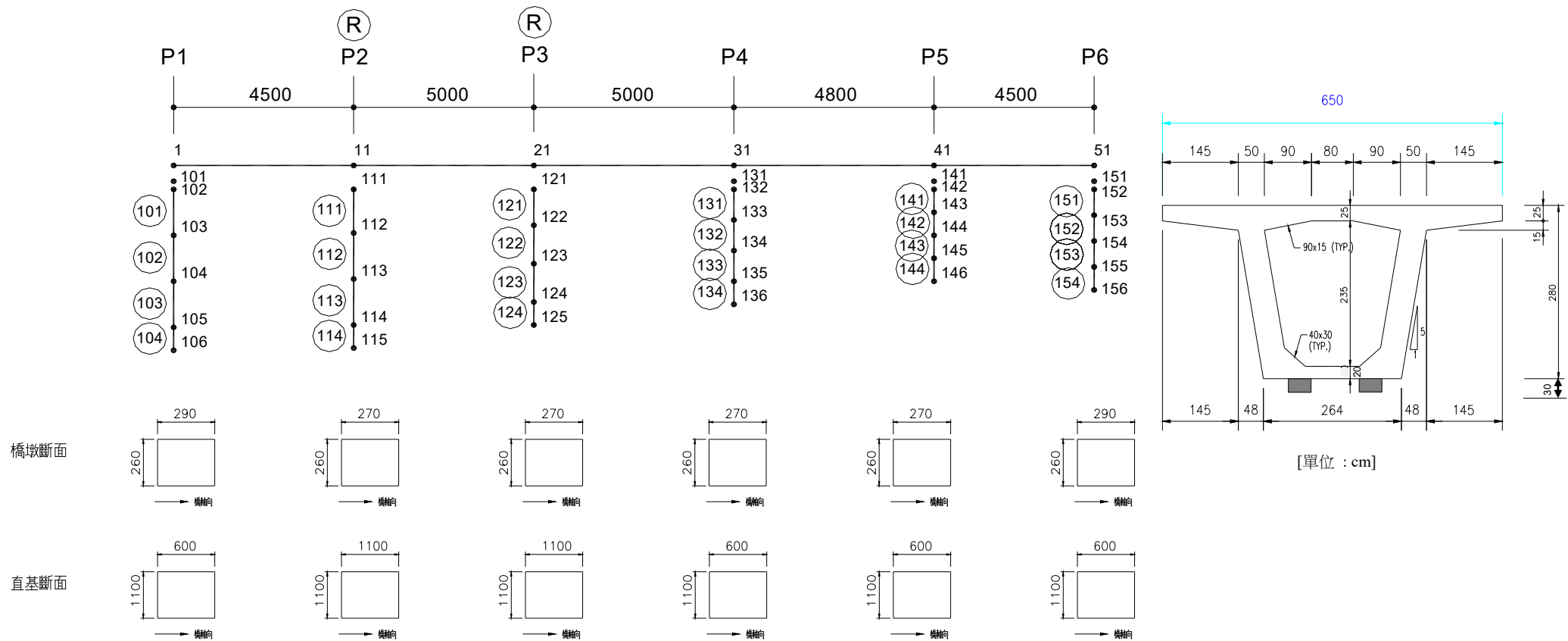


圖3. 上下部結構標準斷面圖及桿件節點標號

區分	鋼腱座標						
	x (m)	0	18	40.5	45	50	55
Stage 2	z (m)	-1.44	-2.4	-1.2333	-1	-1.28	-1.77

區分	鋼腱座標						
	x (m)	0	15	35	40	45	50
Stage 3	z (m)	-1.77	-2.4	-1.28	-1	-1.28	-1.77

區分	鋼腱座標						
	x (m)	0	15	35	40	44.8	49.6
Stage 4	z (m)	-1.77	-2.4	-1.28	-1	-1.28	-1.77

區分	鋼腱座標						
	x (m)	0	14.4	33.6	38.4	42.9	47.4
Stage 5	z (m)	-1.77	-2.4	-1.28	-1	-1.2333	-1.6533

區分	鋼腱座標			
	x (m)	0	18	36
Stage 6	z (m)	-1.6533	-2.4	-1.44

表1. 鋼腱佈置座標

預力混凝土梁的分析步驟

預力混凝土梁的分析步驟如下。

-
1. 定義材料和斷面
 2. 建立結構模型
 3. 輸入載重
 - 靜載重
 - 鋼腱特性和形狀
 - 鋼腱的預力載重
 4. 定義施工階段
 5. 輸入移動載重資料
 6. 運行結構分析
 7. 查看結果
-

使用的材料及其容許應力

□ 混凝土

➤ 上部結構混凝土

設計強度： $f'_c = 420 \text{ kgf/cm}^2$

可施預力時之混凝土強度： $f'_{ci} = 320 \text{ kgf/cm}^2$

彈性模數： $E_c = 4270 \text{ w}_c^{1.5} \sqrt{f'_c} = 3.05 \times 10^5 \text{ kgf/cm}^2$

容許應力：

容許 應力	乾縮及潛變損失前之 暫時應力	所有損失發生以後 使用載重時之應力
抗壓	$f'_{ca} = 0.55 f'_{ci} = 176 \text{ kgf/cm}^2$	$f_{ca} = 0.6 f'_c = 252 \text{ kgf/cm}^2$
抗拉	$f'_{ta} = 0.8 \sqrt{f'_{ci}} = 14.3 \text{ kgf/cm}^2$	$f_{ta} = 0.8 \sqrt{f'_c} = 16.4 \text{ kgf/cm}^2$

➤ 下部結構混凝土

設計強度：墩柱 $f'_c = 350 \text{ kgf/cm}^2$ ；基礎 $f'_c = 280 \text{ kgf/cm}^2$

□ 預力鋼腱 (ASTM A416低鬆弛270級， $\Phi 15.2 \text{ mm}$ (0.6" strand))

降伏強度： $f_{py} = 171 \text{ kgf/mm}^2 \rightarrow P_y = 23.7 \text{ tonf/strand}$

抗拉強度： $f_{pu} = 190 \text{ kgf/mm}^2 \rightarrow P_u = 26.4 \text{ tonf/strand}$

斷面面積： $A_p = 1.387 \text{ cm}^2$

彈性模數： $E_p = 2.0 \times 10^6 \text{ kgf/cm}^2$

張拉力： $f_{pi} = 0.75 f_{pu} = 142.5 \text{ kgf/mm}^2$

錨固裝置滑動： $\Delta s = 8 \text{ mm}$

磨擦係數： $\mu = 0.25 / \text{rad}$

$k = 0.0007 / \text{m}$

容許應力：

張拉時的最大應力	錨固瞬間(f_{po})	應力損失後使用狀態
$0.9 f_{py} = 153.9 \text{ kgf/mm}^2$	$0.7 f_{pu} = 133 \text{ kgf/mm}^2$	$0.83 f_{py} = 141.9 \text{ kgf/mm}^2$

載重

□ 靜載重

自重：

在程式中依 **Self Weight** 輸入。

附加載重：

Additional Load 以 $w = 3.4 \text{ t/m}$ 輸入

□ 預力載重

鋼腱 ($\Phi 15.2 \text{ mm} \times 19$ ($\Phi 0.6" - 19$))

斷面面積： $A_u = 1.387 \times 19 = 26.353 \text{ cm}^2$
 孔道直徑：100 mm

張拉力：抗拉強度的75%

$$f_{pj} = 0.75 f_{pu} = 14,250 \text{ kgf/cm}^2$$

$$P_i = A_u \times f_{pj} = 375.5 \text{ tonf}$$

張拉後的瞬間損失（由程式自動計算）

$$\text{摩擦損失：} P_{(X)} = P_0 \cdot e^{-(\mu\alpha + kL)}$$

$$\mu = 0.25, k = 0.0007$$

錨固裝置滑動引起的損失： $\Delta I_c = 8 \text{ mm}$

彈性收縮引起的損失：損失量 $\Delta P_E = \Delta f_p \cdot A_{SP}$

最終損失（由程式自動計算）

鋼腱的鬆弛（Relaxation）

混凝土潛變和乾縮引起的損失

□ 潛變和乾縮

條件：

水泥：普通矽酸鹽水泥

長期載重作用時混凝土的材齡： $t_o = 5$ 天

混凝土與大氣接觸時的材齡： $t_s = 3$ 天

相對濕度： $RH = 80\%$

大氣或養護溫度： $T = 20^\circ\text{C}$

適用規範：CEB-FIP

潛變係數：由程式計算

混凝土乾縮變形率：由程式計算

□ 活載重

適用規範：公路橋梁設計規範

載重種類：HS20-44(MS18)

HS-20-44(MS18)

設置操作環境

開啟新檔( **New Project**)，並以 ‘PSC beam’ 為檔名儲存( **Save**)。

將單位系統設定為 ‘tonf’ 和 ‘m’。

該單位系統可依據輸入資料的種類狀況隨時變更。

🔊 單位系統可透過點擊畫面下端狀態列的單位選擇鍵()來進行轉換。

File /  **New...**

File /  **Save... (PSC beam)**

Tools / **Unit System...** 🔊

Length > m ; Force > tonf ↵

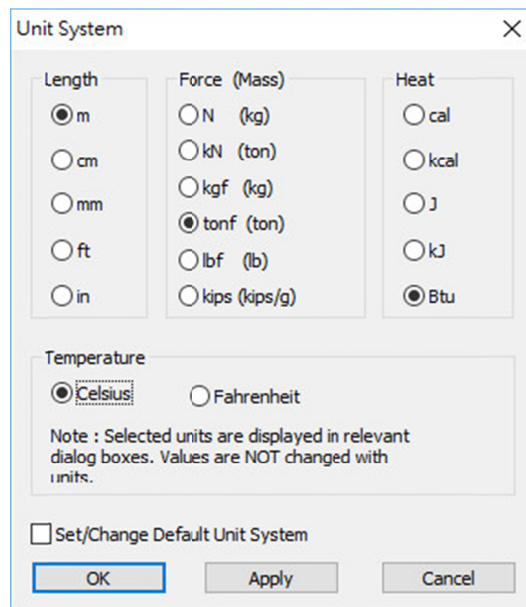


圖4 設定單位系統

定義材料和斷面

下面定義PSC beam所使用的混凝土和鋼腱的材料特性。

同時定義多種材料特性時，使用 **Apply** 鍵進行指派後可再連續輸入其他筆資料。

Properties /  **Material Properties...**

Type of Design > **Concrete** ; Standard > **CNS560(RC)**
DB > **C420** ↵

Type of Design > **Concrete** ; Standard > **CNS560(RC)**
DB > **C350** ↵

Type of Design > **Concrete** ; Standard > **CNS560(RC)**
DB > **C280** ↵

Name > (**Tendon**) ; Type of Design > **Steel** ;
Standard > **ASTM(S)** ; Code > **A416-270(Low)**

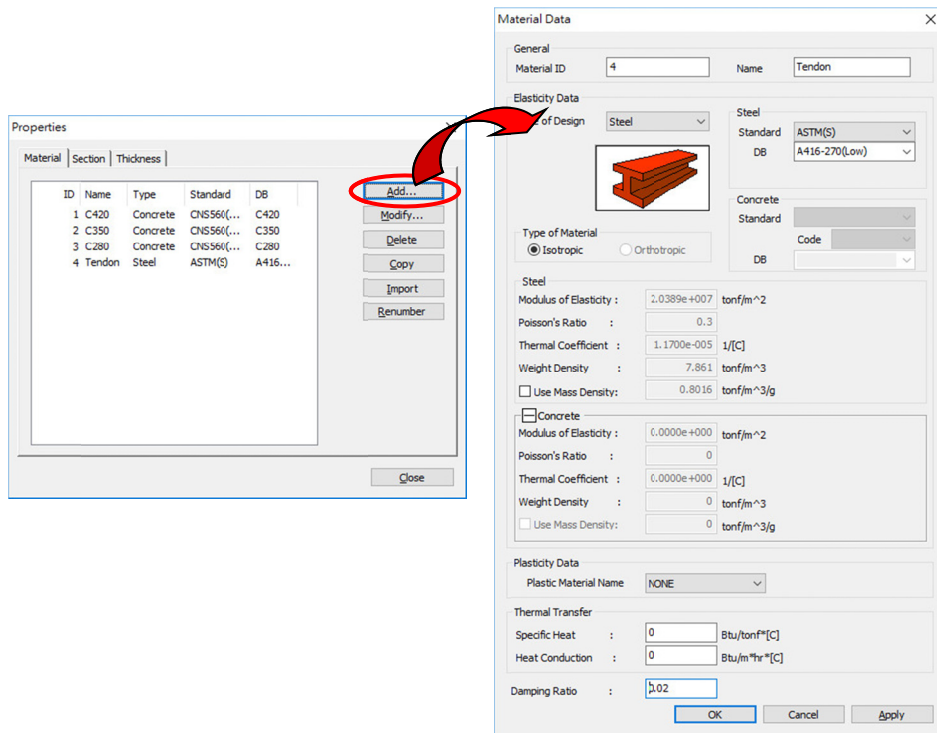


圖5. 定義材料對話視窗

定義斷面

PSC beam定義斷面。

Properties /  **Section Properties...**

PSC表單

Section ID (1) ; Name (Girder)

Shape Type >  PSC-1CELL, 2CELL

Joint On/Off> **J14** (開), **J12** (開) ; Section Type > **1 Cell**

Outer 表單

HO1 (0.25) ; HO2 (0.15) ; HO3 (2.4)

BO1 (1.45) ; BO2 (0.48) ; BO3 (1.32)

Inner 表單

HI1 (0.25) ; HI2 (0.15) ; HI2-2 (0) ; HI3 (1.9)

HI4 (0.3) ; HI4-2 (0) ; HI5 (0.2)

BI1 (1.3) ; BI1-2 (0.4) ; BI3 (0.92) ; BI3-2 (0.52) ↵

Shear Check : Z1 & Z3> **Auto** (開)

Web Thick : t1, t2, t3 & For Torsion (min.) > **Auto** (開)

Change Offset :

Offset > **Center-Top** ↵

按 **Display Centroid** ↵

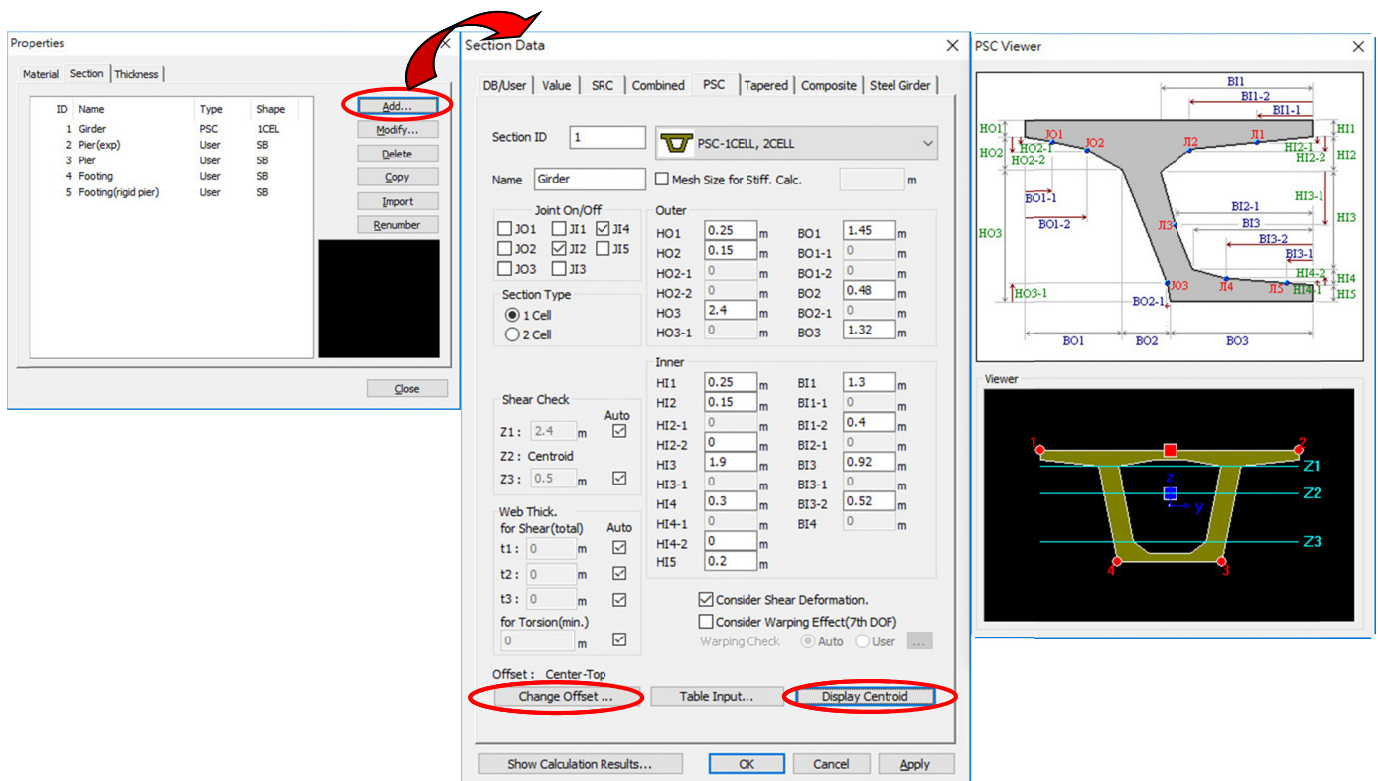


圖6. 定義斷面的對話視窗

以User Type定義基礎斷面。

Properties /  **Section Properties...**

DB/User 表單

Section ID (2) ; Name: **Pier(exp)**

斷面形狀 > **Solid Rectangle** ; User > H (2.9) , B (2.6) ↵

Section ID (3) ; Name: **Pier**

斷面形狀 > **Solid Rectangle** ; User > H (2.7) , B (2.6) ↵

Section ID (4) ; Name: **Footing**

斷面形狀 > **Solid Rectangle** ; User > H (6) , B (11) ↵

Section ID (5) ; Name: **Footing(rigid pier)**

斷面形狀 > **Solid Rectangle** ; User > H (11) , B (11) ↵

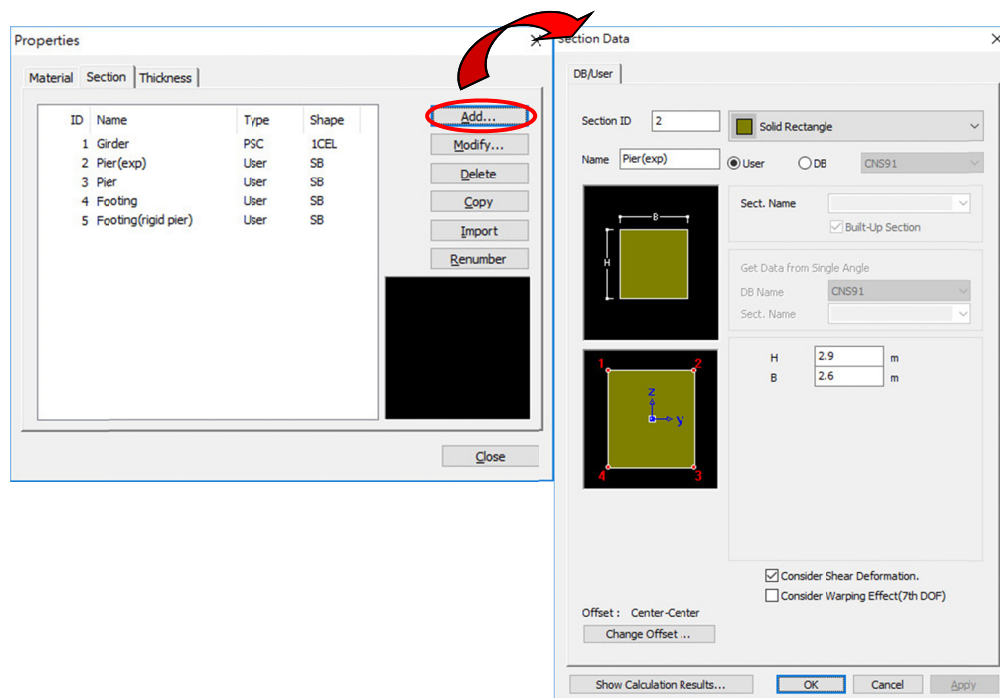


圖7. 定義斷面的對話視窗

定義材料的時間依存性特性

為了考慮混凝土材料之潛變、乾縮及抗壓強度的變化，以下將定義材料的時間依存特性。材料的時間依存特性參照以下資料來輸入。

- 28天強度： $f_c' = 420 \text{ kgf/cm}^2$ ； $f_c' = 350 \text{ kgf/cm}^2$
- 相對濕度： $RH = 80 \%$
- 幾何形狀係數： $0.46m$ ； $1.32m$
- 混凝土種類：普通水泥 (N,R)
- 拆模時間：3天

Properties / Time Dependent Material /  Creep/Shrinkage...

Name (CR&SH(C420)) ; Code > CEB-FIP(1990)

Compressive strength of concrete at the age of 28 days (4200)

Relative humidity of ambient environment (40 ~ 99) (80) 相對溼度

Notational size of member (0.46) 構件幾何形狀係數

Type of cement > Normal or rapid hardening cement (N, R) 普通或早強水泥

Age of concrete at the beginning of shrinkage (3)，意指拆模時間↓

Name (CR&SH(C350)) ; Code > CEB-FIP(1990)

Compressive strength of concrete at the age of 28 days (3500)

Relative humidity of ambient environment (40 ~ 99) (80) 相對溼度

Notational size of member (1.32) 構件幾何形狀係數

Type of cement > Normal or rapid hardening cement (N, R) 普通或早強水泥

Age of concrete at the beginning of shrinkage (3) 意指拆模時間↓

斷面幾何形狀比較複雜時，可使用 Properties>Change Element Dependent Material Properties 的功能來輸入 h 值。

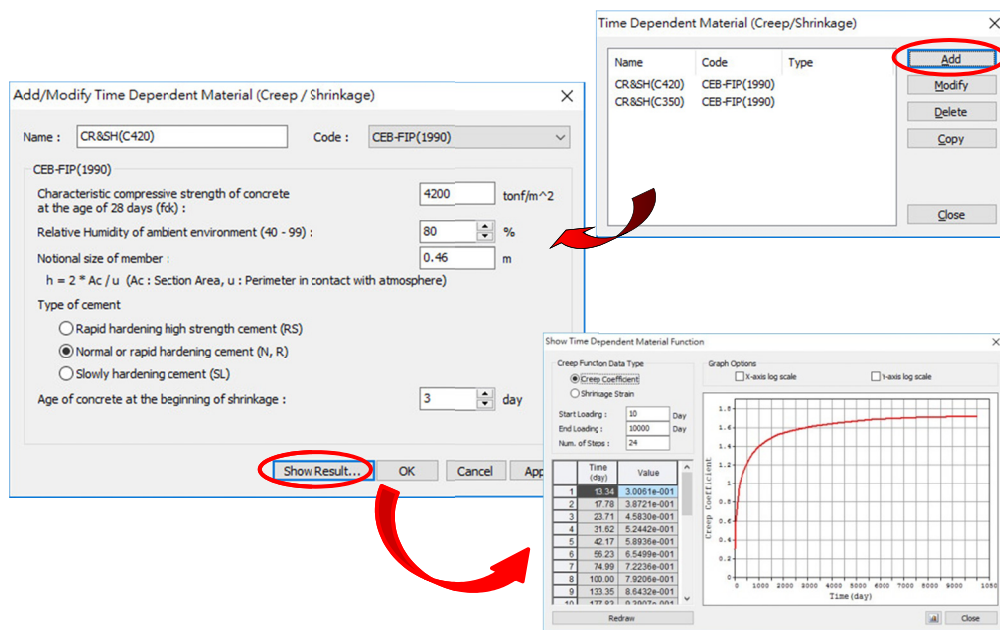


圖8. 定義材料的潛變和乾縮特性

混凝土澆注後隨時間變化而逐漸硬化，時間越長其強度越大。本例題根據 CEB-FIP所規定的混凝土強度發展函數考慮了混凝土此一特性。

Properties / Time Dependent Material /  **Comp. Strength...**

Name > **C420** ; Type > **Code**

Development of Strength > Code > **CEB-FIP(1990)**

Concrete Compressive strength at 28 days (S28) **(4200)**

Cement type(s) (N, R : 0.25)

Redraw Graph

Name > **C350** ; Type > **Code**

Development of Strength > Code > **CEB-FIP(1990)**

Concrete Compressive strength at 28 days (S28) **(3500)**

Cement type(s) (N, R : 0.25)

Redraw Graph

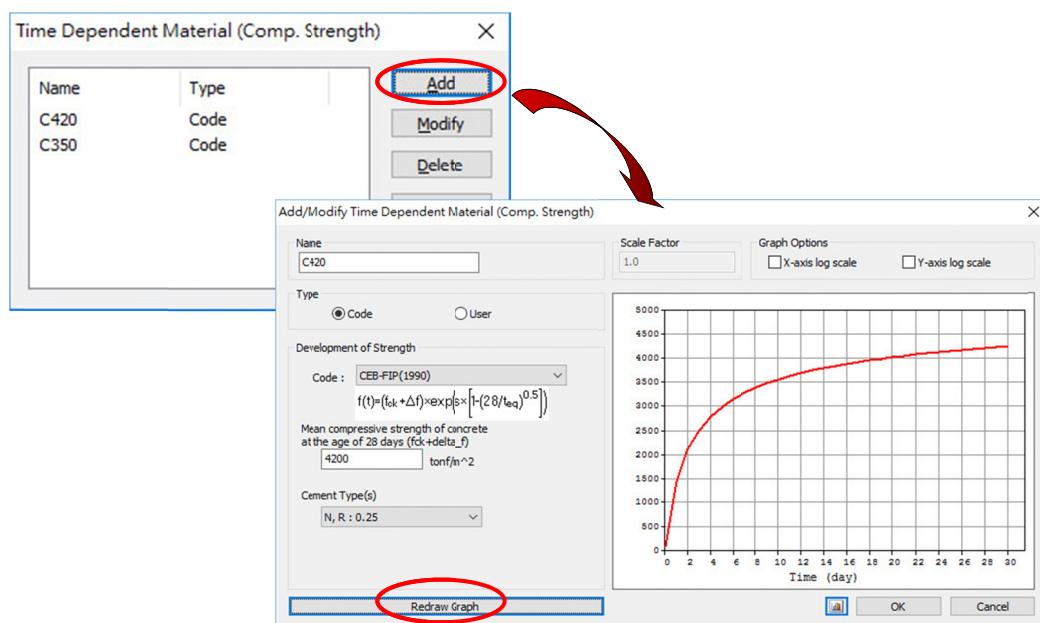


圖9. 定義隨時間變化的混凝土強度發展函數

參照圖10將一般材料特性和時間依存材料特性相連接，以及將隨時間變化的材料特性指派給相對應的材料。

Properties / Time Dependent Material /  **Material Link...**

Time Dependent Material Type > Creep/Shrinkage > **CR&SH(C420)**

Comp. Strength > **C420**

Select Material to Assign : Materials >

1:C420  Selected Materials 

Time Dependent Material Type > Creep/Shrinkage > **CR&SH(C350)**

Comp. Strength > **C350**

Select Material to Assign : Materials >

1:C350  Selected Materials 

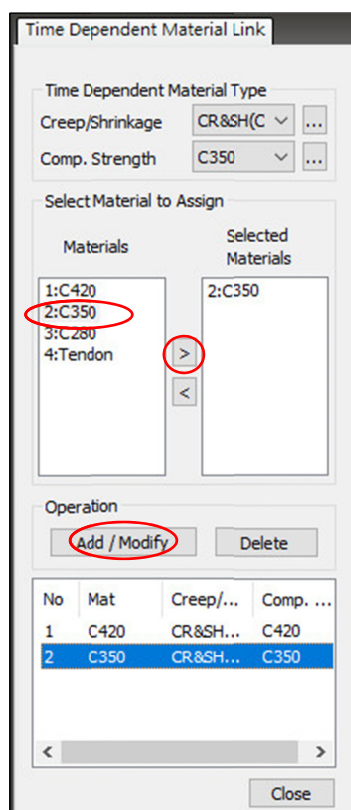


圖10. 連接時間依存材料特性

建立結構模型

利用  **Create Nodes** 建立節點 和  **Extrude Elements** 擴展單元 的功能來建立上部結構體單元。

 **Front View** ;  **Auto Fitting**

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

Coordinates (x, y, z) > (0, 0, 0) ↵

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

 **Select All**

Extrude Type > **Node → Line Element**

Element Type > **Beam** ; Material > **C420** ; Section > **1: Girder**

Generation Type > **Translate**

Translation > **Unequal Distance**

Axis > **x**

Distance > **(10@4.5, 20@5, 10@4.5)** ↵

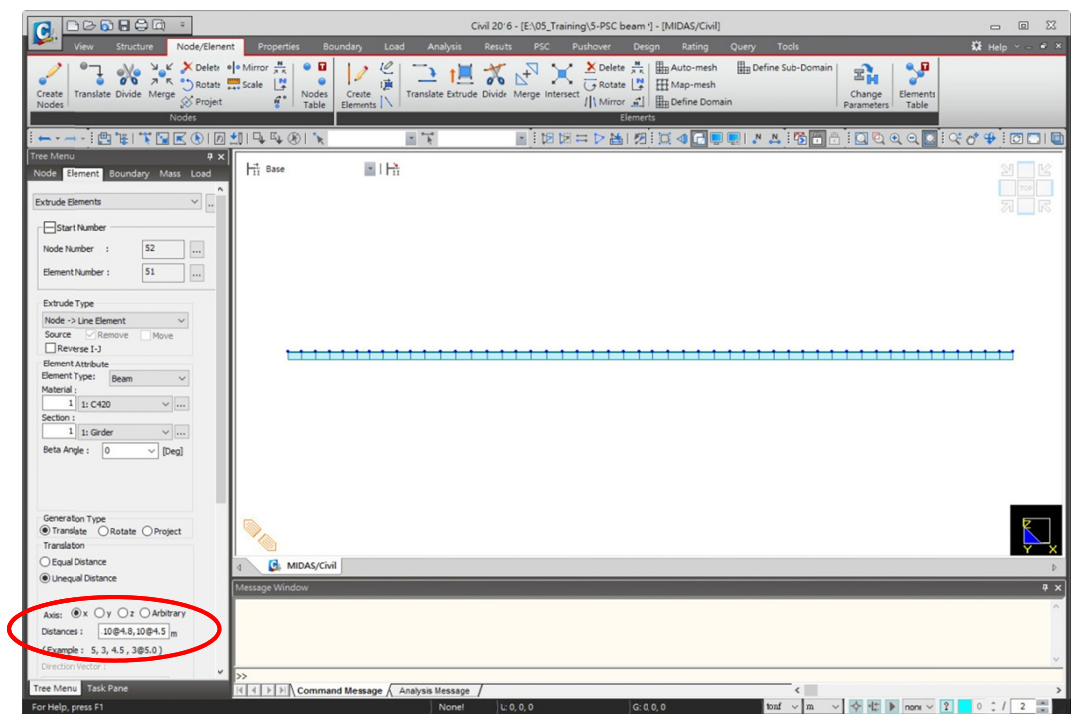


圖11. 建立上部結構體幾何模型

 **Display Node Numbers** 顯示節點編號

利用  **Translate Nodes** 複製節點 和  **Create Elements** 建立單元 的功能來建立下部結構體單元。



Select Single > Node 1 (選取節點編號1)

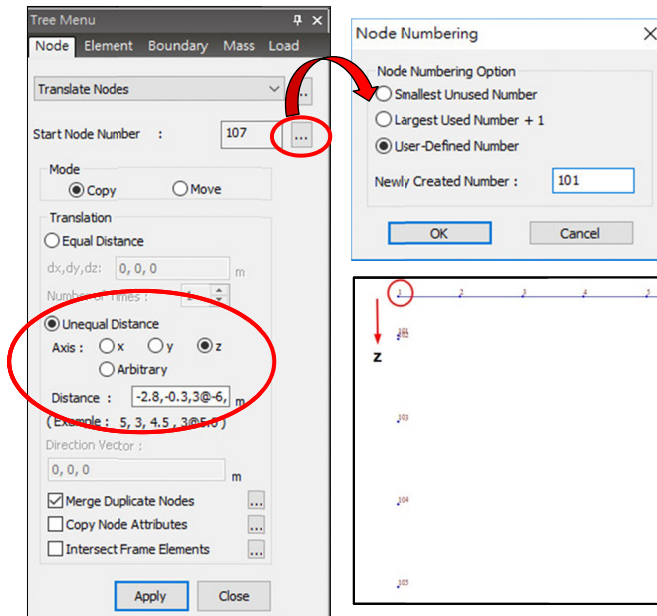
Node/Element > **Translate Nodes...**

Start Node number : 按 開啟 **Node Numbering** 對話框

Node Number Option > User-Defined Number > **101**

Translation > Unequal Distance >

Axis: **z** ; Distance: **-2.8, -0.3, 3@-6, -3**



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

Start Element number : 按 開啟 **Element Numbering** 對話框

Element Number Option > User-Defined Number > **101**

Material > **2:C350** ; Section > **2:Pier(exp)**

Nodal Connectivity > 102 , 105 建立橋墩單元101、102、103

Material > **3:C280** ; Section > **4:Footing**

Nodal Connectivity > 105 , 106 建立基礎單元104



Select Single > Node 11 (選取節點編號11)

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

Start Node number : 按 開啟 **Node Numbering** 對話框

Node Number Option > User-Defined Number > **111**

Translation > Unequal Distance >

Axis: **z** ; Distance: **-2.8, 3@-6, -3**

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

Start Element number : 按 開啟 **Element Numbering** 對話框

Element Number Option > User-Defined Number > **111**

Material > **2:C350** ; Section > **3:Pier**

Nodal Connectivity > 111 , 114 建立橋墩單元111、112、113

Material > **3:C280** ; Section > **5:Footing(rigid pier)**

Nodal Connectivity > 114 , 115 建立基礎單元114

 **Select Single** > Node 21 (選取節點編號21)

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

Start Node number : 按  開啟 **Node Numbering** 對話框

Node Number Option > User-Defined Number > **121** 

Translation > Unequal Distance >

Axis: **z** ; Distance: **-2.8, 3@-5, -3** 

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

Start Element number : 按  開啟 **Element Numbering** 對話框

Element Number Option > User-Defined Number > **121** 

Material > **2:C350** ; Section > **3:Pier**

Nodal Connectivity > 121 , 124  建立橋墩單元121、122、123

Material > **3:C280** ; Section > **5:Footing(rigid pier)**

Nodal Connectivity > 124 , 125  建立基礎單元124

 **Select Single** > Node 31 (選取節點編號31)

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

Start Node number : 按  開啟 **Node Numbering** 對話框

Node Number Option > User-Defined Number > **131** 

Translation > Unequal Distance >

Axis: **z** ; Distance: **-2.8, -0.3, 3@-4, -3** 

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

Start Element number : 按  開啟 **Element Numbering** 對話框

Element Number Option > User-Defined Number > **131** 

Material > **2:C350** ; Section > **3:Pier**

Nodal Connectivity > 132 , 135  建立橋墩單元131、132、133

Material > **3:C280** ; Section > **4:Footing**

Nodal Connectivity > 135 , 136  建立基礎單元134

 **Select Single** > Node 41 (選取節點編號41)

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

Start Node number : 按  開啟 **Node Numbering** 對話框

Node Number Option > User-Defined Number > **141** 

Translation > Unequal Distance >

Axis: **z** ; Distance: **-2.8, -0.3, 3@-3, -3** 

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

Start Element number : 按  開啟 **Element Numbering** 對話框

Element Number Option > User-Defined Number > **141** 

Material > **2:C350** ; Section > **3:Pier**

Nodal Connectivity > 142 , 145  建立橋墩單元141、142、143

Material > **3:C280** ; Section > **4:Footing**

Nodal Connectivity > 145 , 146  建立基礎單元144

 **Select Single** > Node 51 (選取節點編號51)

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

Start Node number : 按  開啟 **Node Numbering** 對話框

Node Number Option > User-Defined Number > **151** 

Translation > Unequal Distance >

Axis: **z** ; Distance: **-2.8, -0.3, 3@-2, -3** 

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

Start Element number : 按  開啟 **Element Numbering** 對話框

Element Number Option > User-Defined Number > **151** 

Material > **2:C350** ; Section > **2:Pier(exp)**

Nodal Connectivity > 152 , 155  建立橋墩單元151、152、153

Material > **3:C280** ; Section > **4:Footing**

Nodal Connectivity > 155 , 156  建立基礎單元154

[操作技巧]

上述重複性的指令循環操作，可透過功能表單由 **Element** 切換到 **Node** 表單可直接切換表單與對應指令，相對簡單快速。



依上述步驟參照圖3.結構斷面完成下部結構模型製作。

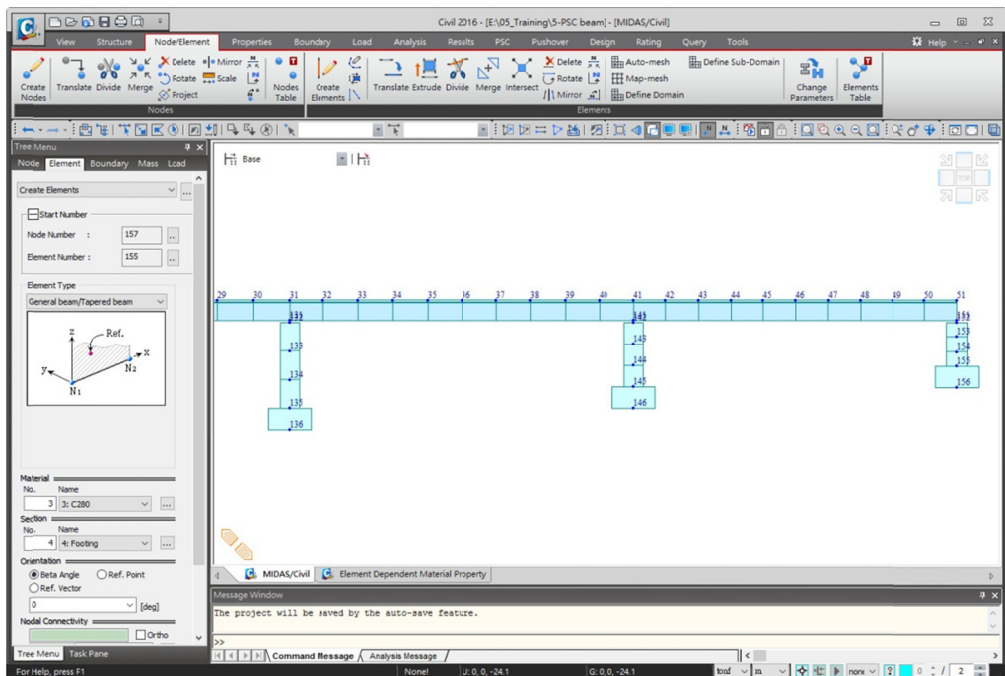


圖.12 建立下部結構體幾何模型

定義結構組、邊界條件組和載重組

為了進行施工階段分析，將各施工階段(construction stage)所要啟用(Active)和撤銷啟用(Inactive)的單元和邊界條件定義為群組，並利用群組來定義各個施工階段。

結構群組的定義方法如下。

Tree Menu >  **Group** 群組表單

Group > Structure Group > **New...** (按右鍵)

開啟 Define Structure Group 對話視窗：

Name: (SG_) ; Suffix: (1to6) 

Name: (Pier) ; Suffix: (1to6) 

Name: (Girder)  ↩

 為了方便於後處理中利用 Bridge Girder Diagrams 功能查看分析結果而將其定義為群組。

 **Element Number** (開) 顯示單元編號

 **Select Window** (框選下部結構各單元)

Group > Structure Group > SG_1 (Drag & Drop) 托放到視窗指派

 **Select Window** (單元 : 1 to 12)

Group > Structure Group > SG_2 (Drag & Drop)

依相同方法指派SG_3~SG_6、Pier_1~Pier_6、Girder等結構群組，各群組啟用的單元選取範圍如下表2：

結構群組	 Select Window
SG_1	下部結構各單元
SG_2	單元 : 1 to 12
SG_3	單元 : 13 to 22
SG_4	單元 : 23 to 32
SG_5	單元 : 33 to 42
SG_6	單元 : 43 to 50
Pier_1	單元 : 101 to 104
Pier_2	單元 : 111 to 114
Pier_3	單元 : 121 to 124
Pier_4	單元 : 131 to 134
Pier_5	單元 : 141 to 144
Pier_6	單元 : 151 to 154
Girder	單元 : 1 to 50

表2. 結構群組與單元選取範圍對應

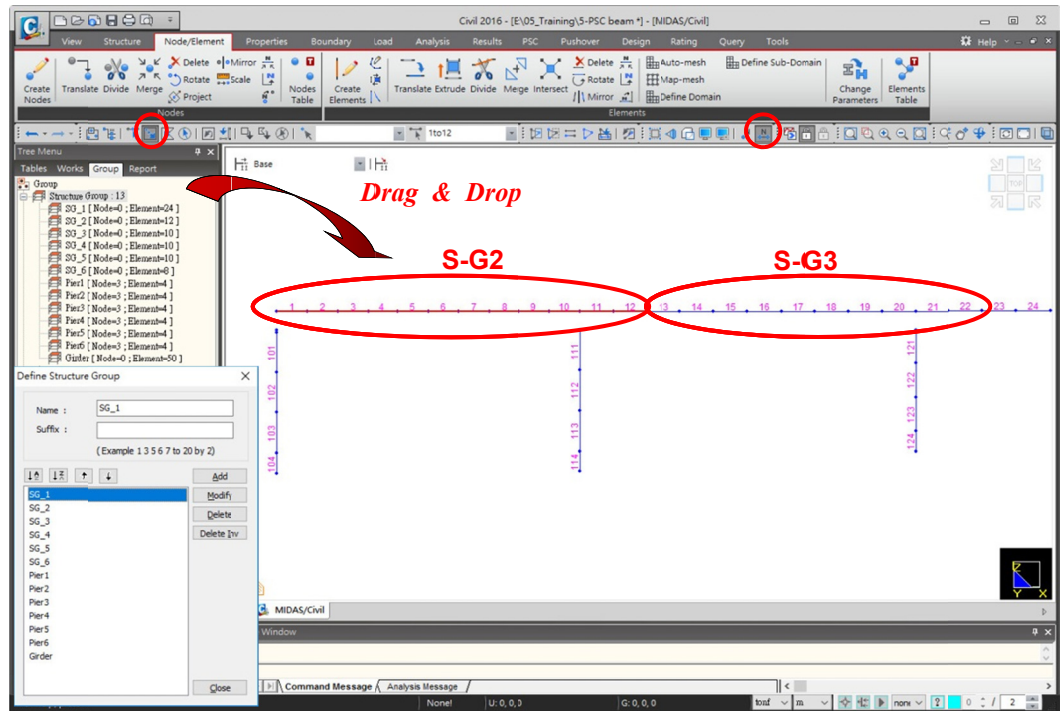


圖13. 定義結構組(Structure Group)

新建邊界組

建立邊界組名稱，建立的方法如下。

Tree Menu > **Group** 群組表單

Group > Boundary Group > **New...** (按右鍵)

開啟 Define Boundary Group 對話視窗：

Name: (**BG_**) ; Suffix: (**1to6**)

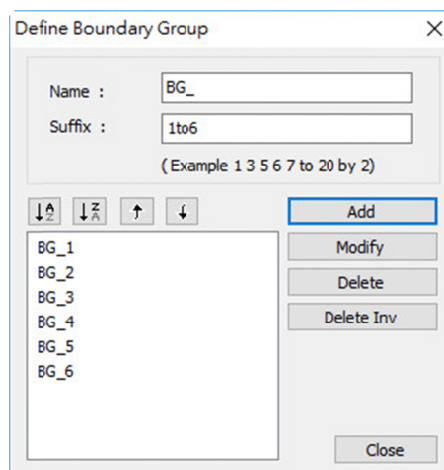


圖14. 建立邊界組(Boundary Group)

新建載重組

靜載重群組和預力載重群組名稱的新建方法如下。

Tree Menu >  **Group** 群組表單

Group > Load Group > **New...** (按右鍵)

開啟 Define Boundary Group 對話視窗：

Name: (**LG(Self weight)_**); Suffix: (**1to6**) 

Name: (**Additional Load**) 

Name: (**LG(Cstr.Load)_**); Suffix: (**2to6**) 

Name: (**LG_Final**) 

Name: (**LG(Prestress)_**); Suffix: (**2to6**) 

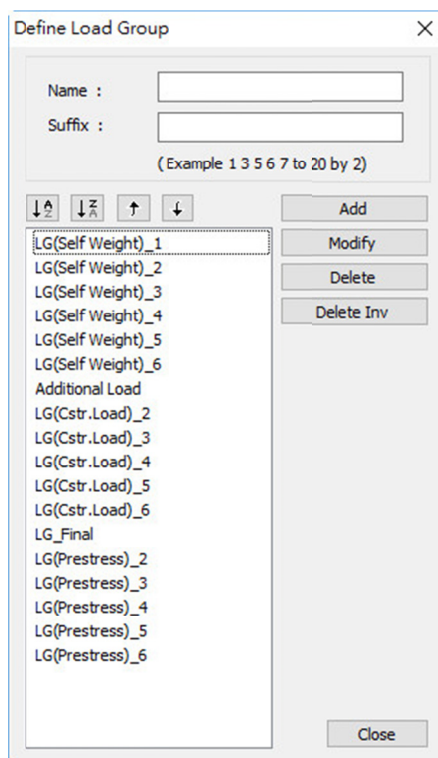


圖15. 建立載重組(Load Group)

輸入邊界條件

邊界條件的輸入方法如下。

下表為各墩柱下方的基礎模擬彈簧數值，將各節點得數值依上述操作過程輸入邊界條件，並定義群組為BG_1

node	Type	SDx	SDy	SDz	SRx	SRy	SRz	Group
106	Linear	149800	149800	266100	2645000	2645000	1e+10	BG_1
115	Linear	187300	187300	332600	4017000	4017000	1e+10	BG_1
125	Linear	187300	187300	332600	4017000	4017000	1e+10	BG_1
136	Linear	149800	149800	266100	2645000	2645000	1e+10	BG_1
146	Linear	149800	149800	266100	2645000	2645000	1e+10	BG_1
156	Linear	149800	149800	266100	2645000	2645000	1e+10	BG_1

表3. 基礎模擬彈簧數值

-  **Element Number** (關) ;  **Node Number** (開)
- Boundary / Spring Supports /  **Point Spring...** 節點彈簧支承
-  **Select single** (節點 : 106,136,146,156)
- Boundary Group Name > **BG_1**
- Options > **Add**
- Type > **Linear**
- SDx > 149800 ; SDy > 149800 ; SDz > 266100
- SRx > 2645000 ; SRy > 2645000 ; SRz > 1e+10 
-  **Select single** (節點 : 115,125)
- Boundary Group Name > **BG_1**
- SDx > 187300 ; SDy > 187300 ; SDz > 332600
- SRx > 4017000 ; SRy > 4017000 ; SRz > 1e+10 

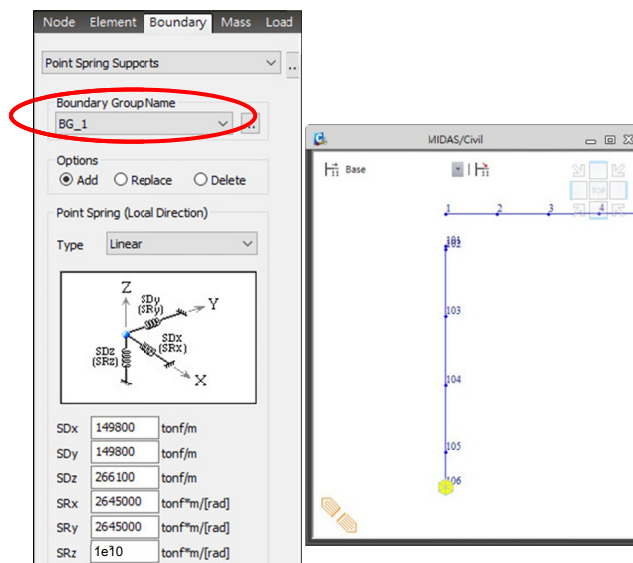


圖16. 輸入基礎模擬彈簧數值於各節點支承

利用  **Rigid Link 剛性連接** 功能模擬連接上、下部結構。

Boundary /  **Rigid Link 剛性連接**

Boundary Group Name > **BG_2**

Options > **Add**

Master Node Number > **1** (節點: 1)

Typical Types > Rigid Body

Select Node (節點: 101) 

Boundary Group Name > **BG_2**

Options > **Add**

Master Node Number > **11** (節點: 11)

Typical Types > Rigid Body

Select Node (節點: 111) 

Boundary Group Name > **BG_3**

Options > **Add**

Master Node Number > **21** (節點: 21)

Typical Types > Rigid Body

Select Node (節點: 121) 

Boundary Group Name > **BG_4**

Options > **Add**

Master Node Number > **31** (節點: 31)

Typical Types > Rigid Body

Select Node (節點: 131) 

Boundary Group Name > **BG_5**

Options > **Add**

Master Node Number > **41** (節點: 41)

Typical Types > Rigid Body

Select Node (節點: 141) 

Boundary Group Name > **BG_6**

Options > **Add**

Master Node Number > **51** (節點: 51)

Typical Types > Rigid Body

Select Node (節點: 151) 

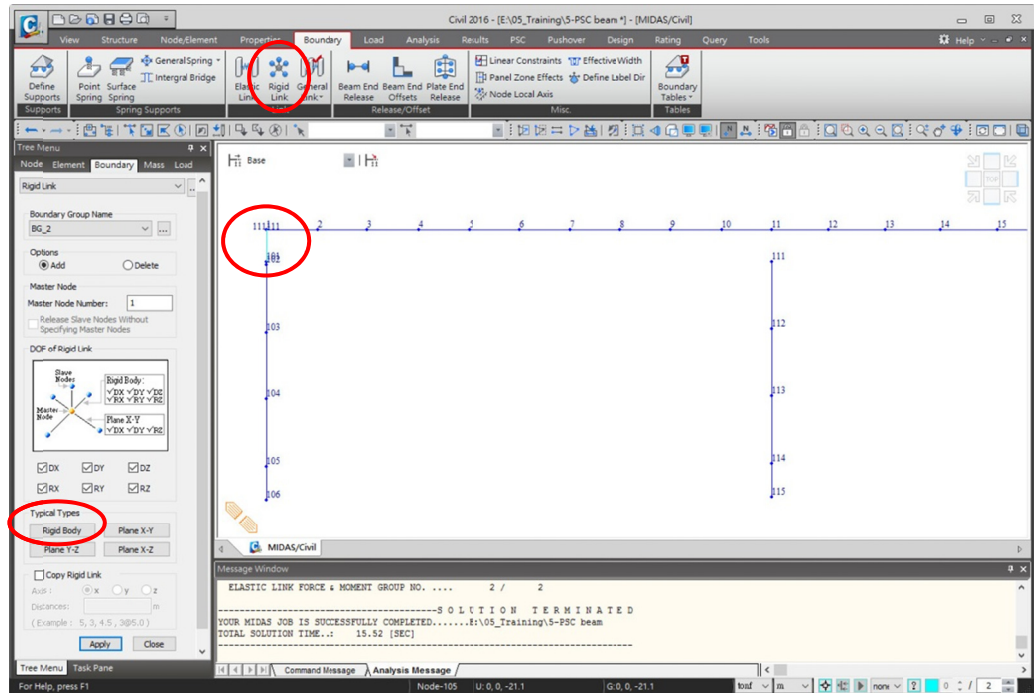


圖17. 定義梁頂梁底剛性連接

利用 **Elastic Link 彈性連接** 功能定義支承墊邊界條件。

Boundary / **Elastic Link 彈性連接**

Boundary Group Name > **BG_2**

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

SDx > 1e+10 ; SDy > 1e+10

Shear spring Location (開)

2 Nodes > (節點 : 101, 102) ↵

Boundary Group Name > **BG_4**

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

SDx > 1e+10 ; SDy > 1e+10

Shear spring Location (開)

2 Nodes > (節點 : 131, 132) ↵

Boundary Group Name > **BG_5**

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

SDx > 1e+10 ; SDy > 1e+10

Shear spring Location (開)

2 Nodes > (節點 : 141, 142) ↵

Boundary Group Name > **BG_6**

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

SDx > 1e+10 ; SDy > 1e+10

Shear spring Location (開)

2 Nodes > (節點 : 151, 152) ↵

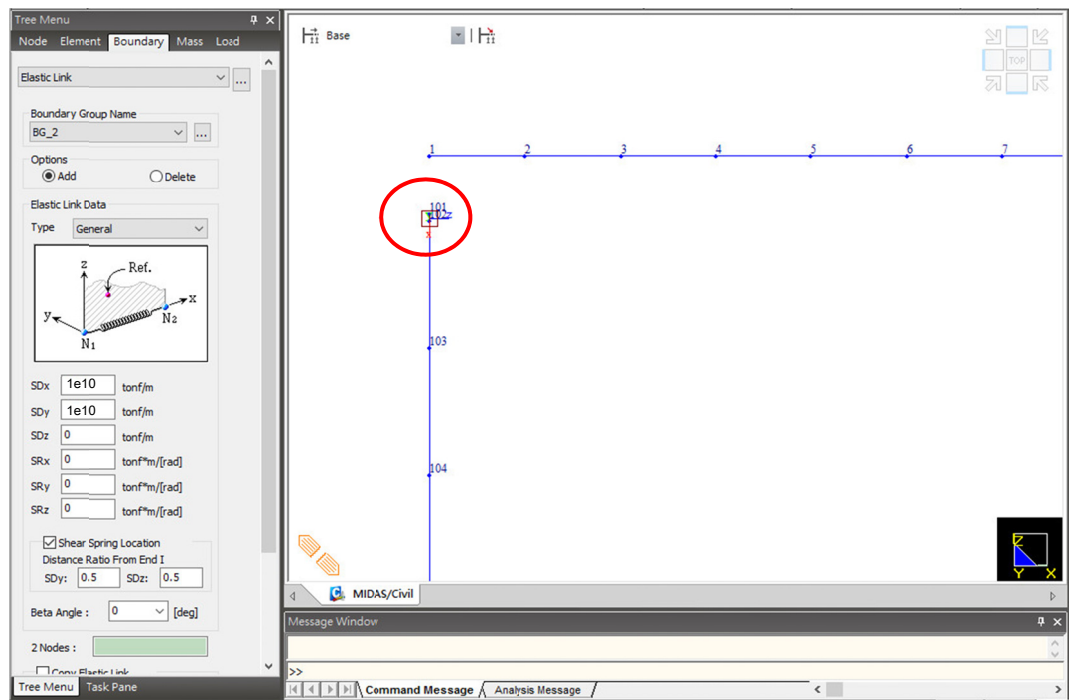


圖18. 支承墊以彈性連接模擬

輸入載重

本例題針對靜載重和預力載重進行施工階段分析。移動載重分析則需另行輸入移動載重資料。

Load / *Static Load Cases...*

Name (Selfweight)
 Type > **Construction Stage Load** Add

Name (Additional Load)
 Type > **Construction Stage Load** Add

Name (Temp_20)
 Type > **Temperature** Add

Name (Temp_-20)
 Type > **Temperature** Add

Name (Temp Gradient)
 Type > **Temperature Gradient** Add

Name (Cstr.Load)
 Type > **Construction Stage Load** Add

Name (**Prestress**)
 Type > **Construction Stage Load** Add

注意：若欲進行施工階段分析，載重狀況定義的載重分類(Type)要選擇施工階段載重(Construction Stage Load)。

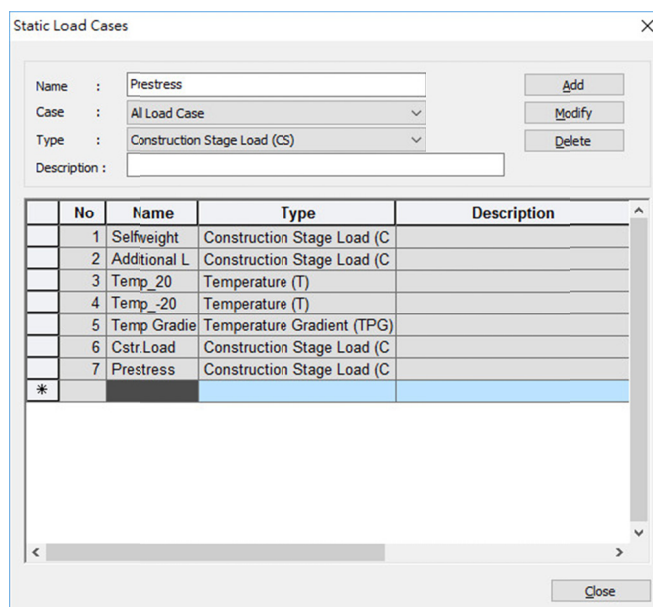


圖19. *Static Load Cases* 對話視窗

輸入自重

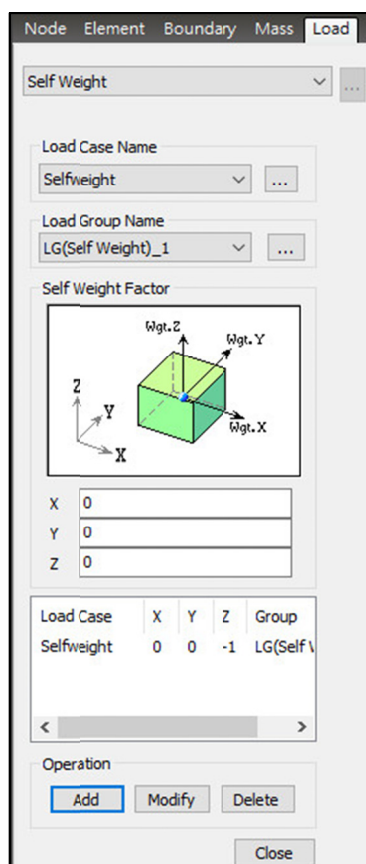
Load / Static Load / **Self Weight...**Load Case Name > **Self weight**Load Group Name > **LG(Selfweight)_1**Self Weight Factor > Z (-1) 

圖20. 輸入靜載重

輸入個別隔梁的自重

以單一節點載重 *Nodal Loads* 功能輸入個別隔梁的自重。

Load / Static Loads / *Nodal Loads...*

Load Case Name > **Self weight**

Options > **Add**

Load Group Name > **LG(Selfweight)_2**

 **Select single** (節點 : 1)

Nodal Loads > FZ (**-14.4**) tonf ↵

Load Group Name > **LG(Selfweight)_2**

 **Select single** (節點 : 11)

Nodal Loads > FZ (**-23.52**) tonf ↵

Load Group Name > **LG(Selfweight)_3**

 **Select single** (節點 : 21)

Nodal Loads > FZ (**-23.52**) tonf ↵

Load Group Name > **LG(Selfweight)_4**

 **Select single** (節點 : 31)

Nodal Loads > FZ (**-23.52**) tonf ↵

Load Group Name > **LG(Selfweight)_5**

 **Select single** (節點 : 41)

Nodal Loads > FZ (**-23.52**) tonf ↵

Load Group Name > **LG(Selfweight)_5**

 **Select single** (節點 : 51)

Nodal Loads > FZ (**-14.1**) tonf ↵

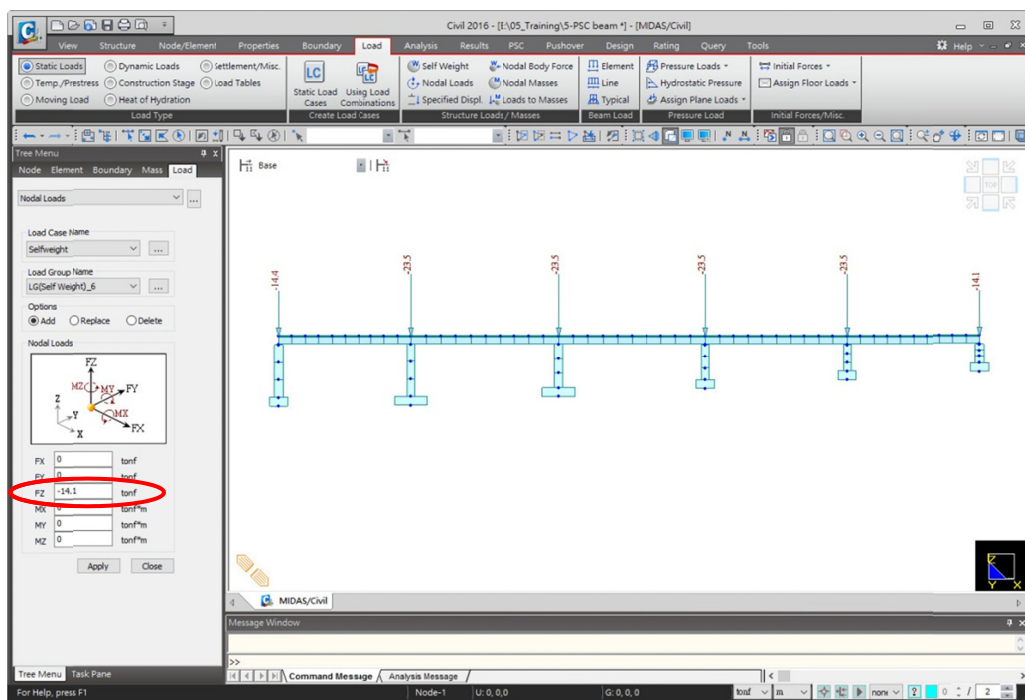


圖21. 輸入單一節點載重

輸入附加載重

以梁桿件載重 *Element Beam Loads* 功能輸入附加載重。

Load / Static Loads / *Element Beam Loads...*

Load Case Name > **Additional Load**

Load Group Name > **Additional Load** 附加載重

 **Select by Window** (單元：1 to 50)

Options > **Add** ;

Load Type > **Uniform Loads** 均布載重

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

Value > Relative 相對值>

x1 (0), x2 (1), W (**-3.4**) t/m ↵

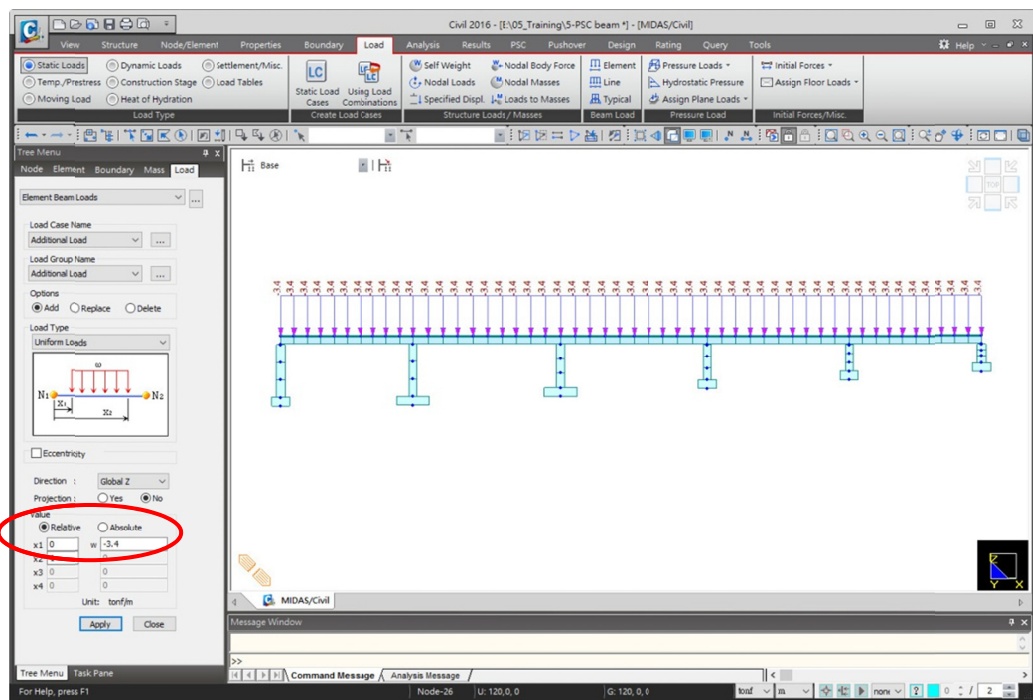


圖22. 輸入附加載重

輸入施工載重

梁桿件載重 **Element Beam Loads** 功能輸入施工載重，依國工局規定上部施工載重給定 50kgf/m^2 。

施工載重： $(0.05\text{ t/m}^2) \times (6.5\text{m}) = 0.325\text{ t/m}$ ，採用 0.33 t/m 。

Load / **Element Beam Loads...**

Load Case Name > **Cstr.Load**

Load Group Name > **LG(Cstr.Load)_2**

Options > **Add**

 **Select by Window** (桿件： 1to12)

Load Type > **Uniform Loads** 均布載重

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

Value > **Relative** ; x1 (0), x2 (1), W (**-0.33**) t/m ↵

Load Group Name > **LG(Cstr.Load)_3**

Options > **Add**

 **Select by Window** (桿件： 1to22)

Load Type > **Uniform Loads** 均布載重

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

Value > **Relative** ; x1 (0), x2 (1), W (**-0.33**) t/m ↵

Load Group Name > **LG(Cstr.Load)_4**

Options > **Add**

 **Select by Window** (桿件： 1to32)

Load Type > **Uniform Loads** 均布載重

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

Value > **Relative** ; x1 (0), x2 (1), W (**-0.33**) t/m ↵

Load Group Name > **LG(Cstr.Load)_5**

Options > **Add**

 **Select by Window** (桿件： 1to42)

Load Type > **Uniform Loads** 均布載重

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

Value > **Relative** ; x1 (0), x2 (1), W (**-0.33**) t/m ↵

Load Group Name > **LG(Cstr.Load)_6**

Options > **Add**

 **Select by Window** (桿件： 43to50)

Load Type > **Uniform Loads** 均布載重

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

Value > **Relative** ; x1 (0), x2 (1), W (**-0.33**) t/m ↵

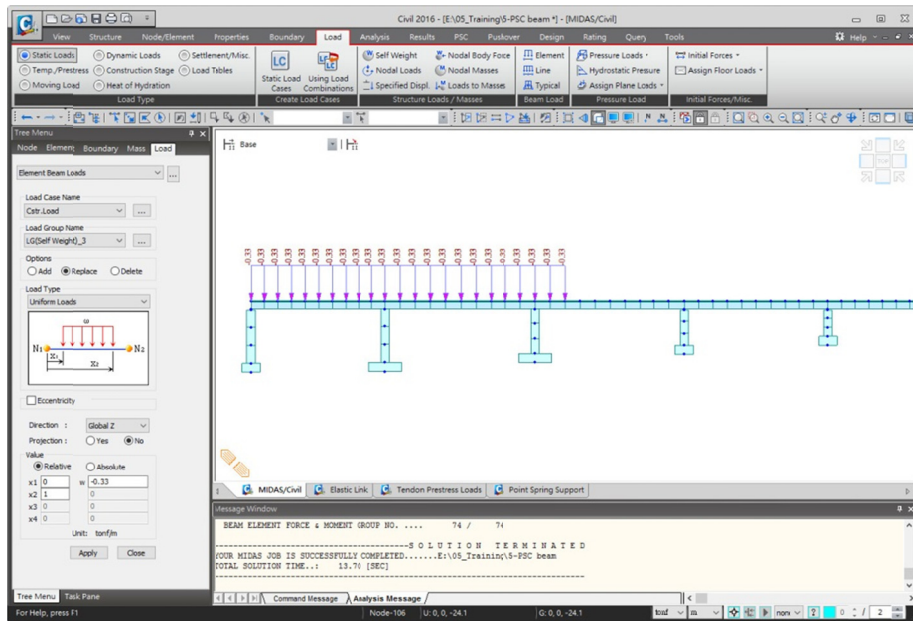


圖23. 輸入施工載重

輸入溫度升降載重

System Temperatures 輸入溫度應力分析所需整體結構物的最終溫度。

Load / Temp./Prestress / **System Temperatures...**

Load Case Name > **Temp_20**

Load Group Name > **LG_Final**

Temperature > Final Temperature (20) [C]

Add

Load Case Name > **Temp_-20**

Load Group Name > **LG_Final**

Temperature > Final Temperature (-20) [C]

Add

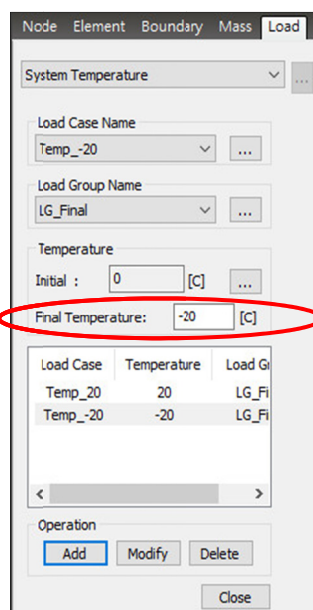


圖24. 輸入系統溫度

輸入斷面溫差載重

Beam Section Temperatures 輸入梁斷面內的溫度差。

Load / Temp./Prestress / *Beam Section Temperatures...*

Load Case Name > **Temp Gradient**

Load Group Name > **LG_Final**

Options > **Add**

Section Type > **PSC/Composite**

Section Temperature >

Initial > **(0)** [C] ; Material > **Element**

Ref. > **Top** ; B > **Section**

H1 > **(0)** ; H2 > **(0.25)** ; T1 > **(22)** ; T2 > **(12.1)** Add

H1 > **(0.25)** ; H2 > **(0.4)** ; T1 > **(12.1)** ; T2 > **(4.4)** Add

H1 > **(0.4)** ; H2 > **(1.2)** ; T1 > **(4.4)** ; T2 > **(0)** Add

H1 > **(1.2)** ; H2 > **(2.6)** ; T1 > **(0)** ; T2 > **(0)** Add

H1 > **(2.6)** ; H2 > **(2.8)** ; T1 > **(0)** ; T2 > **(2)** Add

依照斷面的高度輸入五組溫度差



Select by Window (桿件 : 1to50)

Apply

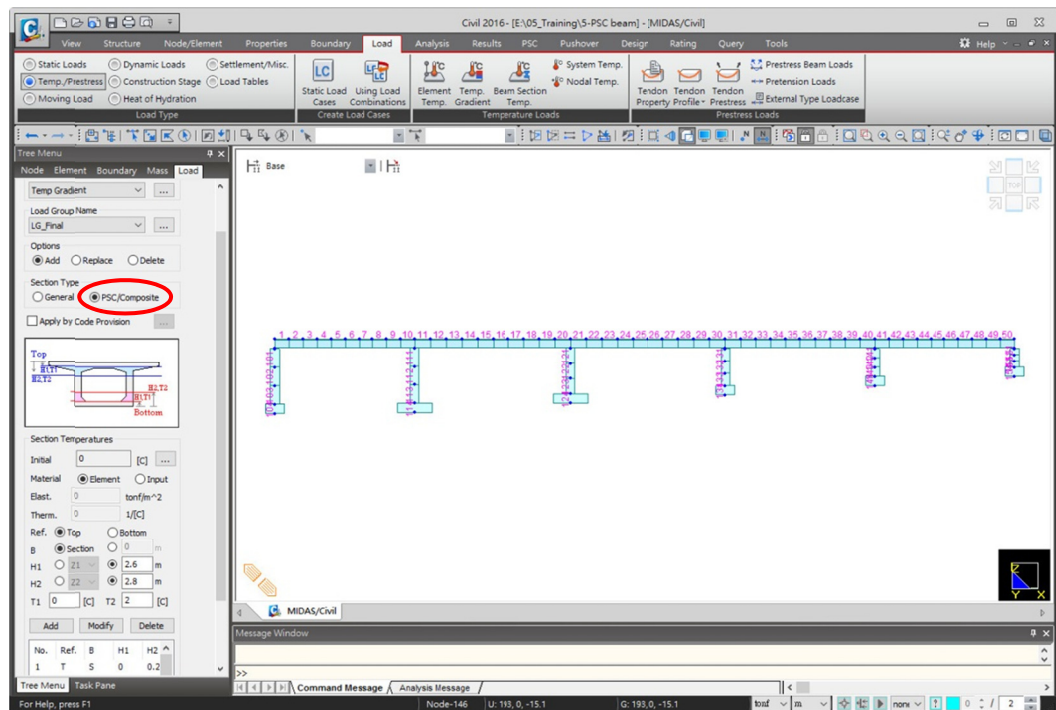


圖25. 輸入梁斷面溫度

輸入鋼腱特性值

輸入預力鋼腱特性值資料。

當鋼腱施加預力並維持其一定的應變時，作用到鋼腱上的預力隨時間的推移逐漸地減小，此現象稱之為鬆弛(Relaxation)。

midas Civil 採用 Magura 公式來考慮鋼腱的鬆弛。鬆弛係數為該式中與鋼材有關的常數，一般鋼材取值為10，低鬆弛鋼材取值45。詳見 Analysis 手冊中的“預力損失”。

Load/ Temp./Prestress / Prestress Loads / **Tendon Property...**

Tendon Name (**Tendon_web**)

Tendon Type > **Internal(Post-Tension)**

Material > **4: Tendon**

Total Tendon Area (**0.0026353**)

或者 ...

Strand Diameter > **15.2mm(0.6")** ;

Number of Strands (**19**) ↵

Duct Diameter (**0.1**) ; Relaxation Coefficient (**45**)

Ultimate Strength (**190000**) ; Yield Strength (**171000**)

Curvature Friction Factor (**0.25**) ; Wobble Friction Factor (**0.0007**)

Anchorage Slip(Draw in) > Begin (**0.008**) ; End (**0.008**) ↵

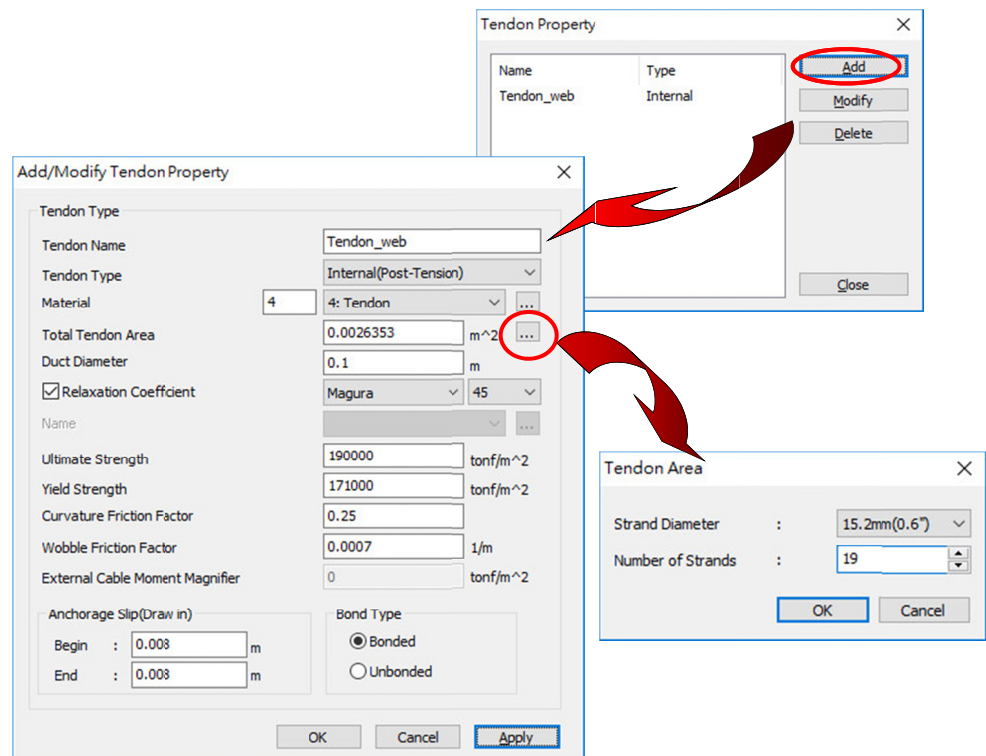


圖26. 輸入鋼腱特性值

輸入鋼腱形狀

首先參照圖 2 鋼腱佈設圖建立鋼腱群組 **TG**，另參照表 1 鋼腱高程座標表輸入第一跨**T1(CS2)_L**側鋼腱形狀。

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

Load / Temp./Prestress / Prestress Loads / **Tendon Profile...**

Tendon Name > **T1(CS2)_L**

Tendon Group > **TG**，按 建立鋼腱群組 **TG**

Tendon Property > **Tendon_web**

Assigned Elements > **1to12** ;  **Select Window** (單元 : 1 to 12)

Input Type > **2-D** ; Curve Type > **Spline**

Typical Tendon > (開) No. of Tendons > (**2**)

Profile 鋼腱佈置

Reference Axis > Element

y方向

勾選固定(fix)的話該點的斜率會依據所輸入的值，若不勾選則自動產生適當斜率的曲線。

1 > x (0), y (1.63), fix (關)

2 > x (18), y (1.63), fix (關)

3 > x (40.5), y (1.63), fix (關)

4 > x (45), y (1.63), fix (關)

5 > x (50), y (1.63), fix (關)

6 > x (55), y (1.63), fix (關)

z方向

1 > x (0), z (-1.44), fix (開) Ry(6.09)

2 > x (18), z (-2.4), fix (開) Ry(0)

3 > x (40.5), z (-1.2333), fix (開) Ry(-5.92)

4 > x (45), z (-1.0), fix (開) Ry(0)

5 > x (50), z (-1.28), fix (開) Ry(6.39)

6 > x (55), z (-1.77), fix (開) Ry(4.8)

Point of sym. > **Last**

Profile Insertion Point > **End-I** of Elem. > **1**

x Axis Direction > **I -> J**

x Axis Rot. Angle > **-11.3099** [deg] ; Projection(開) ↙ 沿x方向旋轉角度

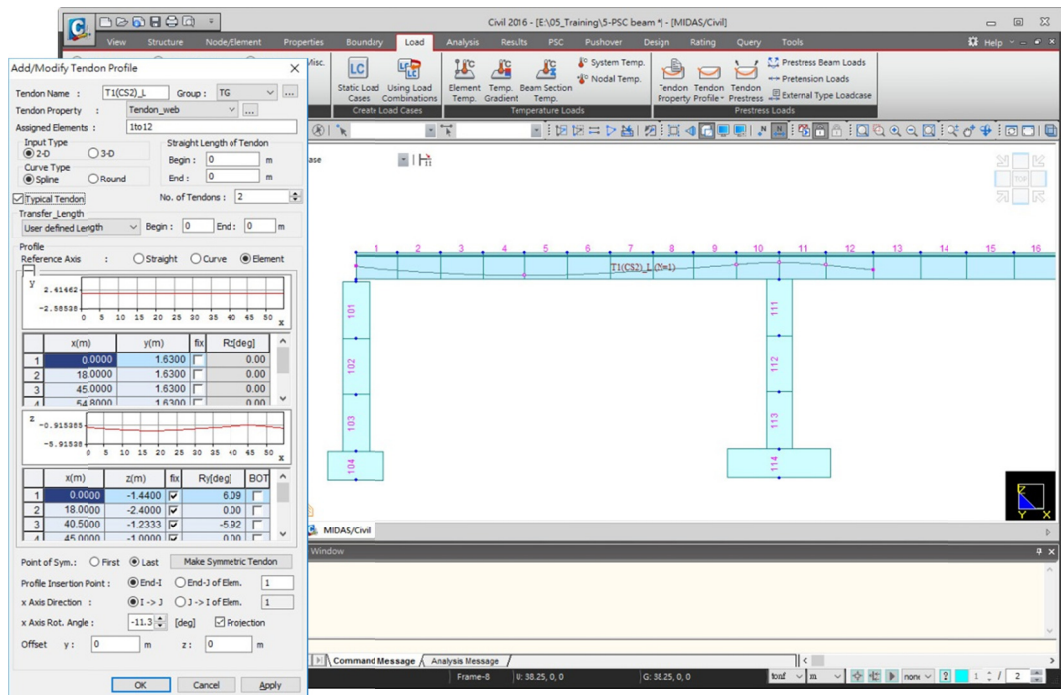


圖27. 定義鋼腱形狀

接著複製已定義的鋼腱第一跨T1(CS2)_L側鋼腱定義T1(CS2)_R側的佈置形狀，修改Y方向座標以及沿X方向旋轉角度。

Tendon Profile 對話視窗：

Name > T1(CS2)_L Copy

Name > T1(CS2)_L-Copy Modify

Add/Modify Tendon Profile 對話視窗：

Tendon Name > T1(CS2)_R 修改鋼腱名稱

Profile 鋼腱佈置

y方向

1 > x (0) , y (-1.63) , fix (關)

2 > x (18) , y (-1.63) , fix (關)

3 > x (40.5) , y (-1.63) , fix (關)

4 > x (45) , y (-1.63) , fix (關)

5 > x (50) , y (-1.63) , fix (關)

6 > x (55) , y (-1.63) , fix (關)

x Axis Rot. Angle > 11.3099 [deg] ; Projection(開) ↵

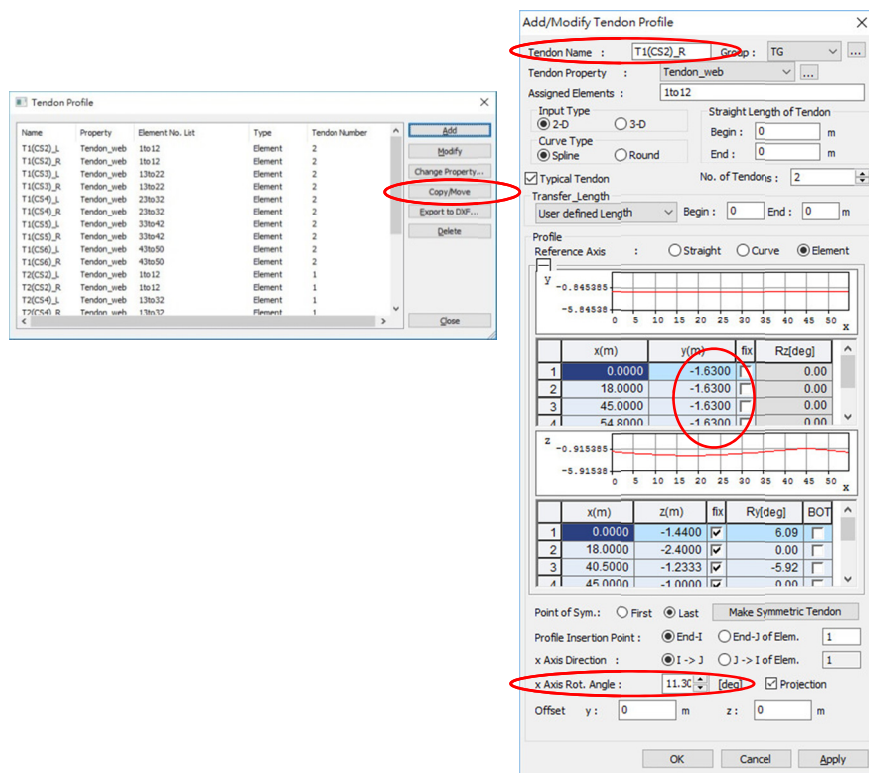


圖28. 利用複製方式定義T1(CS2)_R側鋼腱佈置形狀

使用MCT命令視窗可以更方便地輸入鋼腱的佈置。關於鋼腱佈置的MCT命令為“*TDN-PROFILE”。

按上述步驟參照圖2 鋼腱佈設圖及表1 鋼腱座標表，定義各鋼腱的佈置形狀。

輸入鋼腱預力載重及施預力載重群組

定義完鋼腱的形狀後，必須選取個別鋼腱，定義各施工階段所施加相應的預力載重及載重群組。

Load / Temp.Prestress / Prestress Loads / **Tendon Prestress...**

Load Case Name > **Prestress** ; Load Group Name > **LG(Prestress)_2**

Tendon > **T1(CS2)_L , T1(CS2)_R , T2(CS2)_L , T2(CS2)_R**  Selected

Stress Value > **Stress** ; 1st Jacking > **End**

Begin (**0**) ; End (**142500**)

Grouting : after (**1**) Stage 

選擇兩端張拉時的先張拉端。

定義對鋼腱孔道灌漿的施工階段。灌漿前的應力按實際斷面計算，灌漿後按組合成的斷面來計算。
在 Grouting 中輸入 after (1) Stage 意味著在張拉鋼腱之後的施工階段灌漿。

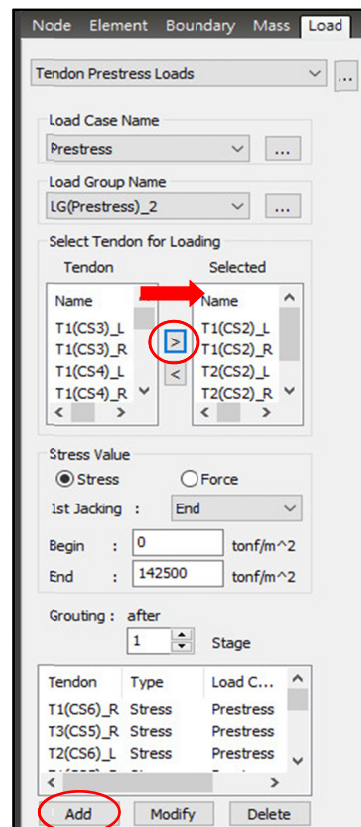


圖29. 輸入預力載重及預力載重群組

按上述方法輸入各施工階段所施加相應的預力載重及載重群組（詳參下表4）。

Load Group	Tendon Name
LG(Prestress)_2	T1(CS2)_R,T1(CS2)_L,T2(CS2)_R,T2(CS2)_L
LG(Prestress)_3	T1(CS3)_R,T1(CS3)_L,T3(CS3)_R,T3(CS3)_L
LG(Prestress)_4	T1(CS4)_R,T1(CS4)_L,T2(CS4)_R,T2(CS4)_L
LG(Prestress)_5	T1(CS5)_R,T1(CS5)_L,T3(CS5)_R,T3(CS5)_L
LG(Prestress)_6	T1(CS6)_R,T1(CS6)_L,T2(CS6)_R,T2(CS6)_L,T3(CS6)_R,T3(CS6)_L

表4. 各鋼腱施預力載重群組

定義施工階段

施工階段分析模型的階段是由基本階段、施工階段、完工階段所組成。**Base基本階段**是對單元進行添加或刪除、定義材料、斷面、載重和邊界條件的階段，可以說與實際施工階段分析無關，且上述工作只能在基本階段進行。**CSn施工階段**是進行實際施工階段分析的各個階段，在此階段可以更改載重狀況和邊界條件。**PostCS完工階段**是對除施工階段載重以外的其他載重進行分析的階段，在該階段可以將一般載重的分析結果和施工階段分析的結果進行組合。完工階段可以被定義為施工階段中的任一階段。

施工階段	持續時間 (天)	結構組		邊界組		載重組	
		Active	Inactive	Active	Inactive	Active	Inactive
CS1	12	SG_1		BG_1		LG(Selfweight)_1	
CS2	12	SG_2		BG_2		LG(Selfweight)_2 LG(Cstr.Load)_2 LG(Prestress)_2	
CS3	12	SG_3		BG_3		LG(Selfweight)_3 LG(Cstr.Load)_3 LG(Prestress)_3	LG(Cstr.Load)_2
CS4	12	SG_4		BG_4		LG(Selfweight)_4 LG(Cstr.Load)_4 LG(Prestress)_4	LG(Cstr.Load)_3
CS5	12	SG_5		BG_5		LG(Selfweight)_5 LG(Cstr.Load)_5 LG(Prestress)_5	LG(Cstr.Load)_4
CS6	60	SG_6		BG_6		LG(Selfweight)_6 LG(Cstr.Load)_6 LG(Prestress)_6	LG(Cstr.Load)_5
CS7	10000					Additional Load	LG(Cstr.Load)_6

表5. 各施工階段的結構組、邊界組和載重組

定義施工階段各步驟。

Load / Construction Stage /  Define Construction Stage...

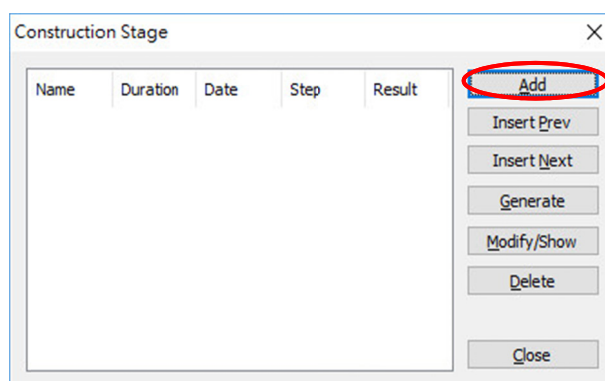


圖30. Construction Stage 輸入視窗

以下定義施工階段1 (CS1)。

Load / Construction Stage /  **Define Construction Stage...**

 開啟**Compose Construction Stage** 對話視窗：

Name (**CS 1**) ; Duration (**12**) day(s)

Save Result > **Stage (開)** ; **Additional Steps (關)**

Element 表單：

Group List > **SG_1**

Activation > **Age (60)** day(s) 

Boundary 表單：

Group List > **BG_1**

Activation > Support/ Spring Position > **Deformed** 

Load 表單：

Group List > **LG(Selfweight)_1**

Activation > Active Day > **First** day(s)  ↵

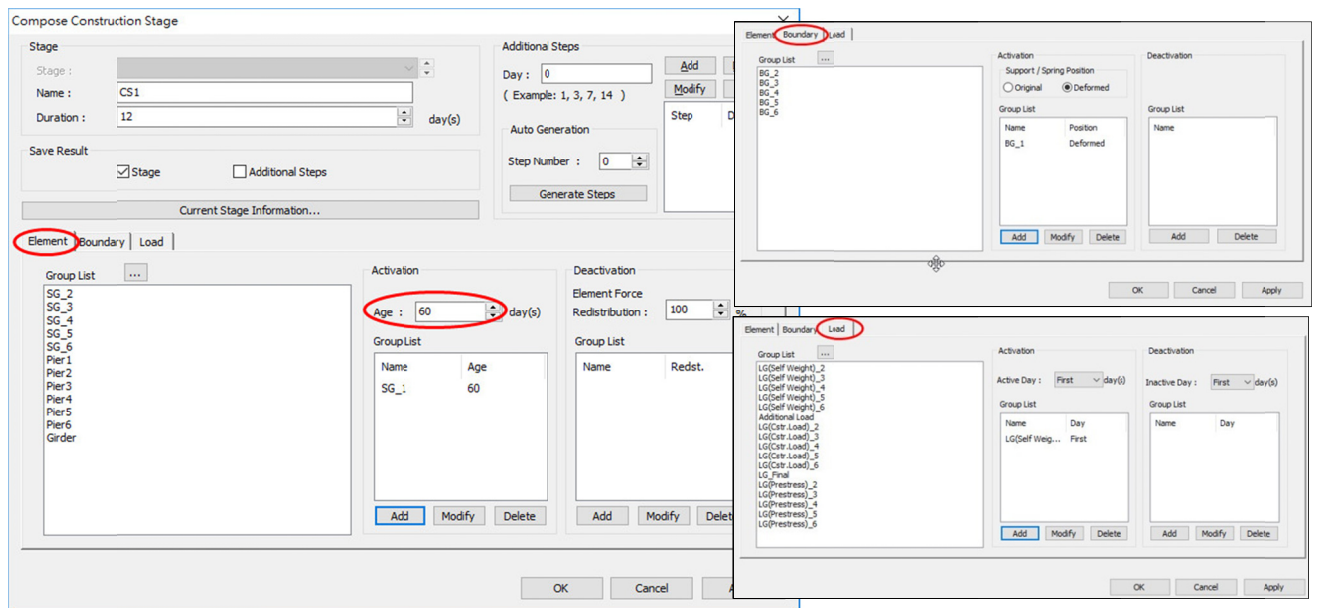


圖31. 定義施工階段1(CS1)

定義施工階段2 (CS2)。

Load / Construction Stage /  **Define Construction Stage...**

 開啟**Compose Construction Stage** 對話視窗：

Name (CS 2) ; Duration (12) day(s)

Save Result > **Stage (開)** ; **Additional Steps (關)**

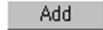
Element 表單：

Group List > **SG_2**

Activation > Age (7) day(s) 

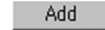
Boundary 表單：

Group List > **BG_2**

Activation > Support/ Spring Position > **Deformed** 

Load 表單：

Group List > **LG(Selfweight)_2 , LG(Cstr.Load)_2 , LG(Prestress)_2**

Activation > Active Day > **First** day(s)  ↵

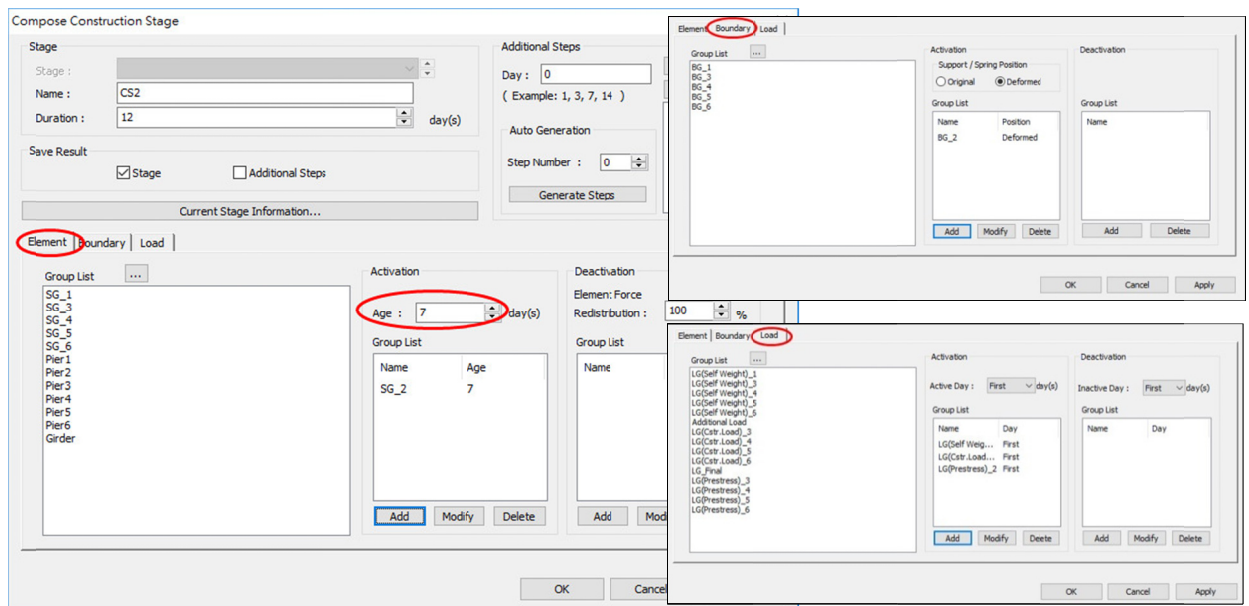


圖32. 定義施工階段2(CS2)

依照表格5.內容及上述方法將個別的結構組、載重組及邊界組輸入於施工階段3 (CS3)、階段4 (CS4)、階段5 (CS5)。

定義施工階段6 (CS6)。

Load / Construction Stage /  **Define Construction Stage...**

Add 開啟**Compose Construction Stage** 對話視窗：

Name (**CS6**) ; Duration (**60**) day(s)

Save Result > **Stage** (開) ; **Additional Steps** (開)

Additional Steps> Auto Generation > Step Number (**5**)

Generate Step ↵

Element 表單：

Group List > **SG_6**

Activation > Age (**7**) day(s)

Add

Boundary 表單：

Group List > **BG_6**

Activation > Support/ Spring Position > **Deformed**

Add

Load 表單：

Group List> **LG(Selfweight)_6** , **LG(Cstr.Load)_6** , **LG(Prestress)_6**

Activation > Active Day > **First** day(s)

Add ↵

Group List > **LG(Cstr.Load)_5**

Inactivation > Active Day > **First** day(s)

Add ↵

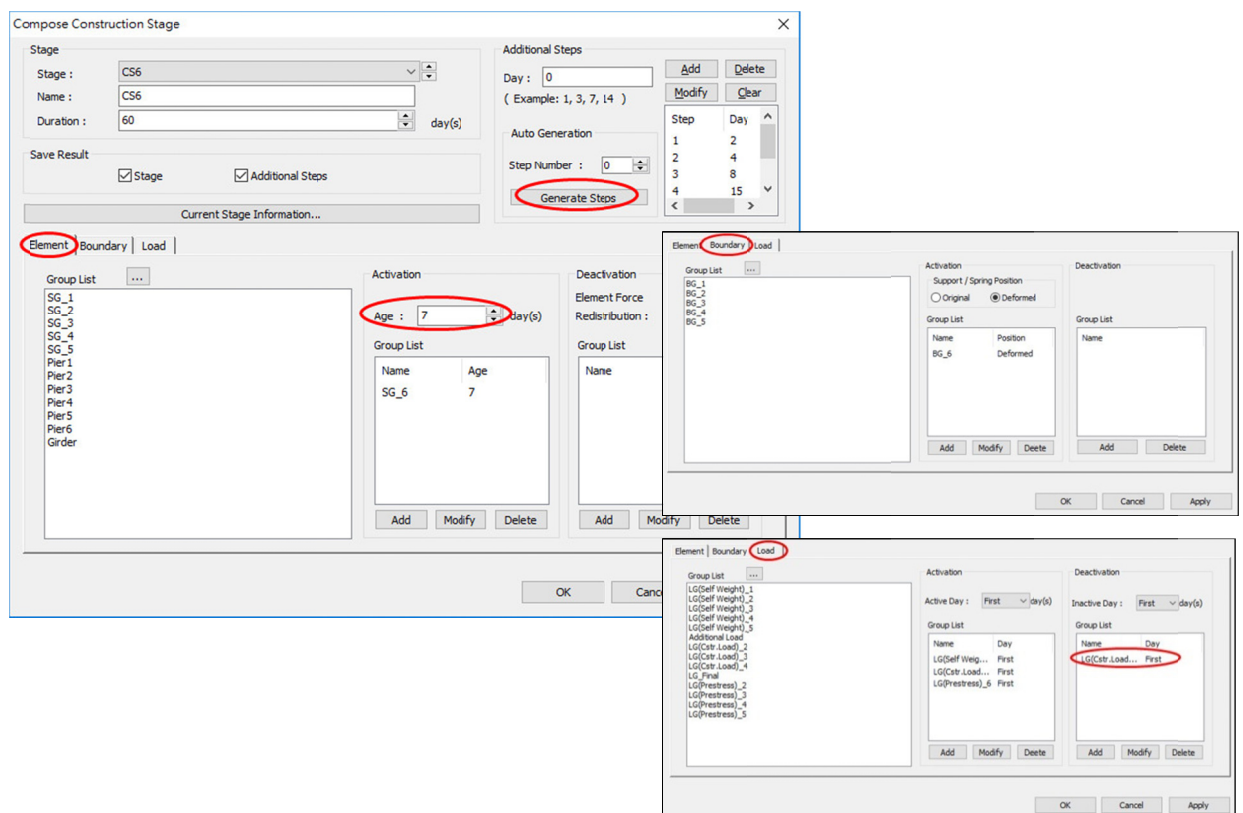


圖33. 定義施工階段6(CS6)

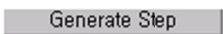
以下定義施工階段7 (CS7)。在施工階段7中結構系統、邊界條件無變化，持續時間訂為10,000天，以進行時間依存性分析。

Load / Construction Stage /  **Define Construction Stage...**

 開啟 **Compose Construction Stage** 對話視窗：

Name (**CS 7**) ; Duration (**10000**) day(s)

Save Result > **Stage** (開) ; **Additional Steps** (開)

Additional Steps>Auto Generation>Step Number (**10**)  ↵

Load 表單：

Group List > **Additional Load**

Activation > Active Day > **First** day(s)  ↵

Group List > **LG(Cstr.Load)_6**

Inactivation > Active Day > **First** day(s)  ↵

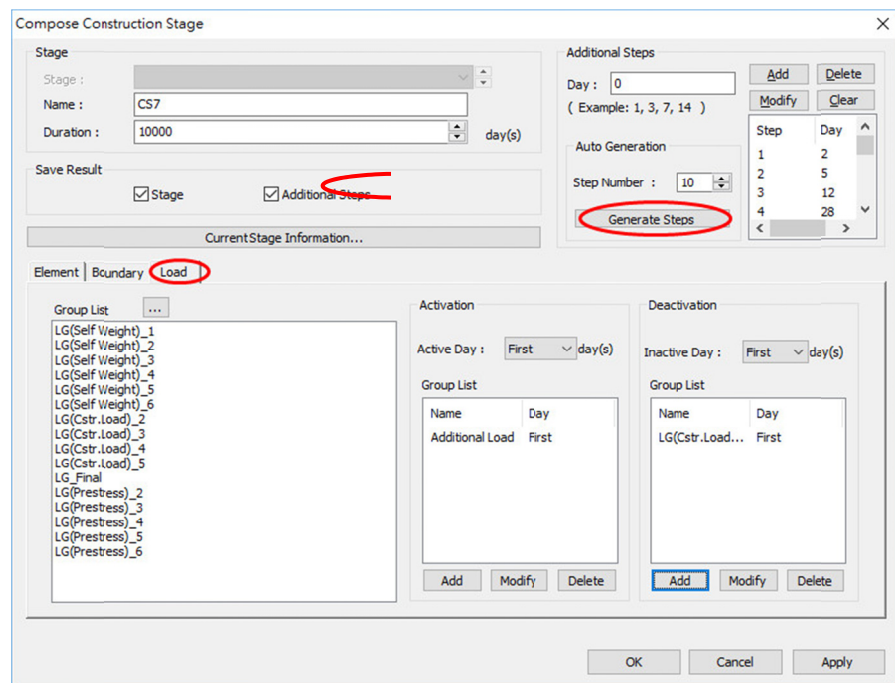


圖34. 定義施工階段7(CS7)

完成建模和定義施工階段後，在施工階段分析選項中選擇是否考慮材料的時間依存特性和彈性收縮引起的鋼腱應力損失，並指定分析潛變時的收斂條件和迭代次數。

Analysis / Construction Stage Analysis Control...

Final Stage > **Last Stage**

Analysis Option > **Include Time Dependent Effect (開)**

按 **Time Dependent Effect Control** :

Creep/Shrinkage (開) ; Type > **Creep/Shrinkage**

Convergence for Creep Iteration :

Number of Iterations (**5**) ; Tolerance (**0.01**)

Auto Time Step Generation for Large Time Gap (開)

Tendon Tension Loss Effect (Creep/Shrinkage) (開)

Variation of Comp. Strength (開)

Tendon Tension Loss Effect (Elastic Shortening) (開)

Frame Output :

Calculate Concurrent Forces of Frame (開) ;

Calculate Output of Each Part of Composite Section (開)

☞ Last Stage可指定為任一階段，透過選擇其他階段來指定。

☞ 選擇”自動分割時間 (Auto Time Step Generation for Large Time Gap)”的話，程式會對持續一定時間以上的施工階段，在內部自動生成時間步驟來考慮長期載重的效果。

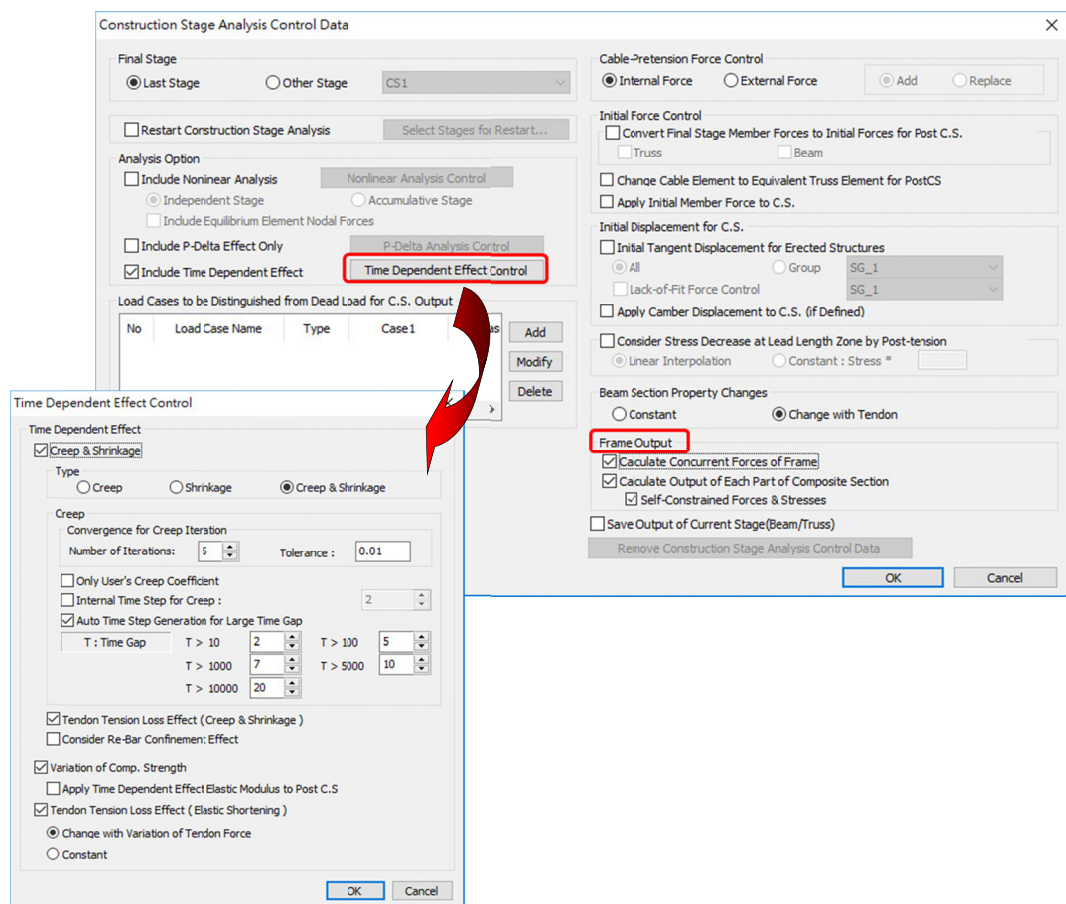


圖35. 指定施工階段分析選項

輸入移動載重資料

在施工階段分析中，對於沒有將類型定義為施工階段載重的一般靜力載重或移動載重的分析結果，可在最後階段進行查看。本例題將在最後階段查看對於移動載重的分析結果。

定義移動載重資料。

Load / Moving Load / **Moving Load Code...**

Moving Load Code > **Taiwan**

Load / Moving Load Analysis Data / **Traffic Line Lanes...**

Add

Lane Name (**Lane1**)

Eccentricity (**1.25**)

Wheel Spacing (**1.8**)

Impact Factor (**0.186**)

Vehicular Load Distribution > **Lane Element**

Moving Direction > **Both**

Selection by > **Two Points (1, 51)** 視窗反綠時點選

表格中 Span Start > No.1(開); 11(開); 21(開); 31(開); 41(開); 50(開) ↓

該項為移動荷載載入方向的選項。

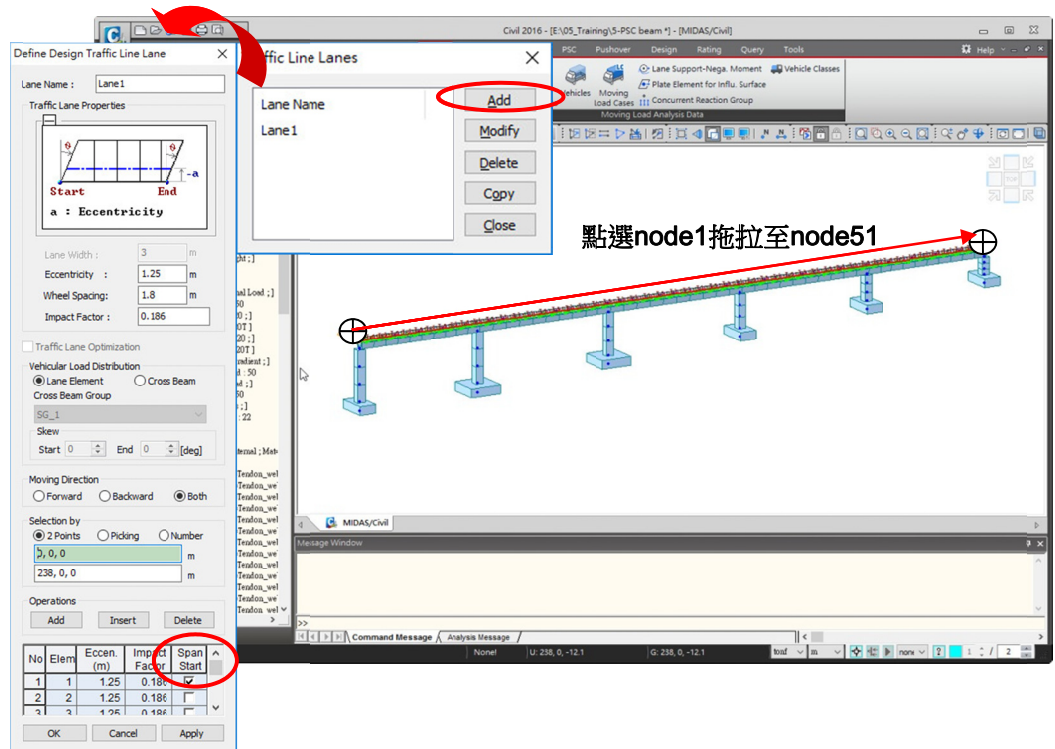


圖36. 定義車道

輸入車道支承點位置

指定連續車道支承點的位置  **Lane Supports - Negative Moments at Interior Piers**，支承點的輸入在於把**最大負彎矩**用集中車道載重以相同的大小同時施於支承點的左右兩跨時使用。

Load / Moving Load Analysis Data / **Lane Supports - Negative Moments at Interior Piers...**

Option > **Add**

Element Type > **Beam**

 **Select single** (桿件：10、20、30、40)

或於工具列 Selected Element 欄位輸入 > **10to40 by10**

Support Position > **End-j** 

 **Select single** (桿件：11、21、31、41)

或於工具列 Selected Element 欄位輸入 > **11to41 by10**

Support Position > **End-i** 

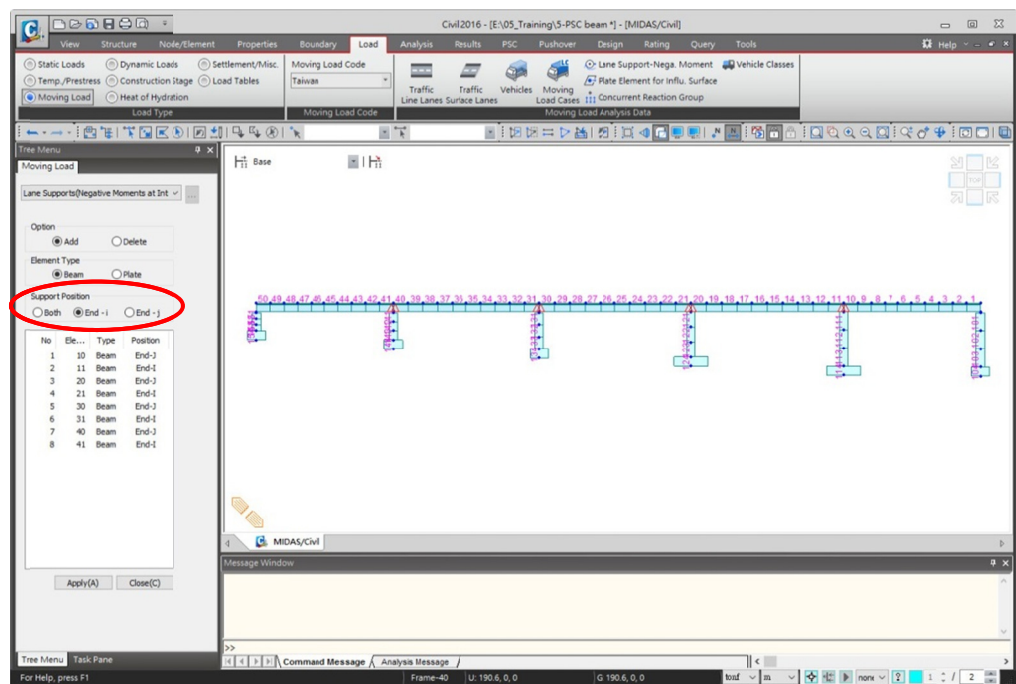


圖37. 輸入車道支承點位置

輸入車輛載重

輸入資料庫中內建的標準車輛載重 **HS-20-44(MS18)** 和 **HS20-44(MS18)**。

標準車輛載重資料庫中未包含的車輛載重可透過使用者定義的方式來輸入。

Load / Moving Load Analysis Data / **Vehicles...**

Vehicles > **Add Standard**

Define Standard Vehicular Load 對話視窗 >

Standard Name > **Taiwan**

Vehicular Load Type > **HS-20-44(MS18)**

Vehicular Load Type > **HS20-44(MS18)**

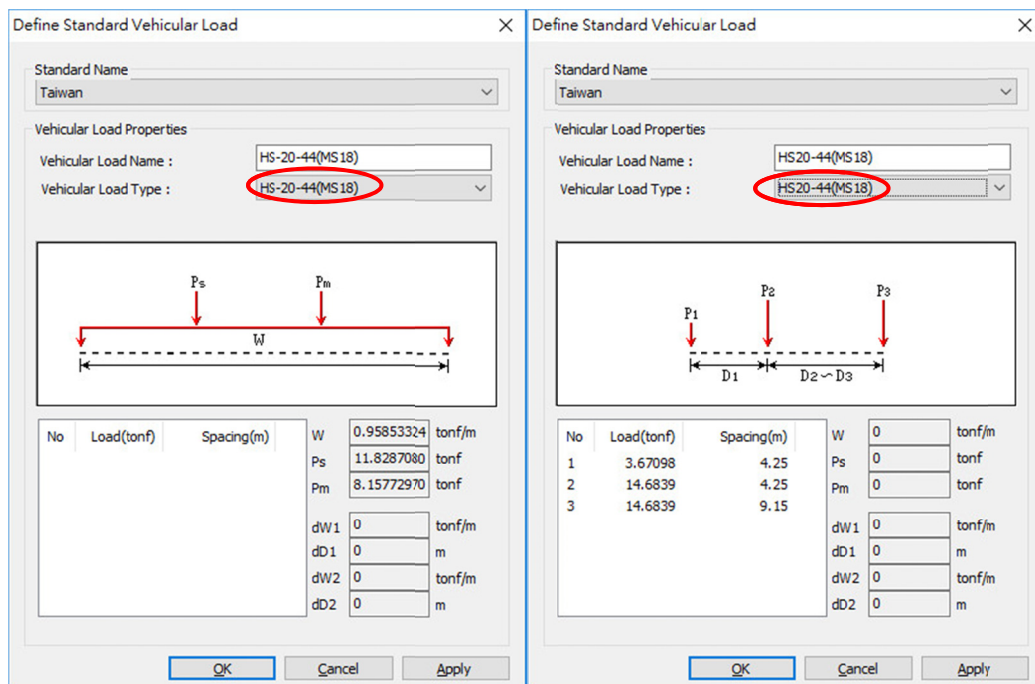
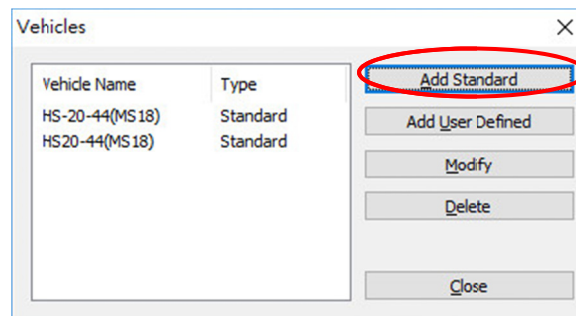


圖38. 輸入車輛載重

移動載重分析前輸入車輛載重類別

Load / Moving Load Analysis Data / *Vehicle Classes...*

Vehicles Class Name > **Truck or Lane load**

Vehicles Load Selected **HS-20-44(MS18) ; HS20-44(MS18)**

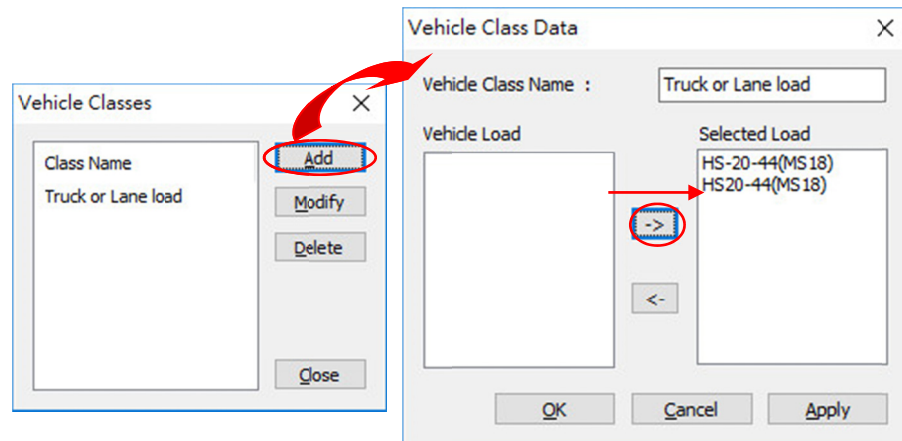


圖39. 輸入車輛載重類別

以下輸入移動載重狀況。

Load / Moving Load Analysis Data / *Moving Load Cases...*

Moving Load Cases >

Load Case Name > **Moving Load**

Sub-Load Cases >

Vehicle Class > **VC: Truck or Lane load**

Scale Factor (**1.3**)

Min. Number of Loaded Lanes (**0**)

Max. Number of Loaded Lanes (**1**)

List of Lanes > **Lane1** Selected Lanes

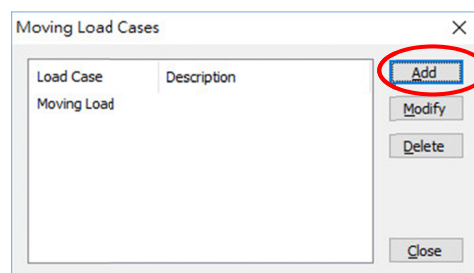


圖40. Moving Load Cases 對話視窗

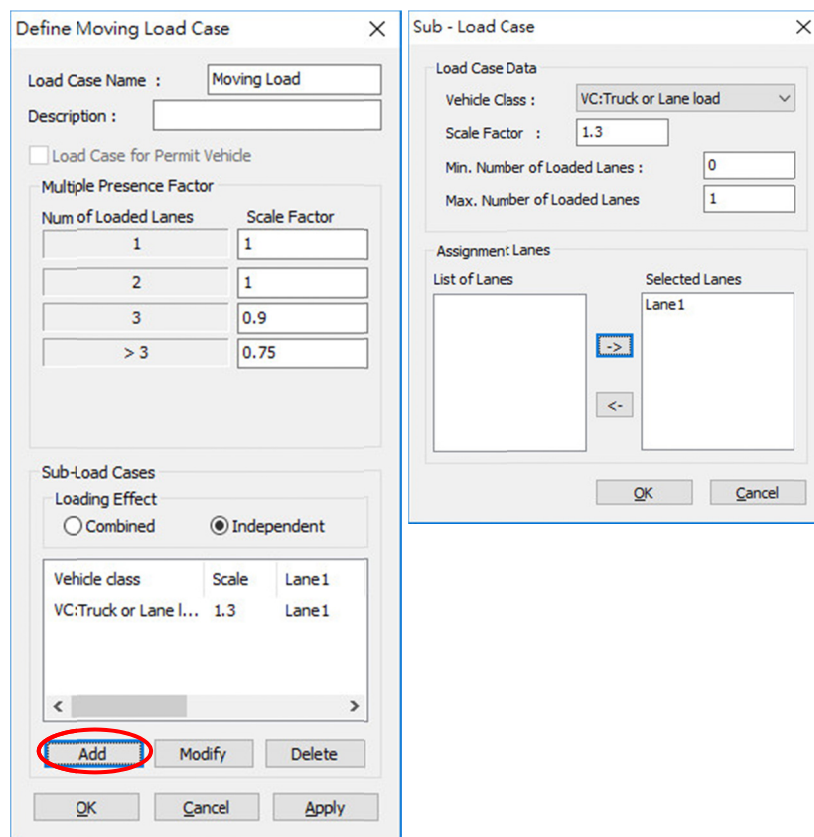


圖41. 定義移動載重狀況

運行結構分析

建模、定義施工階段全部輸入完成後，運行結構分析。

Analysis/ Perform Analysis...

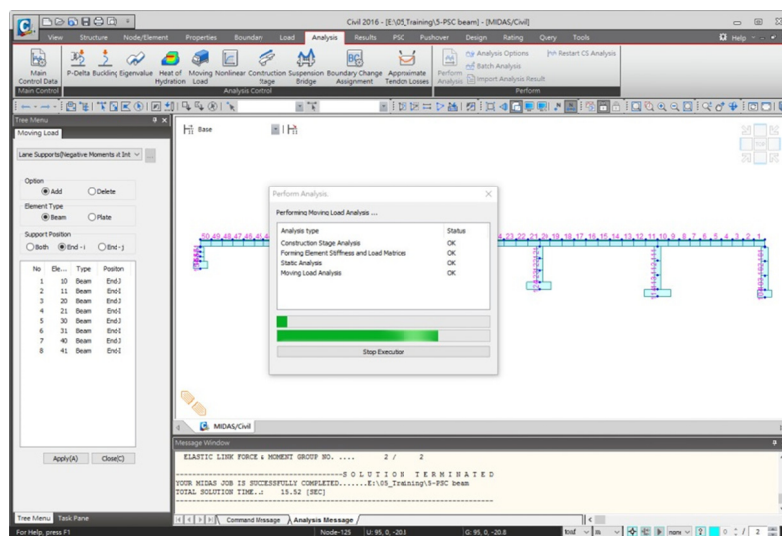


圖42. 運行結構分析進度視窗

查看分析結果

參照 On Line Help 的 “Bridge Girder Diagram”。

參照 On Line Help 的 Results Stage/Step History Graph”。

對於midas Civil施工階段分析的結果，可查看到某一施工階段為止所累積的全部構件的應力和位移^⑥，也可查看某一單元隨施工階段的應力和位移的變化。^⑥

利用圖形查看應力和構件內力

利用 **Bridge Girder Diagram** 查看施工階段6 (CS 6)中梁斷面下緣的應力。

Stage > CS6

Results / **Bridge Girder Diagram...**

Load Cases/Combinations : Step List > **Last Step**

Load Cases/Combinations > **CS: Summation**^⑥

Diagram Type > **Stress** ; X-Axis Type > **Distance**

Bridge Girder Elem. Group > **Girder**

Components :

Combined (開) ; 3(+y, -z)

Allowable Stress Line > **Draw Allowable Stress Line (開)**

Comp. (**1600**) ↓

Tens. (**320**) ↓

Summation是對於自重、靜載重、潛變和乾縮、鋼腱等分析結果的總和。

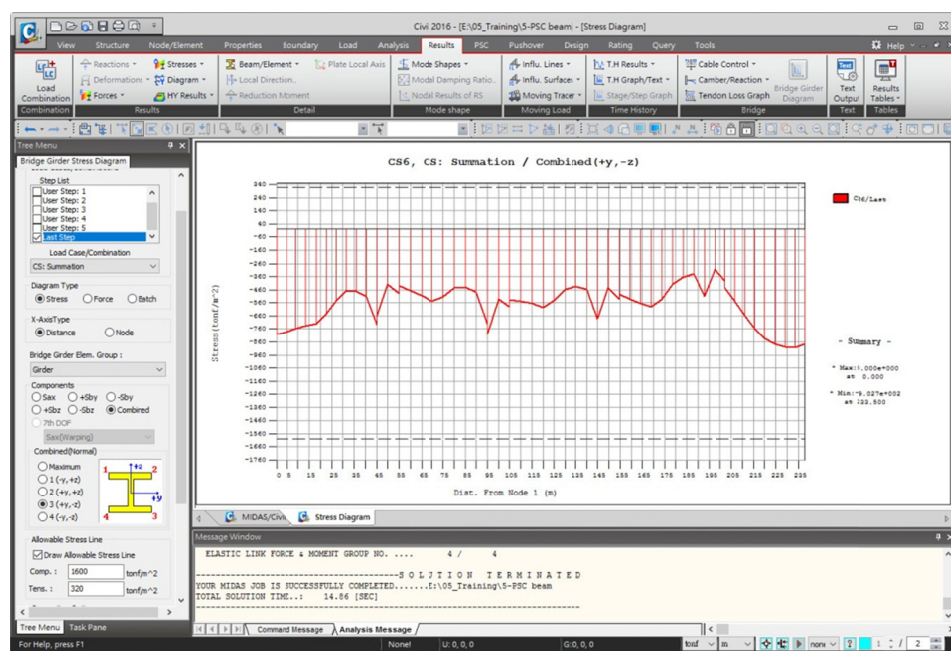


圖43. 施工階段6(CS6)中斷面下緣應力曲線

利用 **Bridge Girder Diagram** 查看在各施工階段所發生的最大應力。

切換回 **Model View**

Stage > **Min/Max**

Results / **Bridge Girder Diagram...**

Load Cases/Combinations > **CSmax: Summation (開)**

Diagram Type > **Stress** ; X-Axis Type > **Distance**

Bridge Girder Elem. Group > **Girder**

Components >

Combined (開) ; 3(+y, -z)

Allowable Stress Line > **Draw Allowable Stress Line (開)**

Comp. (**1600**) ↴

Tens. (**320**) ↴

欲詳細查看應力曲線的某一特定區域的結果時，只要用滑鼠框選該區域就可將其放大。點擊滑鼠右鍵選擇 **Zoom Out All** 即可回到原來狀態。

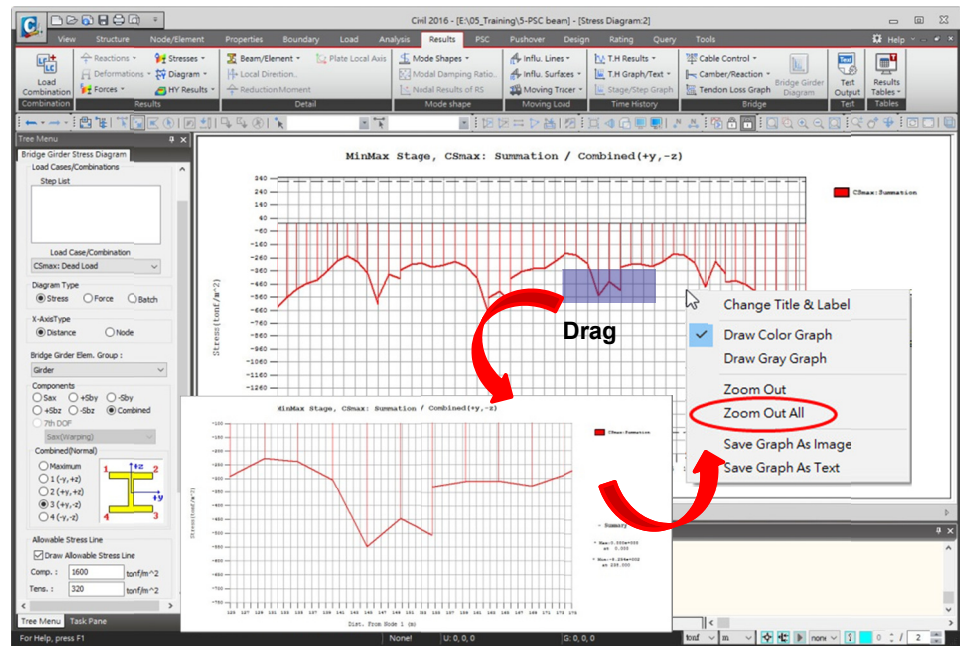


圖44. 在整個施工階段發生的最大、最小應力圖

以下將查看由潛變和乾縮造成的彎矩。由潛變和乾縮產生的彎矩依照一次應力和二次應力分別輸出。

由於潛變係數和乾縮促使結構發生變形的力稱為一次應力。而當結構處於超靜定狀態時，結構會產生束制上述變形的約束力，這種力稱為二次應力。

切換回 **Model View**

Stage > **CS7**

Results / **Bridge Girder Diagram...**

Step List > **First Step ; Last Step**

Load Case/Combination > **CS: Creep Primary (開)**

Diagram Type > **Force** ; X-Axis Type > **Distance**

Bridge Girder Elem. Group > **Girder**

Components > **My**

Generation Option > **Current Stage-Step (開)**

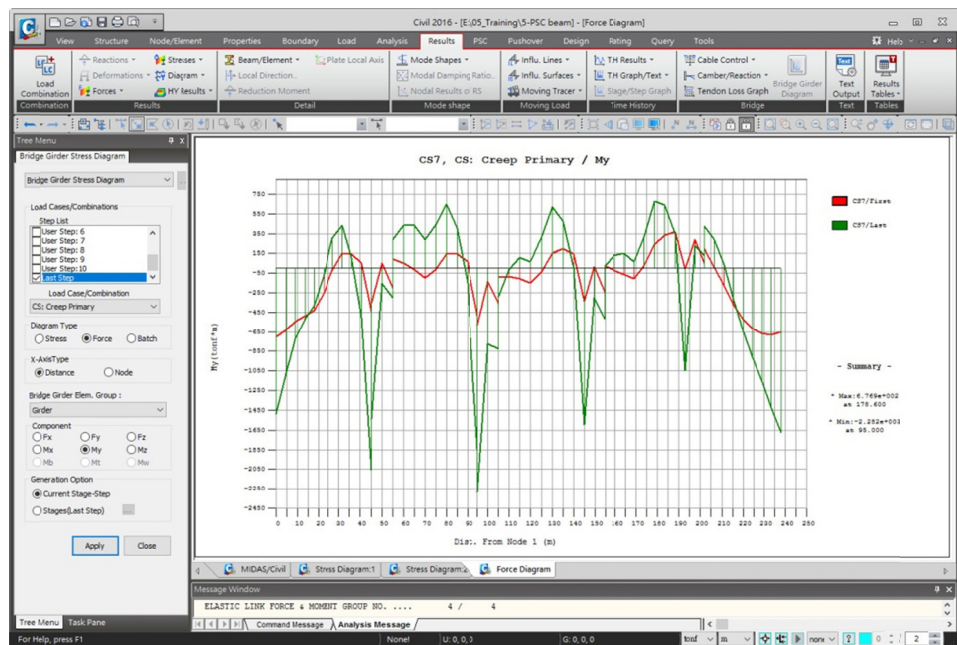


圖45. 由潛變引起的彎矩

定義載重組合

對於未定義成為施工階段載重的其他載重，將在最後施工階段進行結構分析，並對其結果進行組合。載重組合的定義步驟如下。

🔊 載重組合的定義和刪除只能在(Base)基本階段和(PostCS)完工階段進行，故需將階段轉換為完工階段。

Stage > **PostCS** 🗣️ (完工階段)

Results / **Load Combinations...**

Active (開) ; Name (**LC1**)

Type > **Add** ; Description> **DL+LL**

LoadCase > **Summation(CS)** ; Factor (**1.0**)

LoadCase > **Moving Load (MV)** ; Factor (**1.0**)

Active (開) ; Name (**LC2**)

Type > **Add** ; Description> **DL+T_20+LL**

LoadCase > **Summation(CS)** ; Factor (**0.8**)

LoadCase > **Temp_+20(ST)** ; Factor (**0.8**)

LoadCase > **Moving Load (MV)** ; Factor (**0.8**)

Active (開) ; Name (**LC3**)

Type > **Add** ; Description> **DL+T_-20+LL**

LoadCase > **Summation(CS)** ; Factor (**0.8**)

LoadCase > **Temp_-20(ST)** ; Factor (**0.8**)

LoadCase > **Moving Load (MV)** ; Factor (**0.8**)

Active (開) ; Name (**LC4**)

Type > **Add** ; Description> **DL+T_20+T_grad+LL**

LoadCase > **Summation(CS)** ; Factor (**0.8**)

LoadCase > **Temp_+20(ST)** ; Factor (**0.8**)

LoadCase > **Temp gradient(ST)** ; Factor (**0.8**)

LoadCase > **Moving Load (MV)** ; Factor (**0.8**)

Active (開) ; Name (**LC5**)

Type > **Add** ; Description> **DL+T_-20+T_grad+LL**

LoadCase > **Summation(CS)** ; Factor (**0.8**)

LoadCase > **Temp_-20(ST)** ; Factor (**0.8**)

LoadCase > **Temp gradient(ST)** ; Factor (**0.8**)

LoadCase > **Moving Load (MV)** ; Factor (**0.8**)

Active (開) ; Name (**LC_ENV**)

Type > **Envelope** ; Description> **ENV(LC1~LC5)**

LoadCase > **LC1(CB)** ; Factor (**1.0**)

LoadCase > **LC2(CB)** ; Factor (**1.0**)

LoadCase > **LC3(CB)** ; Factor (**1.0**)

LoadCase > **LC4(CB)** ; Factor (**1.0**)

LoadCase > **LC5(CB)** ; Factor (**1.0**)

Active (開) ; Name (LC6)

Type > **Add** ; Description> **DL+有效預力**

LoadCase > **Dead Load(CS)** ; Factor (**1.0**)

LoadCase > **Tendon Primary(CS)** ; Factor (**1.0**)

LoadCase > **Tendon Secondary(CS)** ; Factor (**1.0**)

Active (開) ; Name (LC7)

Type > **Add** ; Description> **0.5(DL+有效預力)+LL**

LoadCase > **LC6(CB)** ; Factor (**0.5**)

LoadCase > **Moving Load (MV)** ; Factor (**1.0**)

Active (開) ; Name (LC_ENV(comp.))

Type > **Envelope** ; Description> **ENV(LC6,LC7)(check comp. stress)**

LoadCase > **LC6(CB)** ; Factor (**1.0**)

LoadCase > **LC7(CB)** ; Factor (**1.0**)

Active (開) ; Name (LC_DL)

Type > **Add** ; Description> **DL**

LoadCase > **Summation(CS)** ; Factor (**1.0**)

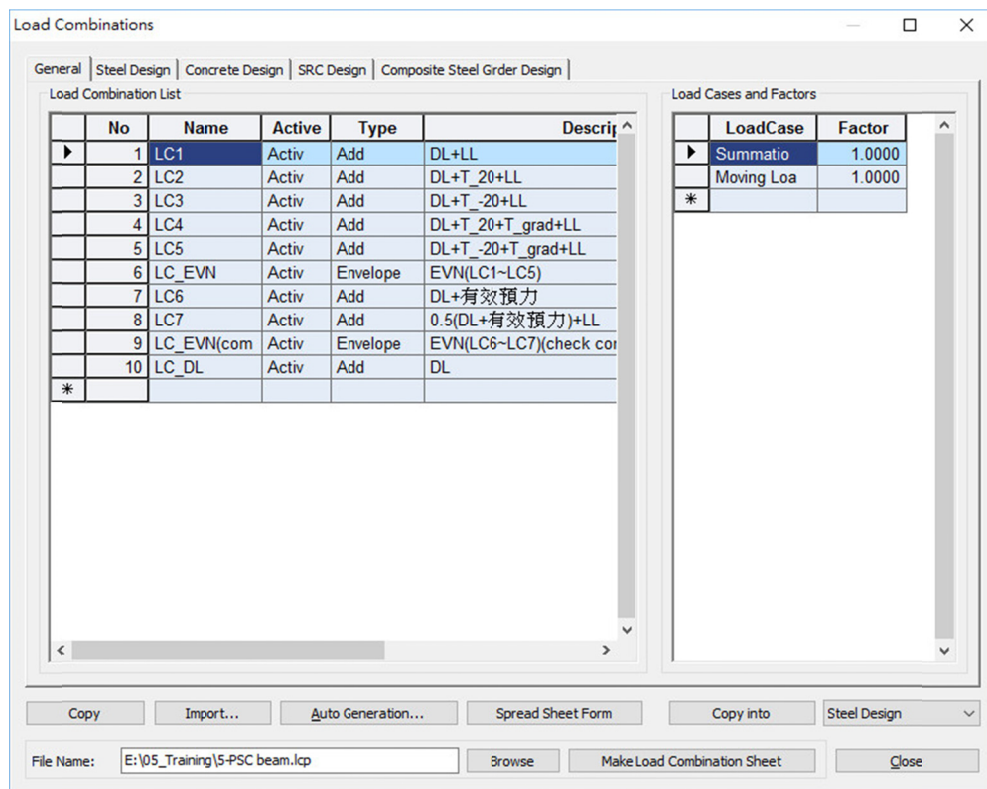


圖46. 定義載重組合

利用載重組合查看應力

在最後施工階段查看施工階段分析結果和移動載重分析結果疊加起來的應力圖形。

Stage > **PostCS**

Results / **Bridge Girder Diagram...**

Load Case/Combinations > **CBmax: LC1 (開)**

Diagram Type > **Stress** ; x-Axis > **Distance**

Bridge Girder Elem. Group > **Girder**

Allowable Stress Line > **Draw Allowable Stress Line (關)**

Components > **Combined (開)** ; 1(+y, -z) ↙ 查看上緣應力

Components > **Combined (開)** ; 3(+y, -z) ↙ 查看下緣應力

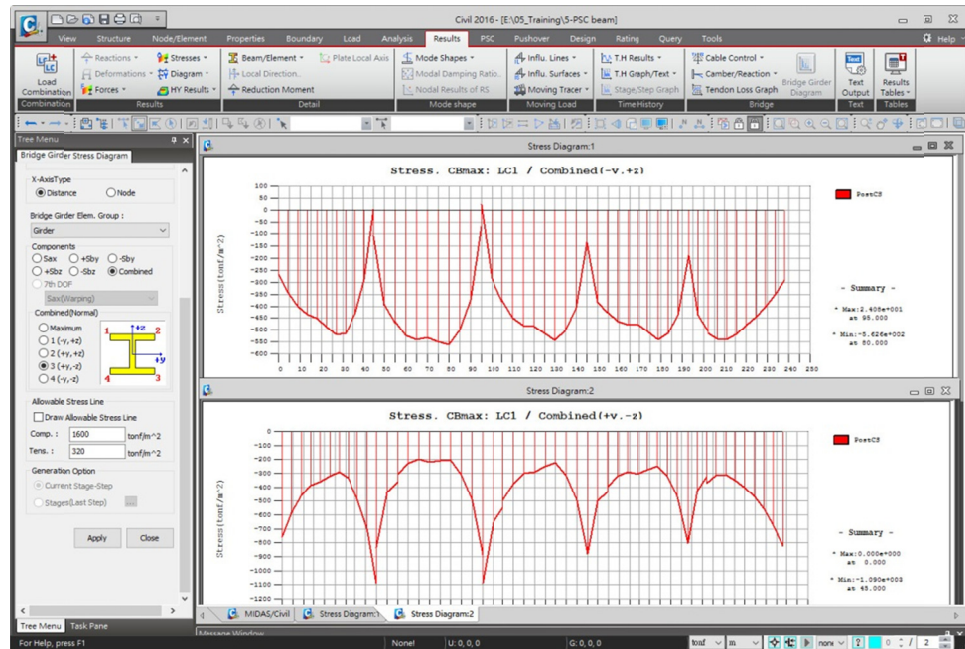


圖47. 施工階段載重和移動載重疊加的上下緣應力圖

利用 **Stage/Step Graph** 來查看承受正、負彎矩載重作用的部位在各施工階段的應力變化。

🔊 **Stage/Step Graph** 功能需在模型視景並處於**施工階段**才能被啟動。

Model View 🔊

Stage > CS7

Results / **Stage/Step Graph...**

Define Function > **Beam Force/Stress**

Add New Function

Beam Force/Stress > Name (正彎矩端) ; Element No. (10) ;

Stress: Point > **J-Node** ; Component > **Bend(-z)**

Combine Axial(含軸向應力) (開) ⌵

Beam Force/Stress > Name (負彎矩端) ; Element No. (15) ;

Stress: Point > **J-Node** ; Component > **Bend(+z)**

Combine Axial(含軸向應力) (開) ⌵

OK

Mode > **Multi Func.** ; Step Option > **All Steps**

Check Functions to Plot > **正彎矩端** (開) ; **負彎矩端** (開)

Load Cases/Combinations > **Summation**

Graph Title > (**Stress History**)

Graph

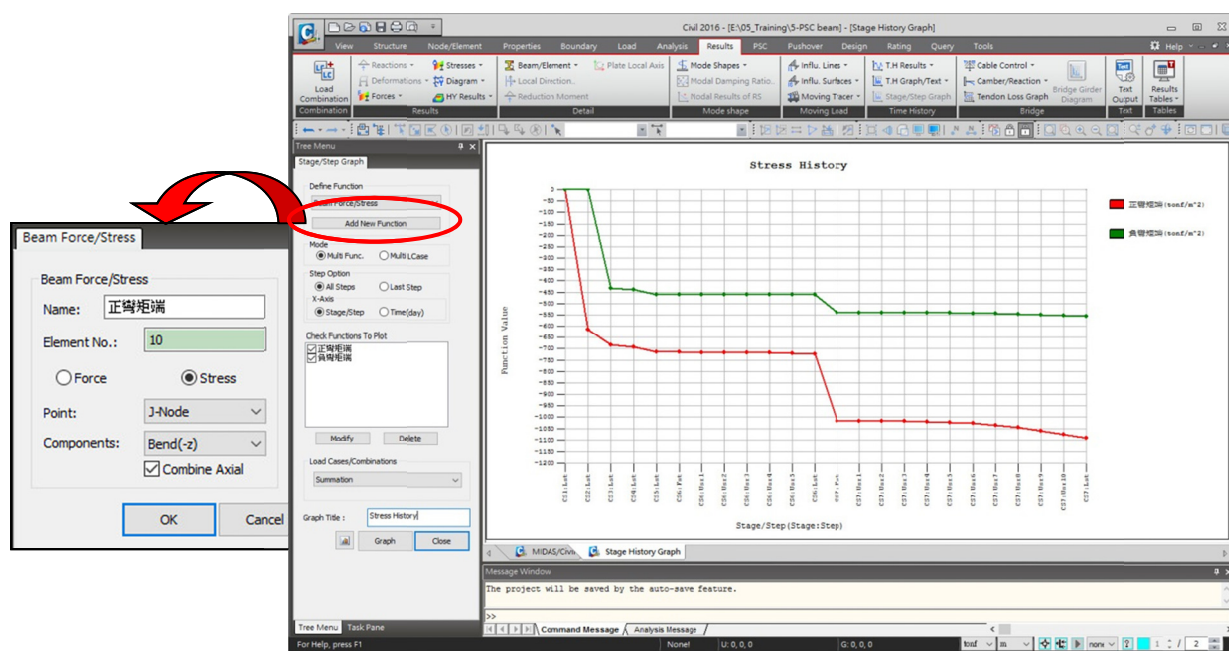


圖48. 特定位置隨施工階段的應力變化圖形

在 **Stage/Step Graph** 上點擊滑鼠右鍵會出現關聯功能表，利用關聯功能表的 **Save Graph As Text...** 可將各施工階段的應力變化結果以文字檔案格式儲存。

Save Graph As Text...

檔案名稱 (Stress History) ↵

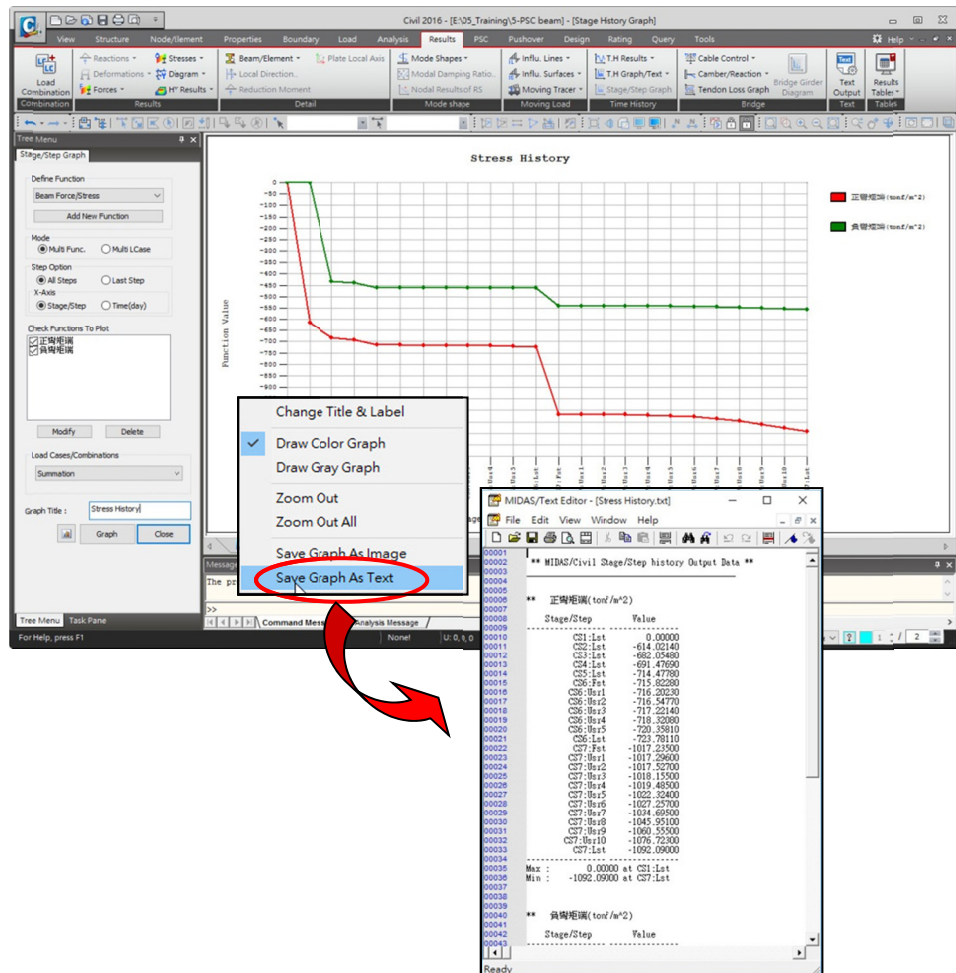


圖49. 產生應力變化圖形的文字檔文件

利用表格查看應力

利用表格查看施工階段分析的結果時，可透過在 *Records Activation* 對話視窗對單元、載重、施工階段、單元應力的輸出位置等進行選擇來分類查看。

下面利用表格查看支承位置(單元15)的施工階段應力變化。

Results / Result Tables / Beam / **Stress...**

Node or Element > **單元 (15)**

LoadCase/Combinations > **Summation(CS) (開)**

Stage/Step > **CS1:002(first) ~ CS7:010(last) (開)**

Part Number > **Part j (開)**

按 Shift 鍵全選CS1:001到CS7:010所有的施工階段。

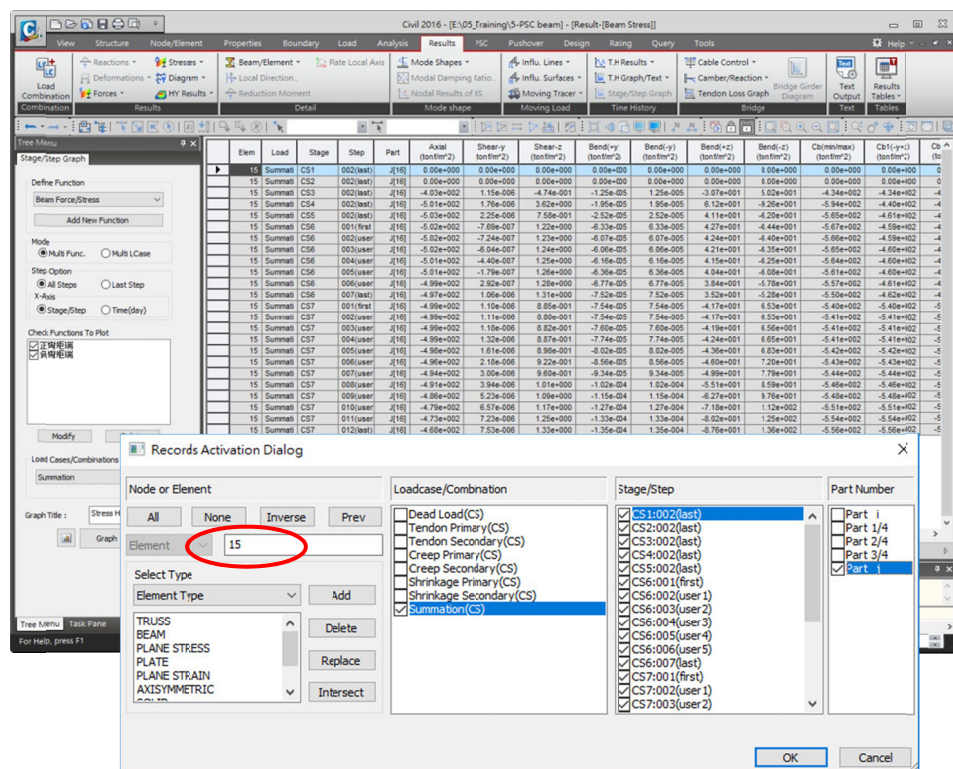


圖50. 各施工階段應力結果表格

查看鋼腱的分析結果

接著查看由於預力損失所引起的各施工階段的預力變化狀況。

Tendon Time-dependent Loss Graph 只能對目前施工階段中所包含的鋼腱查看張力變化，故應先將施工階段轉換到包含相應鋼腱的施工階段後，再選擇 **Tendon Time-dependent Loss Graph**。鋼腱在各施工階段的應力變化還可透過點擊 **Animate** 產生動畫來查看。

Results / **Tendon Time-dependent Loss Graph...**

Tendon > **Tendon 1**

Animate

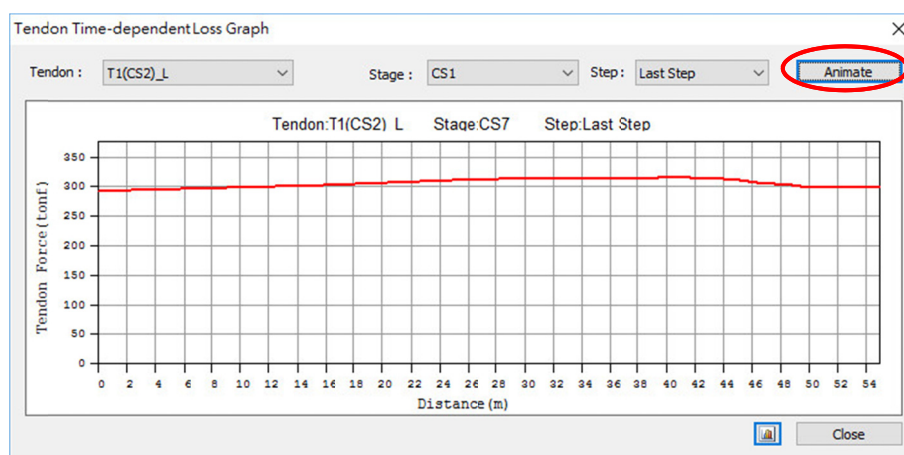


圖51. 預力鋼腱預力損失圖表

查看鋼腱座標

midas Civil 可透過表格查看鋼腱單元內的4等分點位置的鋼腱座標。

Results / Result Tables / Tendon / ***Tendon Coordinates...***

	Tendon Name	No	x (m)	y (m)	z (m)
▶	T1(CS2)_L	0	0.0000	0.0000	0.0000
	T1(CS2)_L	1	0.0000	1.3420	-1.4400
	T1(CS2)_L	2	1.1250	1.3191	-1.5544
	T1(CS2)_L	3	2.2500	1.2983	-1.6587
	T1(CS2)_L	4	3.3750	1.2791	-1.7543
	T1(CS2)_L	5	4.5000	1.2616	-1.8421
	T1(CS2)_L	6	5.6250	1.2454	-1.9228
	T1(CS2)_L	7	6.7500	1.2306	-1.9969
	T1(CS2)_L	8	7.8750	1.2170	-2.0650
	T1(CS2)_L	9	9.0000	1.2046	-2.1271
	T1(CS2)_L	10	10.1250	1.1933	-2.1835
	T1(CS2)_L	11	11.2500	1.1831	-2.2343
	T1(CS2)_L	12	12.3750	1.1741	-2.2793
	T1(CS2)_L	13	13.5000	1.1663	-2.3184
	T1(CS2)_L	14	14.6250	1.1598	-2.3510
	T1(CS2)_L	15	15.7500	1.1547	-2.3764
	T1(CS2)_L	16	16.8750	1.1513	-2.3935
	T1(CS2)_L	17	18.0000	1.1500	-2.4000
	T1(CS2)_L	18	19.1250	1.1512	-2.3940
	T1(CS2)_L	19	20.2500	1.1546	-2.3771
	T1(CS2)_L	20	21.3750	1.1599	-2.3503
	T1(CS2)_L	21	22.5000	1.1671	-2.3147
	T1(CS2)_L	22	23.6250	1.1757	-2.2716
	T1(CS2)_L	23	24.7500	1.1856	-2.2218
	T1(CS2)_L	24	25.8750	1.1967	-2.1665
	T1(CS2)_L	25	27.0000	1.2087	-2.1066
	T1(CS2)_L	26	28.1250	1.2214	-2.0430
	T1(CS2)_L	27	29.2500	1.2346	-1.9769
	T1(CS2)_L	28	30.3750	1.2482	-1.9092
	T1(CS2)_L	29	31.5000	1.2618	-1.8410
	T1(CS2)_L	30	32.6250	1.2755	-1.7727
	T1(CS2)_L	31	33.7500	1.2892	-1.7041

◀ ▶ \ Tendon Coordinates /

◀ MIDAS/Civil Tendon Coordinates

圖52. 鋼腱座標表格

查看鋼腱伸長量

鋼腱的伸長量可透過表格查看。

Results / Result Tables / Tendon / *Tendon Elongation...*

The screenshot displays the MIDAS Civil software interface with the 'Tendon Elongation' table open. The table contains the following data:

Tendon Name	Stage	Step	Tendon Elongation		Element Elongation		Summation	
			Begin (m)	End (m)	Begin (m)	End (m)	Begin (m)	End (m)
T1(CS2)_L	CS2	001(frst)	0.0000	0.3511	0.0000	0.0012	0.0000	0.3523
T1(CS2)_R	CS2	001(frst)	0.0000	0.3511	0.0000	0.0012	0.0000	0.3523
T1(CS3)_L	CS3	001(frst)	0.0000	0.3211	0.0000	0.0011	0.0000	0.3222
T1(CS3)_R	CS3	001(frst)	0.0000	0.3211	0.0000	0.0011	0.0000	0.3222
T1(CS4)_L	CS4	001(frst)	0.0000	0.3181	0.0000	0.0011	0.0000	0.3192
T1(CS4)_R	CS4	001(frst)	0.0000	0.3181	0.0000	0.0011	0.0000	0.3192
T1(CS5)_L	CS5	001(frst)	0.0000	0.3048	0.0000	0.0011	0.0000	0.3059
T1(CS5)_R	CS5	001(frst)	0.0000	0.3048	0.0000	0.0011	0.0000	0.3059
T1(CS6)_L	CS6	001(frst)	0.0000	0.2425	0.0000	0.0008	0.0000	0.2433
T1(CS6)_R	CS6	001(frst)	0.0000	0.2425	0.0000	0.0008	0.0000	0.2433
T2(CS2)_L	CS2	001(frst)	0.0000	0.3524	0.0000	0.0012	0.0000	0.3537
T2(CS2)_R	CS2	001(frst)	0.0000	0.3524	0.0000	0.0012	0.0000	0.3537
T2(CS4)_L	CS4	001(frst)	0.0000	0.5944	0.0000	0.0020	0.0000	0.5963
T2(CS4)_R	CS4	001(frst)	0.0000	0.5944	0.0000	0.0020	0.0000	0.5963
T2(CS6)_L	CS6	001(frst)	0.0000	0.5255	0.0000	0.0017	0.0000	0.5273
T2(CS6)_R	CS6	001(frst)	0.0000	0.5255	0.0000	0.0017	0.0000	0.5273
T3(CS3)_L	CS3	001(frst)	0.0000	0.6244	0.0000	0.0021	0.0000	0.6265
T3(CS3)_R	CS3	001(frst)	0.0000	0.6244	0.0000	0.0021	0.0000	0.6265
T3(CS5)_L	CS5	001(frst)	0.0000	0.5791	0.0000	0.0019	0.0000	0.5810
T3(CS5)_R	CS5	001(frst)	0.0000	0.5791	0.0000	0.0019	0.0000	0.5810
T3(CS6)_L	CS6	001(frst)	0.0000	0.2425	0.0000	0.0008	0.0000	0.2433
T3(CS6)_R	CS6	001(frst)	0.0000	0.2425	0.0000	0.0008	0.0000	0.2433

The left-hand menu shows the 'Tendon Elongation' option selected under the 'Tendon' category. The bottom status bar indicates 'Frame-32', 'U: 152.2, 0, 0', and 'G: 152.2, 0, 0'.

圖53. 鋼腱伸長量表

查看載重組合條件的內力

以下查看因數化載重組合條件下的彎矩。

Model View

Stage > **PostCS**

Results / Forces / **Beam Diagrams...**

Load Cases/Combinations > **CBmax: LC1**

Components > **My**

Display Option > **5 Points** ; **Line Fill** ; **Scale(1.0)**

Type of Display > **Contour (開)** ; **Legend (開)** ↵

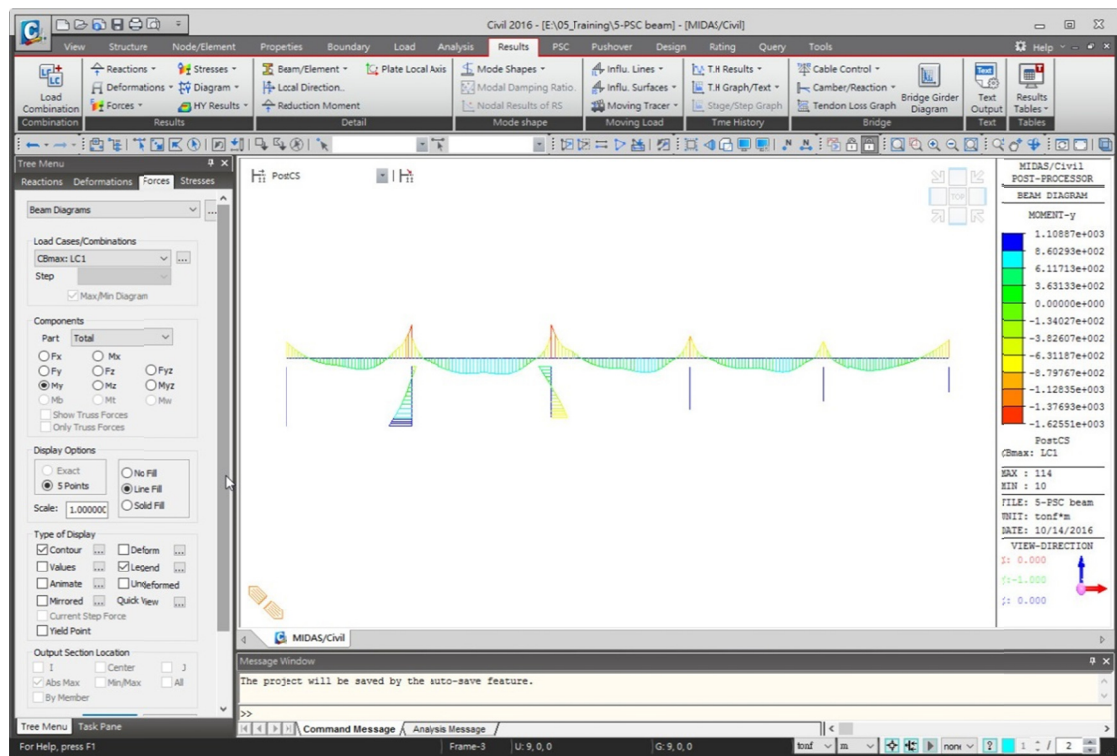


圖54. 載重組合條件下的彎矩圖