

One Stop Solution
for Bridge and Civil Structures

midas Civil



建模助手-支撐先進工法(MSS)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
橋梁基本資料以及一般斷面	2
支撐先進工法的施工順序以及施工階段分析	3
使用材料以及容許應力	4
荷 載	4
設定建模環境	6
定義材料	7
使用支撐先進工法/全跨支撐工法橋梁建模助手建模	8
輸入模型資料	8
輸入預應力箱型梁斷面資料	10
輸入鋼腱佈置資料	14
編輯和添加資料	19
查看施工階段	19
添加載重資料	21
查看鋼腱位置	25
時間依存性材料特性的定義和連接	32
執行結構分析	37
查看分析結果	39
使用圖形查看應力和內力	39
使用表格查看應力	46
查看預應力的損失	48
查看鋼腱座標	49
查看鋼腱伸長量	50
查看載重組合作用下的內力	51

概 要

逐跨施工PSC箱型橋梁的方法有支撐先進法(Movable Scaffolding System)；簡稱MSS)和全跨支撐工法(Full Staging Method；簡稱FSM)。支撐先進工法的模板設置在導梁上，因此無需進行水上作業和架設大量的支撐架。另外，支撐先進法與全跨支撐工法相比，因不與地面、河流等直接接觸，所以施工時可以靈活使用橋梁下空間。

使用支撐先進法和全跨支撐工法施工的PSC箱型梁橋，因為各施工階段的結構不同，因此唯有對各施工階段做結構分析才能最終確定斷面大小。另外，為了正確分析混凝土材料的時間依存特性和預應力鋼腱的預應力損失，需要前階段累積的分析結果。

使用者在本章節中將學習使用 *MSS Bridge Wizard* 建模助手建立支撐先進法(MSS)各施工階段和施工階段分析的步驟，以及確認各施工階段應力、預應力損失、撓度和內力的方法。

例題中的橋梁為按支撐先進法施工的現場澆灌橋梁。

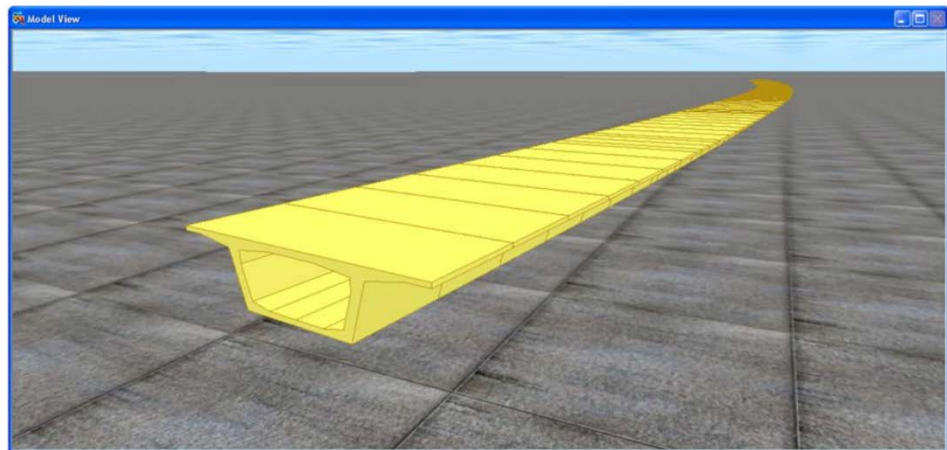


圖 1 分析模型(成橋階段)

橋梁基本資料及標準斷面

橋梁基本資料如下：

橋梁類型：11跨連續PSC箱型梁橋(MSS)
 橋梁長度：L = 10@50 = 500.0 m
 橋梁寬度：B = 12.6 m (2車道)
 斜交角度：90°(直橋)
 曲率半徑：R = 2380.0 m

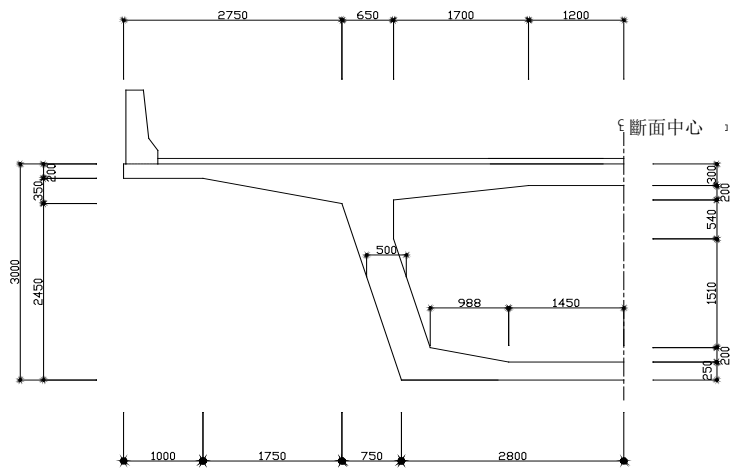


圖 2 標準斷面

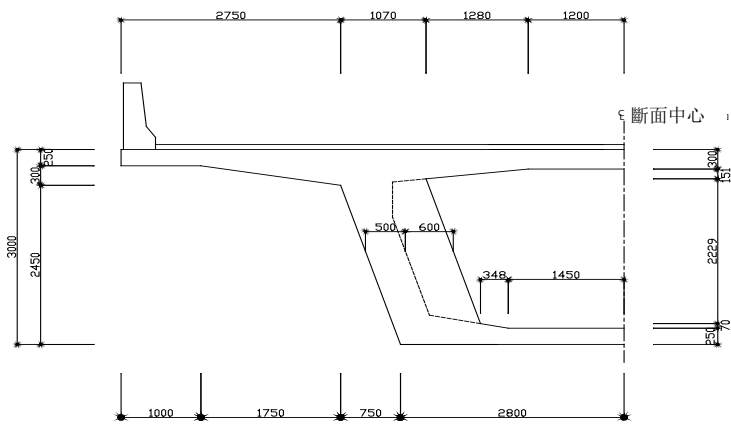


圖 3 橋梁段連接部位斷面

支撐先進工法的施工順序與施工階段分析

支撐先進工法的施工順序一般如下。

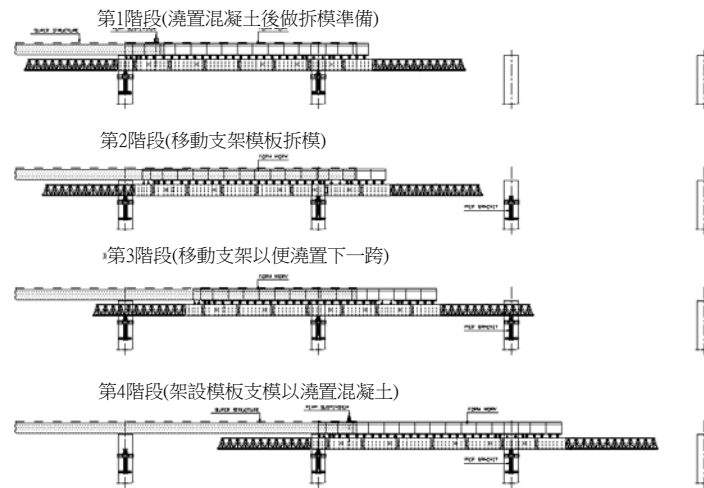


圖 4 施工工序圖

支撐先進工法的施工階段分析必須正確反應施工順序。施工階段分析中各施工階段的定義，在 **midas Civil** 是透過啟用和撤除結構群、邊界群以及載重群來實現的。

以下將 **midas Civil** 中支撐先進工法橋梁施工階段分析的步驟整理如下。
MSS Bridge Wizard 建模助手能幫助使用者自動建立下列 2~8 項步驟。

1. 定義材料和斷面
2. 建立結構模型
3. 定義並建立結構群
4. 定義並建立邊界群
5. 定義載重群
6. 輸入載重
7. 佈置預應力鋼腱
8. 張拉預應力鋼腱
9. 定義時間依存性材料特性值並連結
10. 執行結構分析
11. 確認分析結果

使用材料以及容許應力

➤ 上部結構混凝土

ASTM Grade C6000

➤ 預應力鋼腱 KSD 7002 SWPC 7B-Φ15.2mm (0.6" 鋼腱)

降伏強度 : $f_{py} = 1600000 \text{ kN/m}^2$

抗拉強度 : $f_{pu} = 1900000 \text{ kN/m}^2$

斷面面積 : $A_p = 138.7 \text{ cm}^2$

彈性模數 : $E = 2.0 \times 10^8 \text{ kN/m}^2$

張拉力 : $f_{pi} = 0.7f_{pu} = 1330000 \text{ kN/m}^2$

錨定端滑移 : $\Delta s = 6 \text{ mm}$

摩擦係數 : $\mu = 0.30 / \text{rad}$

: $k = 0.006 / \text{m}$

荷 載

➤ 永久載重

結構重力

在程式中以 **Self Weight** 形式輸入

二期恒載

$w = 38.00 \text{ kN/m}$

➤ 預應力載重

鋼腱($\varnothing 15.2 \text{ mm} \times 19$ ($\varnothing 0.6" - 22$))

斷面面積 : $A_u = 1.387 \times 22 = 30.514 \text{ cm}^2$

套管直徑 : $100/113 \text{ mm}$

張拉力 : 施加70%抗拉強度的張力

$f_{pj} = 0.7 f_{pu} = 1330000 \text{ kN/m}^2$

$P_i = A_u \times f_{pj} = 4058.362 \text{ kN}$

張拉初期的損失(由程式計算)

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

$\mu = 0.30$, $k = 0.006$

錨定端滑移量 : $\Delta l_e = 6 \text{ mm}$

混凝土彈性壓縮預應力損失 : 損失量, $\Delta P_E = \Delta f_p \cdot A_{sp}$

預應力長期損失(由程式計算)

應力鬆弛

潛變和溫度收縮引起的損失

➤ 潛變和溫度收縮

條件

水泥：普通水泥

施加持續載重時混凝土的材齡： $t_o = 5$ 日

混凝土暴露在大氣中時的材齡： $t_s = 3$ 日

相對濕度： $RH = 70\%$

大氣或養護溫度： $T = 20^\circ\text{C}$

適用標準：道橋設計標準 (CEB-FIP)

➤ 後橫梁的反力

假設因移動支架梁自重引起的後橫梁反力的大小和位置如下：

$$P = 4000 \text{ kN}$$

作用位置：從施工縫位置沿已澆置橋梁段方向3m處

正在施工中橋梁跨的混凝土濕重所引起的反力由程式自動計算。

設定建模環境

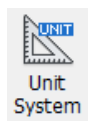
本範例進行支撐先進工法橋梁的施工階段分析，首先打開新專案( **New Project**)，以‘MSS’名稱儲存( **Save**)檔案。

然後將單位系統設置為‘kN’和‘m’。該單位系統可以根據輸入的資料類型隨時更換。

視窗上  -  **New Project**
-  **Save (MSS)**

 單位系統也可以在程式視窗下端的狀態條中的單位選擇按鈕()中選擇修改。

Tools / **Unit System** 



Length> m; Force (Mass)>kN (ton) ↵

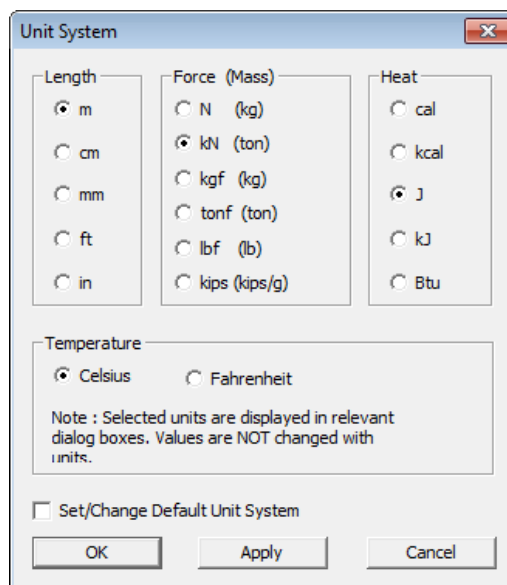


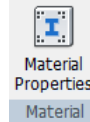
圖 5 設定單位系統

定義材料

在支撐先進工法橋梁建模助手定義PSC箱型梁斷面。

定義PSC箱型梁和鋼腱的材料。

Properties / Material Properties



Type of Design > **Concrete**; Standard > **ASTM(RC)**

DB > **Grade C6000**

同時定義多種材料時，使用 **Apply** 按鈕會更方便一些。

Name (**Tendon**) ; Type of Design > **User Defined** ; Standard > **None**

Analysis Data:

Modulus of Elasticity (**2.0e8**)

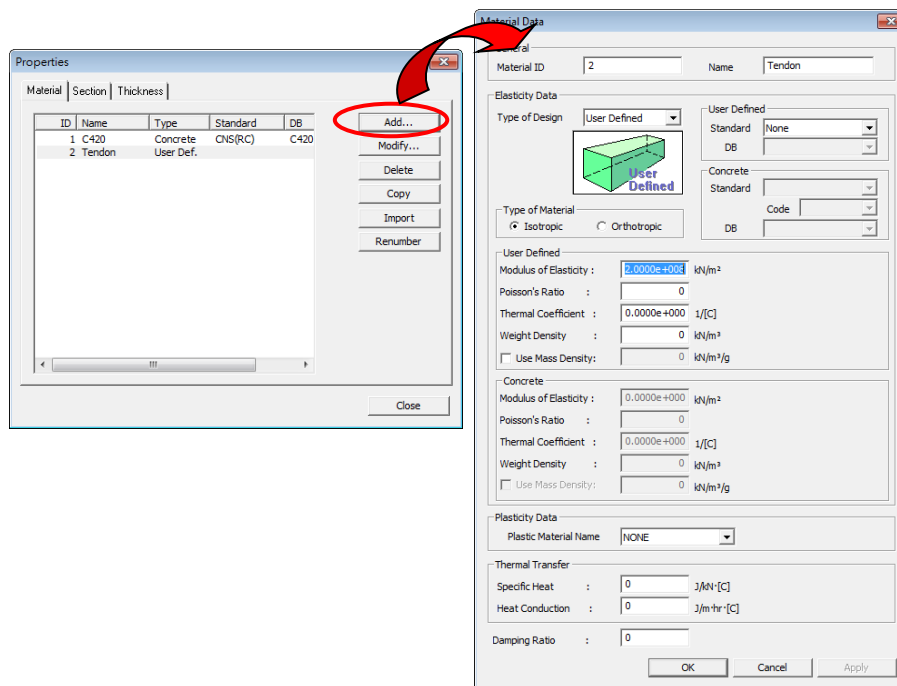


圖 6 定義材料特性對話框

使用支撐先進工法/全跨支撐工法橋梁建模助手建模

運用midas Civil的支撐先進工法/全跨支撐工法橋梁建模助手功能建立支撐先進工法橋梁模型。*MSS Bridge Wizard* 由 Model、Section、Tendon等三個表單所組成。

輸入模型資料

MSS Bridge Wizard 能自動建立支撐先進工法(MSS)和全跨支撐工法(FSM)橋梁的模型和施工階段分析模型資料。

支撐先進工法與全跨支撐工法在施工階段分析上的差異，在於施工跨上混凝土濕重和板模自重的支撐方式。全跨支撐工法(FSM)是透過支撐架支撐混凝土濕重和板模自重，因此對已經施工完成的橋梁跨的PSC箱型梁沒有任何影響。但是支撐先進工法(MSS)在已施工的橋梁跨和正在施工的橋梁跨的連接部位(施工縫)，兩端可能會發生端部位移差，為了防止產生端部位移差將正在施工的橋梁跨的混凝土濕重和板模自重，透過後橫梁傳送到已經施工完成的PSC箱型梁的懸臂部分。也就是說，支撐先進工法和全跨支撐工法在施工階段分析上的不同點，就是“是否考慮板模重量和混凝土濕重”。

移動支架反力是指板模重量和混凝土濕重作用在後橫梁上的反力。

在 *MSS Bridge Wizard* 建模助手的橋梁類型中，選擇支撐先進工法並輸入移動支架反力⁹時，程式將自動計算出因混凝土濕重產生的反力，並作為施工階段載重載入到施工階段。

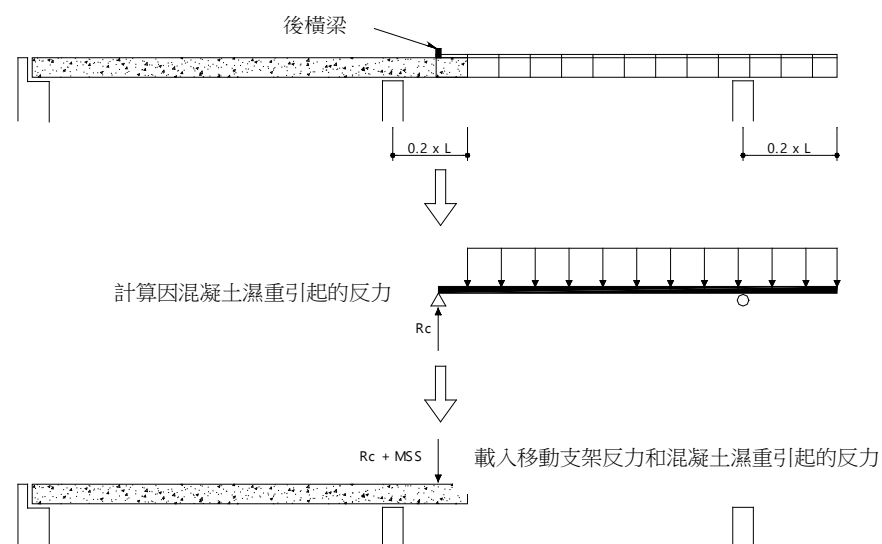


圖 7 作用於後橫梁上的反力

本例題橋梁將支模、綁紮鋼筋以及佈置鋼鍵套管所需時間定為15天，將混凝土澆置和養護的時間假設為5天，即將施工每個橋梁段所需的時間設為20天。

在civil中，若僅是載重發生變化，而結構系統不變時，一般不另外增加施工階段，而是利用添加步驟功能在同一施工階段內分步驟載入。

將半徑開關設置為開，輸入半徑，可以建立支撐先進工法曲橋模型。

Fixed Support 為橋梁支承形式為固端的支承距離，括弧內數字為固定支承已施工完成橋梁跨的跨度。

選擇橋梁類型為支撐先進工法，輸入橋梁材料、區段組成、曲率半徑、固定支撐位置、施工縫位置、施工縫到鋼鍵錨定端位置距離、施工一跨所需時間(20天⁹)以及PSC箱型梁的初始材齡。選擇橋梁類型為支撐先進工法時，程式自動計算出施工持續時間與構件初始材齡的差作為添加步驟，並計算出移動支架自重和混凝土濕重引起的反力，將其載入到懸臂端。⁹

Structure / MSS Bridge 支撐先進工法橋梁

Model 表單

Bridge Model Data Type > **Type1**; Bridge Material > **1:Grade C6000**

Span(L) 橋梁總長 > **10@50 m**

Radius 橋梁曲率半徑(開) > **2380 m**; Convex (開)

Fixed Support 固定支撐位置 > **250(50)**

Segment Division per Span 每跨橋梁分段數量 > **10**

Cold Joint 施工縫位置(S3) > **0.2**;

Anchorage 施工縫到鋼鍵錨定端位置距離(S4) > **3 m**

Diaphragm 隔板 (S5) > **1 m**; Stage Duration施工持續時間 > **20 day(s)**

Initial Member Age 構件初期材齡 > **5 day(s)**

Movable Scaffolding Reaction 移動支架反力 > **400 kN** ↓

MSS Bridge Wizard

Bridge Model Data Type
☒ Type1 ☐ Type2

Model | Section | Tendon

Span<L1> Span<L2>
 Diaphragm Cold Joint
 S5 S4 S3

Bridge Material : 1: Grade C6000

Span(L) : 10@50 m (ex: 30, 40, 5@50)

☒ Radius : 2380 m ☒ Convex ☐ Concave

Fixed Support : 250 (50)

Segment Division per Span : 10

Cold Joint (S3) : 0.2 x L2 (Span)

Anchorage (S4) : 3 m

Diaphragm (S5) : 1 m

Stage Duration : 20 day(s)

Initial Member Age : 5 day(s)

Movable Scaffolding Reaction : 4000 kN

Open... Save As... OK Cancel

圖 8 支撐先進工法/全跨支撐工法的Model表單

輸入PSC箱型梁斷面資料

分別輸入預應力箱型梁一般斷面和施工縫處斷面。首先參照圖 10輸入一般斷面資料。輸入結束後選擇查看選項中的實際斷面顯示，可以確認輸入的斷面形狀。

Section 表單

Section Type > 1 Cell

Center 一般斷面表單

H1 (0.2) ; H2 (2.75) ; H3 (0.3) ; H4 (0.3)
 H5 (0.2) ; H6 (0.54) ; H7 (0.2) ; H8 (0.25)
 B1 (2.75) ; B2 (0.75) ; B3 (2.8) ; B4 (1.75)
 B5 (1.7) ; B6 (1.2) ; B7 (0.988) ; B8 (1.45)

View Option > **Drawing**

支撐先進工法
 橋梁的PSC箱型斷
 面基準點設定為
 Center-Bottom。

Review Section Shape



MSS Bridge Wizard

Bridge Model Data Type
☒ Type1 ☐ Type2

Model **Section** Tendon

Section Type
☒ 1 Cell ☐ 2 Cell

Center Joint Diaphragm

Diagram labels: H1, H2, H3, H4, H5, H6, H7, H8, H9, H10, B1, B2, B3, B4, B5, B6, B7, B8, B9, B10, T.

View Option
☒ Bitmap ☐ Drawing

Open... Save As... OK Cancel

圖 9 輸入一般斷面資料

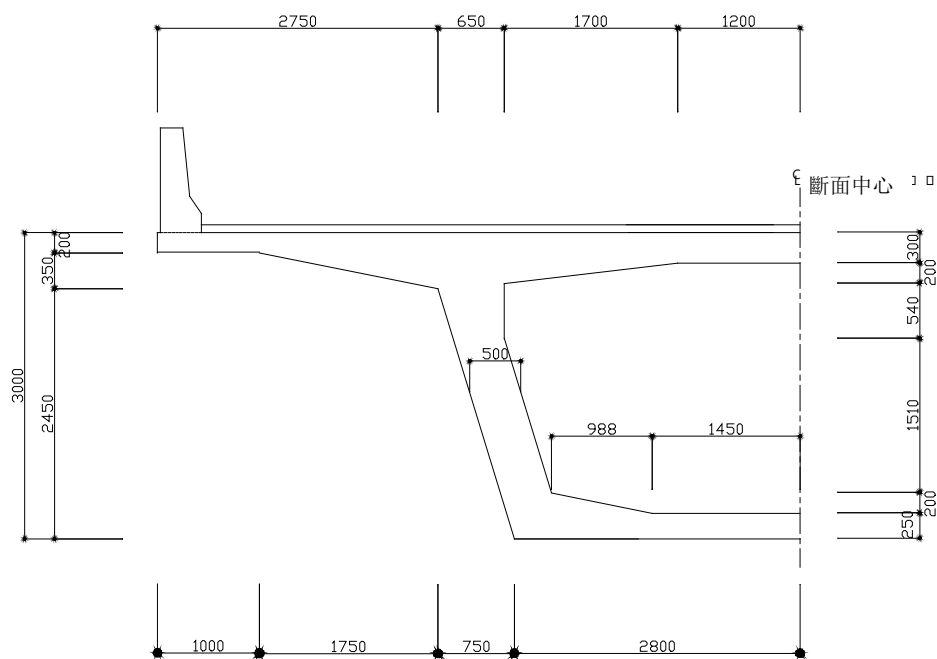


圖 10 預應力箱型梁的一般斷面

參照圖 12 輸入施工縫處斷面資料。輸入結束後選擇查看選項中的實際斷面，可以確認輸入的斷面形狀。

View Option > **Bitmap**

Joint 施工縫斷面表單

H3 (0.3) ; H5 (0.151) ; H7 (0.07)

B4 (1.75) ; B5 (1.28) ; B7 (0.348)

View Option > **Drawing**

Diaphragm 隔版表單

H4 (0.3) ; H5 (0.151) ; H6 (0.54) ; H7 (0.07)

H8 (0.25) ; B5 (1.28) ; B6 (1.2) ; B7 (0.348) ; B8 (1.45)

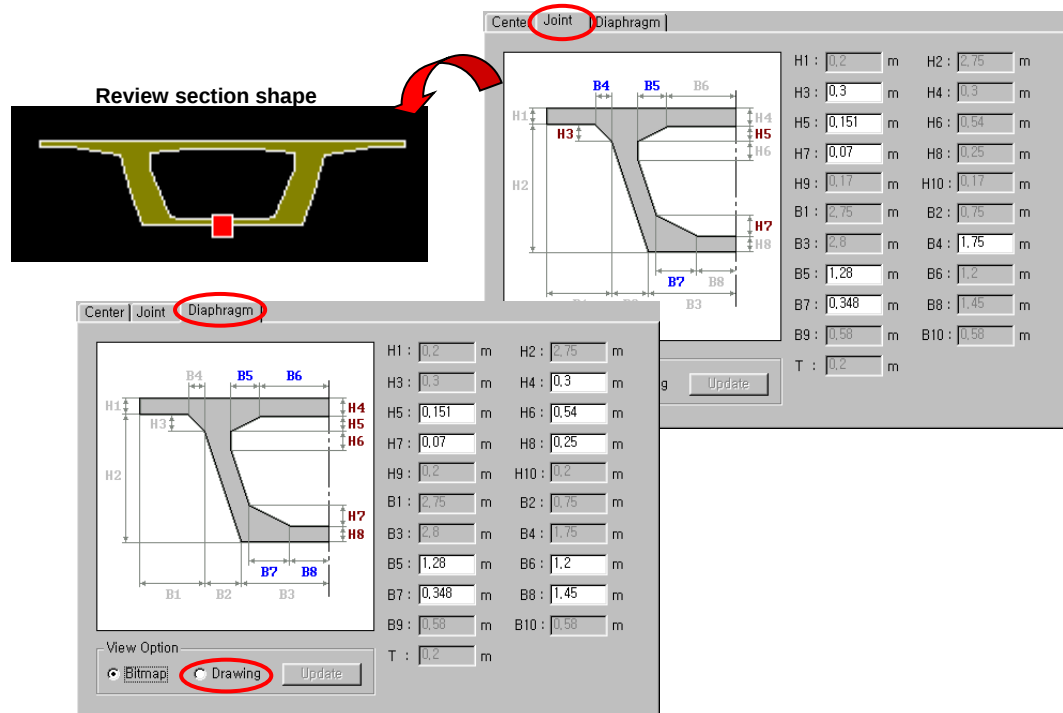


圖 11 輸入施工縫處斷面資料

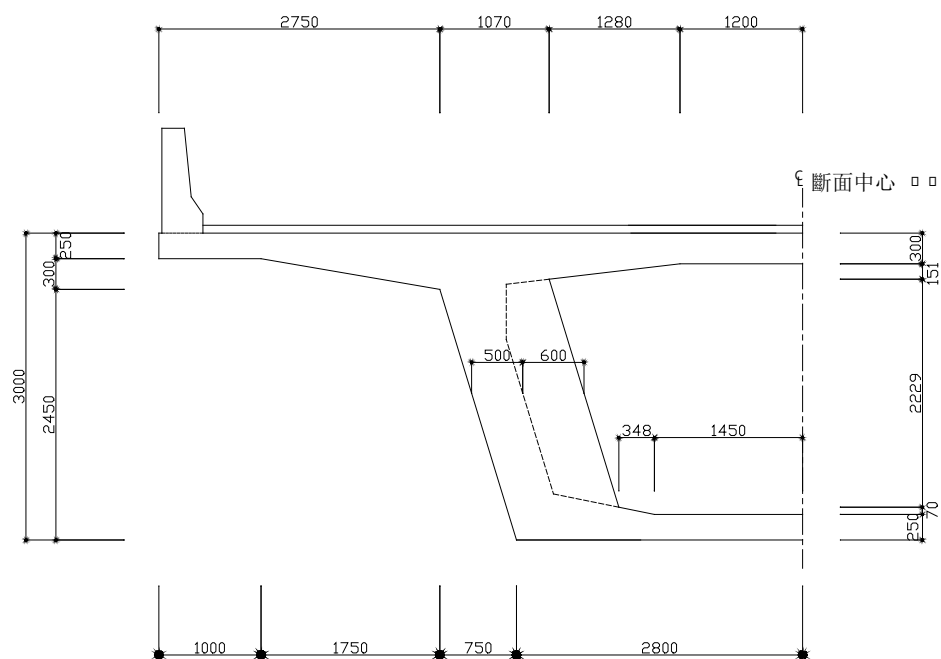


圖 12 預應力箱型梁的施工縫處斷面

輸入鋼腱佈置資料

支撐先進工法橋梁的鋼腱以波形佈置在PSC箱型梁斷面的腹版位置。在 *MSS Bridge Wizard* 中只需輸入鋼腱的最低點、反曲點、錨碇點的位置，程式將自動給出鋼腱的佈置形狀。

支撐先進工法橋梁的跨度一般均相同，結構在施工第一跨時為簡支梁，從第二個施工階段開始過度為連續梁。所以施工第一跨時，第一跨的跨中彎矩要比其他施工階段時發生的跨中彎矩都要大，因此第一跨要比其他跨多佈置鋼腱。第一跨增加的鋼腱數量應使用一般建模功能輸入，*MSS Bridge Wizard* 建模助手中只能輸入標準的鋼腱數量。

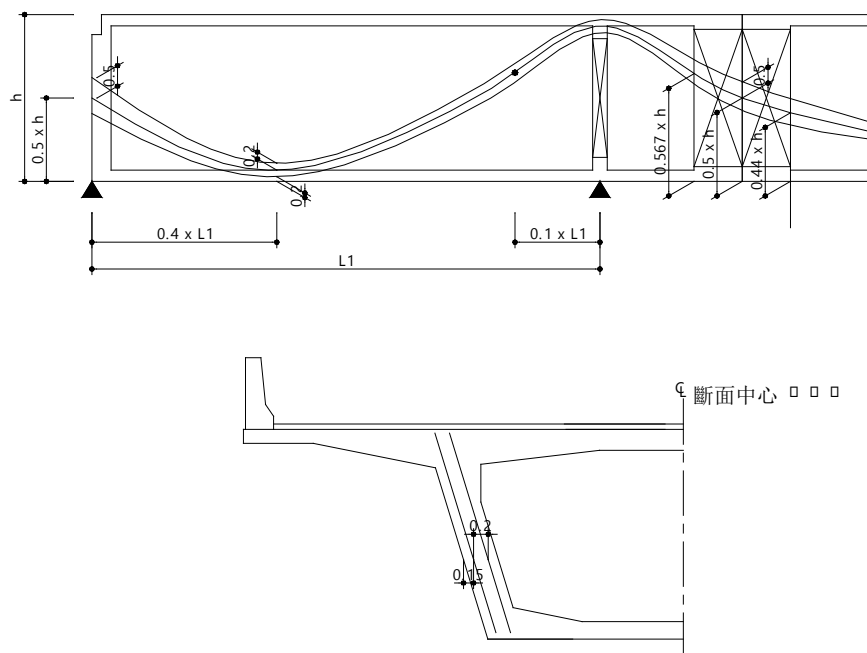


圖 13 鋼腱佈置圖

參照圖 13 輸入鋼腱縱向標準佈置資料。

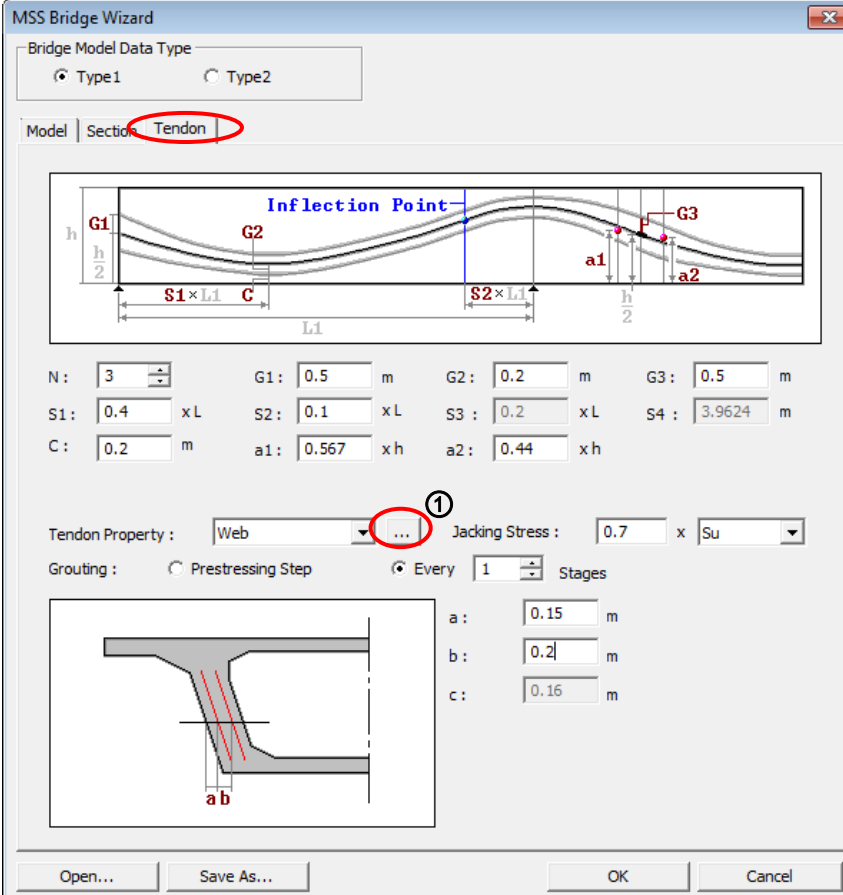
Tendon 鋼腱表單

N (3) 腹版的鋼腱數量

G1(0.5); G2(0.2); G3(0.5)

S1(0.4); S2(0.1)

C(0.2); a1(0.567); a2(0.44)



MSS Bridge Wizard

Bridge Model Data Type
☒ Type1 ☐ Type2

Model Section **Tendon**

Diagram labels: h, $\frac{h}{2}$, G1, G2, Inflection Point, G3, S1 x L1, C, S2 x L1, a1, a2, L1, $\frac{h}{2}$

Inputs:

N:	3	G1:	0.5 m	G2:	0.2 m	G3:	0.5 m
S1:	0.4 x L	S2:	0.1 x L	S3:	0.2 x L	S4:	3.9624 m
C:	0.2 m	a1:	0.567 x h	a2:	0.44 x h		

Tendon Property: Web **...** Jacking Stress: 0.7 x Su

Grouting: ☐ Prestressing Step ☒ Every 1 Stages

Diagram labels: a, b, c

Inputs:

a:	0.15 m
b:	0.2 m
c:	0.16 m

Buttons: Open... Save As... OK Cancel

圖 14 輸入鋼腱的縱向佈置資料

輸入鋼腱的斷面面積、預應力損失係數和鋼腱強度等鋼腱特性值。

計算預應力鋼腱的預應力鬆弛損失時，一般使用 Magura 公式。鬆弛係數是包含在公式中的反應鋼腱品種鬆弛特性的常數。一般鋼腱常數為10，低鬆弛鋼腱鬆弛係數為45。

Tendon Property > ... (圖 14的 ①)

Tendon Property > Add

Tendon Name > **Web** ; Tendon Type > **Internal(Post-Tension)**後拉法

Material > **2: Tendon**

Total Tendon Area ... 鋼腱總面積

Strand Diameter > **15.2mm (0.6")** 鋼腱直徑

Number of Strands > **22** 股數

Duct Diameter > **0.113** 套管直徑

Relaxation Coefficient > Magura **(45)** 鬆弛係數

Ultimate Strength > **1900000** 極限強度

Yield Strength > **1600000** 降伏強度

Curvature Friction Factor > **0.3** 鋼腱與套管壁的摩擦係數

Wobble Friction Factor > **0.0066** 套管每米長度局部偏差的摩擦係數

Anchorage Slip > Begin **(0.006)** ; End **(0.006)** 錨具變形及錨定端滑動量

Bond Type > **Bonded** 握裹 ↴

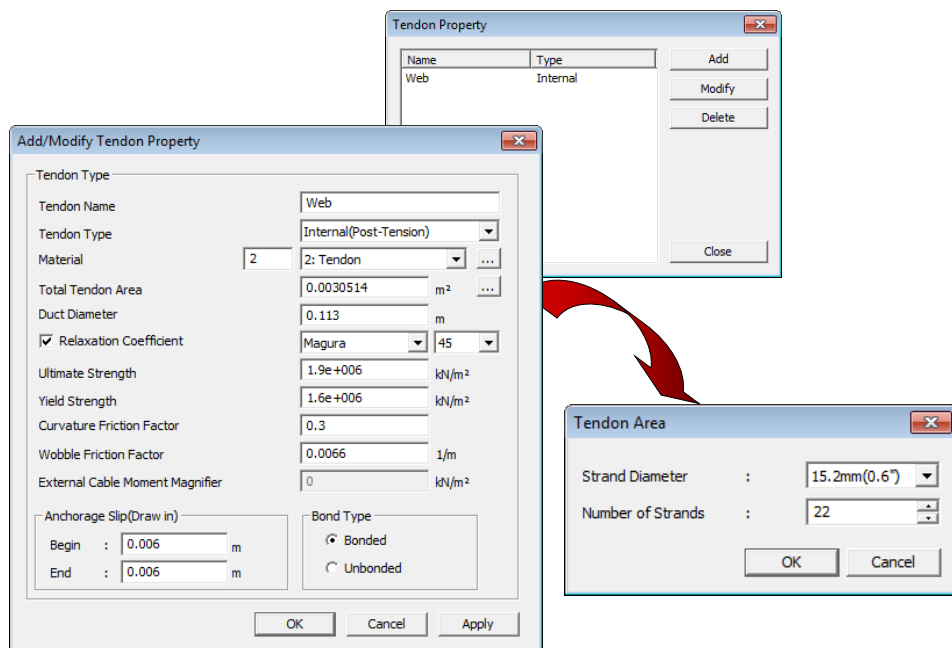


圖 15 輸入鋼腱特性值

輸入鋼腱的張拉應力、鋼腱套管的灌漿時間點以及橫向佈置資料。將鋼腱套管的灌漿時間選擇為張拉預力之後(Prestressing Step)，則在計算斷面應力時(張拉時)，按考慮了鋼腱斷面特性的轉換斷面進行計算。若將鋼腱套管的灌漿時間選擇為每(n)個施工階段，則在計算斷面應力時(張拉時)，將按淨斷面計算，在施工完第n個施工階段後，同時給鋼腱套管灌漿。將鋼腱的張拉力按極限強度的70%輸入，並輸入鋼腱的橫向佈置資料。由於支撐先進工法橋梁的鋼腱的佈置平面與腹版平行，因此只要輸入外側鋼腱至腹版外側的距離以及內外側鋼腱橫向間距即可。

Jacking Stress $(0.7) \times (S_u)$ 張拉應力

Grouting 灌漿 > Every (1) Stages 每1個施工階段

a (0.15) ; b (0.2)

MSS Bridge Wizard

Bridge Model Data Type

☒ Type1 ☐ Type2

Model | Section | Tendon

Diagram showing tendon layout with labels: G1, G2, G3, Inflection Point, S1, S2, S3, S4, C, a1, a2, h, L1, L2, L3, L4.

N: 3 G1: 0.5 m G2: 0.2 m G3: 0.5 m

S1: 0.4 x L S2: 0.1 x L S3: 0.2 x L S4: 3.9624 m

C: 0.2 m a1: 0.567 x h a2: 0.44 x h

Tendon Property: Web Jacking Stress: 0.7 x S_u

Grouting: ☐ Prestressing Step ☒ Every 1 Stages

Diagram showing tendon layout with labels: a, b, c.

a: 0.15 m b: 0.2 m c: 0.16 m

Open... Save As... OK Cancel

圖 16 輸入鋼腱的橫向佈置資料

輸入所有資料後，按 **OK** 鍵，完成 **MSS Bridge Wizard 建模助手**，並確認建立的模型。

確認建立的橋梁模型和預應力鋼腱的佈置情況。利用 **Zoom Window** 功能和 **Zoom Fit** 功能詳細確認指定範圍。

Point Grid (關), **Point Grid Snap** (關), **Line Grid Snap** (關)
Node Snap (開), **Element Snap** (開)

Display

Misc 表單

Tendon Profile Point (開) ↙

Zoom Fit, **Hidden** **Hidden** (開)

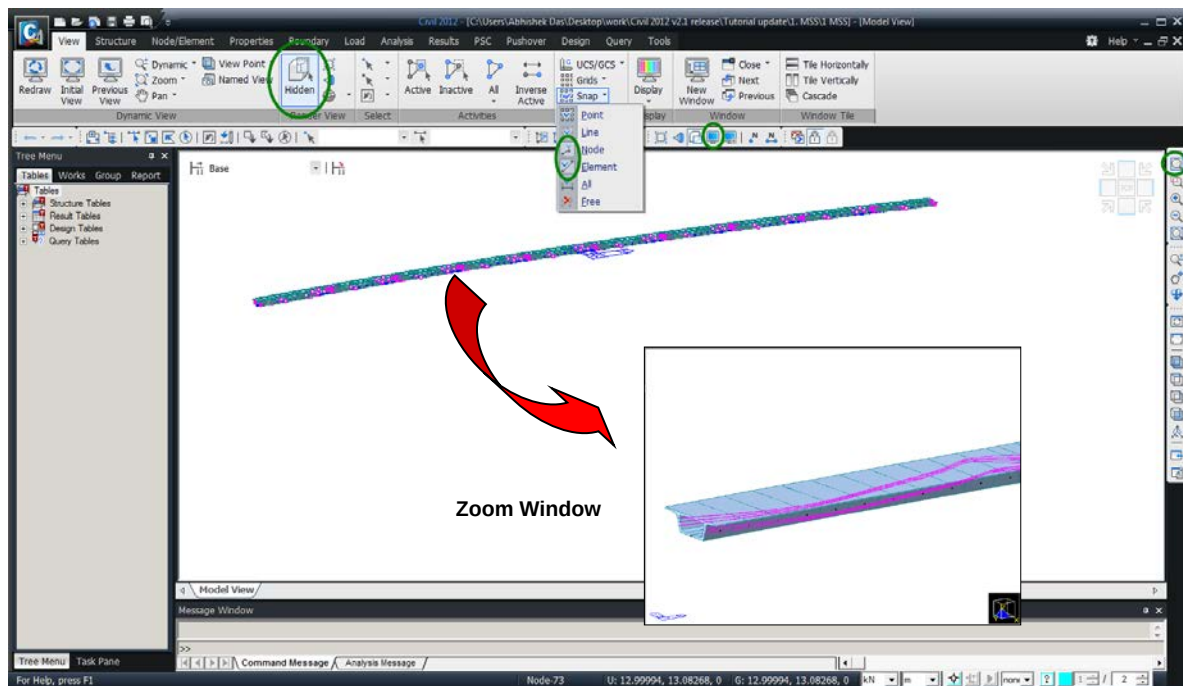


圖 17 由 **MSS Bridge Wizard** 建立的橋梁模型

編輯和添加資料

查看施工階段

在定義了施工階段之後，**midas Civil**的施工階段分析將在兩個工作模式內運作(**基本階段**和**施工階段**)。

在**Base Stage基本階段**模式中，使用者可以輸入所有結構模型資料、載重條件以及邊界條件，但不對此階段模型直接做結構分析。**Construction Stage 施工階段**模式是指用來執行結構分析的模式。在**施工階段**模式中，除了各施工階段的邊界條件和載重之外，使用者不能編輯修改結構模型相關資訊。

施工階段不是由個別的構件單元、邊界條件或載重組成的，而是將構件群、邊界群以及載重群經過啟用和撤除管理後形成的。在**施工階段**模式中，可以編輯包含於處於啟用狀態的**邊界群**、**載重群**內的邊界條件和載重條件。

在**施工階段**模式中不能修改或刪除節點和單元。除了處於啟用狀態的邊界條件和載重條件以外，其他資料的修改和刪除只能在**基本階段**模式中進行。

確認在 **MSS Bridge Wizard** 建模助手中自動建立的施工階段。可以在**施工階段**工具列和 **Works工作表單**中確認施工階段資訊。在**施工階段**工具列選擇**基本階段**以外的施工階段時，在**Works工作表單**中使用者可以一目了然地查看目前**施工階段**中啟用和撤除的結構群、邊界群和載重群。另外，在**施工階段**工具列中按順序變換**施工階段**時，使用者可以在**Model View**模型視窗中即時察看確認**施工階段**的變化情況。

在施工階段工具列中，選擇各施工階段確認各施工階段的載重。

 **Display 顯示**
Boundary 表單
Support (開)
Load 表單
Nodal Load (開)

當游標處於
 施工階段工具列
 中的狀態下，使
 用鍵盤內的向上
 或向下移動鍵按
 順序確認各施工
 階段。

Tree Menu > **Works** 工作表單

Construction Stage > **CS04**

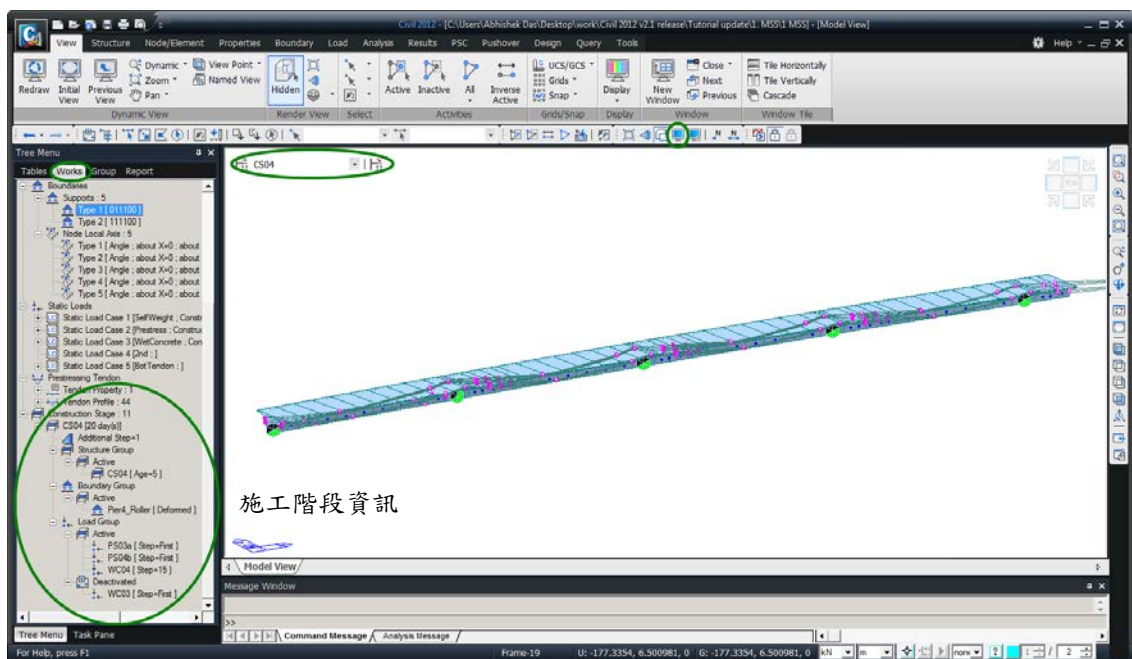


圖 18 施工階段4的結構體系

添加载重資料

結構在施工第一跨時為簡支梁，從第二個施工階段開始則為連續梁。所以施工第一跨時，第一跨的跨中彎矩要比其他施工階段時發生的跨中彎矩都要大，因此第一跨要比其他跨多佈置鋼腱。第一跨增加的鋼腱佈置在施工階段1(CS01)。

施工完所有橋梁跨之後載入橋面鋪裝、欄杆和護牆等二期恒載。因此要定義載入二期恒載的施工階段。在該施工階段將二期設計恒載載入至10000天，之後將在考慮潛變和乾縮的影響下建立預拱度控制圖。

定義第一跨增加的鋼腱和二期恒載條件。

因為只能在基本模式中輸入載重條件，所以轉換到基本模式。

Stage > **Base**

Load / Static Loads / **Static Load Cases**



Name (2nd) ; Type > **Construction Stage Load** **Add**

Name (BotTendon) ; Type > **Construction Stage Load** **Add** ↵

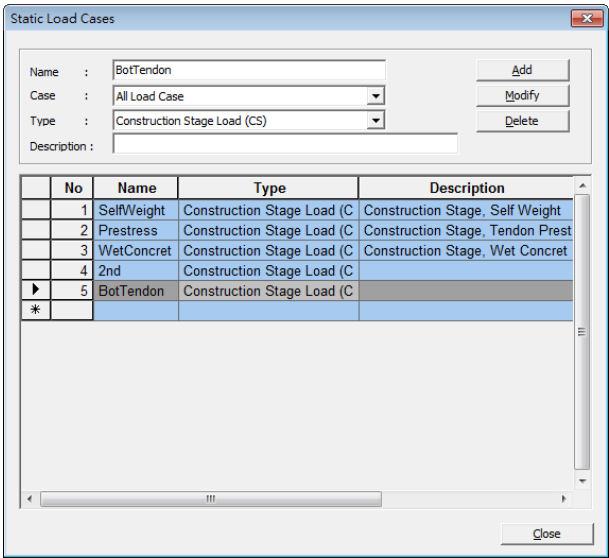
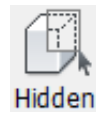


圖 19 定義載重條件

輸入在第一跨增加的鋼腱的預應力和定義二期恒載所在的載重群。



Hidden (關)



Display

Boundary 表單 > **Support** (關)

Load 表單 > **Nodal Load** (關)

Misc 表單 > **Tendon Profile Point** (關) ↵



Group 群組表單

Group / Load Group / **New...**(按右鍵)

Name > **2nd** **Add**

Name > **BotTendon** **Add** ↵

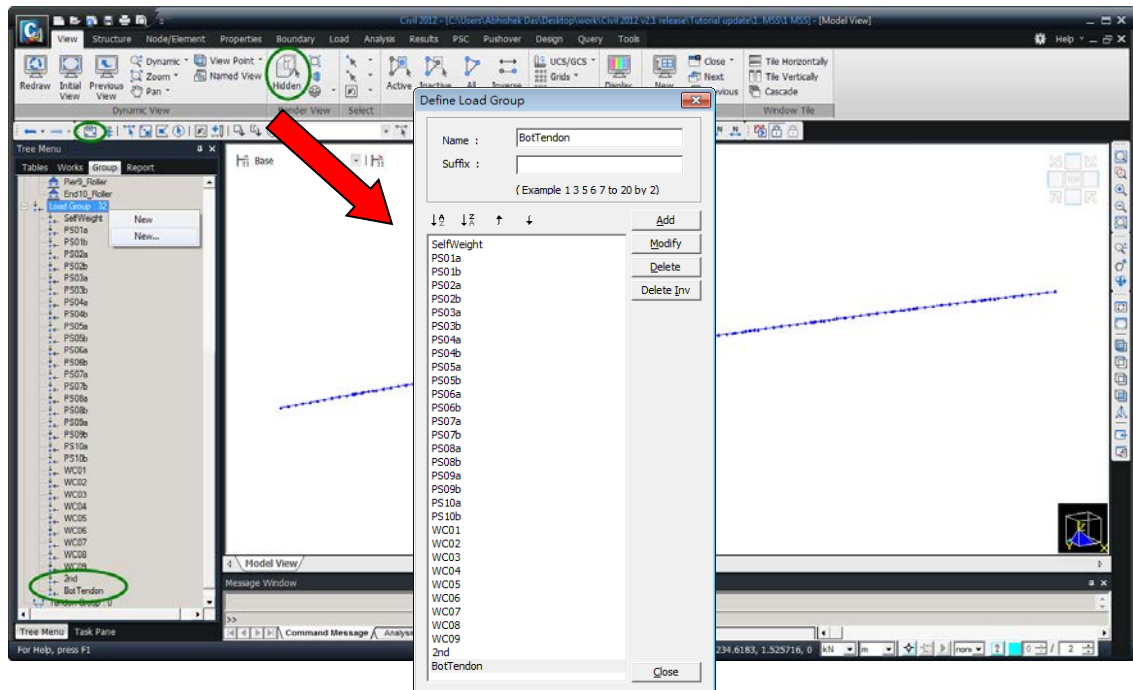


圖 20 建立二次靜載重所屬的載重群

第一跨增加的鋼腱的預應力屬於第一個施工階段CS01的載重。將增加的鋼腱預應力載入到第一跨的步驟如下。

1. 定義鋼腱名稱、形狀及佈置位置。
2. 定義鋼腱預應力並將其分配載重群“BotTendon”，然後載入。
3. 在施工階段CS01啟用載重群“BotTendon”。

因為預應力箱型梁斷面是以“Center-Bottom”為基準點，故鋼腱佈置形狀的基準點，是PSC箱型斷面的底部中央。

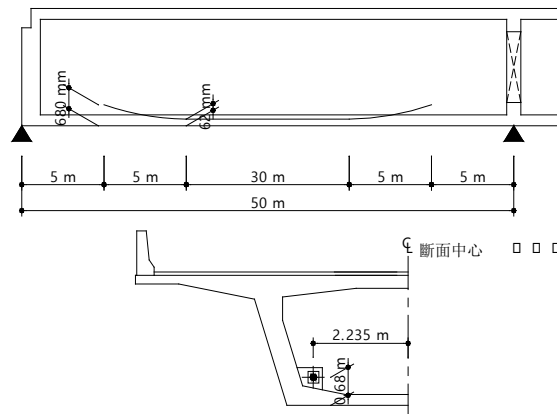
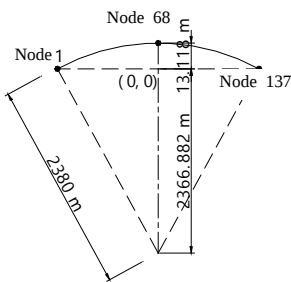


圖 21 第一跨增加的鋼腱

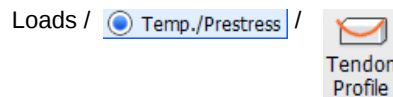
參照圖 21 定義第一跨增加鋼腱的佈置形狀。鋼腱的起始點和終點分別距橋梁端部和第二支承5m，每個單元的長度為 $50/10=5\text{m}$ ，所以鋼腱佈置區間為梁單元2 的 I 端至梁單元 9 的 J 端。



因本例橋梁為曲橋，故選定鋼腱形狀為曲線，以X-Y平面上的圓曲線為基準輸入鋼腱的佈置形狀。

當fix開關為開時，該點處的斜率按輸入的值計算；選擇為關時，該點處的斜率為任意值。

鋼腱彎曲方向分為順時針(CW)和逆時針方向(CCW)。



Tendon Profile > Add
Tendon Name > **Bot1** ; Tendon Property > **Web**
Assigned Elements > **2to9**
Input Type > **3D** ; Curve Type > **Spline**
Straight Length of Tendon > Begin **(0)** ; End **(0)**
Profile > Reference Axis > **Curve** (開) 曲橋

1 > x (0), y (0), z (0.68), fix (關)
2 > x (5), y (0), z (0.062), fix (開), Ry (0), Rz (0)
3 > x (35), y (0), z (0.062), fix (開), Ry (0), Rz (0)
4 > x (40), y (0), z (0.68), fix (關)
Profile Insertion Point 鋼腱插入點 (Node 2)
Radius Center (X, Y) 曲橋半徑中心點 (0, -2366.882) ; Offset (-2.235)
Direction鋼腱彎曲方向 > **CW** 順時針

Tendon Name (**Bot2**) ; Tendon Property > **Web**

Assigned Elements (**2to9**)

Straight Length of Tendon > Begin (**0**) ; End (**0**)

Profile > Reference Axis > **Curve** 曲線(開)

橋梁模型是以節點68為對稱點建立的，因節點68的Y座標值是13.118，所以曲橋的半徑中心為(0,-2366.882)。

1 > x (**0**), y (**0**), z (**0.68**), fix (關)

2 > x (**5**), y (**0**), z (**0.062**), fix (開), Ry (**0**), Rz (**0**)

3 > x (**35**), y (**0**), z (**0.062**), fix (開), Ry (**0**), Rz (**0**)

4 > x (**40**), y (**0**), z (**0.68**), fix (關)

Profile Insertion Point 鋼鍵插入點(Node 2)

Radius Center 曲橋半徑中心點(X, Y) (**0, -2366.882**) ; Offset (**2.235**)

Direction 鋼鍵彎曲方向 > **CW** ↻ 順時針

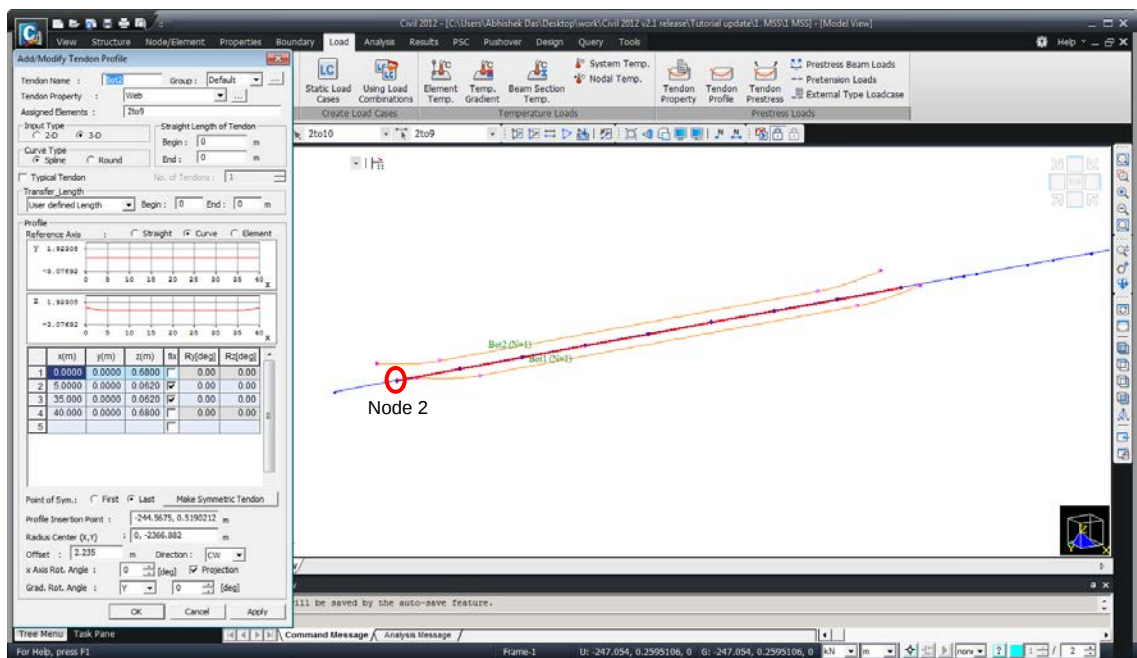


圖 22 定義鋼鍵佈置形狀

查看鋼腱位置

布設鋼腱位置後，我們可以透過Model View在結構圖中查看鋼腱與結構的相對位置，透過**Section Manager**查看鋼腱與斷面的相對位置，透過**Export to DXF**查看圖層化的鋼腱CAD檔，也可利用此DXF檔進行套圖等作業，減少讀取資料與繪圖的工作。

將鋼腱顯示於Model View中，於前視圖與上視圖查看鋼腱布設位置。可局部放大部分模型方便查看。

Model View



Display

Misc 表單 > Tendon Profile Point (開) ↓



Front View ;



Zoom Window



Top View ;



Zoom Window

Front View

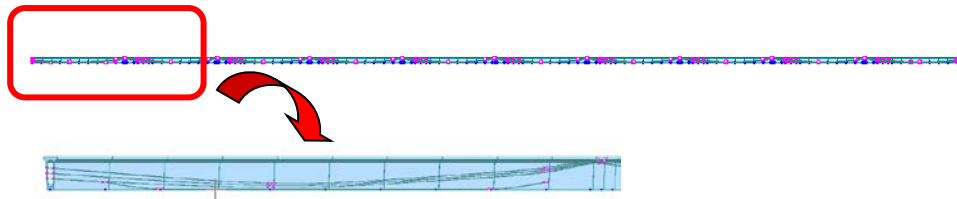


圖 23 前視放大圖查看鋼腱位置

Top View

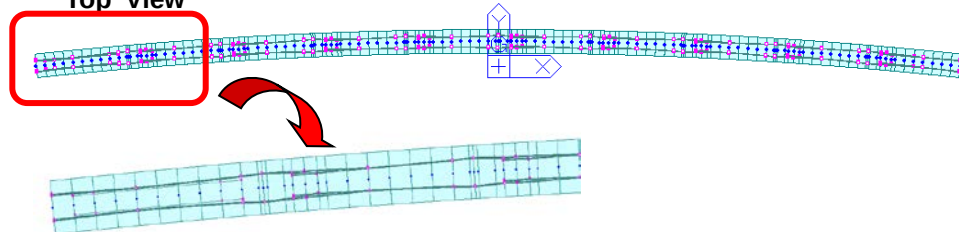
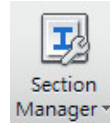


圖 24 上視放大圖查看鋼腱位置

若欲查看較細部的鋼腱位置，可以使用 **Section Manager** 功能，不僅可以顯示鋼腱與斷面的相對位置，還可以查看鋼腱的座標與面積，若為預力斜腹版等較複雜斷面，此功能可輕鬆查看鋼腱是否布設正確。

Properties > Section Manager



> Stiffness

Joint > Element 72 ↵

Tendon (開) ; Property Name (開) ; Duct Hall (開)

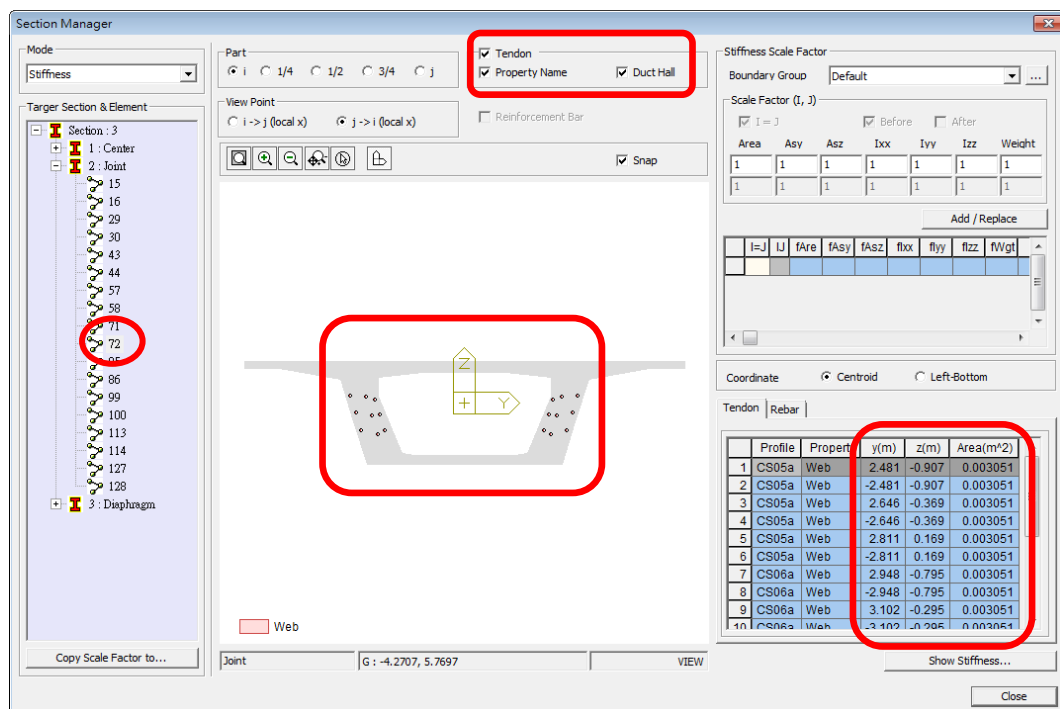


圖 25 查看鋼腱與斷面的相對位置

在AUTOCAD中查看鋼腱間的相對位置，可使用**Export to DXF** 功能，程式會將鋼腱以2D(X-Z平面與X-Y平面)的方式匯出，不同名稱的鋼腱放在不同的圖層，方便使用者查看與作圖面管理，也方便繪圖作業時的編輯與套圖。

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

按 **Export to DXF** 開啟 Export Tendon Profile to DXF File 對話框

按 All > Export 匯出

檔案名稱 (N) > **MSS tendon** .J

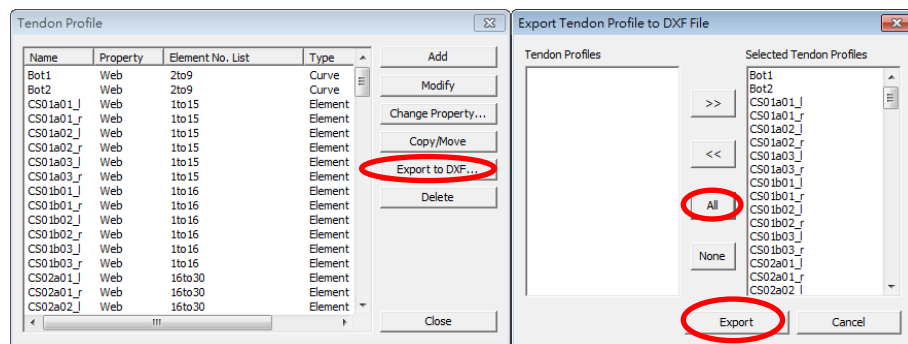


圖 26 選擇想匯出的鋼腱

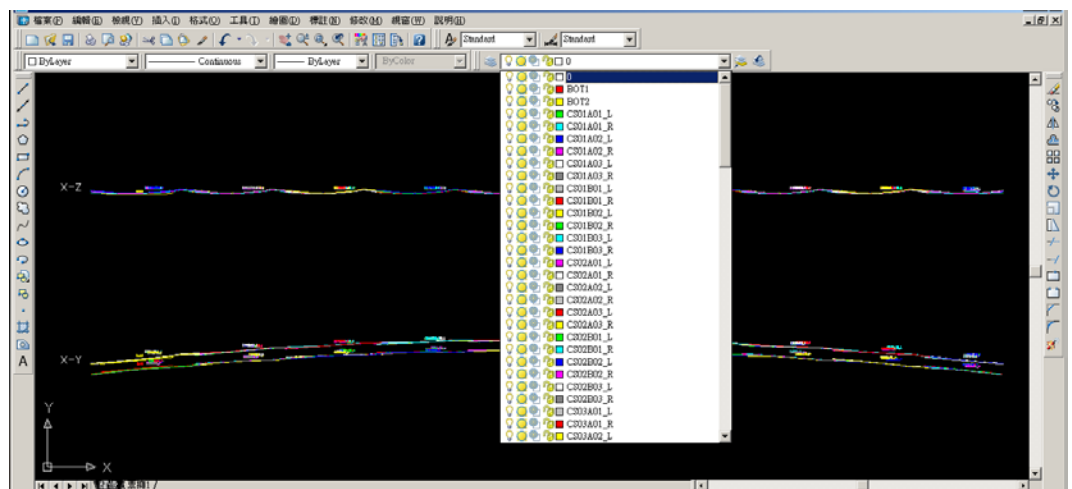


圖 27 以DXF檔匯出鋼腱

定義鋼腱預應力並將其分配到載重群“BotTendon”，然後載入。

因為是一端張拉，所以只輸入結束端張力或應力。張力取極限強度的70%。

例題中的灌漿工序是在前一施工階段的鋼腱張拉之後進行的，所以選擇每個施工階段後灌漿。

Load / ☒ Temp./Prestress /



Load Case Name > **BotTendon**; Load Group Name > **BotTendon**

Tendon > **Bot1, Bot2** Selected Tendons 選擇的鋼腱

Stress Value > **Stress** 應力; 1st Jacking > **Begin** 起始端

Begin (0) ; End (133000)

Grouting 灌漿: after (1) Stage 每1個施工階段後

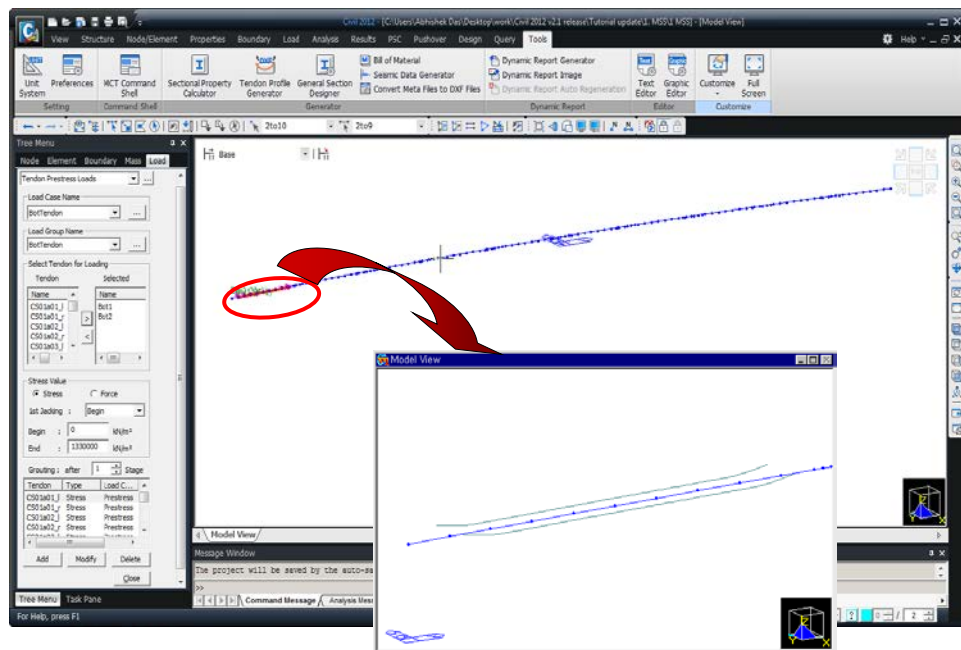
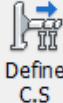


圖 28 載入預應力載重

在施工階段CS01啟用載重群“BotTendon”。

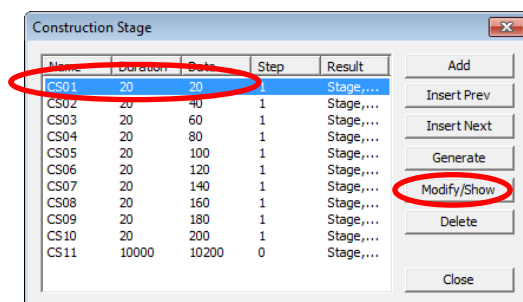
Load / **Construction Stage** /  **Define Construction Stage**

Name > **CS01**; 

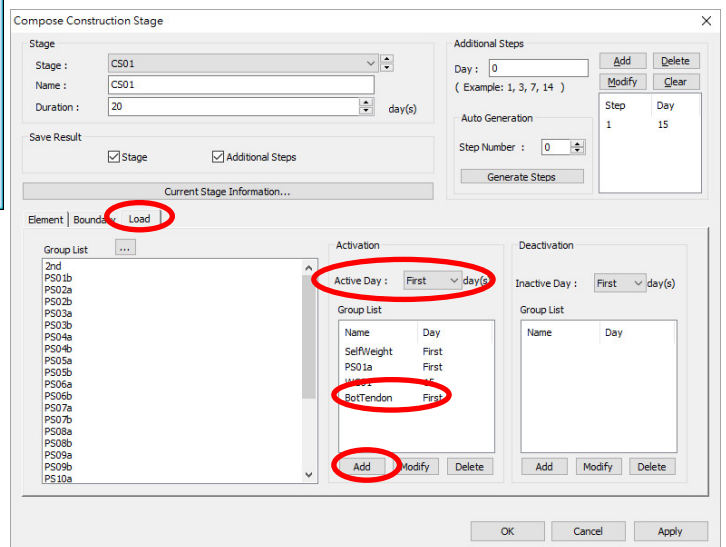
Load 載重表單

Group List > **BotTendon**

Activation > Active Day > **First**;  ↵



Name	Duration	Step	Result
CS01	20	20	1
CS02	20	40	1
CS03	20	60	1
CS04	20	80	1
CS05	20	100	1
CS06	20	120	1
CS07	20	140	1
CS08	20	160	1
CS09	20	180	1
CS10	20	200	1
CS11	10000	10200	0



Stage: CS01
Name: CS01
Duration: 20 day(s)

Save Result: ☒ Stage ☒ Additional Steps

Additional Steps: Day: 0, Step: 1, Day: 15

Activation: Active Day: First, Group List: BotTendon

Deactivation: Inactive Day: First, Group List:

使用橋梁建模助手自動建立的結構群、邊界群和載重群的名稱說明參照使用者線上手冊中的“定義結構(邊界、載重)群”章節。

圖 29 啟用預應力載重

載入二期恒載。因為要計算支撐先進工法橋梁竣工後，載入二期恒載至10000天的潛變和乾縮引起的預應力損失量，所以在施工階段CS11載入二期恒載。首先將二期恒載分配給二期恒載群“2nd”。二期恒載的大小為38 kN/m，載入方向為-Z。

Load / Static Loads / *Element beam Loads*

 **Select all全選**

Load Case Name > **2nd**; Load Group Name > **2nd**

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 (**-38**) ↵

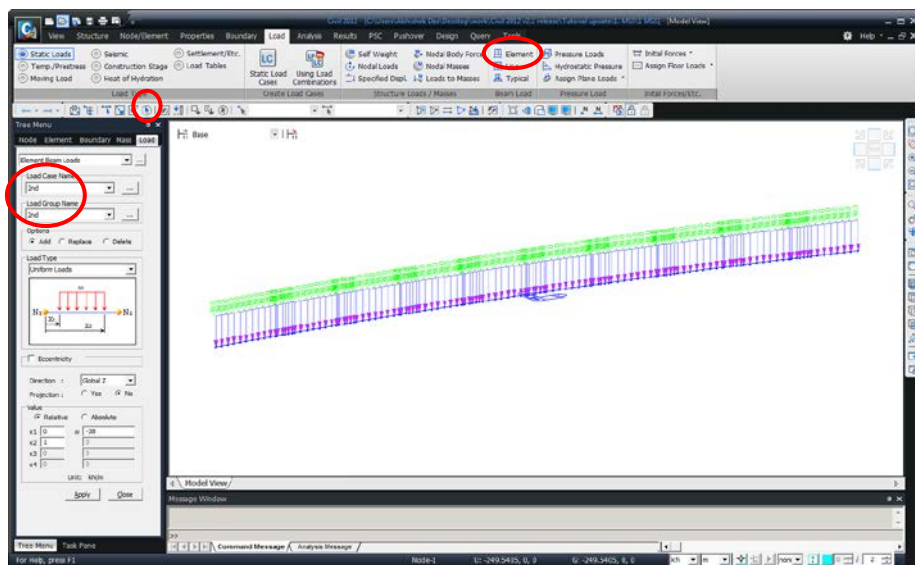
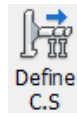


圖 30 載入二期恒載

在施工階段CS11啟用載重群2nd。

Load / **Construction Stage** /



Define Construction Stage

Name > **CS11**; **Modify/Show**

Stage > Duration > **(10000)** 持續時間

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

Load 載重表單

Group List > **2nd**

Activation

Active Day > **First**

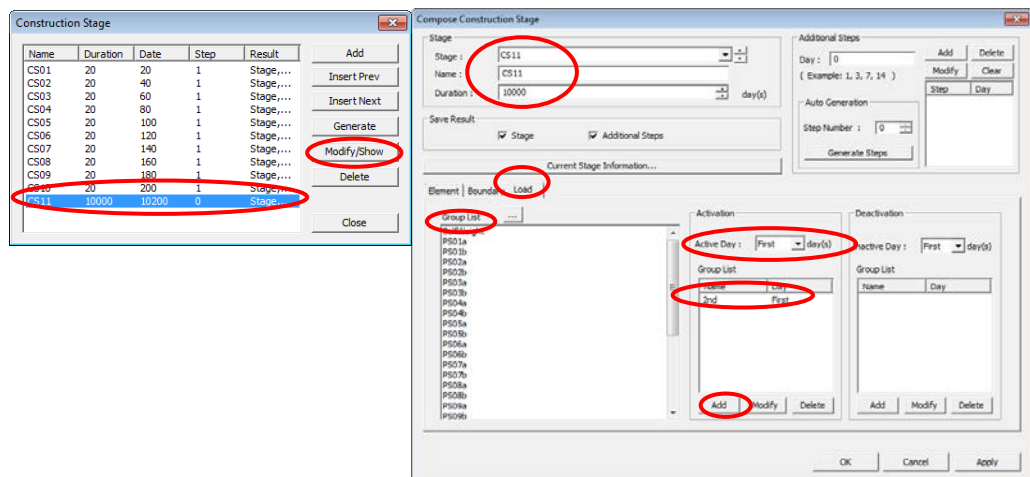


圖 31 編輯施工階段CS11

時間依存性材料特性的定義和連接

建立了上部和下部混凝土結構的模型之後，我們將定義各斷面的混凝土材料時間依存特性(強度發展曲線、潛變係數、乾縮係數)。

因潛變和乾縮係數是構建形狀指數的函數，所以需要定義了變斷面尺寸之後再輸入混凝土的時間依存性材料特性。

根據道橋設計規範和CEB-FIP的規定，當構件的尺寸不同時混凝土的乾縮係數和潛變係數將不同。因此為了在分析時能正確考慮材料的時間依存特性，必須分別計算各構件的材料時間特性，也就是說必須定義相當於不同斷面單元總數的材料並賦予材料不同的時間依存特性值。midas Civil根據各單元的材齡自動計算材料的時間特性。使用*Change Element Dependent Property*功能可以建立符合CEB-FIP規定的材料時間依存特性以及與此相對應的材料，並能自動賦予各相關單元以該材料特性值。

為了自動將材料和時間依存性材料特性值連接起來，應該使用DB/User類型或PSC類型定義斷面特性值。

使用*Change Element Dependent Property*功能建立變斷面單元的潛變係數和乾縮係數的步驟如下。

1. 定義CEB-FIP規定的潛變和乾縮材料特性
2. 將時間依存性材料特性與實際定義的材料連接
3. 使用*Change Element Dependent Property* 功能，將與構件尺寸有關的係數(構件幾何形狀指數)賦予各單元

實行上述步驟的話，在施工階段分析中凡是由*Change Element Dependent Property*功能修改的單元的構件幾何形狀指數均按步驟3的結果計算(步驟1中定義的構件幾何形狀指數將被替代)乾縮和潛變。

參照下面資料輸入時間依存材料特性值。

- 28天強度： $f'_c = 6000 \text{ psi}$ (41368.6 kN/m^2)
- 相對濕度： $RH = 70 \%$
- 幾何形狀指數：輸入任意值 (輸入 1)
- 混凝土種類：一般混凝土 (N, R)
- 拆模時間：3天

Properties /  **Creep/Shrinkage** (Time Dependent Material (Creep & Shrinkage))

Name > **Creep&Shrinkage** ; Code > **CEB-FIP(1990)**

Compressive strength of concrete at the age of 28 days > **41368.6**

Relative Humidity of ambient environment (40 ~ 99) > **(70)**

Notational size of member構件幾何形狀指數 > **1**

Type of cement > **Normal or rapid hardening cement (N, R)**

Age of concrete at the beginning of shrinkage > **3** ↙ 拆模時間

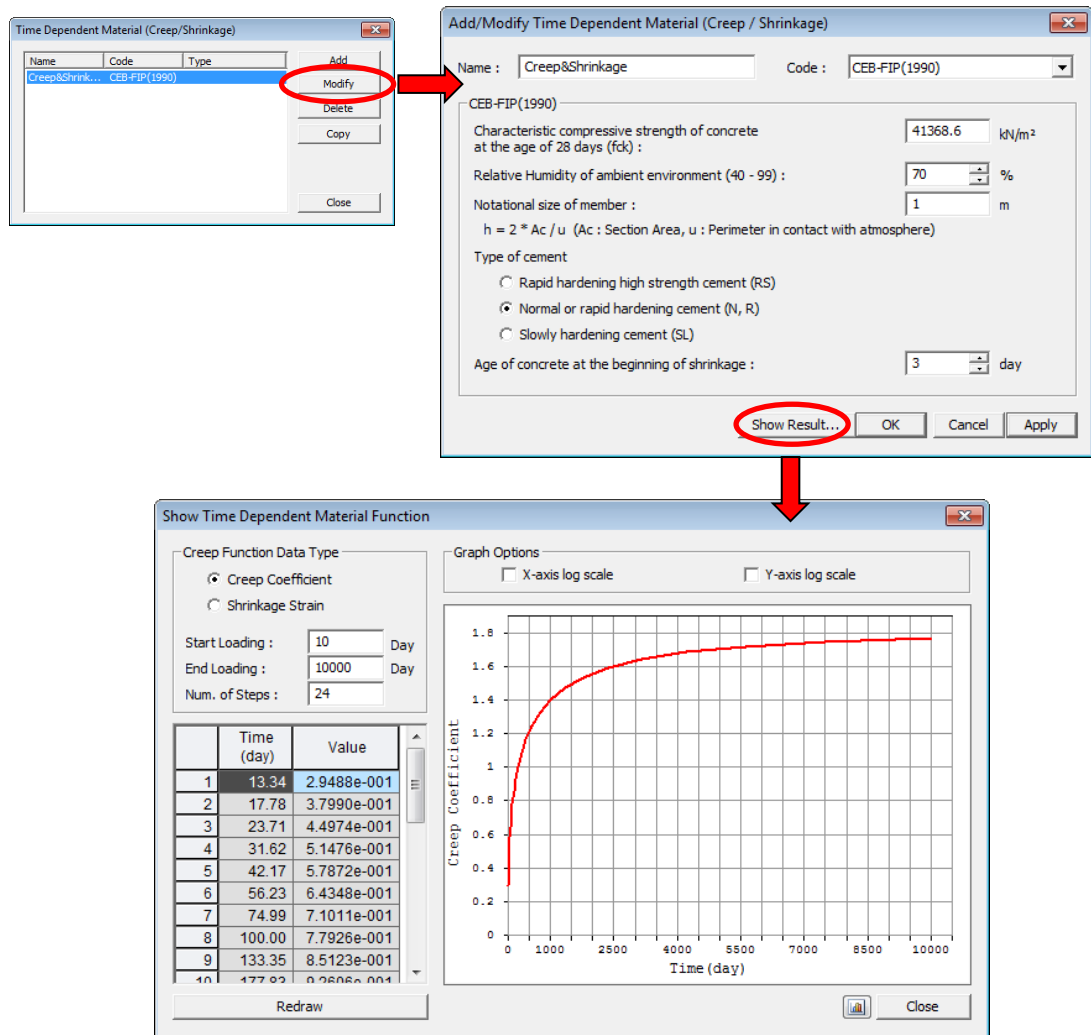


圖 32 定義潛變和乾縮材料特性

混凝土材料具有隨時間的發展逐漸硬化的特性，本例題使用CEB-FIP規定的混凝土強度發展曲線來表示混凝土材料強度隨時間變化的特性。輸入的數值參見定義乾縮和潛變時輸入的數值。

N, R: 0.25 中
0.25為a值。

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

Name (Comp.Strength) ; Type > Code

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

Concrete Compressive Strength at 28 Days (S28) (41368.6)

Cement Type (a) > N, R : 0.25

Redraw Graph

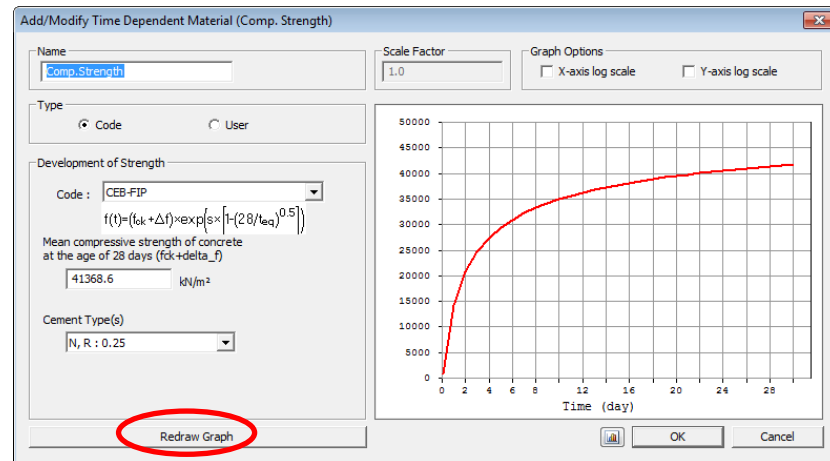


圖 33 定義隨時間變化的強度發展函數

將時間依存性材料特性連接到對應的材料上。

Properties /  **Material Link (Time Dependent Material Link)**

Time Dependent Material Type 時間依存性材料類型

Creep/Shrinkage 乾縮/潛變 > **Creep&Shrinkage**

Comp. Strength 抗壓強度 > **Comp.Strength**

Select Material for Assign 選擇連接材料

Material > **1:Grade C6000** > Selected Materials 

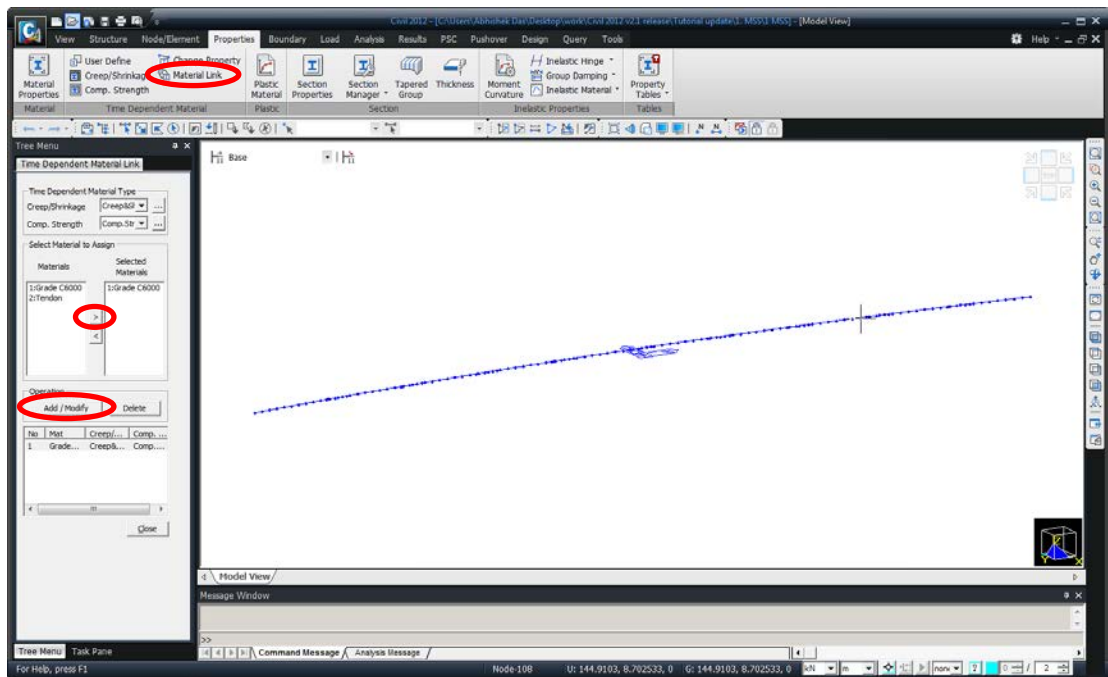


圖 34 連接時間依存材料特性和材料

如果使用 **Change Element Dependent Property** 功能輸入構件的幾何形狀指數(h, 構件的幾何形狀指數)時, 在定義時間依存性材料特性時輸入的幾何形狀指數將被 **Change Element Dependent Property** 中定義的各單元的幾何形狀指數替代, 程式將使用替代後的幾何形狀指數計算潛變和乾縮。

選擇自動計算時, 由程式自動計算各種斷面的幾何形狀指數(h), 並使用於潛變和乾縮計算中; 選擇使用者輸入時, 將使用輸入的幾何形狀指數計算潛變和乾縮。

Properties /  **Change Property (Change Element Dependent Material Property)**

 **Select all 全選**

Option > **Add/Replace**

Element Dependent Material

Notational Size of Member > **Auto Calculate 自動計算** ; CEB-FIP ↵

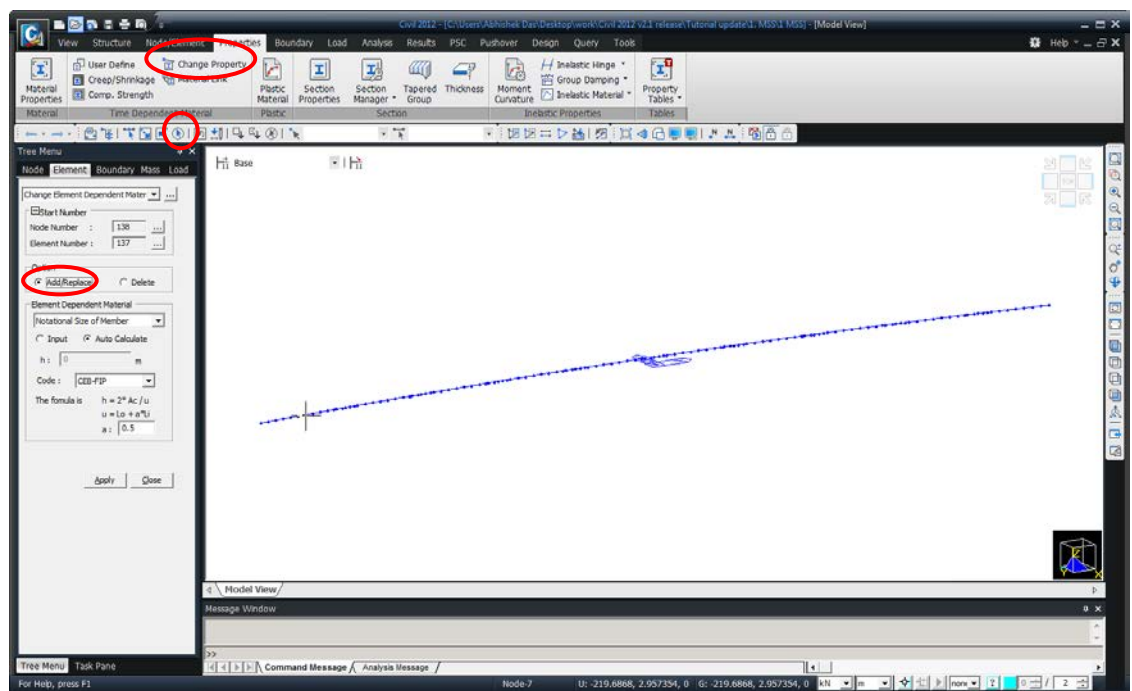


圖 35 輸入構件的幾何形狀指數

執行結構分析

建立了結構模型和施工階段資料之後，分析之前使用者需決定在施工階段分析中是否考慮時間依存材料特性、是否考慮預應力鋼腱的預應力損失量，並且要輸入潛變計算所需的收斂條件和計算迭代次數。

Analysis /



Construction Stage Analysis Control

Final Stage > **Last Stage 最終階段**

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

Time Dependent Effect 時間依存材料特性

Creep Shrinkage (開)

Type > **Creep & Shrinkage**

Convergence for Creep Iteration

Number of Iterations 迭代次數 **(5)**; Tolerance 容許公差 **(0.01)**

Auto Time Step Generation for Large Time Gap (開)

對較大時間間距自動劃分時間步驟

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

鋼腱預應力損失 (潛變和乾縮)

Variation of Comp. Strength (開) 抗壓強度的變化

Tendon Tension Loss Effect (Elastic Shortening) (開) ↴

鋼腱預應力損失 (彈性收縮)

Beam Section Property Changes > **Change with Tendon (開)**

Save Output of Current Stage (Beam/Truss) (開) ↴

🔊 選擇對較大時間間距自動劃分時間步驟時，當施工階段的持續時間超過一定限度時，程式內部將自動劃分時間步驟(參見圖 36)。

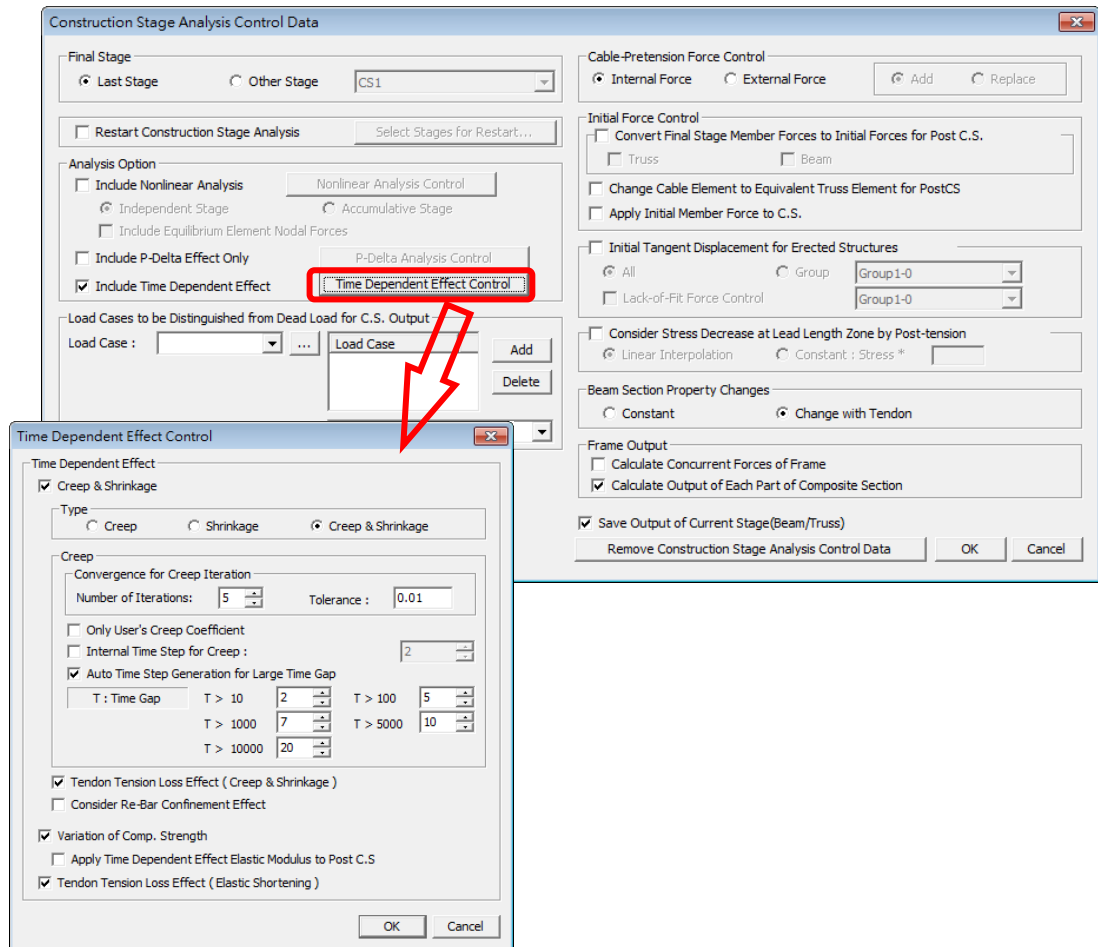
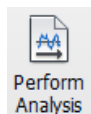


圖 36 設置施工階段分析考慮事項

當結構建模和施工階段的構成以及分析選項均設定後，開始執行結構分析。

Analysis /



Perform
Analysis

Perform Analysis

查看分析結果

參見On Line Help 的“Results > Bridge Girder Diagram”

參見On Line Help 的“Results > Stage / Step History Graph”

確認施工階段分析結果的方法有兩種，即確認所有構件在指定施工階段的應力以及位移^①，和確認指定構件單元在各施工階段的應力以及位移的變化的方法^②。

在midas Civil中，使用者可以運用上述兩種方法以圖形和表格的形式查看施工階段分析結果。

使用圖形查看應力和內力

在支撐先進工法橋梁各施工階段中，最大壓應力發生於第一施工階段中，結構體系為簡支梁的跨距中央處，使用圖形查看施工階段1的梁單元下翼版緣應力。

在支撐先進工法橋梁建助手中可以自動建立確認應力所需的結構群。Bridge Girder是主梁所屬的結構群。

選擇軸力、彎矩 My, 彎矩 Mz 時，可以確認斷面上下翼緣和左右端的應力。

打開畫容許應力線，輸入抗壓、抗拉的容許應力值時，在圖形中將用虛線顯示容許應力位置。

Stage > CS01

Results / Bridge Girder Diagrams

Load Cases/Combinations > Step List > First Step, User Step:1 (開)

Load Cases/Combinations > CS: Summation

Diagram Type > Stress ; X-Axis Type > Node

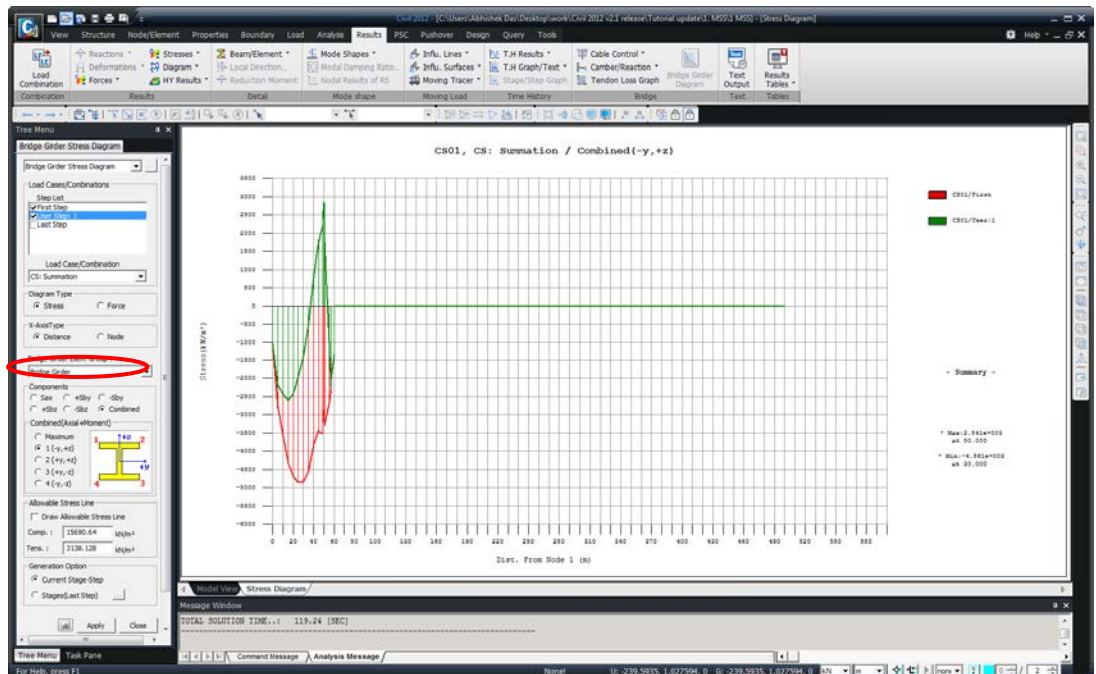
Bridge Girder Elem. Group > Bridge Girder^①

Components > Combined

Combined (Axial+Moment) > 1 (-y,+z)^②

Allowable Stress Line > Draw Allowable Stress Line (關)^③

Generation Option > Current Stage-Step ↓



如果要詳細查看指定位置的應力圖形，將滑鼠放在圖形的指定位置按住滑鼠拖曳，則滑鼠滑過的範圍將被放大。在圖形中按滑鼠右鍵選擇全部放大則圖形將恢復到最初狀態。

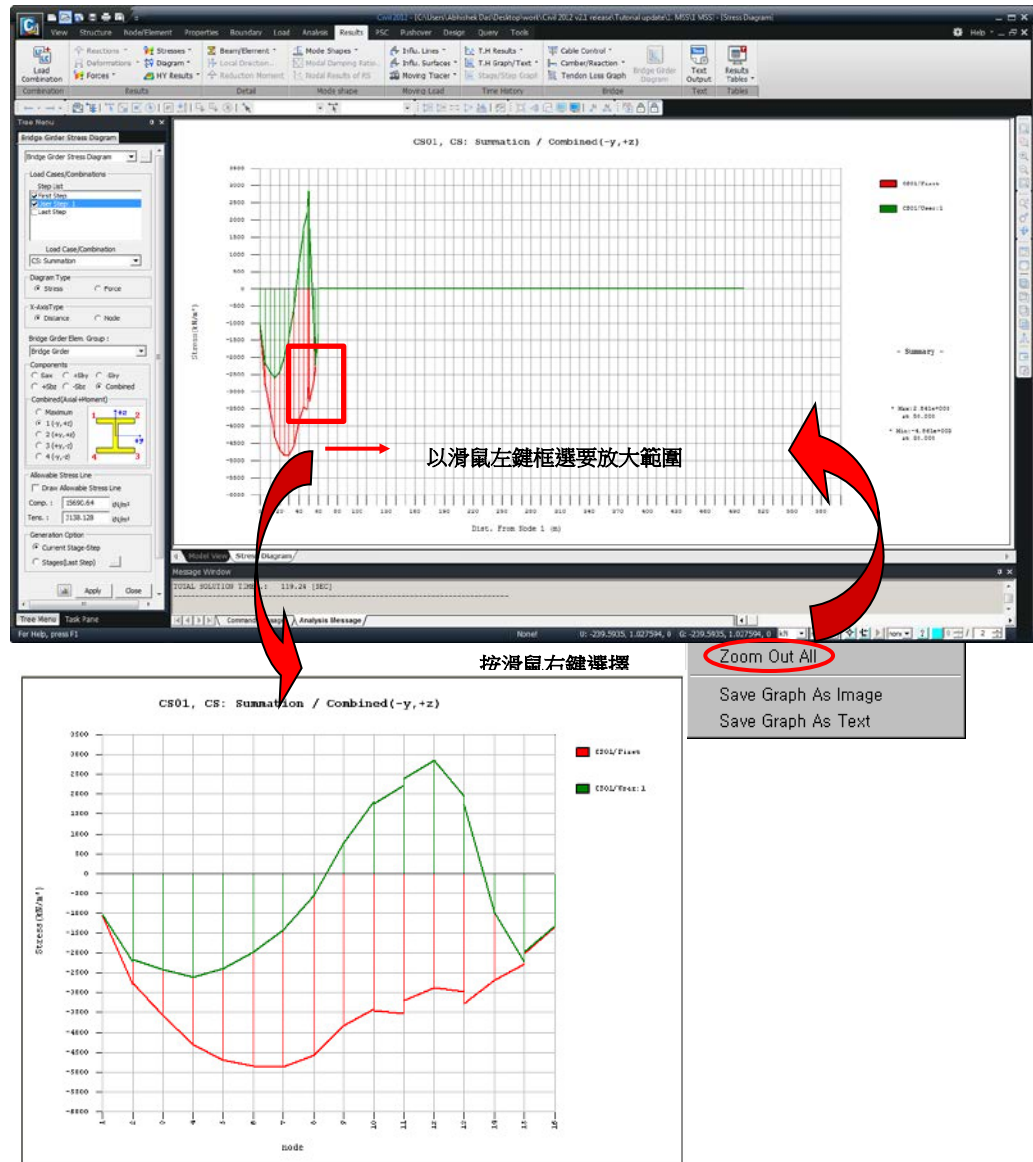


圖 37 放大檢視應力圖形

使用 **Stage/Step History Graph** 功能查看第二支承(單元11的 I 端)在各施工階段的應力變化圖形。

因為施工階段/步驟時程圖形只有在模型空間才能使用，所以需要轉換到模型空間。

Model View 回到模型空間

Results / Time History / **Stage/Step Graph** **Stage/Step History Graph**

Define Function > **Beam Force/Stress** **Add New Function**

Beam Force/Stress > Name (**Top**) ; Element No. (**12**) ; Stress Point > **I-Node**; Components > **Bend(+z)**

Combine Axial (on) ↓

Define Function > **Beam Force/Stress** **Add New Function**

Beam Force/Stress > Name (**Bot**) ; Element No. (**12**) ; Stress Point > **I-Node**; Components > **Bend(-z)**

Combine Axial (on) ↓

Mode > **Multi Func.** ; Step Option > **All Steps** ; X-Axis > **Stage/Step**

Check Function to Plot > **Top** (on) ; **Bot** (on)

Load Cases/Combinations > **Summation**

Graph Title > **Stress History** **Graph**

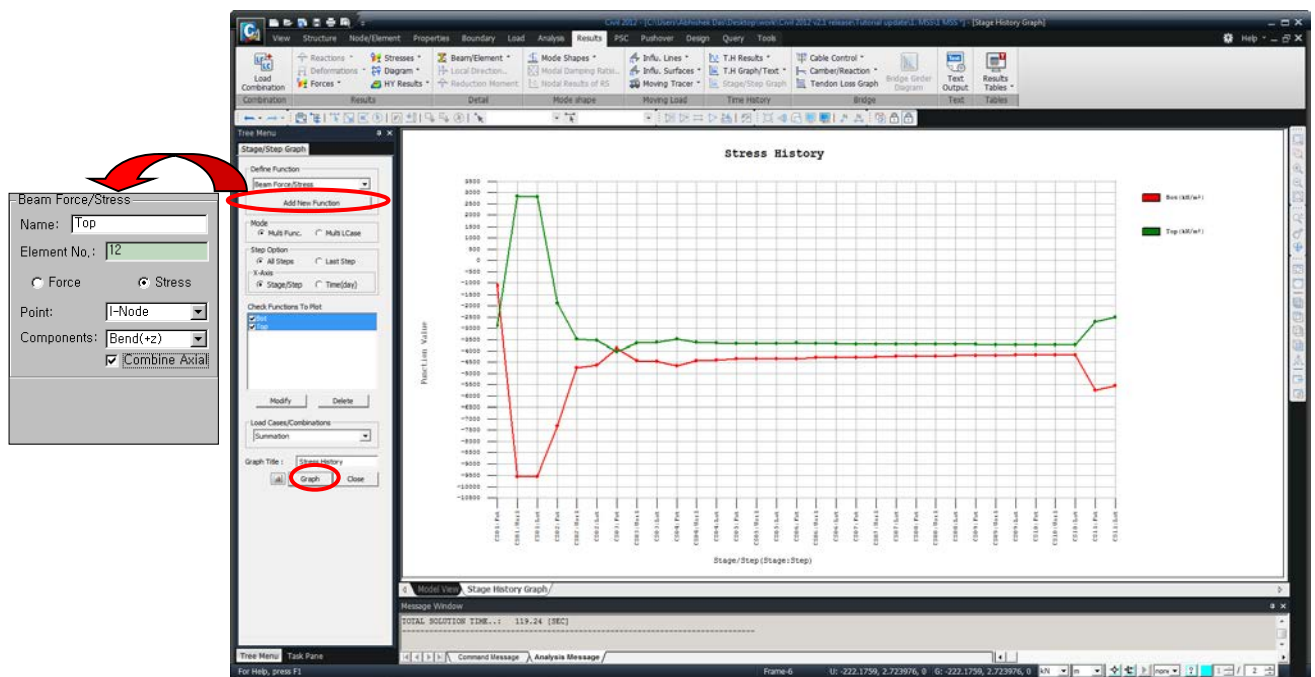


圖 38 各施工階段應力變化圖形

在 **Stage/Step History Graph** 上按滑鼠右鍵將開啟關聯功能表。使用關聯功能表中 **Save Graph As Text** 功能將各施工階段應力的變化儲存為文字檔形式。

Save Graph As Text 以文字檔形式儲存圖形資料

File Name > **StressHistory.txt** ↓

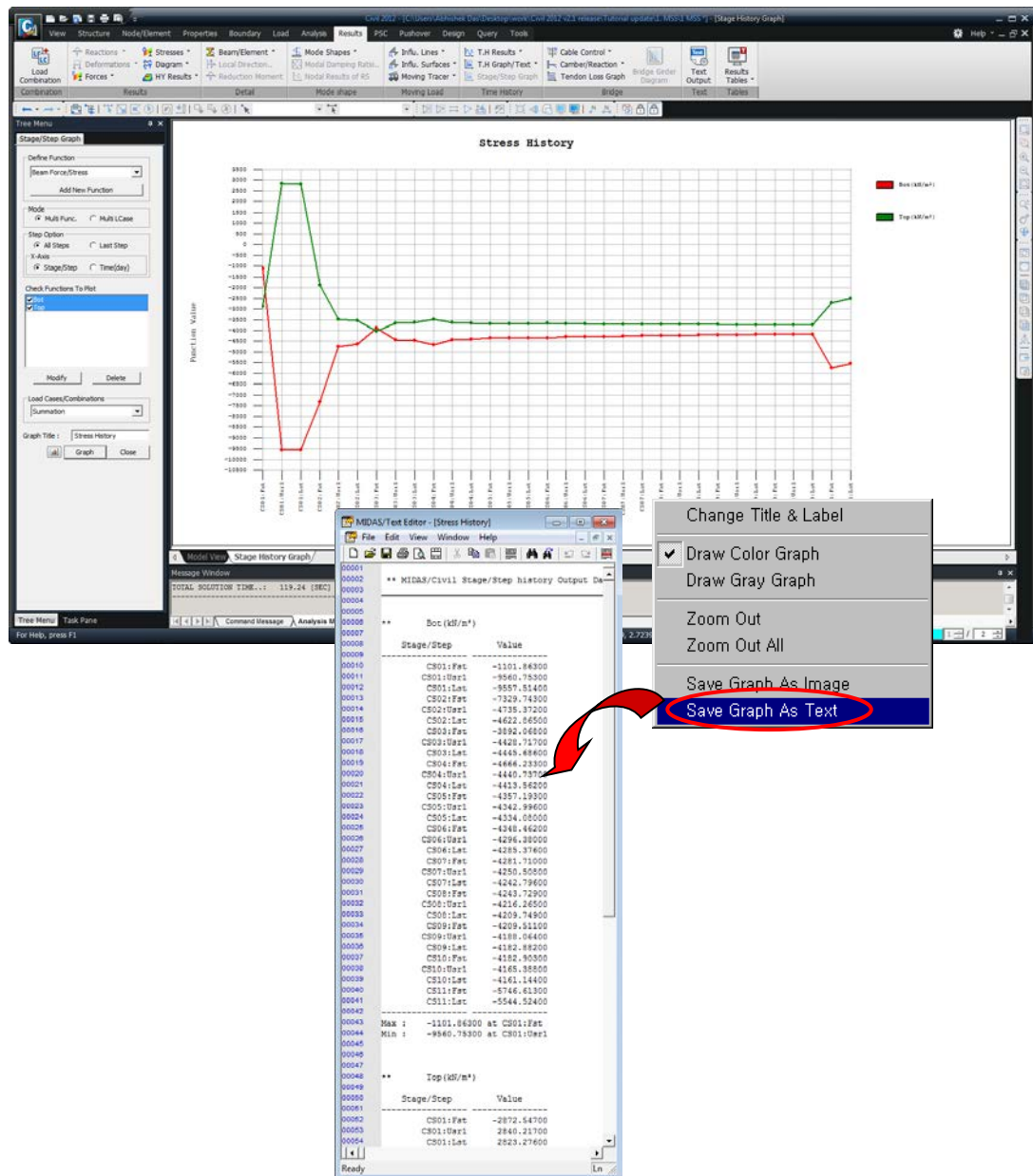


圖 39 以文字檔形式儲存各施工階段的應力

也可使用 **Dynamic Report Chart** 來儲存此圖表，可直接使用於動態報表產生器中，與分析結果同步更新，減少報告書替換圖檔的工作。



Dynamic Report Chart

Name (**Stress History**)

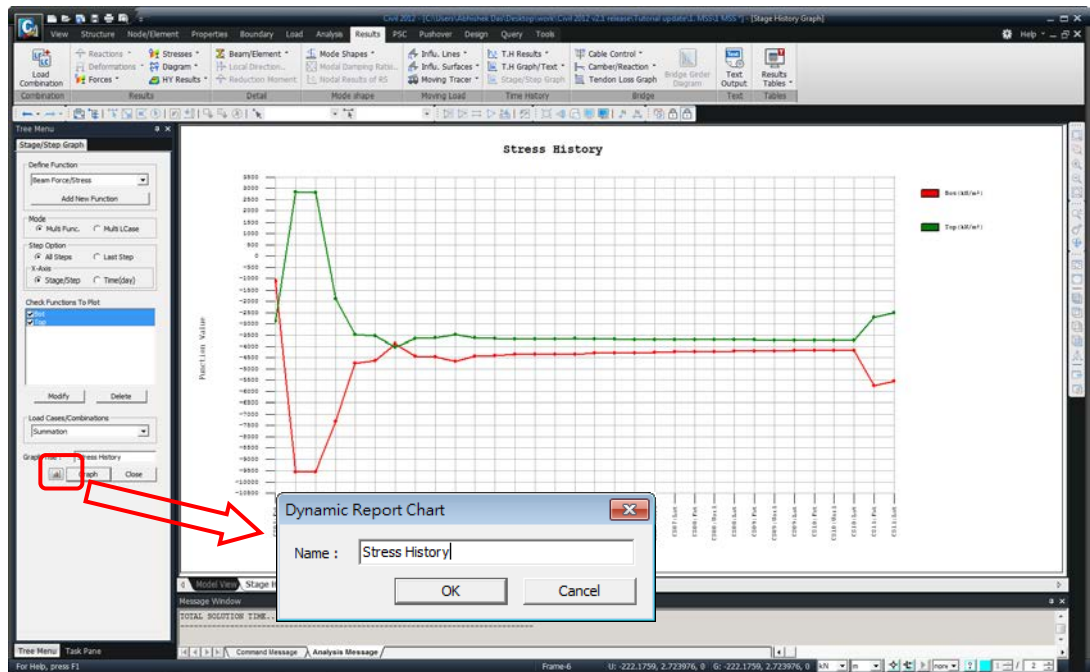


圖 40 儲存動態報表圖形

Tools > Dynamic Report Generator > New Document Civil開啟Word程式
Tree menu > Report > Charts 將**Stress History**拖曳至Word中

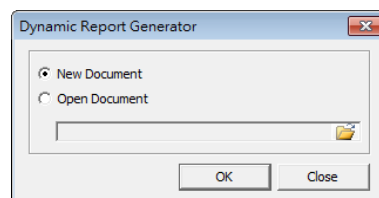


圖 41 使用Dynamic Report Generator開啟Word

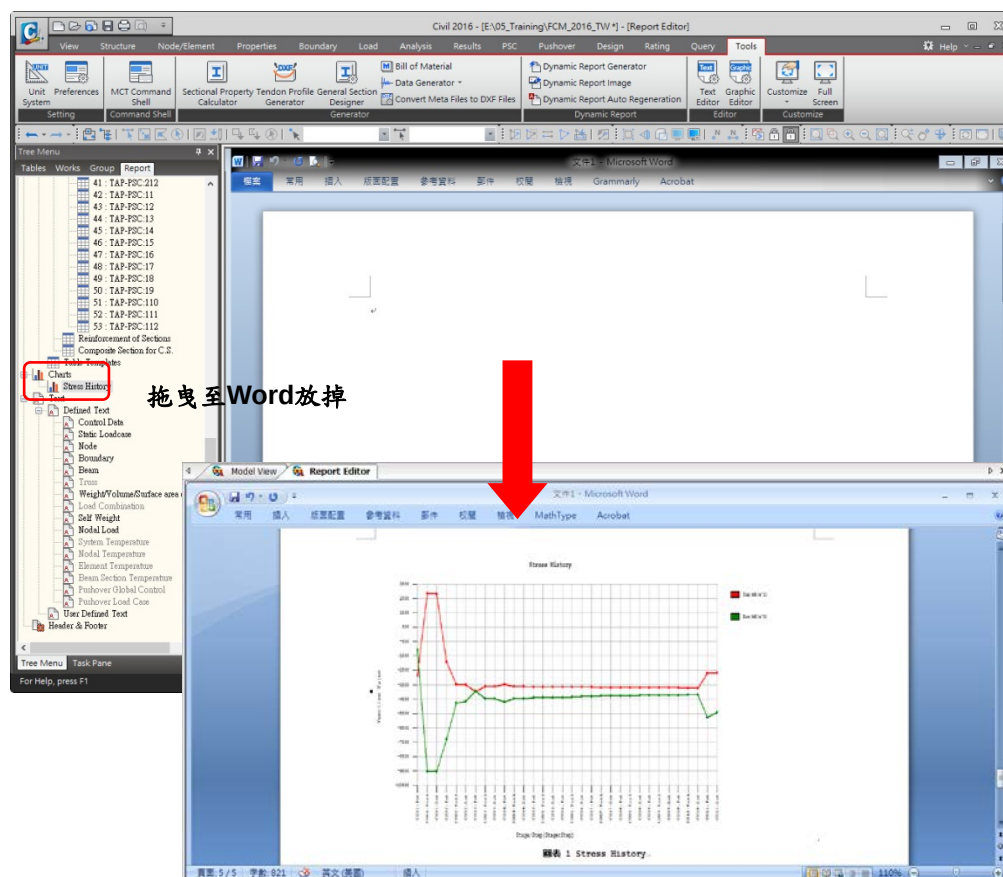


圖 42 將Dynamic Report Chart拖曳入Word中

使用 **Stage/Step History Graph** 功能查看第二支承(單元11的 I 端)在各施工階段的內力變化圖形。

Model View

Results / Time History /  **Stage/Step Graph** **Stage/Step History Graph**

Define Function > **Beam Force/Stress** 

Beam Force/Stress

Name (**Moment**) ; Element No. (**12**) ; Force

Point > **I-Node**; Components > **Moment-y** 

Mode > **Multi LCase**; Step Option > **Last Step** ; X-Axis > **Stage/Step**

Check Load Cases to Plot

Dead Load (開) ; **Tendon Primary** (開)

Tendon Secondary (開) ; **Creep Primary** (開)

Shrinkage Primary (開) ; **Creep Secondary** (開)

Shrinkage Secondary (開) ; **Summation** (開)

Defined Functions > **Moment**

Graph Title > **Moment** 

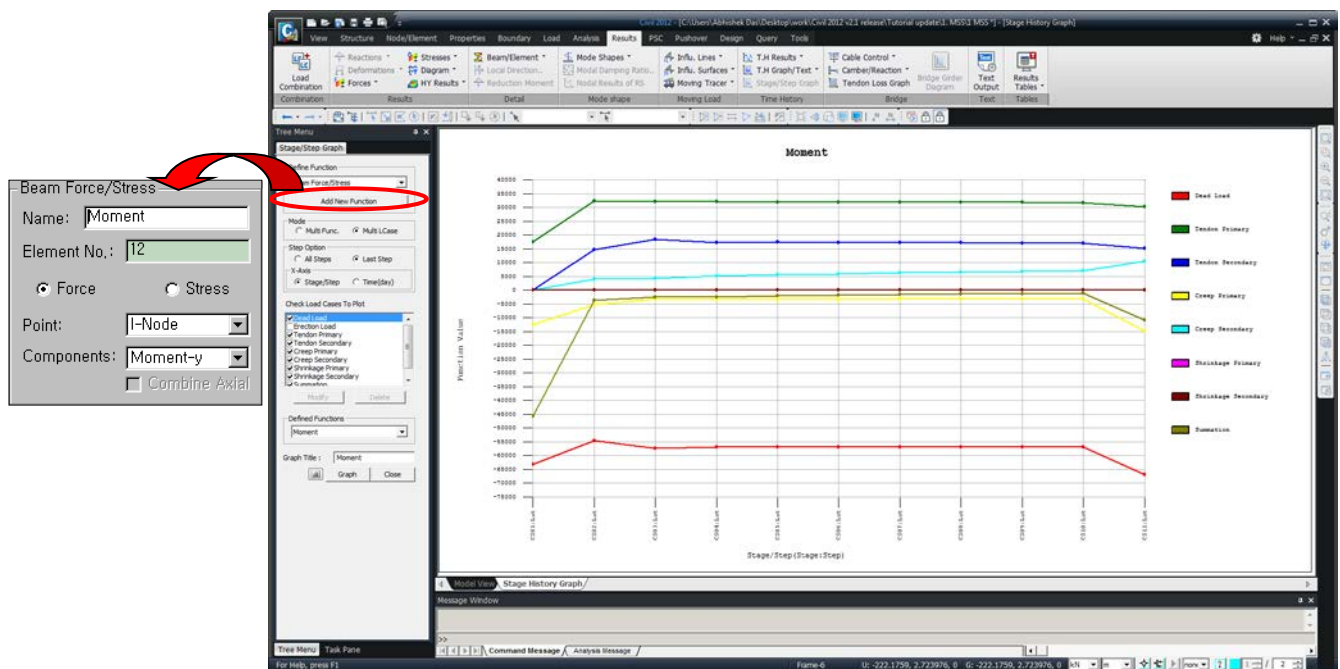
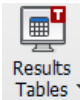


圖 43 各施工階段構件內力圖形

使用表格查看應力

使用表格查看施工階段分析時，可以利用 **Records Activation** 對話框按單元、載重、施工階段、單元上應力輸出位置等分類查看。使用表格查看柱墩頂部各施工階段應力的變化。

Results /



Results Table / Beam / Stress

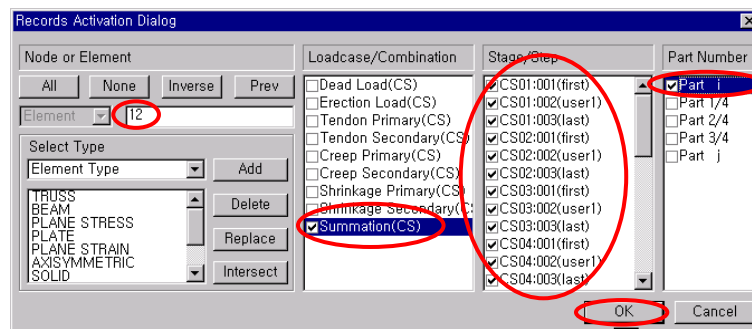
Node or Element > Element (12)

Loadcase/Combinations > Summation (CS) (開)

Stage/Step > CS01:001(first) ~ CS11:002(last) (開)

Part Number > Part i (開) ↓

按住Shift鍵
選擇 CS01和
CS11，則CS01
和CS16之間的
所有施工階段將
同時被選擇。



Item	Load	Stage	Step	Part	Axial (kN/m)	Shear-y (kN/m)	Shear-z (kN/m)	Bend(y) (kN/m)	Bend(x) (kN/m)	Bend(z) (kN/m)	Bend(y) (kN/m)	Bend(x) (kN/m)	Bend(z) (kN/m)	phi(max) (kN/m)	Cb1(-y-z) (kN/m)	Cb2(y-z) (kN/m)	Cb3(-y-z) (kN/m)	Cb4(-y-z) (kN/m)
12	Summation	CS01	001(first)	(12)	-3.16e+003	0.00e+000	-3.52e+002	7.25e+004	-3.25e+004	-7.14e+002	1.00e+003	-2.87e+003	-2.87e+003	-1.10e+003	-1.10e+003	-1.10e+003	-1.10e+003	-1.10e+003
12	Summation	CS01	002(user)	(12)	-2.10e+003	5.20e+007	-2.10e+003	4.10e+003	-4.10e+003	5.00e+003	-7.40e+003	-9.50e+003	2.84e+003	-9.50e+003	-9.50e+003	-9.50e+003	-9.50e+003	-9.50e+003
12	Summation	CS01	003(user)	(12)	-2.17e+003	6.71e+007	-2.10e+003	4.09e+003	-4.09e+003	4.99e+003	-7.39e+003	-9.50e+003	2.82e+003	-9.50e+003	-9.50e+003	-9.50e+003	-9.50e+003	-9.50e+003
12	Summation	CS02	001(first)	(12)	-1.11e+003	5.49e+001	-1.11e+003	-0.89e+000	6.89e+000	2.22e+002	-0.22e+003	-7.32e+003	-1.89e+003	-7.32e+003	-7.32e+003	-7.32e+003	-7.32e+003	-7.32e+003
12	Summation	CS02	002(user)	(12)	-4.64e+003	6.61e+001	-8.25e+002	-8.13e+000	8.13e+000	8.43e+002	-4.87e+003	-4.74e+003	-3.69e+003	-4.74e+003	-4.74e+003	-4.74e+003	-4.74e+003	-4.74e+003
12	Summation	CS02	003(user)	(12)	-4.63e+003	6.67e+001	-8.20e+002	-8.31e+000	8.31e+000	4.74e+002	-5.95e+003	-4.83e+003	-3.66e+003	-4.83e+003	-4.83e+003	-4.83e+003	-4.83e+003	-4.83e+003
12	Summation	CS03	001(first)	(12)	-4.62e+003	1.88e+001	-8.51e+002	-8.63e+000	8.63e+000	1.28e+001	1.35e+002	-4.63e+003	-4.61e+003	-4.63e+003	-4.63e+003	-4.63e+003	-4.63e+003	-4.63e+003
12	Summation	CS03	002(user)	(12)	-4.61e+003	1.73e+001	-8.45e+002	-8.60e+000	8.60e+000	3.68e+002	-4.17e+003	-4.63e+003	-3.66e+003	-4.63e+003	-4.63e+003	-4.63e+003	-4.63e+003	-4.63e+003
12	Summation	CS03	003(user)	(12)	-4.61e+003	1.75e+001	-8.45e+002	-8.11e+000	9.11e+000	3.70e+002	-4.36e+003	-4.45e+003	-3.65e+003	-4.45e+003	-4.45e+003	-4.45e+003	-4.45e+003	-4.45e+003
12	Summation	CS04	001(first)	(12)	-4.61e+003	9.14e+002	-9.83e+002	-9.03e+000	9.03e+000	5.14e+002	-4.55e+002	-4.87e+003	-3.49e+003	-3.51e+003	-4.67e+003	-4.67e+003	-4.67e+003	-4.67e+003
12	Summation	CS04	002(user)	(12)	-4.60e+003	1.21e+001	-9.81e+002	-9.56e+000	9.56e+000	3.72e+002	-4.36e+003	-4.44e+003	-3.65e+003	-4.44e+003	-4.44e+003	-4.44e+003	-4.44e+003	-4.44e+003
12	Summation	CS04	003(user)	(12)	-4.60e+003	1.25e+001	-9.80e+002	-9.60e+000	9.60e+000	3.56e+002	-4.14e+003	-4.42e+003	-3.63e+003	-4.42e+003	-4.42e+003	-4.42e+003	-4.42e+003	-4.42e+003
12	Summation	CS05	001(first)	(12)	-4.60e+003	1.34e+001	-9.61e+002	-9.62e+000	9.62e+000	3.10e+002	-3.58e+003	-4.36e+003	-3.67e+003	-4.36e+003	-4.36e+003	-4.36e+003	-4.36e+003	-4.36e+003
12	Summation	CS05	002(user)	(12)	-3.99e+003	1.41e+001	-9.50e+002	-9.97e+000	9.97e+000	3.15e+002	-3.51e+003	-4.35e+003	-3.67e+003	-4.35e+003	-4.35e+003	-4.35e+003	-4.35e+003	-4.35e+003
12	Summation	CS05	003(user)	(12)	-3.98e+003	1.44e+001	-9.39e+002	-1.01e+001	1.01e+001	3.10e+002	-3.44e+003	-4.34e+003	-3.67e+003	-4.34e+003	-4.34e+003	-4.34e+003	-4.34e+003	-4.34e+003
12	Summation	CS06	001(first)	(12)	-3.98e+003	1.42e+001	-9.81e+002	-1.01e+001	1.01e+001	3.20e+002	-3.58e+003	-4.35e+003	-3.68e+003	-4.35e+003	-4.35e+003	-4.35e+003	-4.35e+003	-4.35e+003
12	Summation	CS06	002(user)	(12)	-3.98e+003	1.52e+001	-9.80e+002	-1.04e+001	1.04e+001	2.88e+002	-3.12e+003	-4.35e+003	-3.68e+003	-4.35e+003	-4.35e+003	-4.35e+003	-4.35e+003	-4.35e+003
12	Summation	CS06	003(user)	(12)	-3.98e+003	1.55e+001	-9.80e+002	-1.04e+001	1.04e+001	2.82e+002	-3.02e+003	-4.29e+003	-3.69e+003	-4.29e+003	-4.29e+003	-4.29e+003	-4.29e+003	-4.29e+003
12	Summation	CS07	001(first)	(12)	-3.98e+003	1.55e+001	-9.80e+002	-1.04e+001	1.04e+001	2.81e+002	-3.00e+003	-4.29e+003	-3.69e+003	-4.29e+003	-4.29e+003	-4.29e+003	-4.29e+003	-4.29e+003
12	Summation	CS07	002(user)	(12)	-3.98e+003	1.64e+001	-9.61e+002	-1.07e+001	1.07e+001	2.64e+002	-2.73e+003	-4.26e+003	-3.70e+003	-4.26e+003	-4.26e+003	-4.26e+003	-4.26e+003	-4.26e+003
12	Summation	CS07	003(user)	(12)	-3.98e+003	1.69e+001	-9.61e+002	-1.09e+001	1.09e+001	2.60e+002	-2.67e+003	-4.25e+003	-3.70e+003	-4.25e+003	-4.25e+003	-4.25e+003	-4.25e+003	-4.25e+003
12	Summation	CS08	001(first)	(12)	-3.98e+003	1.69e+001	-9.61e+002	-1.09e+001	1.09e+001	2.61e+002	-2.69e+003	-4.25e+003	-3.70e+003	-4.25e+003	-4.25e+003	-4.25e+003	-4.25e+003	-4.25e+003
12	Summation	CS08	002(user)	(12)	-3.97e+003	1.73e+001	-9.62e+002	-1.10e+001	1.10e+001	2.48e+002	-2.45e+003	-4.22e+003	-3.71e+003	-4.22e+003	-4.22e+003	-4.22e+003	-4.22e+003	-4.22e+003
12	Summation	CS08	003(user)	(12)	-3.97e+003	1.75e+001	-9.62e+002	-1.10e+001	1.10e+001	2.42e+002	-2.40e+003	-4.21e+003	-3.72e+003	-4.21e+003	-4.21e+003	-4.21e+003	-4.21e+003	-4.21e+003
12	Summation	CS09	001(first)	(12)	-3.97e+003	1.75e+001	-9.62e+002	-1.10e+001	1.10e+001	2.42e+002	-2.40e+003	-4.21e+003	-3.72e+003	-4.21e+003	-4.21e+003	-4.21e+003	-4.21e+003	-4.21e+003
12	Summation	CS09	002(user)	(12)	-3.97e+003	1.82e+001	-9.62e+002	-1.12e+001	1.12e+001	2.31e+002	-2.25e+003	-4.19e+003	-3.72e+003	-4.19e+003	-4.19e+003	-4.19e+003	-4.19e+003	-4.19e+003
12	Summation	CS09	003(user)	(12)	-3.96e+003	1.84e+001	-9.62e+002	-1.12e+001	1.12e+001	2.20e+002	-2.19e+003	-4.19e+003	-3.72e+003	-4.19e+003	-4.19e+003	-4.19e+003	-4.19e+003	-4.19e+003
12	Summation	CS10	001(first)	(12)	-3.96e+003	1.84e+001	-9.62e+002	-1.13e+001	1.13e+001	2.28e+002	-2.19e+003	-4.19e+003	-3.72e+003	-4.19e+003	-4.19e+003	-4.19e+003	-4.19e+003	-4.19e+003
12	Summation	CS10	002(user)	(12)	-3.96e+003	1.90e+001	-9.63e+002	-1.14e+001	1.14e+001	2.18e+002	-2.05e+003	-4.17e+003	-3.73e+003	-4.17e+003	-4.17e+003	-4.17e+003	-4.17e+003	-4.17e+003
12	Summation	CS10	003(user)	(12)	-3.96e+003	1.91e+001	-9.63e+002	-1.14e+001	1.14e+001	2.17e+002	-2.02e+003	-4.17e+003	-3.73e+003	-4.17e+003	-4.17e+003	-4.17e+003	-4.17e+003	-4.17e+003
12	Summation	CS11	001(first)	(12)	-3.91e+003	1.92e+001	-1.19e+003	-1.19e+001	1.19e+001	1.29e+003	-1.77e+003	-3.75e+003	-2.71e+003	-2.74e+003	-3.75e+003	-3.75e+003	-3.75e+003	-3.75e+003
12	Summation	CS11	002(user)	(12)	-3.77e+003	1.83e+001	-1.21e+003	-2.83e+001	2.83e+001	1.22e+003	-1.77e+003	-4.56e+003	-2.59e+003	-2.55e+003	-4.56e+003	-4.56e+003	-4.56e+003	-4.56e+003
12	Summation	Min/Max	max	(12)	-2.13e+003	6.67e+001	-3.52e+002	4.10e+003	5.00e+003	9.96e+003	2.84e+003	2.84e+003	2.84e+003	2.84e+003	2.84e+003	2.84e+003	2.84e+003	2.84e+003
12	Summation	Min/Max	min	(12)	-4.11e+003	0.00e+000	-2.10e+003	-2.63e+001	-4.10e+003	-7.14e+002	-7.40e+003	-9.50e+003	-4.61e+003	-4.61e+003	-9.50e+003	-9.50e+003	-9.50e+003	-9.50e+003

圖 44 各施工階段應力表格

Result Tables的所有表格都可以建立**Dynamic Report Table**，可直接使用於動態報表產生器中，與分析結果同步更新，減少報告書替換報表的工作。

在表格中按滑鼠右鍵，選取**Dynamic Report Table**

Name > **Element12 Stress**

Components > **Elem(開) ; Load(開) ; Stage(開) ; Step(開) ; Part(開) ;**

Axial(開) ; Shear-y(開) ; Shear-z(開) ; Bend(+y)(開) ; Bend(-y)(開) ;

Bend(+z)(開) ; Bend(-z)(開) ; Cb(min/max)(開) ; Cb1(-y+z)(開) ;

Cb2(+y+z)(開) ; Cb3(+y-z)(開) ; Cb4(-y-z)(開)

Tree menu > Report > Tables > User Defined Tables

將 **Element12 Stress** 拖曳至Word中

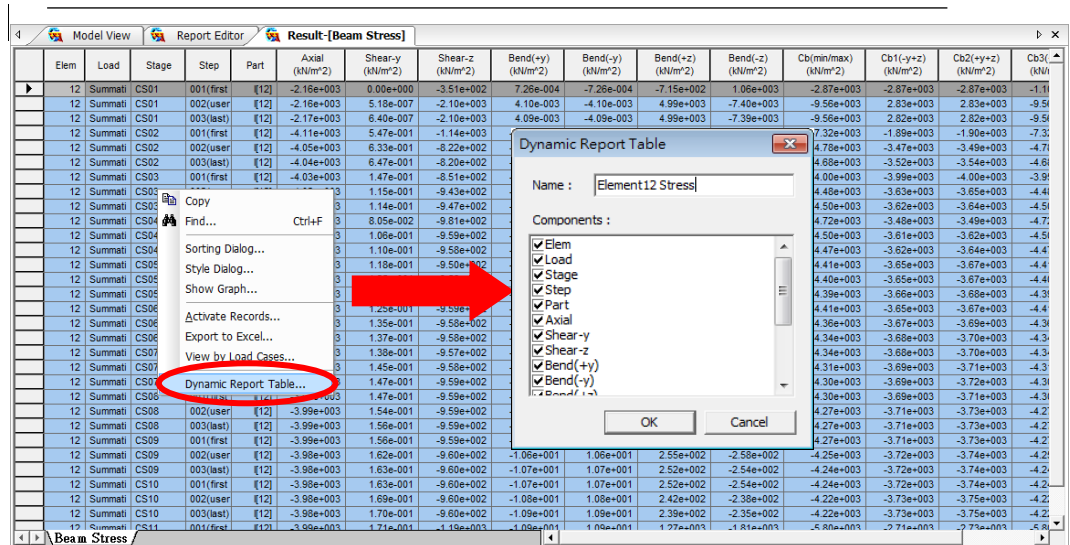


圖 45 選擇想要保留的資料項目

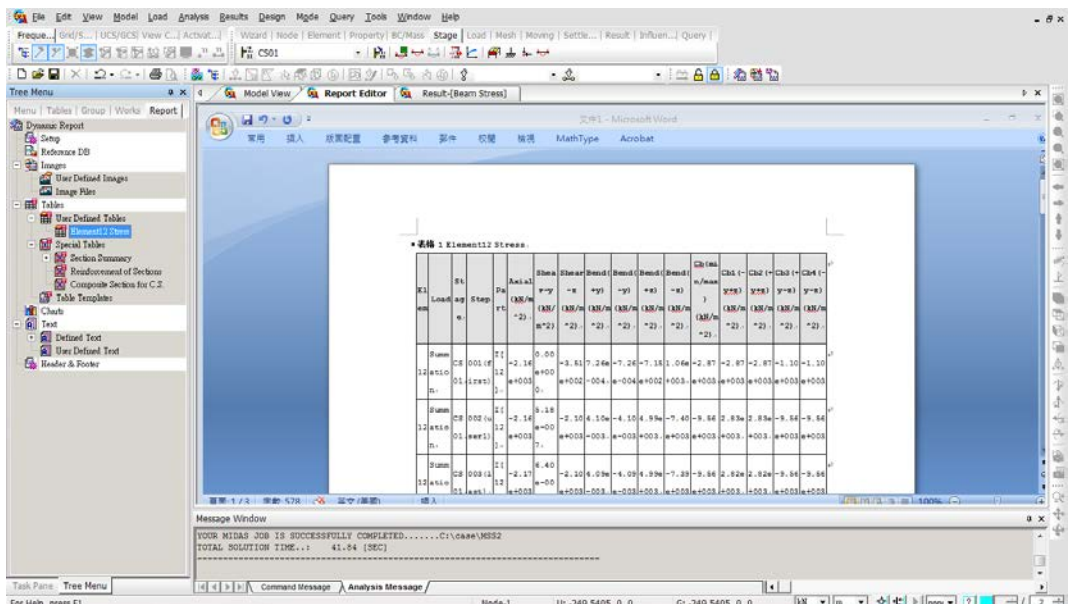


圖 46 將報表拖曳進動態報告書中

查看預應力的損失

查看各施工階段鋼腱在考慮預應力損失後的張力變化。因為 **Tendon Time-Dependent Loss Graph** **鋼腱隨時間預應力損失圖形** 對話框中只能查看在目前施工階段中存在的鋼腱，所以為了查看指定的鋼腱首先要轉換到含有該鋼腱的施工階段，然後選擇 **Tendon Time-Dependent Loss Graph** 指令。鋼腱在各施工階段張力的變化可以點擊  圖示用動畫查看。

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

Tendon > **Bot1**



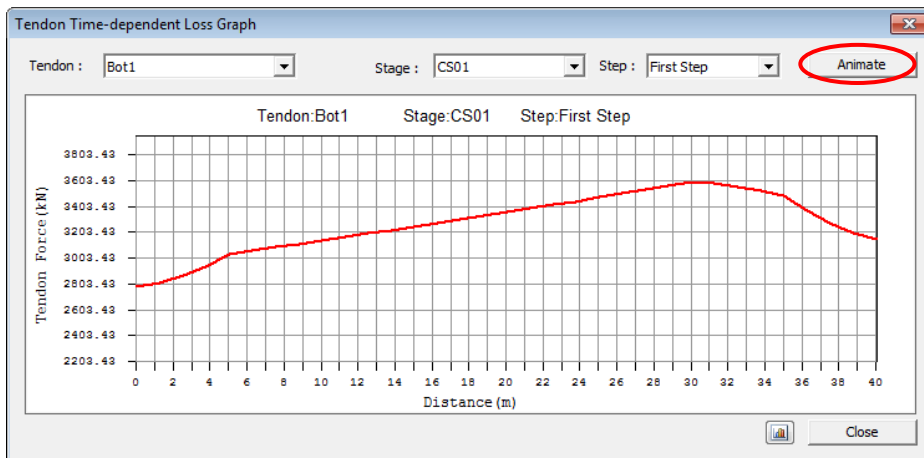


圖 47 預應力圖形

查看鋼腱座標

在midas Civil中可以用表格查看鋼腱單元四等分點的座標。

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

	Tendon Name	No	x (m)	y (m)	z (m)
	Bot2	20	23.7500	2.2360	0.0620
	Bot2	21	25.0000	2.2350	0.0620
	Bot2	22	26.2500	2.2360	0.0620
	Bot2	23	27.5000	2.2363	0.0620
	Bot2	24	28.7500	2.2360	0.0620
	Bot2	25	30.0000	2.2350	0.0620
	Bot2	26	31.2500	2.2360	0.0620
	Bot2	27	32.5000	2.2363	0.0620
	Bot2	28	33.7500	2.2360	0.0620
	Bot2	29	35.0000	2.2350	0.0620
	Bot2	30	36.2500	2.2360	0.1146
	Bot2	31	37.5000	2.2363	0.2540
	Bot2	32	38.7500	2.2360	0.4520
	Bot2	33	40.0000	2.2350	0.6796
	CS01a01_I	0	-249.5405	0.0000	0.0000
	CS01a01_I	1	0.0000	2.9485	0.9750
	CS01a01_I	2	1.2500	2.9287	0.9106
	CS01a01_I	3	2.5000	2.9091	0.8464
	CS01a01_I	4	3.7500	2.8897	0.7829
	CS01a01_I	5	5.0000	2.8705	0.7203
	CS01a01_I	6	6.2500	2.8517	0.6590
	CS01a01_I	7	7.5000	2.8334	0.5992
	CS01a01_I	8	8.7500	2.8157	0.5414
	CS01a01_I	9	10.0000	2.7988	0.4859
	CS01a01_I	10	11.2500	2.7827	0.4334
	CS01a01_I	11	12.5000	2.7676	0.3841
	CS01a01_I	12	13.7500	2.7537	0.3388
	CS01a01_I	13	15.0000	2.7412	0.2980
	CS01a01_I	14	16.2500	2.7304	0.2627
	CS01a01_I	15	17.5000	2.7216	0.2337
	CS01a01_I	16	18.7500	2.7150	0.2123
	CS01a01_I	17	20.0000	2.7112	0.2000
	CS01a01_I	18	21.2500	2.7107	0.1984
	CS01a01_I	19	22.5000	2.7137	0.2081
	CS01a01_I	20	23.7500	2.7203	0.2295
	CS01a01_I	21	25.0000	2.7304	0.2627

圖 48 鋼腱座標表格

查看鋼腱伸長量

使用表格查看鋼腱的伸長量。

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

	Tendon Name	Stage	Step	Tendon Elongation		Element Elongation		Summation	
				Begin (m)	End (m)	Begin (m)	End (m)	Begin (m)	End (m)
▶	Bot1	CS01	001(first	0.0000	0.2214	0.0000	0.0006	0.0000	0.2220
	Bot2	CS01	001(first	0.0000	0.2217	0.0000	0.0006	0.0000	0.2223
	CS01a01_l	CS01	001(first	0.0000	0.2809	0.0000	0.0007	0.0000	0.2816
	CS01a01_r	CS01	001(first	0.0000	0.2809	0.0000	0.0007	0.0000	0.2816
	CS01a02_l	CS01	001(first	0.0000	0.2869	0.0000	0.0007	0.0000	0.2876
	CS01a02_r	CS01	001(first	0.0000	0.2869	0.0000	0.0007	0.0000	0.2876
	CS01a03_l	CS01	001(first	0.0000	0.2916	0.0000	0.0007	0.0000	0.2923
	CS01a03_r	CS01	001(first	0.0000	0.2916	0.0000	0.0007	0.0000	0.2923
	CS01b01_l	CS02	001(first	0.0000	0.2828	0.0000	0.0006	0.0000	0.2835
	CS01b01_r	CS02	001(first	0.0000	0.2828	0.0000	0.0006	0.0000	0.2835
	CS01b02_l	CS02	001(first	0.0000	0.2899	0.0000	0.0006	0.0000	0.2905
	CS01b02_r	CS02	001(first	0.0000	0.2899	0.0000	0.0006	0.0000	0.2905
	CS01b03_l	CS02	001(first	0.0000	0.2959	0.0000	0.0006	0.0000	0.2965
	CS01b03_r	CS02	001(first	0.0000	0.2959	0.0000	0.0006	0.0000	0.2965
	CS02a01_l	CS03	001(first	0.0000	0.2482	0.0000	0.0005	0.0000	0.2487
	CS02a01_r	CS03	001(first	0.0000	0.2482	0.0000	0.0005	0.0000	0.2487
	CS02a02_l	CS03	001(first	0.0000	0.2548	0.0000	0.0005	0.0000	0.2553
	CS02a02_r	CS03	001(first	0.0000	0.2548	0.0000	0.0005	0.0000	0.2553
	CS02a03_l	CS03	001(first	0.0000	0.2608	0.0000	0.0005	0.0000	0.2614
	CS02a03_r	CS03	001(first	0.0000	0.2608	0.0000	0.0005	0.0000	0.2614
	CS02b01_l	CS02	001(first	0.0000	0.2319	0.0000	0.0006	0.0000	0.2324
	CS02b01_r	CS02	001(first	0.0000	0.2319	0.0000	0.0006	0.0000	0.2324
	CS02b02_l	CS02	001(first	0.0000	0.2400	0.0000	0.0006	0.0000	0.2406
	CS02b02_r	CS02	001(first	0.0000	0.2400	0.0000	0.0006	0.0000	0.2406
	CS02b03_l	CS02	001(first	0.0000	0.2479	0.0000	0.0006	0.0000	0.2485
	CS02b03_r	CS02	001(first	0.0000	0.2479	0.0000	0.0006	0.0000	0.2485
	CS03a01_l	CS04	001(first	0.0000	0.2482	0.0000	0.0005	0.0000	0.2487
	CS03a01_r	CS04	001(first	0.0000	0.2482	0.0000	0.0005	0.0000	0.2487
	CS03a02_l	CS04	001(first	0.0000	0.2548	0.0000	0.0005	0.0000	0.2553
	CS03a02_r	CS04	001(first	0.0000	0.2548	0.0000	0.0005	0.0000	0.2553
	CS03a03_l	CS04	001(first	0.0000	0.2608	0.0000	0.0005	0.0000	0.2614
	CS03a03_r	CS04	001(first	0.0000	0.2608	0.0000	0.0005	0.0000	0.2614
	CS03b01_l	CS03	001(first	0.0000	0.2319	0.0000	0.0006	0.0000	0.2324
	CS03b01_r	CS03	001(first	0.0000	0.2319	0.0000	0.0006	0.0000	0.2324
◀ ▶	Tendon Elongation /								
1 Model View / Tendon Coordinates / Tendon Elongation /									

圖 49 鋼腱伸長量表

查看載重組合作用下的內力

當預應力箱型橋梁竣工之後，應該使用活載重、溫度載重、支承沉陷以及靜載重組合下的設計載重，對竣工後的橋梁做承載能力極限狀態驗算。非**施工階段載重**的結構分析，將在**最終施工階段(Final Stage)**進行，並可與施工階段載重的分析結果組合。本例因沒有輸入非施工階段載重，所以只定義施工階段載重的載重組合並查看其內力。首先定義載重組合。

🔊 定義和刪除載重組合只能在基本階段和最終階段進行，所以轉換到最終階段。

Stage > **PostCS 最終階段** 🔊

Results / **Combinations**

Name > **Dead** ; Active > **Active** ; Type > **Add**

Load Case > **Dead Load (CS)** ; Factor **(1.3)**

Load Case > **Tendon Secondary (CS)** ; Factor **(1.0)**

Load Case > **Creep Secondary (CS)** ; Factor **(1.3)**

Load Case > **Shrinkage Secondary (CS)** ; Factor **(1.3)**

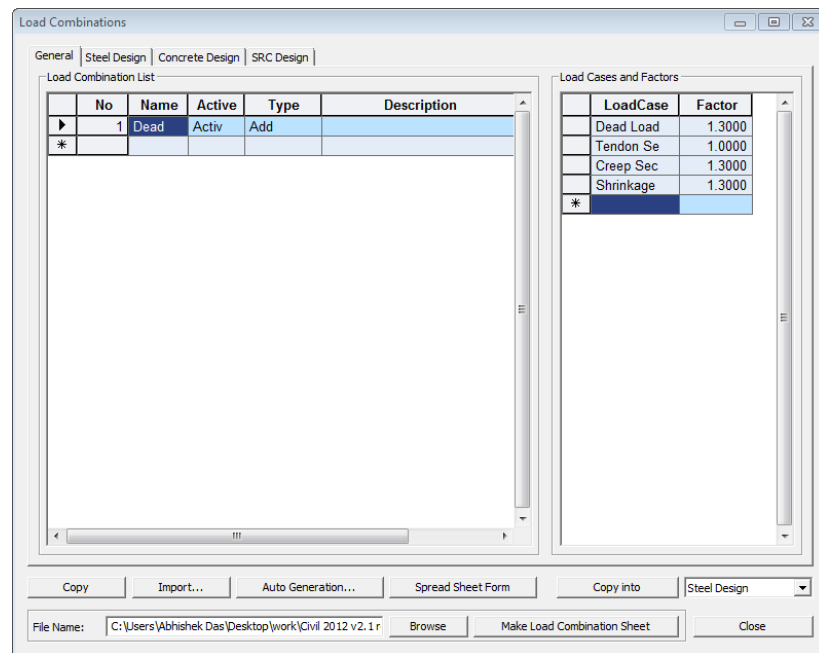


圖 50 定義載重組合

查看因數化載重組合的彎矩。

Model View

Results / Forces /  Beam Diagrams...

 **Front View**

Load Cases/Combinations > **CB: Dead**

Components > **My**

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

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

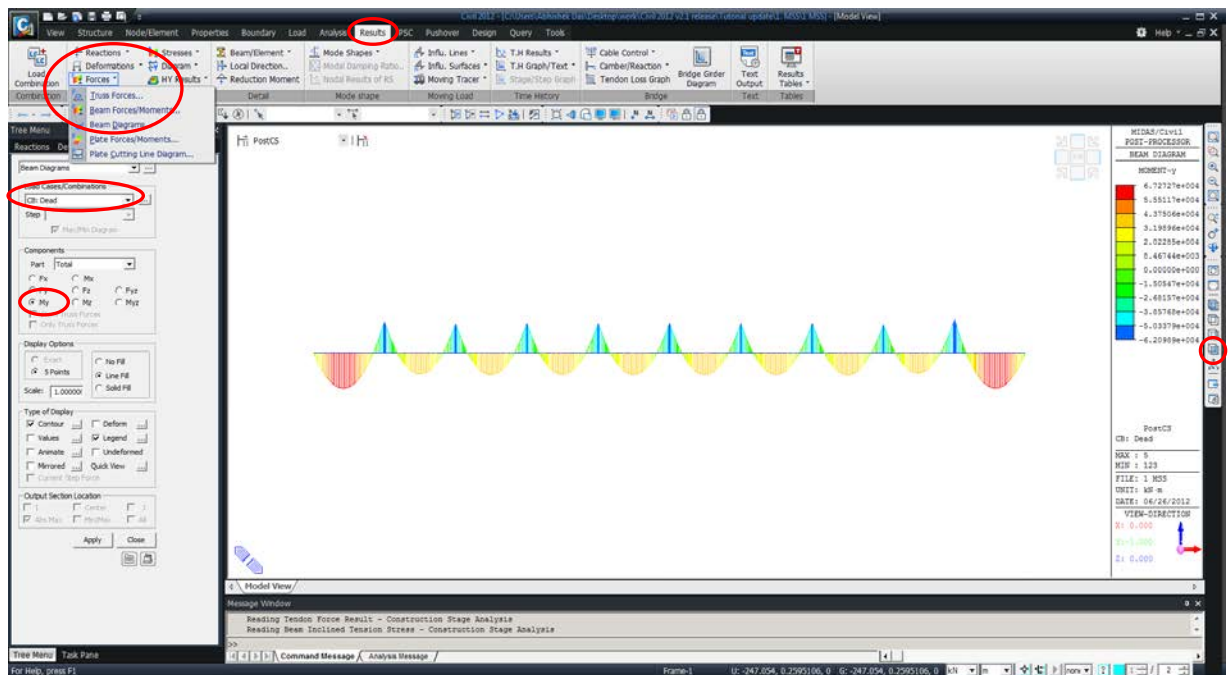


圖 51 彎矩圖