

<b>第一章Midas/Civil建模的一般过程.....</b>	<b>1</b>
第一节建立模型.....	1
§ 1-1设定操作环境.....	1
§ 1-2确定结构类型.....	3
§ 1-3定义材料.....	3
§ 1-4定义截面.....	4
§ 1-5输入节点和单元.....	5
§ 1-6输入边界条件.....	8
§ 1-7输入荷载.....	9
§ 1-8运行结构分析.....	11
第二节结果查看.....	11
§ 2-1查看反力.....	11
§ 2-2查看变形和位移.....	11
§ 2-3查看内力.....	12
§ 2-4查看应力.....	13
§ 2-5梁单元细部分析 (BeamDetailAnalysis) .....	14
§ 2-6表格查看结果.....	16
<b>第二章预应力混凝土梁的施工阶段分析.....</b>	<b>18</b>
第一节概要.....	18
§ 1.1桥梁概况及一般截面.....	18
§ 1.2预应力混凝土梁的分析步骤.....	19
§ 1.3使用的材料及其容许应力.....	20
§ 1.4荷载.....	21
第二节设置操作环境.....	22
第三节定义材料和截面.....	22
第四节建立结构模型.....	26
§ 4.1利用建立节点和扩展单元的功能来建立单元.....	26
§ 4.2定义结构组、边界条件组和荷载组.....	26
§ 4.3输入边界条件.....	28
第五节输入荷载.....	29
§ 5.1建立静力荷载工况.....	29

§ 5.2输入恒荷载.....	30
§ 5.3输入钢束特性值.....	30
§ 5.4输入钢束形状.....	31
§ 5.5输入钢束预应力荷载.....	34
第六节定义施工阶段.....	35
第七节输入移动荷载数据.....	40
§ 7.2定义车道.....	40
§ 7.2输入车辆荷载.....	41
§ 7.2输入移动荷载工况.....	42
第八节查看分析结果.....	44
§ 8.1利用图形查看应力和构件内力.....	44
§ 8.2定义荷载组合.....	48
§ 8.3利用荷载组合查看应力.....	49
§ 8.4查看钢束的分析结果.....	52
§ 8.5查看荷载组合条件下的内力.....	55

## 第一章 Midas/Civil建模的一般过程

本章通过对简支梁的建模分析，介绍MIDAS/Civil的基本使用方法和一些基本功能。包含的主要内容如下：

- ① MIDAS/Civil的构成及运行模式
- ② 视图(View Point)和选择(Select) 功能
- ③ 关于进行结构分析和查看结果的一些基本知识(GCS, UCS, ECS等)
- ④ 建模和分析步骤(输入材料和截面特性、建模、输入边界条件、输入荷载、结构分析、查看结果)

### 第一节 建立模型

#### § 1-1 设定操作环境

一、建立新项目( 新项目)，命名项目名称，保存( 保存)。

二、定义单位体系：kN(力)，m(长度)，其方法如下：

工具>单位体系

长度 选择‘m’， 力(Mass) 选择‘kN’

点击 

也可使用窗口下端的  
状态条来转换单  
位体系。

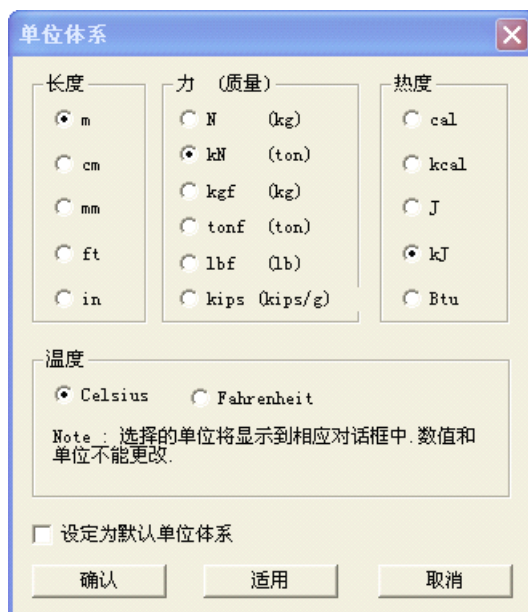


图1. 单位体系编辑窗口

三、工具条定制：本例题主要使用工具条图标菜单。

在主菜单选择工具>用户制定>工具条

在工具条选择栏勾选相应的工具条

点击 

也可以把鼠标移动到任一工具条位置，单击鼠标右键，在右键菜单中完成工具条的定制。

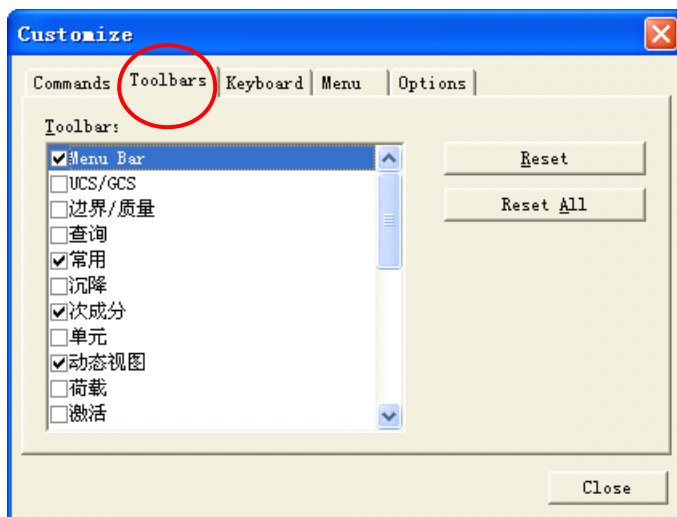


图2. 工具条定制窗口

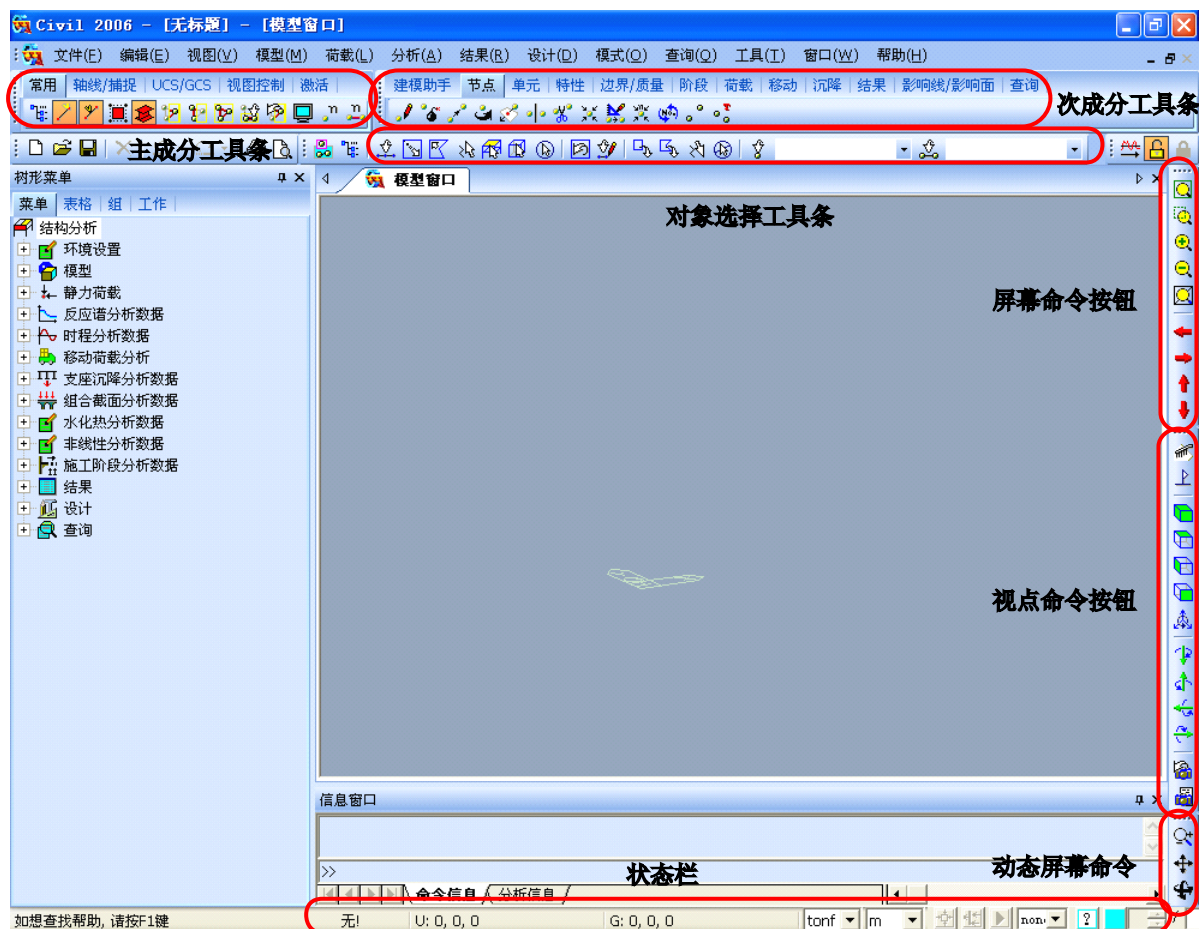


图3. 默认操作界面组成

主成分工具条与次成分工具条都集成了许多常用的工具按钮，根据须要可很快地实现切换。

### § 1-2 确定结构类型

Midas/Civil是为分析三维空间结构而开发的，而在以前的力学课中采用的都是把空间结构简化为平面结构来计算的，故对于二维平面内的结构需约束不需要的自由度。对此可通过选择结构类型简单地处理。本例题的模型处于整体坐标系(Global Coordinate System, GCS)的X-Z平面，故可将结构指定为二维结构(X-Z Plane)。X方向表示为杆系单元的长度方向，Z方向为竖直方向。

模型>结构类型

选择“X-Z平面”。

点击 




图4. 确定结构类型

### § 1-3 定义材料

使用CIVIL数据库中内含的材料Q235来定义材料。

点击  材料 （次成分工具条->特性）

点击 

确认一般的材料号为‘1’（参考图5）

在类型 栏中选择‘钢材’

在钢材的规范栏中选择‘GB03(S)’

在数据库中选择‘Q235’

点击 

也可不使用图标菜单而使用关联菜单的材料和截面特性>材料来输入。关联菜单可通过在模型窗口点击鼠标右键调出。

**材料数据**

一般  
材料号: 1 名称: Q235

弹性数据  
设计类型: 钢材  


材料类型  
☒ 各向同性 ☐ 各向异性

钢材  
规范: GB03 (S)  
数据库: Q235

混凝土  
规范:   
数据库:

钢材  
弹性模量: 2.0600e+008 kN/m<sup>2</sup>  
泊松比: 0.3  
线膨胀系数: 1.2000e-005 1/[C]  
容重: 76.98 kN/m<sup>3</sup>  
☐ 使用质量密度: 7.85 kN/m<sup>3</sup>/g

混凝土  
弹性模量: 0.0000e+000 kN/m<sup>2</sup>  
泊松比: 0  
线膨胀系数: 0.0000e+000 1/[C]  
容重: 0 kN/m<sup>3</sup>  
☐ 使用质量密度: 0 kN/m<sup>3</sup>/g

塑性数据  
塑性材料名称: NONE

热特性值  
比热: 0 kJ\*g/kN\*[C]  
热传导率: 0 kJ/m\*hr\*[C]


确认 取消 适用 (A)

使用内含的数据库时，不需另行指定材料的名称，数据库中的名称会被自动输入。

材料类型中包括钢材、混凝土、组合材料(SRC)、用户定义等4种类型，包含的规范有GB, ASTM, JIS, DIN, BS, EN, KS等。

图5. 输入材料数据

#### § 1-4 定义截面

点击 特性值/  截面 (次成分工具条->特性)

点击 添加 (A)...

在类型栏中选择: 数据库/用户

截面编号: 1

截面形状: 工字形截面

在数据库中选择: GB-YB

截面: HM 594x302x14/23

点击 确认

截面数据

数据库/用户 | 数值 | 组合截面 | 型钢组合 | PSC | 变截面 | 联合截面

截面号: 1

名称: HM 594x302x14/23

截面: HM 594x302x14/23

从单角钢数据库中读取数据

数据库名称: GB-YB

截面名称:

H	0.594	m
B1	0.302	m
tw	0.014	m
tf1	0.023	m
B2	0	m
tf2	0	m
r1	0.028	m
r2	0	m

☒ 考虑剪切变形

偏心: 中心

修改偏心...

显示截面特性值... 确认 取消 适用(A)

图6. 输入截面数据

### § 1-5 输入节点和单元

先简单介绍一下鼠标编辑功能。



在建立、复制节点和单元或者输入荷载等建模过程中，需输入坐标、距离、节点或单元的编号等数据，此时可使用鼠标点击输入的方式来代替传统的键盘输入方式。用鼠标点击一下输入栏，其变为草绿色时，即可使用鼠标编辑功能。


为使用鼠标编辑功能需将捕捉功能激活，根据需要也可定义用户坐标系（User-defined Coordinate System, UCS）。

点栅格是为了方便建模而在UCS的x-y平面内显示的虚拟参照点。激活点栅格捕捉功能，鼠标就会捕捉距离其最近的参照点。

## 一、建立节点

 正面,  点格 (开),  捕捉点 (开)

 捕捉节点 (开),  捕捉单元 (开)

模型 / 用户坐标系 /  X-Z平面

坐标 > 原点 ( 0, 0, 0 )

旋转角度 > 角度 ( 0 )

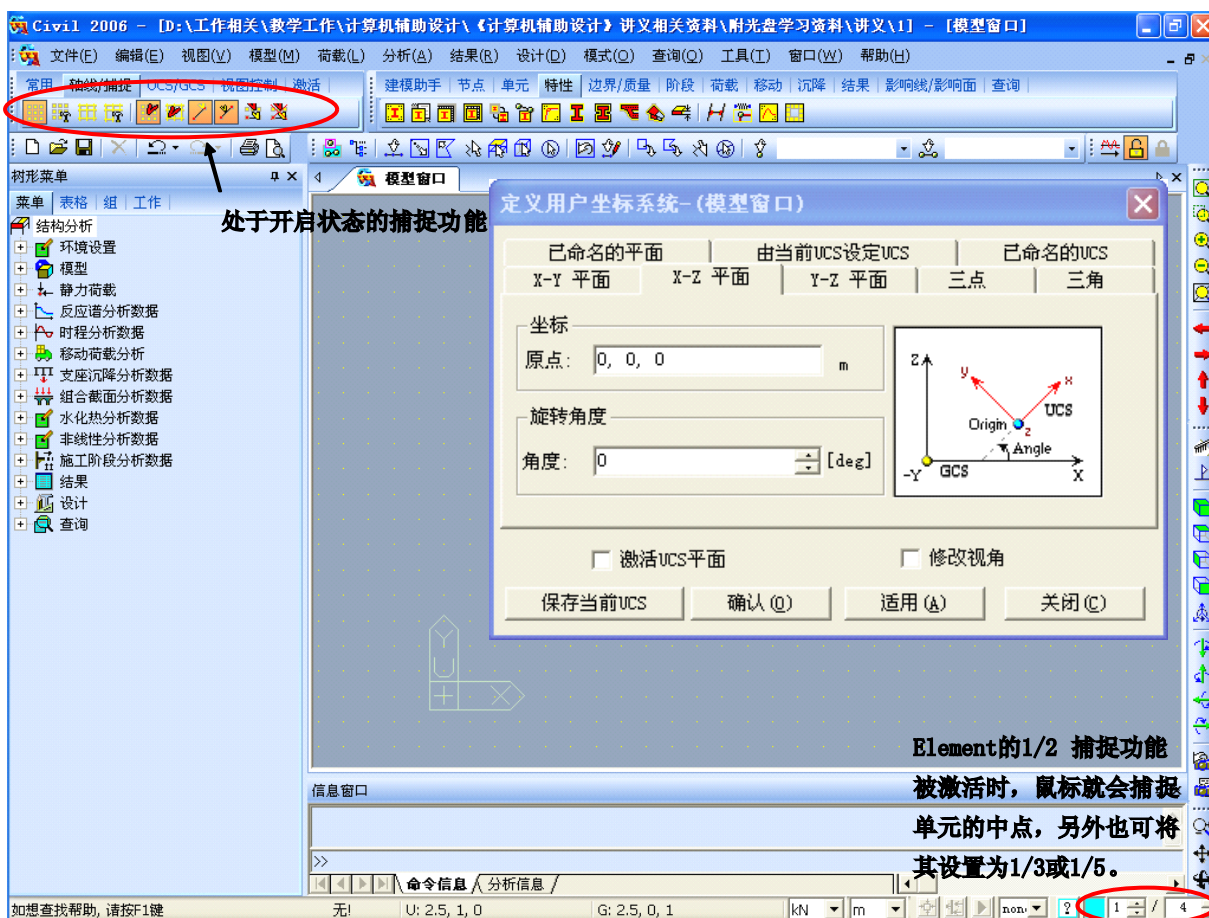




图7. 各种被激活的捕捉功能图标以及UCS

本例采用先建立节点后再利用这些节点建立单元的方法来建模。

 节点号 (开),  单元号 (开)

模型 / 节点 /  建立节点

坐标 ( 0, 0, 0 )



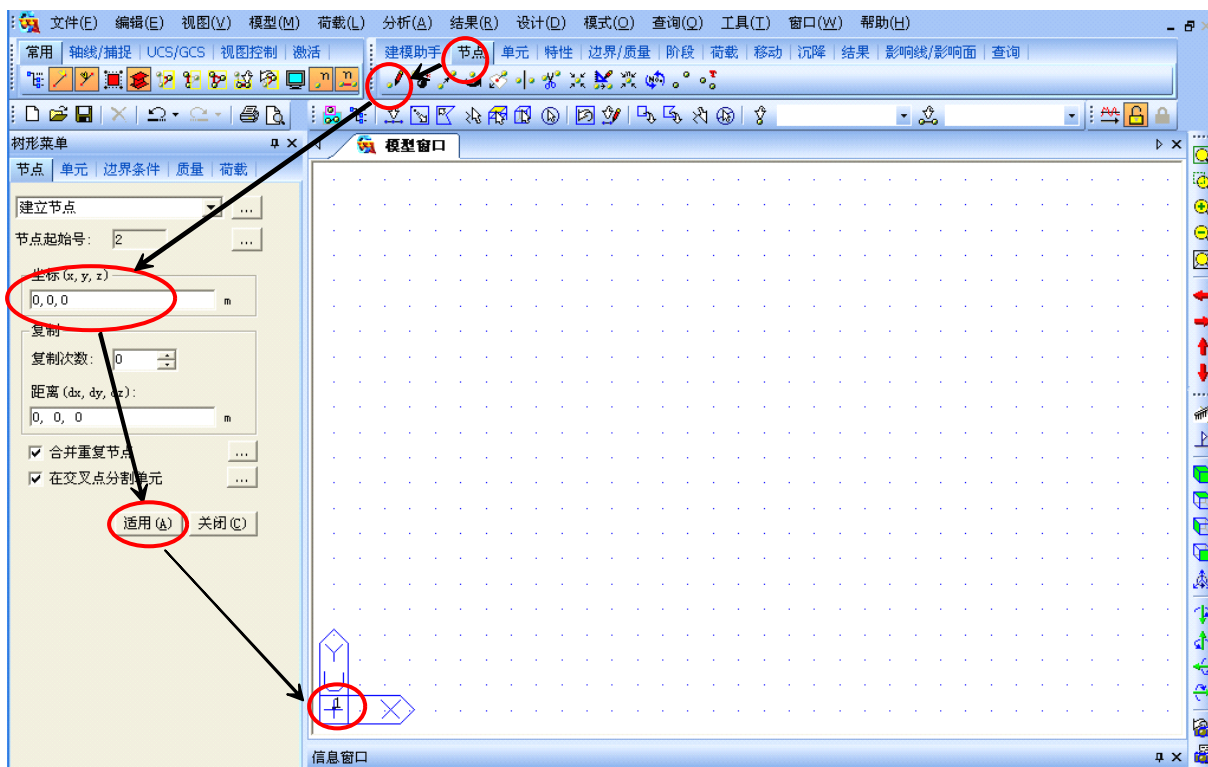


图8. 在原点(0, 0, 0)建立节点

将建立的节点复制到梁单元的各节点位置。(将12m长的梁单元分割成6等分)

节点 / 移动和复制

单选 (节点 : 1)

移动和复制 > 等间距

dx, dy, dz ( 2, 0, 0 ) ; 复制次数 ( 6 )

输入dx, dy, dz等两节点  
间距离时可使用鼠标编  
辑功能通过连续点击相  
应节点来方便地输入。

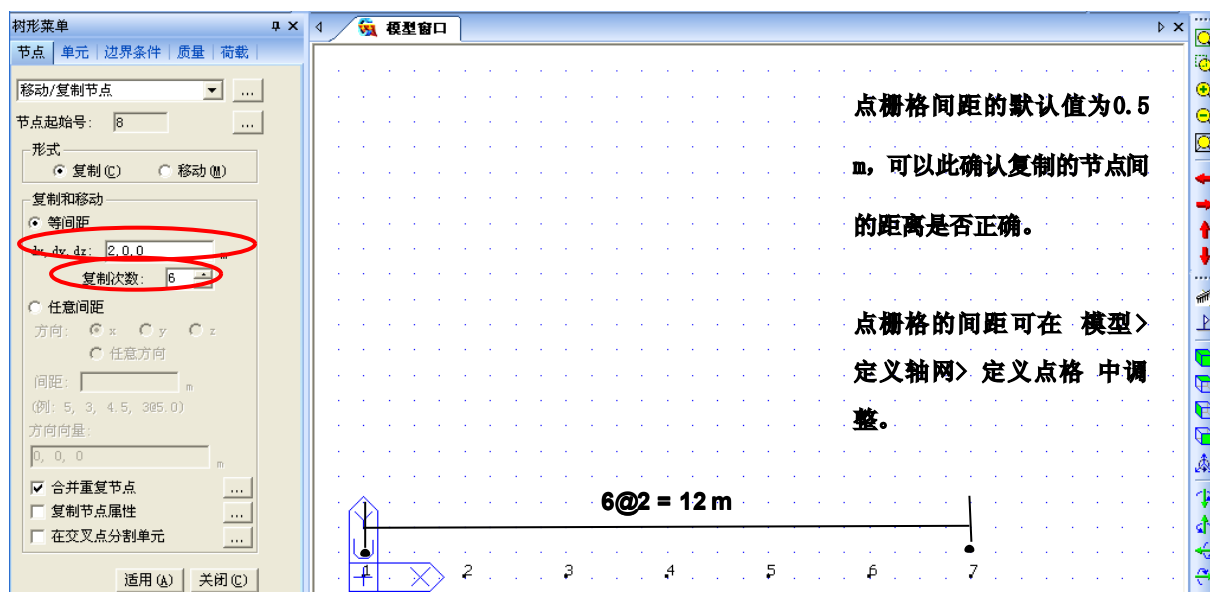


图 9. 复制节点

## 二、建立单元

在“捕捉点”被激活的状态下利用“建立单元”功能输入梁单元。

勾选“交叉分割”选项，则即使直接连接单元的起点(节点1)和终点(节点7)，在各节点处还是会自动分割而生成6个单元。

单元/  建立

单元类型 > 一般梁/变截面梁

材料>1 : Q235; 截面>1 : HM HM 594x302x14/23

交叉分割 > 节点 (开); 节点连接 ( 1, 7 )

若“交叉分割”不勾选时连接1和7节点，则其它节点尽管位置上与新建单元重合，但两者间却无联系。如在节点2上作用一集中力，该荷载却不能传给单元。

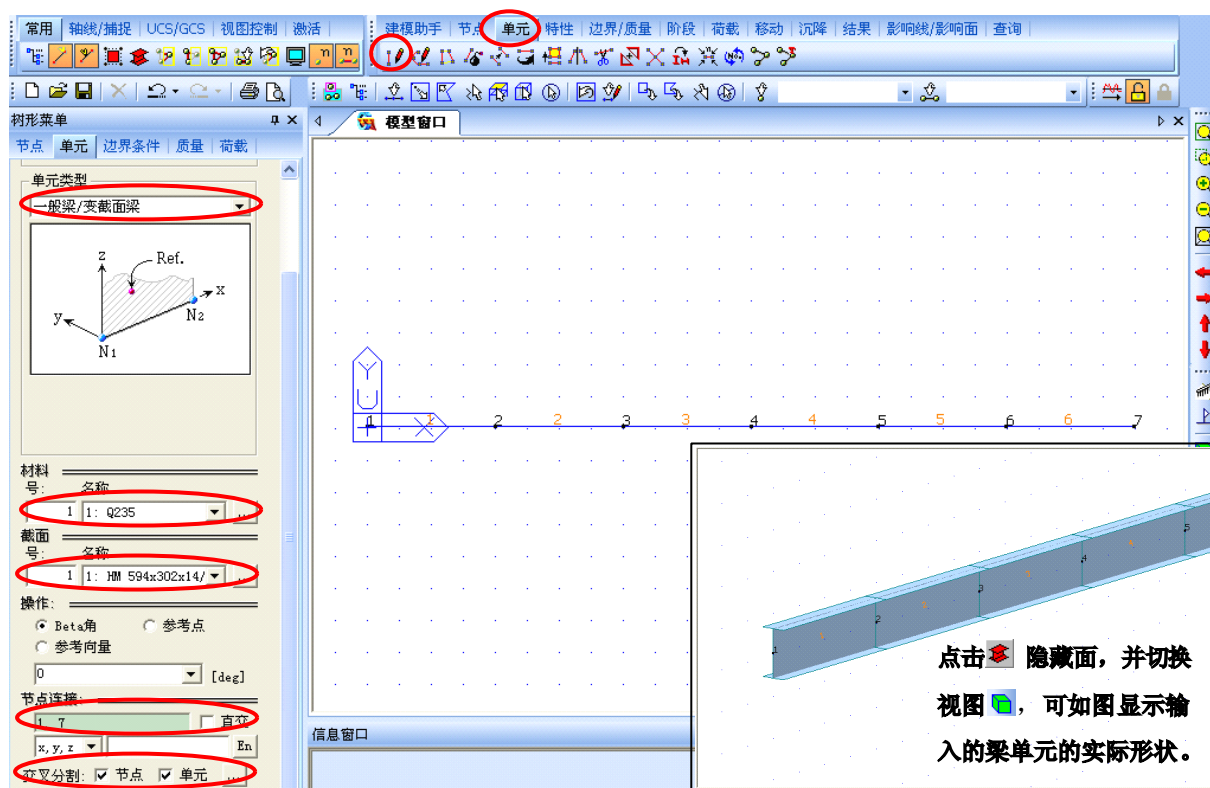


图10. 输入梁单元

### § 1-6 输入边界条件


使用一般支承输入边界条件，即将节点1的Dx, Dz自由度约束，把节点7的Dz自由度约束，使其成为简支梁。

因为已将结构类型定义为了X-Z平面，故不需对Dy, Rx, Rz自由度再做约束。


MIDAS/CIVIL是三维空间结构分析程序，故每个节点有6个自由度(Dx, Dy, Dz, Rx, Ry, Rz)。

如图11所示，这6个自由度在模型中是由6个三角形按顺序组成的6边形表现的，被约束的自由度其三

角形颜色会变成绿色，以便区分。


 单元号 (关)

边界条件 / 一般支撑

 单选 (节点 : 1 )

选择> 添加

支撑条件类型>Dx (开), Dz (开)

 单选 (节点 : 7 )

选择> 添加

支撑条件类型>Dz (开)

**Dx**代表节点坐标系(未定义节点坐标系时为整体坐标系) **x**轴方向的位移自由度, 并按顺时针方向分别代表**y**、**z** 方向位移及绕**x**、**y**、**z**轴的转动位移。

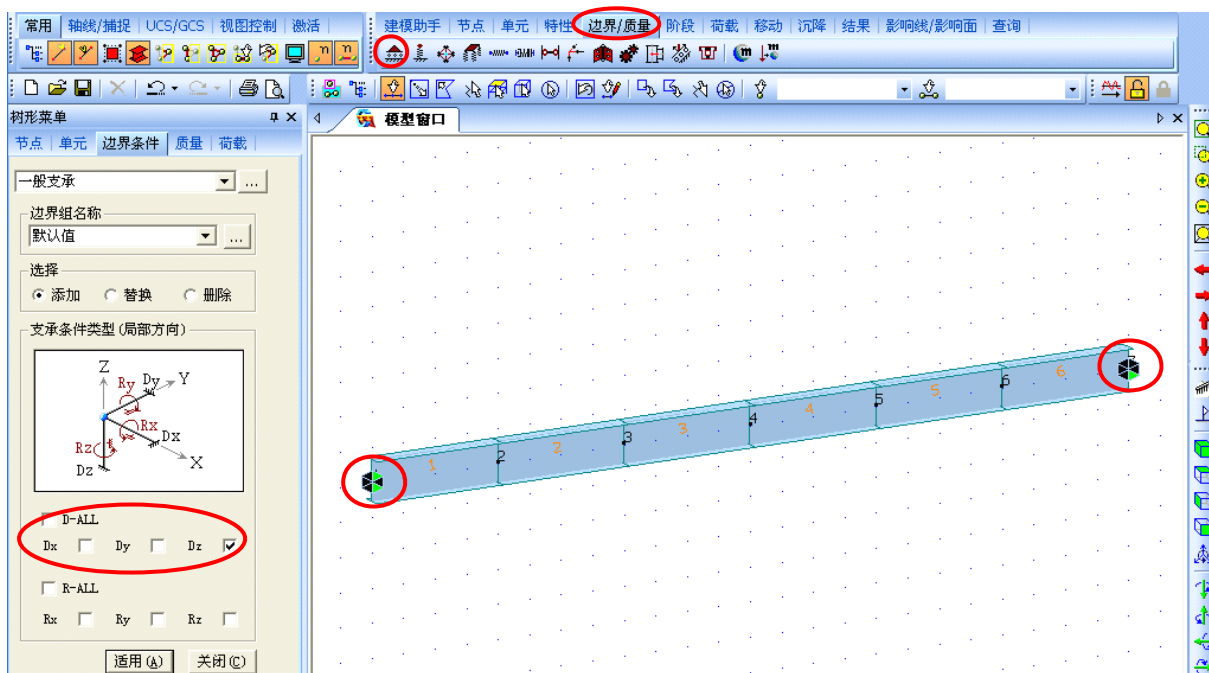



图11. 输入边界条件

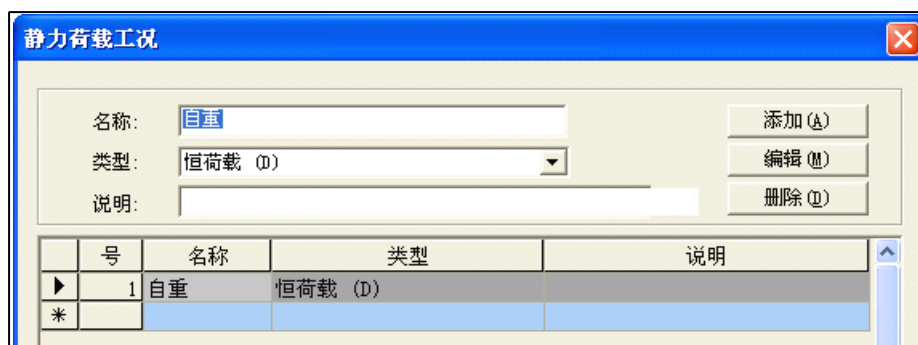
### § 1-7 输入荷载

输入节点荷载、梁单元荷载、压力荷载等荷载前，需先定义静力荷载工况。

荷载 / 

名称: 活荷载 (取个意义清楚的名称)

类型: 活荷载 (选择对应的类型)



荷载类型可选择用户自定义，建议选择既有类型，以便后处理中按《公路桥规》进行荷载的自动组合。

图12. 定义荷载工况

在简支梁中央（节点4）输入大小为15kN的节点荷载。

荷载 / 节点荷载

单选（节点：4）

荷载工况名称>活荷载； 选择>添加； FZ（-1）

节点荷载的方向为 GCS的Z轴的反方向，故在FZ输入栏中输入‘-1’。荷载的加载方向按‘+，-’号来输入。

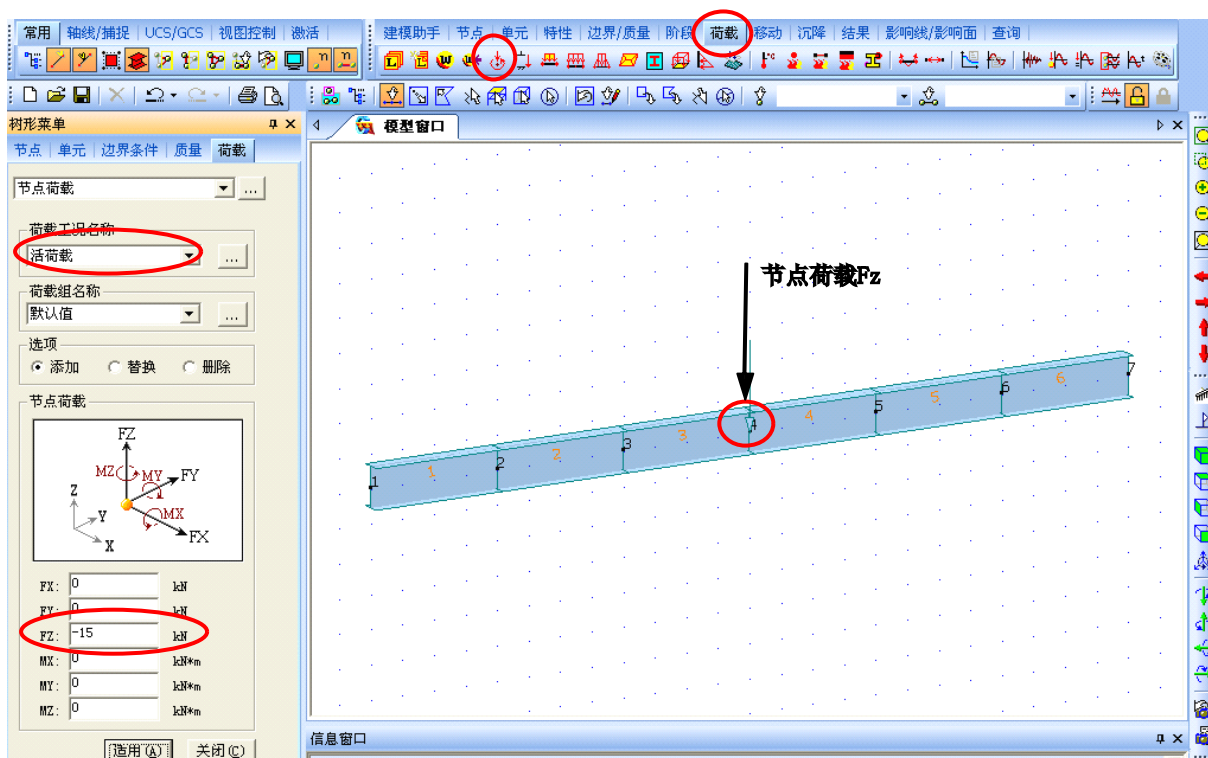



图13. 输入节点荷载

## § 1-8 运行结构分析

建立简支梁单元、输入边界条件和荷载后，即可运行结构分析。

分析/  运行分析

## 第二节 结果查看

### § 2-1 查看反力

查看反力的步骤如下。由结果可以看出分析结果与手算的结果一致。


结果 / 反力 /  反力/弯矩

荷载工况/荷载组合>ST:活荷载 ; 反力>FXYZ

显示类型>数值(开) ; 图例(开)

选择FXYZ可同时查看  
水平反力和竖向反力。

选择数值可在窗口显示  
结果的大小，选择图例  
可在窗口右侧查看最大  
、最小值。

如要在模型窗口显示施  
加的荷载，可点击  显  
示，在荷载表单选择相  
应荷载类型(这里选择  
节点荷载)和荷载值即  
可。

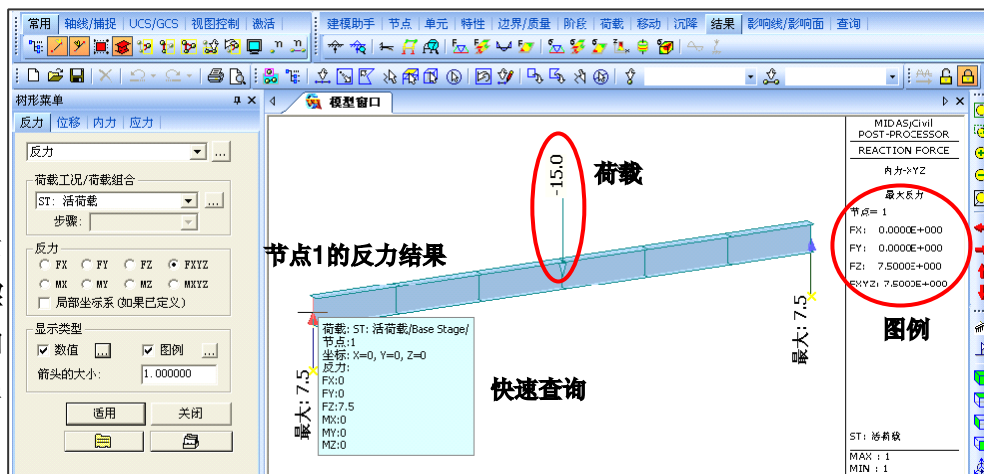



图13. 查看反力


### § 2-2 查看变形和位移

 节点号 (关)

结果 / 位移 /  变形形状

荷载工况/组合>ST:活荷载 ; 成分>DXYZ ( $DXYZ = \sqrt{DX^2 + DY^2 + DZ^2}$ )

显示组成>变形(开) ; 变形前(开) 图例(开)

数值>  → (小数点(3) ; 指数型(开))

最大值最小值>最大绝对值 ; 显示范围(%) (1)

选择最大和最小值的  
话，在显示范围内(%)  
的结果就会在画面显示

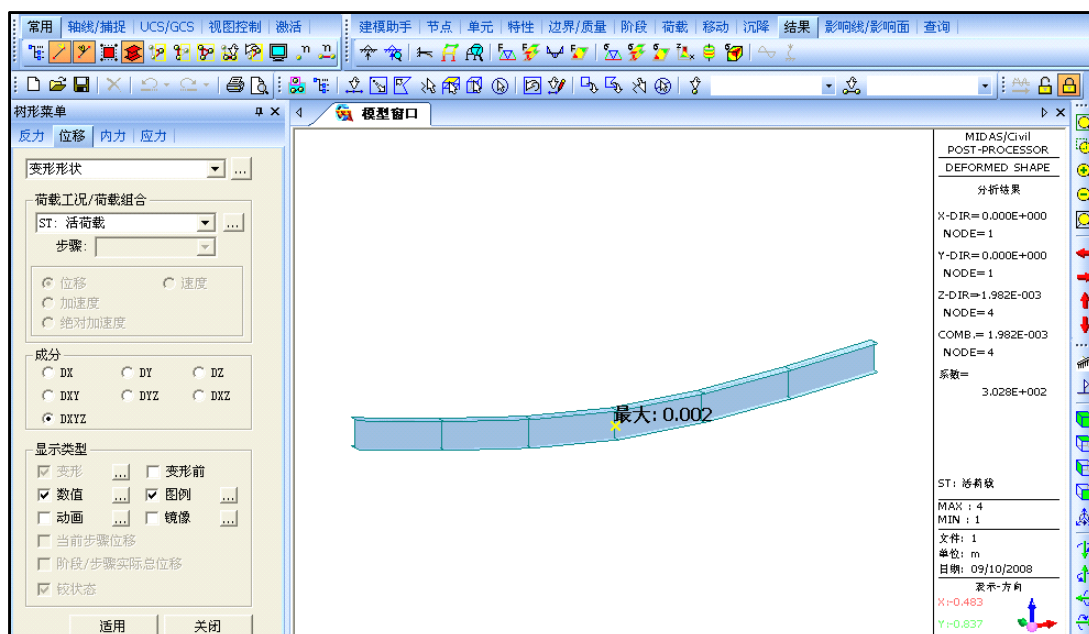





图14. 查看变形形状

## § 2-3 查看内力

构件内力根据相应单元的单元坐标系输出。首先确认单元坐标系，并查看弯矩。图15中My为弯矩，Fz为剪力，Fx为轴力。

 显示 > 荷载 > 荷载值，节点荷载 (关)

单元 > 局部坐标轴 (开)

 初始画面 ;  隐藏(开)

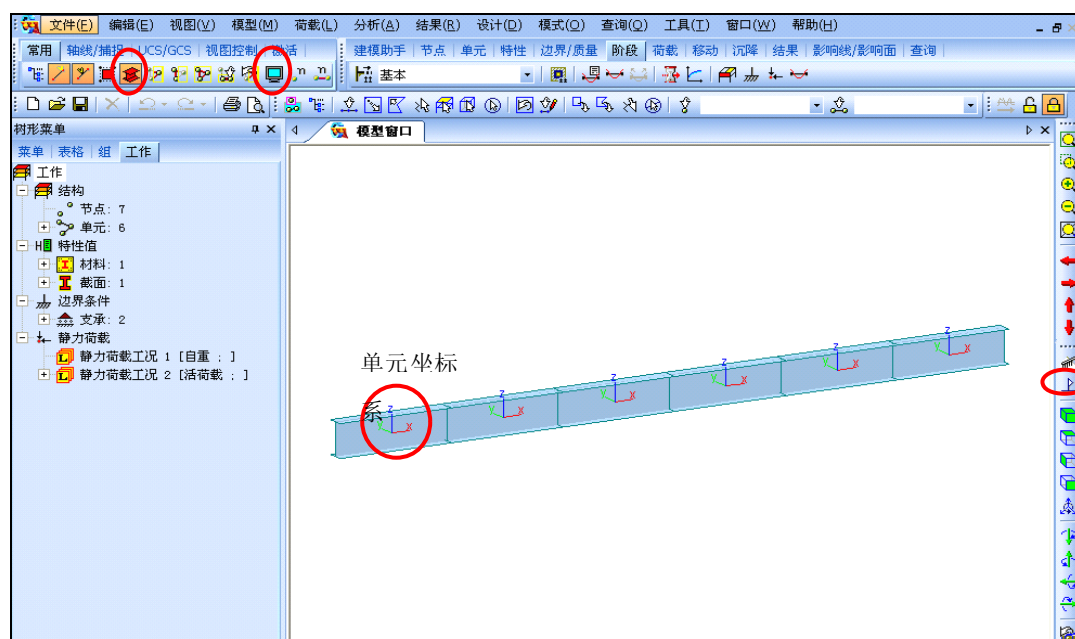


图15. 确认单元坐标系

下面查看弯矩。

结果 / 内力 /  梁单元内力图

荷载工况/荷载组合>ST:活荷载 ; 内力>My

显示选项>5 点 (开) ; 线涂色 (开) ; 系数 (1)

显示类型>等值线图 (开) ; 图例 (开)

图16. 查看弯矩

查看弯矩后查看剪力。

结果 / 内力 /  梁单元内力图

荷载组合/荷载工况>ST:活荷载 ; 内力>Fz

显示选项>5 点 (开) ; 线涂色 (开) ; 系数 (1)

显示类型>等值线图 (开) ; 数值 (开)

图例(开)

数值>

小数点 ( 3 ) ; 指数型 (关)

最大值最小值>最大绝对值 (开) ; 显示范围(%) ( 1 )

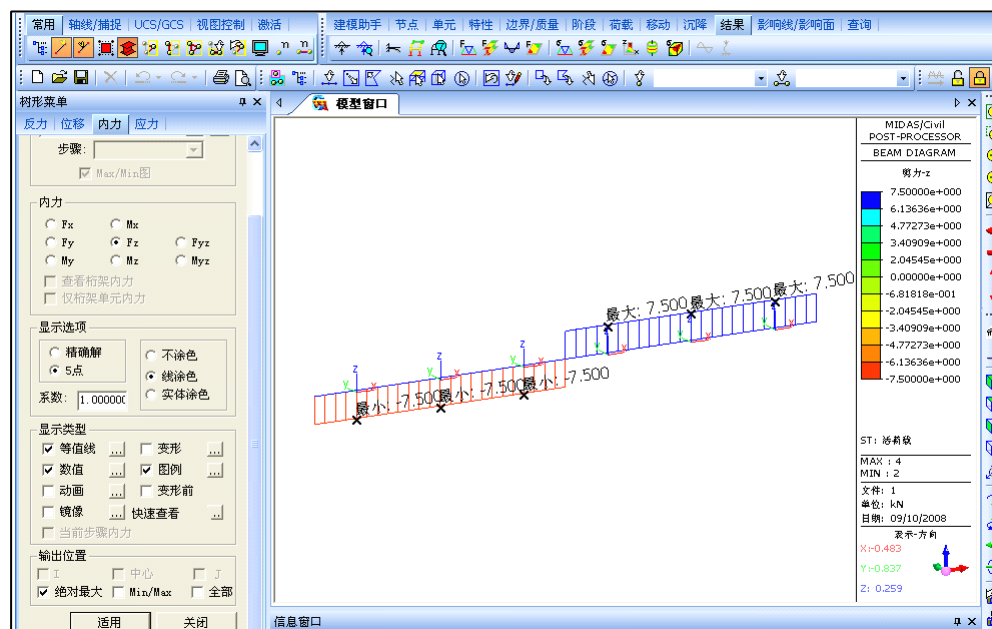


图17. 结构的剪力图

## § 2-4 查看应力

构件的应力成分(Components)中

Sax为单元坐标系x轴方向的轴向应力,



Ssy, Ssz分别为单元坐标系y, z轴方向的剪切应力,

Sby, Sbz分别为单元坐标系y, z轴方向的弯曲应力。

Combined为组合应力, 显示Sax ± Sby ± Sbz中的最大或最小值。

下面选择Sbz成分查看弯曲应力。

结果 / 应力 /  梁单元应力

荷载工况/荷载组合>ST:活荷载 ; 应力>Sbz

显示类型>变形(开) ; 图例 (开)

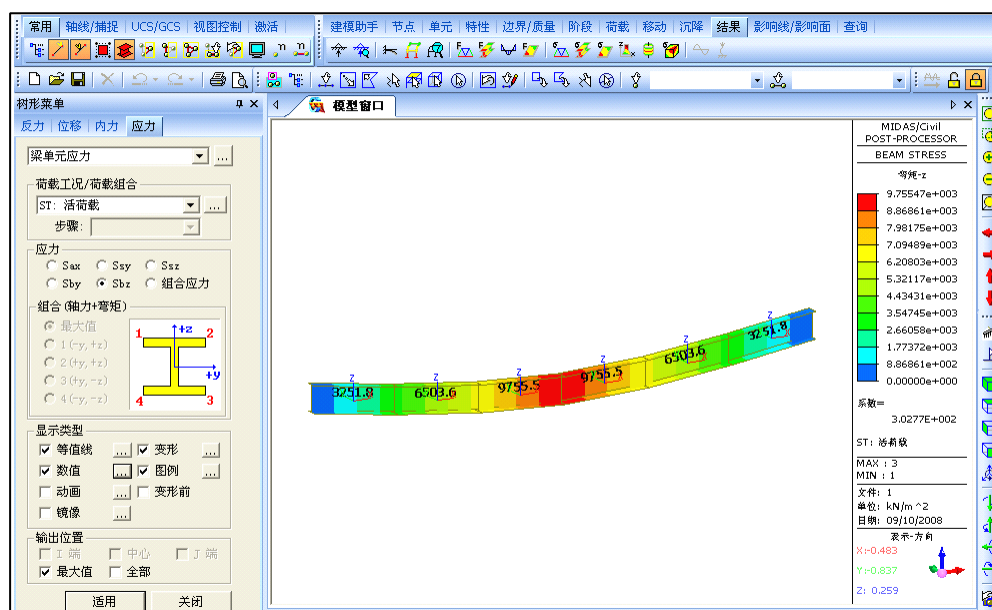


图18. 查看梁单元的弯曲应力

## §2-5 梁单元细部分析 (Beam Detail Analysis)

Midas/Civil可使用梁单元细部分析(Beam Detail Analysis)查看梁单元细部的位移、剪力、弯矩、最大应力的分布及截面内的应力分布等。

在梁单元细部分析画面的下端选择截面表单, 图形上就会给出左侧截面应力(Stress Section, 图19的①)栏中选择的相应应力类型的结果。

结果/梁单元细部分系

荷载工况/荷载组合>ST:活荷载 ; 单元号 ( 1 )

截面应力>Von-Mises





§2-6 表格查看结果

MIDAS/Civil可以对所有分析结果通过表格来查看。

对于梁单元，程序会在5个位置(i, 1/4, 1/2, 3/4, j)输出结果。这里对1~3号单元的i端和j端的结果进行查看。

结果 / 分析结果表格 / 梁单元 / 内力

节点或单元 (1to3)

荷载工况/组合>ST:活荷载 (开)

位置号>位置 i(开), 位置 j(开)

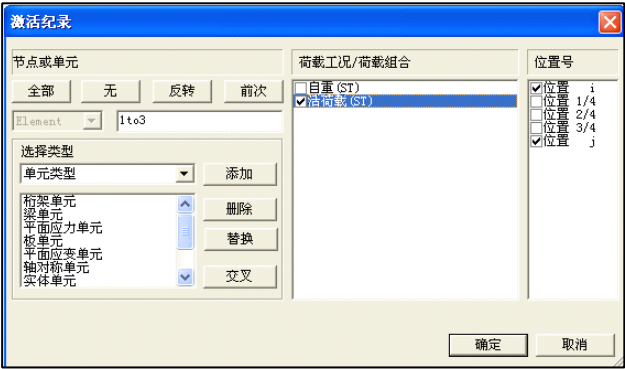


图20. 激活纪录对话框

	单元	荷载	位置	轴向 (kN)	剪力-y (kN)	剪力-z (kN)	扭矩 (kN*m)	弯矩-y (kN*m)	弯矩-z (kN*m)
▶	1	活荷载	I[1]	0.00	0.00	-7.50	0.00	0.00	0.00
	1	活荷载	J[2]	0.00	0.00	-7.50	0.00	15.00	0.00
	2	活荷载	I[2]	0.00	0.00	-7.50	0.00	15.00	0.00
	2	活荷载	J[3]	0.00	0.00	-7.50	0.00	30.00	0.00
	3	活荷载	I[3]	0.00	0.00	-7.50	0.00	30.00	0.00
	3	活荷载	J[4]	0.00	0.00	-7.50	0.00	45.00	0.00

图21. 1~3号梁单元的构件内力

对于表格输出的结果可以按递增或递减的顺序进行排序。

排序时在表格上点击鼠标右键（右键关联菜单(Context Menu)）调出排序信息对话框后，将要作为排序标准的列的名称从左侧移动到右侧，并通过排序(图22)功能调整各项的优先顺序。

排序对话框

表格>弯矩-y -> 分类

Asc|弯矩-y (开) ; 排序>上

勾选Asc/弯矩-y的话，会按  
递增顺序排列，取消勾选的  
话则按递减顺序排列。

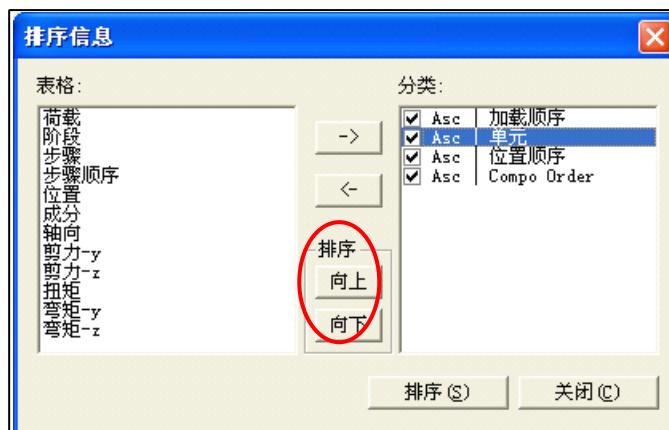


图22. 排序信息对话框

另外还可按荷载工况查看梁单元的构件内力(弯矩、剪力)。

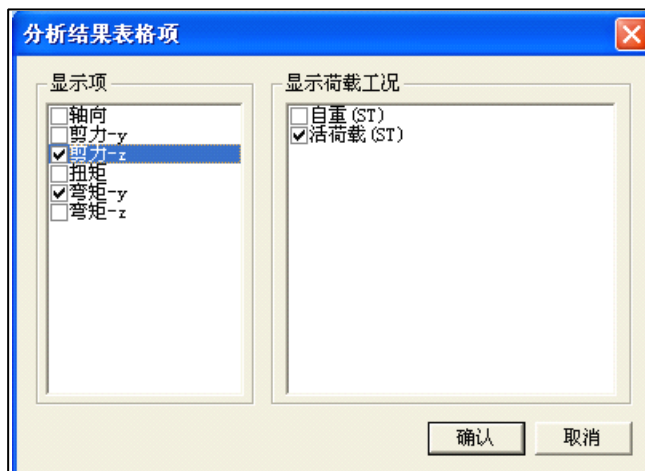
在右键关联菜单(Context Menu)选择‘按荷载工况查看’

在显示项中只勾选‘剪力-z’，‘弯矩-y’

在显示荷载工况栏中勾选‘活荷载(ST)’

点击

8



	单元	位置	活荷载
	输出: 弯矩-y (kN*m)		
	1	I	0.00
	1	J	15.00
	2	I	15.00
	2	J	30.00
	3	I	30.00
	3	J	45.00
	4	I	45.00
	4	J	30.00
	5	I	30.00
	5	J	15.00
	6	I	15.00
	6	J	0.00

	单元	位置	活荷载
	输出: 剪力-z (kN)		
	1	I	-7.50
	1	J	-7.50
	2	I	-7.50
	2	J	-7.50
	3	I	-7.50
	3	J	-7.50
	4	I	7.50
	4	J	7.50
	5	I	7.50
	5	J	7.50
	6	I	7.50
	6	J	7.50

图23. 按荷载工况查看梁单元的构件内力

## 第二章 预应力混凝土梁的施工阶段分析

### 第一节 概要

本例题使用一个简单的两跨连续梁模型(图2.1)来重点介绍MIDAS/Civil的施工阶段分析功能、钢束预应力荷载的输入方法以及查看分析结果的方法等。主要包括分析预应力混凝土结构时定义钢束特性、钢束形状、输入预应力荷载、定义施工阶段等的方法,以及在分析结果中查看徐变和收缩、钢束预应力等引起的结构的应力和内力变化特性的步骤和方法。

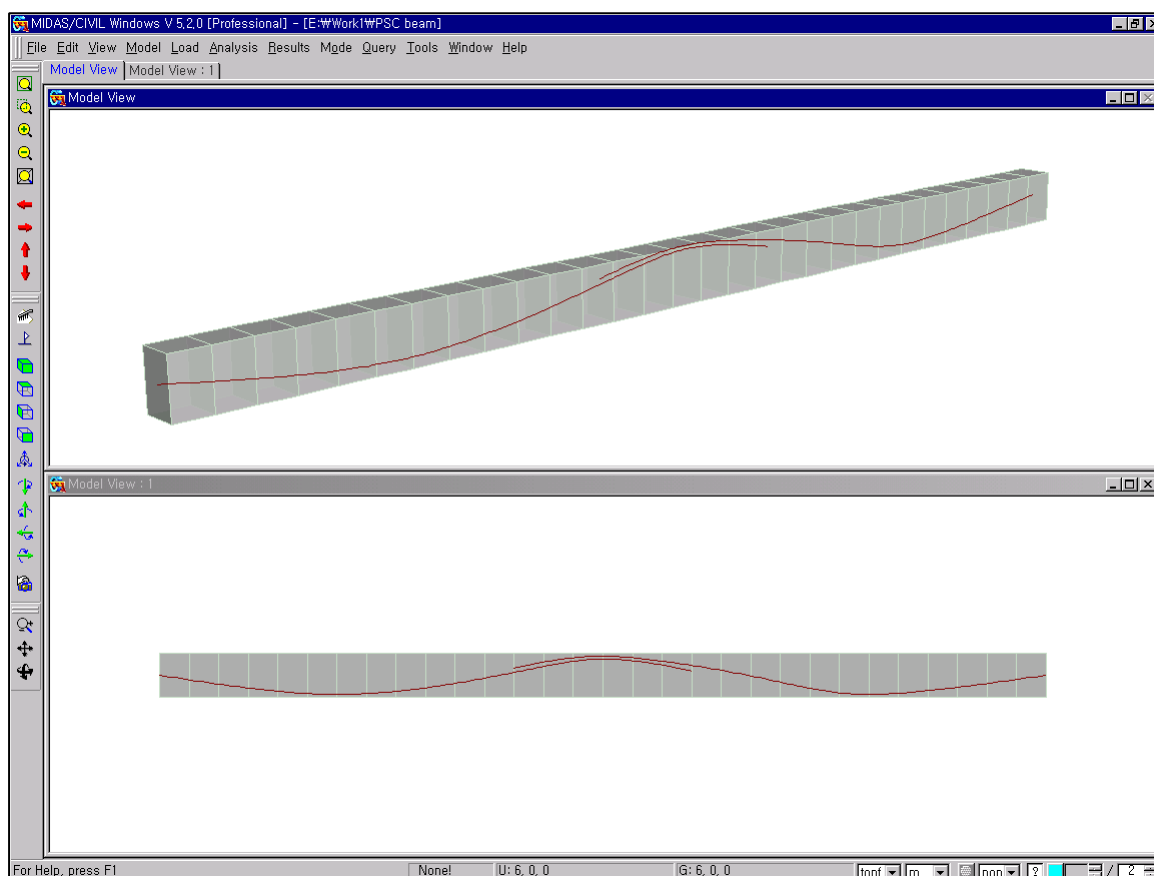


图2.1 分析模型

#### § 1.1 桥梁概况及一般截面

分析模型为一个两跨连续梁,其钢束的布置如图2所示,分为两个阶段来施工。

桥梁形式:两跨连续的预应力混凝土梁

桥梁长度:  $L = 2 \times 30 = 60.0 \text{ m}$



定义施工阶段

输入移动荷载数据

运行结构分析

查看结果

### § 1.3 使用的材料及其容许应力

#### 混凝土

设计强度:  $f_{ck} = 400 \text{ kgf/cm}^2$

初期抗压强度:  $f_{ci} = 270 \text{ kgf/cm}^2$

弹性模量:  $E_c = 3.07 \times 10^5 \text{ kgf/cm}^2$

容许应力:

容许应力	预应力作用后 (瞬间)	预应力损失发生后 (最终)
抗 拉	$f_{ca}' = 0.55 f_{ci} = 148.5 \text{ kgf/cm}^2$	$f_{ca} = 0.4 f_{ck} = 160.0 \text{ kgf/cm}^2$
抗 压	$f_{ta}' = 0.8 \sqrt{f_{ci}} = 13.1 \text{ kgf/cm}^2$	$f_{ta} = 1.6 \sqrt{f_{ck}} = 32.0 \text{ kgf/cm}^2$

**预应力钢束** (KSD 7002 SWPC 7B- $\Phi 15.2\text{mm}$  (0.6"strand))

屈服强度:  $f_{py} = 160 \text{ kgf/mm}^2 \rightarrow P_y = 22.6 \text{ tonf/strand}$

抗拉强度:  $f_{pu} = 190 \text{ kgf/mm}^2 \rightarrow P_u = 26.6 \text{ tonf/strand}$

截面面积:  $A_p = 1.387 \text{ cm}^2$

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

张 拉 力:  $f_{pi} = 0.7 f_{pu} = 133 \text{ kgf/mm}^2$

锚固装置滑动:  $\Delta s = 6 \text{ mm}$

磨擦系数:  $\mu = 0.30 / \text{rad}$

$k = 0.006 / \text{m}$

容许应力

张拉时的最大应力	锚固瞬间 ( $f_{po}$ )	应力损失后使用状态
$0.9 f_{py} = 144 \text{ kgf/mm}^2$	$0.7 f_{pu} = 133 \text{ kgf/mm}^2$	$0.8 f_{py} = 128 \text{ kgf/mm}^2$

## § 1.4 荷载

### 恒荷载

自重

在程序中按自重 输入

### 预应力

钢束 ( $\phi 15.2 \text{ mm} \times 31$  ( $\phi 0.6'' - 31$ ))

截面面积 :  $A_u = 1.387 \times 31 = 42.997 \text{ cm}^2$

孔道直径 : 133 mm

张拉力 : 抗拉强度的70%

$f_{pj} = 0.7 f_{pu} = 13,300 \text{ kgf/cm}^2$

$P_i = A_u \times f_{pj} = 405.8 \text{ tonf}$

张拉后的瞬间损失 (程序自动计算)

摩擦损失 :  $P_{(x)} = P_0 \cdot e^{-(\mu\alpha + kL)}$        $\mu = 0.30, \quad k = 0.006$

锚固装置滑动引起的损失 :  $\Delta I_c = 6 \text{ mm}$

弹性收缩引起的损失 : 损失量  $\Delta P_E = \Delta f_p \cdot A_{SP}$

最终损失 (程序自动计算)

钢束的松弛 (Relaxation)

徐变和收缩引起的损失

### 徐变和收缩

条件

水泥 : 普通硅酸盐水泥

长期荷载作用时混凝土的龄期 :  $t_o = 5$ 天

混凝土与大气接触时的龄期 :  $t_s = 3$ 天

相对湿度 :  $RH = 70\%$

大气或养护温度 :  $T = 20^\circ\text{C}$

适用规范 : CEB-FIP

徐变系数 : 程序计算

混凝土收缩变形率 : 程序计算

### 活荷载

适用规范: 城市桥梁设计荷载规范

荷载种类: C-AL      C-AD(20)

第二节 设置操作环境

打开新文件(📄新项目), 以 ‘PSC beam’ 为名保存(💾保存)。  
将单位体系设置为 ‘tonf’ 和 ‘m’。该单位体系可根据输入数据的种类任意转换。

---

文件 / 📄 新项目  
文件 / 💾 保存 ( PSC beam )  
工具 / 单位体系  
长度> m ; 力>tonf

单位体系还可以通过点击画面下端状态条的**单位选择键**(▼)来进行转换

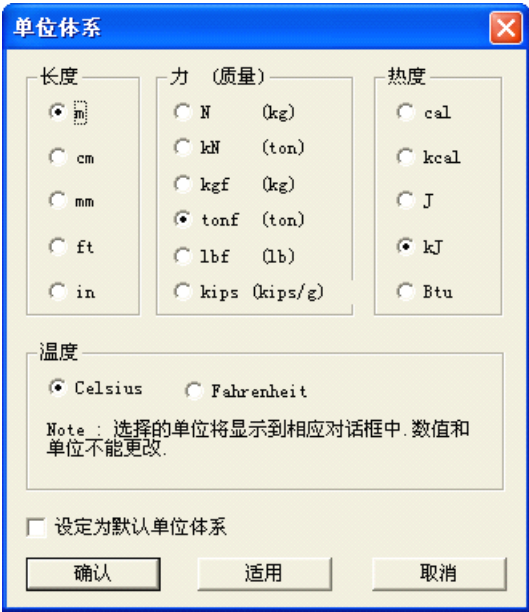


图3. 设置单位体系

第三节 定义材料和截面

下面定义PSC beam所使用的混凝土和钢束的材料特性。

---

模型 / 材料和截面特性 / 📁 材料  
类型>混凝土 ; 规范>KS-civil(RC)  
数据库>C40  
名称( Tendon ) ; 类型>用户定义 ; 规范>无  
分析数据  
弹性模量 (2.1e7)

---



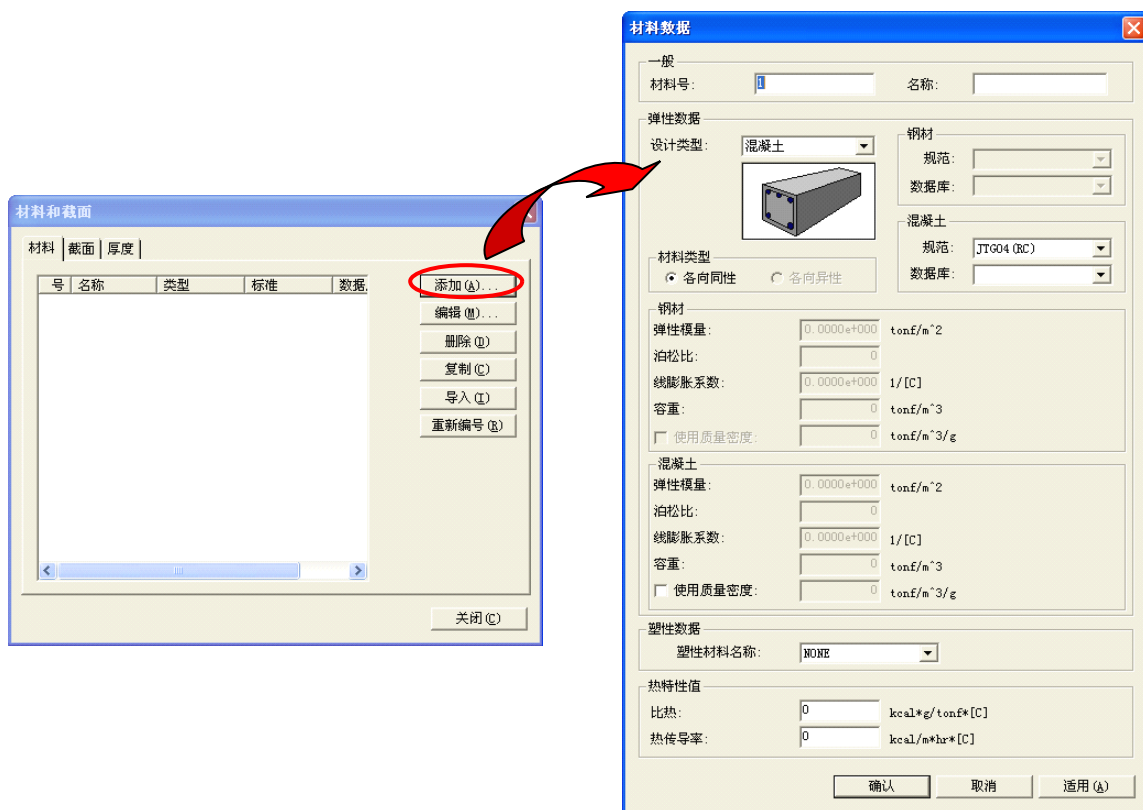


图4. 定义材料对话框

### 定义截面

PSC beam的截面使用比较简单的矩形截面来定义。

模型 / 材料和截面特性 /  截面

数据库/用户> 截面号 ( 1 ) ; 名称 (Beam)

截面类型>实腹长方形截面>用户

H ( 3 ) B ( 2 )

偏心>中-下部

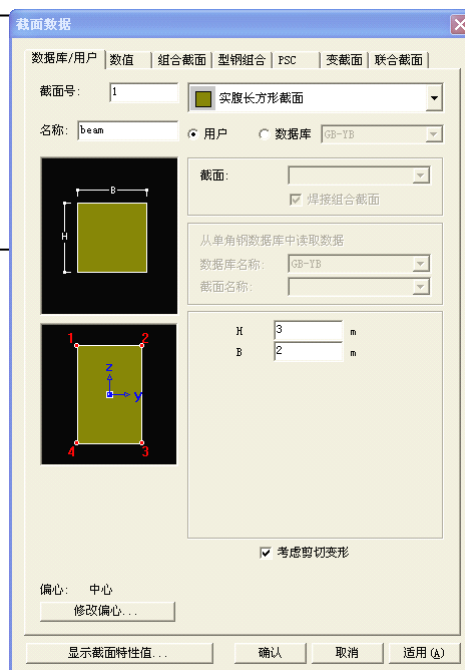


图5. 定义截面的对话框

### 定义材料的时间依存性并连接

为了考虑徐变、收缩以及抗压强度的变化，下面定义材料的时间依存特性。

材料的时间依存特性参照以下数据来输入。

28天强度： $f_{ck} = 400 \text{ kgf/cm}^2$

相对湿度： $RH = 70 \%$

理论厚度： $1.2\text{m} \left( 2A_c / u = 2 \times 6 / 10 = 1.2 \right)$

混凝土种类：普通水泥 (N, R)

拆模时间：3天

模型 / 材料和截面特性 /  时间依存性材料 (徐变& 渐变e)

名称 (徐变/渐变)；设计标准>CEB-FIP

28天材龄抗压强度 (4000)

相对湿度 (40~99) (70)

构件的理论厚度 (1.2)

混凝土种类 >普通水泥 (N, R)

开始收缩时的混凝土材龄 (3)

截面形状比较复杂  
时，可使用模型>材  
料和截面特性值>修  
改单元材料时间依  
存特性 的功能来输

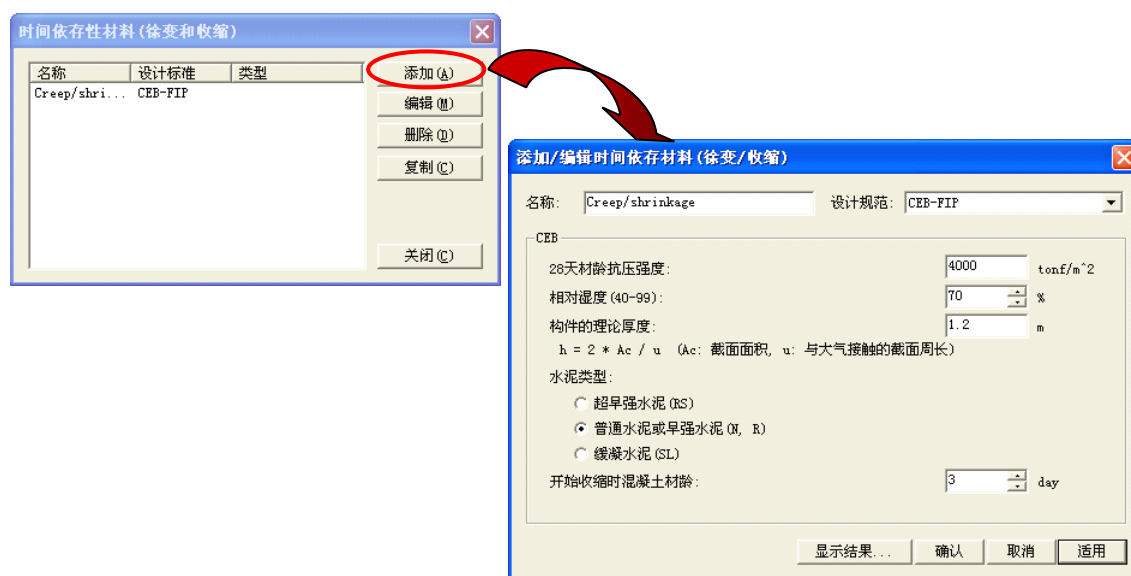


图6. 定义材料的徐变和收缩特性

混凝土浇筑后随时间变化而逐渐硬化，时间越长其强度越大。本例题根据CEB-FIP所规定的混凝土强度发展函数考虑了混凝土的这一特性。

模型 / 材料和截面特性 /  时间依存性材料 (抗压强度)

名称 (抗压强度)；类型>设计规范

强度发展>规范>CEB-FIP

混凝土28天抗压强度 (S28) (4000)

混凝土类型 (a) (N, R : 0.25)

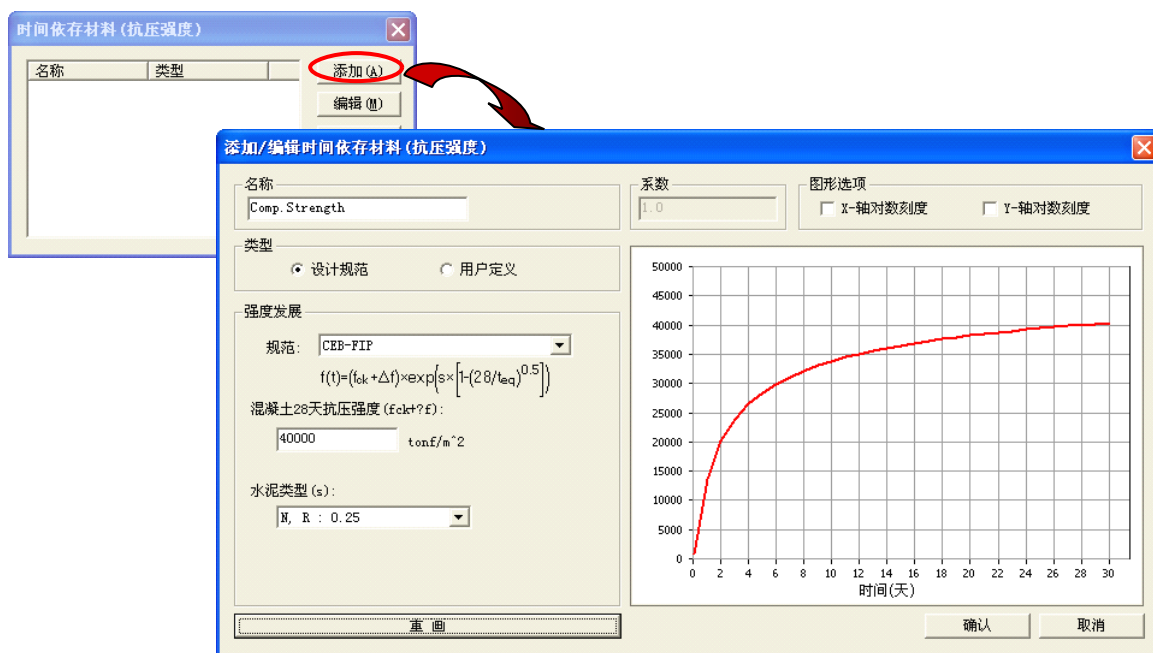



图7. 定义随时间变化的混凝土强度发展函数

参照图8将一般材料特性和时间依存材料特性相连接。即，将时间依存材料特性赋予相应的材料

模型 / 材料和截面特性 /  时间依存材料连接

时间依存材料类型>徐变/收缩>徐变/收缩

强度进展>抗压强度

选择指定的材料>材料>






1:C400  选择的材料 



图8. 连接时间依存材料特性

## 第四节 建立结构模型

### § 4.1 利用建立节点和扩展单元的功能来建立单元


 点格(关) ;  捕捉点(关) ;  捕捉轴线(关)

 正面 ;  自动对齐

模型>节点> 建立节点

坐标 (0, 0, 0)

模型>单元> 扩展单元

 全选

扩展类型>节点 线单元

单元类型>梁 ; 材料>1:C40 ; 截面> 1: Beam

生成形式>复制和移动

复制和移动>等间距>dx, dy, dz>(2, 0, 0)

复制次数>(30)

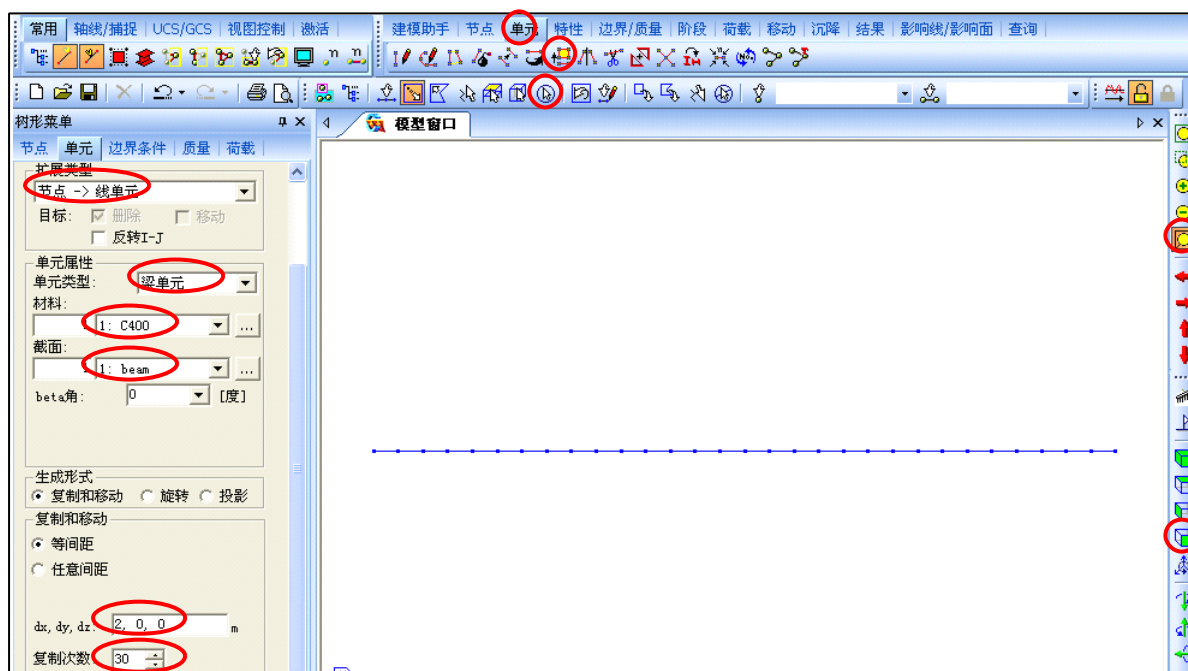


图9. 建立几何模型

### § 4.2 定义结构组、边界条件组和荷载组

为了进行施工阶段分析,将在各施工阶段(construction stage)所要激活和钝化的单元和边界

条件定义为组，并利用组来定义施工阶段。

### 建立结构组

组>结构组>新建...(用右键菜单弹出)

定义结构组>名称 ( S-G ) ; 后缀 ( 1to2 )

定义结构组>名称 ( A11 )

单元号 (on)

窗口选择 (单元 : 1 to 18)

组>结构组>S\_G1 (拖&放)

窗口选择 (单元 : 19 to 30)

组>结构组>S\_G2 (拖 & 放)

全选

组>结构组>A11 (拖 &放)

为了利用 桥梁  
内力图 功能查  
看分析结果而  
将其定义为组。

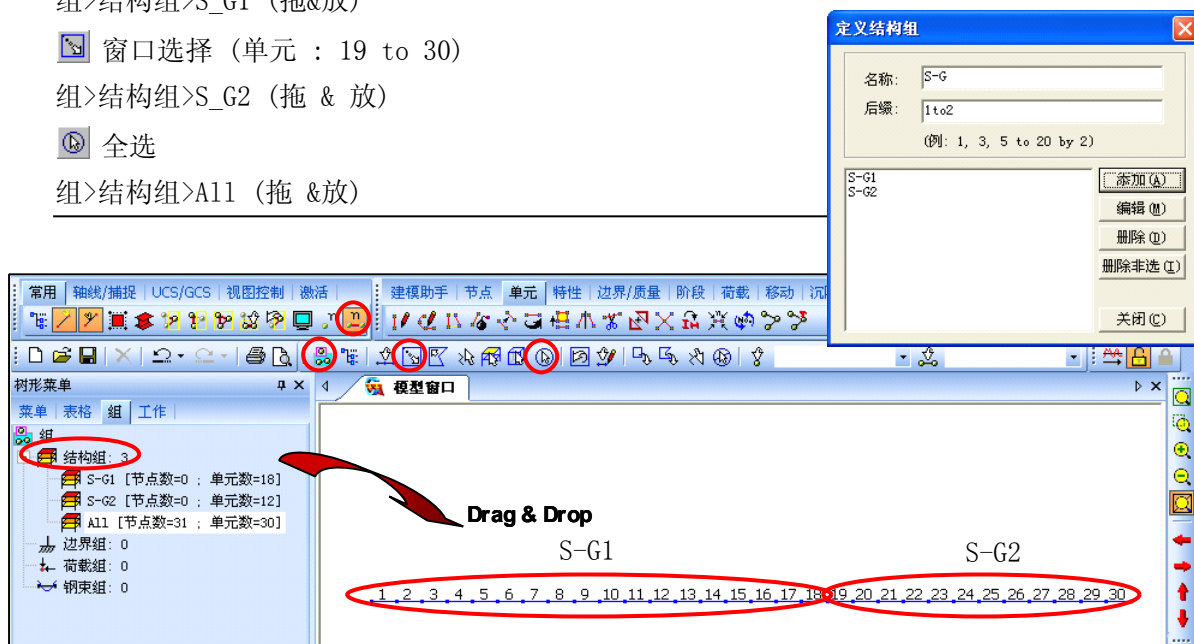


图10. 定义结构组 (Structure Group)

### 新建边界组

边界组名称的建立方法如下。

组>边界组>新建...

定义边界组>名称 ( B-G ) ; 后缀 ( 1to2 )

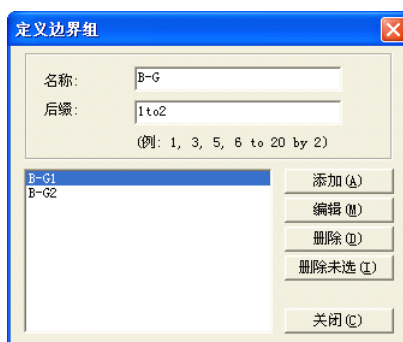



图11. 建立边界组 (Boundary Group)

## 新建荷载组

恒荷载组和预应力荷载组名称的新建方法如下。

---

 组>荷载组>新建...

定义荷载组>名称 ( Selfweight ) 点击“添加”

定义荷载组>Name ( Tendon ) ；后缀 ( 1to2 ) 点击“添加”

---





图12. 建立荷载组 (Load Group)


## § 4.3 输入边界条件

边界条件的输入方法如下。

---

 单元号 (关) ；  节点号 (开)


模型 / 边界条件 / 一般支撑

 单选 (节点 : 1)

边界组名称>B-G1

选择>添加


支撑条件类型> Dy, Dz, Rx (开) 点击“适用”

 单选 (节点 : 16)

边界组名称>B-G1

选择>添加

支撑条件类型>Dx, Dy, Dz, Rx (开) 点击“适用”

 单选 (节点 : 31)

边界组名称>B-G2

选择>添加

支撑条件类型> Dy, Dz, Rx (开) 点击“适用”

---

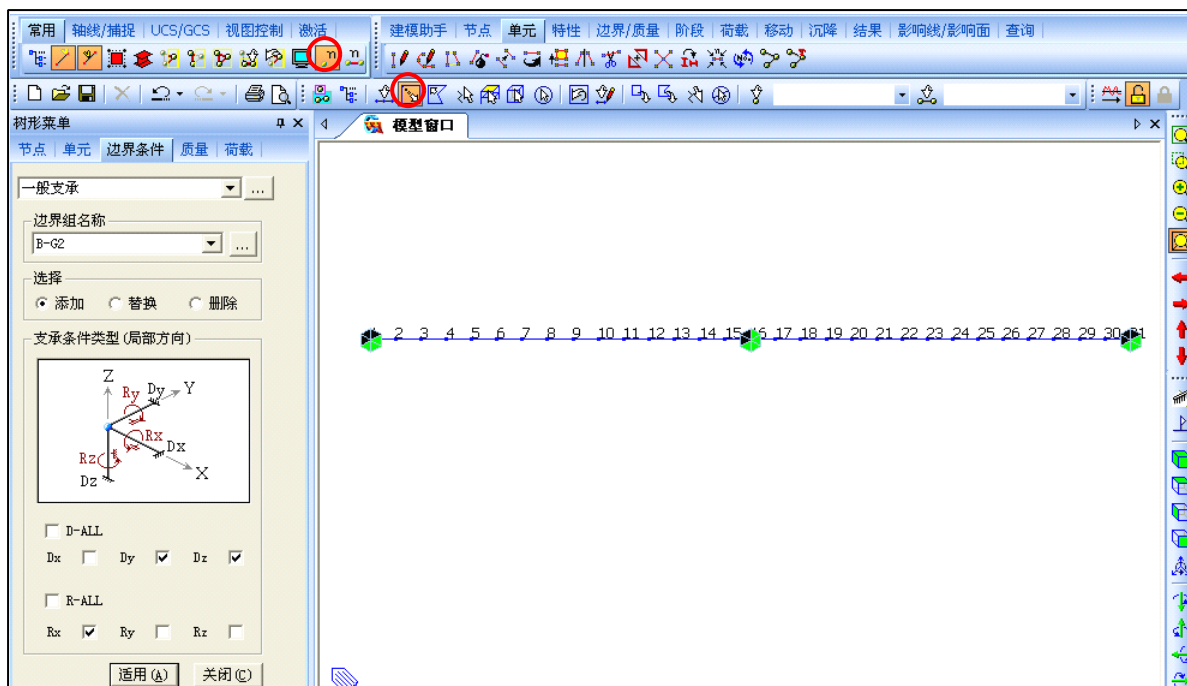


图13. 定义边界条件

## 第五节 输入荷载

### §5.1 建立静力荷载工况

本例题针对恒荷载和预应力荷载进行施工阶段分析 移动荷载分析则需另行输入移动荷载数据。

荷载/ 静力荷载工况

名称 (恒荷载)

类型 (施工阶段荷载) “添加”

名称 (预应力 1)

类型 (施工阶段荷载) “添加”

名称 (预应力 2)

类型 (施工阶段荷载) “添加”

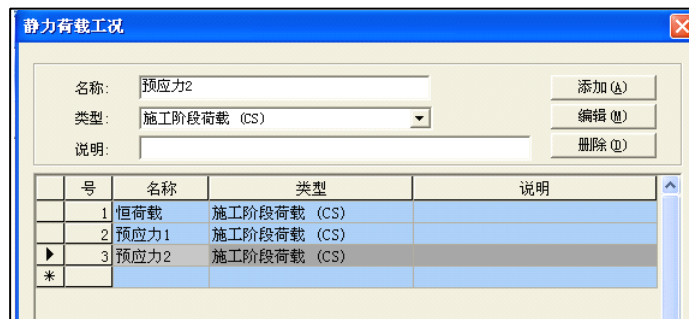


图14. 输入静力荷载工况的对话框

§5.2 输入恒荷载

使用 自重 功能输入恒荷载。

荷载 / 自重

荷载工况名称> 恒荷载

荷载组名称 > 自重

自重系数 > Z (-1)

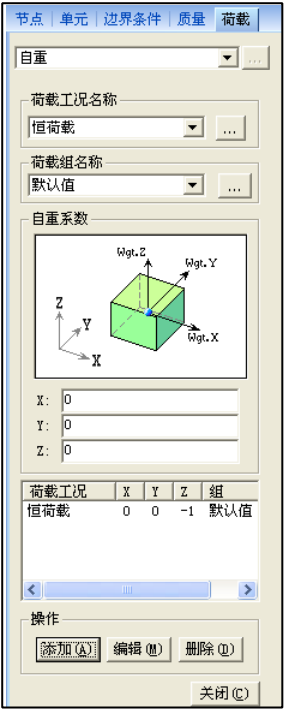


图15. 输入恒荷载

§5.3 输入钢束特性值

荷载/ 预应力荷载 / 预应力钢束的特性值

预应力钢束的名称（钢束）； 预应力钢束的类型>内部

材料>2: 钢束

预应力钢束总面积（0.0042997）

或者 ...

钢绞线公称直径>15.2mm(0.6 ")

钢绞线股数（31）

钢束孔道直径（0.133）； 松弛系数（45）

预应力钢筋与孔道摩擦系数（0.3）； 孔道每米局部偏差摩擦系数（0.0066）

极限强度(190000)； 屈服强度（160000）

张拉方法>后张法

锚具变性和钢筋内缩量>开始点（0.006）； 结束点(0.006)



当钢束施加张拉力维持其一定的应变时，作用到钢束上的张拉应力随时间的推移逐渐减小，这个现象称之为松弛(Relaxation)。MIDAS/Civil采用Magura公式来考虑钢束的松弛。松弛系数为该式中与钢材有关的常数，一般钢材取值为10，低松弛钢材取值45。详见用户手册Analysis for Civil Structures的“预应力损失”。

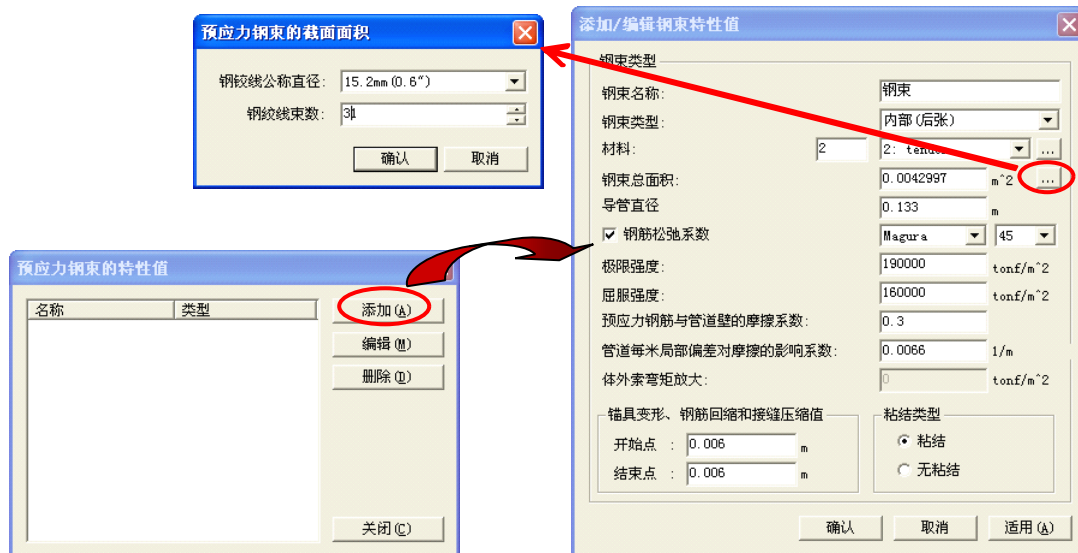


图16. 输入钢束特性值

#### §5.4 输入钢束形状

首先输入第一跨的钢束形状。

隐藏(开) ; 单元号(开) ; 节点号(关)

模型 / 荷载/ 预应力荷载 / 预应力钢束形状

钢束名称(钢束 1) ; 钢束特性值>钢束

窗口选择(单元 : 1 to 18)

输入类型:3D

曲线类型:圆弧

无应力场长度: 自动计算

布置形状

坐标轴: 直线

X	Y	Z	R
0.0000	0.0000	1.5000	0.0000
12.0000	0.0000	0.2000	0.0000
30.0000	0.0000	2.6000	0.0000
36.0000	0.0000	1.8000	0.0000

钢束布置插入点 ( 0, 0, 0)

假想x轴方向>X

勾选固定(fix)的话该点的斜率为所输入的值，若不选则生成拥有适当斜率的曲线。




图17. 定义钢束形状

下面输入第二跨的钢束布置形状。

模型/荷载 / 预应力荷载 / 预应力钢束形状

钢束名称 (钢束 2) ; 钢束特性值>钢束

 窗口选择 (单元 : 13 to 30)

输入类型:3D

曲线类型:圆弧

无应力场长度: 自动计算

布置形状

坐标轴: 直线

X	Y	z	R
24.0000	0.0000	2.0000	0.0000
30.0000	0.0000	2.8000	0.0000
48.0000	0.0000	0.2000	0.0000
60.0000	0.0000	1.5000	0.0000

钢束布置插入点 ( 0, 0, 0)

假想x轴方向>X

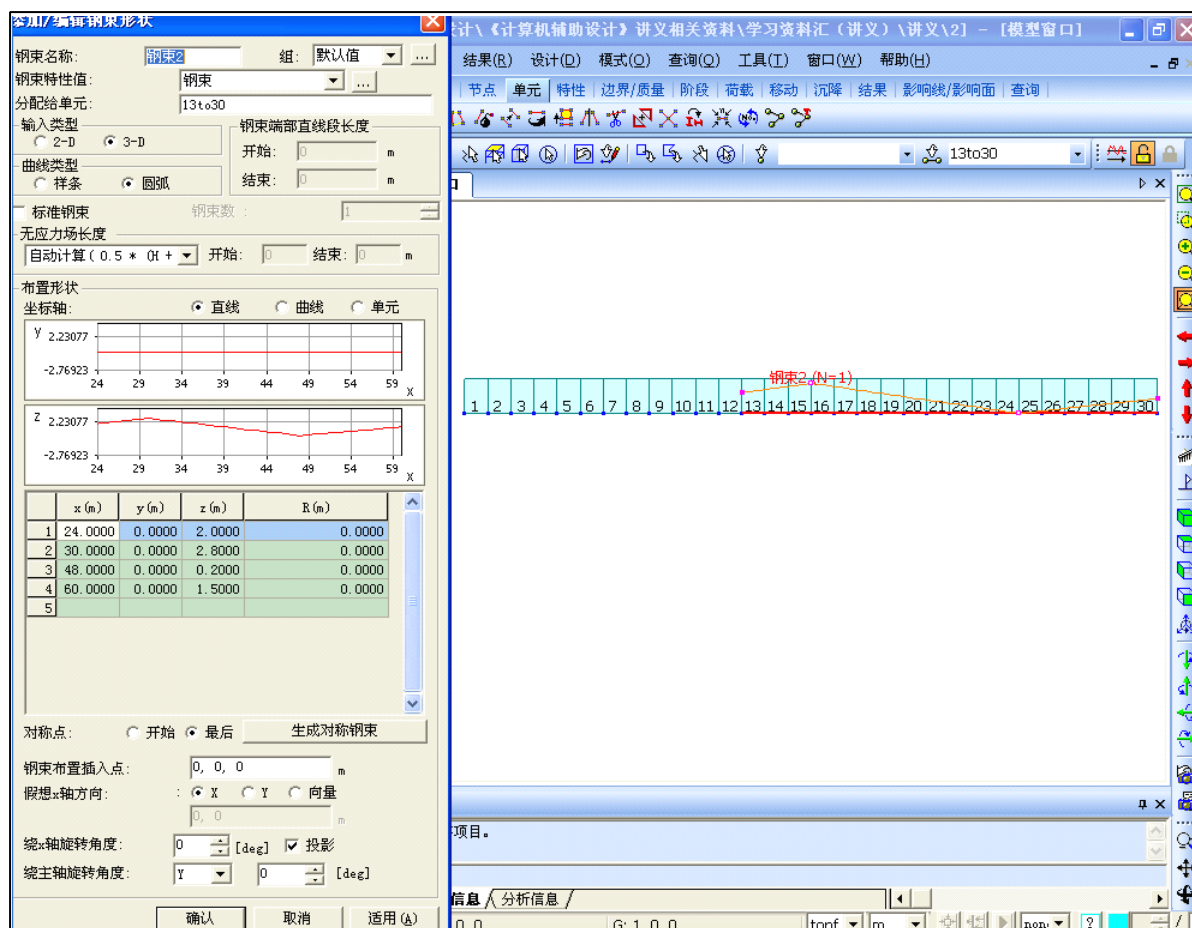


图18. 定义第二跨的钢束布置形状

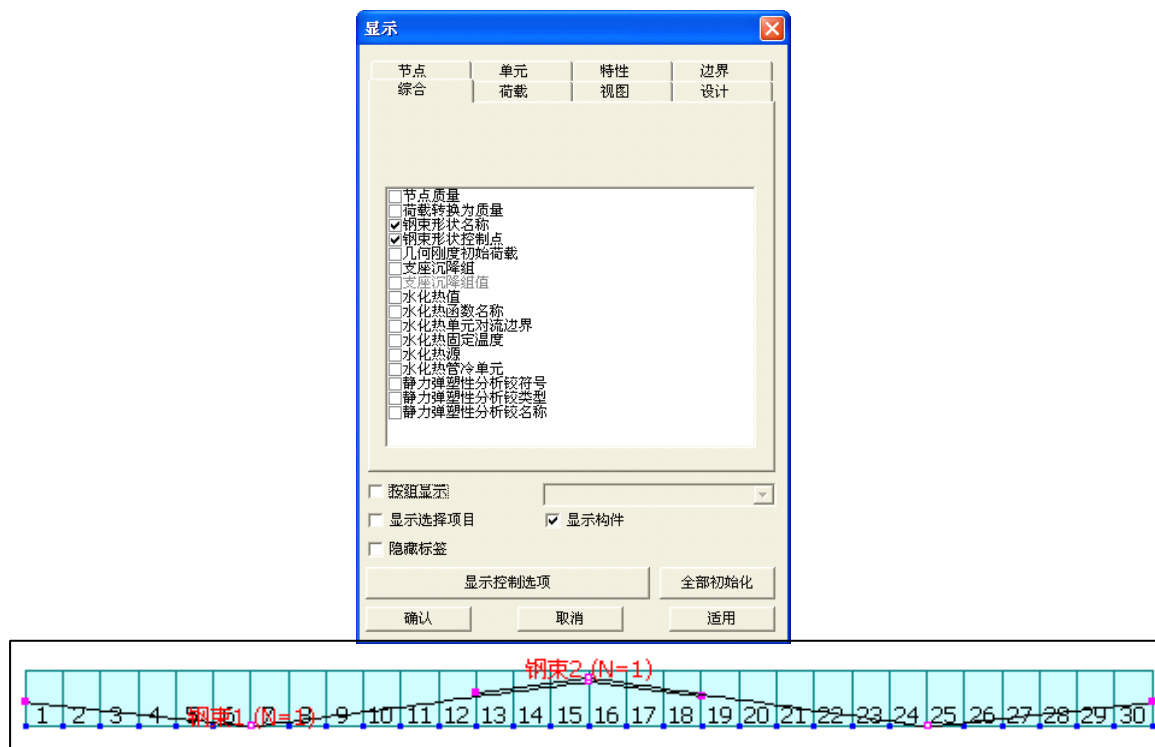




图19. 确认输入的钢束形状

下面按如下方法确认所输入的钢束的形状。

 单元号(关)

 显示>综合>钢束形状名称 (开) >钢束形状控制点 (开)

## §5.5 输入钢束预应力荷载

定义完钢束的形状后，在各施工阶段施加相应的预应力荷载。


荷载/ 预应力荷载/ 钢束预应力荷载

荷载工况名称>预应力 1 ； 荷载组名称>钢束 1

钢束> 钢束 1  已选钢束

张拉力>应力 ； 先张拉>开始点

开始点 (133000 ) ； 结束点 (133000 )

注浆：每 ( 1 ) 

选择两端张拉时的先张拉端。  
定义对钢束孔道注浆的施工阶段。注浆前的应力按实际截面计算，注浆后按组合成的截面来计算。在注浆中输入了1意味着在张拉钢束之后的施工阶段注浆。

输入钢束2的预应力荷载。


荷载/ 预应力荷载 / 钢束预应力荷载

荷载工况名称>预应力 2 ； 荷载组名称>钢束 2

钢束> 钢束 2  已选择钢束

张拉力>应力 ； 先张拉>开始点

开始点(133000 ) ； 结束点(133000 )

注浆：每 ( 1 ) 

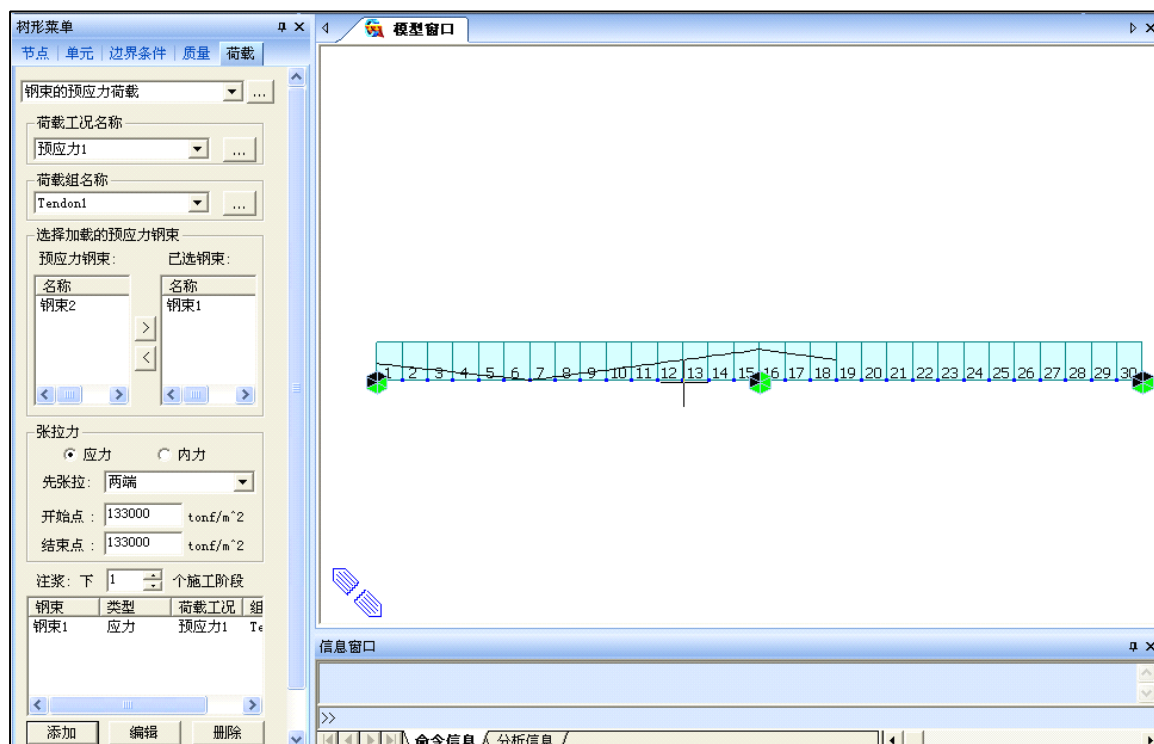


图20. 输入预应力荷载

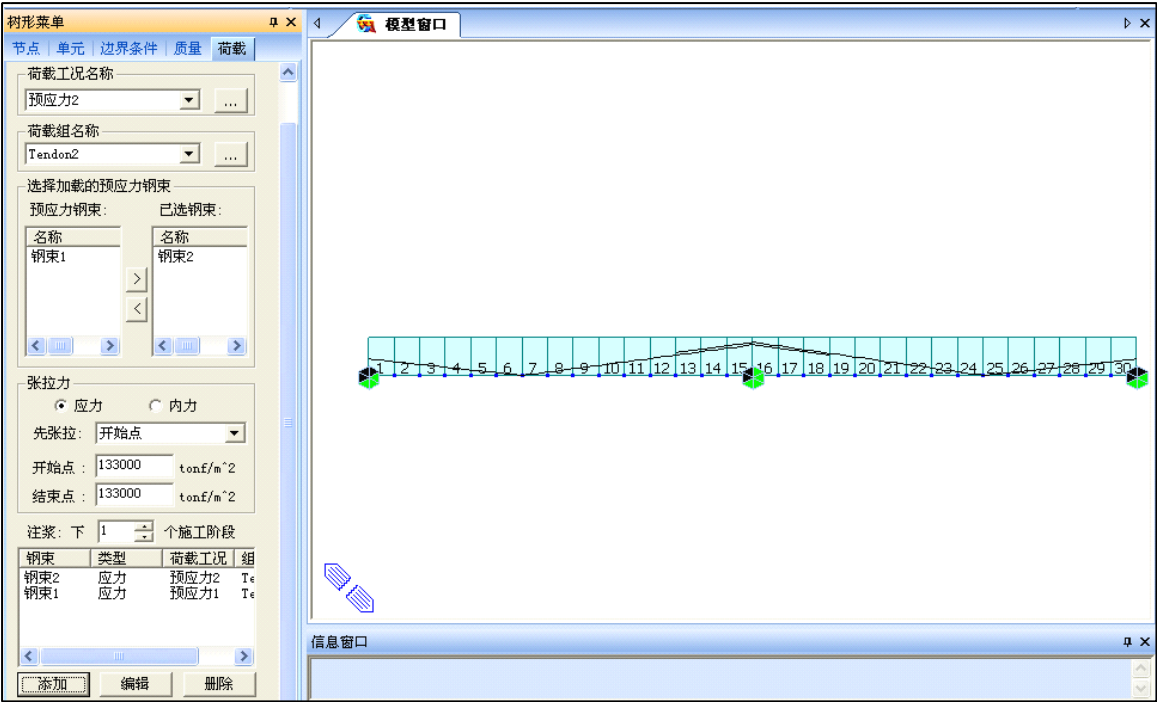


图21. 输入预应力荷载

## 第六节 定义施工阶段

本例题的施工阶段如表1所示。

表1. 各施工阶段的结构组、边界组和荷载组

施工阶段	持续时间 (天)	结构组		边界组		荷载组	
		激活	钝化	激活	钝化	激活	钝化
CS1	20	S-G 1		B-G 1		恒荷载 Tendon 1	
CS2	20	S-G 2		B-G 2		Tendon 2	
CS3	10000						




图22. 施工阶段输入窗口

施工阶段分析模型的阶段是由基本、施工阶段、最后阶段组成的。

基本阶段是对单元进行添加或删除、定义材料、截面、荷载和边界条件的阶段，可以说与实际施工阶段分析无关，且上述工作只能在基本阶段进行。

施工阶段是进行实际施工阶段分析的阶段，在这里可以更改荷载状况和边界条件。

最后阶段是对除施工阶段荷载以外的其他荷载进行分析的阶段，在该阶段可以将一般荷载的分析结果和施工阶段分析的结果进行组合。最后阶段可以被定义为施工阶段中的任一阶段。下面定义施工阶段1 (CS1)。

荷载 / 施工阶段分析数据 /  定义施工阶段

Add

名称 ( CS 1 ) ； 持续时间 ( 20 )

保存结果>施工阶段 (on) ； 施工步骤 (on)

添加子步骤>自动生成>步骤数 (5)

自动生成步骤

单元

组列表>S-G1

激活>材龄 ( 5 ) ；

Add

边界

组列表> B-G1

激活>支撑条件/ 弹性支撑位置>变形后 ；

Add

荷载

组列表> 自重, 钢束1

激活>激活时间>开始 ；

Add

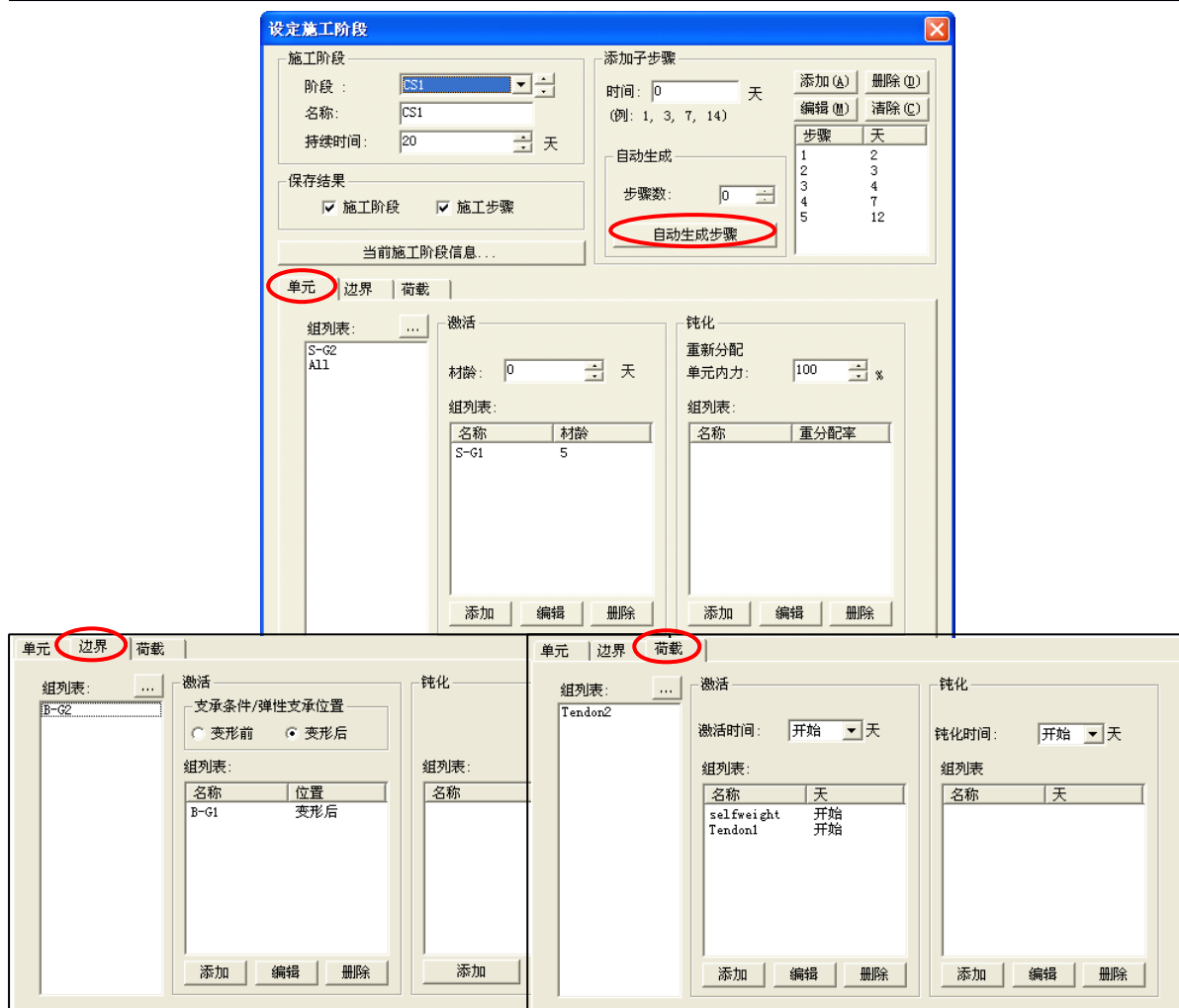


图23. 定义施工阶段1 (CS1)

定义施工阶段2 (CS2)。

荷载 / 施工阶段分析数据 / 定义施工阶段

Add

名称 ( CS 2 ) ； 持续时间 ( 20 )

保存结果>施工阶段(开) ； 施工步骤(on)

添加子步骤>自动生成>步骤数 (5)

自动生成步骤

单元

组列表>S-G2

激活>材龄 ( 5 ) ；

Add

边界

组列表>B-G2

激活>支撑条件 / 弹性支撑位置>变形后 ；

Add

荷载

组列表>钢束 2

激活>激活时间>开始 ；

Add

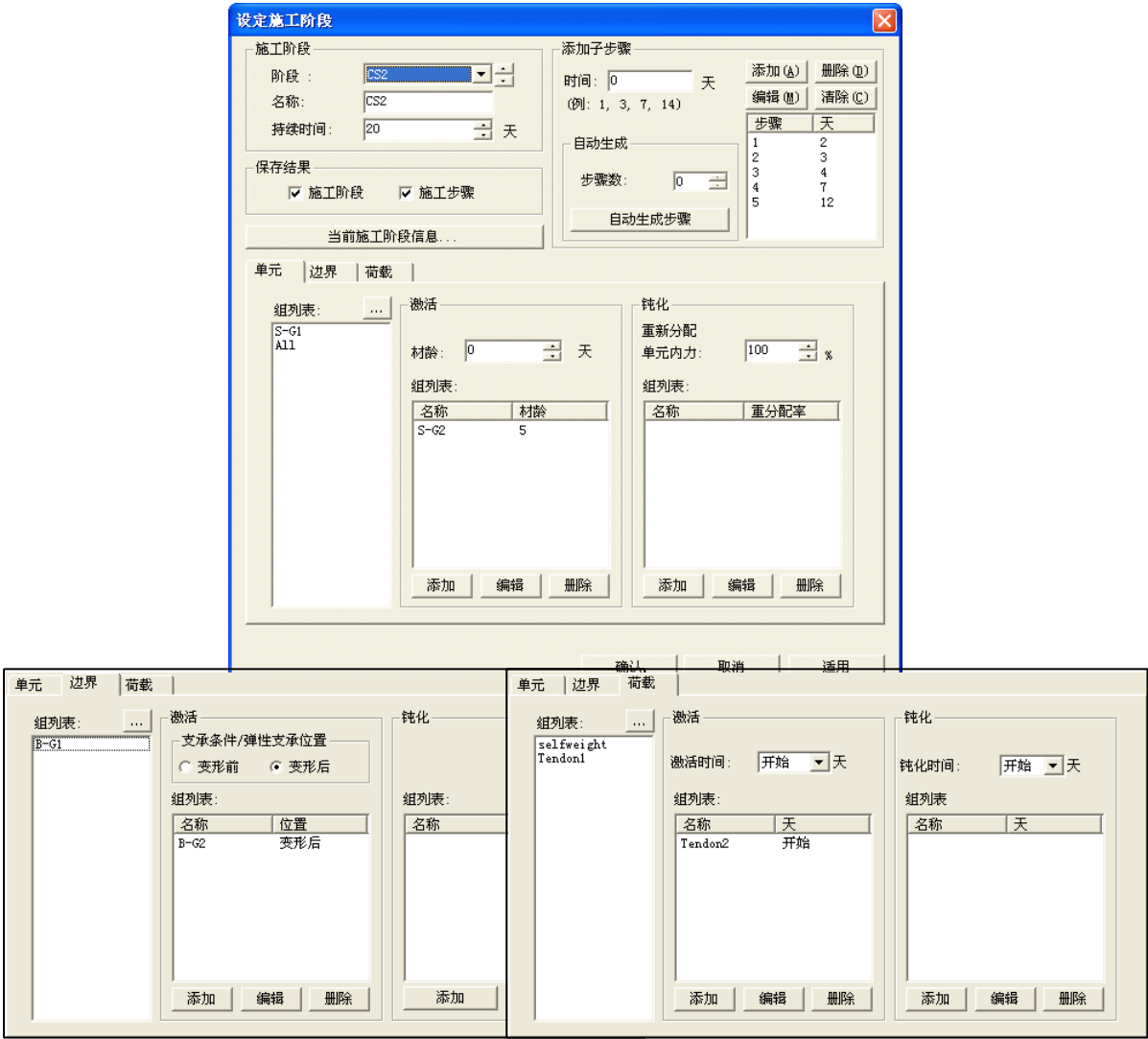



图24. 定义施工阶段2 (CS2)

下面定义施工阶段3 (CS3)。在施工阶段3中结构体系、边界条件、荷载没有变化，只是进行持续时间为10,000天的时间依存性分析。

荷载 / 施工阶段分析数据 /  定义施工阶段

Add

名称 ( CS 3 ) ；持续时间 ( 10000 )

保存结果>施工阶段 (on) ； 施工步骤 (开)

添加子步骤>自动生成>步骤数 (15)

自动生成步骤





图25. 定义施工阶段3 (CS3)

完成建模和定义施工阶段后，在施工阶段分析选项中选择是否考虑材料的时间依存特性和弹性收缩引起的钢束应力损失，并指定分析徐变时的收敛条件和迭代次数。

---

#### 分析 / 施工阶段分析控制

最终施工阶段>最后施工阶段

分析选项>考虑时间依存效果（开）

时间依存效果

徐变 渐变（开）； 类型>徐变和收缩

徐变分析时得收敛控制

迭代次数（ 5 ）； 收敛误差（ 0.01 ）

自动分割时间（开）

钢束预应力损失（徐变和渐变）（开）

抗压强度的变化（开）

钢束预应力损失（弹性收缩）（开）

---

**任一阶段都可被指定  
为最后阶段。**

**选择“自动分割时间”的  
话,程序会对持续一定时  
间以上的施工阶段,在内  
部自动生成时间步骤来  
考虑长期荷载的效果。**

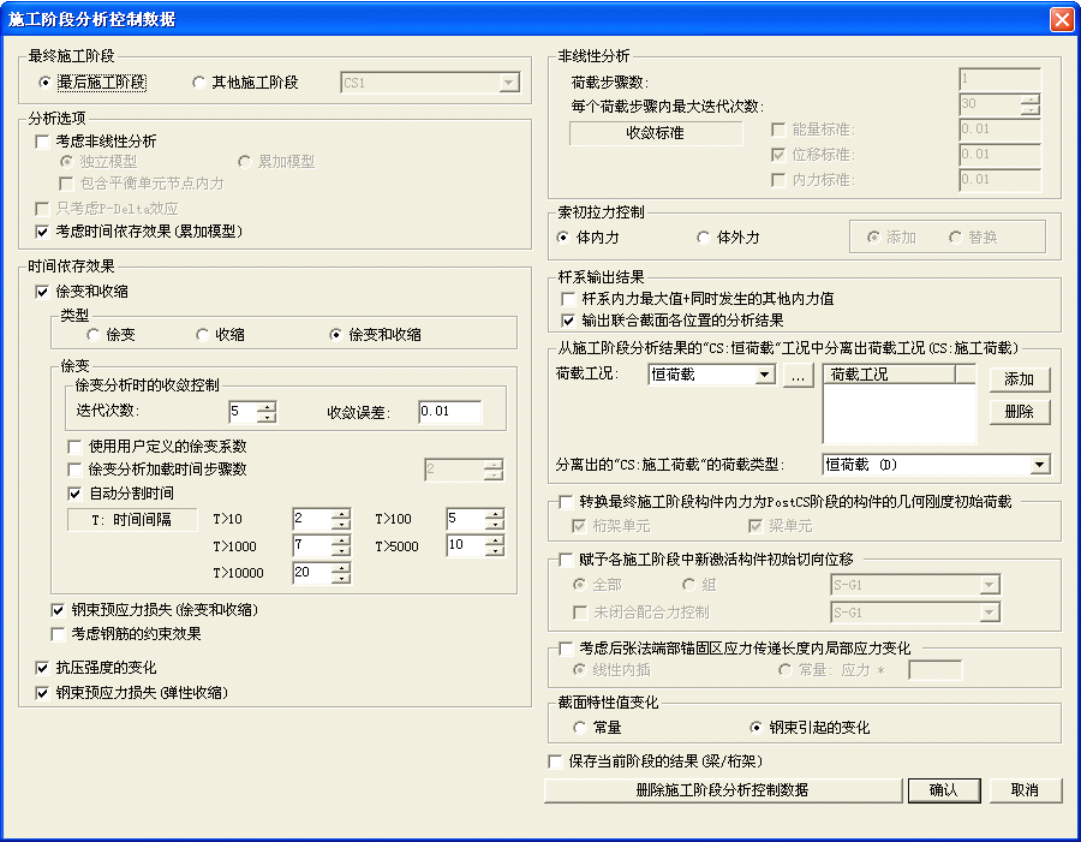


图26. 指定施工阶段分析选项

第七节 输入移动荷载数据

在施工阶段分析中，对于没有将类型定义为施工阶段荷载的一般静力荷载或移动荷载的分析结果，可在最后阶段进行查看。本例题将在最后阶段查看对于移动荷载的分析结果。

§ 7.2 定义车道

荷载 / 移动荷载分析数据 / 车道  
车道名称 ( Lane1 )  
车道荷载的分布>车道单元  
车辆移动方向>往返  
偏心距离 ( 0 )  
桥梁跨度 ( 30 )  
选择>两点 ( 1, 31 )

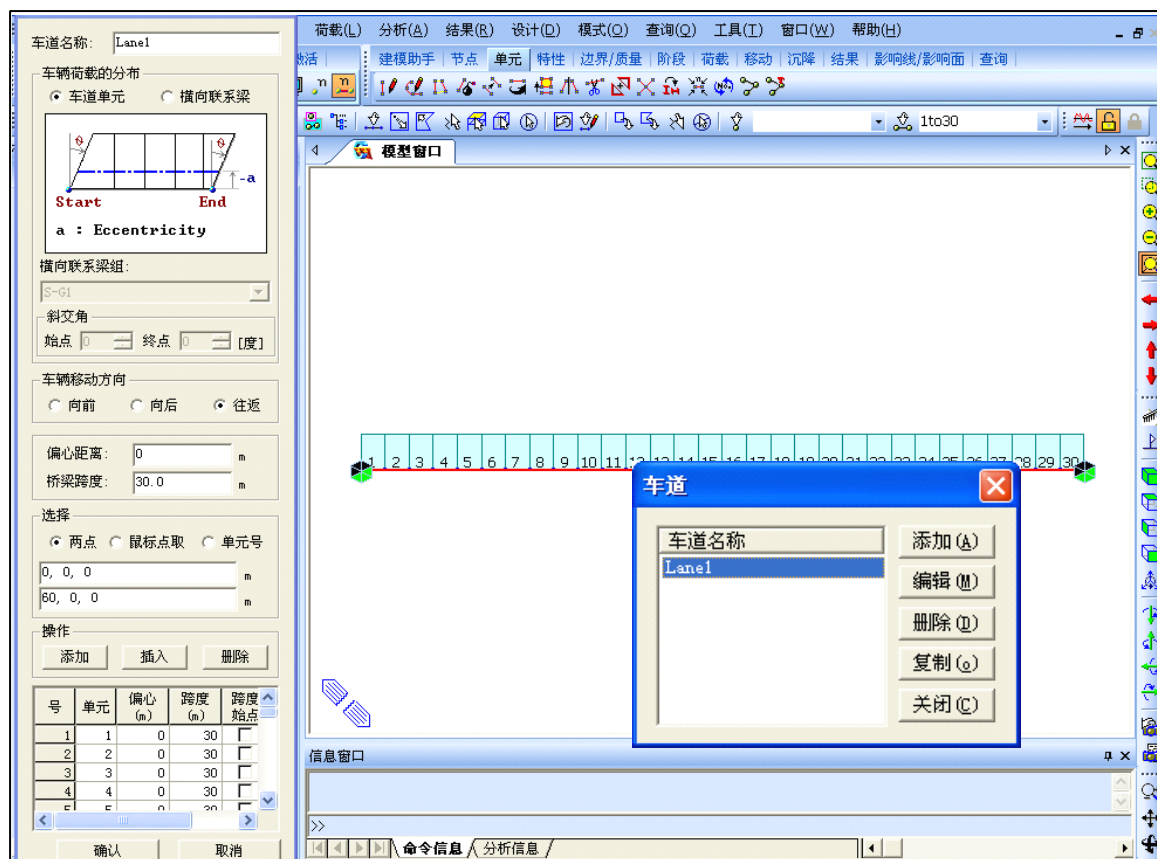


图27. 定义车道

## § 7.2 输入车辆荷载

输入数据库中内含的标准车辆荷载C-AL和C-AD(20))。

荷载 / 移动荷载分析数据 / 车辆

车辆 > 添加标准车辆

标准车辆荷载 > 规范名称 > 中国城市桥梁荷载(CJJ77-98)

车辆荷载名称 > C-AL ; C-AD(20)

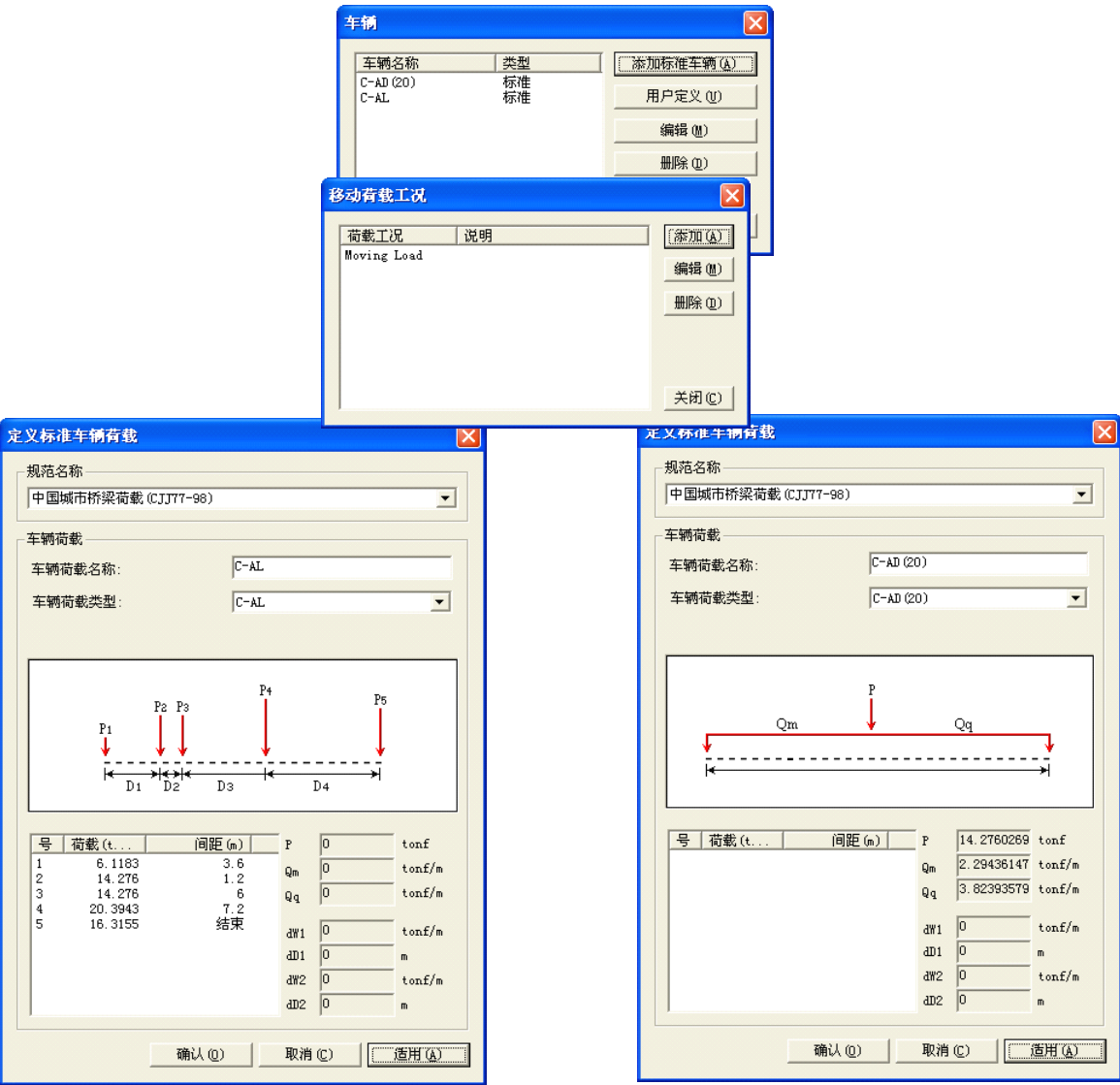


图28. 输入车辆荷载

本例题中不考虑C-AL和C-AD (20) 荷载同时在多条车道加载的情况，故在这里不定义车辆组。

§ 7.2 输入移动荷载工况。

荷载 /移动荷载数据分析/ 移动荷载工况

荷载工况 ( Moving Load )


子荷载工况> Add

车辆组>VL: C-AL

可以加载的最少车道数 ( 0 )

可以加载的最大车道数 ( 1 )


车道列表>Lane1 -> 选择的车道列表> Lane1

子荷载工况> 

车辆组>VL: C-AD (20)

可以加载的最少车道数 ( 0 )

可以加载的最大车道数 ( 1 )

车道列表>Lane1  选择的车道列表> Lane1

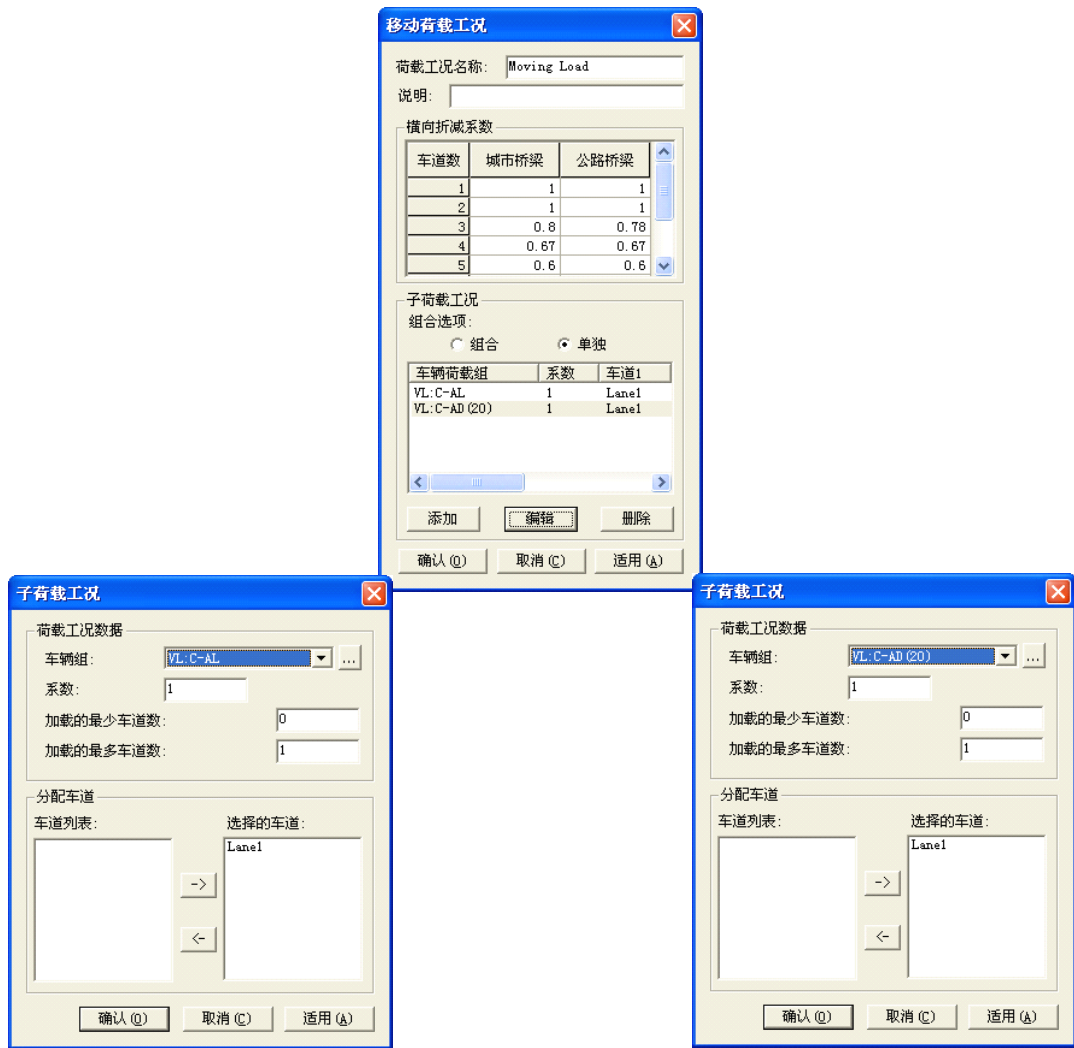



图29 30. 移动荷载工况输入

建模、定义施工阶段全部输入结束后，运行结构分析。

分析/  运行分析

## 第八节 查看分析结果

对于MIDAS/Civil施工阶段分析的结果,可查看到某一施工阶段为止所累积的全部构件的应力和位移,也可查看某一单元随施工阶段的应力和位移的变化。

### § 8.1 利用图形查看应力和构件内力

利用桥梁内力图 查看施工阶段1(CS 1)中截面下缘的应力。

阶段>CS1

结果 / 桥梁主梁内力图

荷载工况/荷载组合>CS: 合计(开) ; 步骤列表>Last Step

图形类型>应力 ; x轴刻度>距离

桥梁单元组>A11

组合

组合(开) ; 3(+y, -z)

容许应力线>画容许应力线(开)

抗拉(320)

合计是对于自重、恒荷载、徐变和收缩、钢束等分析结果的和。

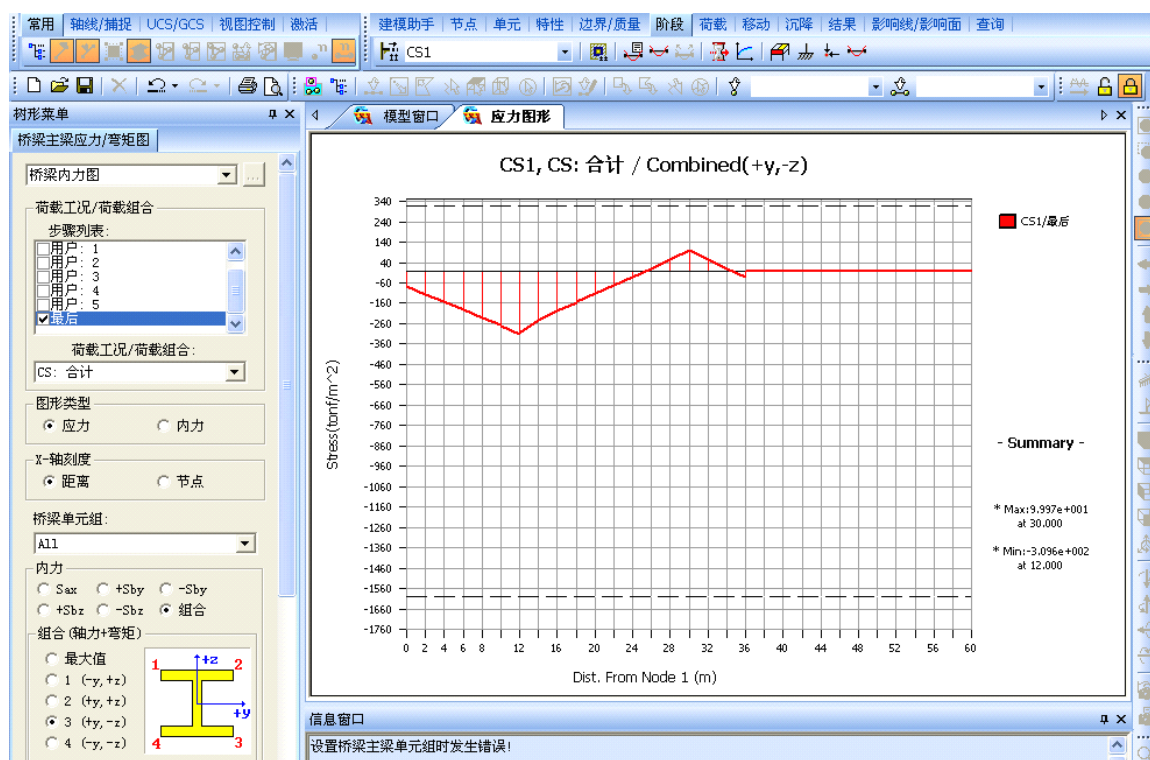


图31. 施工阶段1(CS1)中下缘应力曲线

利用桥梁内力图 查看在各施工阶段所发生的最大、最小应力。

阶段>最小/最大

结果 / 桥梁主梁内力图

荷载工况/荷载组合>CS最大: 合计 (开)

CS最小: 合计(开)

图形类型>应力 ; X轴刻度>距离

桥梁单元组>A11

组合

组合(开) ; 3(+y, +z)

容许应力线>画容许应力线 (关)

阶段>最小/最大

结果 / 桥梁主梁内力图

荷载工况/荷载组合>CS最大: 合计 (开)

CS最小: 合计(开)

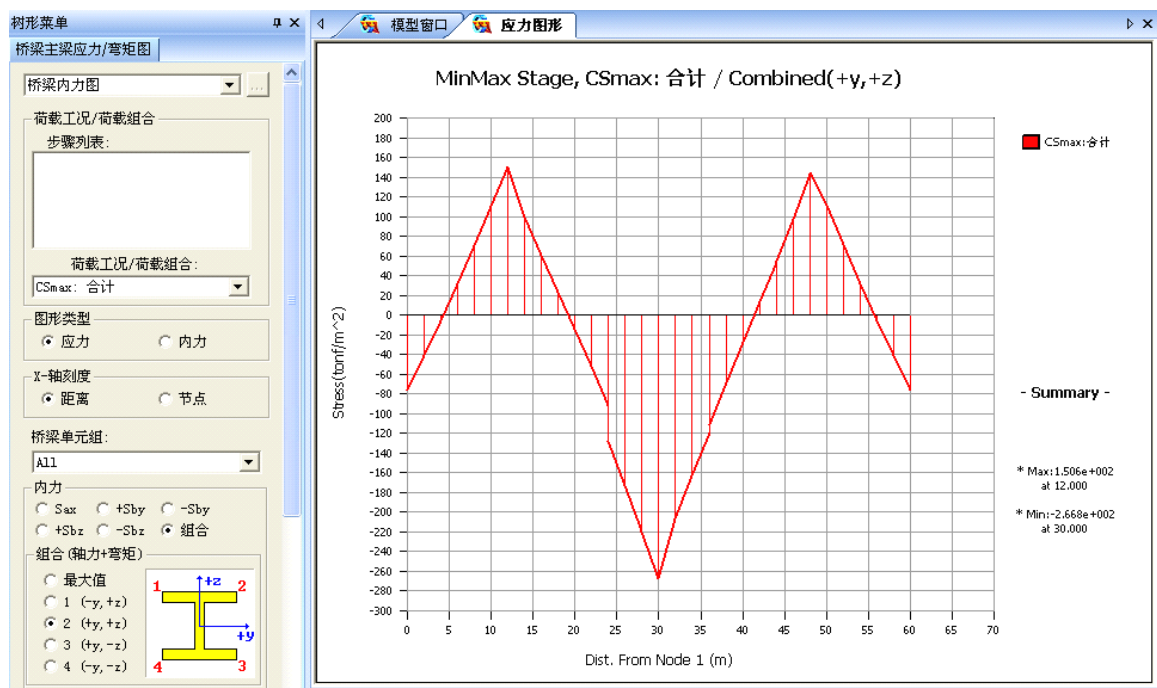
图形类型 >应力 ; X轴刻度>距离

桥梁单元组>A11

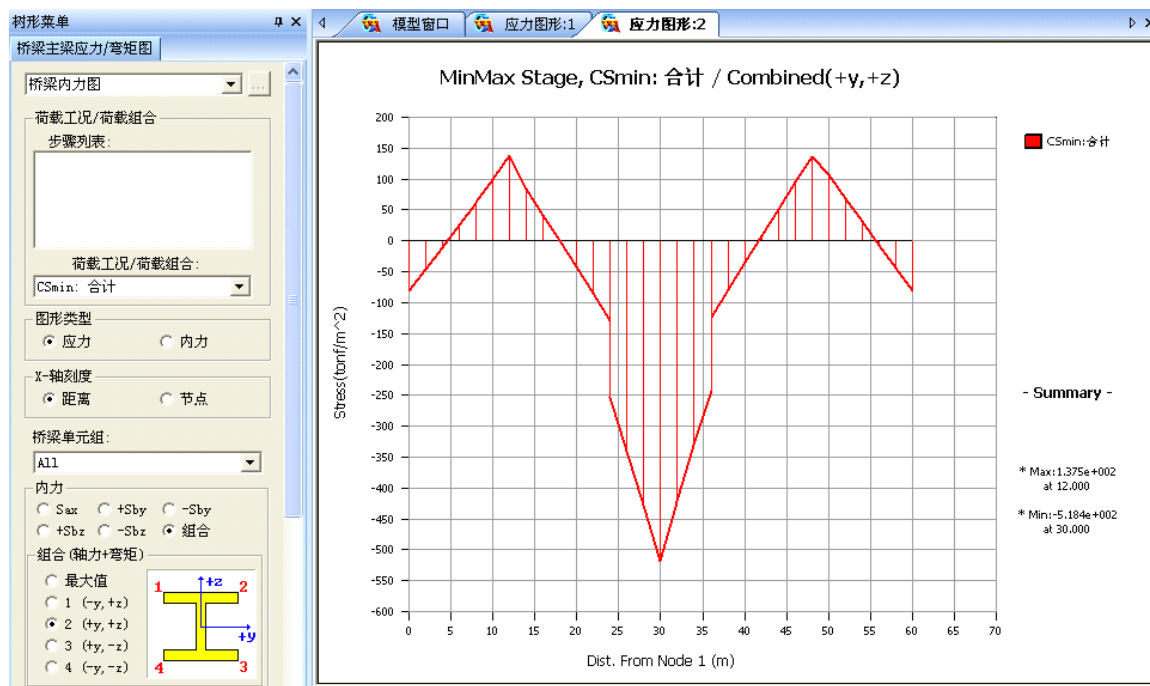
组合

组合(开) ; 3(+y, -z)

容许应力线>画容许应力线 (关)







想详细查看应力曲线的某一特定区域的结果时，只要用鼠标框选该区域就可将其放大。点击鼠标右键选择恢复到初始画面 即可回到原来状态。

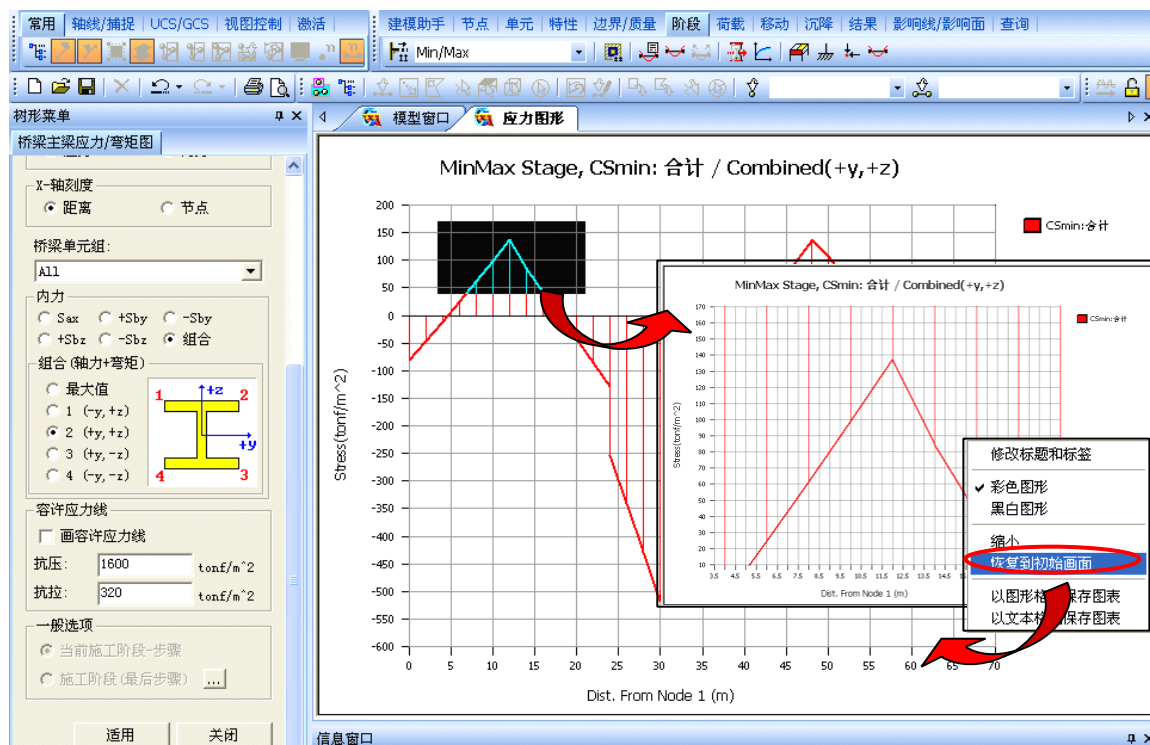


图32. 在整个施工阶段发生的最小应力图



下面查看由徐变和收缩引起的弯矩 由徐变和收缩引起的弯矩按一次应力和二次应力分别输出。

由于徐变系数和收缩促使结构发生变形的力叫一次应力。而当结构处于超静定状态时，结构会产生约束上述变形的约束力，这种力叫二次应力。

阶段>CS3

结果 / 桥梁主梁内力图

荷载工况/荷载组合>CS:徐变一次

步骤列表>Last Step

图形类型 >弯矩 ; X轴刻度>距离

桥梁单元组>A11

图形类型>内力

内力>My

一般选项>当前施工阶段-步骤

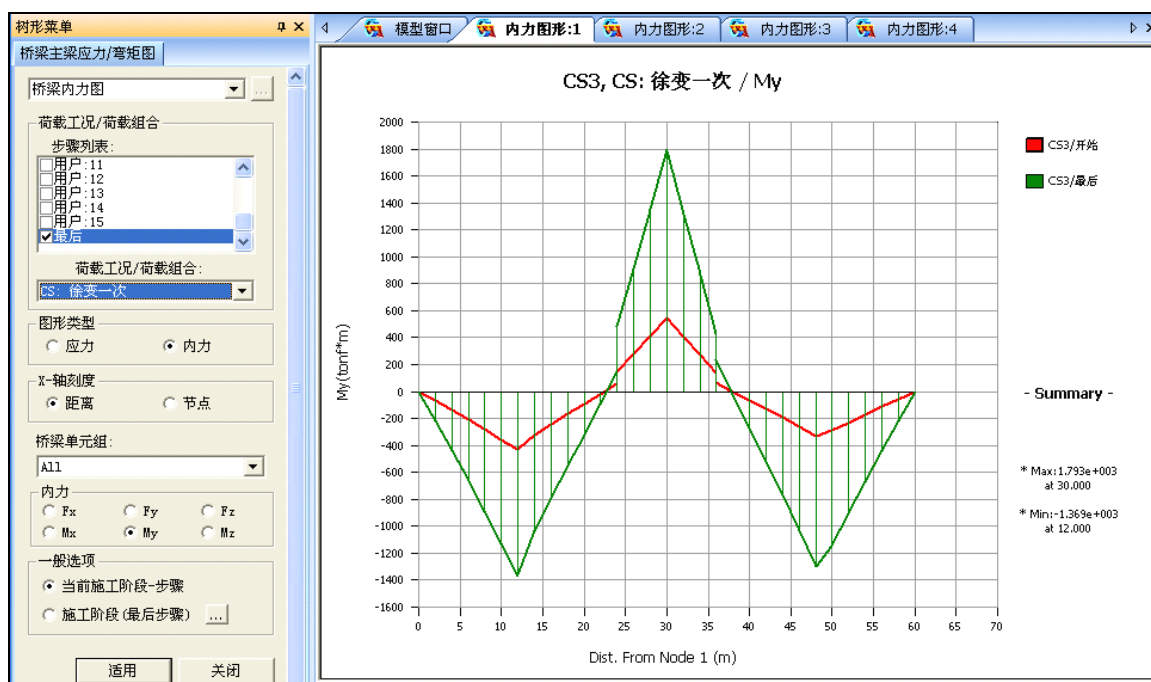


图33. 由徐变一次引起的弯矩

§8.2 定义荷载组合

对于未定义成为施工阶段荷载的其他荷载，将在最后施工阶段进行结构分析，并对其结果进行组合。在这里将与移动荷载的分析结果进行组合，查看其容许应力(Com1)，而且会定义施工阶段荷载的分项系数来查看其极限强度(Com2)。荷载组合的定义步骤如下。

阶段>PostCS

**荷载组合的定义和删除只能在基本阶段和最后阶段进行，故需将阶段转换为最后阶段。**

结果 / 荷载组合

激活（开）；名称（Com1）；类型>添加

荷载工况>合计(CS)；系数（1.0）

荷载工况>移动荷载(MV)；系数（1.0）

激活（开）；名称(Com2)；类型>添加

荷载工况>自重(CS)；系数（1.3）

荷载工况>钢束二次应力(CS)；系数(1.0)

荷载工况>徐变二次应力(CS)；系数(1.3)

荷载工况>收缩二次应力(CS)；系数(1.3)

荷载工况>移动荷载(MV)；系数(2.15)

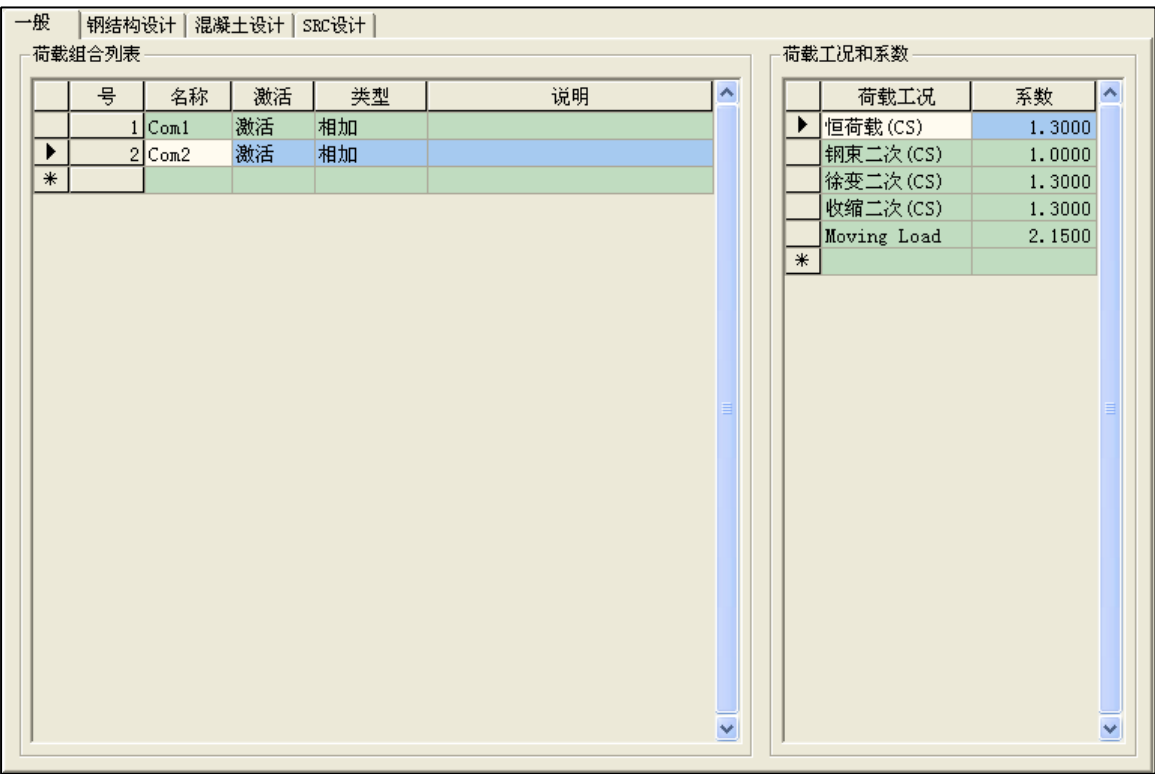


图34. 定义荷载组合

### §8.3 利用荷载组合查看应力

在最后施工阶段查看施工阶段分析结果和移动荷载分析结果叠加起来的应力图形。

阶段>PostCS

结果 / 桥梁主梁内力图

荷载工况/荷载组合>CBall:Comb1

图形类型 >应力 ; X-轴刻度>距离

桥梁单元组>A11

组合

组合 (开) ; 2(+y, +z)

容许应力线>画容许应力线 (关)

组合

组合 (开) ; 3(+y, -z)

容许应力线>画容许应力线(关)

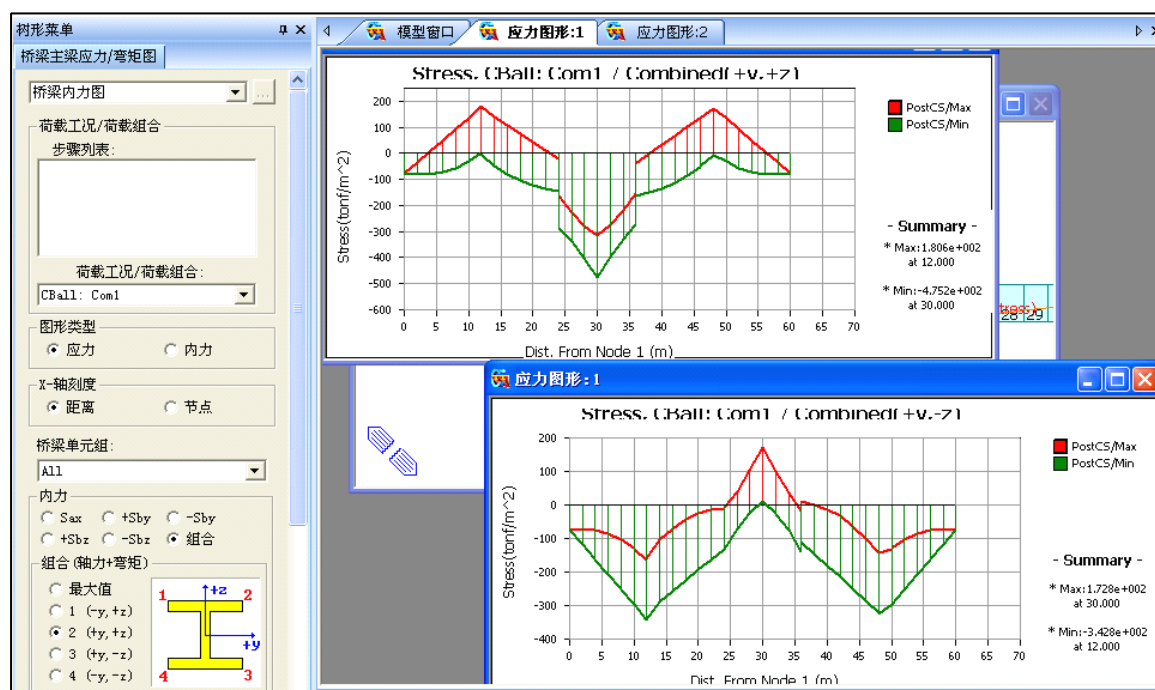


图35. 施工阶段荷载和移动荷载叠加的应力图

利用 **阶段/步骤时程图形** 来查看受正、负弯矩的部位在各施工阶段的应力变化。

模型窗口

结果 / 阶段/步骤图形

定义函数>梁单元内力/应力

添加新的函数

梁单元内力/应力>名称(正弯矩端) ; 单元号 ( 10 ) ; 应力

点>J-Node ; 输出分量>弯矩(-z)

包含轴向应力 (on)

梁单元内力/应力>名称(负弯矩端) ; 单元号 ( 15 ) ; 应力

点>J-Node ; 输出分量>弯矩(+z)

包含轴向应力(开)

输出模式>多函数 ; 选择步骤>所有步骤

选择输出的函数>正弯矩端(开) ; 负弯矩端(开)

荷载工况/荷载组合>合计

图形标题( Stress History )

图形

**阶段/步骤时程图形在模型窗口并处于施工阶段才能被激活。**

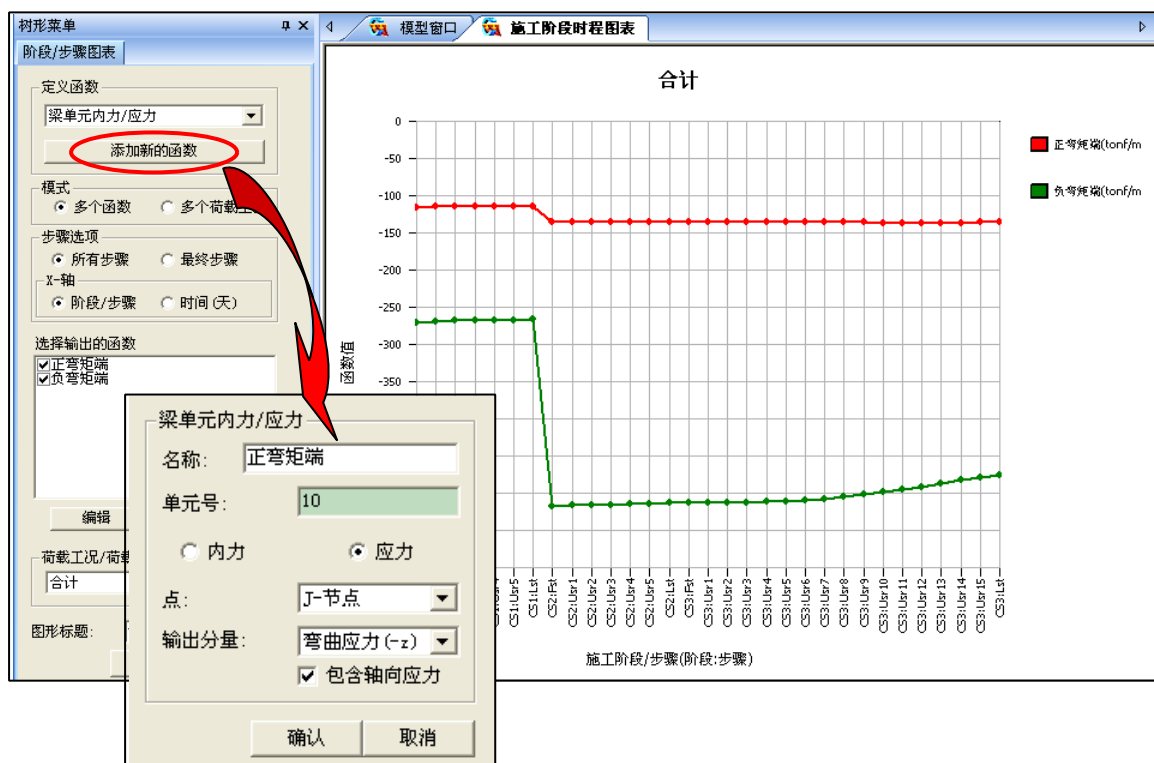


图36. 特定位置随施工阶段的应力变化图形

在 阶段/步骤时程图形 上点击鼠标右键会出现关联菜单,利用关联菜单的以文本格式保存图表 可将各施工阶段的应力变化结果以文本形式保存。

以文本格式保存图表

文件名(N) ( Stress History )

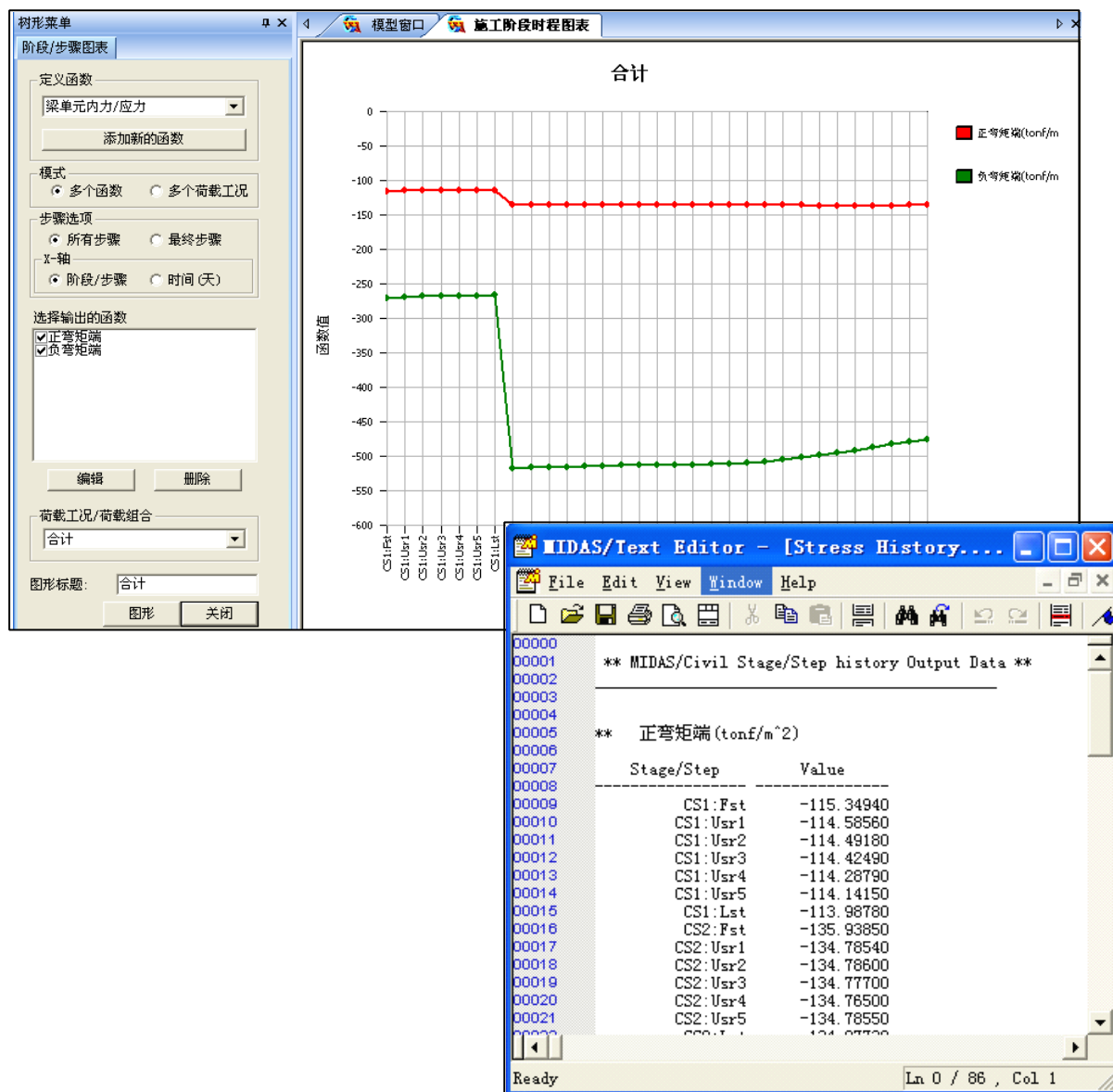


图37. 生成应力变化图形的文本文件

## 利用表格查看应力

利用表格查看施工阶段分析的结果时,可通过在激活纪录对话框对单元、荷载、施工阶段、单元应力的输出位置等进行选择来分类查看。下面利用表格查看支承位置(单元15)的施工阶段应力变化。

结果 / 分析结果表格 / 梁单元 / 应力

节点或单元>单元 ( 15 )

荷载工况/荷载组合>合计(CS) (开)

施工阶段/步骤>CS1:001(开始) ~ CS3:017(最后) (开)

按Shift键全选CS1:001到

CS3:017所有的施工阶段。

位置号>位置 j (开)

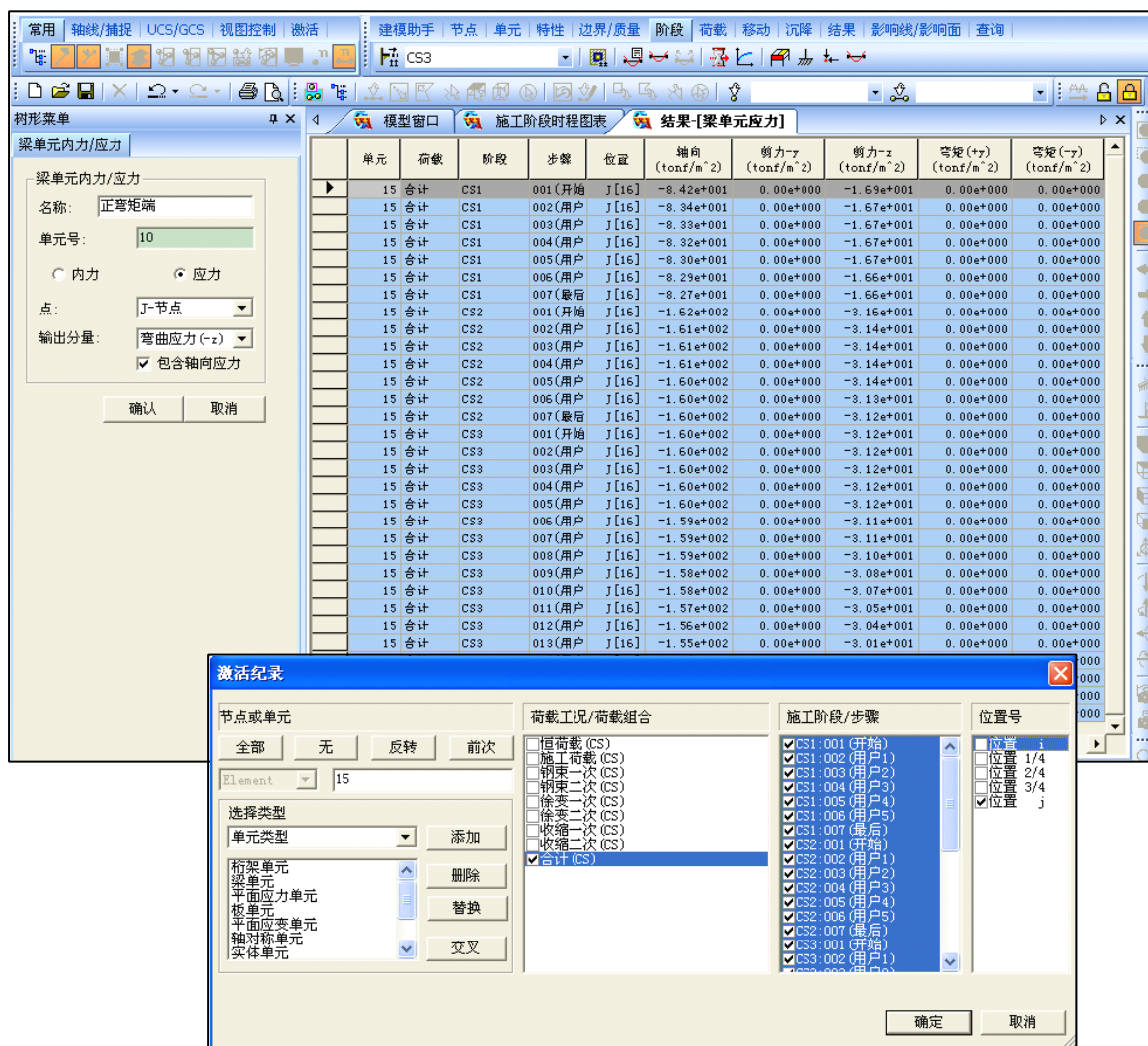


图38. 各施工阶段应力结果表格

## § 8.4 查看钢束的分析结果

现在查看由于预应力损失而引起的各施工阶段的张力变化。预应力钢束预应力损失图表只能对

当前施工阶段中所包含的钢束查看张力变化，故应先将施工阶段转换到包含相应钢束的施工阶段后再选择预应力钢束预应力损失图表。钢束在各施工阶段的应力变化还可通过点击 动画 按动画来查看。

结果/ 预应力钢束预应力损失图表>钢束 1

动画

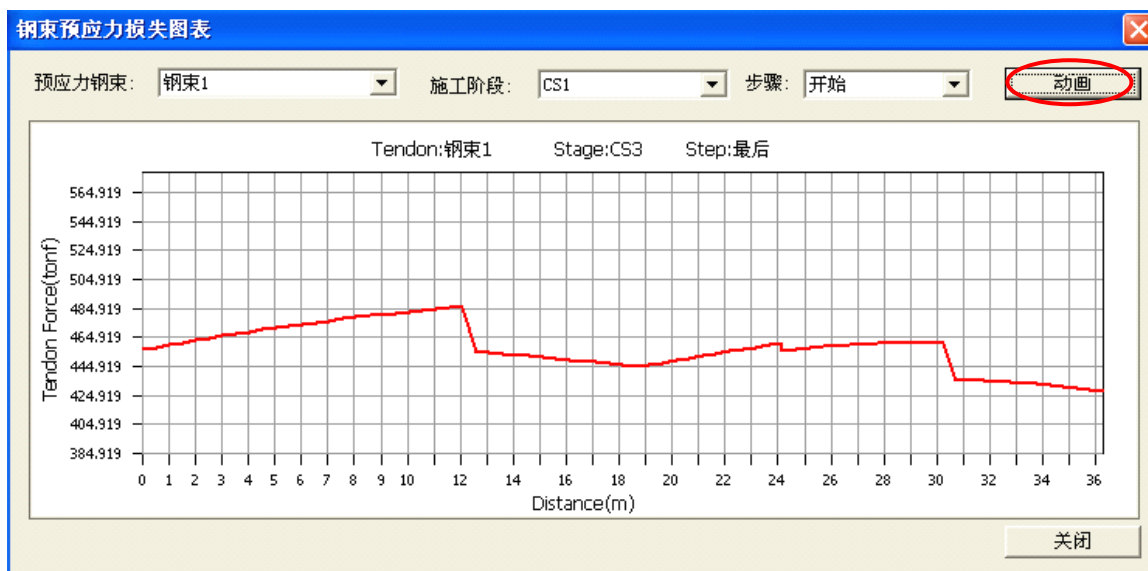


图39. 预应力钢束预应力损失图表

### 查看钢束坐标

MIDAS/Civil可在包含钢束的单元的4等分点，通过表格来查看该处钢束的坐标。

结果 / 分析结果表格 / 预应力钢束/ 预应力钢束坐标

模型窗口 预应力钢束的坐标					
	预应力钢束名称	号	x (m)	y (m)	z (m)
▶	钢束1	0	0.0000	0.0000	0.0000
	钢束1	1	0.0000	0.0000	1.5000
	钢束1	2	0.5000	0.0000	1.4458
	钢束1	3	1.0000	0.0000	1.3917
	钢束1	4	1.5000	0.0000	1.3375
	钢束1	5	2.0000	0.0000	1.2833
	钢束1	6	2.5000	0.0000	1.2292
	钢束1	7	3.0000	0.0000	1.1750
	钢束1	8	3.5000	0.0000	1.1208
	钢束1	9	4.0000	0.0000	1.0667
	钢束1	10	4.5000	0.0000	1.0125
	钢束1	11	5.0000	0.0000	0.9583
	钢束1	12	5.5000	0.0000	0.9042
	钢束1	13	6.0000	0.0000	0.8500
	钢束1	14	6.5000	0.0000	0.7958
	钢束1	15	7.0000	0.0000	0.7417
	钢束1	16	7.5000	0.0000	0.6875
	钢束1	17	8.0000	0.0000	0.6333
	钢束1	18	8.5000	0.0000	0.5792
	钢束1	19	9.0000	0.0000	0.5250
	钢束1	20	9.5000	0.0000	0.4708
	钢束1	21	10.0000	0.0000	0.4167
	钢束1	22	10.5000	0.0000	0.3625
	钢束1	23	11.0000	0.0000	0.3083
	钢束1	24	11.5000	0.0000	0.2542
	钢束1	25	12.0000	0.0000	0.2000
	钢束1	26	12.5000	0.0000	0.2667
	钢束1	27	13.0000	0.0000	0.3333
	钢束1	28	13.5000	0.0000	0.4000
	钢束1	29	14.0000	0.0000	0.4667
	钢束1	30	14.5000	0.0000	0.5333
	钢束1	31	15.0000	0.0000	0.6000

图40. 钢束坐标表格

### 查看钢束伸长量

对钢束的伸长量可通过表格查看。

结果/ 分析结果表格/ 预应力钢束 / 预应力钢束伸长量

模型窗口 预应力钢束的伸长量									
	预应力钢束名称	阶段	步骤	预应力钢束延伸长度		混凝土压缩长度		合计	
				开始 (m)	结束 (m)	开始 (m)	结束 (m)	开始 (m)	结束 (m)
▶	钢束1	CS1	001(fir	0.1932	0.0155	0.0010	0.0001	0.1942	0.015
	钢束2	CS2	001(fir	0.1872	0.0213	0.0009	0.0001	0.1882	0.021

图41. 钢束伸长量表格



## § 8.5 查看荷载组合条件下的内力

下面查看系数荷载组合条件下的弯矩。

模型窗口

阶段>最终阶段

结果 / 内力 / 梁单元内力图

荷载工况/荷载组合>CB: Comb2

内力>My

显示选项>5点，不涂色，系数( 1.0 )

显示类型>等值线图 (开) ； 图例 (开)

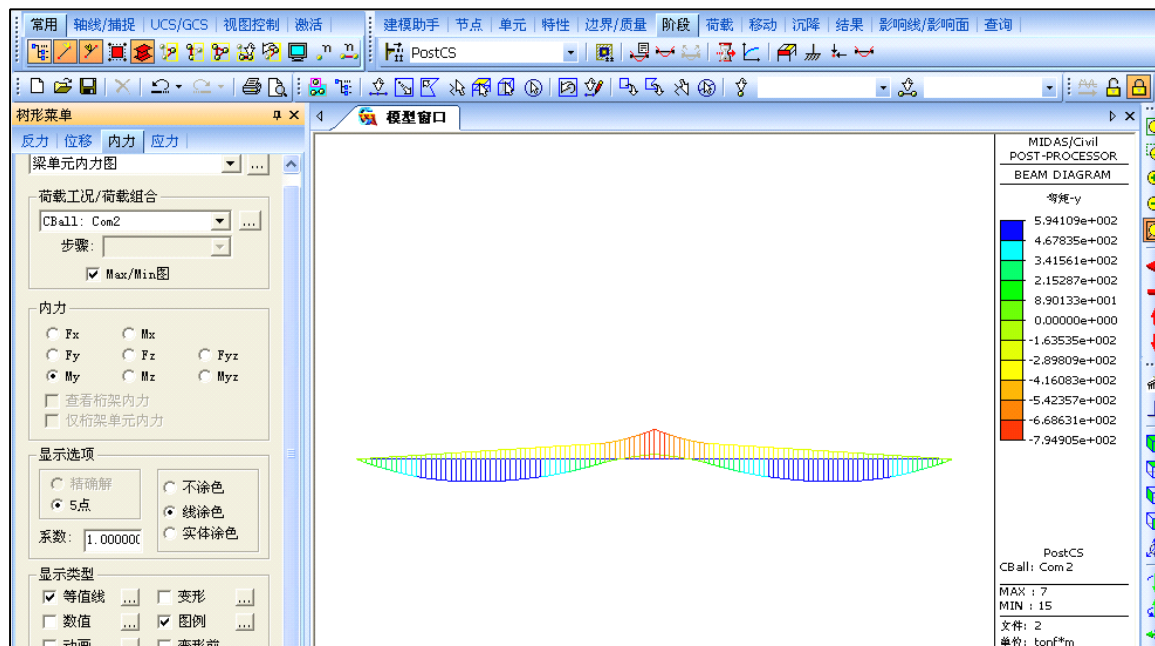


图42. 荷载组合条件下的弯矩图